دليل عمليات OmniPGW

OmniPGW - بوابة بيانات حزمة التحكم (PGW-C)

بواسطة خدمات شبكة Omnitouch

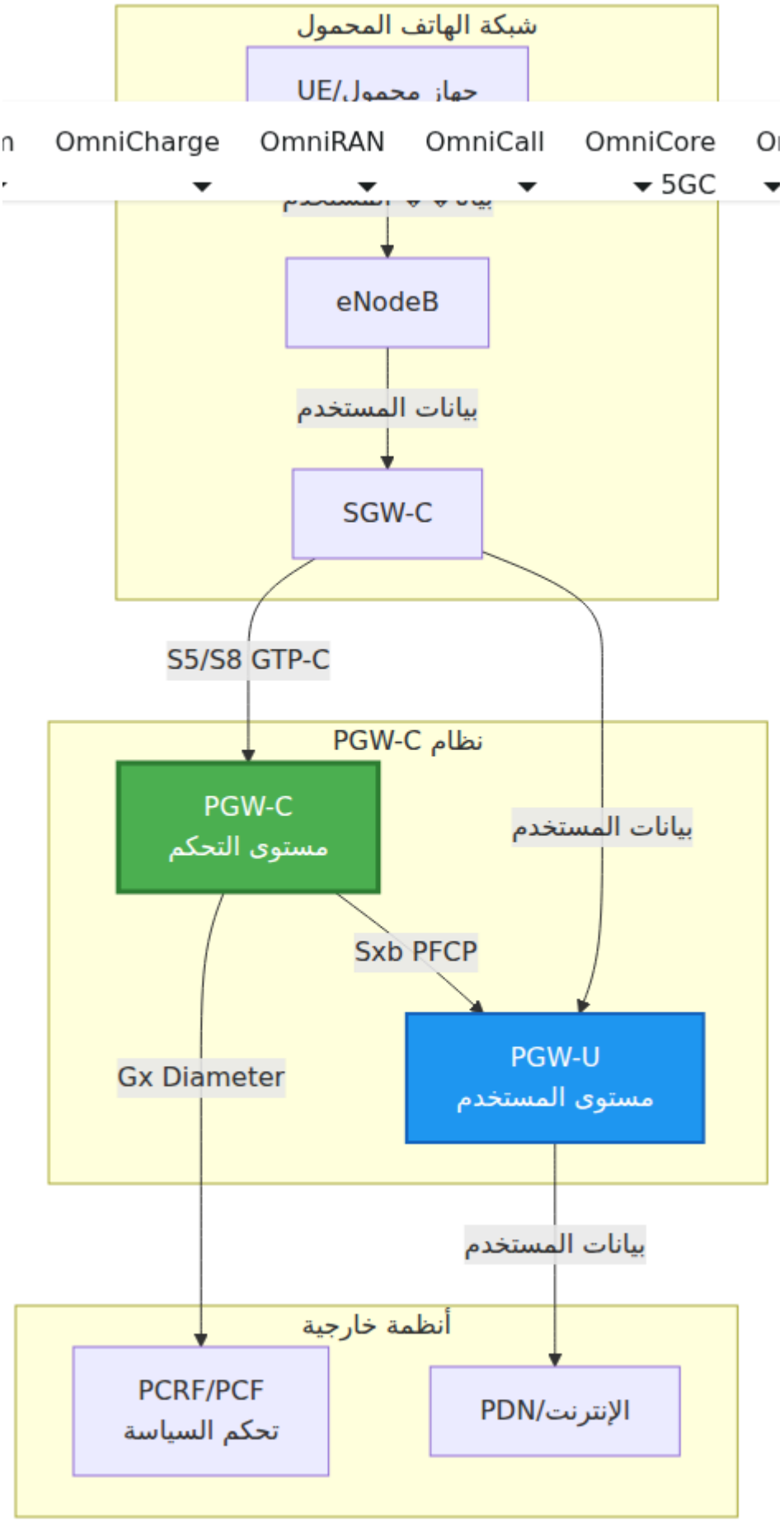
جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. العمارة
3. واجهات الشبكة
4. المفاهيم الأساسية
5. البدء
6. التكوين
7. مراقبة العمليات في الوقت الحقيقي (OAM API)
8. المراقبة والقياسات
9. وثائق مفصلة
10. موارد إضافية

نظرة عامة

OmniPGW هي تنفيذ عالي الأداء لبوابة بيانات حزمة التحكم (PGW-C) 3 لشبكاتGPP LTE Evolved Packet Core (EPC)، تم تطويرها بواسطة خدمات شبكة Omnitouch. تدير وظائف مستوى التحكم لجلسات البيانات، بما في ذلك:

- UE (جهاز المستخدم) - **إدارة الجلسات** إنشاء وتعديل وإنهاء جلسات بيانات
- **تخصيص عنوان IP** - تخصيص عناوين IP للأجهزة المحمولة من برك مكونة
- PCRF لتطبيق السياسة والفوترة - الواجهة مع **السياسة والتحكم في الفوترة**
- PGW-U (مستوى المستخدم) لتوجيه الحزم - التحكم في **تنسيق مستوى المستخدم**

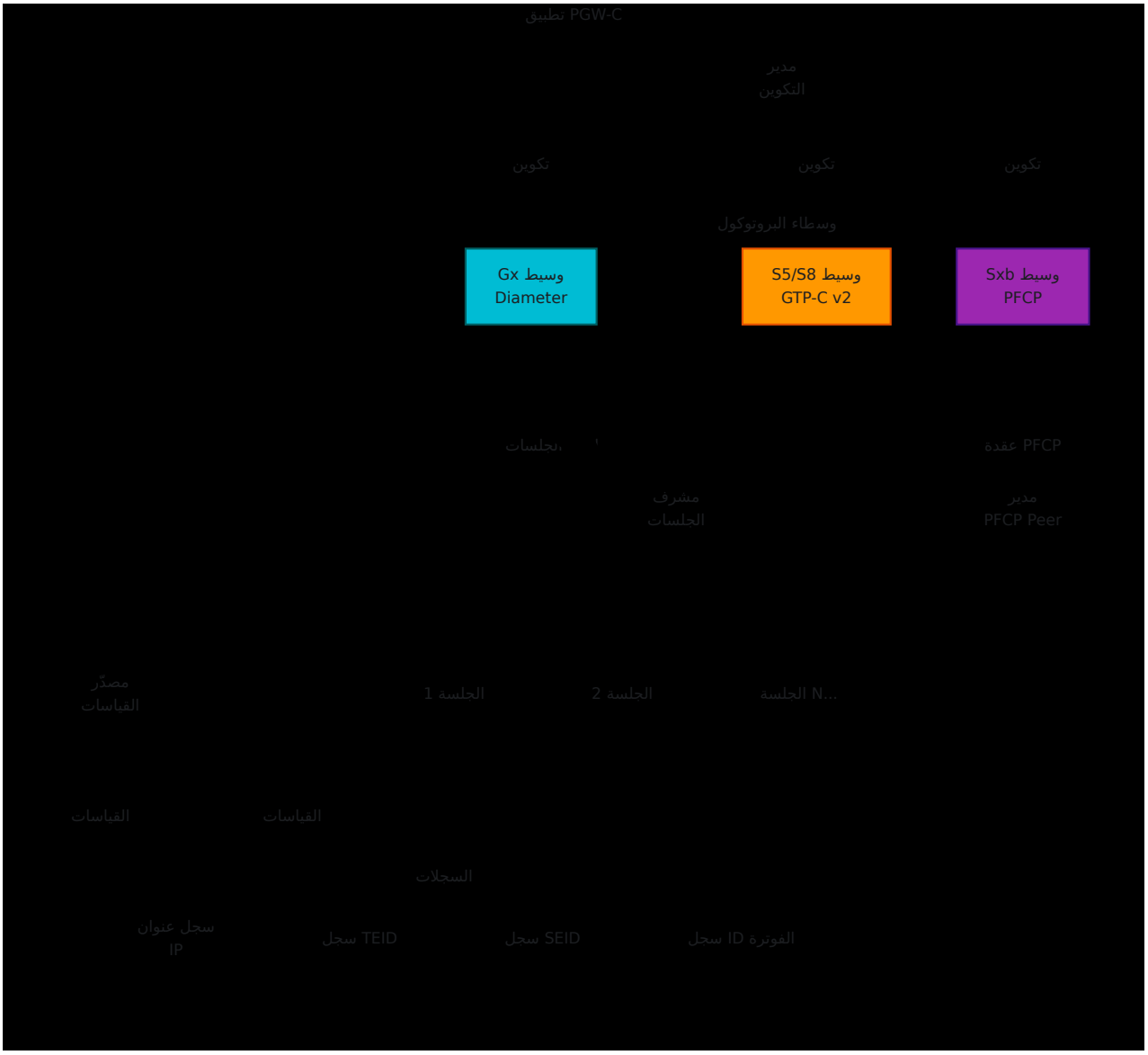

شبكة الهاتف المحمول
UE/جهاز محمول
OmniCharge
OmniRAN
OmniCall
OmniCore
5GC
eNodeB
بيانات المستخدم
SGW-C
S5/S8 GTP-C
نظام PGW-C
PGW-C
مستوى التحكم
بيانات المستخدم
Sxb PFCP
PGW-U
مستوى المستخدم
Gx Diameter
بيانات المستخدم
أنظمة خارجية
PCRF/PCF
تحكم السياسة
PDN/الإنترنت

ما الذي تفعله PGW-C

- من **تقبل طلبات الجلسة** SGW-C عبر واجهة S5/S8 (GTP-C)
- **تخصص عناوين IP لـ UE** من برك الشبكة الفرعية المكونة
- من **تطلب قرارات السياسة** PCRF عبر واجهة Gx (Diameter)
- في **برمجة قواعد التوجيه** PGW-U عبر واجهة Sxb (PFCP)
- **تدير تطبيق QoS** من خلال سياقات الحاملات وقواعد QoS
- **تتبع معلومات الفوترة** لأنظمة الفوترة

العمارة

نظرة عامة على المكونات



العمارة العملية

وتستخدم هيكل عملية خاضعة للإشراف Elixir/OTP مبنية على PGW-C:

- **مشرف التطبيق** - مشرف على المستوى الأعلى يدير جميع المكونات
- **وسطاء البروتوكول** - يتعاملون مع رسائل البروتوكول الواردة/الصادرة
- **عمليات الجلسة** - خادم GenServer واحد لكل اتصال PDN نشط
- **السجلات** - تتعقب الموارد المخصصة (عناوين IP، TEIDs، SEIDs، إلخ)

- **مدير عقدة PFCP** - يحافظ على ارتباطات PFCP مع أقران PGW-U

كل مكون خاضع للإشراف وسيتم إعادة تشغيله تلقائيًا عند الفشل، مما يضمن موثوقية النظام.

واجهات الشبكة

ينفذ ثلاث واجهات رئيسية من PGW-C 3GPP:

واجهة S5/S8 (GTP-C v2)

الغرض: إشارة مستوى التحكم بين PGW-C و SGW-C

البروتوكول: GTP-C الإصدار 2 عبر UDP

الرسائل الرئيسية:

- طلب/استجابة إنشاء جلسة
- طلب/استجابة حذف جلسة
- طلب/استجابة إنشاء حامل
- طلب/استجابة حذف حامل

التكوين: انظر تكوين S5/S8

واجهة Sxb (PFCP)

الغرض: إشارة مستوى التحكم بين PGW-C و PGW-U

البروتوكول: PFCP (بروتوكول التحكم في توجيه الحزم) عبر UDP

الرسائل الرئيسية:

- طلب/استجابة إعداد الارتباط
- طلب/استجابة إنشاء جلسة
- طلب/استجابة تعديل الجلسة
- طلب/استجابة حذف الجلسة
- طلب/استجابة نبض القلب

التكوين: انظر وثائق واجهة PFCP/Sxb

واجهة Gx (Diameter)

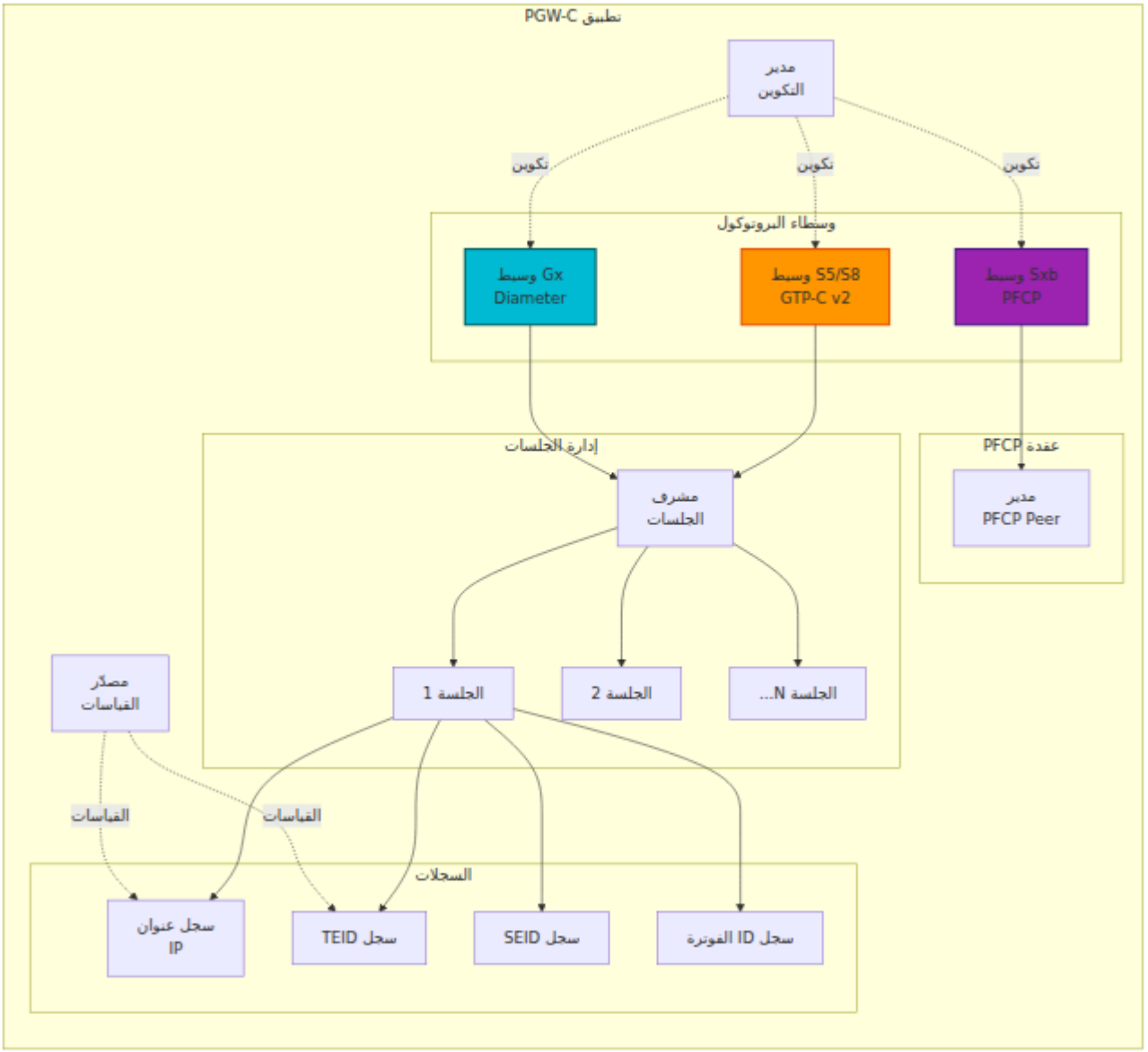
الغرض: واجهة وظيفة قواعد السياسة والفوترة (PCRF)

البروتوكول: Diameter (IETF RFC 6733)

الرسائل الرئيسية:

- طلب/استجابة التحكم في الائتمان الأولي (CCR-I/CCA-I)
- طلب/استجابة إنهاء التحكم في الائتمان (CCR-T/CCA-T)

التكوين: انظر وثائق واجهة Diameter Gx



المفاهيم الأساسية

جلسة PDN

تمثل جلسة PDN (شبكة بيانات الحزمة) اتصال بيانات UE. تحتوي بشبكة خارجية (مثل الإنترنت). كل جلسة على:

- **عنوان IP لـ UE** - مخصص من بركة الشبكة الفرعية المكونة
- **APN** (اسم نقطة الوصول) - يحدد الشبكة الخارجية
- **سياق الحامل** - يحتوي على معلمات QoS ومعلومات النفق
- **الفوترة ID** - معرف فريد للفوترة
- **TEID** (معرف نقطة نهاية النفق) - معرف نفق واجهة S5/S8
- **SEID** (معرف نقطة نهاية الجلسة) - معرف جلسة واجهة Sxb

سياق الحامل

يمثل الحامل تدفق بيانات بخصائص QoS محددة:

- **الحامل الافتراضي** - يتم إنشاؤه مع كل جلسة PDN
- **الحاملات المخصصة** - حاملات إضافية لاحتياجات QoS محددة
- **EBI** (معرف حامل EPS) - معرف فريد لكل حامل
- **معلمات QoS** - QCI، ARP، معدلات البيانات (MBR، GBR)

قواعد PFCP

برمج PGW-C PGW-U بقواعد معالجة الحزم:

- **PDR** (قاعدة كشف الحزم) - تطابق الحزم (الرفع/الخفض)
- **FAR** (قاعدة إجراء التوجيه) - تحدد سلوك التوجيه
- **QER** (قاعدة تطبيق QoS) - تفرض حدود معدل البيانات
- **BAR** (قاعدة إجراء التخزين المؤقت) - تتحكم في تخزين الحزم

انظر وثائق واجهة PFCP للحصول على التفاصيل.

تخصيص عنوان IP

تخصص عناوين IP لـ UE المكونة من برك الشبكة الفرعية:

- **اختيار قائم على APN** - يمكن أن تستخدم APNs المختلفة شبكات فرعية مختلفة
- **تخصيص ديناميكي** IP - اختيار عشوائي من النطاق المتاح
- **تخصيص ثابت** IP - دعم لعناوين UE المطلوبة من قبل
- **كشف التصادم** IP - يضمن تخصيص فريد

انظر تخصيص بركة IP لـ UE و IPv6 / Dual-Stack للتكوين، لعملية PDN IPv6 وIPv4v6.

البدء

المتطلبات الأساسية

- Elixir ~1.16
- Erlang/OTP 26+
- الاتصال بالشبكة إلى PCRF و PGW-U و SGW-C
- فهم عمارة LTE EPC

بدء OmniPGW

1. **تكوين إعدادات وقت التشغيل** في `config/runtime.exs`
2. **ترجمة التطبيق:**

```
mix deps.get
mix compile
```

3. **بدء التطبيق:**

```
mix run --no-halt
```

التحقق من التشغيل

تحقق من السجلات لبدء التشغيل الناجح:

```
[info] Starting OmniPGW...
[info] Starting Metrics Exporter on 127.0.0.42:42069
[info] Starting S5/S8 Broker on 127.0.0.10
[info] Starting Sxb Broker on 127.0.0.20
[info] Starting Gx Broker
[info] Starting PFCP Node Manager
[info] OmniPGW successfully started
```

الوصول إلى القياسات على `http://127.0.0.42:42069/metrics` (العنوان المكون).

التكوين

يتم تقييم هذا الملف `config/runtime.exs`. ي��م تعريف جميع تكوينات وقت التشغيل في عند بدء التطبيق. يتبع مثال كامل؛ يتم وصف كل قسم في جدول المرجع أدناه وفي مرجع التكوين.

```
# config/runtime.exs
import Config

# تكوين السجل
config :logger, level: :info

config :pgw_c,
  # القياسات (بروميثيوس)
  metrics: %{
    enabled: true,
    ip_address: "10.0.0.20",  # شبكة الإدارة
    port: 9090,
    registry_poll_period_ms: 5_000
  },

  # Diameter/Gx (واجهة PCRF)
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf-primary.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.1.30",
        initiate_connection: true
      },
      %{
        host: "pcrf-backup.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.2.30",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  },

  # S5/S8 (واجهة SGW-C)
  s5s8: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.20"
  },

  # Sxb/PFCP (واجهة PGW-U)
  sxb: %{
```

```
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },

  # اختيار UPF
  upf_selection: %{
    rules: [
      %{
        name: "Default Internet",
        priority: 1,
        match_field: :apn,
        match_regex: ~r/^internet/,
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.0.0.21", remote_port: 8805,
weight: 100},
          %{remote_ip_address: "10.0.0.22", remote_port: 8805,
weight: 0}  # احتياطي
        ]
      }
    ],
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.0.0.21", remote_port: 8805, weight:
100}
    ]
  },

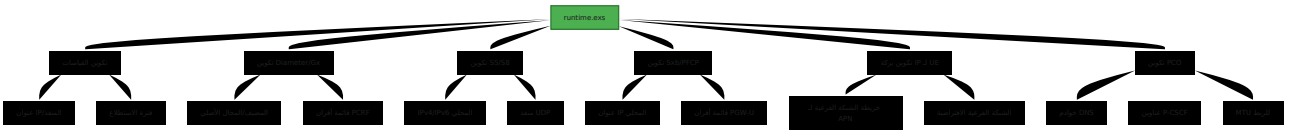
  # برك IP لـ UE
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.0.0/18"  # 16,382 عنوان IP
      ],
      "ims" => [
        "100.64.64.0/22"  # 1,022 عنوان IP
      ],
      "enterprise.corp" => [
        "10.100.0.0/16"  # 65,534 عنوان IP
      ],
      default: [
        "100.64.127.0/24"  # 254 عنوان IP
      ]
    }
  },

  # خيارات تكوين البروتوكول
```

```
  pco: %{
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50", "10.0.0.51"],
    ipv4_link_mtu_size: 1400
  }
```

هيكل التكوين مقسم إلى عدة أقسام:

نظرة عامة على التكوين



مرجع تكوين سريع

القسم	الغرض	الوثائق
metrics	مصدّر قياسات بروميثيوس	دليل المراقبة
diameter	واجهة Gx إلى PCRF	تكوين Diameter Gx
s5s8	واجهة GTP-C إلى SGW-C	تكوين S5/S8
sxb	واجهة PFCP إلى PGW-U	تكوين PFCP
ue	برك عنوان IP لـ UE	تكوين بركة IP
pco	خيارات تكوين البروتوكول	تكوين PCO
CDR	الفوترة والتقارير عن الاستخدام غير المتصل	تنسيق CDR
charging	وضع الفوترة المتصلة/غير المتصلة، تجاوز كسر الزجاج	تجاوز الفوترة

انظر دليل التكوين الكامل للحصول على معلومات مفصلة.

مراقبة العمليات في الوقت الحقيقي (OAM API)

تقدم OmniPGW **واجهة برمجة تطبيقات OAM REST** لمراقبة العمليات في الوقت الحقيقي، مما يوفر رؤية فورية لحالة النظام. استعلام عن هذه النقاط النهائية للقراءة عند الطلب (أو على فترات استطلاع / من نص برمجي) للحصول على عرض تشغيلي مباشر - لا حاجة للوصول إلى سطر الأوامر للمضيف أو استعلامات القياسات الخام.

الوصول إلى واجهة OAM API

تُقدم واجهة API عبر HTTPS/TLS. يتم تقديم جميع المسارات تحت بادئة `/api`.

```
https://<omnipgw-ip>:8443/
```

تتوفر الوثائق التفاعلية لواجهة API (Swagger UI) على:

```
https://<omnipgw-ip>:8443/api/docs
```

مثال على فحص الصحة (استخدم `-k` لشهادة مختبر موقعة ذاتيًا):

```
curl -k https://localhost:8443/api/status
{"result":"ok"}
```

النقاط النهائية المتاحة:

تحل محل (الصفحة القديمة)	النقطة النهائية	الغرض
بحث UE	`POST /api/ue_search`	الغوص العميق في مشترك معين (IMSI/MSISDN/IP)
جلسات PGW	`GET /api/sessions[?search=<imsi|msisdn|ip>]`	قائمة / بحث عن جلسات PDN النشطة
جلسات PGW (تفاصيل)	`GET /api/sessions/<imsi>`	جلسة واحدة بواسطة IMSI
تاريخ الجلسة	`GET /api/session_history[?type=&search=&page=&page_size=]`	تاريخ الجلسة / أحداث التدقيق
بنية الشبكة	`GET /api/topology`	نظرة عامة على بنية الشبكة
برك IP	`GET /api/ip_pools`، `GET /api/ip_pools/<name>`	استخدام بركة عنوان IP لـ UE
جلسات PFCP / حالة UPF	`GET /api/upf`، `GET /api/upf/<ip>`	حالة نظير UPF / PFCP
اختيار UPF	`GET /api/upf_selection`	قواعد اختيار UPF، الصحة، تكوين PCO
أقران Diameter	`GET /api/diameter[?status=connected|disconnected]`، `GET /api/diameter/<origin-host>`	اتصال نظير Diameter (Gx/Gy)
حالة Gy	`GET /api/charging[?search=<imsi>]`، `GET /api/charging/<imsi>`	حالة الفوترة المتصلة (Gy) لكل جلسة

الغرض	النقطة النهائية	تحل محل (الصفحة القديمة)
كسر الزجاج: تعطيل الفوترة عبر العقدة	`PUT /api/charging/override`, `GET /api/charging/override`, `DELETE /api/charging/override`	-
حالة اكتشاف DNS لـ P-CSCF	`GET /api/pcscf_monitor`	مراقب P-CSCF
فحص الصحة	`GET /api/status`	-

للحصول على عرض بأسلوب لوحة المعلومات الحية، قم باستطلاع نقاط النهاية التجميعية على فترات، على سبيل المثال:

```
watch -n 2 'curl -sk https://localhost:8443/api/sessions'
watch -n 1 'curl -sk https://localhost:8443/api/diameter?
status=disconnected'
```

> ملاحظة: صفحة **السجلات** السابقة (بث السجلات الحية) وصفحة **محاكي Gy** ليس لها مكافئ لـ OAM API. قم ببث السجلات من المضيف / مجمع سجلاتك، واستخدم `GET /api/charging` لفحص حالة Gy/الفوترة الحية.

الميزات الرئيسية

البيانات عند الطلب والمستطلعة:

- كل نقطة نهائية تعيد الحالة الحالية الحية من عمليات OmniPGW
- نص برمجي للحصول على عرض متجدد/cron/`watch` استطلاع على فترات باستخدام تلقائيًا
- يتم إرجاع حقول الحالة (مثل نظير `connected`/`associated`) بشكل صريح في JSON

البحث والتصفية:

- ابحث عن الجلسات بواسطة IMSI أو IP أو MSISDN أو APN عبر `GET /api/sessions?search=...`
- تصفية أقران Diameter بواسطة `?status=connected|disconnected`
- تصفية حالة الفوترة بواسطة `?search=<imsi>`

سجلات التفاصيل الكاملة:

- تعيد نقاط النهاية لكل كيان (`/api/sessions/<imsi>`, `/api/upf/<ip>`, `/api/diameter/<origin-host>`, `/api/charging/<imsi>`) الحالة الكاملة كـ JSON
- فحص الجلسة الكاملة، تكوي�ة النظير، والقدرات

التحكم في الوصول:

- تُقدم عبر HTTPS/TLS 8443 على المنفذ
- ربط فقط بعنوان IP الإداري وواجهة مع ضوابط الوصول الخاصة بك
- مخصصة لفريق NOC/العمليات والاستخدام الآلي

سير العمل التشغيلي

استكشاف مشاكل الجلسة (غوص عميق):

```
1. المستخدم يبلغ عن مشكلة في الاتصال
2. POST /api/ue_search مع جسم JSON يحتوي على IMSI أو MSISDN أو IP
3. مراجعة تفاصيل الجلسة الشاملة في الاستجابة:
   a) الجلسات النشطة - تحقق من وجود الجلسة مع المعلمات الصحيحة
   b) معرف الخلية، الشبكة الخدمية، TAC الموقع الحالي - تحقق من
   c) معلومات الحامل - تحقق من الحاملات الافتراضية والمخصصة
      - QCI، MBR/GBR، أسماء قواعد الفوترة
      - حدود APN-AMBR
   d) معلومات الفوترة - معرف جلسة Gy، حالة الحصة (أيضًا GET
/api/charging/<imsi>)
   e) جلسة - معلومات السياسة Gx، قواعد PCC المثبتة
   f) الأحداث الأخيرة - GET /api/session_history?search=<imsi>
4. إذا لم يتم العثور على الجلسة → GET /api/diameter?
status=disconnected للتحقق من الاتصال بـ PCRF
```

بحث سريع عن الجلسة:

```
1. المستخدم يبلغ عن مشكلة
2. GET /api/sessions?search=<imsi|msisdn> (أو GET
/api/sessions/<imsi>)
3. تحقق من وجود الجلسة مع التفاصيل الأساسية:
   - عنوان IP لـ UE المخصص
   - معلمات QoS
   - نقاط نهاية النفق التي تم إنشاؤها
4. للتحليل التفصيلي → POST /api/ue_search
```

فحص صحة النظام:

```
1. GET /api/upf             → تحقق من أن جميع أقران PGW-U
"مرتبطون"
2. GET /api/diameter?status=connected → تحقق من أن جميع أقران PCRF
"متصلون"
3. GET /api/sessions        → تحقق من عدد الجلسات النشطة مقابل
السعة
4. GET /api/status          → فحص الصحة العامة ({"result":"ok"})
```

مراقبة السعة:

- عد الإدخالات التي تم إرجاعها بواسطة `GET /api/sessions`
- قارنها بالسعة المرخصة/المتوقعة
- تحديد أوقات الاستخدام الذروة
- مراقبة التوزيع عبر APNsاستخدم ؛ `GET /api/ip_pools` للاستخدام لكل بركة

مقابل القياسات API واجهة

استخدم واجهة OAM API لـ:

- استكشاف مشترك عميق (`POST /api/ue_search`)
- تفاصيل الجلسة الفردية وفحص الحالة (`GET /api/sessions/<imsi>`)
- حالة النظير في الوقت الحقيقي (`GET /api/upf`, `GET /api/diameter`)
- فحوصات صحة سريعة عبر جميع الواجهات (`GET /api/status`)
- استكشاف مشاكل المستخدمين المحددين بواسطة IMSI/MSISDN/IP
- تحليل QoS للحامل (MBR، GBR، QCI)
- فحص قواعد السياسة والفوترة (`GET /api/charging`)

- تاريخ الجلسات وآثار التدقيق (`GET /api/session_history`)
- مراقبة سعة بركة IP (`GET /api/ip_pools`)
- التحقق من التكوين والقواعد (`GET /api/upf_selection`)

استخدم قياسات بروميثيوس لـ:

- الاتجاهات التاريخية
- التنبيهات والإشعارات
- الرسوم البيانية لتخطيط السعة
- تحليل الأداء
- المراقبة على المدى الطويل

أفضل ممارسة: استخدم كلاهما معًا - واجهة OAM API للعمليات الفورية، وبروميثيوس للاتجاهات والتنبيهات.

المراقبة والقياسات

تعرض OmniPGW قياسات متوافقة مع بروميثيوس للمراقبة بالإضافة إلى واجهة OAM API:

القياسات المتاحة

- **قياسات الجلسة**
  - `teid_registry_count` - جلسات S5/S8 النشطة
  - `seid_registry_count` - جلسات PFCP النشطة
  - `session_id_registry_count` - جلسات Gx النشطة
  - `address_registry_count` - عناوين IP لـ UE المخصصة
  - `charging_id_registry_count` - معرفات الفوترة النشطة
- **مقاييس الرسائل**
  - `s5s8_inbound_messages_total` - الرسائل المستلمة عبر GTP-C
  - `sxb_inbound_messages_total` - الرسائل المستلمة عبر PFCP
  - `gx_inbound_messages_total` - الرسائل المستلمة عبر Diameter
  - توزيعات مدة معالجة الرسائل

- **مقاييس الأخطاء**
  - `s5s8_inbound_errors_total` - أخطاء بروتوكول S5/S8
  - `sxb_inbound_errors_total` - أخطاء بروتوكول PFCP
  - `gx_inbound_errors_total` - أخطاء Diameter
- **مقاييس دورة حياة الجلسة**
  - `pgw_session_create_total{result,cause,pdn_type,rat_type}` - محاولات إنشاء جلسة PDN، مقسمة حسب النتيجة (`success`/`failure`)، السبب المعاد عبر GTP، نوع PDN (`ipv4`/`ipv6`/`ipv4v6`) ونوع RAT
  - `pgw_session_delete_total{pdn_type}` - عمليات حذف جلسة PDN حسب نوع PDN
  - `pgw_session_modify_total` - طلبات تعديل الحامل المعالجة
- **مقاييس مجموعة عناوين IP للـ UE**
  - `ue_pool_addresses_allocated{pool,ip_version}` - عناوين UE المخصصة لكل مجموعة (نمط APN) وإصدار IP
  - `ue_pool_addresses_total{pool,ip_version}` - السعة الإجمالية للمجموعة
  - `ue_pool_addresses_utilization_ratio{pool,ip_version}` - النسبة المخصصة (0.0-1.0)؛ مفيدة لتنبيه استنفاد المجموعة. لاحظ أن المجموعات التي تشترك في نطاق عنوان كل منها تحسب التخصيصات المشتركة
  - `ue_ip_allocation_failures_total{ip_version,reason}` - حالات فشل التخصيص (`pool_exhausted`, `already_registered`)
- **مقاييس UPF / PFCP لكل نظير**
  - `upf_peer_associated{peer_ip}` - حالة ارتباط PFCP لكل نظير (1/0)
  - `upf_peer_healthy{peer_ip}` - الصحة لكل نظير (1/0)
  - `upf_peer_missed_heartbeats{peer_ip}` - عدد نبضات القلب المفقودة المتتالية لكل نظير
  - `upf_heartbeat_rtt` - توزيع زمن الرحلة ذهابًا وإيابًا لنبضات PFCP، حسب `peer_ip`

- **مقاييس الحامل وجودة الخدمة**
  - `pgw_bearer_create_total{type,qci}` - الحوامل التي تم إنشاؤها حسب النوع (`default`/`dedicated`) وQCI
  - `pgw_bearer_delete_total{type}` - الحوامل المحذو��ة حسب النوع
- **مقاييس نظير Diameter**
  - `diameter_peers_connected{application}` - نظائر Diameter المتصلة حسب التطبيق (`gx`/`gy`/`all`)

الوصول إلى المقاييس

تُعرض المقاييس عبر HTTP عند نقطة النهاية المكونة:

```
curl http://127.0.0.42:42069/metrics
```

راجع دليل المراقبة والمقاييس لإعداد لوحة المعلومات والتنبيهات.

الوثائق التفصيلية

تقدم هذه القسم نظرة شاملة على جميع وثائق OmniPGW. يتم تنظيم الوثائق حسب الموضوع وحالة الاستخدام.

هيكل الوثائق

```
وثائق OmniPGW
├── OPERATIONS.md (هذا الدليل)
│
└── docs/
    ├── التكوين والإعداد
    │   ├── configuration.md          مرجع كامل لـ runtime.exs
    │   ├── ue-ip-allocation.md       تكوين مجموعة عناوين IP
    │   └── pco-configuration.md      إعدادات DNS وP-CSCF وMTU
    │
    ├── واجهات الشبكة
    │   ├── pfcp-interface.md         Sxb/PFCP (تواصل PGW-U)
    │   ├── diameter-gx.md            Gx (تواصل PCRF)
    │   ├── diameter-gy.md             Gy/Ro (تواصل OCS)
    │   └── s5s8-interface.md         S5/S8 (تواصل SGW-C)
    │
    └── العمليات
        ├── session-management.md     دورة حياة جلسة PDN
        ├── charging-override.md      تجاوز الشحن عبر الإنترنت
        └── monitoring.md             مقاييس Prometheus والتنبيهات
```

الوثائق حسب الموضوع

البدء

الغرض	الوصف	الوثيقة
نظرة عامة وبداية سريعة	دليل العمليات الرئيسي (هذه الوثيقة)	**OPERATIONS.md**

التكوين ⚙

الوثيقة	الوصف	الأسطر
configuration.md	مرجع تكوين كامل لـ runtime.exs	1,600+
ue-ip-allocation.md	إدارة وتخصيص مجموعة عناوين IP للـ UE	943
ipv6-dual-stack.md	تشغيل PDN IPv6 / IPv4v6 عبر PGW-C وUPF	-
pco-configuration.md	خيارات تكوين البروتوكول (DNS وP-CSCF وMTU)	344

🔌 واجهات الشبكة

الوثيقة	الوصف	الأسطر
pfcp-interface.md	واجهة PFCP/Sxb إلى PGW-U	1,355
diameter-gx.md	واجهة Diameter Gx إلى PCRF (تحكم السياسة)	941
diameter-gy.md	واجهة Diameter Gy/Ro إلى OCS (الشحن عبر الإنترنت)	1,100+
charging-override.md	تجاوز الشحن عبر الإنترنت لتعطيل الشحن أثناء حادث OCS	-
s5s8-interface.md	واجهة GTP-C S5/S8 إلى SGW-C	456

🔧 العمليات والمراقبة

الوثيقة	الوصف	الأسطر
session-management.md	دورة حياة جلسة PDN والعمليات	435
monitoring.md	مقاييس Prometheus، لوحات معلومات Grafana، التنبيهات	807
data-cdr-format.md	تنسيق ملف CDR، تكوين URR، الشحن غير المتصل	847
qos-bearers.md	إدارة جودة الخدمة والحامل، التحكم في السياسة	448
troubleshooting.md	إجراءات استكشاف الأخطاء الشائعة والمشكلات	687

الميزات المتقدمة

الوثيقة	الوصف	الأسطر
pcscf-monitoring.md	اكتشاف P-CSCF ومراقبة الصحة	894

ميزات الوثائق

مخططات Mermaid

مخططات تتضمن جميع الوثائق **Mermaid** لفهم بصري:

- مخططات العمارة
- مخططات التسلسل (تدفقات الرسائل)
- آلات الحالة
- طوبولوجيا الشبكة

أمثلة عملية

تتضمن كل وثيقة:

- أمثلة تكوين من العالم الحقيقي
- تكوينات جاهزة للنسخ واللصق
- حالات استخدام شائعة

استكشاف الأخطاء

تتضمن كل وثيقة واجهة:

- مشكلات شائعة وحلول
- أوامر تصحيح
- مقاييس للتشخيص

المراجع المتقاطعة

تم ربط الوثائق بشكل مكثف لتسهيل التنقل.

مسارات القراءة

لمشغلي الشبكة

1. OPERATIONS.md - (هذه الوثيقة) نظرة عامة
2. configuration.md - لإعداد
3. monitoring.md - المراقبة
4. session-management.md - العمليات اليومية

لمهندسي الشبكة

1. OPERATIONS.md - (هذه الوثيقة) نظرة عامة على العمارة
2. pfcp-interface.md - التحكم في مستوى المستخدم
3. diameter-gx.md - التحكم في السياسة
4. diameter-gy.md - الشحن عبر الإنترنت
5. s5s8-interface.md - إدارة الجلسات
6. ue-ip-allocation.md - إدارة IP

للتكوين والنشر

1. configuration.md - مرجع كامل
2. ue-ip-allocation.md - مجموعات IP
3. pco-configuration.md - معلمات الشبكة
4. monitoring.md - إعداد المراقبة

إحصائيات الوثائق

- **إجمالي الوثائق:** 14
- **إجمالي الأسطر:** 10,900~+
- **إجمالي الحجم:** 265~ كيلوبايت
- **مخططات Mermaid:** 75+
- **أمثلة الشيفرة:** 150+

المفاهيم الرئيسية المغطاة

العمارة

- □ فصل التحكم/مستوى المستخدم
- □ عمارة OTP/Elixir
- □ إشراف العمليات
- □ جلسات قائمة على GenServer

البروتوكولات

- □ PFCP (بروتوكول التحكم في توجيه الحزم)
- □ GTP-C v2 (بروتوكول نفق GPRS)
- □ Diameter (RFC 6733)

3 واجهاتGPP

- □ Sxb (PGW-C ↔ PGW-U)
- □ Gx (PGW-C ↔ PCRF)
- □ Gy/Ro (PGW-C ↔ OCS)
- □ S5/S8 (SGW-C ↔ PGW-C)

العمليات

- □ إدارة الجلسات
- □ استراتيجيات تخصيص IP
- □ تنفيذ جودة الخدمة
- □ تكامل الشحن
- □ المراقبة والتنبيهات

موارد إضافية

مواصفات 3GPP

العنوان	المواصفة
GTP-C v2 (واجهة S5/S8)	TS 29.274
PFCP (واجهة Sxb)	TS 29.244
واجهة Diameter Gx (تحكم السياسة)	TS 29.212
تطبيقات الشحن Diameter (Gy/Ro)	TS 32.299
شحن النطاق الموجه للحزم	TS 32.251
عمارة EPC	TS 23.401

الوثائق ذات الصلة

- مرجع التكوين: configuration.md - مرجع كامل لـ `config/runtime.exs`

تجاوز الشحن عبر الإنترنت (كسر الزجاج)

تجاوز الشحن عبر الإنترنت هو مفتاح على مستوى العقدة. يقوم بإخراج الشحن عبر الإنترنت (Gy/OCS) من المسار على الفور، دون الحاجة إلى إعادة تشغيل. استخدمه أثناء حادث OCS، غير صحي ويؤثر على المشتركين OCS عندما يكون.

إعادة التشغيل ليست طريقة مقبولة لتعطيل الشحن عبر الإنترنت. تؤدي إعادة التشغيل إلى إنهاء نشطة على العقدة. يقوم التجاوز بتغيير السلوك للجلسات التي تعمل بالفعل، PDN كل جلسة وللجلسات التي تتصل أثناء تفعيله.

بينما يكون التجاوز CDRs في قياس الاستخدام وكتابة PGW-C لا يتأثر الشحن غير المتصل. يستمر نشطًا. انظر تنسيق CDR.

جدول المحتويات

1. متى يجب استخدامه
2. ما الذي يفعله التجاوز
3. مرجع API
4. إجراءات التشغيل
5. سجل التدقيق
6. التكوين
7. المقاييس
8. استكشاف الأخطاء وإصلاحها

متى يجب استخدامه

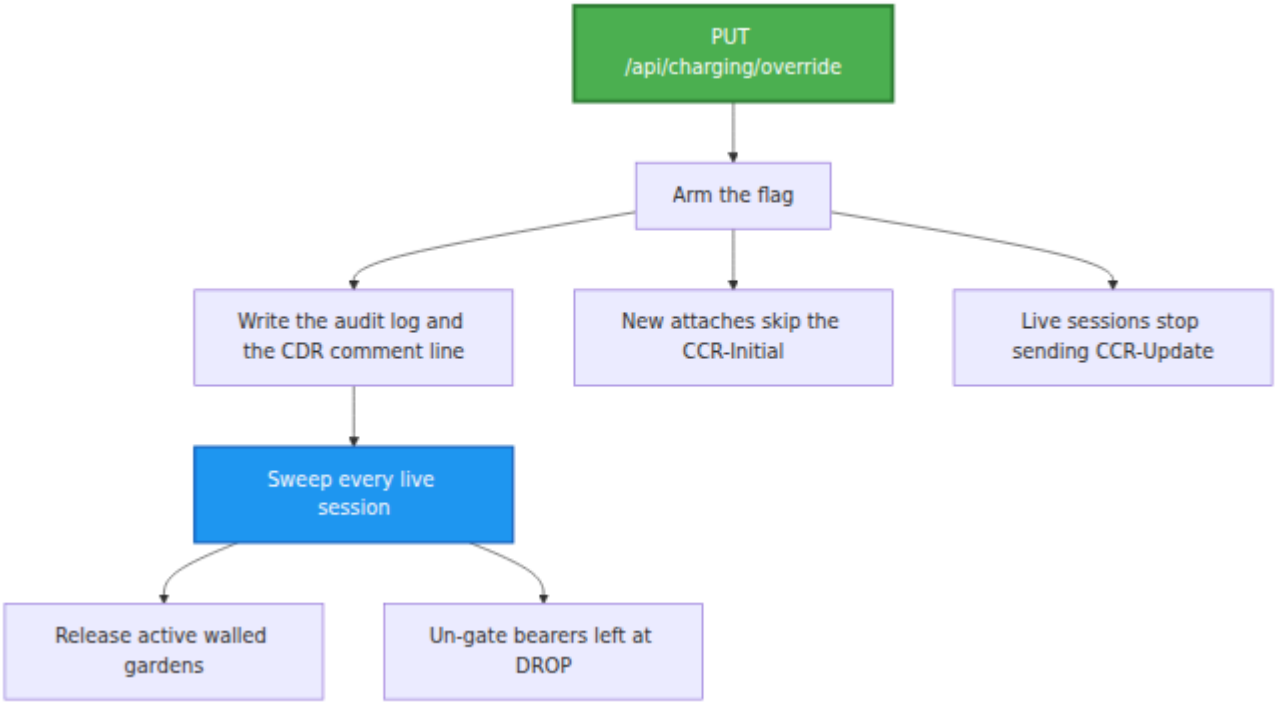
استخدم التجاوز عندما يتسبب OCS في تأثير على المشتركين لا يمكنك إصلاحه في OCS. هناك ثلاثة أوضاع فشل شائعة.

ما يفعله التجاوز	ما يراه المشتركون	وضع الفشل
لا ترسل الاتصالات الجديدة CCR-Initial وتأتي مع توجيه الحركة	تأتي الاتصالات الجديدة مقيدة، أو تقع في الحديقة المسورة	أو لا OCS يرفض يجيب على CCR-Initial
يتم تحرير الحدائق المسورة ويتم إلغاء قفل الحوامل المحجوزة	يتم قطع المشتركين مع وجود رصيد متبقي	يجيب OCS، لكن محاسبته خاطئة
لا يتم إرسال CCR-Update آخر، لذا لا يتم الإبلاغ عن النافذة ولا يتم تقييمها	يختفي الرصيد دون استخ��دام	يحتجز OCS الحجوزات ويستنزف الحزم

لا تستخدم التجاوز لمشترك واحد. لنقل جلسة واحدة إلى داخل أو خارج الحديقة المسورة، استخدم `PUT /api/charging/<imsi>`. انظر واجهة Diameter Gy.

نطاق التجاوز هو عقدة واحدة. إذا كنت تشغل أكثر من PGW-C على كل واحد، قم بتطبيق التجاوز عقدة. يمكن أن يكون التطبيق الجزئي قابلاً للبقاء. بعض المشتركين يتعافون، والبقية يبقون كما كانوا.

ما الذي يفعله التجاوز



الجلسات الجديدة

الشحن عبر الإنترنت كما لو كان معطلاً. هذا هو نفس PGW-C بينما يكون التجاوز نشطًا، يع��مل السلوك كما هو محدد في قيمة التكوين `charging.online: :off`. لا يرسل PGW-C أي CCR-Initial. تكتمل الاتصال ويقوم الحامل الافتراضي بتوجيه الحركة.

يتفوق التجاوز على كل من التكوين المحلي و PCRF. لا يعيد Gx CCA الذي يضبط `Online` إلى تمكين الشحن أثناء تفعيل التجاوز.

الجلسات الحالية

يساعد علم التكوين بمفرده فقط الجلسات التي تتصل بعده. المشتركون الذين تم حظرهم بالفعل بمسح كل جلسة نشطة ويقوم PGW-C هم الذين يتأذون من الحادث. عند تفعيل التجاوز، يقوم بشيئين.

1. PGW-C **تحرير الحديقة المسورة.** إذا كانت الجلسة في حديقة مسورة، يرسل تعديل جلسة PFCP يزيل إعادة التوجيه. هذا هو نفس المسار الذي يتم تشغيله عندما يستعيد OCS الرصيد.
2. **إلغاء قفل الحوامل المحجوزة.** إذا كان لدى حامل قواعد إجراء توجيه مضبوطة `FORW`. هذا يعيد ضبطها إلى PFCP تعديل جلسة PGW-C يرسل ، `DROP` لتطبيق الإجراء

يغطي الجلسات المقيدة بواسطة فرع CCR-Initial `DIAMETER_USER_UNKNOWN`.

المسح هو جهد أفضل. يتم احتساب الجلسة التي لا تجيب على أنها فاشلة ويتم تسميتها في السجل. يستمر المسح مع الجلسات المتبقية. يقوم PGW-C بتشغيل المسح بالتوازي عبر الجلسات، لذا فإن الوقت الذي يستغرقه يتم تحديده بواسطة أبطأ إجابة UPF، وليس بمجموعها.

عند إجراء الوحدة النهائية TERMINATE هناك حالة واحدة لا يمكن إصلاحها. إذا أرسل OCS إعادة بنائها بإزالة معلمات التوجيه على تلك القواعد. لا يمكن لـ PGW-C الاتصال، فقد قام PGW-C من حالة الجلسة. يسجل السجل كل قاعدة لم يتمكن من استعادتها. يجب على المشترك إعادة الاتصال للتعافي.

الجلسات التي لديها جلسة Gy مفتوحة بالفعل

بينما يكون التجاوز نشطًا، لا يرسل PGW-C أي CCR-Update لهذه الجلسات. يتم تجاهل تقرير الاستخدام بدلاً من تخزينه. هذا مقصود. يجب ألا يؤدي إلغاء التفعيل إلى فرض رسوم بأثر رجعي على النافذة التي كان فيها التجاوز نشطًا.

عند فصل الاتصال، لا يرسل PGW-C أي CCR-Terminate بشكل افتراضي. يحرر CCR-Terminate الذي هو OCS بشكل نظيف، لكن واحدًا لكل فصل يضغط على OCS الحجز على Terminate بجني الحجز باستخدام مؤقت الجلسة الخاص به. اضبط OCS بالفعل مريض. يقوم `send_ccr_t` إلى `true` إذا كنت تريد إرسال CCR-Terminate على أي حال.

إلغاء التفعيل

يعود إلغاء التفعيل بالعقدة إلى الشحن الطبيعي على الفور. لا حاجة لإعادة التشغيل. لا يبلغ PGW-C عن النافذة التي كان فيها التجاوز نشطًا. يتم قياس الاستخدام في تلك النافذة بشكل غير متصل وكتابته إلى CDRs، لكنه لا يصل أبدًا إلى OCS.

مرجع API

محجوز. لا يمكن أن يكون أي `override` التجاوز هو مورد فردي في مجموعة الشحن. المعرف هو تلك السلسلة IMSI.

انظر مراقبة العمليات في الوقت الحقيقي. تُخدم جميع المسارات تحت بادئة `/api` على واجهة OAM API.

تفعيل

```
PUT /api/charging/override
```

جسم الطلب:

```
{
  "ttl_seconds": 3600,
  "reason": "OCS incident INC-1234",
  "actor": "noc@example.com",
  "send_ccr_t": false
}
```

المعامل	النوع	مطلوب	الافتراضي	الوصف
`ttl_seconds`	عدد صحيح	نعم	-	ثوانٍ حتى تنتهي صلاحية التجاوز تلقائيًا. الحد الأدنى `1`، الحد الأقصى `86400` (24 ساعة).
`reason`	سلسلة	نعم	-	نص حر يوضح سبب تفعيل التجاوز. يظهر في السجل، وملف CDR، و`GET`.
`actor`	سلسلة	لا	عنوان IP للمتصل	من قام بتفعيل التجاوز. يسجل عنوان IP للمتصل عند PGW-C حذف هذا.
`send_ccr_t`	منطقي	لا	`false`	اضبطه على `true` لإرسال CCR-Terminate من نوع Gy عند الفصل. اتركه `false` للبقاء صامتًا.

الاستجابة:

```
{
  "online_charging": "off",
  "override": {
    "active": true,
    "reason": "OCS incident INC-1234",
    "actor": "noc@example.com",
    "ttl_seconds": 3600,
    "remaining_seconds": 3599,
    "activated_at": "2026-09-15T04:10:22.481Z",
    "expires_at": "2026-09-15T05:10:22.481Z",
    "send_ccr_t": false,
    "max_ttl_seconds": 86400
  },
  "relief": {
    "sessions_swept": 1842,
    "walled_gardens_released": 37,
    "bearers_ungated": 5,
    "failed": 0,
    "changed": [
      { "imsi": "313380000003530", "apn": "internet", "actions":
["walled_garden_released"] }
    ]
  }
}
```

الحقل	الوصف
`online_charging`	`off` بينما يكون التجاوز نشطًا، `on` بخلاف ذلك.
`override.active`	`true` بينما يكون التجاوز مفعلًا ولم تنقضِ صلاحية TTL.
`override.remaining_seconds`	`null` عندما لا يكون هناك تجاوز نشط. ثوانٍ حتى انتهاء الصلاحية التلقائي.
`relief.sessions_swept`	عدد الجلسات النشطة التي طلب PGW-C إسقاط كتل الشحن الخاصة بها.
`relief.walled_gardens_released`	عدد الجلسات التي غادرت الحديقة المسورة.
`relief.bearers_ungated`	عدد الجلسات التي تم استعادة الحوامل المحجوزة فيها إلى التوجيه.
`relief.failed`	عدد الجلسات التي لم تجب. حالتها غير متغيرة.
`relief.changed`	الجلسات التي تغيرت فعليًا، مع الإجراء المتخذ على كل منها.

يرفض PGW-C الطلب مع `400 Bad Request` عندما يكون `ttl_seconds` غائبًا، أو خارج النطاق، أو ليس عددًا صحيحًا، وعندما يكون `reason` غائبًا أو فارغًا.

قراءة الحالة

```
GET /api/charging/override
```

تحمل الاستجابة نفس حقول `online_charging` و`override` مثل استجابة التفعيل، مع احتساب `remaining_seconds` من وقت الطلب. لا يوجد حقل `relief`.

تحمل نقطة النهاية للقائمة `GET /api/charging` أيضًا حالة التجاوز في حقل `charging_override`، بجوار حالة الشحن لكل جلسة.

إلغاء التفعيل

```
DELETE /api/charging/override
```

(اختياري) جسم الطلب:

```
{ "actor": "oncall@example.com" }
```

تحمل الاستجابة نفس الحقول كما في `GET`، مع تعيين `active` إلى `false`.

إجراءات التشغيل

اتبع هذه الخطوات أثناء حادث OCS.

1. تأكد من أن OCS هو السبب. تحقق من `GET /api/diameter?status=disconnected` لحالة نظير Gy، و`GET /api/charging` للجلسات في الحديقة المسورة.
2. قم بتفعيل التجاوز على أول PGW-C. قدم `reason` اضبط. يذكر تذكرة الحادث. `ttl_seconds` على قيمة تغطي وقت الإصلاح المتوقع لديك.
3. اقرأ كتلة `relief` في الاستجابة. تأكد من أن `failed` هو `0`. إذا لم يكن كذلك، انظر استكشاف الأخطاء وإصلاحها.
4. كرر الخطوتين 2 و3 على كل عقدة PGW-C المتبقية.
5. تأكد من أن مقياس `charging_override_active` على كل عقدة `1` يقرأ.
6. قم بإصلاح OCS.
7. قم بإلغاء تفعيل التجاوز على كل عقدة باستخدام `DELETE /api/charging/override`.
8. تأكد من أن مقياس `charging_override_active` على كل عقدة `0` يقرأ، وأن الاتصالات الجديدة ترسل CCR-Initial مرة أخرى.

تحذيرًا PGW-C يكتب TTL. إذا لم تقم بإلغاء تفعيل التجاوز، فإنه ينتهي تلقائيًا عندما تنقضي صلاحية عند انتهاء الصلاحية CDR إلى السجل وسطر تعليق إلى ملف.

سجل التدقيق

كل تغيير في الحالة في PGW-C التجاوز الذي يمكن تركه صامتًا هو تسرب لل��يرادات. يسجل أربعة أماكن.

السجل

يكتب PGW-C تحذيرًا عند التفعيل، وعند إلغاء التفعيل، وعند انتهاء صلاحية TTL، وعند إعادة التفعيل ويحمل السبب، والممثل، `[CHARGING OVERRIDE]` بعد إعادة التشغيل. يتم تمييز كل سطر بـ والموعد النهائي. يكتب المسح تحذيرًا ثانيًا مع عدد الجلسات التي تم تغييرها والفاشلة.

ملف CDR

يكتب PGW-C سطر تعليق في ملف CDR الذي يكون مفتوحًا في ذلك الوقت. الكتابة غير متزامنة، على وحدة تخزين بطيئة. تبدأ أسطر التعليق بـ `#`، نفس CDR لذا لا يمكن أن تؤخر أو تفشل الدليل لذا تتخطاها الوساطة. يبقى السطر في سجل الملف، وهو CDR، العلامة التي يستخدمها رأس ملف ما تحتاجه عندما لم يتم تقييم نافذة الحركة عمدًا.

```
# 15-09-2026 تم تفعيل تجاوز الشحن في T04:10:22.481Z: تم تعطيل الشحن
على مستوى العقدة؛ يتم قياس الاستخدام في هذه (Gy/OCS) عبر الإنترنت
النافذة بشكل غير متصل ولكن لا يتم الإبلاغ عنه إلى OCS. السبب=حادث OCS
INC-1234 الممثل=noc@example.com ttl_seconds=3600 expires_at=2026-
09-15T05:10:22.481Z send_ccr_t=false
# 15-09-2026 تم إلغاء تفعيل تجاوز الشحن في T04:52:09.113Z: تم إعادة
على مستوى العقدة. لم يتم الإبلاغ عن (Gy/OCS) تمكين الشحن عبر الإنترنت
15-09-2026 بين الاستخدام|T04:10:22.481Z 15-09-2026وT04:52:09.113Z
(2507s) إلى OCS. original_reason=حادث OCS INC-1234
activated_by=noc@example.com deactivated_by=oncall@example.com
```

إلى مسافات. لا يمكن أن يقسم تعليق سجل `reason` يتم تسطيح الأسطر الجديدة المضمنة في CDR. انظر تنسيق CDR.

المقاييس

حتى يتم إبلاغ المشغل أثناء `charging_override_active` انظر المقاييس. قم بتنبيه على تفعيل التجاوز.

لوحة الويب

تظهر صفحة جلسات PGW لافتة بينما يكون التجاوز نشطًا. تحمل اللافتة السبب، والممثل، والوقت المتبقي.

التكوين

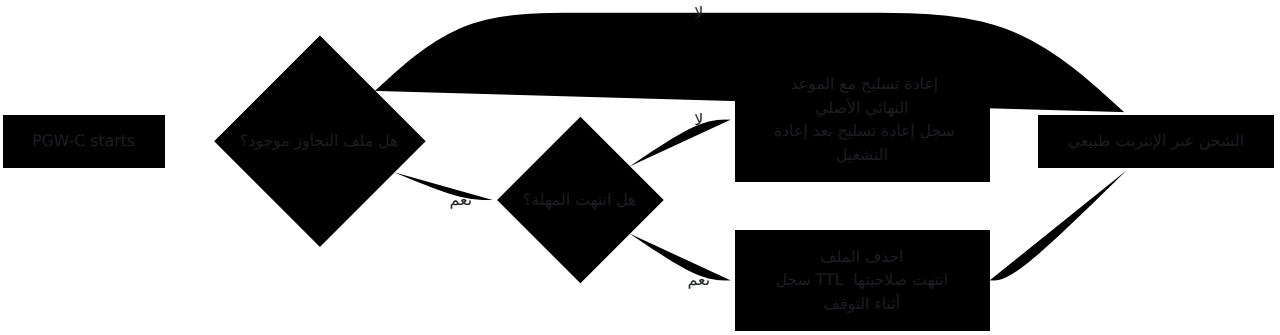
لا يحتاج التجاوز إلى أي تكوين للعمل. تتحكم مفتاح اختيارية واحدة في مكان كتابة الحالة المسلحة بحيث تبقى بعد إعادة التشغيل.

```
config :pgw_c,
  # حيث يتم الاحتفاظ بالتجاوز المسلح عبر إعادة التشغيل
  charging_override_file: "/var/lib/pgw_c/charging_override.json"
```

المعامل	النوع	مطلوب	الافتراضي
`charging_override_file`	سلسلة	لا	`/var/lib/pgw_c/charging_ove`

سلوك إعادة التشغيل

يجب ألا تؤدي الانهيارات أثناء الحادث إلى إعادة تسليح القطع بشكل صامت لكل مشترك. يكتب التجاوز المسلح إلى PGW-C `charging_override_file` ويقرأه مرة أخرى عند البدء.



لا تمدد إعادة التشغيل TTL. يحتفظ PGW-C بـ `expires_at` الأصلي.

إذا لم يتمكن PGW-C من كتابة الملف، فإنه يسجل تحذيرًا ويستمر. التجاوز ساري المفعول على العقدة، لكنه لا يبقى بعد إعادة التشغيل. تحقق من أذونات نظام الملفات على الدليل.

المقاييس

الوصف: `1` بينما يقوم التجاوز على مستوى العقدة بتعطيل الشحن عبر الإنترنت، `0` بخلاف ذلك. **التسميات**: لا شيء **النوع**: Gauge **المقياس**: `charging_override_active`

الوصف: الثواني المتبقية قبل أن تنتهي صلاحية التجاوز تلقائيًا. `0` عندما لا يكون هناك تجاوز نشط. **التسميات**: لا شيء **النوع**: Gauge **المقياس**: `charging_override_remaining_seconds`

يتم تحديث كلا المقياسين في فترة استقصاء المقاييس. انظر المراقبة والمقاييس لفترة الاستقصاء وتكوين المصدر.

استعلامات المثال:

```
# أي عقدة تم تجاوز الشحن عبر الإنترنت فيها الآن
max(charging_override_active)

# العقد التي تنتهي صلاحية التجاوز فيها خلال أقل من 10 دقائق
charging_override_remaining_seconds > 0 and
charging_override_remaining_seconds < 600
```

تنبيه المثال:

```
- alert: OnlineChargingOverrideActive
  expr: charging_override_active == 1
  for: 5m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "تم تجاوز الشحن عبر الإنترنت على {{ $labels.instance
}}"
    description: "يتم قياس استخدام المشتركين لـ CDRs ولكن لا يتم
تقييمه عبر الإنترنت."
```

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

طلب التفعيل يعيد 400

الأعراض: يحمل جسم الاستجابة اسم `ttl_seconds` أو `reason`.

الأسباب المحتملة:

- `ttl_seconds` غائب، أو `0`، أو سالب، أو أكبر من `86400`
- `reason` غائب أو فارغ

الحل:

1. اضبط `ttl_seconds` إلى عدد صحيح بين `1` و `86400`.
2. اضبط `reason` على نص يذكر الحادث.

تقارير المسح عن الفشل

الأعراض: `relief.failed` في استجابة التفعيل أكبر من `0`.

الأسباب المحتملة:

- لم تجب عملية الجلسة ضمن مهلة الاتصال

- لم يقبل UPF تعديل جلسة PFCP

لا يتم احتساب الجلسة التي تم فصلها أثناء تشغيل المسح على أنها فاشلة. لم تعد تفرض أي شيء، لذا لا يوجد شيء لتحريره.

الحل:

1. ابحث في السجل عن `فشل في تحرير فرض الشحن [CHARGING OVERRIDE]`.
2. تحقق من إمكانية الوصول إلى UPF باستخدام `GET /api/upf`.
3. قم بتشغيل `PUT /api/charging/override` مرة أخرى بمجرد أن يصبح UPF صحيًا. المسح آمن للتكرار. الجلسة التي ليست محجوزة لا يتم لمسها.

لا يزال مشترك محجوزًا بعد المسح

الأعراض: يظهر `GET /api/charging/<imsi>` أن الحديقة المسورة قد تم تحريرها، لكن الحركة لا تتدفق.

الأسباب المحتملة:

- أرسل OCS إجراء الوحدة النهائية TERMINATE عند الاتصال. تم مسح معلمات التوجيه على ذلك الحامل ولا يمكن إعادة بنائها.

الحل:

1. ابحث في السجل عن `لا يمكن إلغاء قفل FAR(s)` مع تلك IMSI.
2. اطلب من المشترك إعادة الاتصال. يأتي الاتصال الجديد مع توجيه الحركة بينما يكون التجاوز نشطًا.

عاد التجاوز بعد إعادة التشغيل

الأعراض: يحمل السجل `إعادة تسليح بعد إعادة التشغيل [CHARGING OVERRIDE]`.

عندما أعيد تشغيل العقدة TTL هذا هو السلوك المصمم. كان التجاوز لا يزال ضمن صلاحية.

الحل:

1. قم بتشغيل `DELETE /api/charging/override` إذا لم تعد تريده.
2. خلاف ذلك، انتظر حتى تنقضي صلاحية TTL.

الشحن عبر الإنترنت معطل ولا يوجد تجاوز نشط

الأعراض: لا يتم إرسال CCR-Initial، و`GET /api/charging/override` يُبلغ عن `active: false`.

الأسباب المحتملة:

- في تكوين وقت التشغيل `:off` إلى تم تعيين `charging.online`
- `gy.enabled` هو `false`
- قام PCRF بتعيين Gx CCA `Online` AVP إلى معطل

الحل:

1. تحقق من كتل `charging` و`gy`. انظر مرجع التكوين.
2. تحقق من Gx CCA باستخدام `GET /api/charging/<imsi>`. انظر واجهة Diameter Gx.

الوثائق ذات الصلة

- الشحن عبر الإنترنت، الحصة، والحديقة المسورة - واجهة Diameter Gy
- CDR الشحن غير المتصل وملف - تنسيق CDR
- المراقبة والمقاييس - مصدر المقاييس ولوحات المعلومات
- استكشاف الأخطاء وإصلاحها - إجراءات استكشاف الأخطاء العامة
- دليل العمليات - نقطة الدخول

دليل تكوين OmniPGW

مرجع كامل لتكوين runtime.exs

بواسطة خدمات شبكة Omnitouch

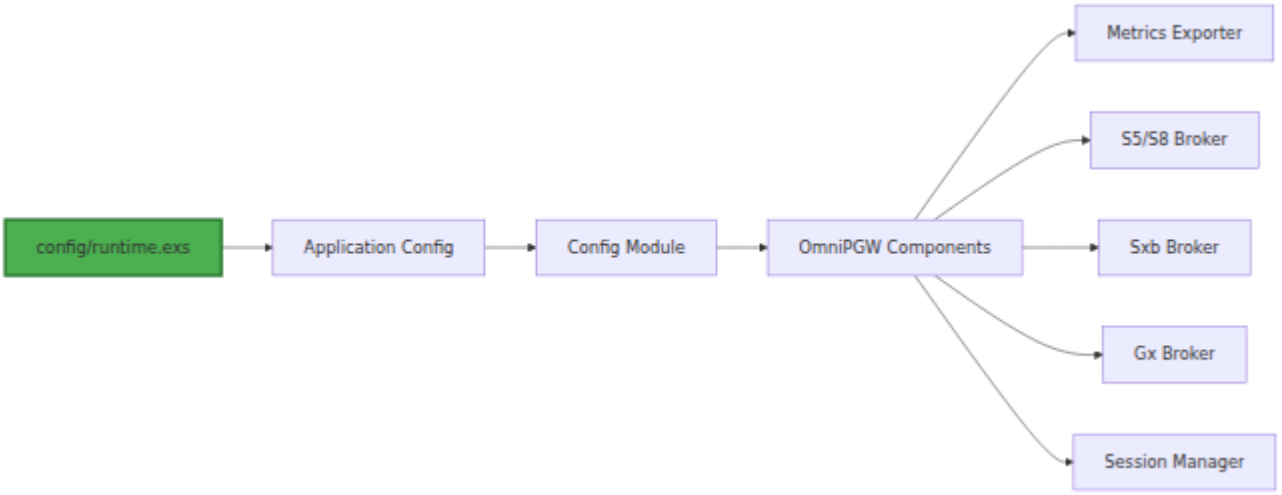
جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. هيكل ملف التكوين
3. تكوين المقاييس
4. تكوين Diameter/Gx
5. تكوين S5/S8
6. تكوين Gn/Gp (GGSN)
7. تكوين Sxb/PFCP
    - استراتيجيات اختيار UPF
    - توازن الحمل مع مجموعات UPF
    - اختيار قائم على DNS
    - وضع التشغيل الجاف
8. تكوين مجموعة IP لـ UE
9. تكوين PCO
10. تكوين واجهة برمجة التطبيقات OAM
11. مثال كامل
12. التحقق من التكوين

نظرة عامة

يستخدم OmniPGW المحدد في **تكوين وقت التشغيل** `config/runtime.exs`. يتم تقييم هذا الملف عند **بدء التطبيق** ويسمح بالتكوين الديناميكي بناءً على متغيرات البيئة أو المصادر الخارجية.

فلسفة التكوين



المبادئ الأساسية:

- **مصدر واحد للحقيقة** - جميع التكوين في ملف واحد
- **سلامة النوع** - يتم التحقق من صحة التكوين عند بدء التشغيل
- **مرونة البيئة** - دعم للتطوير، الاختبار، الإنتاج
- **افتراضات واضحة** - افتراضات معقولة مع تجاوزات صريحة

هيكل ملف التكوين

موقع الملف

```
pgw_c/
├── config/
│   ├── config.exs          # التكوين الأساسي (يستورد runtime.exs)
│   ├── dev.exs             # تكوين خاص بالتطوير
│   ├── prod.exs            # تكوين خاص بالإنتاج
│   └── runtime.exs         # ← ملف التكوين الرئيسي
```

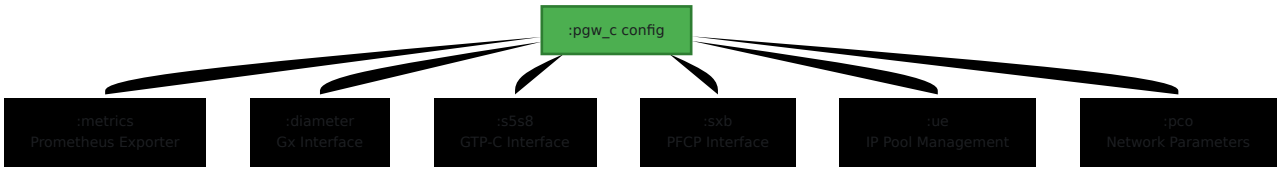
الهيكل العلوي

```
# config/runtime.exs
import Config

config :logger, level: :info

config :pgw_c,
  metrics: %{...},
  diameter: %{...},
  s5s8: %{...},
  sxb: %{...},
  ue: %{...},
  pco: %{...}
```

أقسام التكوين



تكوين المقاييس

الغرض

تكوين مصدر المقاييس Prometheus لمراقبة OmniPGW.

كتلة التكوين

```
config :pgw_c,
  metrics: %{
    # تمكين/تعطيل مصدر المقاييس
    enabled: true,

    # عنوان IP لربط خادم HTTP
    ip_address: "0.0.0.0",

    # المنفذ لنقطة نهاية المقاييس
    port: 9090,

    # مدى تكرار استعلام السجلات (بالملي ثانية)
    registry_poll_period_ms: 10_000
  }
```

المعلمات

المعلمة	النوع	الافتراضي	الوصف
`enabled`	Boolean	`true`	تمكين مصدر المقاييس
`ip_address`	String (IP)	`"0.0.0.0"`	عنوان الربط (0.0.0.0 = جميع الواجهات)
`port`	Integer	`9090`	منفذ HTTP لنقطة نهاية `/metrics`
`registry_poll_period_ms`	Integer	`10_000`	فترة الاستعلام لعدادات السجل

أمثلة

محدد IP الإنتاج - الربط بعنوان:

```
metrics: %{
  enabled: true,
  ip_address: "10.0.0.20",  # شبكة الإدارة
  port: 9090,
  registry_poll_period_ms: 5_000  # استعلام كل 5 ثواني
}
```

التطوير - localhost فقط:

```
metrics: %{
  enabled: true,
  ip_address: "127.0.0.1",
  port: 42069,  # منفذ غير قياسي
  registry_poll_period_ms: 10_000
}
```

تعطيل المقاييس:

```
metrics: %{
  enabled: false
}
```

ال��صول إلى المقاييس

```
# نقطة النهاية الافتراضية
curl http://<ip_address>:<port>/metrics

# مثال
curl http://10.0.0.20:9090/metrics
```

انظر: دليل المراقبة والمقاييس لمزيد من الوثائق التفصيلية حول المقاييس.

تكوين Diameter/Gx

الغرض

تكوين بروتوكول Diameter لواجهة Gx (التواصل مع PCRF).

كتلة التكوين

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    # عنوان IP للاستماع إلى اتصالات Diameter
    listen_ip: "0.0.0.0",

    # هوية Diameter الخاصة بـ OmniPGW (Origin-Host)
    host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

    # نطاق Diameter الخاص بـ OmniPGW (Origin-Realm)
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

    # قائمة الأقران PCRF
    peer_list: [
      %{
        # هوية Diameter الخاصة بـ PCRF
        host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

        # نطاق PCRF
        realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

        # عنوان IP الخاص بـ PCRF
        ip: "10.0.0.30",

        # بدء الاتصال بـ PCRF
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

المعلمات

المعلمة	النوع	مطلوب	الوصف
`listen_ip`	String (IP)	نعم	عنوان الاستماع لـ Diameter
`host`	String (FQDN)	نعم	Origin-Host الخاص بـ OmniPGW (يجب أن يكون FQDN)
`realm`	String (Domain)	نعم	Origin-Realm الخاص بـ OmniPGW
`peer_list`	List	نعم	تكوينات أقران PCRF

تكوين القرين:

المعلمة	النوع	مطلوب	الوصف
`host`	String (FQDN)	نعم	هوية Diameter الخاصة بـ PCRF
`realm`	String (Domain)	نعم	نطاق PCRF
`ip`	String (IP)	نعم	عنوان IP الخاص بـ PCRF
`initiate_connection`	Boolean	نعم	ما إذا كان OmniPGW يتصل بـ PCRF

تنسيق FQDN

يجب أن تكون هويات Diameter FQDNs:

```
# صحيح
host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"

# غير صحيح
host: "omnipgw"              # ليس FQDN
host: "10.0.0.20"            # IP غير مسموح
```

3 تنسيقGPP:

```
<hostname>.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org

أمثلة:
- omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org  (MCC=001, MNC=001)
- pgw-c.epc.mnc260.mcc310.3gppnetwork.org   (MCC=310, MNC=260 - T-Mobile في الولايات المتحدة)
```

أمثلة

PCRF واحد:

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.0.30",
      initiate_connection: true
    }
  ]
}
```

عدة PCRFs (تكرار):

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf-primary.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.1.30",
      initiate_connection: true
    },
    %{
      host: "pcrf-backup.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.2.30",
      initiate_connection: true
    }
  ]
}
```

الاتصال الذي يبدأه PCRF:

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.0.30",
      initiate_connection: false  # انتظر حتى يتصل PCRF
    }
  ]
}
```

انظر: Diameter Gx وثائق واجهة

تكوين S5/S8

الغرض

تكوين واجهة GTP-C للتواصل مع SGW-C.

كتلة التكوين

```
config :pgw_c,
  s5s8: %{
    # عنوان IPv4 المحلي لواجهة S5/S8
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",

    # عنوان IPv6 المحلي اختياري:
    local_ipv6_address: nil,

    # تجاوز المنفذ الافتراضي لـ GTP-C (2123) اختياري:
    local_port: 2123,

    # مهلة طلب GTP-C بالملي ثانية (500 :الافتراضيms)
    # المهلة لكل محاولة عند الانتظار لاستجابات GTP-C
    request_timeout_ms: 500,

    # عدد محاولات إعادة الطلب لاستجابات GTP-C (3 :الافتراضي)
    # إجمالي أقصى وقت انتظار = request_timeout_ms *
request_attempts
    request_attempts: 3
  }
```

المعلمات

المعلمة	النوع	الافتراضي	الوصف
`local_ipv4_address`	String (IPv4)	مطلوب	عنوان IPv4 لواجهة S5/S8
`local_ipv6_address`	String (IPv6)	`nil`	عنوان IPv6 لواجهة S5/S8 (اختياري)
`local_port`	Integer	`2123`	منفذ UDP لـ GTP-C (المنفذ القياسي 2123)
`request_timeout_ms`	Integer	`500`	المهلة لكل محاولة إعادة في الملي ثانية
`request_attempts`	Integer	`3`	عدد محاولات إعادة الطلب قبل الاستسلام

تفاصيل البروتوكول

- **البروتوكول:** GTP-C 2 الإصدار
- **النقل:** UDP
- **المنفذ القياسي:** 2123
- **الاتجاه:** يستقبل من SGW-C

أمثلة

IPv4 فقط (شائع):

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20"
}
```

IPv4 + IPv6 مزدوجة:

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20",
  local_ipv6_address: "2001:db8::20"
}
```

منفذ مخصص (غير قياسي):

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20",
  local_port: 2124  # منفذ مخصص
}
```

شبكة ذات زمن انتقال مرتفع:

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20",
  request_timeout_ms: 1500,  # 1.5 ثانية لكل محاولة
  request_attempts: 3        # إجمالي: 4.5 ثواني كحد أقصى
}
```

تكوي�� المه��ة

مهلات قابلة للتكوين لمعاملات طلب/استجابة S5/S8 GTP-C تستخدم واجهة (طلب إنشاء حاملة، طلب حذف حاملة).

حساب إجمالي وقت الانتظار:

```
إجمالي الحد الأقصى للانتظار = request_timeout_ms × request_attempts
الافتراضي: 500ms × 3 = 1.5 ثانية
```

إرشادات الضبط:

زمن الانتقال في الشبكة	المهلة الموصى بها	إجمالي وقت الانتظار
زمن انتقال منخفض (<50ms)	200-300ms	600-900ms
عادي (150-50ms)	500ms (افتراضي)	1.5s
زمن انتقال مرتفع (>150ms)	1000-2000ms	3-6s
فضائي/غير مستقر	2000-3000ms	6-9s

متى يجب الضبط:

- **زيادة المهلة** إذا كنت ترى أخطاء "انتهت مهلة طلب إنشاء حاملة" بشكل متكرر ولكن Wireshark يظهر أن الاستجابات تصل
- **تقليل المهلة** لاكتشاف الفشل بشكل أسرع في بيئات زمن الانتقال المنخفض
- **زيادة محاولات إعادة الطلب** للشبكات غير الموثوقة التي تعاني من فقدان الحزم

س��وك المهلة:

- عند انتهاء المهلة، يتم تسجيل الخطأ: `"انتهت مهلة طلب إنشاء حاملة"`
- يتم إرجاع خطأ PCRF: Result-Code 5012 (UNABLE_TO_COMPLY) إلى Diameter
- تبقى الحاملة في التخزين المبكر للتنظيف عند وصول Charging-Rule-Remove

تخطيط الشبكة

اختيار عنوان IP:

- استخدم شبكة إدارة/إشارة مخصصة
- تأكد من إمكانية الوصول من جميع عقد SGW-C
- اعتبر التكرار (VRRP/HSRP) للتوافر العالي

قواعد جدار الحماية:

```
# السماح بـ GTP-C من SGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_c_network> -j ACCEPT
```

تكوين Gn/Gp (GGSN)

الغرض

تكوين واجهة GTP-C v1 للتواصل مع SGSNs، مما يمكّن وظيفة GGSN 2 لشبكاتG/3G.

كتلة التكوين

```
config :pgw_c,
  gn: %{
    # عنوان IPv4 المحلي لواجهة Gn
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",

    # عنوان IPv6 المحلي اختياري: (2 معظم شبكاتG/3G تعمل فقط على
IPv4)
    local_ipv6_address: nil,

    # منفذ GTP-C (مع مشترك S5/S8)
    local_port: 2123
  },

  # خوادم DNS في PCO التي يتم إرجا��ها (مع مشتركة S5/S8)
  dns: %{
    primary_ipv4: {8, 8, 8, 8},
    secondary_ipv4: {8, 8, 4, 4}
  }
```

المعلمات

المعلمة	النوع	الافتراضي	الوصف
`local_ipv4_address`	String (IPv4)	مطلوب	عنوان IPv4 لواجهة Gn (عنوان GGSN)
`local_ipv6_address`	String (IPv6)	`nil`	عنوان IPv6 لواجهة Gn (اختياري، نادراً ما يستخدم)
`local_port`	Integer	`2123`	منفذ UDP لـ GTP-C v1 (مشترك مع S5/S8)

معلمات DNS

المعلمة	النوع	الافتراضي	الوصف
`primary_ipv4`	Tuple	`{8, 8, 8, 8}`	خادم DNS الأساسي لاستجابة PCO
`secondary_ipv4`	Tuple	`{8, 8, 4, 4}`	خادم DNS الثانوي لاستجابة PCO

تفاصيل البروتوكول

- **البروتوكول:** GTP-C الإصدار 1 (3GPP TS 29.060)
- **النقل:** UDP
- **المنفذ القياسي:** 2123 (مشترك مع GTP-C v2)
- **الاتجاه:** يستقبل من SGSNs

التعايش مع S5/S8

يمكن أن يعمل OmniPGW كـ PGW (4G) و GGSN (2G/3G) في نفس الوقت:

- تشترك كل الواجهتين في منفذ UDP 2123
- يتم اكتشاف إصدار GTP تلقائيًا من رؤوس الرسائل
- يمكن أن يخدم نفس عنوان IP 4 كل من حركة مرور 2G و3G/2G

- شحن عبر الإنترنت ،IP ،UPF/PFCP بنية تحتية مشتركة: مجموعات

انظر: وثائق واجهة Gn/Gp

تكوين Sxb/PFCP

الغرض

تكوين واجهة PFCP للتواصل مع PGW-U (خطة المستخدم).

كتلة التكوين

```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    # عنوان IP المحلي للتواصل PFCP
    local_ip_address: "10.0.0.20",

    # اختياري: تجاوز المنفذ الافتراضي PFCP (8805)
    local_port: 8805
  }
```

المعلمات

المعلمة	النوع	الافتراضي	الوصف
`local_ip_address`	String (IP)	مطلوب	عنوان الاستماع PFCP
`local_port`	Integer	`8805`	منفذ PFCP UDP

مهم:

- `upf_selection` (القواعد) من تكوين **تلقائيًا** **يتم تسجيل جميع أقران UPF** عند بدء التشغيل (+ مجموعة الاحتياط)
- تستخدم UPFs المسجلة تلقائيًا افتراضات معقولة:
  - إنشاؤه تلقائيًا: اسم ت`"UPF-<ip>:<port>"`

    - انتظر حتى يبدأ UPF) ارتباط PFCP سلبي
    - فترة نبض 5 ثواني
- يتم تكوين قواعد اختيار UPF والمجموعات في قسم `upf_selection` المنفصل. انظر استراتيجيات اختيار UPF أدناه.
- يتم دعم التسجيل الديناميكي لـ UPF المكتشف عبر DNS الذي ليس في التكوين

أمثلة

تكوين الحد الأدنى:

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
}

# سيتم تسجيل جميع UPFs في upf_selection مع تلقائيًا:
# - اسم تم إنشاؤه تلقائيًا: "UPF-10.0.0.21:8805"
# - ارتباط PFCP سلبي (انتظر حتى يتصل UPF)
# - فترة نبض 5 ثواني
```

منفذ PFCP مخصص:

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20",
  local_port: 8806  # منفذ PFCP غير قياسي
}
```

مثال كامل مع اختيار UPF:

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  rules: [
    %{
      name: "IMS Pool",
      priority: 10,
      match_field: :apn,
      match_regex: ~r/^ims$/,
      upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805,
weight: 100},
        %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805,
weight: 100}
      ]
    }
  ],
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
# سيتم تسجيل جميع UPFs (10.0.2.21 ،10.0.1.22 ،10.0.1.21) الثلاثة
تلقائيًا
```

اختيار قائم على DNS (تسجيل ديناميكي):

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  dns_enabled: true,
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai],
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
# سيتم تسجيل UPFs عبر DNS المكتشفة عند أول استخدام ديناميكيًا
```

استراتيجيات اختيار UPF

تلقائيًا من تكوين UPF يتم تسجيل جميع أقران UPF. **مهم**: تم تبسيط تكوين اختيار `upf_selection`.

هيكل التكوين

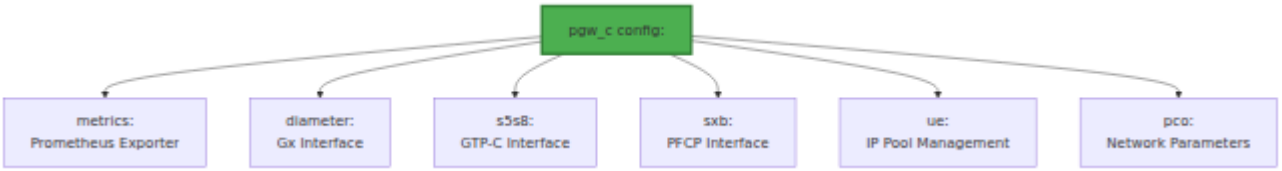
يتم تكوين اختيار UPF في قسم **`upf_selection`** الذي يحدد:

1. **القواعد الثابتة** - توجيه قائم على الأنماط مع مجموعات توازن الحمل
2. **إعدادات DNS** - اكتشاف ديناميكي لـ UPF بناءً على الموقع
3. **مجموعة الاحتياط** - مجموعة افتراضية عندما لا تتطابق أي قواعد وتفشل DNS

ترتيب أولوية الاختيار

1. **القواعد الثابتة** (أعلى أولوية) - توجيه قائم على الأنماط مع مجموعات توازن الحمل
2. **الاختيار القائم على DNS** (أولوية أقل) - اكتشاف ديناميكي لـ UPF بناءً على الموقع
3. **مجموعة الاحتياط** (أدنى أولوية) - مجموعة افتراضية عندما لا تتطابق أي قواعد وتفشل DNS

تدفق قرار اختيار UPF



حقول المطابقة المتاحة

يمكن أن تتطابق القواعد الثابتة مع أي من هذه السمات الجلسة:

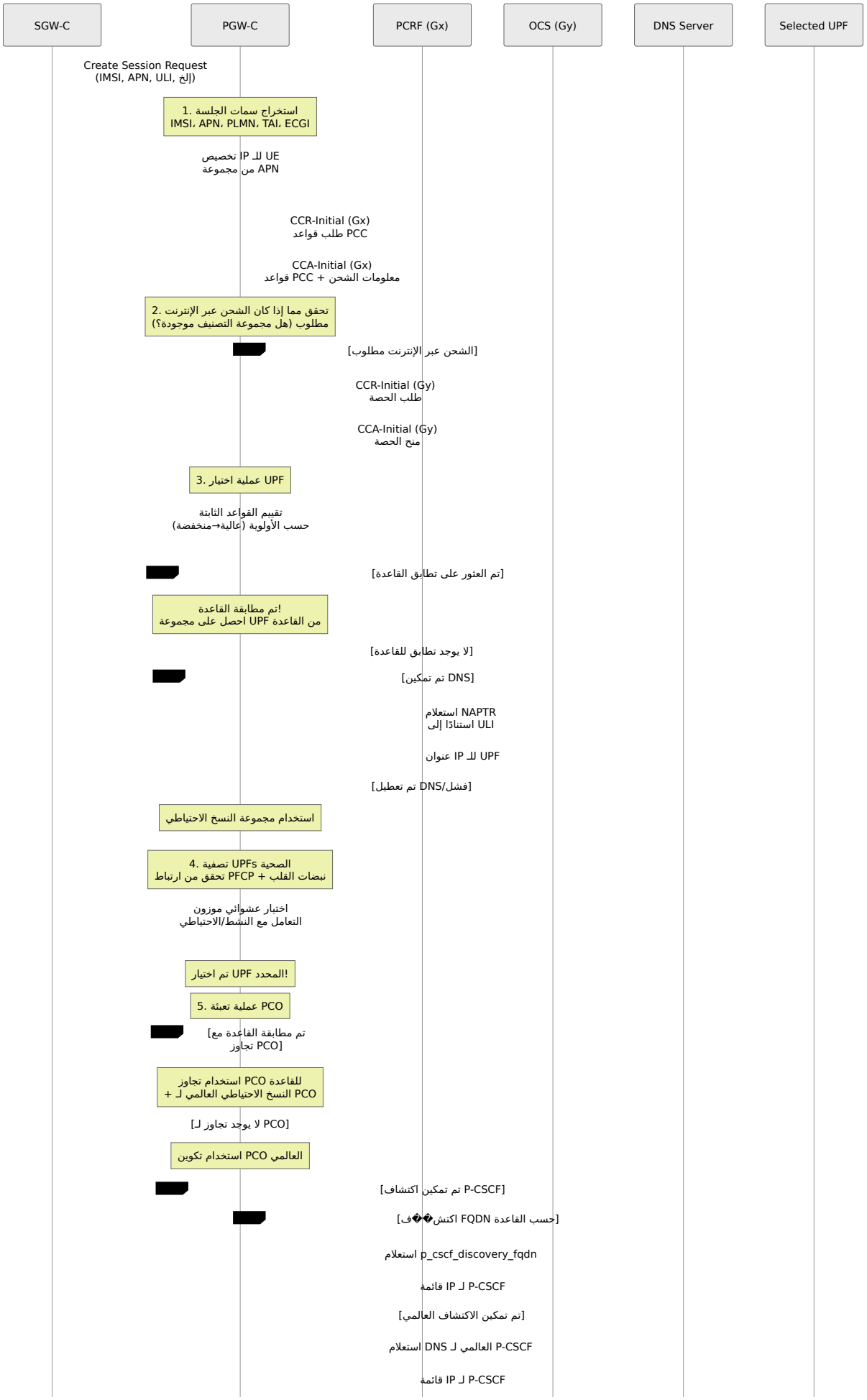
حقل المطابقة	الوصف	نمط المثال
`:imsi`	هوية المشترك الدولي للهاتف المحمول	`^001001.*` (شبكة اختبار)
`:apn`	اسم نقطة الوصول / DNN	`^internet\.` أو `^ims\.`
`:serving_network_plmn_id`	معرف الشبكة الخدمية	`^001001$`
`:sgw_ip_address`	عنوان IP لـ SGW	`^10\.100\..*`
`:uli_tai_plmn_id`	معرف PLMN لمنطقة التتبع	`^313.*`
`:uli_ecgi_plmn_id`	معرف PLMN لخلية E-UTRAN	`^313.*`

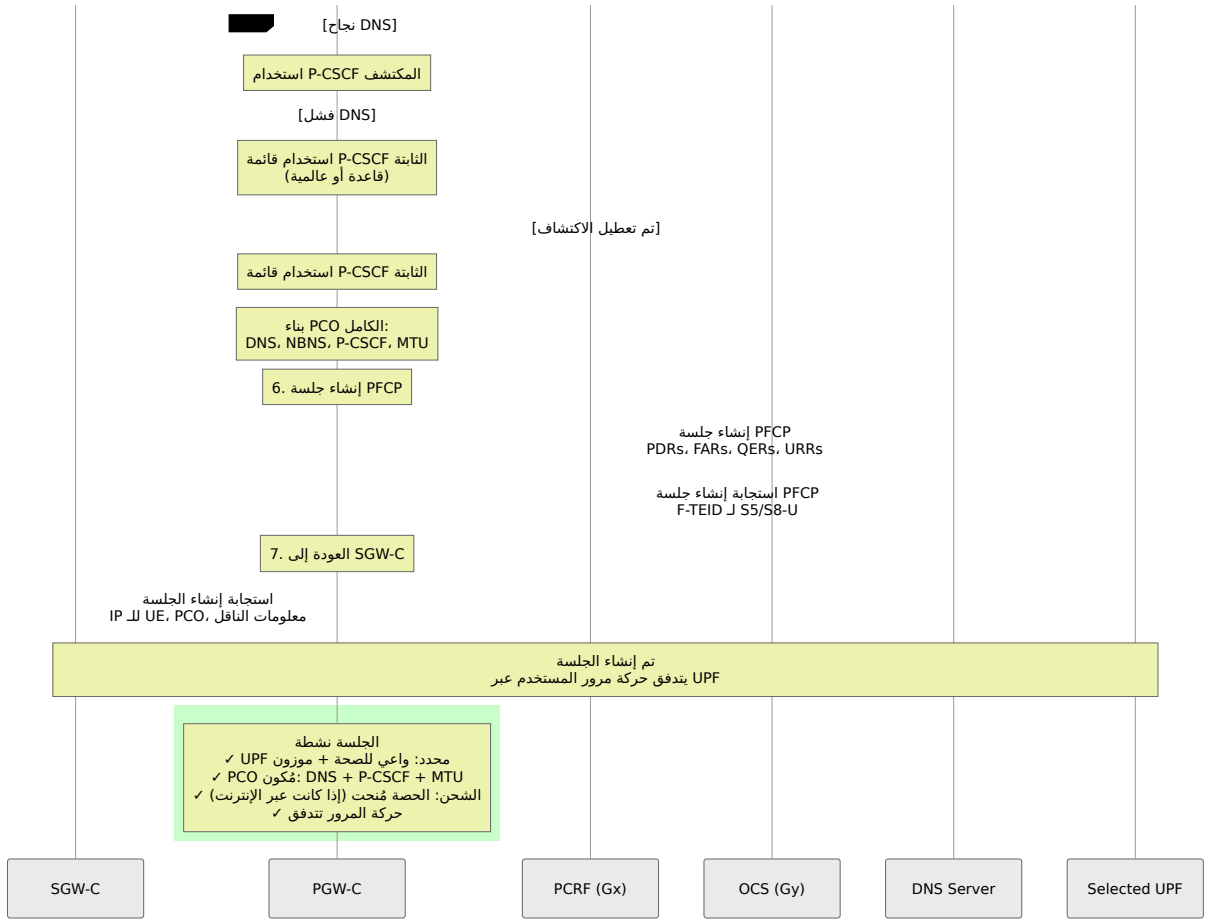
مقارنة طرق الاختيار

الطريقة	متى تستخدم	الإيجابيات	السلبيات
مجموعات UPF	نشرات ��لإنتاج	توازن الحمل، توافر عالي، أوزان مرنة	يتطلب UPFs متعددة
استنادًا إلى APN	تمييز الخدمة	توجيه IMS/الإنترنت بشكل منفصل	تكوين ثابت
استنادًا إلى IMSI	سيناريوهات التجوال	توجيه جغرافي	تعقيد Regex
استنادًا إلى DNS	MEC/الحوسبة الطرفية	ديناميكي، واعٍ بالموقع	يتطلب بنية تحتية DNS
مجموعة الاحتياط	شبكة أمان	دائمًا وجود UPF	قد لا تكون مثالية
وضع التشغيل الجاف	اختبار التكوينات	اختبار آمن	لا حركة مرور حقيقية

تدفق إنشاء الجلسة الكامل

يوضح هذا الرسم البياني التدفق الكامل لإنشاء الجلسة من البداية إلى النهاية بما في ذلك اختيار UPF وتعبئة PCO:


SGW-C
PGW-C
PCRF (Gx)
OCS (Gy)
DNS Server
Selected UPF
Create Session Request
(IMSI, APN, ULI, إلخ)
1. استخراج سمات الجلسة
IMSI، APN، PLMN، TAI، ECGI
تخصيص IP لـ UE
من مجموعة APN
CCR-Initial (Gx)
طلب قواعد PCC
CCA-Initial (Gx)
قواعد PCC + معلومات الشحن
2. تحقق مما إذا كان الشحن عبر الإنترنت
مطلوب (هل مجموعة التصنيف موجودة؟)
[الشحن عبر الإنترنت مطلوب]
CCR-Initial (Gy)
طلب الحصة
CCA-Initial (Gy)
منح الحصة
3. عملية اختيار UPF
تقييم القواعد الثابتة
حسب الأولوية (عالية→منخفضة)
[تم العثور على تطابق القاعدة]
تم مطابقة القاعدة!
احصل على مجموعة UPF من القاعدة
[لا يوجد تطابق للقاعدة]
[تم تمكين DNS]
استعلام NAPTR
استنادًا إلى ULI
عنوان IP لـ UPF
[تم تعطيل DNS/فشل]
استخدام مجموعة النسخ الاحتياطي
4. تصفية UPFs الصحية
تحقق من ارتباط PFCP + نبضات القلب
اختيار عشوائي موزون
التعامل مع النشط/الاحتياطي
تم اختيار UPF المحدد!
5. عملية تعبئة PCO
[تم مطابقة القاعدة مع تجاوز PCO]
استخدام تجاوز PCO للقاعدة
+ النسخ الاحتياطي العالمي لـ PCO
[لا يوجد تجاوز لـ PCO]
استخدام تكوين PCO العالمي
[تم تمكين اكتشاف P-CSCF]
[حسب القاعدة FQDN اكتش��ف]
استعلام p_cscf_discovery_fqdn
قائمة IP لـ P-CSCF
[تم تمكين الاكتشاف العالمي]
استعلام DNS لـ P-CSCF العالمي
قائمة IP لـ P-CSCF



نقاط القرار الرئيسية:

1. **أولوية اختيار UPF:**
   - مجموعة النسخ → القواعد الثابتة (مطابقة النمط) → اكتشاف DNS الاحتياطي
   - يتم تطبيق تصفية الصحة في جميع المراحل
   - منطق النشط/الاحتياطي لتوفير عالي
   - واجهة PFCP لتفاصيل الاتصال بـ UPF **انظر:**
2. **أولوية تعبئة PCO:**
   - تكوين PCO العالمي → P-CSCF لـ DNS للقاعدة → اكتشاف PCO تجاوز
   - دمج حسب الحقل (تجاوز القاعدة حقول معينة، يوفر العالمي القيم الافتراضية)
   - تكوين PCO لمعلمات PCO التفصيلية **انظر:**
3. **أولوية اكتشاف P-CSCF:**

- اكتشاف FQDN → حسب القاعدة DNS العالمي → PCO ثابت للقاعدة → PCO ثابت عالمي
- لمقاييس الاكتشاف وتتبع الصحة P-CSCF مراقبة **انظر:**

4. **تكامل الشحن:**
    - يحدد PCRF ما إذا كان الشحن عبر الإنترنت مطلوبًا (مجموعة التصنيف + Online=1)
    - يمنح OCS الحصة قبل إنشاء الجلسة
    - يتتبع PGW-C الحصة ويطلب المزيد عبر CCR-Update
    - لتفاصيل الشحن Diameter Gy وواجهة Diameter Gx واجهة **انظر:**

مثال كامل على التكوين

إليك مثال كامل يوضح اختيار UPF متعدد المجموعات مع تسجيل الأقران التلقائي:

```
config :pgw_c,
  # واجهة PFCP - يتم تسجيل جميع UPFs تلقائيًا من upf_selection
  sxb: %{
    local_ip_address: "127.0.0.20"
  },

  # منطق اختيار UPF - يتم تسجيل جميع UPFs المحددة هنا تلقائيًا
  upf_selection: %{
    # إعدادات الاختيار المعتمدة على DNS
    dns_enabled: false,
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
    dns_timeout_ms: 5000,

    # قواعد الاختيار الثابتة (يتم تقييمها حسب ترتيب الأولوية)
    rules: [
      # القاعدة 1: حركة مرور IMS - أعلى أولوية
      %{
        name: "IMS Traffic",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80},
          %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805,
weight: 20}
        ]
      },

      # القاعدة 2: APN المؤسسي
      %{
        name: "Enterprise Traffic",
        priority: 15,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
        ]
      },

      # القاعدة 3: حركة مرور الإنترنت - موزونة
```

```
      %{
        name: "Internet Traffic",
        priority: 5,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^internet",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,
weight: 33},
          %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805,
weight: 33},
          %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805,
weight: 34}
        ]
      }
    ],

    # مجموعة النسخ الاحتياطي - تُستخدم عندما لا تتطابق أي قواعد ويفشل
DNS
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ]
  }
```

الميزات الرئيسية

التنسيق الحالي:

- ✅ **التسجيل التلقائي**: يتم تسجيل جميع UPFs من `upf_selection` تلقائيًا عند بدء التشغيل
- ✅ **تكوين مركزي**: جميع إعدادات اختيار UPF وتكوين الأقران في قسم واحد
- ✅ **المجموعات المطلوبة**: جميع القواعد تستخدم تنسيق `upf_pool` (حتى بالنسبة لـ UPF واحد)
- ✅ **نسخ احتياطي منظم**: مجموعة نسخ احتياطي مخصصة مع توزيع موزون
- ✅ **تكامل DNS**: إعدادات DNS جنبًا إلى جنب مع قواعد الاختيار
- ✅ **تسجيل ديناميكي**: يتم تسجيل UPFs المكتشفة عبر DNS تلقائيًا عند الاستخدام الأول
- ✅ **مراقبة الصحة**: يتم مراقبة جميع UPFs المكونة مع نبضات قلب كل 5 ثوانٍ

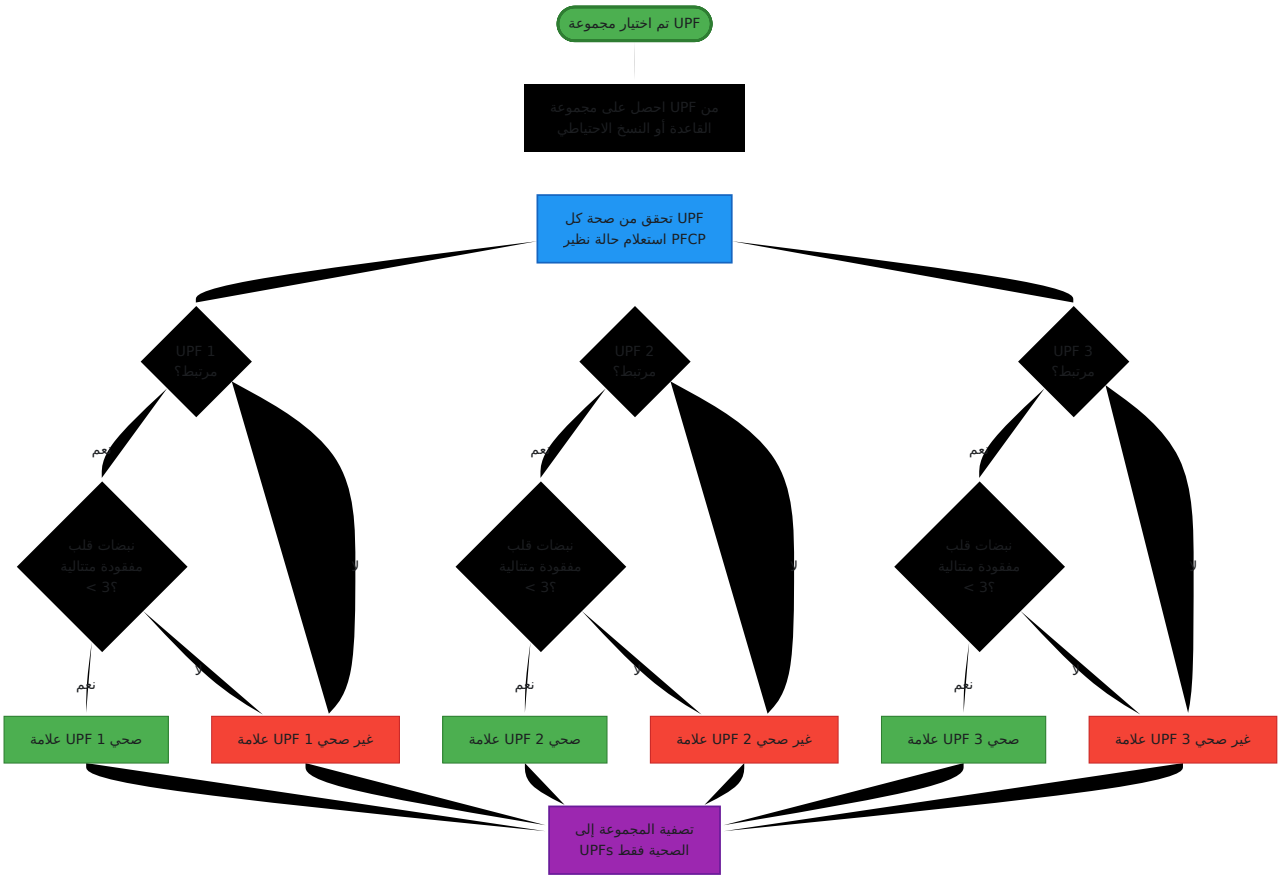
الانتقال من التنسيق السابق:

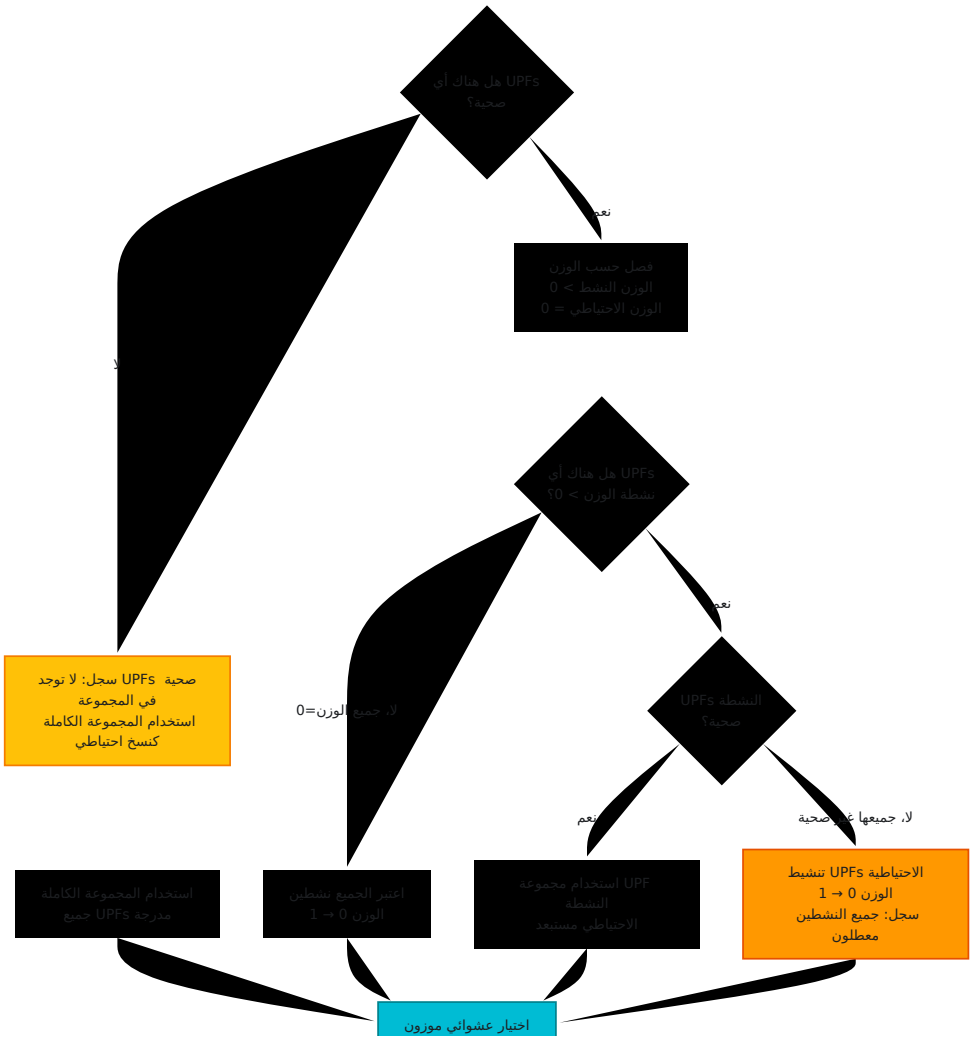
- تمت إزالة: حقل `sxb.peer_list` (لم يعد مطلوبًا)
- تمت إزالة: `selection_list` المدمجة في تكوين الأقران
- جميع تعريفات UPF الآن تذهب في قواعد `upf_selection` ومجموعة النسخ الاحتياطي

كيف تعمل مجموعات UPF:

1. **اختيار واعي للصحة**: تتلقى UPFs الصحية فقط حركة المرور
   - ارتباط PFCP الصحية = نشط + أقل من 3 نبضات قلب متتالية مفقودة
   - يتم تصفية UPFs غير الصحية تلقائيًا
   - إذا لم يكن هناك أي منها صحي (فشل سريع) يتم الرجوع إلى جميع UPFs
2. **دعم النشط/الاحتياطي**: استخدم `weight: 0` لـ UPFs الاحتياطية
   - **UPFs النشطة** (weight > 0): تتلقى حركة المرور عندما تكون صحية
   - **UPFs الاحتياطية** (weight == 0): تتلقى حركة المرور فقط عندما تكون جميع UPFs النشطة معطلة
   - عند تنشيطها `weight: 1` يتم التعامل مع UPFs الاحتياطية كـ
3. **اختيار عشوائي موزون**: يتم تعيين كل جلسة عشوائيًا إلى UPF صحي بناءً على الأوزان
   - في المثال أعلاه: 70% تذهب إلى .21، 20% إلى .22، 10% إلى .23
   - وزن أعلى = المزيد من الجلسات المعينة لذلك UPF
   - أوزان متساوية = توزيع متساوي
4. **تسجيل تلقائي**: يتم تسجي�ّ جميع UPFs في المجموعات تلقائيًا عند بدء التشغيل
   - أسماء تم إنشاؤها تلقائيًا: `"UPF-<ip>:<port>"`
   - الإعدادات الافتراضية: ارتباط PFCP سلبي، نبضات قلب كل 5 ثوانٍ
   - تتبع صحة فوري لجميع UPFs المكونة

اختيار واعي للصحة مع النشط/الاحتياطي


تم اختيار مجموعة UPF
من UPF احصل على مجموعة القاعدة أو النسخ الاحتياطي
تحقق من صحة كل UPF استعلام حالة نظير PFCP
UPF 1 مرتبط؟
UPF 2 مرتبط؟
UPF 3 مرتبط؟
نعم
لا
نبضات قلب مفقودة متتالية < 3؟
نعم
لا
صحي UPF 1 علامة
غير صحي UPF 1 علامة
صحي UPF 2 علامة
غير صحي UPF 2 علامة
صحي UPF 3 علامة
غير صحي UPF 3 علامة
تصفية المجموعة إلى UPFs الصحية فقط


هل هناك أي UPFs صحية؟
نعم
فصل حسب الوزن
الوزن النشط > 0
الوزن الاحتياطي = 0
لا
هل هناك أي UPFs نشطة الوزن > 0؟
نعم
سجل: لا توجد UPFs صحية في المجموعة
استخدام المجموعة الكاملة كنسخ احتياطي
لا، جميع الوزن=0
UPFs النشطة صحية؟
نعم
لا، جميعها غير صحية
استخدام المجموعة الكاملة
مدرجة UPFs جميع
اعتبر الجميع بنشطين
الوزن 0 → 1
استخدام مجموعة UPF النشطة
الاحتياطي مستبعد
الاحتياطية UPFs تنشيط
الوزن 0 → 1
سجل: جميع النشطين معطلون
اختيار عشوائي موزون



مثال على الاختيار العشوائي الموزون:

```
المجموعة: [
  UPF-A: صحي ،50 الوزن ✓
  UPF-B: صحي ،30 الوزن ✓
  UPF-C: صحي ،20 الوزن ✓
]

100 = 20 + 30 + 50 :الوزن الكلي

نطاقات الوزن:
  UPF-A: 0-49   (50%)
  UPF-B: 50-79  (30%)
  UPF-C: 80-99  (20%)

يختار ← 63 :رقم عشوائي UPF-B
يختار ← 15 :رقم عشوائي UPF-A
يختار ← 91 :رقم عشوائي UPF-C
```

مثال على الفشل الاحتياطي النشط/الاحتياطي:

```
المجموعة الأولية: [
  UPF-A: (نشط)   ✓ صحي، الوزن 100
  UPF-B: (احتياطي)     ✓ صحي، الوزن 0
]

السيناريو 1: UPF-A صحي
→ استخدم المجموعة النشطة: [UPF-A: 100]
→ جميع حركة المرور إلى UPF-A

السيناريو 2: UPF-A فشل
→ لا توجد UPFs نشطة صحية
→ تنشيط الاحتياطي: [UPF-B: 1]
→ جميع حركة المرور تنتقل إلى UPF-B
→ سجل: "جميع UPFs النشطة معطلة، تنشيط UPFs الاحتياطية"

السيناريو 3: كلاهما غير صحي
→ لا توجد UPFs صحية
→ استخدام المجموعة الكاملة: [UPF-A: 100، UPF-B: 0]
→ اختر باستخدام الأوزان (حاول الاتصال، قد يفشل)
→ سجل: "لا توجد UPFs صحية في المجموعة، استخدام المجموعة الكاملة كنسخ احتياطي"
```

أنماط الوزن الشائعة:

```
# توزيع متساوي (25% لكل منها)
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.0.1.1", remote_port: 8805, weight: 1},
  %{remote_ip_address: "10.0.1.2", remote_port: 8805, weight: 1},
  %{remote_ip_address: "10.0.1.3", remote_port: 8805, weight: 1},
  %{remote_ip_address: "10.0.1.4", remote_port: 8805, weight: 1}
]

# تحميل متوازن أولي/احتياطي (90% / 10%)
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight:
90},
  %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 10}
]

# نشط/احتياطي (100% أولي، 0% احتياطي حتى يفشل الأولي)
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight:
100},  # نشط
  %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 0}
# احتياطي (فقط عندما يكون النشط معطلاً)
]

# نشط مع احتياطي متعدد (تحميل متوازن عند التنشيط)
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.0.1.1", remote_port: 8805, weight:
100},   # نشط
  %{remote_ip_address: "10.0.1.2", remote_port: 8805, weight: 0},
# احتياطي 1
  %{remote_ip_address: "10.0.1.3", remote_port: 8805, weight: 0}
# احتياطي 2
]
# النتيجة: النشط يحصل على 100%. إذا فشل النشط، يحصل الاحتياطي على
50/50%.

# اختبار A/B (50% / 50%)
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.0.1.100", remote_port: 8805, weight:
50},  # النسخة القديمة
  %{remote_ip_address: "10.0.1.200", remote_port: 8805, weight:
50}   # النسخة الجديدة
]
```

حالات الاستخدام:

- استخدم `weight: 0` لـ UPFs الاحتياطية **فشل احتياطي نشط/احتياطي**: الساخنة التي تنشط فقط عندما تفشل الأوليات
- أو تفوت نبضات PFCP ارتباط UPFs **واعي للصحة** الفشل التلقائي عندما تفقد **HA**: القلب
- متعددة لزيادة السعة UPFs **التوسع الأفقي**: توزيع الحمل عبر
- واحد بشكل زائد UPF **توفر عالي**: يمنع التوزيع التلقائي من تحميل
- **نشر تدريجي**: استخدم الأوزان لنشر الكاناري (مثل 95% قديم، 5% جديد)
- ذات السعة الأعلى UPFs **تحسين التكلفة**: توجيه المزيد من حركة المرور إلى
- الطرفية UPFs **توزيع جغرافي**: موازنة الجلسات عبر

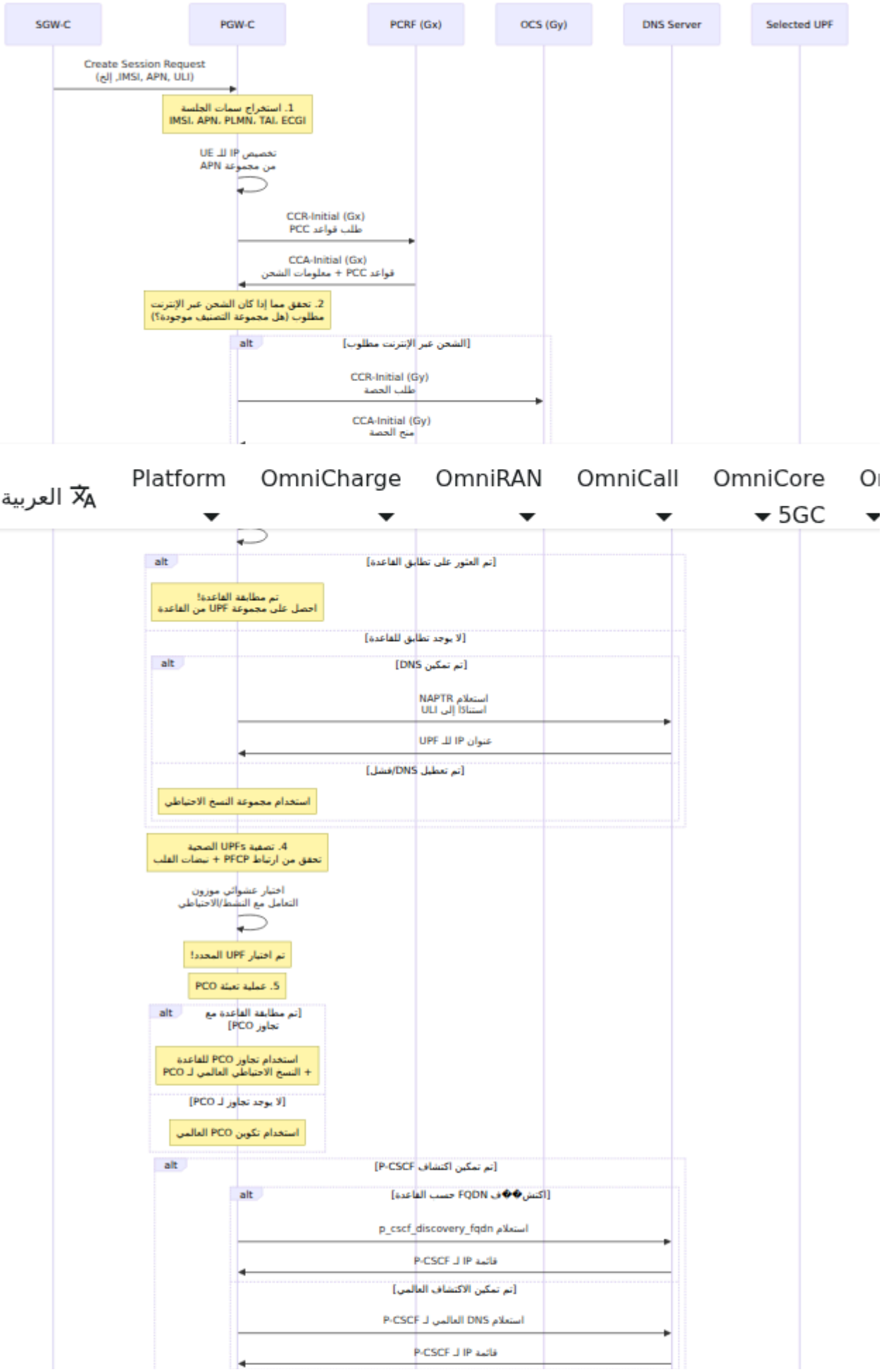
تجاوزات PCO (خيارات تكوين البروتوكول):

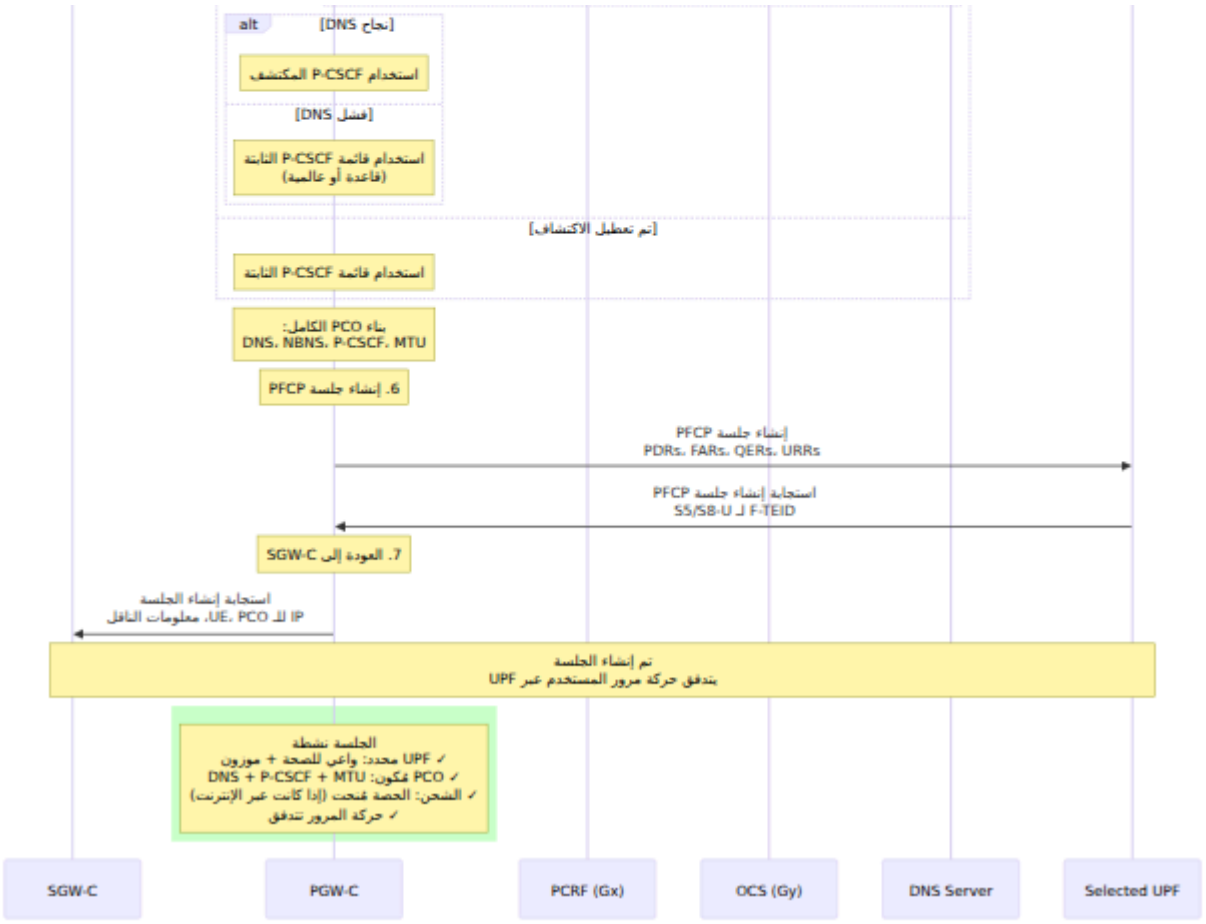
يمكن لكل قاعدة اختيار UPF أن تحدد قيم PCO مخصصة تتجاوز تكوين PCO الافتراضي للجلسات المطابقة. يسمح ذلك بأن تتلقى APNs مختلفة معلمات شبكة مختلفة أو أنواع الحركة المختلفة.

كيف تعمل تجاوزات PCO:

1. التي تريد تجاوزها PCO **تجاوزات جزئية**: حدد فقط حقول
2. `pco` **نسخ احتياطي افتراضي**: تستخدم الحقول غير المحددة القيم من تكوين الرئيسي
3. مختلفة PCO **محددة حسب القاعدة**: يمكن أن تحتوي كل قاعدة على تجاوزات
4. الافتراضي PCO للقاعدة الأ��لوية على PCO **دمج الأولوية**: تأخذ

تسلسل تعبئة PCO


SGW-C
PGW-C
PCRF (Gx)
OCS (Gy)
DNS Server
Selected UPF
Create Session Request
(إلخ ,IMSI, APN, ULI)
1. استخراج سمات الجلسة
IMSI, APN, PLMN, TAI, ECGI
تخصيص IP للـ UE
من مجموعة APN
CCR-Initial (Gx)
طلب قواعد PCC
CCA-Initial (Gx)
قواعد PCC + معلومات الشحن
2. تحقق مما إذا كان الشحن عبر الإنترنت
مطلوب (هل مجموعة التصنيف موجودة؟)
alt
[الشحن عبر الإنترنت مطلوب]
CCR-Initial (Gy)
طلب الحصة
CCA-Initial (Gy)
منح الحصة
العربية
Platform
OmniCharge
OmniRAN
OmniCall
OmniCore
5GC
alt
[تم العثور على تطابق القاعدة]
تم مطابقة القاعدة!
احصل على مجموعة UPF من القاعدة
[لا يوجد تطابق للقاعدة]
alt
[تم تمكين DNS]
استعلام NAPTR
استنادًا إلى ULI
عنوان IP للـ UPF
[تم تعطيل DNS/فشل]
استخدام مجموعة النسخ الاحتياطي
4. تصفية UPFs الصحية
تحقق من ارتباط PFCP + نبضات القلب
اختيار عشوائي موزون
التعامل مع النشط/الاحتياطي
تم اختيار UPF المحدد!
5. عملية تعيّنه PCO
alt
[تم مطابقة القاعدة مع
تجاوز PCO]
استخدام تجاوز PCO للقاعدة
+ النسخ الاحتياطي العالمي لـ PCO
[لا يوجد تجاوز لـ PCO]
استخدام تكوين PCO العالمي
alt
[تم تمكين اكتشاف P-CSCF]
alt
[اكتشا��ف FQDN حسب القاعدة]
استعلام p_cscf_discovery_fqdn
قائمة IP لـ P-CSCF
[تم تمكين الاكتشاف العالمي]
استعلام DNS العالمي لـ P-CSCF
قائمة IP لـ P-CSCF



ترتيب الأولوية لكل حقل PCO:

1. **تجاوز PCO** (أعلى أولوية) **للقاعدة**
2. **اكتشاف DNS لـ P-CSCF** (للعناوين فقط)
3. **تكوين PCO** (أدنى أولوية / نسخ احتياطي) **العالمي**

تتجاوز كل شيء Enterprise قاعدة، IMS DNS مثال: تجاوز قاعدة

```
جلسة IMS (قاعدة حركة مرور "مطابقة IMS"):
├─ خوادم DNS: (لم يتم تجاوزها في القاعدة) من العالمي
├─ P-CSCF: اكتشاف من DNS (تم تعيين p_cscf_discovery_fqdn في
القاعدة)
│  └─ النسخ الاحتياطي: من القاعدة إذا فشل DNS
└─ MTU: (لم يتم تجاوزها في القاعدة) من العالمي

جلسة Enterprise (قاعدة حركة مرور "مطابقة Enterprise"):
├─ خوادم DNS: (192.168.1.10، 192.168.1.11) من القاعدة
├─ P-CSCF: (لم يتم تجاوزها في القاعدة) من العالمي
└─ MTU: (1500) من القاعدة

جلسة افتراضية: (لا توجد قاعدة مطابقة)
├─ خوادم DNS: من العالمي
├─ P-CSCF: من العالمي أو DNS العالمي إذا تم تمكين الاكتشاف
└─ MTU: من العالمي
```

حقول تجاوز PCO المتاحة:

- `primary_dns_server_address` - عنوان IP للخادم الرئيسي DNS (IPv4)
- `secondary_dns_server_address` - عنوان IP للخادم الثانوي DNS (IPv4)
- `primary_dns_server_ipv6_address` - عنوان IP للخادم الرئيسي DNS (IPv6، الحاوية 0x0003)
- `secondary_dns_server_ipv6_address` - عنوان IP للخادم الثانوي DNS (IPv6، الحاوية 0x0003)
- `primary_nbns_server_address` - عنوان IP للخادم الرئيسي WINS
- `secondary_nbns_server_address` - عنوان IP للخادم الثانوي WINS
- `p_cscf_ipv4_address_list` - قائمة بعناوين IP لخوادم P-CSCF (لـ IMS، الحاوية 0x000C) - انظر تكوين PCO ومراقبة P-CSCF لاكتشاف P-CSCF الديناميكي
- `p_cscf_ipv6_address_list` - قائمة بعناوين IP لخوادم P-CSCF (لـ IMS، الحاوية 0x0001)
- `ipv4_link_mtu_size` - حجم MTU بالبايت

اكتشاف P-CSCF حسب القاعدة:

بالإضافة إلى تجاوزات PCO، يمكن أن تحدد قواعد اختيار UPF اكتشاف P-CSCF الديناميكي:

- `p_cscf_discovery_fqdn` - (سلسلة) FQDN لاكتشاف P-CSCF المعتمد على DNS (مثل، `"pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"`)

عندما يتم تعيين هذا المعامل:

1. يقوم PGW-C بإجراء بحث DNS عن FQDN المحدد أثناء إنشاء الجلسة
2. يقوم خادم DNS بإرجاع قائمة بعناوين IP الخاصة بـ P-CSCF
3. يتم إرسال عناوين P-CSCF المكتشفة إلى UE عبر PCO
4. إذا فشل بحث DNS، يتم الرجوع إلى `p_cscf_ipv4_address_list` من تجاوز PCO العالمي أو تكوين (إذا تم تحديده) PCO
5. انظر مراقبة P-CSCF لمراقبة معدلات نجاح/فشل الاكتشاف

هذا مفيد بشكل خاص لـ:

- **APNs IMS** - شبكات IMS مختلفة مع خوادم P-CSCF مختلفة
- **نشر متعدد المستأجرين** - مؤسسات مختلفة مع بنية تحتية مخصصة لـ P-CSCF
- **التوجيه الجغرافي** - يقوم UE بناءً على موقع P-CSCF بإرجاع أقرب DNS
- **التوافر العالي** - يقوم P-CSCF تلقائيًا بإرجاع خوادم DNS الصحية فقط

مثال: حركة مرور IMS مع P-CSCF مخصص:

```
rules: [
  %{
    name: "IMS Traffic",
    priority: 20,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^ims",
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80},
      %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805,
weight: 20}
    ],
    # اكتشاف P-CSCF: استعلام ديناميكي عن DNS لعناوين P-CSCF
    # يعود بحث DNS بعناوين IP الحالية لـ P-CSCF بناءً على هذا FQDN
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    # تحصل جلسات IMS على خوادم P-CSCF مخصصة (تستخدم كخيار احتياطي
إذا فشل DNS)
    pco: %{
      p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100", "203.0.113.101"]
      # ستستخدم DNS و NBNS و MTU القيم الافتراضية من تكوين PCO
الرئيسي
    }
  }
]
```

تخصيص IP لـ UE حسب القاعدة:

تختار كل قاعدة اختيار UPF **كيف يتم تخصيص IP لـ UE**. هناك ثلاثة سيناريوهات متسقة متبادلة:

السيناريو	تكوين القاعدة	من يقوم بالتخصيص	المجموعة المستخدمة
1. الافتراضي	*(لا حقل)*	PGW-C (العنوان المرسل إلى UPF)	المعتمد `ue.subnet_map` على APN، مع الرجوع إلى `:default`
2. مجموعة مسماة	`ue_ip_pool: "name"`	PGW-C (العنوان المرسل إلى UPF)	مجموعة `ue.subnet_map` المسماة `"name"`
3. مفوض UPF	`upf_assigns_ip: true`	UPF (PFCP CHV4)	مجموعة على UPF

- `upf_assigns_ip` - (Boolean، الافتراضي `false`) عندما تكون `true`، يرسل بدلاً من عنوان صريح، ("يخصص UP") **CHV4** مع علامة PGW-C UE-IP-Address IE في استجابة إنشاء UPF المنشأ الخاص بـ PDR ويقرأ العنوان المخصص مرة أخرى من UPF (قد يعتمد UPF هي بالكامل مسألة تخص UPF الجلسة. **أي** مجموعة يسحب منها على APN / PFCP Network Instance لا يتم الإشارة - (إذا كان لديه عدة مجموعات إلى أي شيء عن المجموعة من PGW-C.
- `ue_ip_pool` - (String، اختياري) اسم مجموعة `ue.subnet_map` التي يخصص عبر UPF بـ PGW-C عندما يتم اختيار هذه القاعدة. هذا يربط مجموعة **PGW-C** منها الذي يمتلك/يعلن `100.64.20.0/24` على سبيل المثال، بحيث أن UPF الاختيار قاعدة) يمكن الإشارة إلى مجموعة بواسطة قاعدة واحدة أو عدة. `nil` → سلوك `ue.subnet_map` المعتمد على APN الافتراضي (السيناريو 1).

`upf_assigns_ip` و `ue_ip_pool` - أحدهما يفوض التخصيص إلى UPF، هما **متعارضان**، إذا قامت قاعدة بتعيين كلاهما، فإن تحميل التكوين يسجل تحذيرًا. PGW-C والآخر يحتفظ به في `upf_assigns_ip` ويفوز (`ue_ip_pool` يتم تجاهله).

UPF *أو* تفويض (السيناريو 2) UPF من مجموعة مرتبطة بـ PGW-C يمكن أن يؤدي تخصيص واحد (على سبيل OSPF شبكة فرعية ويعلن عن **تجميع** UPF إلى أن يمتلك كل (السيناريو 3) عند الاتصال - التجميع موجود من بدء تشغيل UE المثال `100.64.20.0/24`) بدلاً من `/32` لكل UPF المتصل حديثًا يكون قابلاً للتوجيه على الفور، مما يزيل UE لذا فإن تدفق البيانات الخاص بـ UPF، نافذة عدم توافق التوجيه لكل UE.

> **مهم - توافق المجموعة/UPF:** يجب أن تقع المجموعة التي يتم تخصيص UE منها ضمن التجميع المعلن لـ UPF الذي يحملها. بالنسبة للسيناريو 2، اربط كل مجموعة لكل UPF بقاعدة UPF الفردي. بالنسبة للسيناريو 3، يجب تكوين كل UPF الخاص بها هو ذلك `upf_pool` يكون `upf_pool` UPF بمجموعة `ueip_pool` غير متداخلة خاصة به (omniupf `feature_ueip: true`) التي تعلن عن ذلك التجميع (`route_advertise_pools`). إذا هبط UE على UPF واحد لكن عنوانه يقع داخل تجميع UPF آخر، فإن تدفق البيانات يتعرض للانقطاع.

مثال - السيناريو 2 (PGW-C يخصص من مجموعات UPF المرتبطة بالقاعدة):

```
# ue.subnet_map تعرف المجموعات المسماة:
ue: %{
  subnet_map: %{
    "ims_upf03" => ["100.64.20.0/24"],
    "ims_upf04" => ["100.64.21.0/24"],
    default:     ["100.64.16.0/24"]
  }
},
# كل قاعدة تربط UPF واحد ومجموعته:
upf_selection: %{
  rules: [
    %{name: "IMS→upf03", priority: 21, match_field: :apn,
match_regex: "^ims",
      upf_pool: [%{remote_ip_address: "10.179.1.42", remote_port:
8805, weight: 1}],
      ue_ip_pool: "ims_upf03"},
    %{name: "IMS→upf04", priority: 20, match_field: :apn,
match_regex: "^ims",
      upf_pool: [%{remote_ip_address: "10.179.1.45", remote_port:
8805, weight: 1}],
      ue_ip_pool: "ims_upf04"}
  ]
}
```

مثال - السيناريو 3 (UPF يخصص IP لـ UE عبر CHV4):

```
rules: [
  %{
    name: "IMS",
    priority: 20,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^ims",
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.179.1.42", remote_port: 8805,
weight: 50},
      %{remote_ip_address: "10.179.1.45", remote_port: 8805,
weight: 50}
    ],
    upf_assigns_ip: true   # UPF يخصص IP لـــ UE (CHV4)المجموعة؛
على جانب UPF
  }
]
```

مثال: حركة مرور المؤسسات مع DNS مخصص:

```
rules: [
  %{
    name: "Enterprise Traffic",
    priority: 15,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ],
    # تحصل جلسات المؤسسات على DNS و مؤسسيMTU مخصص
    pco: %{
      primary_dns_server_address: "192.168.1.10",
      secondary_dns_server_address: "192.168.1.11",
      ipv4_link_mtu_size: 1500
      # ستستخدم P-CSCF وNBNS القيم الافتراضية من تكوين PCO الرئيسي
    }
  }
]
```

مثال: تجاوز كامل (جميع حقول PCO):

```
rules: [
  %{
    name: "IoT APN - Fully Custom",
    priority: 10,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^iot\.m2m",
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.100.5.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ],
    # تحصل جلسات IoT على PCO مخصص بالكامل
    pco: %{
      primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
      secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
      primary_nbns_server_address: "10.0.0.100",
      secondary_nbns_server_address: "10.0.0.101",
      p_cscf_ipv4_address_list: [],  # لا يوجد P-CSCF لـ IoT
      ipv4_link_mtu_size: 1280       # MTU أصغر للأجهزة المقيدة
    }
  }
]
```

حالات الاستخدام:

- **IMS/VoLTE**: توفير خوادم P-CSCF محددة من قبل الناقل لخدمات الصوت
- **APNs المؤسسات**: توجيه حركة المرور المؤسسية عبر خوادم DNS الخاصة بالشركة
- **IoT/M2M**: استخدام DNS وMTU العامة المحسن للأجهزة ذات النطاق الترددي المنخفض
- **التجوال**: توفير خوادم DNS محلية للمشتركين الزائرين
- **تمييز الخدمة**: معلمات شبكة مختلفة لكل نوع خدمة

اختيار UPF القائم على DNS:

تمكين اختيار UPF باستخدام استعلامات موقع المستخدم الديناميكي بناءً على معلومات (ULI). يتم الآن تكوين إعدادات DNS ضمن قسم DNS `upf_selection`. DNS NAPTR.

ملاحظة: يوفر هذا اختيار UPF واجهة انظر قائم على الجغرافيا أو الطوبولوجيا. لإعداد PFCP وإدارة الجلسة لتدفقات إنشاء الجلسة UPFs مع PFCP ارتباط المكتشفة ديناميكيًا.

```
upf_selection: %{
  # تمكين الاختيار القائم على DNS
  dns_enabled: true,

  # أنواع الموقع للاستعلام بترتيب الأولوية
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],

  # لاحقة DNS لاستعلامات NAPTR الخاصة بـ 3GPP
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",

  # مهلة استعلام DNS بالمللي ثانية
  dns_timeout_ms: 5000,

  # ... القواعد و fallback_pool ...
}
```

يعمل الاختيار القائم على DNS كما يلي:

1. فقط عندما **لا تتطابق أي قواعد ثابتة** (أولوية DNS) **الأولوية**: يتم استخدام اختيار أقل)
2. بناءً على موقع UE: **توليد الاستعلام**: يبني استعلامات DNS NAPTR
   - استعلام ECGI: `eci-<hex>.ecgi.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.epc.3gppnetwork.org`
   - استعلام TAI: `tac-lb<hex>.tac-hb<hex>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.epc.3gppnetwork.org`
   - تتبع استعلامات RAI و SAI و CGI 3 نفس تنسيق 3GPP TS 23.003
3. **تسلسل التراجع**: يحاول كل نوع موقع بترتيب الأولوية حتى يتم العثور على تطابق
4. ضد قائمة الأقران المكونة DNS **مطابقة الأقران**: يتم تصفية نتائج
5. **الاختيار**: يختار نظيرًا مطابقًا (حاليًا أول تطابق، سيتم قريبًا اختيار بناءً على الحمل)

مثال سجلات DNS (قم بتكوينها على خادم DNS الخاص بك):

```
; سجل NAPTR لـ TAC 100 في PLMN 001-001
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc001.mcc001.epc.3gppnetwork.org IN
NAPTR 10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-sxb" "" upf-edge-1.example.com.

; سجل A لـ UPF
upf-edge-1.example.com IN A 10.100.1.21
```

حالات الاستخدام:

- **الحوسبة على حافة متعددة الوصول (MEC)**: توجيه الجلسات إلى أقرب UPFs حافة جغرافياً
- **اكتشاف UPF الديناميكي**: إضافة/إزالة UPFs دون إعادة تكوين PGW-C
- **توازن الحمل**: توزيع الحمل عبر UPFs بناءً على الموقع
- **تقسيم الشبكة**: توجيه شرائح مختلفة إلى UPFs مختلفة حسب الموقع

مراقبة صحة UPF

اختيار صحي تلقائي: يقوم PGW-C بمراقبة صحة جميع UPFs باستمرار ويستبعد تلقائيًا UPFs غير الصحية من الاختيار.

معايير التحقق من الصحة

يعتبر UPF **صحيًا** عندما يتم استيفاء جميع الشروط التالية:

1. **ارتباط PFCP نشط**: لدى UPF ارتباط PFCP تم إنشاؤه
2. **استجابة نبض القلب**: أقل من 3 نبضات قلب متتالية مفقودة
3. **العملية حية**: عملية نظير UPF GenServer قيد التشغيل

يعتبر UPF **غير صحي** إذا كان أي من الشروط التالية صحيحًا:

- لم يتم إنشاء ارتباط PFCP (`associated: false`)
- 3 أو أكثر من مهلات نبض القلب المتتالية
- عملية نظير UPF تعطل أو غير مستجيبة

آلية المراقبة

UPFs المكونة لـ (في `upf_selection`):

- يبدأ تتبع الصحة على الفور عند التشغيل
- يتم مراقبة ارتباط PFCP باستمرار
- يتم إرسال نبضات القلب كل 5 ثوانٍ
- يتتبع العداد `missed_heartbeats_consecutive` الفشل المتتالي
- يتم تسجيل جميع UPFs تلقائيًا من القواعد ومجموعة التراجع

UPFs المكتشفة عبر DNS لـ (تسجيل ديناميكي):

- يُفترض أنها صحية حتى محاولة الجلسة الأولى
- يتم تسجيلها تلقائيًا عند الاستخدام الأول
- يبدأ تتبع الصحة بعد التسجيل

سلوك الاختيار

وضع نشط/احتياطي (عند استخدام `weight: 0`):

1. تصفية UPFs الصحية فقط
2. فصلها إلى **نشطة** (weight > 0) و **احتياطية** (weight == 0)
3. استخدام UPFs النشطة إذا كانت أي منها صحية
4. تفعيل UPFs الاحتياطية (معامل الوزن يعامل كـ 1) إذا كانت جميع النشطة غير صحية
5. الرجوع إلى المجموعة الكاملة إذا لم توجد UPFs صحية

وضع توازن الحمل (جميع الوزن > 0):

1. تصفية UPFs الصحية فقط
2. إجراء اختيار عشوائي موزون بين UPFs الصحية
3. الرجوع إلى المجموعة الكاملة إذا لم توجد UPFs صحية

التسجيل:

```
[debug] استخدام مجموعة UPF النشطة (2/3 UPFs صحية، 1 احتياطي)
[info] جميع UPFs النشطة معطلة، تفعيل UPFs الاحتياطية (1 UPFs
احتياطي، معامل الوزن 0 يعامل كـ 1)
[warning] لا توجد UPFs صحية في المجموعة (3 إجمالي)، استخدام
المجموعة الكاملة كخيار احتياطي
```

التحقق من صحة UPF

برمجيًا:

```
# إذا كان UPF معين صحيًا تحقق مما
iex> PGW_C.PFCP_Node.is_peer_healthy?({10, 100, 1, 21})
true

# الحصول على معلومات صحة مفصلة
iex> PGW_C.PFCP_Node.get_peer_health({10, 100, 1, 21})
%{
  associated: true,
  missed_heartbeats: 0,
  healthy: true,
  registered: true
}
```

عبر واجهة OAM API:

- استعلام عن نقطة النهاية `/api/upf_selection`: `curl -k https://localhost:8443/api/upf_selection`
- يعيد الحالة الصحية في الوقت الفعلي لجميع UPFs في كل مجموعة
- قيم الحالة: Active-UP, Standby-Ready, Active-DOWN, Not Associated
- قيم الدور: ACTIVE (weight > 0)، STANDBY (weight == 0)، DYNAMIC (مكتشف عبر DNS، غير موجود في التكوين)
- يتم الإبلاغ عن عداد فقدان نبض القلب لـ UPFs المرتبطة

أفضل الممارسات لمراقبة الصحة

1. **تكوين UPFs في upf_selection**: يتم مراقبة جميع UPFs في القواعد ومجموعات التراجع تلقائيًا

```
upf_selection: %{
  rules: [
    %{
      name: "Internet Traffic",
      priority: 10,
      match_field: :apn,
      match_regex: "^internet",
      upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port:
8805, weight: 100}
      ]
    }
  ],
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
  ]
}
# جميع UPFs على تحصل تلقائيًا:
# - نبضات قلب كل 5 ثوانٍ
# - مراقبة الصحة من بدء التشغيل
# - أسماء تم إنشاؤها تلقائيًا
```

2. **استخدام UPFs الاحتياطية**: تكوين احتياطيات ساخنة مع `weight: 0` للانتقال التلقائي

```
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.1.1.1", remote_port: 8805,
weight: 100},  # نشط
  %{remote_ip_address: "10.1.1.2", remote_port: 8805,
weight: 0}     # احتياطي
]
```

3. **المراقبة عبر واجهة OAM API**: استعلام منتظم عن نقطة النهاية `/api/upf_selection` للتحقق من حالة صحة UPF

4. **مراقبة نبض القلب**: يستخدم النظام عتبة ثابتة من 3 نبضات قلب مفقودة متتالية لتحديد صحة النظير.

التسجيل الديناميكي لـ UPF

الميزة: يقوم PGW-C بتسجيل UPFs المكتشفة عبر DNS ومراقبة تلقائيًا، حتى لو لم تكن في تكوين `upf_selection`.

كيف يعمل

غير مسجل بالفعل، يقوم UPF (DNS قواعد ثابتة، مجموعات، أو) عندما تعيد أي طريقة اختيار النظام تلقائيًا:

1. **إنشاء نظير PFCP**: يولد تكوين نظير افتراضي لـ UPF غير المعروف
2. **بدء ارتباط PFCP**: يحاول إنشاء ارتباط PFCP مع UPF
3. **التسجيل في سجل الأقران**: يضيف UPF إلى نظام تتبع الأقران الداخلي
4. **بدء مراقبة نبض القلب**: يبدأ تبادل نبضات القلب الدورية (فواصل 10 ثوانٍ)
5. **تتبع الحياة**: يراقب UPF من أجل الفشل والتعافي

التكوين الافتراضي لـ UPFs الديناميكية

عندما يتم تسجيل UPF التالي التلقائي، فإنه يتلقى التكوين الافتراضي ديناميكيًا:

```
%{
  name: "Dynamic-UPF-<IP>",              # على سبيل المثال، "Dynamic-UPF-10-100-1-21"
  remote_ip_address: <discovered_ip>,     # IP من DNS أو الاختيار
  remote_port: 8805,                      # منفذ PFCP القياسي (يمكن تغييره)
  initiate_pfcp_association_setup: true,  # يبدأ PGW-C الارتباط
  heartbeat_period_ms: 10_000             # فترة نبض القلب 10 ثوانٍ
}
```

> **ملاحظة**: يتم تسجيل UPFs الديناميكية فقط لإدارة الارتباط. يتم استخدامها كأهداف في قواعد `upf_selection`، وليس كمصادر منطق الاختيار.

مثال: DNS يعيد UPF غير معروف

```
# استعلام DNS يعيد: upf-edge-2.example.com -> 10.200.5.99
# هذا UPF ليس في تكوين upf_selection الخاص بك

# تدفق التسجيل الديناميكي:
# 1. النظام يكتشف UPF 10.200.5.99 غير معروف
# 2. يسجل: "UPF {10, 200, 5, 99} غير مكون مسبقًا، يحاول التسجيل الديناميكي..."
# 3. يرسل طلب إعداد ارتباط PFCP إلى 10.200.5.99:8805
# 4. إذا استجاب UPF: تم إنشاء الارتباط، تستمر الجلسة بشكل طبيعي
# 5. إذا لم يستجب UPF: تفشل الجلسة بشكل نظيف مع رسالة خطأ واضحة
```

الفوائد

 اكتشاف ديناميكي حقيقي: يعمل الاختيار القائم على DNS لـ UPF الآن دون الحاجة إلى التكوين المسبق
 توسع تلقائي: إضافة UPFs إلى الشبكة دون إعادة تشغيل PGW-C
 تدهور نظيف: إذا فشل الارتباط، تفشل الجلسات بشكل نظيف (لا تحطم)
 متوافق مع الإصدارات السابقة: تستمر UPFs المكونة مسبقًا في العمل تمامًا كما كانت من قبل
 مراقبة كاملة: تحصل UPFs الديناميكية على نفس مراقبة نبض القلب مثل الأقران الثابتة

معالجة الفشل

إذا فشل UPF المكتشف ديناميكيًا في الاستجابة لطلب إعداد ارتباط PFCP:

```
[error] فشل إعداد ارتباط PFCP لـــ UPF {10, 200, 5, 99} الديناميكي:
:timeout
[error] فشل تسجيل UPF {10, 200, 5, 99} الديناميكي: :timeout.
        ستفشل إنشاء الجلسة. ضع في اعتبارك إضافة هذا UPF إلى تكوين
upf_selection.
```

يبقى مستقرًا ويستمر في معالجة الجلسات الأخرى PGW-C ستفشل إنشاء الجلسة، لكن.

متى يجب التكوين المسبق مقابل التسجيل الديناميكي

السيناريو	التوصية
UPFs الأساسية للإنتاج	تكوين صريح، `upf_selection` التكوين المسبق في (مراقب من بدء التشغيل)
UPFs الحافة المكتشفة عبر DNS	استخدام التسجيل الديناميكي (يتوسع تلقائيًا مع البنية التحتية)
UPFs للاختبار/التطوير	يعمل أي من النهجين (الديناميكي أكثر ملاءمة)
UPFs الحرجة للمهمة	يضمن المراقبة) `upf_selection` التكوين المسبق في (من بدء التشغيل)
UPFs العابرين/ المتوسعين تلقائيًا	استخدام التسجيل الديناميكي (UPFs تأتي وتذهب ديناميكيًا)

مراقبة UPFs الديناميكية

تظهر UPFs الديناميكية في السجلات مع أسمائها التي تم إنشاؤها تلقائيًا:

```
[info] إنشاء تكوين نظير PFCP ديناميكي لـ Dynamic-UPF-10-200-5-99
({10, 200, 5, 99}:8805)
[info] تم تسجيل نظير UPF الديناميكي Dynamic-UPF-10-200-5-99 بنجاح
مع PID #PID<0.1234.0>
```

يمكنك استعلام سجل الأقران لرؤية جميع الأقران المسجلة (ثابتة وديناميكية):

```
# الحصول على جميع الأقران المسجلة
PGW_C.PFCP_Node.registered_peer_count()

# تحقق مما إذا كان UPF معين مسجلاً
PGW_C.PFCP_Node.get_peer({10, 200, 5, 99})
# يعيد: {:ok, #PID<0.1234.0>} إذا كان مسجلاً، :error خلاف ذلك
```

منفذ مخصص لـ UPFs الديناميكية

إذا كانت UPFs غير قياسي، يمكنك بدء التسجيل يدويًا PFCP الخاصة بك تستخدم منفذ:

```
# تسجيل UPF عند منفذ مخصص
PGW_C.PFCP_Node.register_dynamic_peer({10, 200, 5, 99}, 9999)
```

منفذ) والتسجيل التلقائي يستخدم دائمًا المنفذ 8805 DNS ومع ذلك، فإن الاختيار القائم على PFCP القياسي).

وضع جفاف اختيار UPF:

اختبر وحقق من تكوين اختيار UPF الحقيقية على الجلسات الخاص بك دون التأثير:

```
config :pgw_c,
  # تمكين وضع الجفاف للاختبار (معطل بشكل افتراضي)
  upf_selection_dry_run: true
```

عند تمكين وضع الجفاف:

1. **لا تخصيص حقيقي**: لا يتم تخصيص الجلسات فعليًا لـ UPFs
2. **تسجيل مفصل**: يتم تسجيل قرارات الاختيار مع تفاصيل كاملة
3. **إرجاع الخطأ**: `assign_sxb_peer/1` يعيد `{:error, :dry_run_mode}`
4. **منع الجلسة**: إرجاع خطأ يمنع إنشاء الجلسة
5. **كلا الطريقتين** DNS: يعمل مع كل من القواعد الثابتة والاختيار القائم على

مثال على إخراج السجل:

```
[warning] ⚠ تم تمكين وضع جفاف اختيار UPF - لن يحدث تخصيص فعلي

[info] 🔍 جفاف: تم مطابقة القاعدة الثابتة
  الطريقة: القاعدة الثابتة
  حقل المطابقة: :apn
  تعبير المطابقة: ~r/^internet\./
  الأولوية: 10
  المحدد: UPF 10.0.1.21:8805

[warning] 🔍 جفاف: كان سيتم تخصيص UPF الفعلي ولكن يتم تخطي التخصيص
  للجلسة: IMSI 001001000000670
  للجلسة APN: internet.apn
  طريقة الاختيار: ثابتة
  كان سيتم الربط بـ: 10.0.1.21:8805
  ⚠ إرجاع خطأ لمنع إنشاء الجلسة
```

الاختبار عبر واجهة LiveView:

تتضمن صفحة LiveView لاختيار UPF (`/api/upf_selection`) واجهة اختبار تفاعلية:

1. انتقل إلى صفحة اختيار UPF في لوحة الويب
2. انتقل إلى قسم "اختبار اختيار UPF"
3. أدخل سمات الجلسة الاختبارية:
   - IMSI (على سبيل المثال، `001001000000670`)
   - APN (على سبيل المثال، `internet.apn`)
   - معرف شبكة الخدمة PLMN (على سبيل المثال، `001001`)
4. انقر على "اختبار الاختيار" لمحاكاة الاختيار
5. عرض النتائج التفصيلية التي تظهر:
   - أي قاعدة تم مطابقتها (أو إذا كان سيتم استخدام DNS)
   - المحدد واسم النظير UPF
   - تفاصيل حقل المطابقة والنمط
   - أولوية القاعدة

تقوم واجهة اختبار LiveView بمحاكاة منطق الاختيار **دون الحاجة إلى تمكين وضع الجفاف** على مستوى عالمي، مما يجعلها آمنة للاختبار في بيئات الإنتاج دون التأثير على حركة المرور الحقيقية.

حالات الاستخدام:

- **اختبار التكوين**: تحقق من قواعد التوجيه قبل نشرها في الإنتاج
- **استكشاف الأخطاء** UPFs معينة إلى: فهم سبب توجيه جلسات معينة
- **التدريب** UPF لفرق العمليات: توضيح منطق اختيار
- **التطوير**: اختبار قواعد الاختيار الجديدة أثناء التطوير

حقول المطابقة:

- `:imsi` - هوية المشترك الدولية للهاتف المحمول
- `:apn` - اسم نقطة الوصول (APN/DNN)
- `:serving_network_plmn_id` - معرف PLMN لشبكة الخدمة
- `:sgw_ip_address` - عنوان IP لـ SGW
- `:uli_tai_plmn_id` - معرف PLMN لمنطقة التتبع
- `:uli_ecgi_plmn_id` - معرف PLMN لخلية E-UTRAN

تعديل نبض القلب:

```
# (اكتشاف الأخطاء بسرعة) عدواني
heartbeat_period_ms: 2_000  # 2 ثواني

# (موصى به) قياسي
heartbeat_period_ms: 5_000  # 5 ثواني

# (الشبكات ذات الكمون العالي) مريح
heartbeat_period_ms: 10_000  # 10 ثواني
```

انظر: وثائق واجهة PFCP

تكوين مجموعة IP للـ UE

الغرض

تكوين مجموعات عناوين IP لتخصيص UE، مرتبة حسب APN.

كتلة التكوين

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # مجموعات APN "الإنترنت"
      "internet" => [
        "100.64.0.0/20"  # 4094 IPs قابلة للاستخدام
      ],

      # مجموعات APN "ims"
      "ims" => [
        "100.64.16.0/22"  # 1022 IPs قابلة للاستخدام
      ],

      # مجموعة افتراضية لـ APNs غير المعروفة
      default: [
        "42.42.42.0/24"  # 254 IPs قابلة للاستخدام
      ]
    }
  }
```

المعلمات

المعلمة	النوع	مطلوب	الوصف
`subnet_map`	خريطة	نعم	يربط أسماء APN بقوائم الشبكات الفرعية
`default`	قائمة (شبكات فرعية)	نعم	مجموعة احتياطية لـ APNs غير المعروفة

تنسيق الشبكة الفرعية

صيغة CIDR: `<network_address>/<prefix_length>`

حساب IP القابل للاستخدام:

CIDR	إجمالي IPs	قابلة للاستخدام IPs	نطاق المثال
/24	256	254	100.64.1.1 - 100.64.1.254
/23	512	510	100.64.0.1 - 100.64.1.254
/22	1024	1022	100.64.0.1 - 100.64.3.254
/21	2048	2046	100.64.0.1 - 100.64.7.254
/20	4096	4094	100.64.0.1 - 100.64.15.254
/16	65536	65534	100.64.0.1 - 100.64.255.254

أمثلة

تكوين بسيط:

```
ue: %{
  subnet_map: %{
    "internet" => ["100.64.1.0/24"],
    default: ["42.42.42.0/24"]
  }
}
```

تكوين الإنتاج:

```
ue: %{
  subnet_map: %{
    # مجموعة كبيرة - الإنترنت العام
    "internet" => [
      "100.64.0.0/18"  # 16,382 IPs
    ],

    # IMS (VoLTE)
    "ims" => [
      "100.64.64.0/22"  # 1,022 IPs
    ],

    # APN الشركات
    "enterprise.corp" => [
      "10.100.0.0/16"  # 65,534 IPs
    ],

    # أجهزة IoT
    "iot.m2m" => [
      "100.64.72.0/20"  # 4,094 IPs
    ],

    # افتراضي احتياطي
    default: [
      "42.42.42.0/24"  # 254 IPs
    ]
  }
}
```

توازن الحمل (عدة شبكات فرعية لكل APN):

```
ue: %{
  subnet_map: %{
    "internet" => [
      "100.64.0.0/22",   # 1022 IPs
      "100.64.4.0/22",   # 1022 IPs
      "100.64.8.0/22",   # 1022 IPs
      "100.64.12.0/22"   # 1022 IPs
    ],
    # 4088 :الإجمالي IPs، موزعة عشوائياً
    default: ["42.42.42.0/24"]
  }
}
```

مطابقة نمط Regex:

استخدم مفاتيح تبدأ بـ `^` للإشارة إلى أنماط regex، للمطابقة مع APN wildcard:

```
ue: %{
  subnet_map: %{
    # Regex: APNs التي تبدأ بـ "ims" (تطابق "ims"، "ims.apn"،
"ims.something")
    "^ims" => [
      "100.64.10.0/24"
    ],

    # Regex: APNs التي تبدأ بـ "m2m." (تطابق "m2m.test"،
"m2m.prod")
    "^m2m\." => [
      "100.64.20.0/24"
    ],

    # تطابق دقيق فقط
    "enterprise.corp" => [
      "10.100.0.0/16"
    ],

    default: ["42.42.42.0/24"]
  }
}
```

قواعد النمط:

- المفاتيح التي تبدأ بـ `^` هي أنماط regex
- المفاتيح بدون `^` هي تطابقات دقيقة (متوافقة مع الإصدارات السابقة)
- في وقت تحليل التكوين يتم تجميع أنماط regex
- أول نمط مطابق يفوز
- يجب الهروب من الشرطات المائلة (`\` لـ `\\`)

أنماط شائعة:

- **يبدأ بـ:** `"^ims"` تطابق `ims`، `ims.apn`، `ims.foo.bar`
- **ينتهي بـ:** `"^.*\.corp$"` تطابق `foo.corp`، `bar.corp`
- **يحتوي على:** `"^.*test.*"` تطابق `test`، `foo.test.bar`

دعم IPv6:

```
ue: %{
  subnet_map: %{
    # مجموعات IPv4
    "internet" => [
      "100.64.0.0/20"
    ],

    # مجموعات IPv6 (تفويض البادئة)
    "internet.ipv6" => [
      "2001:db8:1::/48"
    ],

    default: [
      "42.42.42.0/24"
    ]
  }
}
```

نطاقات IP الموصى بها

RFC 6598 (من الدرجة الناقلة NAT):

- **النطاق:** `100.64.0.0/10`
- **الحجم:** ~4 ملايين IPs

- **الغرض:** مصمم لمزود خدمة NAT

نطاقات IP الخاصة (RFC 1918):

- `10.0.0.0/8` - 16 مليون IPs
- `172.16.0.0/12` - 1 مليون IPs
- `192.168.0.0/16` - 65,534 IPs

انظر: وثائق تخصيص مجموعة IP للـ UE

تكوين PCO

الغرض

تكوين خيارات تكوين البروتوكول (PCO) المرسلة إلى UE.

كتلة التكوين

```
config :pgw_c,
  pco: %{
    # خوادم DNS
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",

    # خوادم DNS IPv6 (0 الحاوية، اختياري|x0003)
    primary_dns_server_ipv6_address: nil,
    secondary_dns_server_ipv6_address: nil,

    # خوادم NBNS (لأجهزة، اختياري Windows)
    primary_nbns_server_address: nil,
    secondary_nbns_server_address: nil,

    # عناوين P-CSCF لـ IMS
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50", "10.0.0.51"],   #
0 الحاوية|x000C
    p_cscf_ipv6_address_list: [],                           #
0 الحاوية|x0001

    # حجم MTU IPv4
    ipv4_link_mtu_size: 1400
  }
```

المعلمات

المعلمة	النوع	الافتراضي	الوصف
`primary_dns_server_address`	سلسلة (IPv4)	مطلوب	خادم DNS الرئيسي
`secondary_dns_server_address`	سلسلة (IPv4)	اختياري	خادم DNS الثانوي
`primary_dns_server_ipv6_address`	سلسلة (IPv6)	`nil`	خادم DNS الرئيسي IPv6 (الحاوية 0x0003)
`secondary_dns_server_ipv6_address`	سلسلة (IPv6)	`nil`	خادم DNS الثانوي IPv6 (الحاوية 0x0003)
`primary_nbns_server_address`	سلسلة (IPv4)	`nil`	خادم NBNS (NetBIOS) الرئيسي
`secondary_nbns_server_address`	سلسلة (IPv4)	`nil`	خادم NBNS الثانوي
`p_cscf_ipv4_address_list`	قائمة (IPv4)	`[]`	عناوين P-CSCF IPv4 لـ IMS (الحاوية 0x000C)
`p_cscf_ipv6_address_list`	قائمة (IPv6)	`[]`	عناوين P-CSCF IPv6 لـ IMS (الحاوية 0x0001)

المعلمة	النوع	الافتراضي	الوصف
`ipv4_link_mtu_size`	عدد صحيح	`1400`	حجم وحدة النقل القصوى

أمثلة

DNS العامة (Google):

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

DNS الخاصة:

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

تكوين IMS:

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",

  # P-CSCF لـ IMS/VoLTE
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50",  # P-CSCF الرئيسي
    "10.0.0.51"   # P-CSCF الثانوي
  ],

  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

NBNS (توافق Windows):

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",
  primary_nbns_server_address: "10.0.0.20",
  secondary_nbns_server_address: "10.0.0.21",
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

تعديل MTU:

```
# Ethernet القياسي
ipv4_link_mtu_size: 1500

# مخفض لتكاليف النفق
ipv4_link_mtu_size: 1400

# إطارات ضخمة (إذا كانت مدعومة)
ipv4_link_mtu_size: 9000
```

انظر: PCO وثائق تكوين

تكوين واجهة OAM API

الغرض

تكوين نقاط نهاية واجهة برمجة التطبيقات REST لـ OAM لإدارة ومراقبة OmniPGW. يتم تنفيذ جميع المراقبة والإدارة من خلال هذه الواجهة.

> **ملاحظة:** تكوين واجهة برمجة التطبيقات نشط فقط في البيئات غير الاختبارية. يتم تخطي التكوين تلقائيًا عندما تكون `config_env()` هي `:test`، `:test_mock`، أو `:test_impl`.

تكوين واجهة برمجة التطبيقات REST

```
config :api_ex,
  api: %{
    # إعدادات الشبكة
    port: 8443,
    listen_ip: "0.0.0.0",

    # بيانات واجهة برمجة التطبيقات
    product_name: "PGW-C",
    title: "API - PGW-C",
    hostname: "localhost",

    # إعدادات TLS
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "priv/cert/omnitouch.crt",
    tls_key_path: "priv/cert/omnitouch.pem",

    # تعريفات المسار
    routes: [
      %{
        path: "/status",
        module: ApiEx.Api.StatusController,
        actions: [:index]
      }
    ]
  }
```

معلمات واجهة برمجة التطبيقات

المعلمة	النوع	الافتراضي	الوصف
`port`	عدد صحيح	`8443`	منفذ HTTPS لواجهة برمجة التطبيقات REST
`listen_ip`	سلسلة (IP)	`"0.0.0.0"`	عنوان استماع واجهة برمجة التطبيقات (0.0.0.0 = جميع الواجهات)
`product_name`	سلسلة	`"PGW-C"`	اسم المنتج (لبيانات واجهة برمجة التطبيقات)
`title`	سلسلة	`"API - PGW-C"`	عنوان وثائق واجهة برمجة التطبيقات
`hostname`	سلسلة	`"localhost"`	اسم مضيف خادم واجهة برمجة التطبيقات
`enable_tls`	Boolean	`true`	تمكين HTTPS لواجهة برمجة التطبيقات
`tls_cert_path`	سلسلة (مسار)	مطلوب	مسار ملف شهادة SSL/TLS
`tls_key_path`	سلسلة (مسار)	مطلوب	مسار ملف المفتاح الخاص SSL/TLS
`routes`	قائمة (خرائط)	`[]`	تعريفات مسار واجهة برمجة التطبيقات

تنسيق تعريف المسار

كل مسار في قائمة `routes` هو خريطة تحتوي على:

الحقل	النوع	الوصف	المثال
`path`	سلسلة	مسار URL للمسار	`"/status"`
`module`	وحدة	وحدة التحكم التي تتعامل مع الطلبات	`ApiEx.Api.StatusController`
`actions`	قائمة (ذرات)	الإجراءات المسموح بها في وحدة التحكم	`[:index, :show]`

أمثلة

التكوين الافتراضي (التطوير):

```
# واجهة برمجة التطبيقات على localhost:8443
config :api_ex,
  api: %{
    port: 8443,
    listen_ip: "127.0.0.1",  # localhost فقط
    hostname: "localhost",
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "priv/cert/dev-cert.crt",
    tls_key_path: "priv/cert/dev-key.pem",
    routes: [
      %{path: "/status", module: ApiEx.Api.StatusController,
actions: [:index]}
    ]
  }
```

تكوين الإنتاج:

```
# واجهة برمجة التطبيقات على واجهة الإدارة
config :api_ex,
  api: %{
    port: 8443,
    listen_ip: "10.0.0.20",  # الشبكة الإدارية
    product_name: "OmniPGW-C",
    hostname: "pgw-c-api.example.com",
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "/etc/ssl/certs/pgw-c-api.crt",
    tls_key_path: "/etc/ssl/private/pgw-c-api.key",
    routes: [
      %{path: "/status", module: ApiEx.Api.StatusController,
actions: [:index]},
      %{path: "/sessions", module: ApiEx.Api.SessionController,
actions: [:index, :show]}
    ]
  }
```

الوصول إلى واجهة برمجة التطبيقات

استعلام نقطة النهاية:

```
# نقطة نهاية الحالة (شهادة موقعة ذاتيًا، تطوير)
curl -k https://localhost:8443/api/status

# مع شهادة موثوقة (إنتاج)
curl https://pgw-c-api.example.com:8443/api/status
```

تخدم جميع المسارات تحت بادئة `/api`. تشمل نقاط النهاية المتاحة `/api/status`، `/api/sessions`، `/api/upf`، `/api/diameter`، `/api/charging`، `/api/ip_pools`، `/api/session_history`، `/api/topology`، `/api/ue_search` (POST)، `/api/pcscf_monitor`، و `/api/upf_selection`.

وثائق واجهة برمجة التطبيقات التفاعلية (Swagger UI):

```
https://localhost:8443/api/docs
```

إعداد شهادة TLS

تولید شهادة موقعة ذاتيًا (تطوير):

```
# توليد المفتاح الخاص والشهادة
openssl req -x509 -newkey rsa:4096 -keyout priv/cert/omnitouch.pem
\
  -out priv/cert/omnitouch.crt -days 365 -nodes \
  -subj "/CN=localhost"
```

شهادة الإنتاج:

لإنتاج، استخدم الشهادات من هيئة إصدار الشهادات الموثوقة (CA):

- Let's Encrypt (مجانية، مؤتمتة)
- CA تجارية (DigiCert، GlobalSign، إلخ.)
- CA داخلية لنشر المؤسسات

اعتبارات الأمان

1. **استخدم TLS دائمًا في الإنتاج** - اضبط `enable_tls: true`
2. **تقييد listen_ip** - استخدم عناوين IP محددة في الإنتاج (ليس 0.0.0.0)
3. **استخدم شهادات صالحة** - تجنب الشهادات الموقعة ذاتيًا في الإنتاج
4. **حماية الجدار الناري** - تقييد الوصول إلى منفذ الإدارة (8443)
5. **ملفات مفاتيح قوية** - استخدم RSA بحجم 4096 بت أو ما يعادله
6. **تحديثات منتظمة** - تدوير الشهادات قبل انتهاء صلاحيتها

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

المشكلة: لا يمكن الوصول إلى واجهة برمجة التطبيقات

```
# تحقق مما إذا كان المنفذ يستمع
netstat -tulpn | grep 8443

# تحقق من وجود ملفات الشهادة
ls -la priv/cert/

# تحقق من السجلات لأخطاء بدء التشغيل
tail -f /var/log/pgw_c/application.log
```

المشكلة: أخطاء SSL/TLS

- تحقق من أن مسارات الشهادة والمفتاح صحيحة
- تأكد من أن الشهادة تتطابق مع اسم المضيف
- تحقق من انتهاء صلاحية الشهادة: `openssl x509 -in cert.crt -text -noout`
- تحقق من أذونات ملف المفتاح (يجب أن تكون قابلة للقراءة بواسطة عملية PGW-C)

انظر: دليل المراقبة لتفاصيل استخدام واجهة برمجة التطبيقات OAM

مثال كامل

تكوين جاهز للإنتاج

```
# config/runtime.exs
import Config

# تكوين السجل
config :logger, level: :info

config :pgw_c,
  # المقاييس (Prometheus)
  metrics: %{
    enabled: true,
    ip_address: "10.0.0.20",  # الشب��ة الإدارية
    port: 9090,
    registry_poll_period_ms: 5_000
  },

  # Diameter/Gx (واجهة PCRF)
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf-primary.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.1.30",
        initiate_connection: true
      },
      %{
        host: "pcrf-backup.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.2.30",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  },

  # S5/S8 (واجهة SGW-C)
  s5s8: %{
```

```
    local_ipv4_address: "10.0.0.20"
  },

  # Sxb/PFCP (واجهة PGW-U)
  sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },

  # اختيار UPF
  upf_selection: %{
    rules: [
      %{
        name: "Default Internet",
        priority: 1,
        match_field: :apn,
        match_regex: ~r/^internet/,
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.0.0.21", remote_port: 8805,
weight: 100},
          %{remote_ip_address: "10.0.0.22", remote_port: 8805,
weight: 0}  # احتياطي
        ]
      }
    ],
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.0.0.21", remote_port: 8805, weight:
100}
    ]
  },

  # مجموعات IP للـ UE
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.0.0/18"  # 16,382 IPs
      ],
      "ims" => [
        "100.64.64.0/22"  # 1,022 IPs
      ],
      "enterprise.corp" => [
        "10.100.0.0/16"  # 65,534 IPs
      ],
      default: [
        "100.64.127.0/24"  # 254 IPs
```

```
      ]
    }
  },

  # خيارات تكوين البروتوكول
  pco: %{
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50", "10.0.0.51"],
    ipv4_link_mtu_size: 1400
  }
```

التحقق من التكوين

التحقق عند بدء التشغيل

يقوم OmniPGW بالتحقق من التكوين عند بدء التشغيل. تحقق من السجلات:

```
[info] تحميل التكوين من runtime.exs
[info] التحقق من التكوين...
[info] التكوين صالح
[info] بدء OmniPGW...
```

أخطاء التحقق الشائعة

عنوان IP غير صالح:

```
[error] عنوان IP غير صالح في s5s8.local_ipv4_address: "10.0.0"
```

حقل مطلوب مفقود:

```
[error] التكوين المطلوب مفقود: sxb.local_ip_address
```

CIDR غير صالح:

```
[error] الشبكة الفرعية غير صالحة في ue.subnet_map: "100.64.1.0/33"
```

هوية Diameter غير صالحة:

```
[error] اسم نطاق مؤهل بالكامل، وليس IP يجب أن يكون مضيف Diameter: "10.0.0.20"
```

اختبار التكوين

اختبار التكوين دون بدء التشغيل:

```
# تحقق من الصيغة
mix compile

# تحقق من تحميل التكوين
iex -S mix
iex> Application.get_env(:pgw_c, :metrics)
```

تكوين محدد للبيئة

التطوير

```
# config/dev.exs
import Config

config :logger, level: :debug

config :pgw_c,
  metrics: %{
    enabled: true,
    ip_address: "127.0.0.1",
    port: 42069,
    registry_poll_period_ms: 10_000
  },
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omnipgw-dev.local",
    realm: "local",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf-dev.local",
        realm: "local",
        ip: "127.0.0.1",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  },
  s5s8: %{
    local_ipv4_address: "127.0.0.10"
  },
  sxb: %{
    local_ip_address: "127.0.0.20"
  },
  upf_selection: %{
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ]
  },
  ue: %{
```

```
    subnet_map: %{
      "internet" => ["100.64.1.0/24"],
      default: ["42.42.42.0/24"]
    }
  },
  pco: %{
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
    ipv4_link_mtu_size: 1400
  }
```

استخدام متغيرات البيئة

```
# config/runtime.exs
import Config

config :pgw_c,
  metrics: %{
    enabled: System.get_env("METRICS_ENABLED", "true") == "true",
    ip_address: System.get_env("METRICS_IP", "0.0.0.0"),
    port: String.to_integer(System.get_env("METRICS_PORT",
"9090")),
    registry_poll_period_ms: 10_000
  },
  diameter: %{
    listen_ip: System.get_env("DIAMETER_LISTEN_IP", "0.0.0.0"),
    host: System.get_env("DIAMETER_HOST") || raise("DIAMETER_HOST
required"),
    realm: System.get_env("DIAMETER_REALM") ||
raise("DIAMETER_REALM required"),
    peer_list: [
      %{
        host: System.get_env("PCRF_HOST") || raise("PCRF_HOST
required"),
        realm: System.get_env("PCRF_REALM") ||
System.get_env("DIAMETER_REALM"),
        ip: System.get_env("PCRF_IP") || raise("PCRF_IP
required"),
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
  # ... بقية التكوين
```

الاستخدام:

```
export DIAMETER_HOST="omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"
export DIAMETER_REALM="epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"
export PCRF_HOST="pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"
export PCRF_IP="10.0.0.30"

mix run --no-halt
```

الوثائق ذات الصلة

تكوين الواجهة

- **واجهة PFCP** - تكوين Sxb/PFCP، اتصال UPF، إنشاء الجلسات
- **واجهة Diameter Gx** - التحكم في سياسة PCRF، قواعد PCC، إدارة QoS
- **واجهة Diameter Gy** - الشحن عبر الإنترنت OCS، التحكم في، إدارة الحصص الائتمان
- **واجهة S5/S8** - تكوين GTP-C v2، اتصال SGW-C (4G/LTE)
- **واجهة Gn/Gp** - تكوين GTP-C v1، اتصال SGSN (2G/3G GGSN)

تكوين الشبكة

- **تخصيص IP لـ UE** - إدارة مجموعة IP، تخصيص بناءً على APN، DHCP
- **تكوين PCO** - خيارات تكوين البروتوكول، DNS، P-CSCF، MTU
- **مراقبة P-CSCF** - مراقبة اكتشاف P-CSCF، تتبع صحة IMS

أدلة التشغيل

- دورة حياة جلسة - **إدارة الجلسات** PDN، إدارة الحامل
- مقاييس - **دليل المراقبة** Prometheus، التنبيهات، لوحات المعلومات
- **البيانات** - سجلات الشحن غير المتصلة، تكامل الفوترة **تنسيق CDR**

العودة إلى دليل العمليات

تنسيق سجل بيانات الشحن (CDR)

الشحن غير المتصل لـ PGW-C

Omnitouch Network Services بواسطة OmniPGW

جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. تنسيق ملف CDR
3. حقول CDR
4. أحداث CDR
5. هيكل الملف
6. التكوين
7. تدفق إنشاء CDR
8. تفاصيل الحقول
9. أمثلة
10. التكامل

نظرة عامة

سجل بيانات الشحن (CDR) تنسيق يوفر قدرات الشحن غير المتصل لطبقة التحكم في بوابة الحزمة (PGW-C). يتم إنشاء CDRs ومعلومات لتسجيل أحداث جلسة الناقل، واستخدام البيانات، والمشترك لأغراض الفوترة والتحليلات.

هذا التنسيق الشائع متوافق مع CDRs الخاصة بـ SGW-C، مما يضمن الاتساق في سجلات الشحن عبر بنية EPC التحتية.

الميزات الرئي��ية

- **تنسيق قائم على CSV** - قيم مفصولة بفواصل بسيطة وسهلة القراءة
- **تسجيل قائم على الأحداث** - يلتقط أحداث بدء وتحديث ونهاية الناقل
- **قياس الحجم** - يسجل استخدام البيانات في الاتجاهين
- **الدوران التلقائي** - دوران الملفات القابل للتكوين بناءً على فترات زمنية
- **متوافق مع 3GPP** - يتبع 3GPP TS 32.251 (شحن مجال PS) و TS 32.298 (ترميز CDR)

حالات الاستخدام

حالة الاستخدام	الوصف
الشحن غير المتصل	إنشاء CDRs لفوترة ما بعد الدفع
التحليلات	تحليل أنماط استخدام المشتركين
مسار التدقيق	تتبع جميع أحداث جلسة الناقل
تخطيط السعة	مراقبة استخدام موارد الشبكة
استكشاف الأخطاء	تصحيح مشكلات الجلسة والناقل

تنسيق ملف CDR

قاعدة تسمية الملف

```
<epoch_timestamp>
```

مثال:

```
1726598022
```

اسم الملف هو الطابع الزمني لحقبة Unix (بالثواني) ا تم إنشاء الملف عند.

موقع الملف

الدليل الافتراضي:

- PGW-C: `/var/log/pgw_c/cdrs/`

يمكن تكوينه عبر معلمة `cdr_directory` في config/runtime.exs.

رأس الملف

يبدأ كل ملف CDR برأس متعدد الأسطر يحتوي على بيانات التعريف:

```
# ملف CDR للبيانات:
# وقت بدء الملف: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# وقت انتهاء الملف: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# اسم البوابة: <gateway_name>
#
epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci
```

حقول الرأس:

- **وقت بدء الملف** - عندما تم إنشاء ملف CDR (قابل للقراءة البشرية وطابع زمني Unix)
- **وقت انتهاء الملف** - عندما سيحدث دوران الملف (قابل للقراءة البشرية وطابع زمني Unix)
- **اسم البوابة** - معرف لنسخة PGW-C (تم تكوينه عبر معلمة `pgw_name`)
- **رؤوس الأعمدة** - أسماء حقول CSV لسجلات البيانات

حقول CDR

ملخص الحقول

الموضع	اسم الحقل	النوع	الوصف
0	epoch	عدد صح�ح	طابع زمني للحدث (Unix ثواني حقبة)
1	imsi	سلسلة	هوية المشترك الدولية للهاتف المحمول
2	event	سلسلة	نوع حدث CDR (على سبيل المثال، "default_bearer_start")
3	charging_id	عدد صحيح	معرف الشحن الفريد للناقل
4	msisdn	سلسلة	لمحطة الهاتف المحمول (رقم ISDN رقم الهاتف)
5	ue_imei	سلسلة	هوية المعدات المحمولة الدولية
6	timezone_raw	سلسلة	منطقة زمنية للـ UE (محجوزة، حالياً فارغة)
7	plmn	عدد صحيح	معرف الشبكة العامة للهاتف المحمول
8	tac	عدد صحيح	رمز منطقة التتبع
9	eci	عدد صحيح	معرف خلية E-UTRAN
10	sgw_ip	سلسلة	عنوان IP لطبقة التحكم S5/S8 لـ SGW-C
11	ue_ip	سلسلة	عنوان IP للـ UE (بتنسيق IPv4|IPv6)
12	pgw_ip	سلسلة	عنوان IP لطبقة التحكم S5/S8 لـ PGW-C
13	apn	سلسلة	اسم نقطة الوصول

الموضع	اسم الحقل	النوع	الوصف
14	qci	عدد صحيح	معرف فئة QoS
15	octets_in	عدد صحيح	حجم بيانات الاتجاه النازل (بايت)
16	octets_out	عدد صحيح	حجم بيانات الاتجاه الصاعد (بايت)

أحداث CDR

أنواع الأحداث

يتم إنشاء CDRs لثلاثة أنواع من الأحداث:

نوع الحدث	التنسيق	الوصف	متى يتم إنشاؤه
بدء الناقل	`<type>_bearer_start`	إنشاء الناقل	يتم إرسال استجابة إنشاء الجلسة
تحديث الناقل	`<type>_bearer_update`	تقارير الاستخدام أثناء الجلسة	تقارير الاستخدام الدورية من مستوى المستخدم
نهاية الناقل	`<type>_bearer_end`	إنهاء الناقل	طلب/استجابة حذف الجلسة

أنواع الناقل:

- `default` - الناقل الافتراضي (واحد لكل اتصال PDN)
- `dedicated` - الناقل المخصص (صفر أو أكثر لكل اتصال PDN)

أمثلة الأحداث

```
default_bearer_start      - تم إنشاء الناقل الافتراضي
default_bearer_update     - تحديث استخدام الناقل الافتراضي
default_bearer_end        - تم إنهاء الناقل الافتراضي
dedicated_bearer_start    - تم إنشاء الناقل المخصص
dedicated_bearer_update   - تحديث استخدام الناقل المخصص
dedicated_bearer_end      - تم إنهاء الناقل المخصص
```

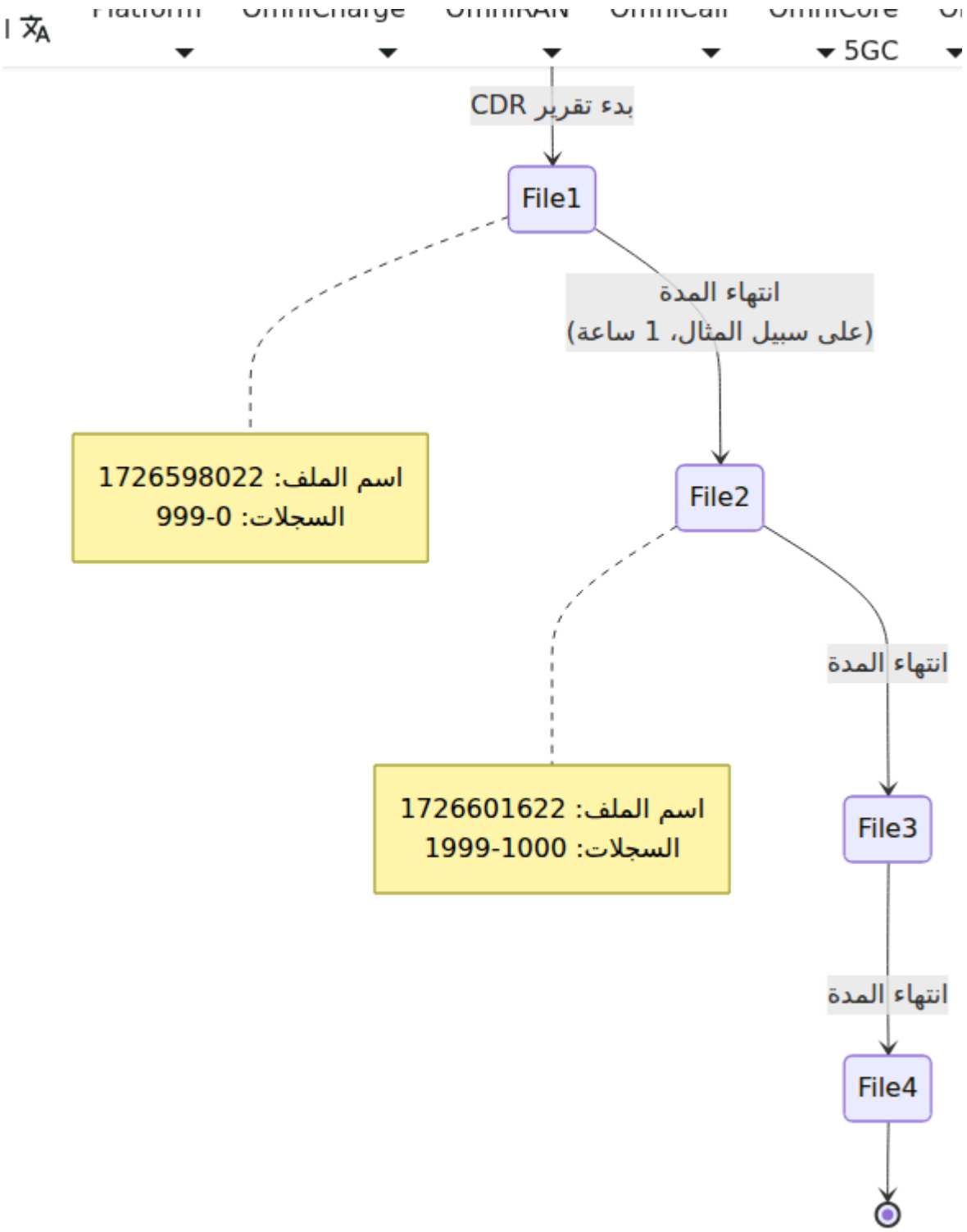
هيكل الملف

مثال على ملف CDR

```
# ملف CDR للبيانات:
# (1726598022) 18:53:42 :وقت بدء الملف
# (1726601622) 19:53:42 :وقت انتهاء الملف
# اسم البوابة: sgw-c-prod-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e
1726598022,310260123456789,default_bearer_start,12345,15551234567,123
1726598322,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,12
1726598622,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,12
1726598922,310260123456789,default_bearer_end,12345,15551234567,12345
```

دوران الملف

يتم دوران ملفات CDR تلقائيًا بناءً على المدة المكونة:



عملية الدوران:

1. إغلاق ملف CDR الحالي
2. إنشاء ملف جديد مع الطابع الزمني الحالي
3. كتابة الرأس إلى الملف الجديد
4. متابعة تسجيل CDRs إلى الملف الجديد

التكوين

معلمات التكوين

يتم تكوين إنشاء CDR لـ PGW-C في `config/runtime.exs`:

المعلمة	النوع	الوصف	الافتراضي	وصى به
`pgw_name`	سلسلة	معرف نسخة PGW (يظهر في رؤوس CDR)	"omni-pgw01"	م اسم المضيف أو معرف النسخة
`cdr_file_duration`	عدد صحيح	فترة دوران الملف (مللي ثانية)	3600000	عة 1) 3600000
`cdr_directory`	سلسلة	مسار دليل إخراج CDR	"/tmp/pgw_c"	`/var/log/pgw`
`usage_report_interval`	عدد صحيح	فترة تقرير URR (مللي ثانية) - كم مرة يرسل PGW-U تقارير الاستخدام	60000	دقيقة 1) 60000

أمثلة التكوين

تكوين الحد الأدنى (config/runtime.exs):

```
config :pgw_c,
  # تكوين ملف CDR
  pgw_name: "omni-pgw01",
  cdr_file_duration: 3_600_000,           # 1 ساعة
  cdr_directory: "/var/log/pgw_c/cdrs",

  # تكوين URR (يحفز تقارير الاستخدام من PGW-U)
  usage_report_interval: 60_000           # 60 ثانية
```

الإنتاج:

```
config :pgw_c,
  pgw_name: "pgw-c-prod-01",
  cdr_file_duration: 3_600_000,           # دوران 1 ساعة
  cdr_directory: "/var/log/pgw_c/cdrs",
  usage_report_interval: 60_000           # تحديثات 1 دقيقة
```

التطوير:

```
config :pgw_c,
  pgw_name: "pgw-c-dev",
  cdr_file_duration: 300_000,             # دوران 5 دقائق للاختبار
  cdr_directory: "/tmp/pgw_c_cdrs",
  usage_report_interval: 30_000           # تحديثات 30 ثانية
للاختبار الأسرع
```

حجم عالي:

```
config :pgw_c,
  pgw_name: "pgw-c-prod-heavy",
  cdr_file_duration: 1_800_000,           # دوران 30 دقيقة
  cdr_directory: "/mnt/fast-storage/cdrs",
  usage_report_interval: 300_000          # تحديثات 5 دقائق (تقليل
الحمل)
```

URR (قواعد تقرير الاستخدام)

يستخدم PGW-C **PFCP URRs (قواعد تقرير الاستخدام)** لتحفيز تقارير الاستخدام من طلب تقرير الجلسة PGW-U أو تنتهي المدة، يرسل URR عندما يتم الوصول إلى عتبة PGW-U. الذي يحتوي على بيانات الاستخدام، مما يحفز إنشاء CDR.

كيف تعمل تكوين URR:

1. يتم تحويل `usage_report_interval` (بالمللي ثانية) إلى ثواني لعتبة الوقت PFCP
2. يقوم PGW-C بإنشاء URR مع عتبة الوقت أثناء إنشاء الجلسة
3. يرسل PGW-U تقارير الاستخدام الدورية في الفترات المكونة
4. كل تقرير استخدام يحفز حدث CDR `bearer_update`
5. يحفز حدث (عند حذف الجلسة) التقرير النهائي للاستخدام CDR `bearer_end`

مثال: `usage_report_interval: 60_000` يعني:

- ��رسل PGW-U تقارير الاستخدام كل 60 ثانية
- كل 60 ثانية يتم إنشاء أحداث تحديث CDR
- تتبع استخدام دقيق للفوترة

تعريف نوع URR:

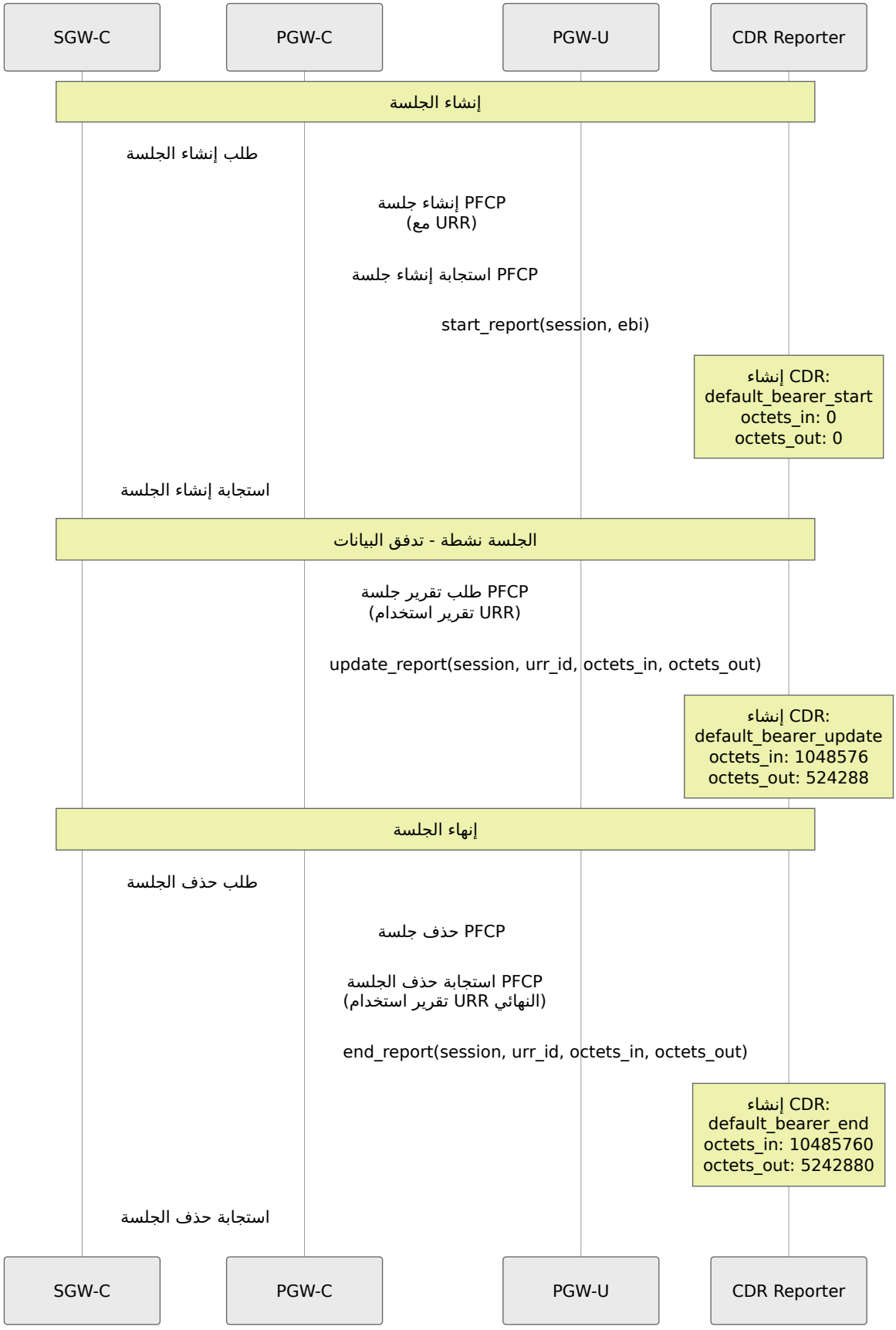
```
defmodule PGW_C.Session.Types.URR do
  typedstruct do
    field :urr_id, non_neg_integer()
    field :measurement_method, :duration | nil
    field :reporting_triggers, :time_threshold | nil
    field :time_threshold, non_neg_integer() | nil  # seconds
  end
end
```

أثناء URRs بما في ذلك كيفية إنشاء PFCP، للحصول على تفاصيل URR PFCP انظر وثائق واجهة إنشاء الجلسة.

تدفق إنشاء CDR

أحداث دورة حياة الناقل CDR

إنشاء CDR لـ PGW-C:


SGW-C
PGW-C
PGW-U
CDR Reporter
إنشاء الجلسة
طلب إنشاء الجلسة
إنشاء جلسة PFCP
(مع URR)
استجابة إنشاء جلسة PFCP
start_report(session, ebi)
إنشاء CDR:
default_bearer_start
octets_in: 0
octets_out: 0
استجابة إنشاء الجلسة
الجلسة نشطة - تدفق البيانات
طلب تقرير جلسة PFCP
(تقرير استخدام URR)
update_report(session, urr_id, octets_in, octets_out)
إنشاء CDR:
default_bearer_update
octets_in: 1048576
octets_out: 524288
إنهاء الجلسة
طلب حذف الجلسة
حذف جلسة PFCP
استجابة حذف الجلسة PFCP
(تقرير استخدام URR النهائي)
end_report(session, urr_id, octets_in, octets_out)
إنشاء CDR:
default_bearer_end
octets_in: 10485760
octets_out: 5242880
استجابة حذف الجلسة
SGW-C
PGW-C
PGW-U
CDR Reporter

أحداث إنشاء CDR

1. بدء الناقل:

- **متى:** يتم إرسال استجابة إنشاء الجلسة
- **الغرض:** تسجيل إنشاء الناقل مع استخدام صفر
- **octets_in:** 0
- **octets_out:** 0

2. تحديث الناقل:

- **متى:** يتم استلام طلب تقرير جلسة PFCP من PGW-U (تقرير استخدام URR)
- **الغرض:** تسجيل استخدام البيانات التزايدي
- **octets_in:** بايت الات��اه النازل التراكمي منذ بدء الناقل
- **octets_out:** بايت الاتجاه الصاعد التراكمي منذ بدء الناقل
- **التحفيز:** انتهاء عتبة الوقت لـ URR (تم تكوينها عبر `usage_report_interval`)

3. نهاية الناقل:

- **متى:** يتم استلام استجابة حذف الجلسة PFCP من PGW-U (مع تقرير الاستخدام النهائي)
- **الغرض:** تسجيل الاستخدام النهائي للبيانات قبل إنهاء الجلسة
- **octets_in:** إجمالي بايت الاتجاه النازل النهائي
- **octets_out:** إجمالي بايت الاتجاه الصاعد النهائي

تفاصيل الحقول

1. epoch (طابع زمني)

النوع: طابع زمني لحقبة Unix (بالثواني)

الوصف: الوقت الذي حدث فيه CDR

مثال:

```
1726598022  → 2025-09-17 18:53:42 UTC
```

---

2. imsi (هوية المشترك)

النوع: سلسلة (حتى 15 رقم)

التنسيق: MCCMNC + MSIN

الوصف: هوية المشترك الدولية للهاتف المحمول التي تحدد المشترك بشكل فريد

مثال:

```
310260123456789
  └─┘ └─┘ └──┘└──────┘
   MCC  MNC     MSIN
  (310)(260) (123456789)
```

المصدر: سياق UE، المستلم في طلب إنشاء الجلسة

---

3. event (نوع حدث CDR)

النوع: سلسلة

التنسيق: `<bearer_type>_bearer_<event>`

القيم:

- `default_bearer_start`
- `default_bearer_update`
- `default_bearer_end`
- `dedicated_bearer_start`
- `dedicated_bearer_update`
- `dedicated_bearer_end`

التحديد:

- إذا كان EBI (معرف الناقل EPS) يساوي LBI (معرف الناقل المرتبط): `default`
- إذا لم يساوي EBI LBI: `dedicated`

المصدر: سياق الناقل (مقارنة EBI مقابل LBI)

---

4. charging_id (معرف الشحن)

النوع: عدد صحيح غير موقّع 32 بت

الوصف: معرف فريد لمطابقة الشحن عبر عناصر الشبكة

مثال:

```
12345
```

المصدر: يتم تعيينه بواسطة PGW-C، المستلم في استجابة إنشاء الجلسة

الاستخدام:

- يربط أحداث الشحن عبر PGW و SGW
- يستخدم في واجهات الشحن Diameter Gy/Gz
- فريد لكل ناقل

---

5. msisdn (رقم الهاتف)

النوع: سلسلة (بتنسيق E.164)

الوصف: رقم ISDN (رقم هاتف المشترك) لمحطة الهاتف المحمول

التنسيق: رمز الدولة + الرقم الوطني

مثال:

```
15551234567
 └┘└──────┘
  CC  National
  (1) (5551234567)
```

سياق **المصدر:** عادةً من UE، عبر MME HSS

---

6. ue_imei (هوية المعدات)

النوع: سلسلة (15 رقم)

التنسيق: TAC (8) + SNR (6) + Spare (1)

الوصف: هوية المعدات المحمولة الدولية (معرف الجهاز)

مثال:

```
123456789012345
└──────┘└────┘└
   TAC   SNR S
```

سياق **المصدر:** المستلم من UE، MME

---

7. timezone_raw (منطقة زمنية للـ UE)

النوع: سلسلة (حالياً محجوزة/فارغة)

الوصف: حقل محجوز لمعلومات منطقة زمنية للـ UE

الحالة الحالية: غير مملوء (حقل فارغ في CSV)

الاستخدام المستقبلي: قد يتضمن إزاحة المنطقة الزمنية وعلم التوقيت الصيفي

مثال:

```
, (حقل فارغ)
```

---

8. plmn (معرف الشبكة)

النوع: عدد صحيح (تنسيق قديم)

الوصف: معرف الشبكة العامة للهاتف المحمول مشفر كهيكس صغير النهاية

عملية التشفير:

```
MCC: 505, MNC: 57
  ↓
"50557"
  ↓
055570" :تبديل الأزواج"
  ↓
0 :هيكس إلى عشريx055570 = 349552
```

مثال:

```
349552  → MCC: 505, MNC: 57
```

المصدر: معلومات موقع UE من MME

ملاحظة: هذا هو تنسيق تشفير قديم للتوافق مع الإصدارات السابقة

---

9. tac (رمز منطقة التتبع)

النوع: عدد صحيح غير موقّع 16 بت

الوصف: يحدد رمز منطقة التتبع المنطقة التي يقع فيها UE

النطاق: 0 - 65535

مثال:

```
1234
```

المصدر: معلومات موقع UE، المستلمة من MME في طلب إنشاء الجلسة

الاستخدام:

- يحدد منطقة إدارة الحركة
- يستخدم للنداءات وتحديثات الموقع
- جزء من TAI (معرف منطقة التتبع)

---

10. eci (معرف خلية E-UTRAN)

النوع: عدد صحيح غير موقّع 28 بت

الوصف: يحدد معرف خلية E-UTRAN الخلية التي تخدم UE بشكل فريد

التنسيق: معرف eNodeB (20 بت) + معرف الخلية (8 بت)

النطاق: 0 - 268,435,455

مثال:

```
5678
```

المصدر: معلومات موقع UE من MME

الاستخدام:

- يحدد برج الخلية والقطاع المحدد
- يستخدم للتبديل وإدارة الحركة
- معلومات موقع دقيقة

---

11. sgw_ip (عنوان IP لطبقة التحكم SGW)

النوع: سلسلة (عنوان IPv4 أو IPv6)

عنوان **الوصف:** IP لطبقة التحكم S5/S8 لـ SGW-C (F-TEID)

عشري منقط **التنسيق:** (IPv4) أو هيكس مفصول بالنقط (IPv6)

مثال:

```
10.0.0.15       (IPv4)
2001:db8::15    (IPv6)
```

تكوين محلي، مخصص لواجهة S5/S8 **المصدر:**

---

12. ue_ip (عنوان IP للـ UE)

سلسلة **النوع:** (IPv4|IPv6 بتنسيق)

عنوان **الوصف:** IP المخصص للـ UE من أجل اتصال PDN

التنسيق: `<ipv4>|<ipv6>`

أمثلة:

```
172.16.1.100|                    (IPv4 فقط)
|2001:db8::1                     (IPv6 فقط)
172.16.1.100|2001:db8::1        (اتصال مزدوج)
```

تخصيص عنوان **المصدر:** PDN (PAA) من PGW-C

ملاحظات:

- IPv4 فارغ: لم يتم تخصيص عنوان IPv4
- IPv6 فارغ: لم يتم تخصيص عنوان IPv6
- مزدوج: كلاهما موجود: اتصال PDN

---

13. pgw_ip (عنوان IP لطبقة التحكم PGW)

سلسلة **النوع:** (عنوان IPv4 أو IPv6)

عنوان IP لطبقة التحكم S5/S8 لـ PGW-C (F-TEID عن بُعد) **الوصف:**

عشري منقط (IPv4) أو هيكس مفصول بالنقط (IPv6) **التنسيق:**

مثال:

```
10.0.0.20       (IPv4)
2001:db8::20    (IPv6)
```

المستلم في استجابة إنشاء الجلسة من PGW-C **المصدر:**

---

14. apn (اسم نقطة الوصول)

سلسلة (حتى 100 حرف) **النوع:**

اسم نقطة الوصول الذي يحدد الشبكة الخارجية (PDN) **الوصف:**

تنسيق مشابه لاسم DNS **التنسيق:**

أمثلة:

```
internet
ims
mms
enterprise.corporate
```

المستلم في طلب إنشاء الجلسة من MME **المصدر:**

الاستخدام:

- يحدد الشبكة الخارجية التي يجب الاتصال بها
- يقود قواعد السياسة والشحن
- قد يحدد مجموعة عناوين IP

---

15. qci (معرف فئة QoS)

النوع: عدد صحيح غير موقّع 8 بت

الوصف: يحدد معرف فئة QoS قل��ن جودة الخدمة

النطاق: 1 - 9 (موحد)، 128-254 (محدد من قبل المشغل)

قيم QCI الموحدة:

QCI	نوع المورد	الأولوية	تأخير الحزمة	فقدان الحزمة	خدمة المثال
1	GBR	2	100 مللي ثانية	10^-2	صوت محادثة
2	GBR	4	150 مللي ثانية	10^-3	فيديو محادثة
3	GBR	3	50 مللي ثانية	10^-3	ألعاب في الوقت الحقيقي
4	GBR	5	300 مللي ثانية	10^-6	فيديو غير محادثة
5	غير GBR	1	100 مللي ثانية	10^-6	إشارات IMS
6	غير GBR	6	300 مللي ثانية	10^-6	فيديو (مخزن)
7	غير GBR	7	100 مللي ثانية	10^-3	صوت، فيديو، ألعاب
8	غير GBR	8	300 مللي ثانية	10^-6	فيديو (مخزن)
9	غير GBR	9	300 مللي ثانية	10^-6	الناقل الافتراضي

مثال:

```
الـنـاقل الافـتـراضي (أفضل جهد) → 9
```

معلمات QoS للناقل من PGW-C **المصدر:**

---

16. octets_in (حجم البيانات في الاتجاه النازل)

النوع: عدد صحيح غير موقّع 64 بت

الوصف: عدد البايتات المرسلة في الاتجاه النازل (الشبكة → UE)

الوحدات: بايت

مثال:

```
1 ← النازل الاتجاه في بايت ميغا  1048576
```

المصدر: قياس حجم PFCP من PGW-U (عبر تقارير استخدام URR)

ملاحظات:

- تراكمي لأحداث `update`
- إجمالي نهائي لأحداث `end`
- دائماً 0 لأحداث `start`
- التقارير المحفزة بواسطة عتبة الوقت لـ URR (تم تكوينها عبر `usage_report_interval`)

---

17. octets_out (حجم البيانات في الاتجاه الصاعد)

النوع: عدد صحيح غير موقّع 64 بت

الوصف: عدد البايتات المرسلة في الاتجاه الصاعد (UE → الشبكة)

الوحدات: بايت

مثال:

```
524288  ← 512 الصاعد الاتجاه في كيلوبايت
```

المصدر: قياس حجم PFCP من PGW-U (عبر تقارير استخدام URR)

ملاحظات:

- تراكمي لأحداث `update`
- إجمالي نهائي لأحداث `end`
- دائماً 0 لأحداث `start`
- التقارير المحفزة بواسطة عتبة الوقت لـ URR (تم تكوينها عبر `usage_report_interval`)

أمثلة

المثال 1: جلسة أساسية مع تحديث واحد

الجدول الزمني:

1. تم إنشاء الناقل
2. بعد 5 دقائق: تحديث الاستخدام (10 ميغابايت في الاتجاه النازل، 5 ميغابايت في الاتجاه الصاعد)
3. تم إنهاء الجلسة

إخراج CDR:

```
# ملف CDR للبيانات:
# (1726570800) 10:00:00 :وقت بدء الملف
# (1726574400) 11:00:00 :وقت انتهاء الملف
# اسم البوابة: pgw-c-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e
1726570800,310260111111111,default_bearer_start,10001,15551111111,111
1726571100,310260111111111,default_bearer_update,10001,15551111111,11
1726571400,310260111111111,default_bearer_end,10001,15551111111,11111
```

المثال 2: جلسة مزدوجة مع تحديثات متعددة

الجدول الزمني:

1. تم إنشاء الناقل مزدوج (IPv4 + IPv6)
2. تحديثات اس��خدام متعددة

3. تم إنهاء الجلسة

إخراج CDR:

```
1726570800,310260222222222,default_bearer_start,10002,15552222222,222
1726571100,310260222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726571400,310260222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726571700,310260222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726572000,310260222222222,default_bearer_end,10002,15552222222,22222
```

المثال 3: جلسة مع ناقل مخصص

الجدول الزمني:

1. تم إنشاء الناقل الافتراضي (QCI 9)
2. تم إنشاء ناقل مخصص للفيديو (QCI 6)
3. تحديثات الاستخدام لكلا الناقلين
4. تم حذف الناقل المخصص
5. تم إنهاء الناقل الافتراضي

إخراج CDR:

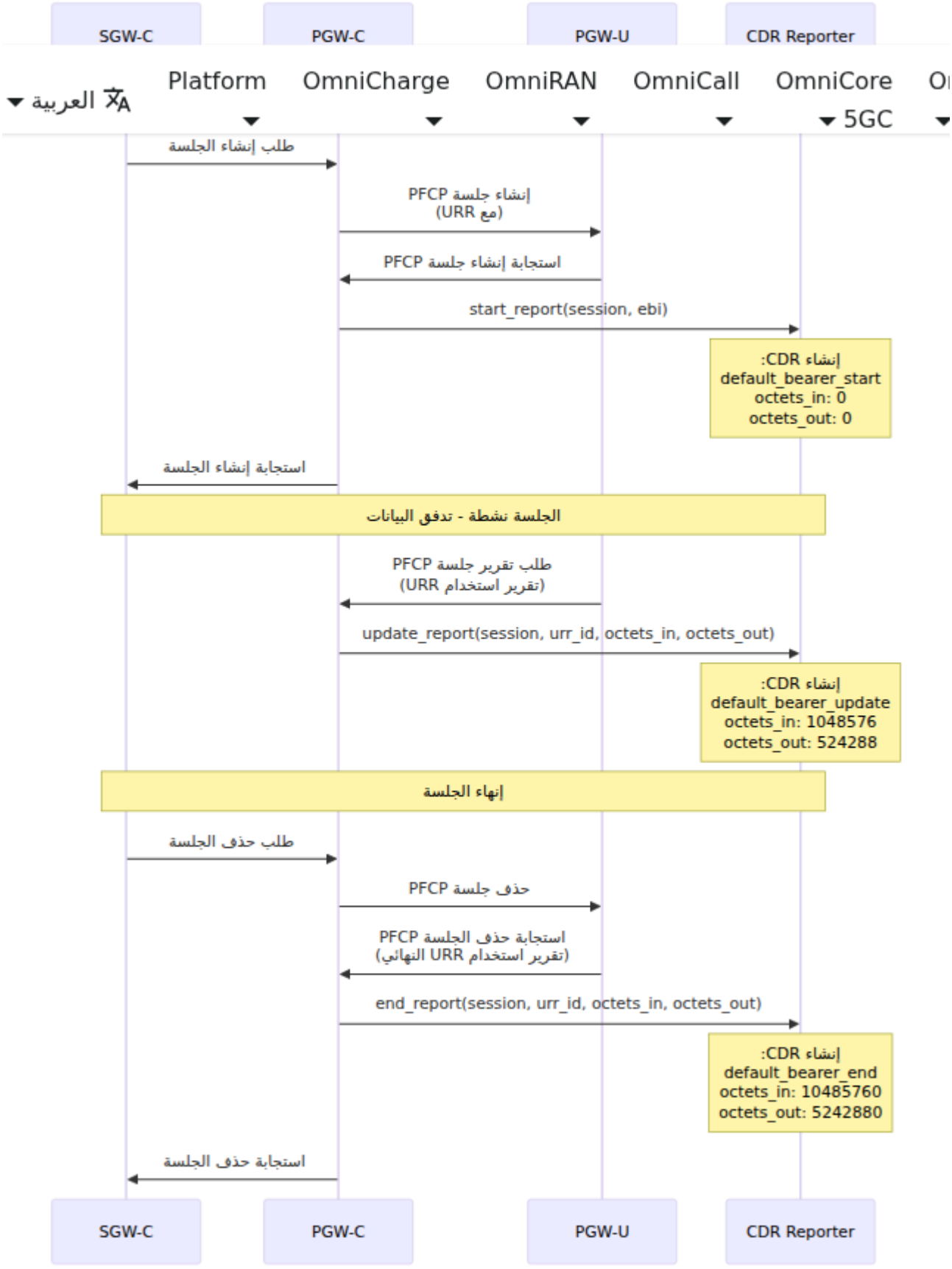
```
1726570800,310260333333333,default_bearer_start,10003,15553333333,333
1726571100,310260333333333,dedicated_bearer_start,10004,15553333333,3
1726571400,310260333333333,default_bearer_update,10003,15553333333,33
1726571400,310260333333333,dedicated_bearer_update,10004,15553333333,
1726571700,310260333333333,dedicated_bearer_end,10004,15553333333,333
1726572000,310260333333333,default_bearer_end,10003,15553333333,33333
```

التحليل:

- الناقل الافتراضي (10003) يحمل حركة المرور الخلفية (10 ميغابايت في الاتجاه النازل، 4 ميغابايت في الاتجاه الصاعد)
- الناقل المخصص (10004) يحمل حركة مرور الفيديو (200 ميغابايت في الاتجاه النازل، 2 ميغابايت في الاتجاه الصاعد)
- تعكس قيم QCI معالجة QoS مختلفة (9 مقابل 6) مختلفة

التكامل

خط معالجة CDR


SGW-C
PGW-C
PGW-U
CDR Reporter
العربية
Platform
OmniCharge
OmniRAN
OmniCall
OmniCore
5GC
طلب إنشاء الجلسة
إنشاء جلسة PFCP
(مع URR)
استجابة إنشاء جلسة PFCP
start_report(session, ebi)
إنشاء CDR:
default_bearer_start
octets_in: 0
octets_out: 0
استجابة إنشاء الجلسة
الجلسة نشطة - تدفق البيانات
طلب تقرير جلسة PFCP
(تقرير استخدام URR)
update_report(session, urr_id, octets_in, octets_out)
إنشاء CDR:
default_bearer_update
octets_in: 1048576
octets_out: 524288
إنهاء الجلسة
طلب حذف الجلسة
حذف جلسة PFCP
استجابة حذف الجلسة PFCP
(تقرير استخدام URR النهائي)
end_report(session, urr_id, octets_in, octets_out)
إنشاء CDR:
default_bearer_end
octets_in: 10485760
octets_out: 5242880
استجابة حذف الجلسة
SGW-C
PGW-C
PGW-U
CDR Reporter

طرق جمع CDR

1. الجمع القائم على الملفات:

```
# مراقبة دليل CDR (PGW-C)
inotifywait -m /var/log/pgw_c/cdrs/ -e close_write | while read
path action file; do
    # اكتمل دوران الملف، معالجة CDR
    process_cdr "$path$file"
done
```

2. البث في الوقت الحقيقي:

```
# متابعة وبث إلى خط المعالجة
tail -F /var/log/pgw_c/cdrs/* | process_cdr_stream
```

الوثائق ذات الصلة

- إدارة الجلسات CDR - دورة حياة الج��سة ومحفزات
- واجهة PFCP - تقرير الاستخدام من PGW-U عبر URRs
- دليل المراقبة CDR والتنبيهات - مقاييس إنشاء
- دليل التكوين CDR و URR - معلمات تكوين
- واجهة Diameter Gx - التحكم في السياسة لقيم QCI في CDRs
- واجهة Diameter Gy - تكامل الشحن عبر الإنترنت

مراجع 3GPP

- TS 32.251 - شحن مجال Packet Switched (PS)
- TS 29.274 - نظام الحزمة المتطورة (EPS) 3 منGPPبروتوكول ؛ GTP-C
- TS 29.244 - الواجهة بين عقد CP و UP (PFCP) - **دعم URR**
- TS 32.298 - ترميز CDR

تنسيق CDR - *سجلات الشحن غير المتصلة لـ PGW-C*

تم تطويره بواسطة Omnitouch Network Services

إصدار الوثائق: 1.0 **آخر تحديث:** 28-12-2025

وثائق واجهة Gx Diameter

واجهة وظيفة قواعد السياسة والفوترة (PCRF)

جدول المحتويات

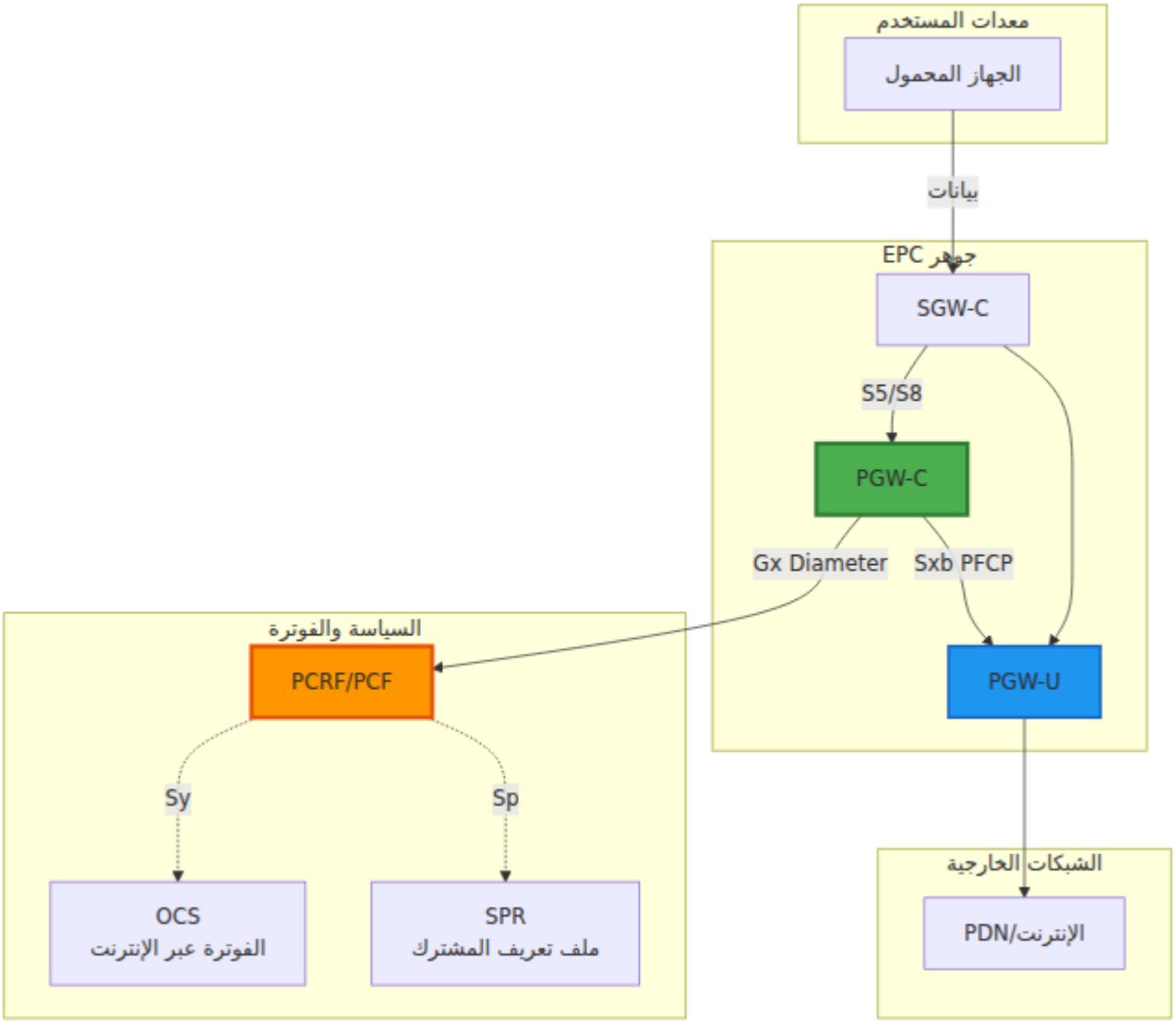
1. نظرة عامة
2. أساسيات واجهة Gx
3. بروتوكول Diameter
4. رسائل التحكم في الائتمان
5. قواعد السياسة والفوترة
6. تقرير تغيير الموقع
7. التكوين
8. تدفقات الرسائل
9. معالجة الأخطاء
10. استكشاف الأخطاء وإصلاحها

نظرة عامة

واجهة تربط **Gx** PGW-C بـ **PCRF (وظيفة قواعد السياسة والفوترة)** أو **PCF (وظيفة التحكم في السياسة)** في شبكات 5G. تتيح هذه الواجهة:

- تنفيذ - **التحكم الديناميكي في السياسة** QoS والسياسة في الوقت الحقيقي
- تفويض الائتمان وتت**ع الاستخدام - **التحكم في الفوترة**
- تمييز حركة المرور على مستوى التطبيق - **الوعي بالخدمة**
- تطبيق السياسة لكل مستخدم - **إدارة ملف تعريف المشترك**

في هيكل الشبكة Gx



الوظائف الرئيسية

الوظيفة	الوصف
توفير السياسة	يوفر PCRF قواعد PCC التي تحدد كيفية التعامل مع حركة المرور
التحكم في QoS	التعديل الديناميكي لمعدلات البيانات ومعلمات QoS
التحكم في الفوترة	تفويض الائتمان لسيناريوهات الدفع المسبق/الدفع اللاحق
التحكم في البوابة	تمكين/تعطيل تدفقات الحركة بناءً على السياسة
مراقبة الاستخدام	تتبع استهلاك البيانات لكل خدمة

أساسيات واجهة Gx

مرجع 3GPP

- **المواصفة:** 3GPP TS 29.212
- **معرف تطبيق Diameter:** 16777238 (Gx)
- **البروتوكول:** بروتوكول Diameter الأساسي (RFC 6733)

مفهوم الجلسة

كل اتصال PDN لـ UE له **جلسة Gx** المقابلة التي يتم تحديدها بواسطة **Session-ID**. هذه الجلسة:

- يتم إنشاؤها عندما يتصل UE (CCR-Initial)
- يتم تحديثها خلال عمر الاتصال (CCR-Update) - أو اختياري، مثل تغييرات السياسة تقرير تغيير الموقع
- يتم إنهاؤها عندما ينفصل UE (CCR-Termination)

تنسيق Session ID

```
Session-ID: <Origin-Host>;<high32>;<low32>[;<optional>]
مثال: omni-
pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org;1234567890;98765
```

المكونات:

- **Origin-Host:** هوية Diameter لـ PGW-C
- **high32:** 32 بت العليا من المعرف الفري ��
- **low32:** 32 بت السفلى من المعرف الفريد

بروتوكول Diameter

هيكل الرسالة

تكون رسائل Diameter مشفرة ثنائياً بالهيكل التالي:

```
رأس Diameter (20 بايت)
├── 1 = (1 بايت) الإصدار
├── (3 بايت) طول الرسالة
├── (1 بايت) الأعلام
│   ├── R: (0) إجابة / (1) طلب
│   ├── P: قابلة للتوجيه
│   ├── E: خطأ
│   └── T: قد يتم إعادة إرساله
├── (3 بايت) رمز الأمر
├── 16777238 = (4 بايت) معرف التطبيق (Gx)
├── معرف Hop-by-Hop (4 بايت)
└── معرف End-to-End (4 بايت)

AVPs (أزواج السمة والقيمة)
├── رأس AVP
│   ├── رمز AVP
│   ├── الأعلام (V، M، P)
│   ├── طول AVP
│   └── معرف البائع (اختياري)
└── بيانات AVP
```

المفاهيم الرئيسية في Diameter

AVP (زوج السمة والقيمة):

- وحدة البيانات الأساسية في Diameter
- تحتوي على رمز، أعلام، وقيمة
- يمكن أن تكون متداخلة (مجمعة AVP)

الأمر:

- زوج طلب/إجابة
- CCR (طلب التحكم في الائتمان) / CCA (إجابة التحكم في الائتمان)

رموز النتائج:

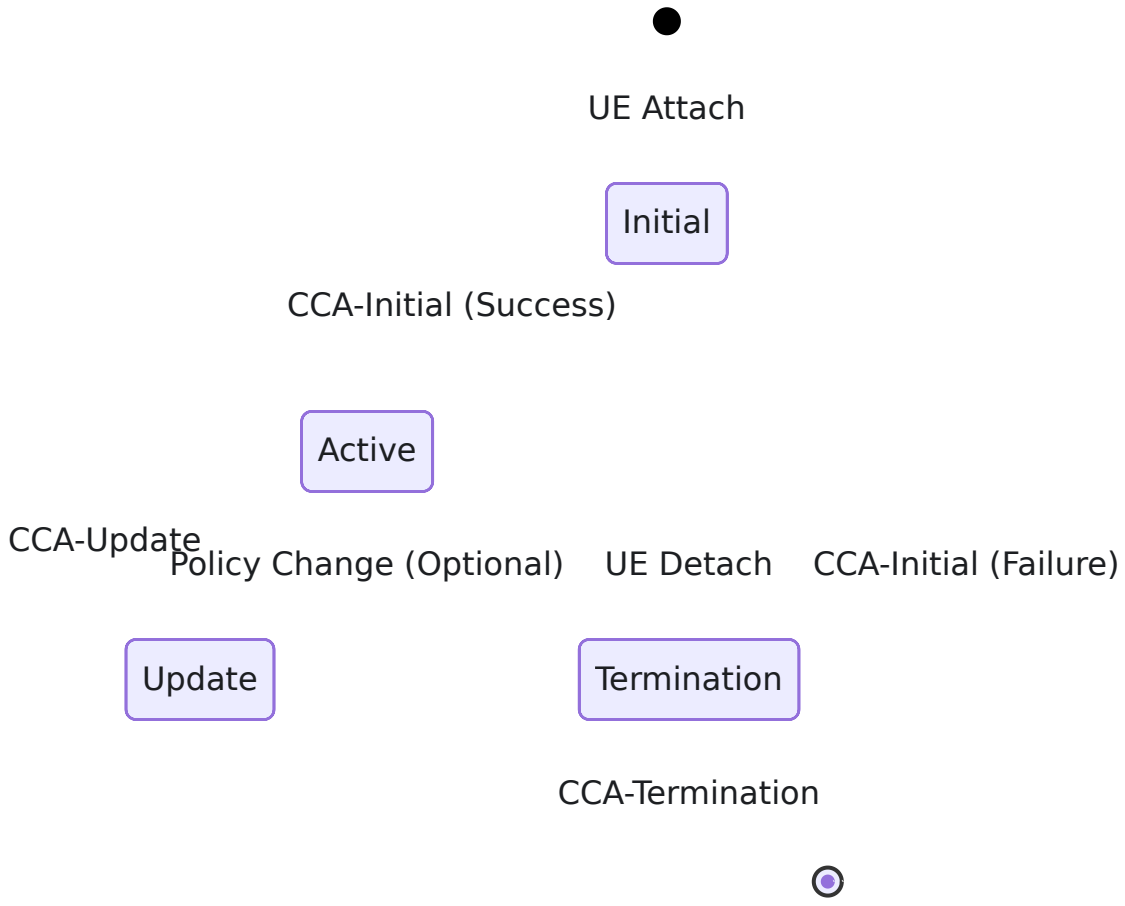
- `2001` - DIAMETER_SUCCESS
- `3xxx` - أخطاء بروتوكول
- `4xxx` - فشل مؤقت

- `5xxx` - فشل دائم

رسائل التحكم في الائتمان

تستخدم PGW-C **تطبيق التحكم في الائتمان Diameter** (RFC 4006) لـ Gx.

أنواع الرسائل



CCR-Initial (طلب التحكم في الائتمان - أولي)

ينشئ **عندما:** جديد PDN اتصال UE

الغرض:

- طلب قواعد السياسة والفوترة الأولية
- توفير سياق UE لـ والشبكة PCRF

- وتفويض الفوترة QoS الحصول على معلمات

AVPs الرئيسية المرسلة بواسطة PGW-C:

اسم AVP	رمز AVP	النوع	الوصف
Session-Id	263	UTF8String	معرف جلسة Gx الفريد
Auth-Application-Id	258	Unsigned32	16777238 (Gx)
Origin-Host	264	DiamIdent	هوية Diameter لـ PGW-C
Origin-Realm	296	DiamIdent	مجال Diameter لـ PGW-C
Destination-Realm	283	DiamIdent	مجال PCRF
CC-Request-Type	416	Enumerated	1 = INITIAL_REQUEST
CC-Request-Number	415	Unsigned32	رقم التسلسل (يبدأ من 0)
Subscription-Id	443	Grouped	معرف UE (IMSI/MSISDN)
Called-Station-Id	30	UTF8String	اسم APN
Framed-IP-Address	8	OctetString	عنوان IPv4 المخصص لـ UE (IPv4 و IPv4v6 PDNs)
Framed-IPv6-Prefix	97	OctetString	بادئة IPv6 المخصصة لـ UE (IPv6-only PDNs)
3GPP-User-Location-Info	22	OctetString	معلومات موقع المشترك الأولية (TS 29.061)
User-Equipment-Info	458	Grouped	هوية UE (مثل IMEISV)، عند توفرها
IP-CAN-Type	1027	Enumerated	5 = 3GPP-EPS

اسم AVP	رمز AVP	النوع	الوصف
RAT-Type	1032	Enumerated	تم تعيينه من نوع RAT GTP (مثل 1004 = EUTRAN)
QoS-Information	1016	Grouped	QoS الحالي (APN-AMBR UL/DL)
Default-EPS-Bearer-QoS	1049	Grouped	QoS للناقل الافتراضي QCI/ARP (QCI 5)
Network-Request-Support	1024	Enumerated	إجراءات بدء الشبكة
Supported-Features	628	Grouped	قائمة ميزات Gx (Rel-8/9/10 Gx)

> يتم اختيار AVP عنوان الإطار بواسطة عائلة عنوان UE: `Framed-IP-Address` لـ IPv4 (و IPv4 من PDN IPv4v6)، `Framed-IPv6-Prefix` لـ PDN فقط IPv6. بالنسبة لـ IPv4v6، لا يتم حمل بادئة IPv6 على Gx. انظر IPv6 / Dual-Stack.

مثال على هيكل CCR-I:

```
CCR (رمز الأمر: 272، طلب)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├── Auth-Application-Id: 16777238
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
├── Subscription-Id (Grouped)
│   ├── Subscription-Id-Type: END_USER_IMSI (1)
│   └── Subscription-Id-Data: "310260123456789"
├── Called-Station-Id: "internet"
├── Framed-IP-Address: 100.64.1.42
├── IP-CAN-Type: 3GPP-EPS (5)
├── RAT-Type: EUTRAN (1004)
├── QoS-Information (Grouped)
│   ├── APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 100000000 (100 Mbps)
│   └── APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 50000000 (50 Mbps)
├── Network-Request-Support: 1
└── Supported-Features: [...]
```

CCA-Initial (إجابة التحكم في الائتمان - أولية)

مرسلة بواسطة: PCRF استجابةً لـ CCR-I

الغرض:

- تفويض أو رفض الجلسة
- توفير قواعد PCC لمعالجة الحركة
- تحديد معلمات QoS

AVPs الرئيسية المستلمة بواسطة PGW-C:

اسم AVP	رمز AVP	الوصف
Result-Code	268	النجاح (2001) أو رمز خطأ
Experimental-Result	297	رموز نتائج محددة من البائع
QoS-Information	1016	QoS (قد يختلف عن الطلب) المفوض
Charging-Rule-Install	1001	قواعد PCC للتفعيل
Charging-Rule-Definition	1003	تعريفات القواعد المضمنة
Default-EPS-Bearer-QoS	1049	QoS للناقل الافتراضي

مثال على استجابة النجاح:

```
CCA (رمز الأمر: 272، إجابة)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├── Origin-Host: "pcrf.example.com"
├── Origin-Realm: "example.com"
├── Auth-Application-Id: 16777238
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
├── QoS-Information (Grouped)
│   ├── APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 50000000 (50 Mbps - مخفض)
│   └── APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 100000000 (100 Mbps - مرتفع)
├── Charging-Rule-Install (Grouped)
│   ├── Charging-Rule-Name: "default_internet_rule"
│   └── Charging-Rule-Name: "video_streaming_rule"
└── Charging-Rule-Definition (Grouped)
    ├── Charging-Rule-Name: "default_internet_rule"
    ├── QoS-Information: {...}
    └── Precedence: 1000
```

CCR-Termination (طلب التحكم في الائتمان - إنهاء)

عندما: ينفصل UE أو يتم حذف اتصال PDN

الغرض:

- إبلاغ PCRF بإنهاء الجلسة
- سجل المحاسبة/الفوترة النهائي

الاختلافات الرئيسية عن CCR-I:

- `CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)`
- قد تتضمن إحصائيات الاستخدام
- مجموعة AVP مبسطة

مثال على CCR-T:

```
CCR (رمز الأمر: 272، طلب)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├── Auth-Application-Id: 16777238
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
├── CC-Request-Number: 1
└── Termination-Cause: DIAMETER_LOGOUT (1)
```

CCA-Termination

مرسلة بواسطة: PCRF استجابةً لـ CCR-T

الغرض:

- تأكيد إنهاء الجلسة
- لا يتم إرجاع قواعد السياسة

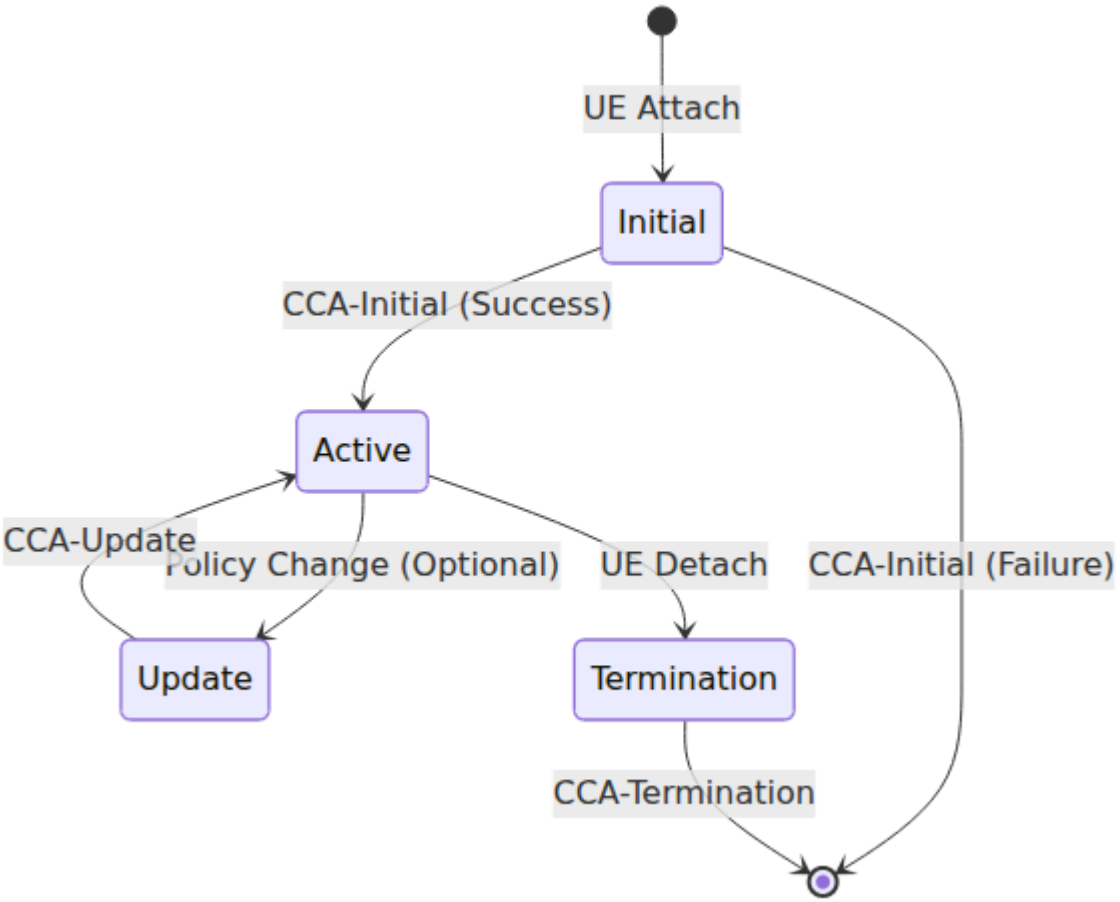
مثال على CCA-T:

```
CCA (رمز الأمر: 272، إجابة)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├── Origin-Host: "pcrf.example.com"
├── Origin-Realm: "example.com"
├── Auth-Application-Id: 16777238
├── CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
└── CC-Request-Number: 1
```

قواعد السياسة والفوترة

هيكل قاعدة PCC

كيفية التعامل مع تدفقات الحركة **PCC (التحكم في السياسة والفوترة)** تعرف **قاعدة** المحددة:



مكونات القاعدة

1. اسم القاعدة:

- معرف فريد للقاعدة
- مثال: `"video_streaming_rule"`

2. الأولوية:

- رقم أقل = أولوية أعلى
- النطاق: 0-65535
- يستخدم عندما تتطابق قواعد متعددة

3. مرشحات التدفق (TFT - نموذج تدفق الحركة):

- يحدد الحزم التي تتطابق مع هذه القاعدة
- أمثلة:
  - IP 5-tuple: البروتوكول، Src/Dst IP، Src/Dst Port
  - `"permit out ip from any to 8.8.8.8 80"`

4. معلومات QoS:

- **QCI (معرف فئة QoS):** 1-9 (موحد)، 128-254 (محدد من قبل المشغل)
  - QCI 1: صوت محادثة
  - QCI 5: إشارات IMS
  - QCI 9: الإنترنت الافتراضي
- **ARP (أولوية التخصيص والاحتفاظ):** قدرة الإقصاء
- **MBR/GBR:** معدلات البيانات القصوى/المضمونة

5. معلومات الفوترة:

- **مجموعة التصنيف:** تحدد فئة الفوترة (تستخدم بواسطة OCS - انظر واجهة Diameter Gy)
- **طريقة القياس:** حجم، وقت، أو بناءً على الحدث
- **الفوترة عبر الإنترنت/غير المتصلة:** OCS (عبر Diameter Gy مدفوع مسبقاً) مقابل CDRs (غير المتصلة - انظر تنسيق بيانات CDR مدفوع لاحقاً)

6. حالة التحكم:

- **مفتوح:** السماح بحركة المرور
- **مغلق:** حظر حركة المرور

توفير القاعدة الديناميكية

توفير القواعد بطريقتين PCRF يمكن لـ:

1. القواعد المحددة مسبقاً (حسب الاسم):

```
Charging-Rule-Install (Grouped)
├── Charging-Rule-Name: "gold_subscriber_internet"
└── Charging-Rule-Name: "video_qos_boost"
```

2. القواعد الديناميكية (تعريف مضمن):

```
Charging-Rule-Definition (Grouped)
├── Charging-Rule-Name: "dynamic_rule_123"
├─── Precedence: 100
├── Flow-Information (Grouped)
│   ├── Flow-Description: "permit out ip from any to 192.0.2.0/24"
│   └── Flow-Direction: DOWNLINK
├── QoS-Information (Grouped)
│   ├── QoS-Class-Identifier: 5
│   ├── Max-Requested-Bandwidth-UL: 10000000
│   └── Max-Requested-Bandwidth-DL: 50000000
└── Rating-Group: 1000
```

QoS معلومات AVP

APN-AMBR (معدل البيانات الأقصى المجمع):

APN لهذا GBR ينطبق على جميع الناقلات غير:

```
QoS-Information (Grouped)
├── APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 100000000  # 100 Mbps
└── APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 200000000  # 200 Mbps
```

استجابة PGW-C:

- تحديث حالة AMBR الداخلية
- إرسال طلب تعديل الجلسة إلى PGW-U مع QER المحدث

تقرير تغيير الموقع

عندما يتغير **موقع** المشترك، **تكنولوجيا الوصول اللاسلكي** إبلاغ PGW-C PCRF يمكن لـ خلال عمر الجلسة. يتم حمل التغيير في **UE الخادم** أو **المنطقة الزمنية لـ PLMN**، **(RAT)** ذات الصلة AVPsو **GPP-User-Location-Info**كـ **CCR-Update 3**.

التقرير اختياري (تحت تحكم PCRF)

هذا التقرير **PCRF** — 3 GPP TS 29.212تماماً كما هو مطلوب بموجب **مشروط بطلب** *بتسليح* الأحداث التي يريد سماعها عن طريق تضمين واحد أو أكثر PCRF يقوم .§5.3.7 / §4.5.7 في **CCA** (أو في **RAR**). يقوم PGW-C بتخزين المجموعة المسلحة من **Event-Trigger** AVPs ويرسل Gx لكل جلسة CCR-Update فقط عندما:

1. يحدث شرط Event-Trigger **و** المسلح فعلياً،
2. توجد جلسة Gx للمشترك.

إذا لم يقم PCRF **أي** بتسليح Event-Triggers ذات الصلة بالموقع، يبقى PGW-C صامتاً بشأن تغييرات الموقع — فهو ببساطة يقوم بتحديث حالته الداخلية ويجيب على طلب تعديل الناقل GTP-C. هذا يحافظ على واجهة هادئة لـ PCRFs التي لا تهتم بالحركة، ومتوافقة لتلك التي تهتم.

يقوم PGW-C بتحديثها **يمكن أن تتغير المجموعة المسلحة في أي وقت خلال الجلسة.** في CCA-Initial، في CCA-Update، أو في **RAR** الذي يبدأه PCRF. تحل مجموعة Event-Trigger الحالية محل المجموعة المسلحة حالياً؛ الرسالة التي تحمل AVP Event-Trigger تترك المجموعة المسلحة دون تغيير. لا يمكن لـ PCRF لذا بدء جلسة بدون تقرير الموقع ثم تشغيله (أو إيقافه) لاحقاً باستخدام RAR، والعكس صحيح.

Event-Triggers المدعومة

Event-Trigger	القيمة	يحدث عندما...	المبلغ AVP
`RAT_CHANGE`	2	تتغير RAT-Type (مثل EUTRAN → UTRAN)	`RAT-Type`
`PLMN_CHANGE`	4	تتغير الشبكة الخادمة (MCC/MNC)	`3GPP-SGSN-MCC-MNC`
`USER_LOCATION_CHANGE`	13	أي تغيير في معلومات موقع المستخدم	`3GPP-User-Location-Info`
`UE_TIME_ZONE_CHANGE`	25	تتغير المنطقة الزمنية لـ UE	`3GPP-MS-TimeZone`
`TAI_CHANGE`	26	تتغير هوية منطقة التتبع	`3GPP-User-Location-Info`
`ECGI_CHANGE`	27	تتغير هوية الخلية العالمية E-UTRAN	`3GPP-User-Location-Info`

مثل الانتقال إلى خلية جديدة في منطقة تتبع جديدة) يمكن أن تحدث عدة مشغلات في وقت واحد ؛ يتم سرد جميع المشغلات(`ECGI_CHANGE` **و** `TAI_CHANGE`، `USER_LOCATION_CHANGE` يحدث المسلحة في المفعلة AVPs `Event-Trigger` لـ CCR-Update.

من أين يأتي الموقع

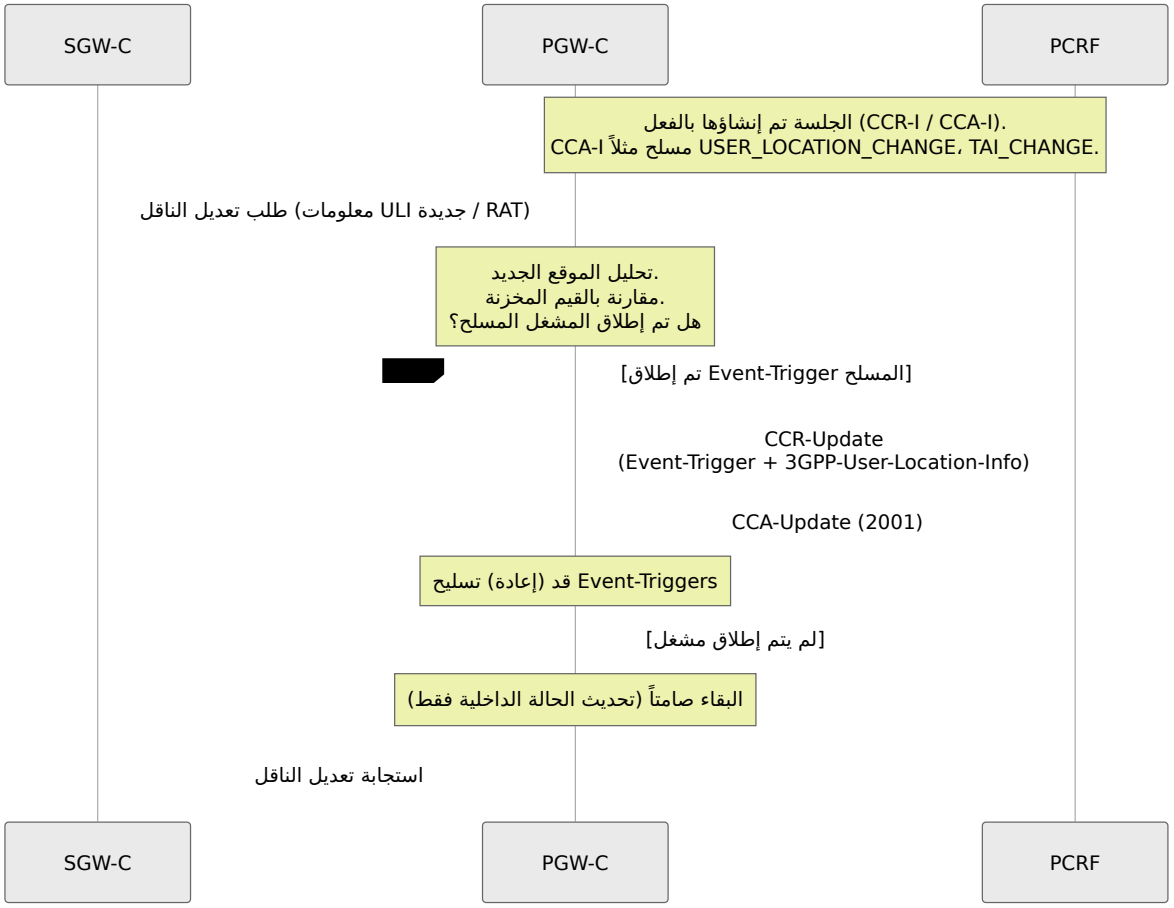
- **CCR-Initial** `3` الآن يتضمن `GPP-User-Location-Info` الأولية للمشترك، مما يمنح PCRF قاعدة بيانات.
- **طلب تعديل الناقل** خلال الجلسة، يحمل **GTP-C** (S5/S8) معلومات موقع المستخدم المحدثة، RAT-Type، الشبكة الخادمة ومنطقة زمنية UE. يقوم PGW-C بتحليل هذه، يقارنها بالقيم المخزنة، ويبلغ عن أي تغيير مسلح.
- تبقى المعلومات **المفقودة** من طلب تعديل الناقل على قيمتها السابقة، لذا فإن طلب تعديل الناقل الجزئي لا يبدو أبداً كتغيير موقع زائف.

ترميز 3 GPP-User-Location-Info

يتم ترميز AVP **3** وفقاً لـ **GPP TS 29.061 §16.4.7.2**: نوع الموقع الجغرافي *بايت واحد* متبوعاً بحقل PLMN 3 وفقاً لـ GPP TS 24.008 §10.5.1.3. (حقول) الموقع، مع ترميز هويات الأنواع المدعومة:

النوع	القيمة	المحتويات
CGI	0	PLMN + LAC + CI (2G)
SAI	1	PLMN + LAC + SAC (3G)
RAI	2	PLMN + LAC + RAC
TAI	128	PLMN + TAC (LTE)
ECGI	129	PLMN + ECI (LTE)
TAI و ECGI	130	PLMN + TAC + PLMN + ECI (LTE، مفضل)

تدفق الرسالة



> إذا انتهى وقت GTP-C. لا يمنع استجابة تعديل الناقل PCRF **الصلابة:** الإبلاغ عن التغيير إلى SGW-C — بتسجيله وما زال يجيب على PGW-C خطأ، يقوم PCRF أو أعاد CCR-Update مسار بيانات المشترك لا يتوقف بسبب فشل الإبلاغ عن السياسة.

فحص المشغلات المسلحة عبر API

تقوم واجهة API للجلسات (`GET /api/sessions` و `GET /api/sessions/:imsi`) بإرجاع تفريغ كامل، آمن بتنسيق JSON للجلسة تحت مفتاح `state`، بالإضافة إلى الحقول الرئيسية المرئية في PCRF المسلحة بواسطة Event-Triggers المنسقة. تكون `state.gx.requested_event_triggers`، جنباً إلى جنب مع بقية حالة جلسة Gx الحالية. هذا `state.uli` و(المضيف/المجال الوجهة، `cc_request_number`، `session_id`) يجعل من الممكن تأكيد من أدوات العمليات ما إذا كان المشترك مشتركاً فعلياً في تقرير الموقع.

تجاوز المشغلات المسلحة عبر API

يمكن أيضاً تغيير المجموعة المسلحة مباشرةً على جلسة حية باستخدام **`PATCH /api/sessions/:imsi`** (مفيد لاختبار الميزة بدون PCRF، إيقاف/أو لفرض الإبلاغ على). يكون

الجسم **مدمجاً بعمق في حالة الجلسة**، لذا فإن المسار يعكس الهيكل الذي تم إرجاعه بواسطة `GET` — تعيش المشغلات المسلحة تحت `gx`:

```
PATCH /api/sessions/310260000000001
Content-Type: application/json

{ "gx": { "requested_event_triggers": [13, 26, 27] } }
```

- القيمة هي قائمة من رموز Gx Event-Trigger المسلحة؛ تحل محل المجموعة (تُترك دون تغيير بواسطة الدمج `gx` الحقول الأخرى في).
- قائمة فارغة (`[]`) تلغي جميع تقارير الموقع للجلسة.
- تعكس الاستجابة حالة الجلسة المحدثة والمطهرة.

تحتوي هذه النقطة على **لا حواجز**: يتم دمج الجسم بعمق في الجلسة الحية، لذا يمكن تغيير *أي* حقل — بما في ذلك إلى قيمة تعطل الجلسة. يتم تمرير التغييرات التي لها آثار سفلية إلى UPF. يؤدي تحديث QoS أو APN-AMBR إلى إعادة حساب QER الناقل الافتراضي إلى QER الناقل الافتراضي ويدفعه كـ Update QER في تعديل جلسة PFCP:

```
PATCH /api/sessions/310260000000001
Content-Type: application/json

{ "ambr": { "uplink": 200000, "downlink": 200000 } }
```

```
PATCH /api/sessions/310260000000001
Content-Type: application/json

{ "default_bearer_qos": { "qci": 5, "mbr_ul": 300000, "mbr_dl":
250000 } }
```

عندما يوفر `default_bearer_qos` MBR/GBR صريح (ناقلات GBR) فإنها تقود حدود معدل QER للناقل الافتراضي؛ بخلاف ذلك، يتم استخدام APN-AMBR كمعدل MBR.

> ملاحظة: تجاوز المشغلات المسلحة يغير الرؤية المحلية لـ PGW-C لما قام PCRF بتسليحه. لا يزال بإمكان PCRF إعادة تسليح المجموعة لاحقاً عبر RAR، أو CCA، مما سيعيد كتابة تجاوز يدوي.

التكوين

تكوين Gx الأساسي

قم بتحرير `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    # عنوان IP للاستماع إلى اتصالات Diameter
    listen_ip: "0.0.0.0",

    # هوية Diameter لـ PGW-C (Origin-Host)
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # مجال Diameter لـ PGW-C (Origin-Realm)
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # قائمة أقران PCRF
    peer_list: [
      %{
        # هوية Diameter لـ PCRF
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

        # مجال PCRF (عادة ما يكون نفس مجال PGW-C)
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

        # عنوا IP لـ PCRF
        ip: "10.0.0.30",

        # ما إذا كان PGW-C يبدأ الاتصال بـ PCRF
        # true = PGW-C يتصل بـ PCRF
        # false = الانتظار حتى يتصل PCRF
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

أقران PCRF متعددة

للتكرار أو التوزيع الجغرافي:

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf-primary.example.com",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.1.30",
        initiate_connection: true
      },
      %{
        host: "pcrf-backup.example.com",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.2.30",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

توازن الحمل:

- يتعامل بروتوكول Diameter مع اختيار الأقران
- يتم توزيع الطلبات بناءً على التوفر
- الفشل التلقائي عند فشل القرين

حل اسم المضيف

أسماء نطاق مؤهلة بالكامل Diameter يجب أن تكون هويات (FQDN):

```
# تنسيق - صحيح FQDN
host: "pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"

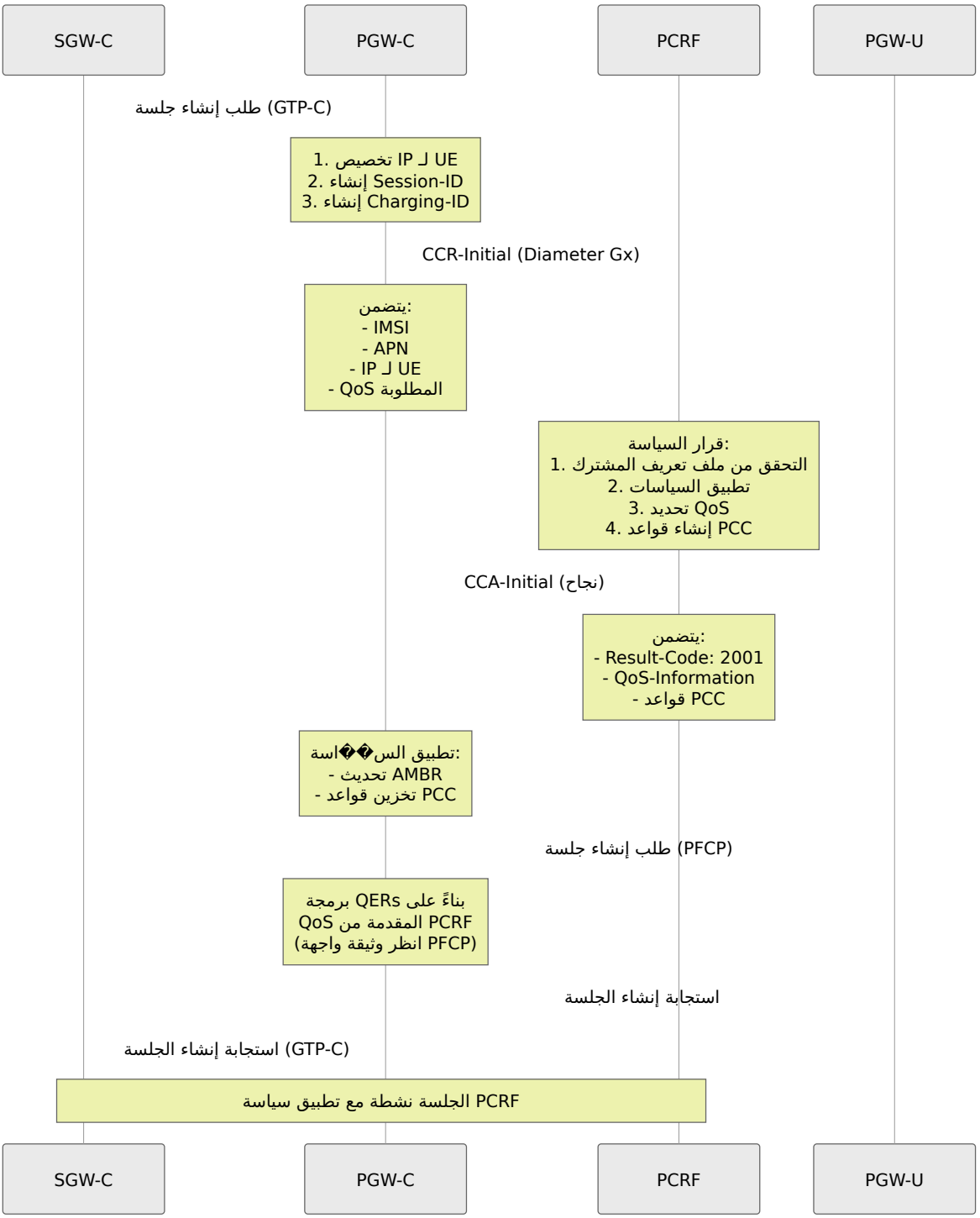
# ليس هوية - غير صحيح Diameter صالحة
host: "pgw_c"
host: "10.0.0.20"  # عناوين IP غير مسموح بها
```

تنسيق المجال:

- يجب أن يكون اسم نطاق صالح
- يتطابق عادةً مع تنسيق PLMN 3 لـGPP: `epc.mncXXX.mccYYY.3gppnetwork.org`

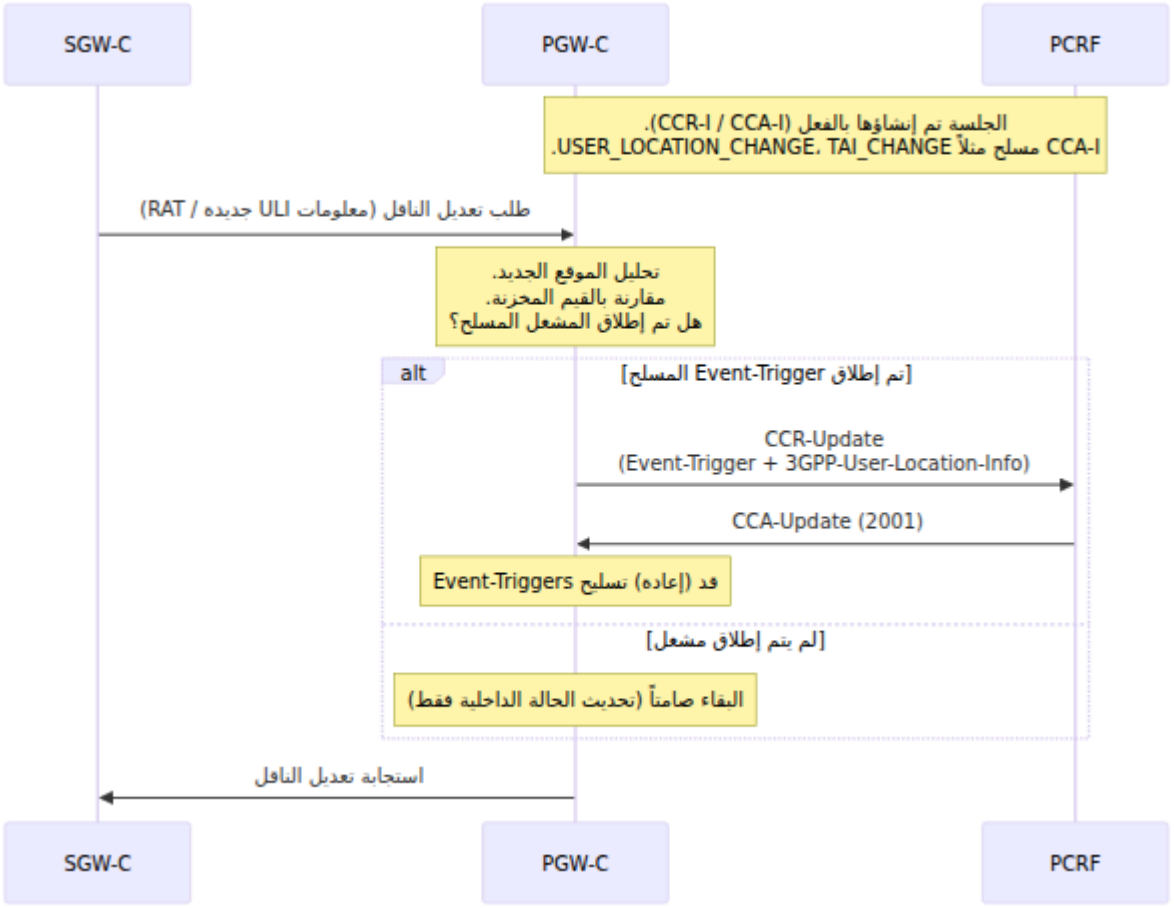
تدفقات الرسائل

إنشاء جلسة ناجحة

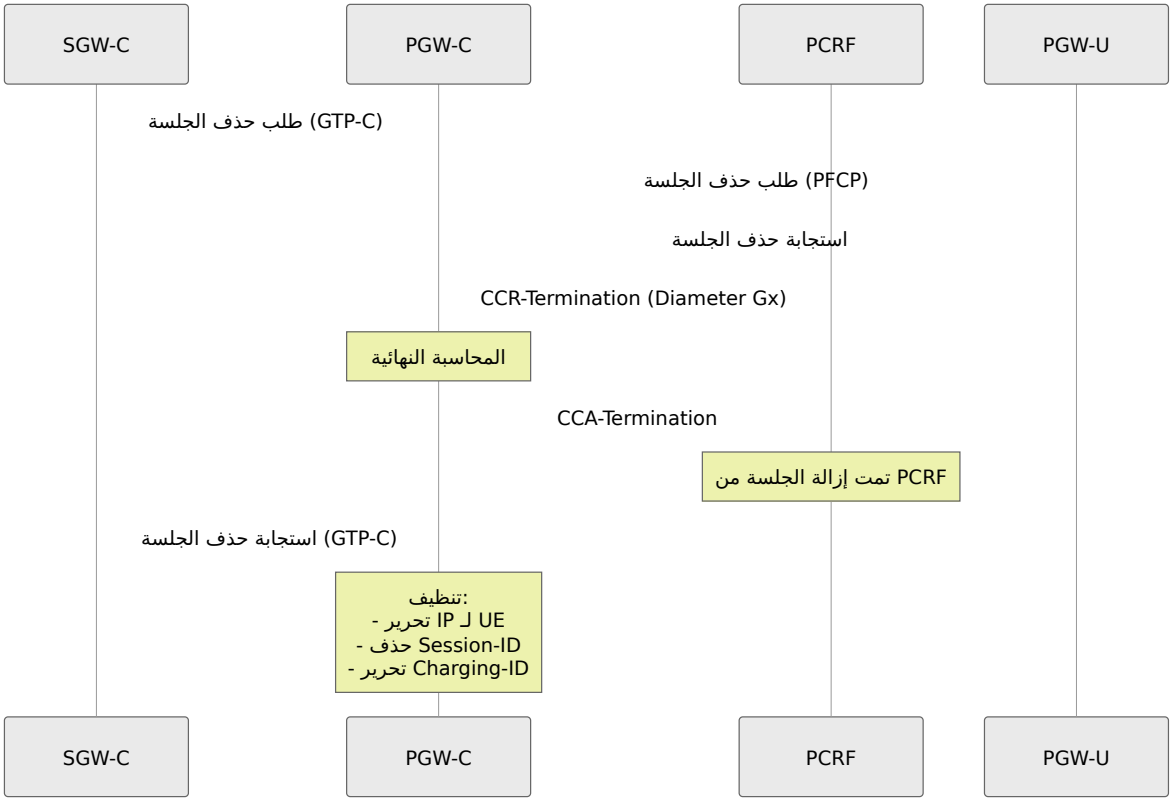


ملاحظة: يتم ترجمة معلمات QoS من PCRF إلى QERs (قواعد تنفيذ QoS) ويتم برمجتها في PGW-U عبر PFCP. انظر واجهة PFCP لتفاصيل QER.

تحديث السياسة (مبادرة الشبكة)



إنهاء الجلسة



معالجة الأخطاء

رموز النتائج

يتعامل PGW-C مع رموز النتائج المختلفة في رسائل CCA:

رموز النجاح:

الرمز	الاسم	الإجراء
2001	DIAMETER_SUCCESS	متابعة إنشاء الجلسة

الفشل الدائم (5xxx):

الرمز	الاسم	إجراء PGW-C
5002	DIAMETER_UNKNOWN_SESSION_ID	تسجيل الخطأ، فشل الجلسة
5030	DIAMETER_USER_UNKNOWN	رفض الجلسة (المستخدم غير معروف)
5140	DIAMETER_ERROR_INITIAL_PARAMETERS	تسجيل الخطأ، إعادة المحاولة أو الفشل
5003	DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED	رفض الجلسة (غير مصرح)

الفشل المؤقت (4xxx):

الرمز	الاسم	إجراء PGW-C
4001	DIAMETER_AUTHENTICATION_REJECTED	إعادة المحاولة أو فشل الجلسة
4010	DIAMETER_TOO_BUSY	إعادة المحاولة مع التراجع
4012	DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY	تسجيل الخطأ، قد تعيد المحاولة

رموز النتائج التجريبية

رموز الأخطاء المحددة من قبل البائع:

```
Experimental-Result (Grouped)
├── Vendor-Id: 10415 (3GPP)
└── Experimental-Result-Code: <رمز محدد من قبل البائع>
```

رموز 3GPP التجريبية الشائعة:

الرمز	الاسم	المعنى
5065	IP_CAN_SESSION_NOT_AVAILABLE	إنشاء جلسة PCRF ا يمكن لـ��
5143	INVALID_SERVICE_INFORMATION	بيانات الخدمة غير صالحة

معالجة المهلات

مهلة CCR-I:

إذا لم يستجب PCRF لـ CCR-Initial خلال المهلة:

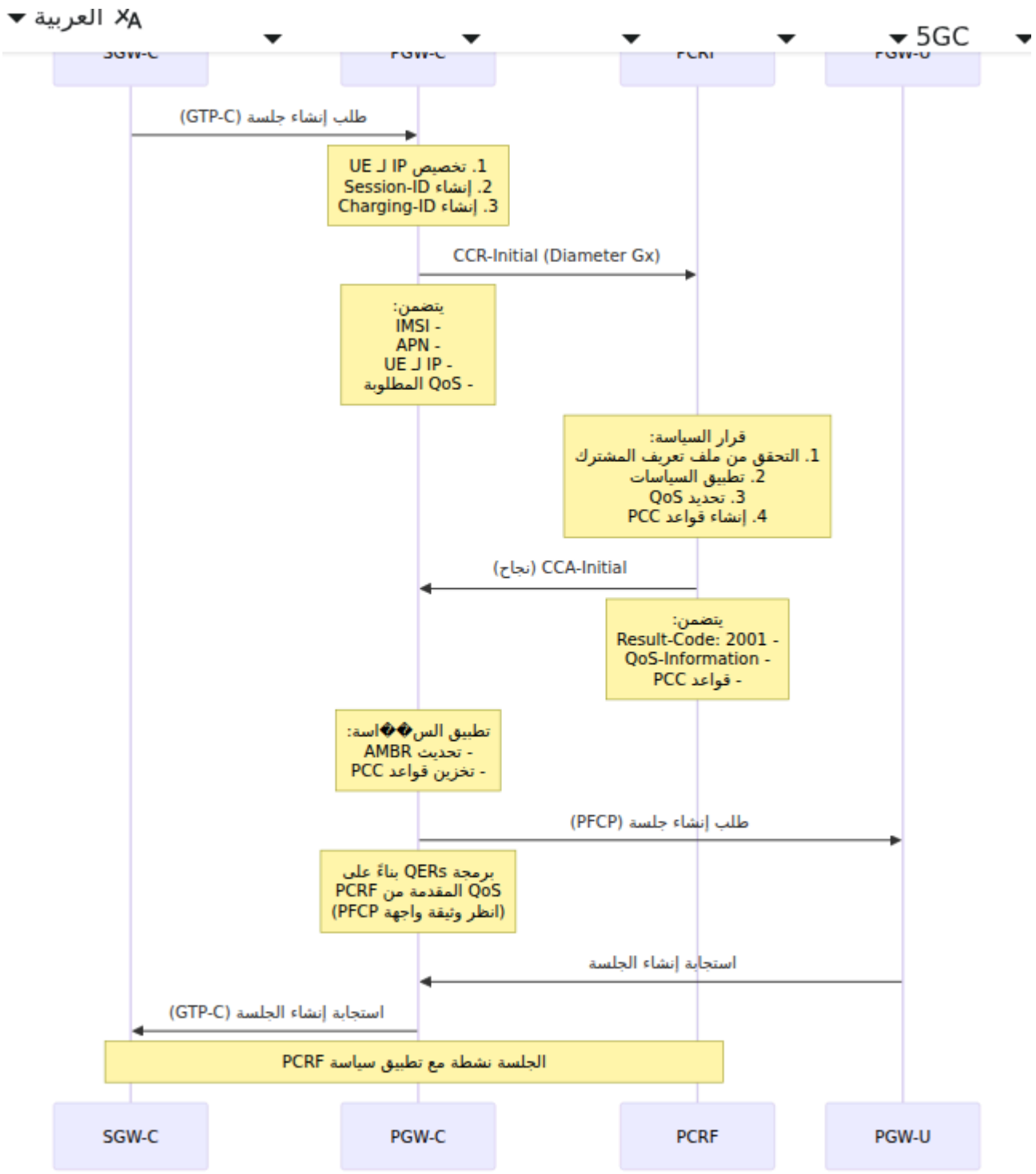
```
1. ينتظر PGW-C (مثل 5 ثواني) المهلة المكونة
2. إذا لم يتم تلقي CCA:
   - تسجيل: "مهلة CCR-Initial لجلسة-ID: ..."
   - الرد على SGW-C بسبب الخطأ
   - تنظيف الموارد المخصصة
3. يتلقى SGW-C: (السبب: لم يستجب نظير بعيد) استجابة إنشاء الجلسة
```

استجابة الخطأ لـ SGW-C:

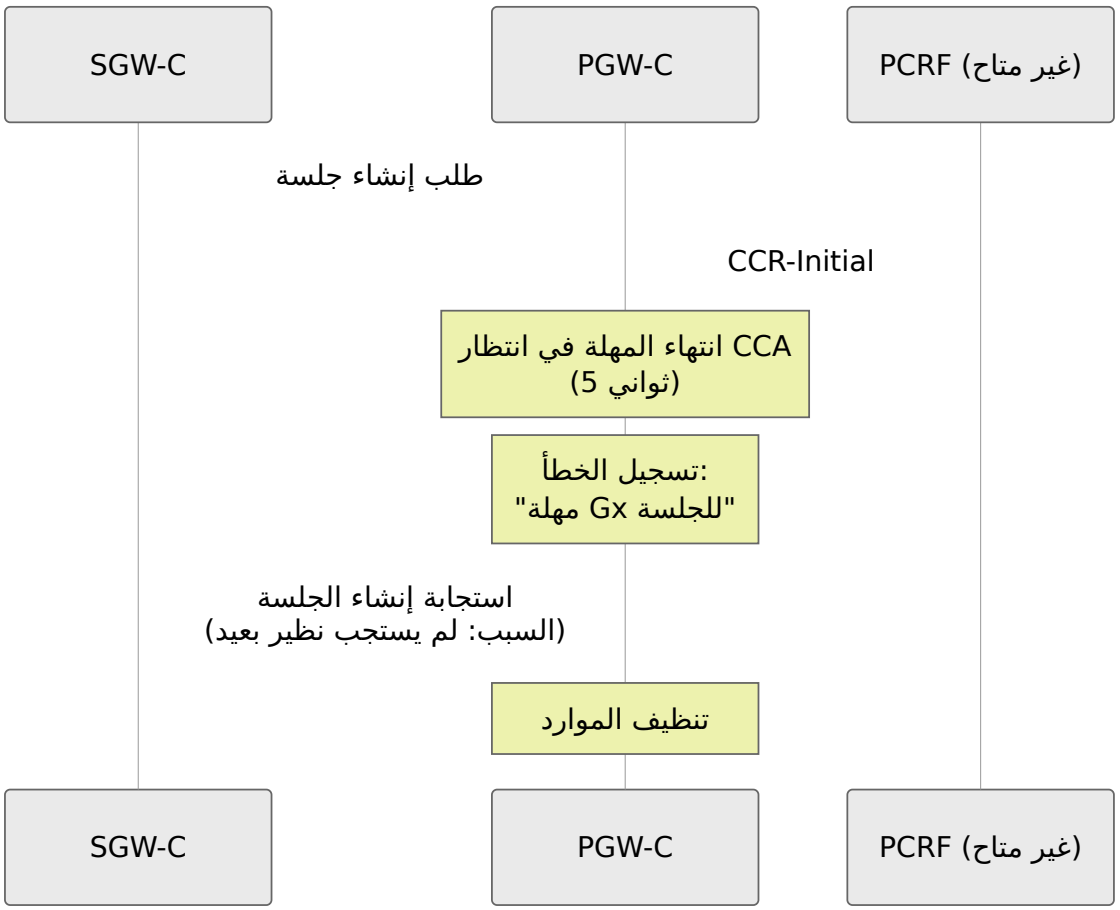
عندما تنتهي مهلة CCR-Initial، يرسل PGW-C استجابة إنشاء جلسة مع رمز السبب `:remote_peer_not_responding` إلى SGW-C.

سيناريوهات الفشل

السيناريو 1: يرفض PCRF (المستخدم غير معروف) الجلسة



السيناريو 2: PCRF غير متاح مؤقتاً



استكشاف الأخطاء وإصلاحها

المشكلات الشائعة

1. فشل اتصال نظير Diameter

الأعراض:

- تسجيل: "نظير Diameter غير متصل"
- لم يتم إرسال CCR-Initial

الأسباب المحتملة:

- PCRF غير قابل للوصول
- عنوان IP غير صحيح لـ PCRF في التكوين
- جدار ناري يحظر منفذ Diameter (3868)

- هويات Diameter غير صحيحة (host/realm)

الحل:

```
# اختبار الاتصال الشبكي
ping <pcrf_ip>

# اختبار منفذ Diameter (TCP 3868)
telnet <pcrf_ip> 3868

# التحقق من تكوين هوية Diameter
# تأكد من أن host و realm هما FQDNs، وليس IPs
```

تحقق من التكوين:

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    # يجب أن تكون FQDN، وليس IP
    host: "pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.30"
      }
    ]
  }
```

2. انتهاء مهلة CCR-Initial

الأعراض:

- فشل طلب إنشاء الجلسة
- تسجيل: "مهلة CCR-Initial"

الأسباب المحتملة:

- محمل PCRF
- تأخير الشبكة

- PCRF لا يستجيب لهذا Session-ID

الحل:

1. بحثاً عن الأخطاء PCRF تحقق من سجلات
2. يعالج الطلبات PCRF تحقق من أن
3. تحقق من تأخير الشبكة: `ping <pcrf_ip>`
4. زيادة المهلة إذا كان تأخير الشبكة مرتفعاً

3. الجلسات المرفوضة بواسطة PCRF

الأعراض:

- CCA-Initial مع Result-Code != 2001
- فشل استجابة إنشاء الجلسة

رموز النتائج الشائعة:

رمز النتيجة	السبب المحتمل	الحل
5030	IMSI غير موجود في قاعدة بيانات المشتركين	توفير المشترك في HSS/SPR
5003	تم رفض التفويض	تحقق من أذونات المشترك
4010	PCRF مشغول جداً	إعادة المحاولة أو إضافة سعة PCRF

تحقق من السجلات:

```
# سجلات PGW-C تظهر:
[error] خطأ Diameter Gx: 5030 رمز النتيجة (DIAMETER_USER_UNKNOWN)
[error] IMSI 310260999999999 تم رفضه بواسطة PCRF
```

4. عدم تطبيق QoS

الأعراض:

- تم إنشاء الجلسة ولكن QoS خاطئ
- معدلات البيانات لا تتطابق مع القيم المتوقعة

خطوات التصحيح:

1. **تحقق من CCA-Initial:**
    - تحقق من وجود AVP `QoS-Information`
    - تحقق من قيم `APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL/DL`
2. **تحقق من إنشاء جلسة PFCP:**
    - تحقق من إنشاء QER بالقيم الصحيحة لـ MBR
    - تحقق من سجلات PGW-U لتثبيت QER
3. **تحقق من سياسة PCRF:**
    - تحقق من تكوين PCRF
    - تحقق من أن ملف تعريف المشترك يتضمن QoS الصحيح

5. مشكلات توجيه Diameter

الأعراض:

- رسائل Diameter لا تصل إلى PCRF
- تسجيل: "لا يوجد مسار إلى Destination-Realm"

السبب:

- عدم تطابق المجال بين التكوين والرسائل

الحل:

تأكد من الاتساق:

```
# يجب أن تتطابق جميعها
config :pgw_c,
  diameter: %{
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",  # مجال PGW-C
    peer_list: [
      %{
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"  # مجال PCRF
(عادة ما يكون نفس المجال)
      }
    ]
  }
```

في CCR-Initial:

```
Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
```

مراقبة صحة Gx

المقاييس الرئيسية:

```
# معدلات رسائل Gx
rate(gx_inbound_messages_total{message_type="gx_CCA"}[5m])
rate(gx_outbound_messages_total{message_type="gx_CCR"}[5m])

# معدلات أخطاء Gx
rate(gx_inbound_errors_total[5m])

# معدل نجاح استجابات Gx (مقياس جديد)
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="2xxx"}
[5m])) /
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# فشل استجابات Gx حسب مضيف PCRF
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}[5m])
by (diameter_host)

# عدد جلسات Gx
session_id_registry_count

# مدة معالجة الرسائل Gx
histogram_quantile(0.95,
rate(gx_inbound_handling_duration_bucket[5m]))
```

مقاييس الاستجابة حسب فئة رمز النتيجة:

يوفر مقياس `gx_outbound_responses_total` رؤية تفصيلية حول استجابات Diameter المرسلة إلى أقران PCRF، مصنفة حسب:

- **`message_type`**: نوع رسالة الاستجابة (`gx_RAA`, `gx_CCA`)
- **`result_code_class`**: فئة رمز النتيجة (`2xxx`, `3xxx`, `4xxx`, `5xxx`)
- **`diameter_host`**: نظير PCRF الذي يتلقى الاستجابة

أمثلة التنبيه:

```
# تنبيه على ارتفاع معدل أخطاء Gx
- alert: GxErrorRateHigh
  expr: rate(gx_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "تم الكشف عن ارتفاع معدل أخطاء Gx"

# تنبيه على ارتفاع معدل فشل استجابات Gx
- alert: GxResponseFailureRate
  expr: |

sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}
[5m])) /
    sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "ارتفاع معدل فشل استجابات Gx"
    description: "هي فشل Gx أكثر من 10% من استجابات"

# تنبيه على رفض الجلسات
- alert: GxSessionRejection
  expr: rate(gx_inbound_errors_total{result_code="5030"}[5m]) >
0.01
  for: 5m
  annotations:
    summary: "PCRF يرفض الجلسات (USER_UNKNOWN)"
```

تسجيل الأخطاء

قم بتمكين تسجيل Diameter التفصيلي:

```
# config/runtime.exs
config :logger, level: :debug

# أو في وقت التشغيل
iex> Logger.configure(level: :debug)
```

ابحث عن:

- `[debug] إرسال CCR-Initial لجلسة-ID: ...`

- `[debug] استلام CCA-Initial: 2001 رمز النتيجة`
- `[error] خطأ Diameter: ...`

مراقبة نظير Diameter

يتم مراقبة اتصال نظير Diameter Gx بـ PCRF من خلال **API OAM REST**. يتم تقديم API عبر `/api`. تتوفر وثائق API التفاعلية (Swagger UI) على `https://<host>:8443/api/docs` مع جميع المسارات تحت بادئة `https://<host>:8443` على HTTPS/TLS.

نقاط نهاية نظير Diameter

```
GET /api/diameter                    # جميع الأقران المكونة + الحالة الحية
GET /api/diameter?status=disconnected # تصفية حسب حالة الاتصال
GET /api/diameter/<origin-host>      # نظير واحد حسب Origin-Host
```

مثال:

```
curl -k https://localhost:8443/api/diameter
```

`GET /api/diameter` يعيد كل نظير Diameter مكون وحالته الحالية. أضف `?status=connected` أو `?status=disconnected` لتصفية حسب حالة الاتصال، أو أضف `GET /api/diameter/<origin-host>` لجلب نظير واحد.

لكل نظير، يتم إرجاع الحقول التالية:

الحقل	الوصف
`host`	هوية Diameter (Origin-Host) للنظير
`status`	حالة الاتصال (مثل متصل / غير متصل / جارٍ الاتصال)
`ip`	عنوان IP للنظير
`port`	منفذ النظير
`transport`	SCTP أو TCP
`connection_initiation`	ما إذا كان OmniPGW يبدأ (خارجي) أو يقبل (داخلي) الاتصال
`realm`	مجال Diameter المبلغ عنه من قبل النظير في CEA
`product_name`	سلسلة منتج البائع المبلغ عنها من قبل النظير في CEA
`application_ids`	معرفات تطبيق Diameter المتفاوض عليها في CEA (Gx = 16777238)

يظهر النشر الصحي جميع أقران PCRF المكونة على أنها **متصلة**. يمنع فقدان جميع أقران Gx تثبيت السياسة ويمنع إنشاء جلسات جديدة.

حالات الاستخدام التشغيلية

مراقبة اتصال PCRF:

```
curl -k https://localhost:8443/api/diameter
```

تحقق من أن جميع أقران PCRF، وأن `connection_initiation` تظهر `متصلة` يتطابق مع التكوين، وأن `application_ids` تشمل Gx (16777238).

مشكلات Gx) استكشاف فشل إنشاء الجلسة): عندما تفشل جلسات المستخدم مع أخطاء "مهلة PCRF"، استعلم عن النظير المتأثر:

```
curl -k https://localhost:8443/api/diameter/<origin-host>
```

- `status` هو `غير متصل` → تحقق من الاتصال الشبكي، تأكد من أن قيد PCRF التشغيل، وتأكد من أن قواعد جدار الحماية تسمح بـ TCP 3868.
- `status` هو `متصل` ولكن الجلسات لا تزال تفشل → المشكلة على مستوى التطبيق المشتركين PCRF (تحقق من السجلات)؛ قد يرفض.

التحقق من تكوين Diameter: بعد تكوين نظير جديد، تأكد من ظهوره والوصول إلى PCRF `متصل`:

```
curl -k https://localhost:8443/api/diameter/<origin-host>
```

تحقق من أن `realm` يتطابق مع التكوين، وأن `application_ids` تشمل Gx، وأن `product_name` يظهر معرف PCRF المتوقع.

مراقبة الفشل: عندما يفشل PCRF الأساسي، يتم إدراج `GET /api/diameter?status=disconnected` الاحتياطي `متصل`. تستخدم الجلسات PCRF كـ `غير متصل` بينما يبقى `متصل` الجديدة تلقائياً الاحتياطي؛ عندما يتعافى الأساسي، تعود حالته إلى.

الكشف عن مشكلات توجيه Diameter:

- يظهر النظير `متصل` ولكن `realm` خاطئ
- لا تشمل `application_ids` Gx (16777238)
- لا يتطابق `product_name` مع PCRF المتوقع

تحديد عدم تطابق التكوين: إذا كان `connection_initiation` يبلغ عن بدء النظير بينما `initiate_connection: true`، فإن كلا الطرفين يحاولان البدء، مما قد يسبب يحدد التكوين حالات سباق الاتصال.

التكامل مع المقاييس

يوفر API OAM حالة النظير في الوقت الحقيقي؛ اجمعها مع Prometheus لـ:

- معدلات أخطاء Gx التاريخية
- عدد رسائل CCR/CCA
- اتجاهات التأخير

يجيب على "هل تعمل بشكل صحيح الآن؟"; المقاييس تجيب على "كيف كانت تعمل على مر الزمن؟" `GET /api/diameter`

الوثائق ذات الصلة

التكوين والسياسة

- **دليل التكوين** - تكوين Diameter، إعداد نظير PCRF
- **واجهة PFCP** - تنفيذ QoS عبر QERs من قواعد PCC
- **إدارة الجلسة** - دورة حياة الجلسة مع تكامل السياسة
- **QoS** تكوين - **وإدارة الناقلات** QoS التفصيلي وإعداد الناقل

تكامل الفوترة

- **واجهة Diameter Gy** - الفوترة عبر الإنترنت التي يتم تشغيلها بواسطة قواعد PCC
- **البيانات** - سجلات الفوترة غير المتصلة مع معلومات السياسة **تنسيق CDR**
- **تكوين PCO** - تسليم P-CSCF للتحكم في سياسة IMS

العمليات

- **دليل المراقبة** - مقاييس Gx، تنبيهات اتصال، تتبع السياسة PCRF
- **واجهة S5/S8** - تكامل إدارة الناقل مع السياسة

العودة إلى دليل العمليات

الشحن عبر الإنترنت بقطر (واجهة Gy/Ro)

واجهة نظام الشحن عبر الإنترنت (OCS)

جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. معمارية الشحن 3GPP
3. أساسيات واجهة Gy/Ro
4. رسائل التحكم في الائتمان
5. تدفقات الشحن عبر الإنترنت
6. التحكم في شحن الحامل
7. التحكم في ائتمان الخدمات المتعددة
8. التكوين
9. تدفقات الرسائل
10. معالجة الأخطاء
11. التكامل مع Gx
12. استكشاف الأخطاء وإصلاحها

نظرة عامة

الشحن بنظام PGW-C (IMS في سياقات **Ro** المعروفة أيضًا باسم **واجهة**) **Gy** تربط **واجهة الشحن عبر الإنترنت (OCS)** للتحكم في الائتمان في الوقت الحقيقي. وهذا يمكّن:

- **الشحن المدفوع مسبقًا** - تفويض الائتمان وخصمه في الوقت الحقيقي
- **التحكم في الائتمان في الوقت الحقيقي** - منح الحصة قبل تقديم الخدمة
- **الشحن القائم على الخدمة** - شحن مختلف للصوت والبيانات والرسائل القصيرة، إلخ.

- **تحديثات الحساب الفورية** - تحديثات رصيد الائتمان في الوقت الحقيقي
- **رفض الخدمة** - حظر الخدمة عند نفاد الائتمان

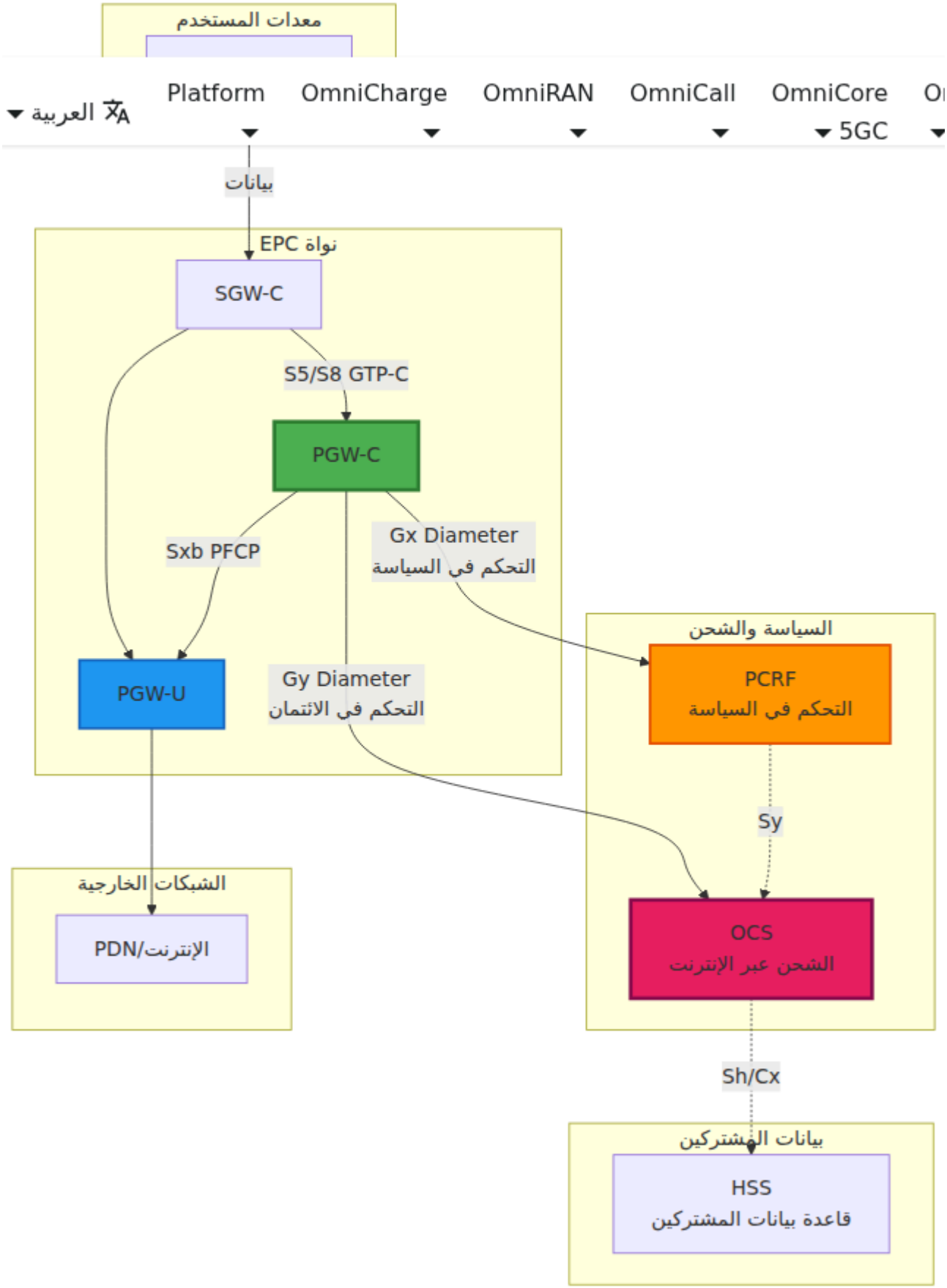
الشحن عبر الإنترنت مقابل الشحن غير المتصل

الجانب	الشحن عبر الإنترنت (Gy/Ro)	الشحن غير المتصل (Gz/Rf)
التوقيت	في الوقت الحقيقي، قبل الخدمة	بعد تقديم الخدمة
حالة الاستخدام	المشتركين المدفوعين مسبقًا	المشتركين المدفوعين لاحقًا
التحقق من الائتمان	نعم، قبل منح الخدمة	لا، يتم إصدار الفاتورة لاحقًا
النظام	OCS (نظام الشحن عبر الإنترنت)	CGF/CDF (وظيفة بيانات الشحن)
المخاطر	لا خسارة في الإيرادات	خطر الفواتير غير المدفوعة
التعقيد	مرتفع (متطلبات الوقت الحقيقي)	أقل (معالجة دفعات)
أثر المستخدم	يتم رفض الخدمة إذا لم يكن هناك ائتمان	الخدمة متاحة دائمًا

انظر أيضًا: تنسيق CDR للبيانات لسجلات الشحن غير المتصلة (الفوترة المدفوعة لاحقًا)

انظر أيضًا: إدارة الجلسات لدورة حياة جلسة كاملة بما في ذلك تكامل الشحن PDN

في معمارية الشبكة Gy



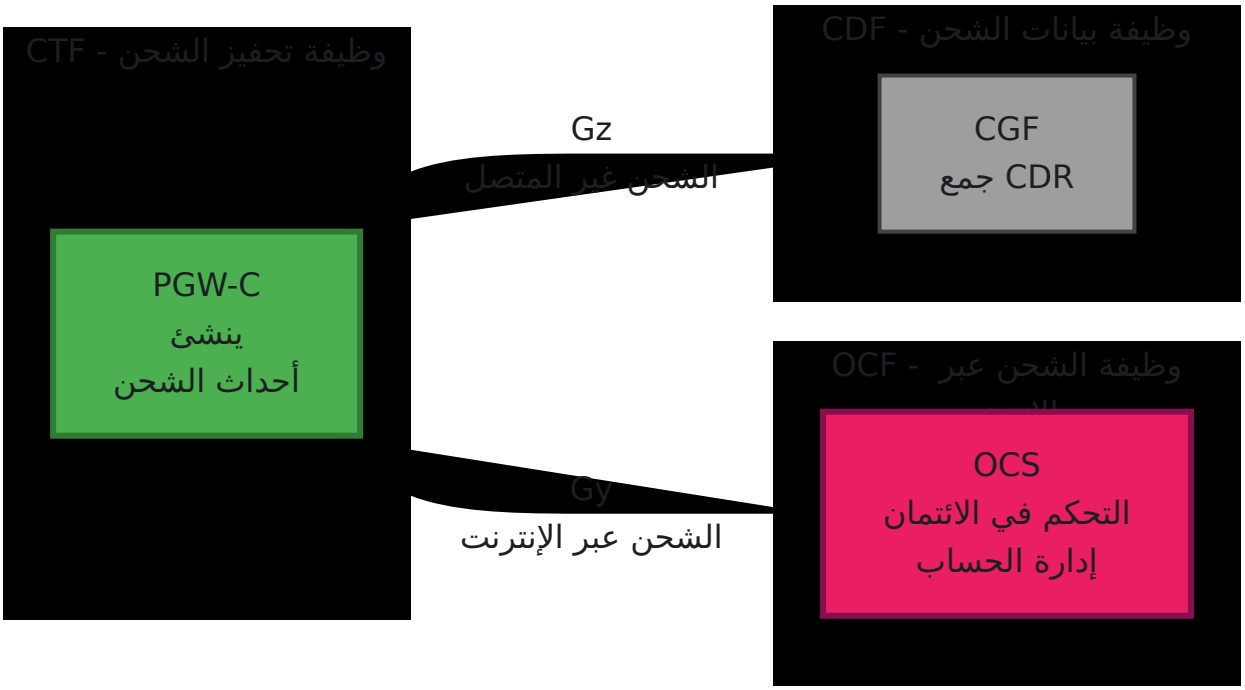
الوظائف الرئيسية

الوظيفة	الوصف
تفويض الائتمان	قبل السماح بحركة المرور OCS طلب حصة من
إدارة الحصة	تتبع الوحدات الممنوحة (بايت، وقت، أحداث)
كشف استنفاد الائتمان	مراقبة الحصة المتبقية
إعادة التفويض	طلب حصة إضافية عند الوصول إلى العتبة
إنهاء الخدمة	إيقاف الخدمة عند نفاد الائتمان
التسوية النهائية	الإبلاغ عن الاستخدام الفعلي عند انتهاء الجلسة

---

3 معمارية الشحنGPP

نقاط مرجعية للشحن



وظيفة تحفيز الشحن (CTF)

يعمل PGW-C كـ **CTF (وظيفة تحفيز الشحن)**، المسؤولة عن:

1. **كشف الأحداث القابلة للشحن** - بدء الجلسة، استخدام البيانات، انتهاء الجلسة
2. **طلب تفويض الائتمان** - قبل السماح بالخدمة
3. **تتبع استهلاك الحصة** - مراقبة الوحدات الممنوحة
4. **إنشاء أحداث الشحن** - تحفيز طلبات الائتمان
5. **فرض التحكم في الائتمان** - حظر حركة المرور عند استنفاد الحصة

وظيفة الشحن عبر الإنترنت (OCF)

تنفذ OCS **OCF (وظيفة الشحن عبر الإنترنت)**:

1. **إدارة رصيد الحساب** - تتبع ائتمان المشترك
2. **التسعير** - تحديد السعر لكل وحدة (لكل ميغابايت، لكل ثانية، إلخ.)
3. **حجز الائتمان** - حجز الائتمان للحصة الممنوحة
4. **خصم الائتمان** - الخصم عند الإبلاغ عن الاستخدام
5. **قرارات السياسة** - منح أو رفض بناءً على الرصيد

أساسيات واجهة Gy/Ro

مرجع 3GPP

- **المواصفة:** 3GPP TS 32.299 (معمارية الشحن)
- **البروتوكول:** 3GPP TS 32.251 (شحن مجال PS)
- **معرف تطبيق Diameter:** 4 (Gy/Ro - تطبيق التحكم في الائتمان)
- **البروتوكول الأساسي:** RFC 4006 (تطبيق التحكم في الائتمان Diameter)

مفهوم الجلسة

يتطلب الشحن عبر الإنترنت لديه **جلسة** UE لجهاز PDN كل اتصال يتم تحديدها بواسطة **Gy/Ro** **Session-ID**. هذه الجلسة:

- تم إنشاؤها عندما يتطلب الحامل الشحن عبر الإنترنت (CCR-Initial)
- تم تحديثها عندما يتم استهلاك الحصة (CCR-Update)
- تم إنهاؤها عندما تنتهي الجلسة (CCR-Termination)

تنسيق معرف الجلسة

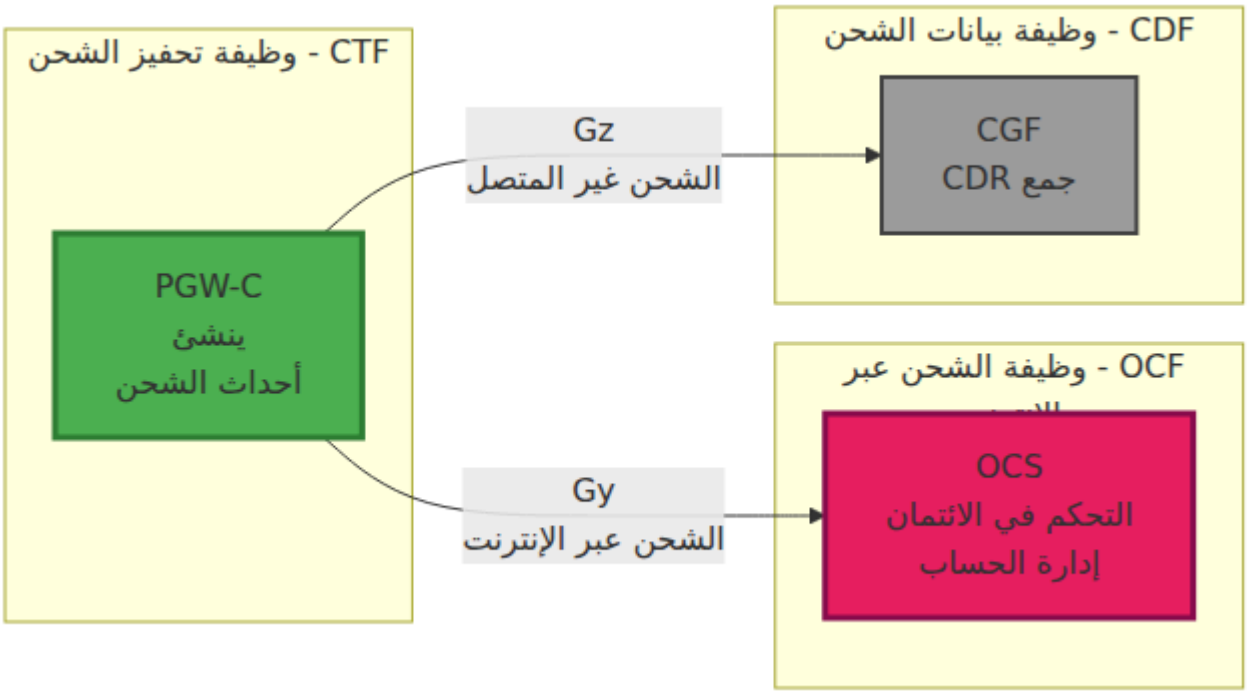
```
Session-ID: <Origin-Host>;<high32>;<low32>[;<optional>]
مثال: omni-
pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org;9876543210;12345;gy
```

المكونات:

- **Origin-Host:** هوية Diameter لـ PGW-C
- **high32:** أعلى 32 بت من المعرف الفريد
- **low32:** أدنى 32 بت من المعرف الفريد
- **optional:** معرف إضافي (مثل "gy" للتمييز عن Gx)

رسائل التحكم في الائتمان

أنواع الرسائل



CCR-Initial (طلب التحكم في الائتمان - أولي)

يقوم **عندما:** UE بإنشاء اتصال PDN ويتطلب الحامل الشحن عبر الإنترنت

الغرض:

- طلب تفويض الائتمان الأولي من OCS
- حجز الحصة لتقديم الخدمة
- إنشاء جلسة Gy/Ro

المفاتيح AVPs المرسلة بواسطة PGW-C:

اسم AVP	رمز AVP	النوع	الوصف
Session-Id	263	UTF8String	معرف جلسة Gy الفريد
Auth-Application-Id	258	Unsigned32	4 (التحكم في الائتمان)
Origin-Host	264	DiamIdent	هوية Diameter لـ PGW-C
Origin-Realm	296	DiamIdent	مجال Diameter لـ PGW-C
Destination-Realm	283	DiamIdent	مجال OCS
CC-Request-Type	416	Enumerated	1 = INITIAL_REQUEST
CC-Request-Number	415	Unsigned32	رقم التسلسل (يبدأ من 0)
Subscription-Id	443	Grouped	معرف UE (IMSI/MSISDN)
Service-Context-Id	461	UTF8String	معرف سياق الشحن
Multiple-Services-Credit-Control	456	Grouped	طلبات ائتمان محددة للخدمة
Requested-Service-Unit	437	Grouped	لحصة المطلوبة (بايت،�� وقت، إلخ.)
Used-Service-Unit	446	Grouped	الحصة المستخدمة (0 للأولي)
Service-Identifier	439	Unsigned32	معرف نوع الخدمة
Rating-Group	432	Unsigned32	معرف فئة الشحن

مثال على هيكل CCR-I:

```
CCR (رمز الأمر: 272، طلب)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Auth-Application-Id: 4
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
├── Subscription-Id (Grouped)
│   ├── Subscription-Id-Type: END_USER_IMSI (1)
│   └── Subscription-Id-Data: "310260123456789"
├── Subscription-Id (Grouped)
│   ├── Subscription-Id-Type: END_USER_E164 (0)
│   └── Subscription-Id-Data: "15551234567"
├── Service-Context-Id: "32251@3gpp.org"
├── Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
│   ├── Service-Identifier: 1
│   ├── Rating-Group: 100
│   └── Requested-Service-Unit (Grouped)
│       └── CC-Total-Octets: 10000000 (طلب 10 ميغا بايت)
└── Used-Service-Unit (Grouped)
    └── CC-Total-Octets: 0 (لا استخدام بعد)
```

CCA-Initial (إجابة التحكم في الائتمان - أولية)

مرسلة بواسطة: OCS ردًا على CCR-I

الغرض:

- منح أو رفض تفويض الائتمان
- توفير الحصة لتقديم الخدمة
- تحديد معايير التسعير والشحن

المفاتيح AVPs المستلمة بواسطة PGW-C:

اسم AVP	رمز AVP	الوصف
Result-Code	268	النجاح (2001) أو رمز خطأ
Multiple-Services-Credit-Control	456	منح ائتمان محدد للخدمة
Granted-Service-Unit	431	الحصة الممنوحة (بايت، وقت، إلخ.)
Validity-Time	448	فترة صلاحية الحصة (ثواني)
Result-Code	268	رمز نتيجة الخدمة
Final-Unit-Indication	430	الإجراء عند استنفاد الحصة
Volume-Quota-Threshold	-	العتبة لإعادة التفويض

مثال على استجابة النجاح:

```
CCA (رمز الأمر: 272، إجابة)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├── Origin-Host: "ocs.example.com"
├── Origin-Realm: "example.com"
├── Auth-Application-Id: 4
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
└── Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
    ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    ├── Service-Identifier: 1
    ├── Rating-Group: 100
    ├── Granted-Service-Unit (Grouped)
    │   └── CC-Total-Octets: 10000000 (تم منح 10 ميغابايت)
    ├── Validity-Time: 3600 (الحصة صالحة لمدة ساعة واحدة)
    └── Volume-Quota-Threshold: 8000000 (إعادة التفويض عند استخدام
80 ميغابايت، 8%)
```

CCR-Update (طلب التحكم في الائتمان - تحديث)

عندما:

- تم الوصول إلى عتبة الحصة الممنوحة (مثل 80% مستهلكة)
- تنتهي فترة الصلاحية
- يتطلب تغيير الخدمة إعادة التفويض
- تغيير وقت التعريفة

الغرض:

- طلب حصة إضافية
- الإبلاغ عن استخدام الحصة الممنوحة سابقًا
- تحديث معايير الشحن

الاختلافات الرئيسية عن CCR-I:

- `CC-Request-Type: UPDATE_REQUEST (2)`
- `CC-Request-Number` تم زيادته
- `Used-Service-Unit` يحتوي على الاستخدام الفعلي
- `Requested-Service-Unit` لمزيد من الحصة

مثال على هيكل CCR-U:

```
CCR (رمز الأمر: 272، طلب)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Auth-Application-Id: 4
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: UPDATE_REQUEST (2)
├── CC-Request-Number: 1
└── Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
    ├── Service-Identifier: 1
    ├── Rating-Group: 100
    ├── Used-Service-Unit (Grouped)
    │   └── CC-Total-Octets: 8000000 (8 ميغابايت مستخدمة حتى الآن)
    └── Requested-Service-Unit (Grouped)
        └── CC-Total-Octets: 10000000 (طلب 10 ميغابايت أخرى)
```

CCA-Update (إجابة التحكم في الائتمان - تحديث)

مرسلة بواسطة: OCS ردًا على CCR-U

الغرض:

- منح حصة إضافية (إذا كان الائتمان متاحًا)
- الاعتراف بالاستخدام
- تحديث معايير الشحن

النتائج المحتملة:

1. منح المزيد من الحصة:

```
CCA (تحديث)
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    ├── Granted-Service-Unit
    │   └── CC-Total-Octets: 10000000 (10 ميغابايت أخرى)
    └── Validity-Time: 3600
```

2. الحصة النهائية (استنفاد الائتمان):

```
CCA (تحديث)
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    ├── Granted-Service-Unit
    │   └── CC-Total-Octets: 1000000 (تبقى 1 ميغابايت فقط)
    └── Final-Unit-Indication
        └── Final-Unit-Action: TERMINATE (0)
```

3. لا ائتمان متاح:

```
CCA (تحديث)
├── Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)
    └── Final-Unit-Indication
        └── Final-Unit-Action: TERMINATE (0)
```

CCR-Termination (طلب التحكم في الائتمان - إنهاء)

عندما:

- يفصل UE
- يتم حذف اتصال PDN
- تنتهي الجلسة لأي سبب

الغرض:

- التقرير النهائي للاستخدام
- إغلاق جلسة Gy/Ro
- التسوية النهائية

الاختلافات الرئيسية:

- `CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)`
- `Used-Service-Unit` يحتوي على الاستخدام النهائي
- لا يوجد `Requested-Service-Unit` (لا حاجة لمزيد من الحصة)
- يتضمن `Termination-Cause`

مثال على هيكل CCR-T:

```
CCR (رمز الأمر: 272، طلب)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Auth-Application-Id: 4
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
├── CC-Request-Number: 5
├── Termination-Cause: DIAMETER_LOGOUT (1)
└── Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
    ├── Service-Identifier: 1
    ├── Rating-Group: 100
    └── Used-Service-Unit (Grouped)
        └── CC-Total-Octets: 18500000 (18.5 ميغا بايت إجمالي
الاستخدام)
```

CCA-Termination (إجابة التحكم في الائتمان - إنهاء)

مرسلة بواسطة: OCS ردًا على CCR-T

الغرض:

- الاعتراف بإنهاء الجلسة
- إكمال المحاسبة
- تحرير الائتمان المحجوز

مثال على CCA-T:

```
CCA (رمز الأمر: 272، إجابة)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├── Origin-Host: "ocs.example.com"
├── Origin-Realm: "example.com"
├── Auth-Application-Id: 4
├── CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
└── CC-Request-Number: 5
```

تدفقات الشحن عبر الإنترنت

أنواع وحدات الخدمة

يمكن لـ OCS منح الحصة بوحدات مختلفة:

حالة الاستخدام	الوصف	AVP	نوع الوحدة
المكالمات الصوتية، مدة الجلسة	ثواني	CC-Time	**الوقت**
خدمات البيانات	بايت (إجمالي صعودًا وهبوطًا)	CC-Total-Octets	**الحجم**
الشحن غير المتماثل	بايت (منفصل)	CC-Input-Octets, CC-Output-Octets	**الحجم (منفصل)**
SMS، MMS، مكالمات API	وحدات مخصصة	CC-Service-Specific-Units	**محدد الخدمة**
خدمات الدفع مقابل الاستخدام	الأحداث المحسوبة	-	**الأحداث**

إدارة عتبة الحصة

المشكلة: كيف يعرف PGW-C متى يطلب المزيد من الحصة؟

الحل: يوفر OCS **Time-Quota-Threshold** أو **Volume-Quota-Threshold**. PGW-C يراقب الاستخدام عبر تقارير جلسة PFCP من PGW-U (انظر واجهة PFCP).

مثال على التدفق:

```
1. يمنح OCS (8 ميغابايت) 80% مع عتبة 10 ميغابايت حصة
2. يراقب PGW-C الاستخدام عبر تقارير استخدام PGW-U (تقارير جلسة
PFCP)
3. عندما يصل الاستخدام إلى 8 ميغابايت:
   → يرسل PGW-C CCR-Update
   → يستمر في السماح بحركة المرور (لا تنتظر الرد)
4. يستجيب OCS بمزيد من الحصة
5. إذا تم استنفاد الحصة قبل إرسال CCR-Update:
   → يجب على PGW-C حظر حركة المرور
```

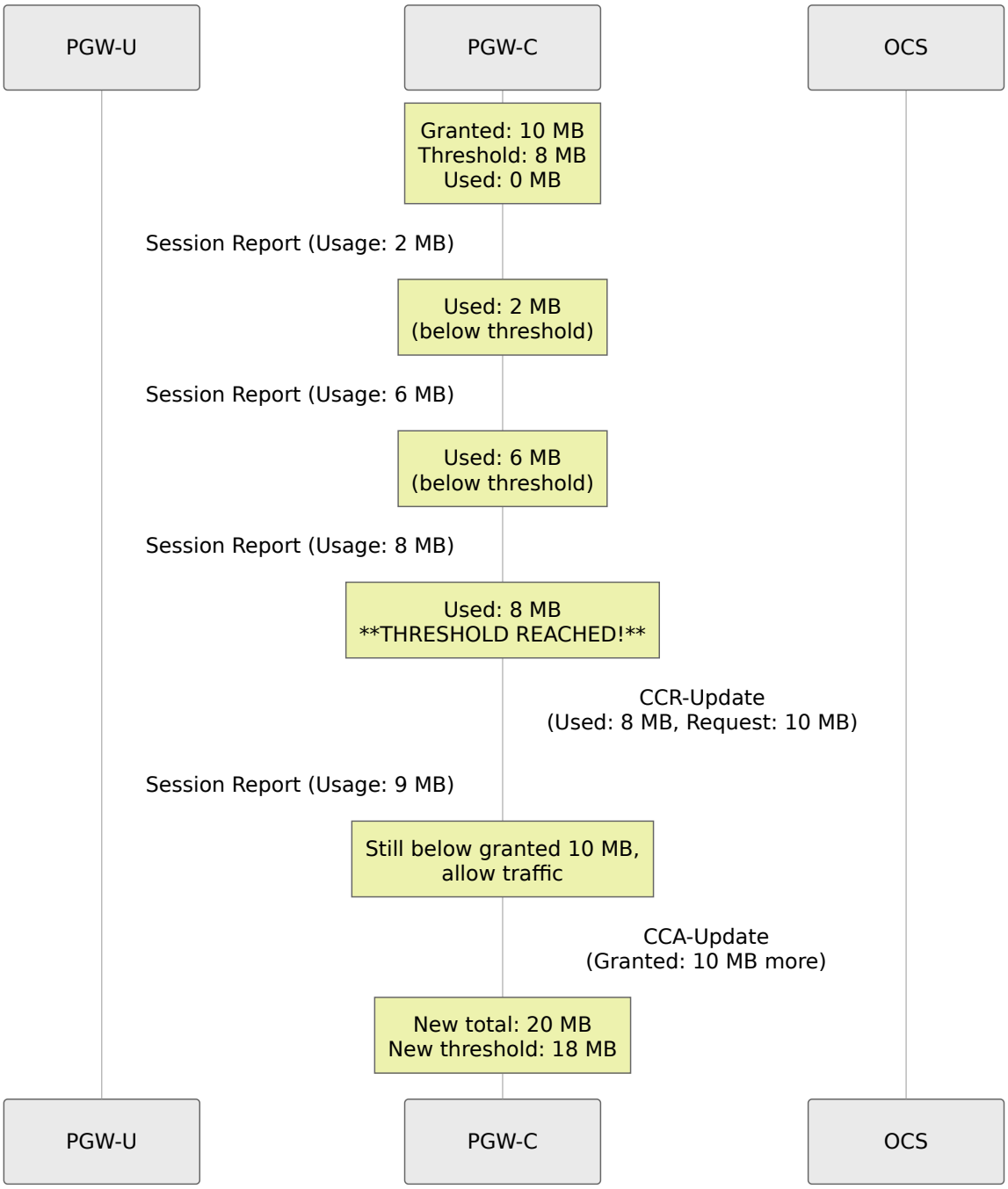
حساب العتبة:

```
Granted-Service-Unit: 10000000 (10 ميغابايت) بايت
Volume-Quota-Threshold: 8000000 (8 ميغابايت) بايت

عندما يتم استهلاك 8 ميغابايت → تحفيز CCR-Update
(OCS يسمح بالوقت لاستجابة) المخزون المتبقي: 2 ميغابايت
```

مراقبة PGW-C:

يراقب PGW-C الاستخدام عبر **تقارير جلسة** **PFCP** من PGW-U:



الإشارة إلى الوحدة النهائية

ماذا يحدث عندما يتم استنفاد الائتمان؟

يتضمن OCS **Final-Unit-Indication** AVP في CCA لتحديد الإجراء:

Final-Unit-Action	القيمة	سلوك PGW-C
TERMINATE	0	حظر جميع حركة المرور، بدء إنهاء الجلسة
REDIRECT	1	إعادة توجيه حركة المرور إلى البوابة (مثل صفحة الشحن)
RESTRICT_ACCESS	2	السماح بالوصول فقط إلى خدمات معينة (مثل خادم الشحن)

مثال: الوحدة النهائية مع إعادة التوجيه

```
CCA (تحديث)
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    ├── Granted-Service-Unit
    │   └── CC-Total-Octets: 1000000 (الأخيرة 1 ميغابايت)
    └── Final-Unit-Indication
        ├── Final-Unit-Action: REDIRECT (1)
        └── Redirect-Server (Grouped)
            ├── Redirect-Address-Type: URL (2)
            └── Redirect-Server-Address:
"http://topup.example.com"
```

إجراءات PGW-C:

1. **TERMINATE:** إرسال CCR-T، حذف الحامل
2. **REDIRECT:** تثبيت قاعدة PFCP لإعادة توجيه HTTP إلى عنوان الشحن
3. **RESTRICT_ACCESS:** تثبيت قواعد PFCP تسمح فقط بعناوين IP المدرجة في القائمة البيضاء

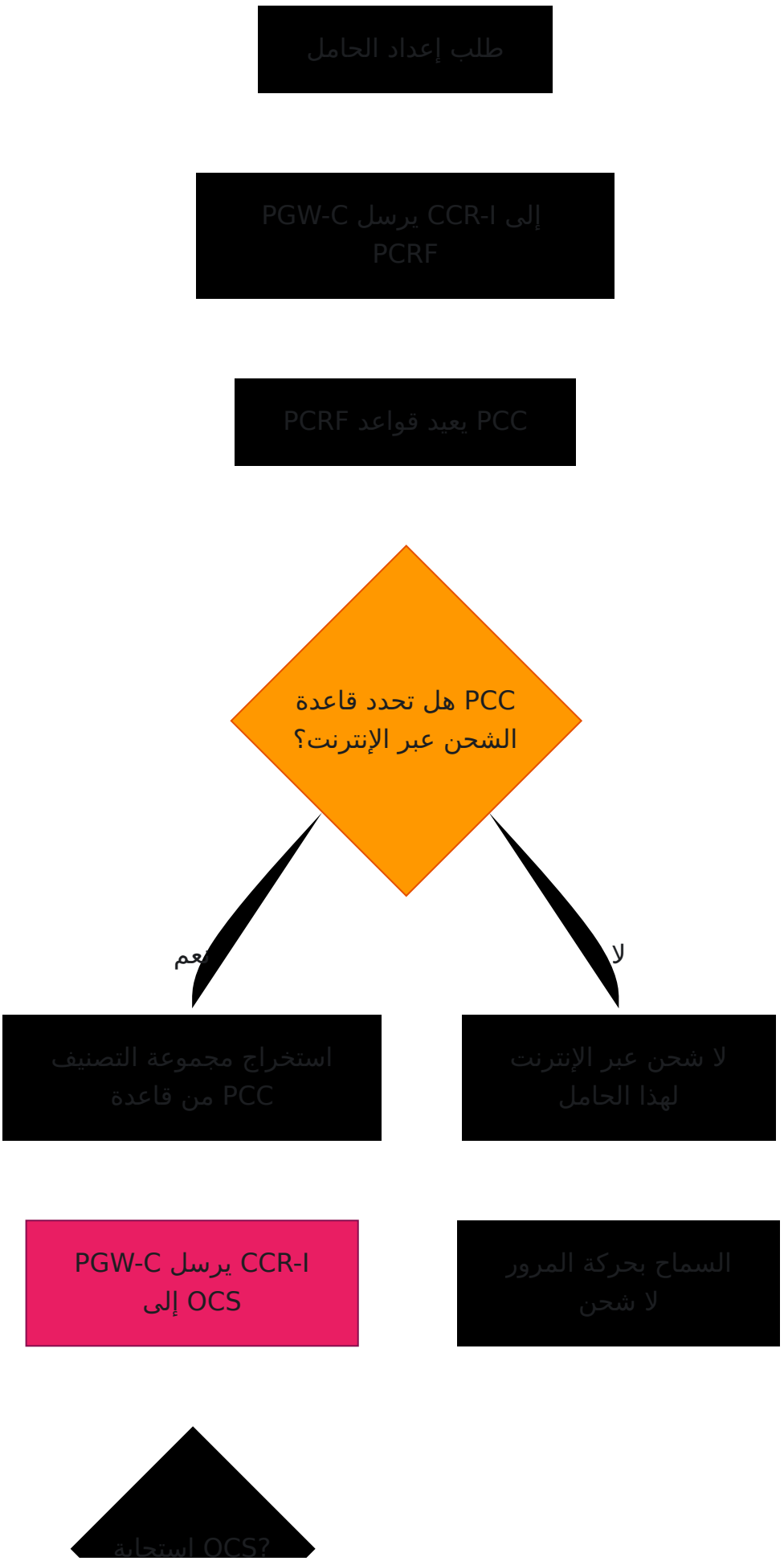
التحكم في شحن الحامل

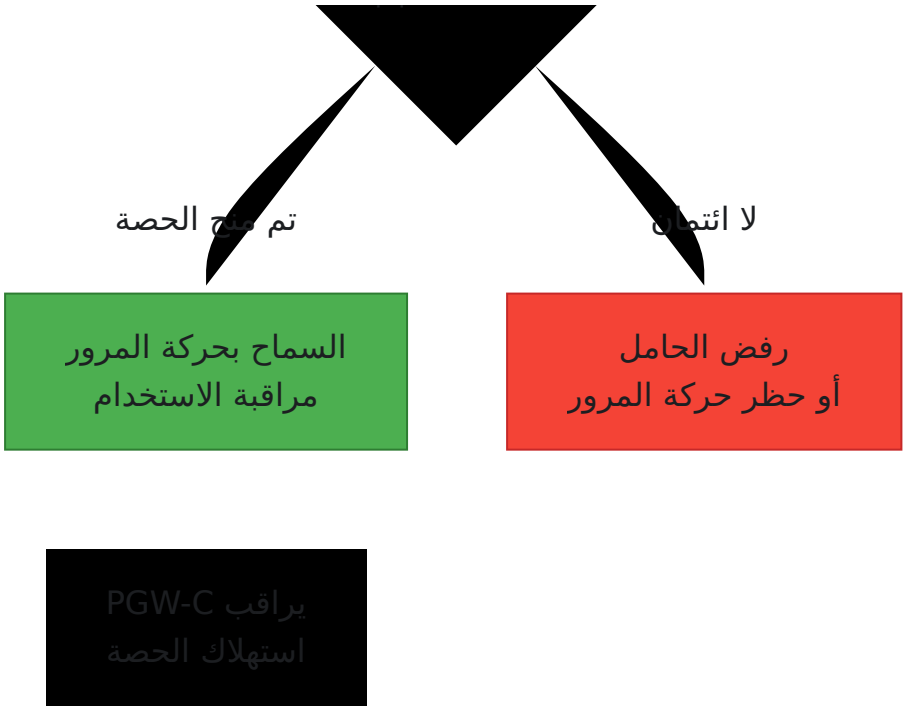
ما الذي يتحكم في ما إذا كان الحامل مشحونًا؟

3 مواصفةGPP: TS 23.203، TS 29.212، TS 32.251

قواعد يتم التحكم في شحن الحامل بواسطة **PCC** المجهزة بواسطة PCRF عبر واجهة Gx. انظر واجهة Diameter Gx لوثائق قواعد PCC الكاملة.

تدفق قرار الشحن:


طلب إعداد الحامل
إلى CCR-I يرسل PGW-C
PCRF
PCRF يعيد قواعد PCC
هل تحدد قاعدة PCC
الشحن عبر الإنترنت؟
نعم
لا
استخراج مجموعة التصنيف
من قاعدة PCC
لا شحن عبر الإنترنت
لهذا الحامل
CCR-I يرسل PGW-C
إلى OCS
السماح بحركة المرور
لا شحن
استجابة OCS؟



مع معلومات الشحن PCC قاعدة

استجابة PCRF (CCA-I على Gx):

```
CCA (واجهة Gx)
└── Charging-Rule-Definition (Grouped)
    ├── Charging-Rule-Name: "prepaid_data_rule"
    ├── Rating-Group: 100
    ├── Online: 1 (تمكين الشحن عبر الإنترنت)
    ├── Offline: 0 (تعطيل الشحن غير المتصل)
    ├── Metering-Method: VOLUME (1)
    ├── Precedence: 100
    ├── Flow-Information: [...]
    └── QoS-Information: [...]
```

المفاتيح AVPs الشحن في قواعد PCC:

اسم AVP	رمز AVP	القيم	الوصف
Rating-Group	432	Unsigned32	فئة الشحن (تتوافق مع التعريفة في OCS)
Online	1009	0=تمكين، 1=تعطيل	تمكين الشحن عبر الإنترنت (Gy)
Offline	1008	0=تمكين، 1=تعطيل	تمكين الشحن غير المتصل (Gz)
Metering-Method	1007	0=حجم، 1=مدة، 2=كلاهما	ما يجب قياسه
Reporting-Level	1011	0=مجموعة تصنيف، 1=خدمة	دقة تقارير الاستخدام

مصفوفة قرار شحن الحامل

السلوك	مجموعة التصنيف	غير متصل	عبر الإنترنت
الشحن عبر الإنترنت فقط (مدفوع مسبقًا)	موجودة	0	1
الشحن غير المتصل فقط (مدفوع لاحقًا)	موجودة	1	0
كلا الشحنين عبر الإنترنت وغير المتصل (متقارب)	موجودة	1	1
لا شحن (خدمة مجانية)	-	0	0

مجموعات تصنيف متعددة

يمكن أن يحتوي اتصال PDN واحد على **عدة حوامل بمجموعات تصنيف مختلفة**:

سيناريو مثال:

```
الحامل الافتراضي (الإنترنت)
├── مجموعة التصنيف: 100 (البيانات القياسية)
└── عبر الإنترنت: 1

الحامل المخصص 1 (بث الفيديو)
├── مجموعة التصنيف: 200 (خدمة الفيديو)
└── عبر الإنترنت: 1

الحامل المخصص 2 (صوت IMS)
├── مجموعة التصنيف: 300 (الصوت)
└── عبر الإنترنت: 1
```

سلوك PGW-C Gy:

- **CCR-I واحد** مع أقسام MSCC متعددة (التحكم في ائتمان الخدمات المتعددة):

```
CCR-Initial
├── Session-Id: "..."
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── [مجموعة التصنيف: 100] → البيانات القياسية
    ├── [مجموعة التصنيف: 200] → خدمة الفيديو
    └── [مجموعة التصنيف: 300] → الصوت
```

استجابة OCS:

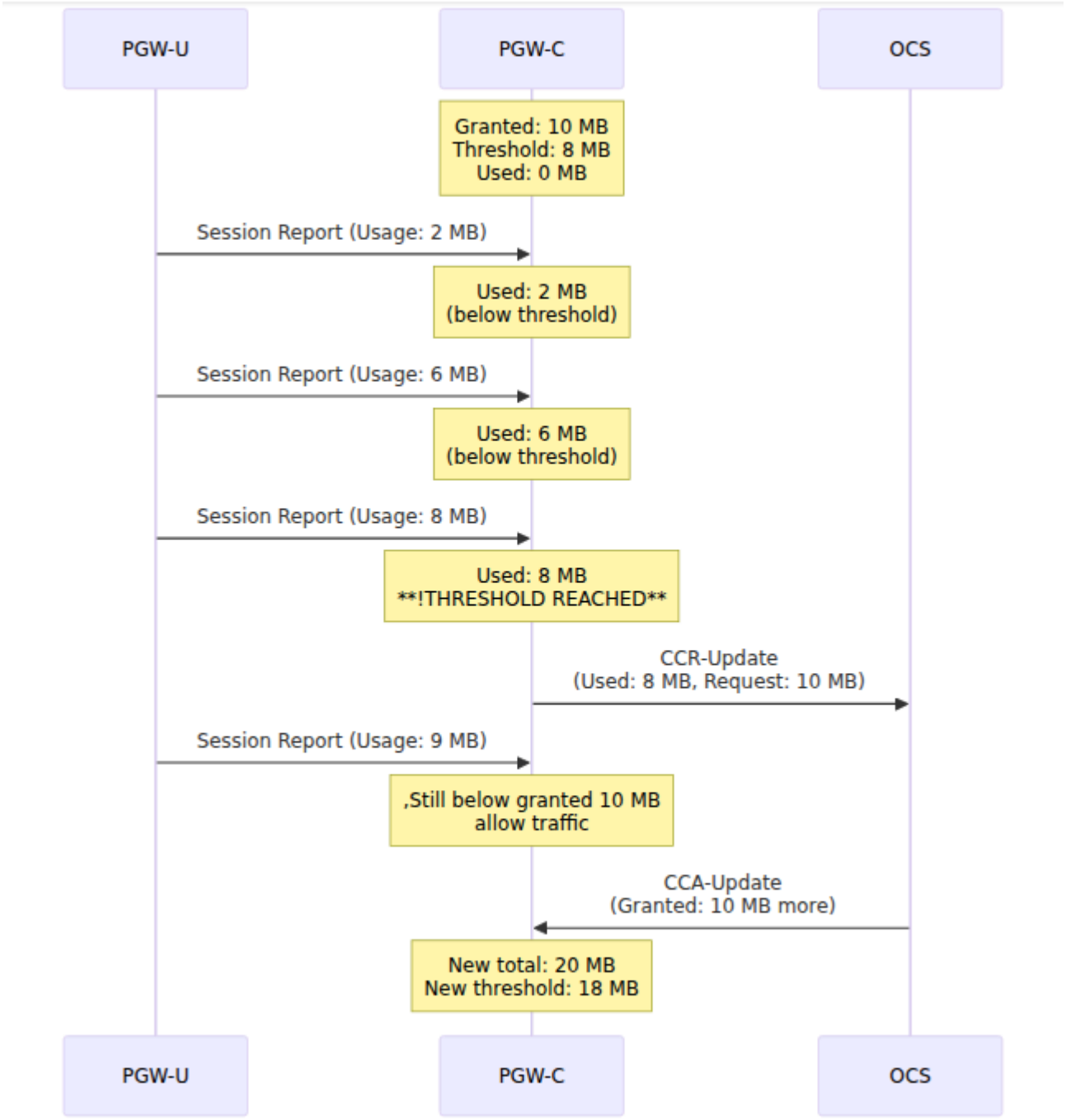
```
CCA-Initial
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── [مجموعة التصنيف: 100] → تم منح: 10 ميغابايت
    ├── [مجموعة التصنيف: 200] → تم منح: 5 ميغابايت (الفيديو أكثر تكلفة)
    └── [مجموعة التصنيف: 300] → تم منح: 60 ثانية
```

فرض الشحن لكل خدمة

يتتبع الحصة لكل مجموعة تصنيف PGW-C:

```
# كود زائف
state.charging_quotas = %{
  100 => %{granted: 10_000_000, used: 0, threshold: 8_000_000},
  200 => %{granted: 5_000_000, used: 0, threshold: 4_000_000},
  300 => %{granted: 60_000, used: 0, threshold: 48_000}  # مللي
ثانية
}
```

مراقبة الاستخدام لكل حامل:



التحكم في ائتمان الخدمات المتعددة

AVP (التحكم في ائتمان الخدمات المتعددة) MSCC

الغرض: تجميع معلومات الشحن لخدمة/مجموعة تصنيف محددة

الهيكل:

```
Multiple-Services-Credit-Control (Grouped, AVP 456)
├── Service-Identifier (Unsigned32, AVP 439)
├── Rating-Group (Unsigned32, AVP 432)
├── Requested-Service-Unit (Grouped, AVP 437)
│   ├── CC-Time (Unsigned32, AVP 420)
│   ├── CC-Total-Octets (Unsigned64, AVP 421)
│   ├── CC-Input-Octets (Unsigned64, AVP 412)
│   └── CC-Output-Octets (Unsigned64, AVP 414)
├── Used-Service-Unit (Grouped, AVP 446)
│   └── [نفس الهيكل مثل Requested-Service-Unit]
├── Granted-Service-Unit (Grouped, AVP 431)
│   └── [نفس الهيكل مثل Requested-Service-Unit]
├── Validity-Time (Unsigned32, AVP 448)
├── Result-Code (Unsigned32, AVP 268)
└── Final-Unit-Indication (Grouped, AVP 430)
    └── Final-Unit-Action (Enumerated, AVP 449)
```

Service-Identifier مقابل Rating-Group

السمة	Service-Identifier	Rating-Group
الغرض	يحدد نوع الخدمة	يحدد فئة الشحن
المثال	1=3، صوت=2، بيانات=SMS	200=عادي، 100=متميز
الدقة	تصنيف واسع	تعريفة محددة
مطلوب	اختياري	مطلوب للشحن
التوافق	قد يتوافق مع عدة RGs	تعريفة واحدة في OCS

مثال:

```
Service-Identifier: 1 (خدمة البيانات)
├── Rating-Group: 100 (البيانات القياسية - $0.01/ميغابايت)
└── Rating-Group: 200 (البيانات المتميزة - $0.05/ميغابايت)

Service-Identifier: 2 (الصوت)
└── Rating-Group: 300 (المكالمات الصوتية - $0.10/دقيقة)
```

التكوين

تكوين Gy الأساسي

قم بتحرير `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  gy: %{
    # تمكين أو تعطيل الشحن عبر الإنترنت على مستوى العالم
    enabled: true,

    # مهلة اتصال OCS (بالميلي ثانية)
    timeout_ms: 5000,

    # طلب الحصة الافتراضية (بايت) PCRF إذا لم يتم تحديدها بواسطة
    default_requested_quota: 10_000_000,  # 10 ميغابايت

    # نسبة العتبة لإعادة التفويض
    # (عند استهلاك 80% من الحصة CCR-Update تحفيز = 0.8)
    quota_threshold_percentage: 0.8,

    # الإجراء عند حدوث مهلة OCS
    # الخيارات: :block, :allow
    timeout_action: :block,

    # الإجراء عند عدم عودة OCS بأي ائتمان
    # الخيارات: :terminate, :redirect
    no_credit_action: :terminate,

    # عنوان URL لإعادة التوجيه للشحن (يستخدم إذا كان
no_credit_action: :redirect)
    topup_redirect_url: "http://topup.example.com"
  },
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # تكوين نظير OCS
    peer_list: [
      # PCRF للتحكم في السياسة (Gx)
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.30",
        initiate_connection: true
      },
      # OCS للشحن عبر الإنترنت (Gy)
      %{
```

```
        host: "ocs.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.40",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

شرح معلمات التكوين

`enabled`

- `true`: الشحن عبر الإنترنت نشط، يتم إرسال رسائل CCR إلى OCS
- `false`: الشحن عبر الإنترنت معطل، لا توجد رسائل Gy

`timeout_ms`

- الوقت الذي يجب الانتظار فيه لاستجابة CCA من OCS
- موصى به: 3000-5000 ملي ثانية

`default_requested_quota`

- الحصة الافتراضية التي يجب طلبها إذا لم يحددها PCRF
- القيم النموذجية: 1-100 ميغابايت

`quota_threshold_percentage`

- تحفيز CCR-Update عندما يتم استهلاك هذه النسبة من الحصة
- موصى به: 0.75-0.85 (75%-85%)
- أعلى = عدد أقل من الرسائل، ولكن خطر استنفاد الحصة
- أقل = المزيد من الرسائل، ولكن أكثر أمانًا

`timeout_action`

- **`:block`** - حظر حركة المرور إذا لم تستجب OCS (أكثر أمانًا، يمنع خسارة الإيرادات)
- **`:allow`** - السماح بحركة المرور إذا لم تستجب OCS (أفضل تجربة مستخدم، خطر الإيرادات)

`no_credit_action`

- `:terminate` - حذف الحامل عند نفاد الائتمان
- `:redirect` - إعادة التوجيه إلى بوابة الشحن

تكوين محدد للبيئة

الإنتاج (المشتركين المدفوعين مسبقًا):

```
config :pgw_c,
  gy: %{
    enabled: true,
    timeout_action: :block,
    no_credit_action: :terminate,
    quota_threshold_percentage: 0.8
  }
```

الاختبار/التطوير:

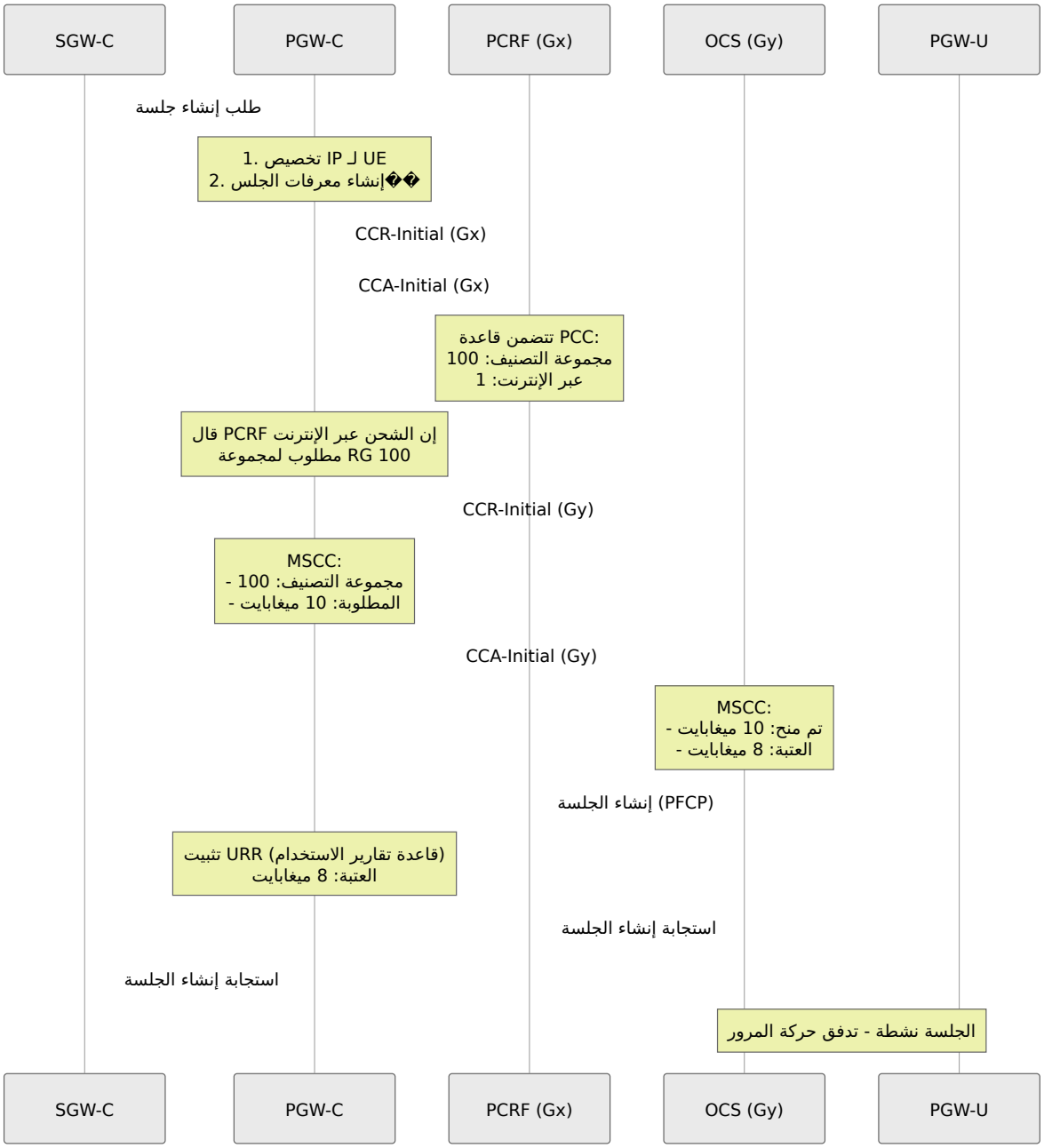
```
config :pgw_c,
  gy: %{
    enabled: false  # تعطيل للاختبار
  }
```

الهجين (بعض المدفوعين مسبقًا، وبعض المدفوعين لاحقًا):

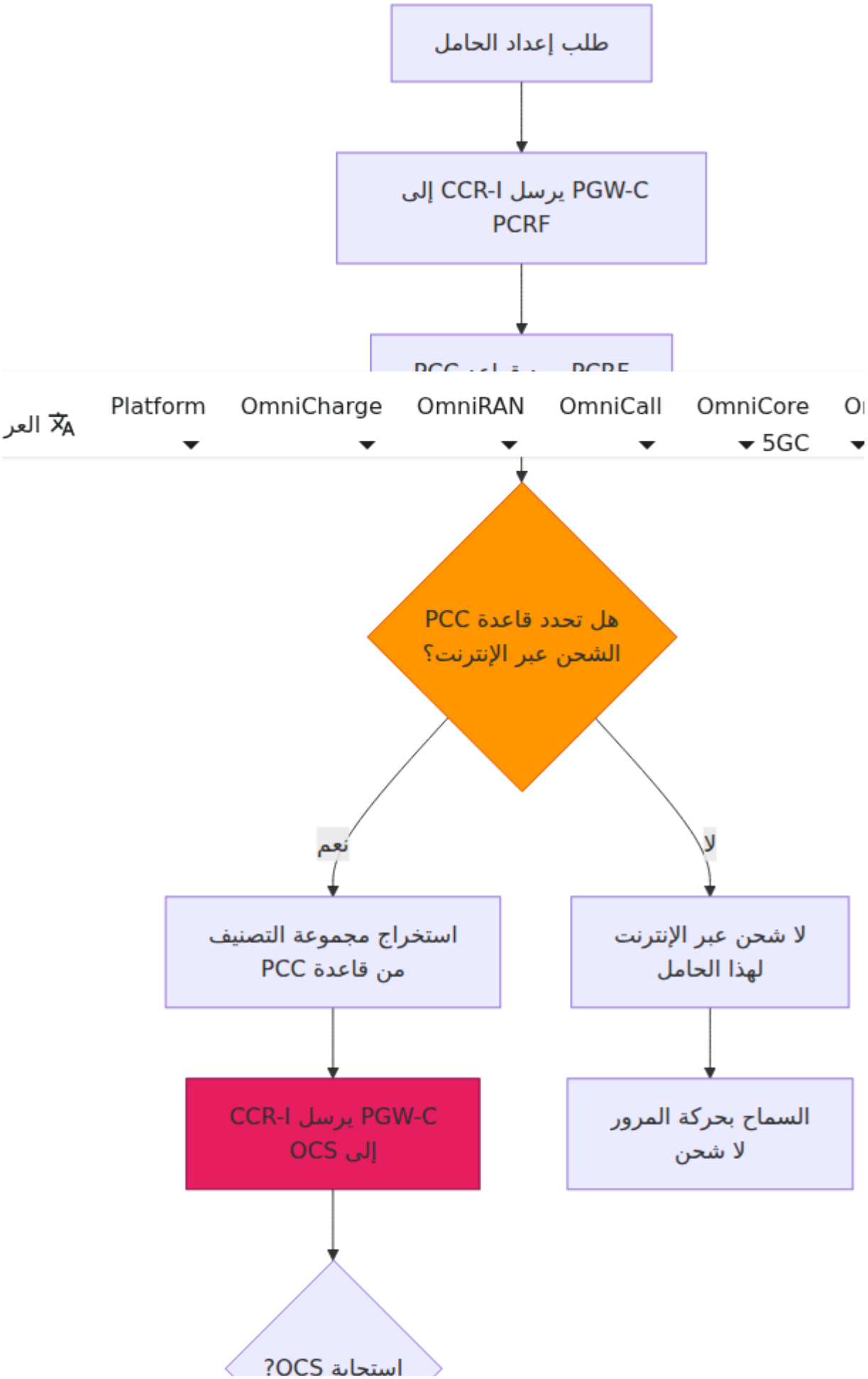
```
config :pgw_c,
  gy: %{
    enabled: true,  # يتم التحكم فيه لكل مشترك بواسطة PCRF
    timeout_action: :allow,  # لا تحظر المدفوعين لاحقًا عند فشل OCS
    no_credit_action: :terminate
  }
```

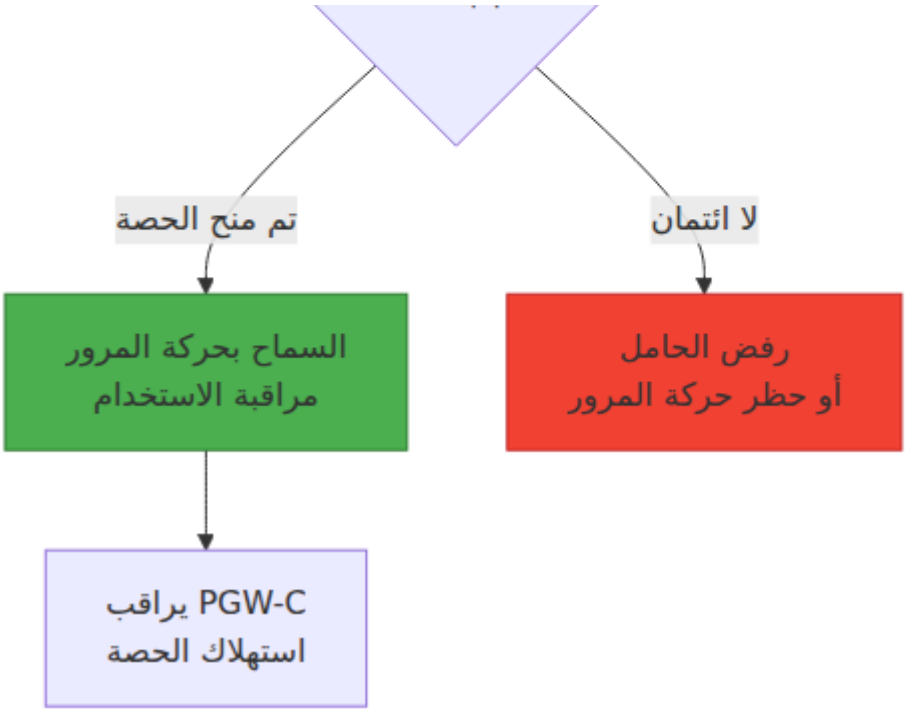
تدفقات الرسائل

جلسة ناجحة مع الشحن عبر الإنترنت

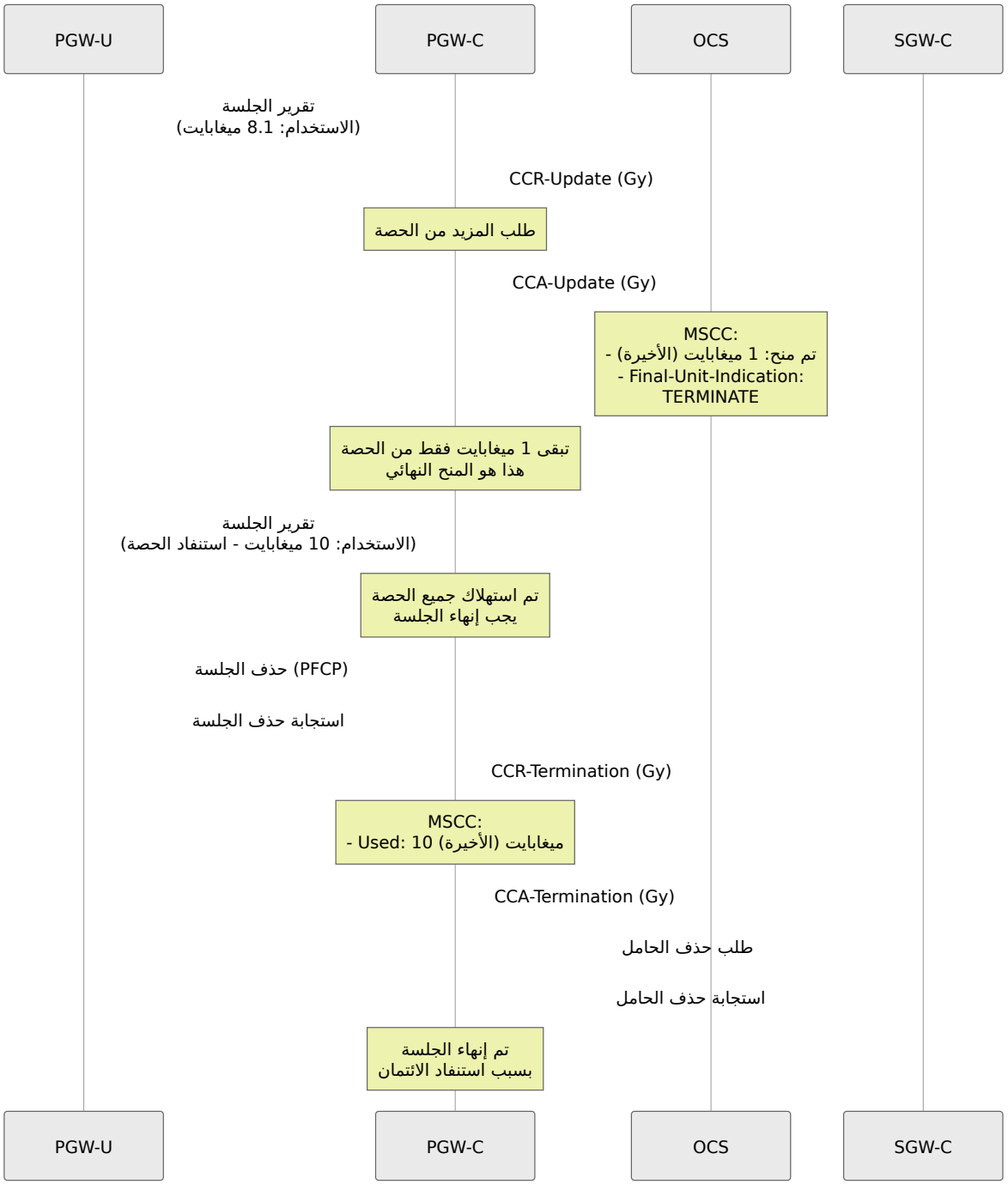


إعادة تفويض الحصة (CCR-Update)

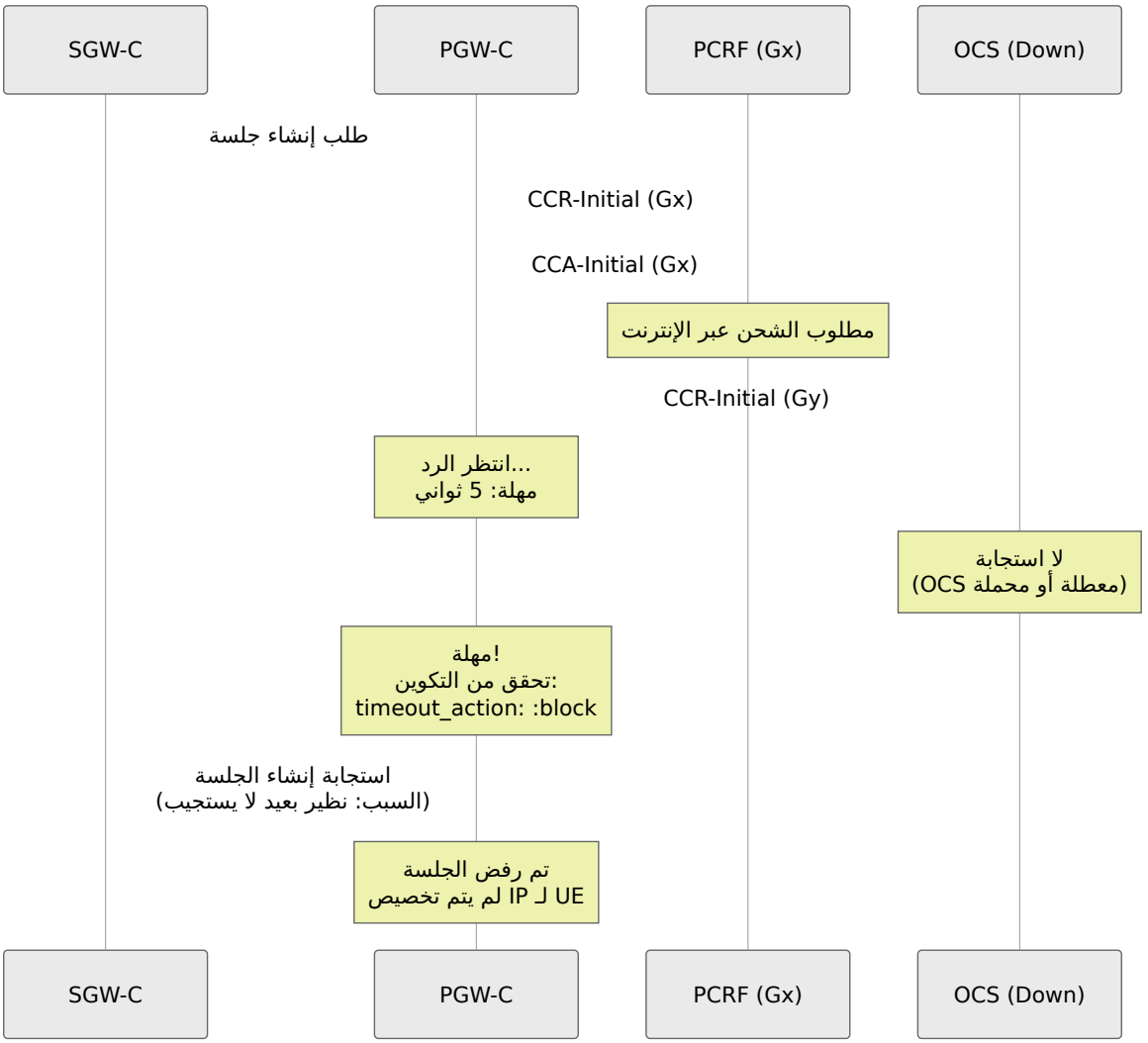

طلب إعداد الحامل
PGW-C يرسل CCR-I إلى PCRF
العر
Platform
OmniCharge
OmniRAN
OmniCall
OmniCore 5GC
هل تحدد قاعدة PCC الشحن عبر الإنترنت؟
نعم
لا
استخراج مجموعة التصنيف من قاعدة PCC
لا شحن عبر الإنترنت لهذا الحامل
PGW-C يرسل CCR-I إلى OCS
السماح بحركة المرور لا شحن
?استحابة OCS



استنفاد الائتمان (الوحدة النهائية)


PGW-U
PGW-C
OCS
SGW-C
تقرير الجلسة
(الاستخدام: 8.1 ميغابايت)
CCR-Update (Gy)
طلب المزيد من الحصة
CCA-Update (Gy)
MSCC:
تم منح: 1 ميغابايت (الأخيرة) -
- Final-Unit-Indication:
TERMINATE
تبقى 1 ميغابايت فقط من الحصة
هذا هو المنح النهائي
تقرير الجلسة
(الاستخدام: 10 ميغابايت - استنفاد الحصة)
تم استهلاك جميع الحصة
يجب إنهاء الجلسة
حذف الجلسة (PFCP)
استجابة حذف الجلسة
CCR-Termination (Gy)
MSCC:
- Used: 10 ميغابايت (الأخيرة)
CCA-Termination (Gy)
طلب حذف الحامل
استجابة حذف الحامل
تم إنهاء الجلسة
بسبب استنفاد الائتمان
PGW-U
PGW-C
OCS
SGW-C

معالجة مهلة OCS



معالجة الأخطاء

رموز النتائج

رموز النجاح:

الرمز	الاسم	الإجراء
2001	DIAMETER_SUCCESS	المتابعة مع الحصة الممنوحة

الإخفاقات المؤقتة (4xxx):

الرمز	الاسم	إجراء PGW-C
4010	DIAMETER_TOO_BUSY	إعادة المحاولة مع التراجع
4011	DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY	تسجيل الخطأ، قد تعيد المحاولة
4012	DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED	إنهاء أو إعادة توجيه

الإخفاقات الدائمة (5xxx):

الرمز	الاسم	إجراء PGW-C
5003	DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED	رفض الجلسة
5031	DIAMETER_USER_UNKNOWN	رفض الجلسة (مشترك غير صالح)

رموز النتائج لكل خدمة

يمكن أن يظهر Result-Code **مهم:** في **مستويين**:

1. **مستوى الرسالة** - النتيجة العامة
2. **مستوى MSCC** - نتيجة الخدمة لكل خدمة

مثال:

```
CCA-Initial
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)  ← مستوى الرسالة: OK
└── Multiple-Services-Credit-Control
    ├── [مجموعة التصنيف: 100]
    │   └── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)  ← RG 100: OK
    └── [مجموعة التصنيف: 200]
        └── Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)  ←
RG 200: لا ائتمان
```

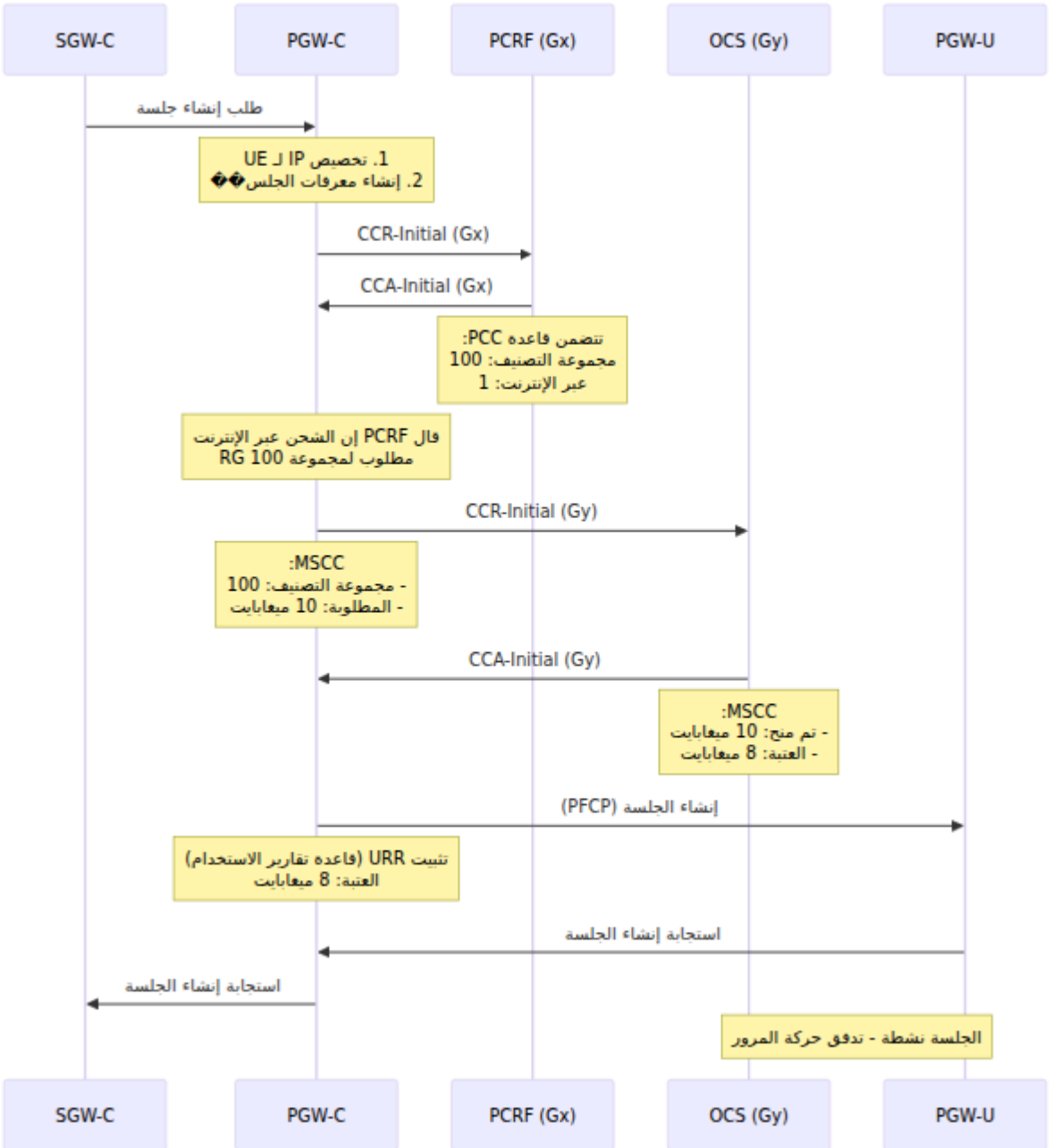
سلوك PGW-C:

- السماح بحركة المرور لمجموعة التصنيف 100
- حظر حركة المرور لمجموعة التصنيف 200

التكامل مع Gx

ما إذا كان الشحن عبر الإنترنت مطلوبًا وتوفر مجموعة (PCRF التحكم في سياسة) Gx تحدد واجهة التصنيف التي تحرك شحن Gy. انظر واجهة Diameter Gx لوثائق التحكم في السياسة الكاملة.

علاقة Gy و Gx



تدفق التكامل

1. إعداد الحامل:

```
طلب إنشاء جلسة PGW-C يتلقى
    ↓
إرسال CCR-I إلى PCRF (Gx)
    ↓
استلام CCA-I مع قواعد PCC
    ↓
تحليل قواعد PCC:
    - هل تحتوي القاعدة على مجموعة تصنيف؟
    - هل عبر الإنترنت = 1؟
    ↓
إذا كان نعم:
    إرسال CCR-I إلى OCS (Gy) مع مجموعة التصنيف
    ↓
    استلام CCA-I مع الحصة
    ↓
    إذا تم منح الحصة: المتابعة
    إذا لم يكن هناك ائتمان: رفض الحامل
إذا كان لا:
    المتابعة بدون الشحن عبر الإنترنت
```

2. تحديث السياسة الديناميكية (RAR من PCRF):

```
يرسل PCRF RAR (طلب إعادة التفويض) على Gx
    ↓
تمت إضافة قاعدة PCC 200=مجموعة التصنيف، 1=عبر الإنترنت جديدة مع
    ↓
PGW-C يرسل CCR-U إلى OCS (Gy)
    - إضافة MSCC 200 لمجموعة التصنيف
    ↓
OCS يمنح الحصة للخدمة الجديدة
    ↓
تثبيت حامل مخصص مع الشحن عبر الإنترنت
```

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

المشكلات الشائعة

1. مهلات CCR-Initial إلى OCS

الأعراض:

- تفشل الجلسات مع "مهلة OCS"
- السجل: "مهلة CCR-Initial (Gy)"

الأسباب المحتملة:

- OCS غير قابل للوصول
- عنوان OCS غير صحيح في التكوين
- جدار الحماية يحظر منفذ Diameter (3868)
- OCS محملة

الحل:

```
# اختبار الاتصال الشبكي
ping <ocs_ip>

# اختبار منفذ Diameter (TCP 3868)
telnet <ocs_ip> 3868

# تحقق من التكوين
# تأكد من تكوين نظير OCS في peer_list
```

2. الجلسات المرفوضة بواسطة OCS

الأعراض:

- CCA-I مع Result-Code != 2001
- فشل استجابة إنشاء الجلسة

رموز النتائج الشائعة:

رمز النتيجة	السبب المحتمل	الحل
4012	تم الوصول إلى حد الائتمان	يحتاج المشترك إلى الشحن
5003	تم رفض التفويض	تحقق من أذونات المشترك
5031	المستخدم غير معروف	تجهيز المشترك في OCS

خطوات التصحيح:

1. تحقق من سجلات OCS لمعرفة سبب الرفض
2. تحقق من رصيد المشترك في OCS
3. تحقق من أن IMSI/MSISDN في CCR-I يتطابق مع سجل المشترك

3. عدم اكتشاف استنفاد الحصة

الأعراض:

- يستمر المستخدم في استخدام البيانات بعد نفاد الرصيد
- لم يتم إرسال CCR-Update

الأسباب المحتملة:

- لم يتم تثبيت URR (قاعدة تقارير الاستخدام) في PGW-U
- لم يتم تكوين العتبة بشكل صحيح
- لم يتم استلام تقارير جلسة PFCP

خطوات التصحيح:

1. تحقق من URR في إنشاء جلسة PFCP:

```
إنشاء URR
├── URR-ID: 1
├── Measurement-Method: VOLUME
├── Volume-Threshold: 8000000 (8 ميغا بايت)
└── Reporting-Triggers: VOLUME_THRESHOLD
```

2. تحقق من سجلات PGW-U لتقارير الاستخدام

3. تحقق من `quota_threshold_percentage` في التكوين

4. مجموعة التصنيف غير الصحيحة

الأعراض:

- يرفض OCS مع "مجموعة التصنيف غير معروفة"
- تفشل الجلسات

السبب:

- لا تتطابق OCS مجموعة التصنيف في تكوين CCR-I
- قام PCRF بتجهيز مجموعة تصنيف غير صالحة

الحل:

1. تحقق من PCRF من مجموعة التصنيف في قاعدة PCC
2. تحقق من تكوين OCS لمجموعات التصنيف الصالحة
3. تأكد من التوافق بين قواعد OCS وتعريفات PCC

المراقبة

المقاييس الرئيسية

```
# معدلات رسائل Gy
rate(gy_inbound_messages_total{message_type="cca"}[5m])
rate(gy_outbound_messages_total{message_type="ccr"}[5m])

# معدلات أخطاء Gy
rate(gy_inbound_errors_total[5m])

# أحداث استنفاد الحصة
rate(gy_quota_exhausted_total[5m])

# معدل مهلات OCS
rate(gy_timeout_total[5m])

# مدة معالجة رسائل Gy
histogram_quantile(0.95,
rate(gy_inbound_handling_duration_bucket[5m]))
```

التنبيهات

```
# تنبيه على ارتفاع معدل أخطاء Gy
- alert: GyErrorRateHigh
  expr: rate(gy_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "تم الكشف عن ارتفاع معدل أخطاء Gy"

# تنبيه على مهلة OCS
- alert: OcsTimeout
  expr: rate(gy_timeout_total[5m]) > 0.05
  for: 2m
  annotations:
    summary: "تحدث مهلات OCS"

# تنبيه على ارتفاع استنفاد الائتمان
- alert: CreditExhaustionSpike
  expr: rate(gy_quota_exhausted_total[5m]) > 10
  for: 5m
  annotations:
    summary: "معدل مرتفع من استنفاد الائتمان"
```

التحكم في ائتمان Gy (API OAM)

يتم فحص الشحن عبر الإنترنت وممارسته من خلال **OAM REST API**، المقدمة عبر HTTPS/TLS على `https://<host>:8443`. تتوفر وثائق API التفاعلية (Swagger UI) على `https://<host>:8443/api/docs`.

حالة الشحن عبر الإنترنت

```
GET /api/charging                  # جميع جلسات الشحن عبر الإنترنت + حالة الائتمان الحية
GET /api/charging?search=<imsi>    # تصفية الجلسات حسب IMSI
GET /api/charging/<imsi>           # حالة التحكم في الائتمان لجلسة واحدة حسب IMSI
```

مثال:

```
curl -k https://localhost:8443/api/charging/310170123456789
```

`GET /api/charging` يعيد حالة الشحن عبر الإنترنت (وحالة إعادة التوجيه / عدم وجود رصيد، الصلاحية، إجراء Final-Unit-Action من OCS، لكل جلسة) الممنوحة مقا��ل المستخدمة. أضف `?search=<imsi>` لتضييق القائمة، أو أضف `GET /api/charging/<imsi>` إلى IMSI نشطة. لجلب حالة التحكم في الائتمان لمشترك واحد.

محاكي التحكم في ائتمان Gy

```
POST /api/gy_simulator
```

يرسل طلب التحكم في الائتمان الاصطناعي إلى OCS ويعيد الإجابة المحللة — رمز نتيجة Final-Unit-Indication — بحيث يمكن مستوى الأمر، الحصة الممنوحة، مدة الصلاحية، وأي ممارسة الشحن عبر الإنترنت API OAM **بدون حركة مرور مشترك حية**. هذه هي واجهة البديلة لمحاكي Gy القائم على المتصفح القديم. يتطلب تمكين Gy (`gy.enabled: true`)؛ يتم إرسال الطلب من مضيف Gy الخاص بـ PGW-C إلى مجال OCS المكون.

جسم الطلب (`application/json`):

الحقل	النوع	الوصف
`imsi`	string	**مطلوب.** IMSI المشترك.
`msisdn`	string	MSISDN اختياري (E.164). يملأ `User-Name` كـ `<msisdn>@<apn>`.
`apn`	string	APN اختياري.
`requested_units`	integer	حصة مطلوبة اختيارية بالبايت (Requested-Service-Unit → CC-Total-Octets).
`rating_group`	integer	مجموعة التصنيف / مفتاح الشحن الاختياري (افتراضي `1`).
`service_id`	integer	معرف الخدمة الاختياري.
`cc_request_type`	string	`initial` (افتراضي)، `update`، أو `terminate` (أو `1`/`2`/`3` الأرقام).

مثال — طلب 1 ميغابايت من الحصة الأولية لمشترك:

```
curl -k -X POST https://localhost:8443/api/gy_simulator \
  -H 'content-type: application/json' \
  -d
'{"imsi":"310170123456789","msisdn":"14155551234","apn":"internet","r
```

مثال على الاستجابة (CCA-Initial يمنح 1 ميغابايت، صالح لمدة ساعة):

```
{
  "session_id": "omni-pgw_c.epc...;734825199;app_gy_sim",
  "cc_request_type": 1,
  "cc_request_type_name": "initial",
  "result_code": "diameter_success",
  "accepted": true,
  "ocs_host": "ocs.epc.example.org",
  "ocs_realm": "epc.example.org",
  "granted": { "total_octets": 1000000, "input_octets": null,
"output_octets": null, "time": null },
  "validity_time": 3600,
  "final_unit_action": null,
  "final_unit_redirect": null,
  "mscc_result_code": "diameter_success"
}
```


`422` في حالة الفشل، تعيد نقطة النهاية (`imsi` مفقود) `503` أو (Gy معطل، أو لم تستجب OCS — يحمل حقل `reason` الخطأ الأساسي، مثل `:timeout`).

حالات الاستخدام التشغيلية

- **فحص حصة المشترك** — `GET /api/charging/<imsi>` يعيد الحصة الحالية للجلسة وحالة الائتمان.
- **اختبار تكامل OCS بدون حركة مرور** — `POST /api/gy_simulator` لتأكيد أن OCS يمنح الحصة المتوقعة / Final-Unit-Action لمعرف IMSI، أو مجموعة التصنيف، الخدمة.
- **استكشاف مشكلات الشحن** `GET /api/charging?search=<imsi>` تحديد مشترك متأثر باستخدام ومراجعة حالة التحكم في الائتمان الحية.

استخدم المقاييس (OCS معدلات الرسائل، استنفاد الحصة، مهلات) للاتجاهات التاريخية Prometheus أعلاه المراقبة في الموضحة.

الوثائق ذات الصلة

الشحن والسياسة

- **واجهة Diameter Gx** - التحكم في سياسة PCRF، قواعد PCC التي تحفز الشحن عبر الإنترنت
- **تنسيق CDR للبيانات** - سجلات الشحن غير المتصلة للفوترة المدفوعة لاحقًا
- **دليل التكوين** - معلمات تكوين الشحن عبر الإنترنت الكاملة

إدارة الجلسات

- **إدارة الجلسات** - دورة حياة جلسة PDN، إدارة الحامل
- **واجهة PFCP** - تقارير الاستخدام من PGW-U عبر URRs
- **واجهة S5/S8** - إعداد وإزالة الحامل GTP-C

العمليات

- **دليل المراقبة** - مقاييس Gy، تتبع الحصة، تنبيهات مهلة OCS
- **تخصيص IP لـ UE** - تكوين مجموعة IP للجلسات المشحونة

العودة إلى دليل العمليات

وثائق واجهة Gn/Gp

الاتصال GTP-C مع SGSN (2 شبكاتG/3G)

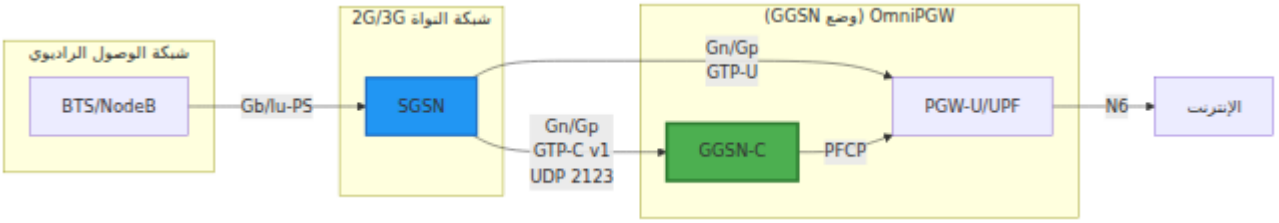
OmniTouch بواسطة خدمات الشبكة OmniPGW

نظرة عامة

واجهة تتيح **Gn/Gp** لـ OmniPGW العمل كـ **GGSN** (عقدة دعم GPRS (البوابة لشبكات 2G/3G باستخدام بروتوكول **GTP-C v1**. تتولى هذه الواجهة إدارة سياقات PDP (بروتوكول بيانات الحزمة) بين GGSN و SGSNs.

- **واجهة Gn**: تتصل بـ SGSNs ضمن نفس PLMN (شبكة المنزل)
- **واجهة Gp**: تتصل بـ SGSNs في PLMNs (سيناريوهات التجوال) أخرى

تستخدم كلا الواجهتين بروتوكولات متطابقة - التمييز هو فقط طوبولوجي.



الاختلافات الرئيسية عن PGW (S5/S8)

الجانب	GGSN (Gn/Gp)	PGW (S5/S8)
إصدار البروتوكول	GTP-C v1	GTP-C v2
مواصفة 3GPP	TS 29.060	TS 29.274
مفهوم الجلسة	سياق PDP	جلسة PDN + حوامل
معرف الحامل	NSAPI (0-15)	EBI (5-15)
واجهة السياسة	لا شيء (سياسة ثابتة)	Gx (PCRF)
نموذج QoS	ملف تعريف QoS R99	QoS حامل EPS (QCI)
المنفذ	2123 (مشترك)	2123

تفاصيل البروتوكول

الإصدار GTP-C 1

- **البروتوكول**: GTP-C v1 (3GPP TS 29.060)
- **النقل**: UDP
- **المنفذ**: 2123 (مشترك مع S5/S8 GTP-C v2)
- **نوع الواجهة**: مستوى التحكم

TEID (معرف نقطة نهاية النفق)

كل سياق PDP له TEIDs فريدة لمستوى التحكم ومستوى المستخدم:

- **TEID التحكم GGSN**: مخصص بواسطة OmniPGW للرسائل التحكم الواردة
- **TEID البيانات GGSN**: مخصص بواسطة UPF للمستخدم للبيانات الواردة

- **TEID التحكم SGSN**: موفر بواسطة SGSN للرسا��ل التحكم الصادرة
- **TEID البيانات SGSN**: موفر بواسطة SGSN للبيانات الصادرة للمستخدم

```
Message Flow:
  SGSN → GGSN: Destination TEID = GGSN's Control TEID
  GGSN → SGSN: Destination TEID = SGSN's Control TEID
```

دعم CUPS (فصل مستوى التحكم ومستوى المستخدم)

يدعم OmniPGW بنية CUPS 2 لشبكات 3G/2G:

- **عنوان GSN للإشارات**: عنوان IP الخاص بمستوى التحكم في OmniPGW (من `gn.local_ipv4_address`)
- **عنوان GSN لحركة مرور المستخدم**: عنوان IP الخاص بـ UPF (من استجابة إنشاء جلسة PFCP)

يسمح ذلك لـ PGW-U/UPF و GGSN-C مختلفة، وهو أمر IP بالعمل على عقد منفصلة مع عناوين قياسي في نشرات CUPS.

NSAPI (معرف نقطة وصول خدمة الشبكة)

يحدد NSAPI سياقات PDP الفردية ضمن جلسة المشترك:

- **النطاق**: 5-15 (0-4 محجوزة)
- **الاستخدام**: يمكن أن تكون هناك عدة سياقات PDP لكل مشترك
- **المكافئ**: مشابه لـ EBI في LTE/EPC

التكوين

التكوين الأساسي

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  # يتم تمكين واجه Gn/Gp تلقائيًا عند وجود تكوين gn
  gn: %{
    # عنوان IPv4 المحلي لواجهة Gn
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",

    # عنوان اختياري: IPv6 المحلي
    local_ipv6_address: nil,

    # المنفذ لـ GTP-C v1 (مشترك مع S5/S8)
    local_port: 2123
  },

  # خوادم DNS التي يتم إرجاعها في PCO (مشتركة مع PGW)
  dns: %{
    primary_ipv4: {8, 8, 8, 8},
    secondary_ipv4: {8, 8, 4, 4}
  }
```

معلمات واجهة Gn

المعلمة	النوع	مطلوب	الافتراضي	الوصف
`local_ipv4_address`	سلسلة	نعم	-	عنوان IPv4 للربط بواجهة Gn. هذا هو العنوان المعلن لـ GGSN لـ SGSNs.
`local_ipv6_address`	سلسلة	لا	`nil`	عنوان IPv6 اختياري. معظم شبكات 2G/3G هي IPv4 فقط.
`local_port`	عدد صحيح	لا	2123	منفذ UDP لـ GTP-C. منفذ قياسي وفقًا لـ 3GPP TS 29.060. مشترك مع S5/S8.

معلمات DNS

المعلمة	النوع	مطلوب	الافتراضي	الوصف
`primary_ipv4`	مجموعة	لا	`{8, 8, 8, 8}`	عنو��ن خادم DNS الأساسي IPv4 الذي يتم إرجاعه في PCO.
`secondary_ipv4`	مجموعة	لا	`{8, 8, 4, 4}`	عنوان خادم DNS الثانوي IPv4 الذي يتم إرجاعه في PCO.
`primary_ipv6`	مجموعة	لا	`nil`	عنوان خادم DNS الأساسي IPv6.
`secondary_ipv6`	مجموعة	لا	`nil`	عنوان خادم DNS الثانوي IPv6.

متطلبات الشبكة

قواعد جدار الحماية:

```
# السماح بـ GTP-C من شبكة SGSN
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgsn_network>/24 -j
ACCEPT

# السماح بـ GTP-C الصادرة إلى SGSN
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <sgsn_network>/24 -j
ACCEPT
```

أنواع الرسائل

إدارة سياق PDP

طلب إنشاء سياق PDP

الاتجاه: SGSN → GGSN

الغرض: إنشاء سياق PDP جديد للاتصال بالبيانات

العناصر الأساسية (IEs):

اسم IE	النوع	الوصف
IMSI	هوية	هوية المشترك الدولي للهاتف المحمول
NSAPI	عدد صحيح	معرف نقطة وصول خدمة الشبكة (5-15)
TEID I بيانات	عدد صحيح	نقطة نهاية نفق مستوى المستخدم لـ SGSN
TEID التحكم	عدد صحيح	نقطة نهاية نفق مستوى التحكم لـ SGSN
عنوان المستخدم النهائي	عنوان	نوع PDN وعنوان IP المطلوب اختياري
اسم نقطة الوصول	سلسلة	APN للاتصال
عنوان GSN (الإشارات)	IP	عنوان مستوى إشارات SGSN
عنوان GSN (المستخدم)	IP	عنوان مستوى المستخدم لـ SGSN
ملف تعريف QoS	ثنائي	معلمات QoS المطلوبة
MSISDN	هوية	رقم الهاتف المحمول (اختياري)
وضع الاختيار	تعداد	وضع اختيار APN
خيارات تكوين البروتوكول	خيارات	خيارات بروتوكول إضافية

مثال:

```
Create PDP Context Request
├── IMSI: 310260123456789
├── NSAPI: 5
├── TEID Data I: 0x12345678
├── TEID Control: 0x87654321
├── End User Address: IPv4 (dynamic)
├── APN: internet
├── GSN Address (Signalling): 10.1.1.100
├── GSN Address (User): 10.1.1.100
├── QoS Profile: [R99 QoS parameters]
└── PCO: [DNS request, etc.]
```

استجابة إنشاء سياق PDP

الاتجاه: GGSN → SGSN

الغرض: تأكيد إنشا�� سياق PDP مع الموارد المخصصة

العناصر الأساسية:

اسم IE	النوع	الوصف
السبب	نتيجة	رمز النجاح أو الخطأ
إعادة الترتيب المطلوبة	منطقي	ما إذا كانت إعادة الترتيب مطلوبة
الاسترداد	عداد	عداد إعادة تشغيل GGSN
I بيانات TEID	عدد صحيح	نقطة نهاية نفق مستوى المستخدم لـ GGSN
التحكم TEID	عدد صحيح	نقطة نهاية نفق مستوى التحكم لـ GGSN
NSAPI	عدد صحيح	NSAPI المؤكد
معرف الشحن	ثنائي	معرف ارتباط الشحن
عنوان المستخدم النهائي	عنوان	عنوان IP المخصص لـ UE
عنوان GSN (الإشارات)	IP	عنوان مستوى إشارات GGSN
عنوان GSN (المستخدم)	IP	عنوان مستوى المستخدم لـ GGSN
ملف تعريف QoS	ثنائي	معلمات QoS المتفاوض عليها
خيارات تكوين البروتوكول	خيارات	خوادم DNS، إلخ.

استجابة النجاح:

```
Create PDP Context Response
├── Cause: Request Accepted (128)
├── TEID Data I: 0xAABBCCDD
└── TEID Control: 0xDDCCBBAA
├── NSAPI: 5
├── Charging ID: 0x11223344
├── End User Address
│   └── IPv4: 100.64.1.42
├── GSN Address (Signalling): 10.0.0.20
├── GSN Address (User): 10.0.0.20
├── QoS Profile: [Negotiated QoS]
└── PCO
    ├── Primary DNS: 8.8.8.8
    └── Secondary DNS: 8.8.4.4
```

طلب تحديث سياق PDP

الاتجاه: SGSN → GGSN

الغرض: تعديل سياق PDP موجود (مثل، نقل SGSN، تغيير QoS)

السيناريوهات الشائعة:

- نقل بين SGSN (تحديث منطقة التوجيه)
- إعادة التفاوض على QoS
- تغيير عنوان SGSN

العناصر الأساسية:

اسم IE	الوصف
NSAPI	معرف سياق PDP
بيانات TEID I	مستوى المستخدم الجديد لـ TEID SGSN
عنوان GSN	عناوين SGSN الجديدة
ملف تعريف QoS	QoS (اختياري) المحدث

استجابة تحديث سياق PDP

الاتجاه: GGSN → SGSN

الغرض PDP: تأكيد تحديث سياق

العناصر الأساسية:

اسم IE	الوصف
السبب	رمز النجاح أو الخطأ
TEID I بيانات	TEID مستوى المستخدم لـ GGSN
عنوان GSN	عناوين GGSN
ملف تعريف QoS	QoS المتفاوض عليه

طلب حذف سياق PDP

الاتجاه: SGSN → GGSN

الغرض PDP: إنهاء سياق

العناصر الأساسية:

اسم IE	الوصف
NSAPI	سياق PDP المراد حذفه
Teardown Ind	حذف جميع السياقات لهذا المشترك

استجابة حذف سياق PDP

الاتجاه: GGSN → SGSN

الغرض PDP: تأكيد حذف سياق

العناصر الأساسية:

IE اسم	الوصف
السبب	رمز النجاح أو الخطأ

إدارة المسار

طلب / استجابة الصدى

الاتجاه: ثنائي الاتجاه

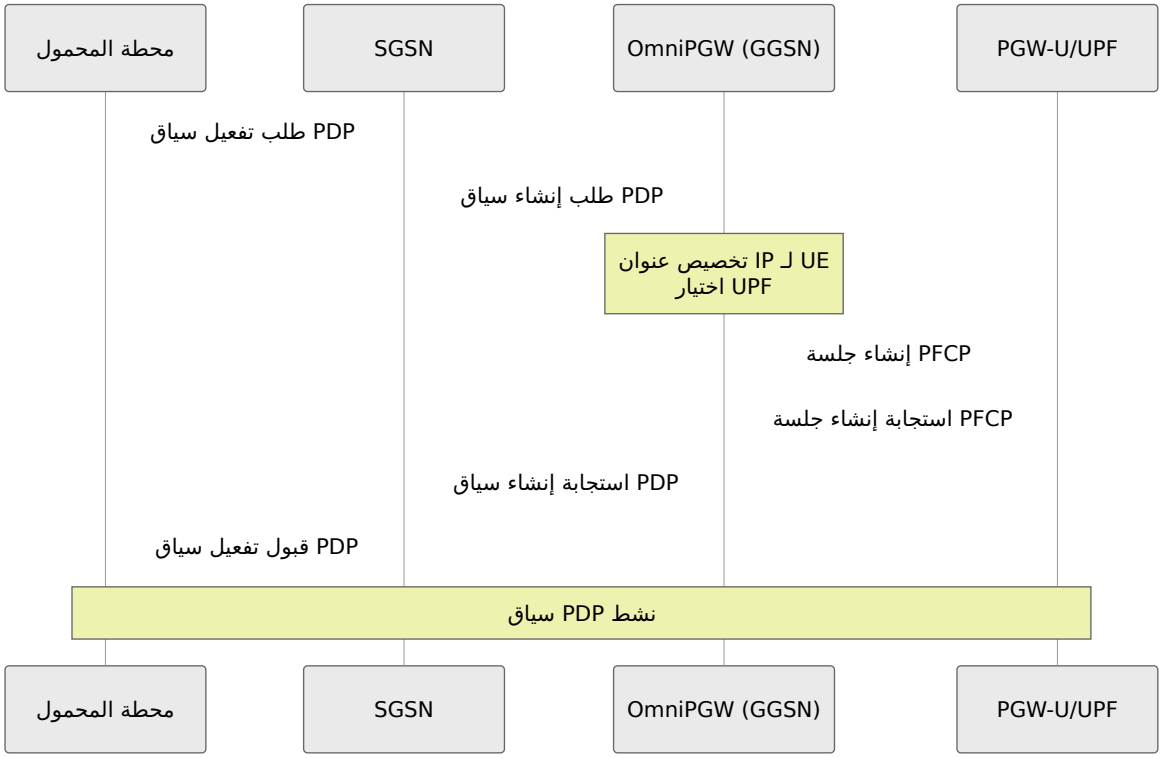
الغرض: إبقاء المسار نشط واكتشاف إعادة التشغيل

العناصر الأساسية:

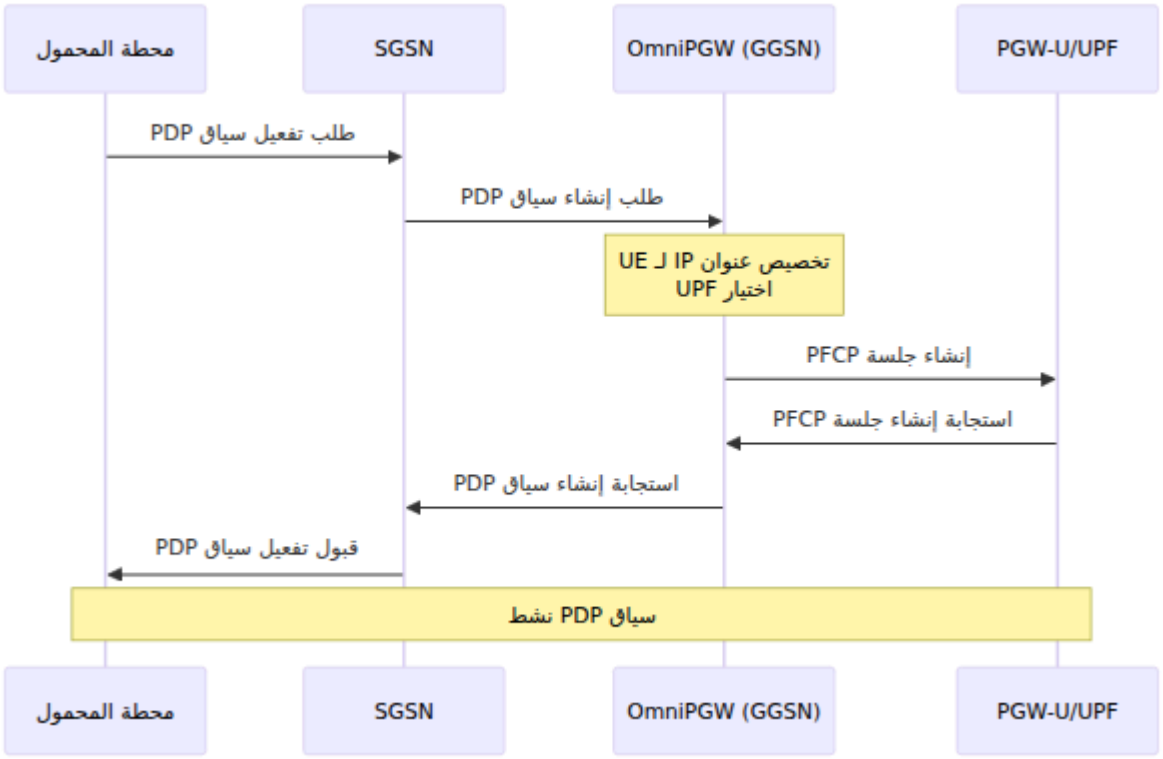
IE اسم	الوصف
الاسترداد	عداد إعادة التشغيل لاكتشاف إعادة تشغيل العقد

تدفقات الرسائل

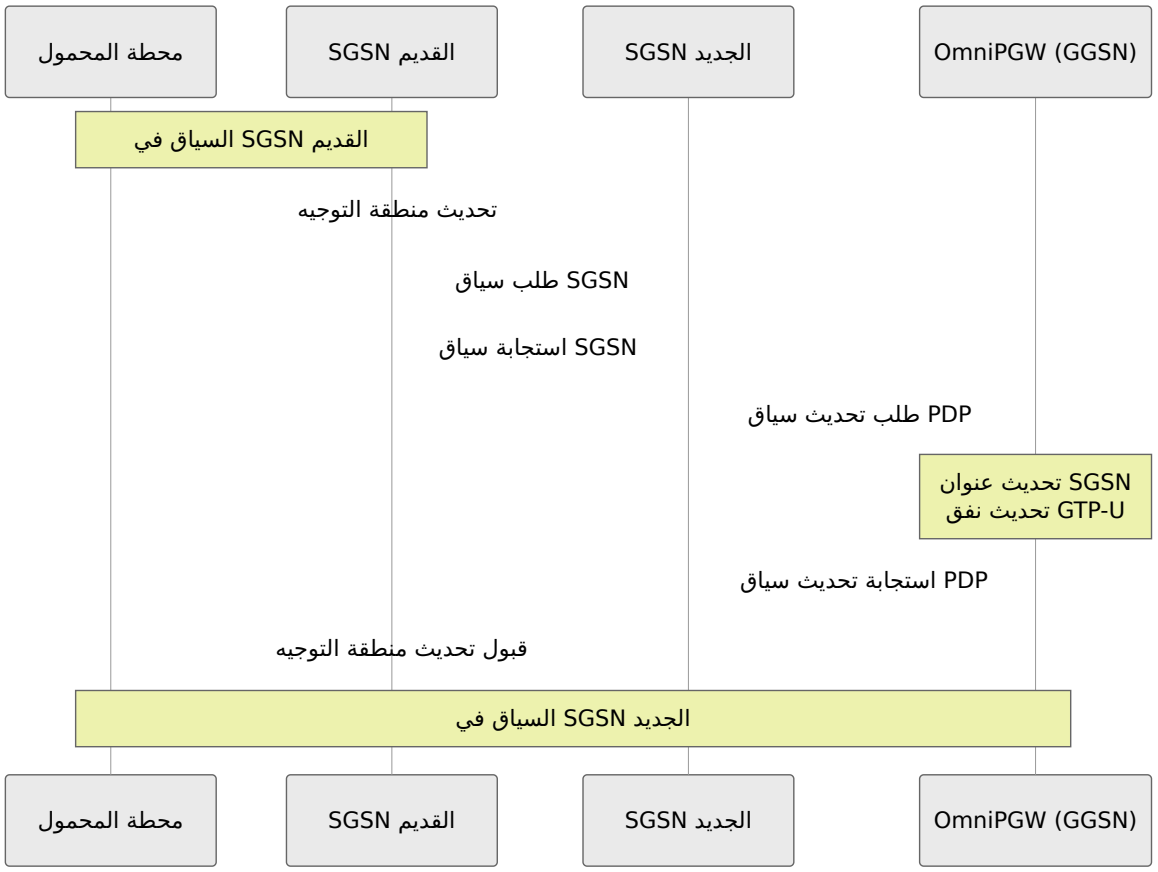
تفعيل سياق PDP



إلغاء تفعيل سياق PDP



نقل بين SGSN



البنية التحتية المشتركة

تشارك وظيفة GGSN لـ OmniPGW البنية التحتية مع وضع PGW:

تخصيص عنوان IP لـ UE

يستخدم نفس AddressRegistry وتكوين الشبكة الفرعية مثل PGW. انظر تخصيص IP لـ UE لتفاصيل التكوين.

إدارة جلسة UPF/PFCP

يستخدم نفس إنشاء جلسة PFCP مثل PGW:

- يتم إنشاء قواعد PDR/FAR/QER لكل سياق PDP
- اختيار UPF عبر نفس تكوين upf_selection

- للتفاصيل PFCP انظر واجهة

الشحن عبر الإنترنت (Gy)

تتوفر تكامل Diameter Gy الاختياري:

- التحكم في الائتمان للمشتركين المدفوعين مسبقًا
- مثل وضع Gy نفس تكوين PGW
- للتكوين Diameter Gy انظر واجهة

توليد CDR

يستخدم نفس توليد CDR مثل PGW. انظر تنسيق CDR للتفاصيل للبيانات.

رموز الأسباب

النجاح

الرمز	الاسم	الوصف
128	الطلب مقبول	عملية ناجحة

أسباب الرفض

الرمز	الاسم	عند الاستخدام
192	غير موجود	لم يتم العثور على سياق PDP
193	تنسيق رسالة غير صالح	رسالة GTP مشوهة
194	IMSI غير معروف	لم يتم العثور على المشترك
195	MS مفصول عن GPRS	MS غير متصل
196	MS لا يستجيب لـ GPRS	MS غير متاح
197	MS يرفض	MS رفض الطلب
198	الإصدار غير مدعوم	عدم توافق إصدار GTP
199	لا توجد موارد متاحة	استنفاد الموارد
200	الخدمة غير مدعومة	خدمة غير مدعومة
201	IE إلزامي غير صحيح	IE فشل التحقق من
202	IE إلزامي مفقود	IE مطلوب غائب
203	IE اختياري غير صحيح	IE اختياري غير صالح
204	فشل ��لنظام	خطأ داخلي
205	قيود التجوال	التجوال غير مسموح به
206	P-TMSI عدم تطابق توقيع	فشل أمني
207	GPRS تم تعليق اتصال	الاتصال معلق
208	فشل المصادقة	فشل المصادقة

الرمز	الاسم	عند الاستخدام
209	فشل مصادقة المستخدم	فشل مصادقة المستخدم

المراقبة

مقاييس واجهة Gn

```
# عدادات الرسائل
gn_inbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_request"}
gn_inbound_messages_total{message_type="update_pdp_context_request"}
gn_inbound_messages_total{message_type="delete_pdp_context_request"}

gn_outbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_response"
gn_outbound_messages_total{message_type="update_pdp_context_response"
gn_outbound_messages_total{message_type="delete_pdp_context_response"

# زمن المعاملة
gn_outbound_transaction_duration_bucket
```

استعلامات مفيدة

معدل إنشاء سياق PDP:

```
rate(gn_inbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_reque
[5m])
```

معدل النجاح:

```
sum(rate(gn_outbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_
[5m]))
  /
sum(rate(gn_inbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_r
[5m]))
```

سياقات PDP النشطة:

```
gn_inbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_request"}
  -
gn_inbound_messages_total{message_type="delete_pdp_context_request"}
```

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

المشكلة: لا استجابة لطلب إنشاء سياق PDP

الأعراض:

- SGSN يرسل طلب إنشاء سياق PDP
- لا استجابة مستلمة
- SGSN انتهاء الوقت في

الأسباب المحتملة:

1. مشكلة في الاتصال بالشبكة
2. OmniPGW لا تستمع على IP المكون
3. جدار الحماية يمنع UDP 2123
4. UPF/PFCP فشل إنشاء

التصحيح:

```
# تحقق من أن OmniPGW تستمع
netstat -ulnp | grep 2123

# تحقق من الحزم الواردة
tcpdump -i any -n port 2123

# تحقق من التكوين
grep "local_ipv4_address" config/runtime.exs

# تحقق من الاتصال PFCP
curl http://pgw:9090/metrics | grep pfcp
```

المشكلة: تم رفض إنشاء سياق PDP

الأعراض:

- استجابة إنشاء سياق PDP مع سبب الخطأ
- لم يتم إنشاء سياق PDP

الأسباب الشائعة:

```
السبب 199 (لا توجد موارد متاحة):
  → نفاد مجموعة IP
  → تحقق: curl http://pgw:9090/metrics | grep
address_registry_count
  → توسيع مجموعة IP في ue.subnet_map

السبب 202 (IE إلزامي مفقود):
  → SGSN لا يرسل IEs المطلوبة
  → تحقق من تكوين SGSN
  → مراجعة الرسالة في tcpdump

السبب 204 (فشل النظام):
  → فشل UPF/PFCP
  → تحقق من حالة ارتباط PFCP
  → مراجعة سجلات OmniPGW
```

المشكلة: فشل تحديث سياق PDP

الأعراض:

- استجابة تحديث سياق PDP مع سبب الخطأ
- فشل النقل

الأسباب المحتملة:

- لم يتم العثور على سياق PDP (TEID مختلف)
- عدم تطابق NSAPI
- تم حذف الجلسة بالفعل

التصحيح:

```
# تحقق من الجلسات النشطة
curl http://pgw:9090/metrics | grep session_count

# مراجعة السجلات للبحث عن السياق
journalctl -u omnipgw | grep "PDP Context"
```

أفضل الممارسات

تصميم الشبكة

1. **المنفذ المشترك مع S5/S8**
    - تشترك Gn و S5/S8 في منفذ UDP 2123
    - يقوم OmniPGW بالكشف التلقائي عن إصدار GTP من الرسالة
    - يمكن أن يخدم IP 2 واحد كل من 3G/4G و 4G
2. **اتصال SGSN**
    - تأكد من أن جميع SGSNs يمكنها الوصول إلى عنوان IP لـ GGSN
    - ضع في اعتبارك VLAN مخصص لحركة مرور Gn
    - إذا كان ذلك مناسبًا (Gp) خطط للتجوال

3. **تخطيط عنوان IP**

    - كل من أوضاع IP تخدم نفس مجموعات GGSN و PGW
    - ضع في اعتبارك مجموعات قائمة على APN 2 لـ منفصلةG/3G

الأداء

1. **سعة الجلسة**

    - راقب مقياس `session_count`
    - خطط لعدد المشتركين المتوقعين في 2 G/3G
    - ضع في اعتبارك أن 2 G/3G عادةً ما تحتوي على عدد أقل من الجلسات المتزامنة

2. **أحجام مؤقتات UDP**

    - نفس التوصيات مثل S5/S8
    - المعتاد: 4-8 ميغابايت لكل مقبس

اعتبارات الهجرة

عند الانتقال من GGSN المستقل إلى OmniPGW:

1. **تكوين APN**

    - تأكد من أن APNs تتطابق مع تكوين GGSN الحالي
    - تحقق من إعدادات خادم DNS في PCO

2. **هجرة مجموعة IP**

    - خطط بعناية لقطع مجموعة IP
    - ضع في اعتبارك الهجرة التدريجية لكل APN

3. **تخطيط QoS**

    - يتم قبول ملفات تعريف QoS R99 كما هي
    - لا حاجة لترجمة QCI 2 لـG/3G

الوثائق ذات الصلة

الوظائف الأساسية

- **دليل التكوين** - مرجع تكوين كامل
- **إدارة الجلسات** - تفاصيل دورة حياة الجلسة
- **تخصيص IP لـ UE** - إدارة عنوان IP
- **تكوين PCO** - خيارات تكوين البروتوكول

الواجهات ذات الصلة

- **واجهة S5/S8** - واجهة مكافئة لـ 4G/LTE
- **واجهة PFCP** - تنسيق مستوى المستخدم
- **واجهة Diameter Gy** - الشحن عبر الإنترنت

العمليات

- **دليل المراقبة** - المقاييس والتنبيهات
- **استكشاف الأخطاء وإصلاحها** - المشكلات الشائعة
- **تنسيق CDR للبيانات** - توليد CDR

المراجع

- 3GPP TS 29.060 - بروتوكول نفق GPRS (GTP) عبر واجهة Gn و Gp
- 3GPP TS 23.060 - وصف الخدمة؛ خدمة الراديو العامة للحزم (GPRS)
- 3GPP TS 24.008 - مواصفة الطبقة 3 لواجهة الراديو المحمولة (ملفات تعريف QoS)

العودة إلى فهرس الوثائق

واجهة OmniPGW Gn/Gp - *بواسطة خدمات الشبكة OmniTouch*

دعم PDN لـ IPv6 / Dual-Stack (IPv4v6)

دليل شامل لتشغيل اتصالات PDN القابلة لـ IPv6 عبر OmniPGW (طبقة التحكم) و OmniUPF (طبقة المستخدم). تغطي هذه الصفحة كيفية التفاوض على نوع PDN المطلوب وإشعاره، والتكوين على كلا العقدتين، وكيفية تحقيق إمكانية الوصول إلى UE لـ IPv6 باستخدام التوجيه الديناميكي.

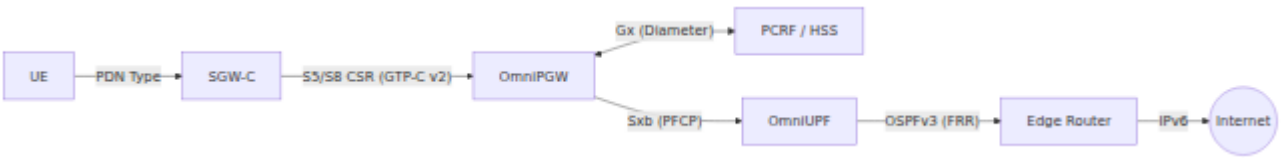
للحصول على نموذج مجموعة عناوين UE التفصيلي (مطابقة APN، معالجة التصادم، التخصيص)، راجع تخصيص مجموعة IP لـ UE. بالنسبة لواجهات Gx و PFCP بشكل عام، راجع PFCP/Sxb و Diameter Gx.

جدول المحتويات

- نظرة عامة
- أنواع PDN
- تدفق من النهاية إلى النهاية
- تكوين PGW-C
- طبقة المستخدم (OmniUPF)
- جداول مرجعية
- استكشاف الأخطاء وإصلاحها

نظرة عامة

يتم طلب نوع PDN من (ثنائي المكدس). **IPv4v6** أو **IPv6** أو **IPv4** يمكن أن تكون اتصال PDN في الاستجابة. يتطلب PGW-C ويتم تأكيده بواسطة GTPv2 في طلب إنشاء جلسة UE/SGW قبل تقديم PDN IPv6 من النهاية إلى النهاية سلوكًا منسقًا عبر ثلاث واجهات وكلا العقدتين:



العقدة / الواجهة	المسؤولية عن IPv6
OmniPGW — S5/S8	التفاوض على نوع PDN؛ تخصيص عنوان/عناوين UE؛ إرجاع تخصيص عنوان PDN (PAA)
OmniPGW — Gx	نقل عنوان UE إلى PCRF: `Framed-IP-Address` (IPv4) لـ PDNs IPv4/IPv4v6، `Framed-IPv6-Prefix` لـ PDNs IPv6-only
OmniPGW — Sxb	إشارة عنوان IPv6 لـ UE ونوع PDN إلى UPF عبر PFCP
OmniUPF — طبقة البيانات	في الاتجاه النزولي؛ توجيه/تغليف حركة مرور IPv6 برمجة البحث عن IPv6 المستخدم
OmniUPF — FRR	الإعلان عن كل مسار مضيف IPv6 `/128` لـ UE إلى جهاز التوجيه الطرفي عبر OSPFv3

المراجع: 3GPP TS 29.274 (GTPv2-C)، 3GPP TS 29.212 (Gx)، 3GPP TS 29.244 (PFCP).

أنواع PDN

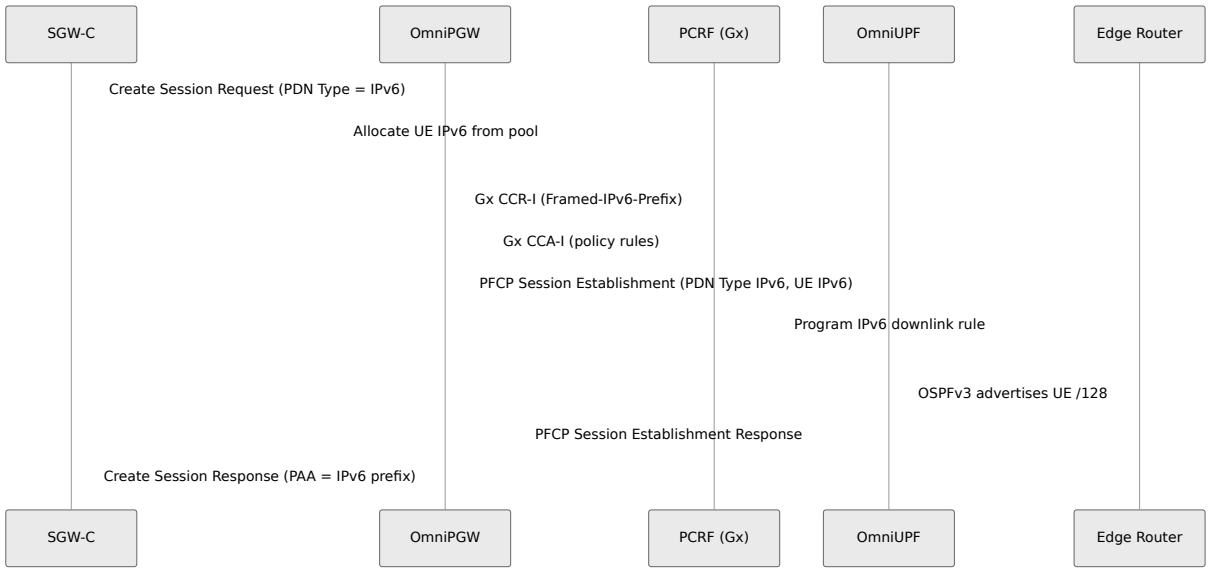
القيمة	نوع PDN	UE يتلقى	محتويات PAA (TS 29.274 §8.14)
1	IPv4	عنوان IPv4	مكون من 4 بايت عنوان IPv4
2	IPv6	بادئة IPv6 (/64)	16 بايت طول البادئة + عنوان مكون من 16 بايت
3	IPv4v6	عنوان IPv4 + بادئة IPv6	16 بايت طول البادئة + 4 بايت IPv6 + 4 بايت IPv4

يستمد PGW-C نوع PDN الفعال من **PDN Type IE**، ويتراجع إلى نوع **PAA IE** إذا كان PDN Type IE في PFCP و SGW، المعادة إلى PAA غالبًا. نفس النوع المتفاوض عليه يقود

المرسلة إلى UPF، وأي عائلة عنوان/عائلات يتم تخصيصها.

> **IPv4v6 بدون مجموعة IPv6.** إذا تم طلب PDN IPv4v6 ولكن APN المتطابق ليس IPv4-only إلى PDN لا يتعطل؛ بل إما أن يقوم بتقليل PGW-C مُكون، فإن IPv6 لديه نطاق طارئ (SOS). راجع طلب IPv4v6 عندما لا يرفضه، اعتمادًا على ما إذا كان APN هو APN يحتوي على مجموعة IPv6.

تدفق من النهاية إلى النهاية



يتم التعامل مع طلب إنشاء جلسة مُعاد إرساله (نفس رقم التسلسل) بشكل غير متغير وينتج نفس الاستجابة.

تكوين PGW-C

مجموعة عنوان IPv6 لـ UE

تُستخرج عناوين UE من مجموعات APN تحت مفتاح `ue.subnet_map` في `runtime.exs`. أو ثنائي المكدس. يتم تحليل IPv6 يجب أن يقدم APN لأي CIDR IPv4 بجانب CIDR IPv6 أضف المجموعة تلقائيًا حسب عائلة العنوان.

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # اسم APN => قائمة من سلاسل CIDR (IPv4 و/أو IPv6)
      default: [
        "100.64.16.0/24",
        "2001:db8:6f85:70::/64"
      ]
    }
  }
```

المعلمة	النوع	مطلوب	الافتراضي	الوصف
`ue.subnet_map`	خريطة	نعم	-	يربط اسم APN (أو `:default` بقائمة من) سلاسل CIDR. `:default` هو الخيار الاحتياطي عندما لا يتطابق أي إدخال خاص بـ APN.
(عناصر القائمة)	سلسلة (CIDR)	نعم	-	بادئة IPv4 (مثل `100.64.16.0/24`) أو IPv6 (مثل `2001:db8:6f85:70::/64`). يتم اكتشاف عائلة العنوان من السلسلة. يتم استخراج عناوين UE IPv6 من داخل البادئة المكونة ويتم الإشارة إلى `/64` إلى UE.

> والعناوين الثابتة، وخوارزمية APN العادي، والمجموعات المتعددة لكل APN لمطابقة تعبير التخصيص، راجع تخصيص مجموعة IP لـ UE.

يدعم APN **كلا** الذي يحتوي على CIDR IPv4 و IPv6 PDNs IPv4 و IPv6 ؛ يقومIPv4v6 المتفاوض عليه PDN بالتخصيص من أي عائلة/عائلات يتطلبها نوع PGW-C (بالنسبة لـ IPv4v6، عنوان واحد من كل).

Gx (Framed-IPv6-Prefix)

لا يتطلب Gx. يقوم PGW-C بتعيين عنوان Gx المؤطر AVP من عنوان UE أي تكوين إضافي. حسب العائلة:

- **PDN IPv6-only** — يتم نقل بادئة IPv6 لـ UE باستخدام `Framed-IPv6-Prefix` AVP (RFC 3162 §2.3)، وليس `Framed-IP-Address` (فقط IPv4 الذي يحمل).
- **PDNs IPv4 و IPv4v6** — يتم نقل عنوان IPv4 لـ UE في `Framed-IP-Address`. بالنسبة لـ IPv4v6، لا يتم حمل بادئة IPv6 على Gx (تُشتق AVPs عنوان UE وإلى PFCP عبر UPF تُشير إلى IPv6 ؛ لا تزال بادئة(IPv4 من عنوان CCR المؤطر في PAA.

بالنسبة لمشترك IPv6-only، يجب تجهيز PCRF ليكون قادرًا على معالجة `Framed-IPv6-Prefix` وتفشل الجلسة — راجع استكشاف الأخطاء وإصلاحها. خلاف ذلك، يتم إسقاط Credit-Control-Request ؛

طبقة المستخدم (OmniUPF)

لكي تحمل PDN IPv6 حركة المرور، يجب أن يكون OmniUPF مفعلًا لـ IPv6، وبرمجة البحث عن IPv6، والإعلان عن كل مسار مضيف، التي يرسلها PGW-C في PFCP في الاتجاه النزولي من جلسة IPv6 حتى يتم جذب حركة المرور في (عبر OSPFv3) إلى جهاز التوجيه الطرفي لـ UE IPv6 `/128` الاتجاه النزولي إلى UPF.

تلك هي اهتمامات طبقة المستخدم المكونة على OmniUPF، وليس PGW-C. راجع **دليل OmniUPF لـ IPv6 / Dual-Stack** لإعدادات النواة، ومجموعة UE لـ UPF، وإعلانات مسار OSPFv3. من منظور PGW-C، المتطلب الوحيد هو أن يدعم UPF المختار IPv6 — يقوم PGW-C بإشارة عنوان IPv6 لـ UE ونوع PDN عبر PFCP (راجع PFCP/Sxb).

جداول مرجعية

تخصيص عنوان PDN (PAA) — TS 29.274 §8.14

نوع PDN	تخطيط حقل العنوان
IPv4	عنوان IPv4: 4 بايت
IPv6	بايت طول البادئة IPv6 + 16 بايت بادئة/عنوان 1
IPv4v6	4 بايت IPv4 + بايت طول البادئة IPv6 + 16 بايت 1

عنوان Gx المؤطر AVPs

AVP	الرمز	العائلة	التنسيق	المرجع
`Framed-IP-Address`	8	IPv4	عنوان مكون من 4 بايت	RFC 4005
`Framed-IPv6-Prefix`	97	IPv6	بايت محجوز + طول البادئة + البادئة	RFC 3162 §2.3

PFCP PDN Type IE — TS 29.244

القيمة	المعنى
1	IPv4
2	IPv6
3	IPv4v6

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

انتهاء وقت Gx CCR لجلسات IPv6

الأعراض: تنجح جلسات IPv4 لمشترك، ولكن جلسات IPv6/IPv4v6 تعيد السبب `remote_peer_not_responding`؛ تنتهي مدة صلاحية Gx Credit-Control-Request.

الأسباب المحتملة:

- لا يمكن لـ PCRF معالجة AVP `Framed-IPv6-Prefix` ويتجاهل الطلب بصمت.
- المشترك غير مُجهز لـ IPv6 على PCRF/HSS.

الحل:

1. تأكد من تجهيز المشترك وتمكينه على PCRF/HSS.
2. تحقق من أن PCRF يقبل `Framed-IPv6-Prefix` لـ Gx CCR-I.
3. قارن مع جلسة IPv4 لنفس المشترك لعزل سلوك IPv6 المحدد.

تم قبول جلسة IPv6 ولكن حركة المرور في الاتجاه النزولي لا تصل إلى UE

الأعراض: يحمل رد إنشاء الجلسة PAA IPv6، وتعمل الاتجاهات الصاعدة، ولكن يتم إسقاط حركة المرور من الشبكة إلى UE.

هذه مسألة تتعلق بطبقة المستخدم (OmniUPF) — لقد قام PGW-C بالفعل بتخصيص العنوان وأشار إليه عبر PFCP. السبب المعتاد هو أن مسار مضيف UE `/128` لا يصل إلى جهاز التوجيه الطرفي (OSPFv3 على مجاور/تشغيل قيد غير UPF، أو تأخير التقارب). راجع دليل OmniUPF لـ IPv6 / Dual-Stack لتكوين إعلان المسار واستكشاف الأخطاء وإصلاحها.

لم يتم تخصيص عنوان IPv6

الأعراض: تم رفض طلب PDN IPv6، أو لم يتم إرجاع أي PAA IPv6.

الأسباب المحتملة:

- APN المتطابق (أو `:default`) ليس لديه CIDR IPv6 في `ue.subnet_map`.
- تم استنفاد مجموعة IPv6 المكونة.

الحل:

1. أضف CIDR IPv6 إلى إدخال APN في `ue.subnet_map` (انظر تكوين PGW-C).
2. تأكد من أن المجموعة تحتوي على عناوين مجانية.

طلب IPv4v6 على مجموعة APN عندما لا يحتوي IPv6

الأعراض: يطلب UE PDN **IPv4v6** ضد APN يحتوي فقط على CIDR IPv4 مُكون في `ue.subnet_map` (لا يوجد نطاق IPv6). اعتمادًا على APN، إما أن تظهر الجلسة **IPv4-only** أو يتم **رفضها**.

السلوك: يُبلغ مُخصص IPv6 المتطابقة على قائمة APN عندما تحتوي IPv6 أنه لا توجد مجموعة IPv6 فارغة، بدلاً من تعطل عملية الجلسة. ثم تختار إجراء الجلسة حسب نوع APN (حسب TS 29.274 / TS 23.401 معالجة ناقل عنوان واحد / خفض نوع PDN):

نوع APN	النتيجة	ما يراه UE / PCRF / UPF
APN طارئ (SOS)	**تقليل إلى IPv4-only** — تخصيص عنوان IPv4، مسح عنوان IPv6، تعيين نوع PDN المتفاوض عليه إلى `IPv4`.	PAA، نوع PDN PFCP و IP UE يحمل؛ Gx هي IPv4-only PFCP. لا يزال يتم `Framed-IP-Address`. حتى إرجاع **P-CSCF في PCO** يمكن أن تستمر تسجيل IMS الطارئ. يتم تسجيل `تحذ ير`.
APN عادي	**رفض** — لا يتم تقليل الجلسة بصمت؛ يتم عرض `{:error, :no_ipv6_pool}` حتى تكون التكوين الخاطئ (أو الطلب غير المدعوم حقًا) مرئيًا. يتم تسجيل `خطأ`.	فشل إنشاء الجلسة بسبب سبب غير ناجح.

يتم التعرف على APN الطارئ من خلال اسمه: يحتوي APN على `"sos"` (مثل `sos`، `sos.mnc410.mcc310.gprs`). يتم أيضًا رفض الطلبات IPv6-only ضد APN بدون مجموعة IPv6.

> في الممارسة العملية، عادةً ما يقوم MME بتقليل طلب IPv4v6 لمشترك عادي إلى IPv4، لذا فإن مسار الرفض هو احتياطي لطلب PGW-C الذي اشترك فيه قبل أن يصل الطلب إلى

> على اتصالات SOS يحافظ مسار تقليل .IPv6 الذي يصل حقًا بدون مجموعة IPv4v6 الطوارئ IPv4-only. على الاتصال في نشر (مثل 911/112)

الحل:

1. إلى إدخال CIDR IPv6 عادي يجب أن يقدم ثنائي المكدس، أضف APN بالنسبة لـ APN في `ue.subnet_map` (انظر تكوين PGW-C).
2. لا يلزم اتخاذ أي إجراء — فإن، IPv4-only في نشر (SOS) طارئ APN النسبة لـ��
   فقط إذا كنت تنوي أن تكون CIDR IPv6 هو أمر مقصود. أضف IPv4-only تقليل
   PDNs SOS ثنائية المكدس.

دليل مراقبة ومقاييس OmniPGW

تكامل بروميثيوس والمراقبة التشغيلية

بواسطة خدمات شبكة أومنيتوتش

جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. نقطة نهاية المقاييس
3. المقاييس المتاحة
4. تكوين بروميثيوس
5. لوحات معلومات غرافانا
6. التنبيهات
7. مراقبة الأداء
8. استكشاف مشكلات المقاييس

نظرة عامة

يوفر OmniPGW نهجين تكميليين للمراقبة:

1. واجهة برمجة التطبيقات REST OAM (مغطاة بإيجاز هنا، مفصلة **في الوقت الحقيقي** في وثائق الواجهة المعنية)

- عارض الجلسات الحية (`GET /api/sessions`)
- حالة نظير PFCP (`GET /api/upf`)
- اتصال نظير Diameter (`GET /api/diameter`)
- فحص الجلسة الفردية (`GET /api/sessions/<imsi>`)

2. (التركيز الرئيسي لهذا المستند) **مقاييس بروميثيوس**

- الاتجاهات التاريخية والتحليل
- التنبيهات والإشعارات
- مقاييس الأداء
- تخطيط السعة

يركز هذا المستند على **مقاييس بروميثيوس**. للحصول على واجهة برمجة التطبيقات REST (المقدمة عبر HTTPS تحت بادئة `/api`، على المنفذ `8443`، انظر OAM):

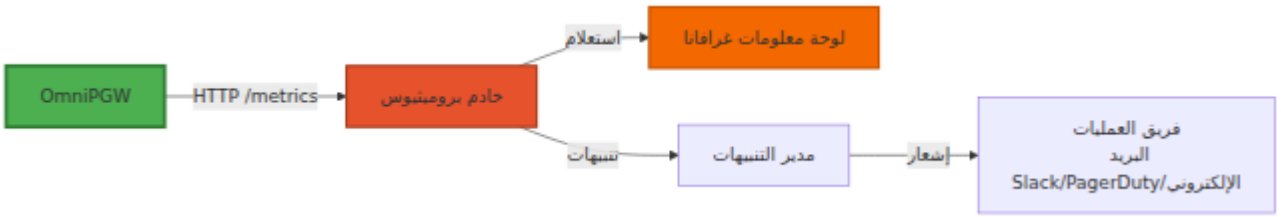
- إدارة الجلسات - واجهة برمجة التطبيقات للجلسات
- واجهة برمجة التطبيقات للمراقبة - واجهة PFCP
- واجهة برمجة التطبيقات لمراقبة النظير - Diameter Gx

نظرة عامة على مقاييس بروميثيوس

يكشف OmniPGW، عن **مقاييس متوافقة مع بروميثيوس** لمراقبة شاملة لصحة النظام، والأداء، والسعة. وهذا يمكّن فرق العمليات من:

- **مراقبة صحة النظام** - تتبع الجلسات النشطة، والتخصيصات، والأخطاء
- **تخطيط السعة** - فهم اتجاهات استخدام الموارد
- **تحليل الأداء** - قياس زمن معالجة الرسائل
- **التنبيهات** - إشعار استباقي بالمشكلات
- **تصحيح الأخطاء** - تحديد الأسباب الجذرية للمشكلات

بنية المراقبة



نقطة نهاية المقاييس

التكوين

قم بتمكين المقاييس في `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  metrics: %{
    enabled: true,
    ip_address: "127.0.0.42",       # عنوان الربط الافتراضي (استخدم "0.0.0.0" للكشف عن جميع الواجهات)
    port: 9090,                      # المنفذ الافتراضي لـ HTTP
    registry_poll_period_ms: 10_000  # فترة الاستطلاع لمقاييس الاستطلاع (الافتراضي 10 ثواني)
  }
```

> **ملاحظة:** الإعدادات الافتراضية المرسلة تربط نقطة نهاية المقاييس بـ `ip_address` إلى عنوان `127.0.0.42:9090`. لكشطها من بروميثيوس عن بُعد، قم بتعيين `"0.0.0.0"` (مثل) يمكن الوصول إليه.

الوصول إلى المقاييس

نقطة نهاية HTTP:

```
http://<omnipgw_ip>:<port>/metrics
```

مثال:

```
curl http://10.0.0.20:9090/metrics
```

تنسيق الإخراج

تُعرض المقاييس في **تنسيق نص بروميثيوس**:

```
# HELP teid_registry_count عدد TEID المسجل للجلسات
# TYPE teid_registry_count gauge
teid_registry_count 150

# HELP address_registry_count عدد العناوين المسجلة للجلسات
# TYPE address_registry_count gauge
address_registry_count 150

# HELP s5s8_inbound_messages_total العدد الإجمالي للرسائل المستلمة
من نظائر S5/S8
# TYPE s5s8_inbound_messages_total counter
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
1523
s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}
1487
```

المقاييس المتاحة

يكشف OmniPGW عن الفئات التالية من المقاييس:

مقاييس الجلسات

أعداد الجلسات النشطة:

اسم المقياس	النوع	الوصف
`teid_registry_count`	Gauge	الجلسات النشطة S5/S8 (عدد TEID)
`seid_registry_count`	Gauge	الجلسات النشطة PFCP (عدد SEID)
`gx_session_id_registry_count`	Gauge	الجلسات النشطة Gx (عدد معرف الجلسة Diameter)
`gy_session_id_registry_count`	Gauge	الجلسات النشطة Gy (عدد معرف الجلسة Diameter)
`session_registry_count`	Gauge	الجلسات النشطة (أزواج IMSI، EBI)
`address_registry_count`	Gauge	عناوين IP المخصصة للـ UE
`charging_id_registry_count`	Gauge	معرفات الشحن النشطة للبيانات CDR (انظر تنسيق CDR لسجلات فواتير)
`sxb_sequence_number_registry_count`	Gauge	الاستجابات المعلقة لـ PFCP (في انتظار الاستجابة)
`s5s8_sequence_number_registry_count`	Gauge	الاستجابات المعلقة لـ S5/S8 (في انتظار الاستجابة)
`sxb_peer_registry_count`	Gauge	عدد عمليات نظير PFCP المسجلة

الاستخدام:

```
# الجلسات النشطة الحالية
teid_registry_count

# (لكل ثانية) معدل إنشاء الجلسات
rate(teid_registry_count[5m])

# ذروة الجلسات في الساعة الم
max_over_time(teid_registry_count[1h])
```

دورة حياة الجلسة والحامل:

تزداد العدادات مع إنشاء وتعديل وتفكيك جلسات PDN والحوامل.

الوصف	التسميات	النوع	اسم المقياس
إنشاء جلسات PDN، حسب النتيجة (نجاح/فشل)، سبب GTP، نوع PDN ونوع RAT	`result`, `cause`, `pdn_type`, `rat_type`	Counter	`pgw_session_create_total`
حذف جلسات PDN، حسب نوع PDN	`pdn_type`	Counter	`pgw_session_delete_total`
طلبات تعديل الحامل التي تم التعامل معها بنجاح	-	Counter	`pgw_session_modify_total`
الحوامل التي تم إنشاؤها، حسب النوع (افتراضي/مخصص) وQCI	`type`, `qci`	Counter	`pgw_bearer_create_total`
الحوامل التي تم حذفها، حسب النوع (افتراضي/مخصص)	`type`	Counter	`pgw_bearer_delete_total`

الاستخدام:

```
# نسبة نجاح إعداد الجلسة (آخر 5 دقائق)
sum(rate(pgw_session_create_total{result="success"}[5m])) /
sum(rate(pgw_session_create_total[5m]))

# إعدادات الجلسات الفاشلة حسب السبب
sum(rate(pgw_session_create_total{result="failure"}[5m])) by
(cause)
```

مجموعة عناوين IP للـ UE

تُستطلع مقاييس استخدام المجموعة بشكل دوري؛ يتم احتساب فشل التخصيص عند حدوثه. انظر تخصيص IP للـ UE.

اسم المقياس	النوع	التسميات	الوصف
`ue_pool_addresses_allocated`	Gauge	`pool`, `ip_version`	عناوين IP للـ UE المخصصة حاليًا من مجموعة
`ue_pool_addresses_total`	Gauge	`pool`, `ip_version`	إجمالي عناوين IP للـ UE المتاحة في مجموعة
`ue_pool_addresses_utilization_ratio`	Gauge	`pool`, `ip_version`	الكسر (0.0–1.0) من مجموعة مخصصة حاليًا
`ue_ip_allocation_failures_total`	Counter	`ip_version`, `reason`	فشل تخصيص IP للـ UE (مثل نفاد لمجموعة، تصادم ثابت)

الاستخدام:

```
# المجموعات فوق 80% استخدام
ue_pool_addresses_utilization_ratio > 0.8

# معدل فشل التخصيص حسب السبب
sum(rate(ue_ip_allocation_failures_total[5m])) by (reason)
```

عدادات الرسائل

رسائل S5/S8 (GTP-C):

اسم المقياس	النوع	التس��يات	الوصف
`s5s8_inbound_messages_total`	Counter	`message_type`	إجمالي رسائل S5/S8 الواردة
`s5s8_outbound_messages_total`	Counter	`message_type`	إجمالي رسائل S5/S8 الصادرة
`s5s8_inbound_errors_total`	Counter	`message_type`	أخطاء معالجة S5/S8 الواردة
`s5s8_outbound_errors_total`	Counter	`message_type`	أخطاء معالجة S5/S8 الصادرة

أنواع الرسائل:

- `create_session_request`
- `create_session_response`
- `delete_session_request`
- `delete_session_response`
- `create_bearer_request`
- `delete_bearer_request`

رسائل Sxb (PFCP):

اسم المقياس	النوع	التسميات	الوصف
`sxb_inbound_messages_total`	Counter	`message_type`	إجمالي رسائل PFCP الواردة
`sxb_outbound_messages_total`	Counter	`message_type`	إجمالي رسائل PFCP الصادرة
`sxb_inbound_errors_total`	Counter	`message_type`	أخطاء معالجة PFCP الواردة
`sxb_outbound_errors_total`	Counter	`message_type`	أخطاء معالجة PFCP الصادرة
`sxb_outbound_responses_total`	Counter	`message_type`, `cause_code_class`, `peer_ip`	استجابات PFCP المرسلة، مصنفة حسب فئة رمز سبب PFCP ونظير UPF

أنواع الرسائل:

- `association_setup_request`
- `association_setup_response`

- `heartbeat_request`
- `heartbeat_response`
- `session_establishment_request`
- `session_establishment_response`
- `session_modification_request`
- `session_deletion_request`

رسائل Gx (Diameter):

اسم المقياس	النوع	التسميات	الوصف
`gx_inbound_messages_total`	Counter	`message_type`	إجمالي رسائل Diameter الواردة
`gx_outbound_messages_total`	Counter	`message_type`	إجمالي رسائل Diameter الصادرة
`gx_inbound_errors_total`	Counter	`message_type`	أخطاء معالجة Diameter الواردة
`gx_outbound_errors_total`	Counter	`message_type`	أخطاء معالجة Diameter الصادرة
`gx_outbound_responses_total`	Counter	`message_type`, `result_code_class`, `diameter_host`	استجابات Diameter المرسلة، مصنفة حسب فئة رمز النتيجة ونظير المضيف

أنواع الرسائل:

- `gx_CCA` (إجابة التحكم في الائتمان)
- `gx_CCR` (طلب التحكم في الائتمان)
- `gx_RAA` (إجابة إعادة المصادقة)
- `gx_RAR` (طلب إعادة المصادقة)

فئات رموز النتيجة (لـ `gx_outbound_responses_total`):

- `2xxx` - استجابات النجاح (مثل DIAMETER_SUCCESS 2001)
- `3xxx` - أخطاء بروتوكول (مثل DIAMETER_COMMAND_UNSUPPORTED 3001)
- `4xxx` - فشل مؤقت (مثل DIAMETER_AUTHENTICATION_REJECTED 4001)
- `5xxx` - فشل دائم (مثل DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY 5012)

أمثلة الاستخدام:

```
# مراقبة نسبة نجاح استجابة Gx
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="2xxx"}[5m]))
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# تتبع الفشل حسب مضيف PCRF
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}[5m]) by (

# عد إجمالي رسائل إجابة إعادة المصادقة الناجحة
gx_outbound_responses_total{message_type="gx_RAA",result_code_class="

# تنبيه على ارتفاع معدل الفشل لمحدد PCRF معين
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class=~"4xxx|5xxx",diame
[5m]) > 0.1
```

رسائل Gy (Diameter):

عدادات رسائل Gy الخاصة بالشحن عبر الإنترنت (OCS). انظر Diameter Gy للواجهة.

الوصف	التسميات	النوع	ا��م المقياس
إجمالي رسائل Gy الواردة	`message_type`	Counter	`gy_inbound_messages_total`
إجمالي رسائل Gy الصادرة	`message_type`	Counter	`gy_outbound_messages_total`
أخطاء معالجة Gy الواردة	`message_type`	Counter	`gy_inbound_errors_total`
أخطاء معالجة Gy الصادرة	`message_type`	Counter	`gy_outbound_errors_total`

أنواع الرسائل:

- `gy_CCA` (إجابة التحكم في الائتمان)
- `gy_CCR` (طلب التحكم في الائتمان)

رسائل Gn/Gp (GTPv1-C):

عدادات رسائل التحكم في GGSN Gn/Gp (2 لـ التشغيل البيني IG/3G SGSN). انظر واجهة Gn.

اسم المقياس	النوع	التسميات	الوصف
`gn_inbound_messages_total`	Counter	`message_type`	إجمالي رسائل Gn/Gp الواردة (من SGSN)
`gn_outbound_messages_total`	Counter	`message_type`	إجمالي رسائل Gn/Gp الصادرة (إلى SGSN)
`gn_inbound_errors_total`	Counter	`message_type`	أخطاء معالجة Gn/Gp الواردة
`gn_outbound_errors_total`	Counter	`message_type`	استجابات خطأ Gn/Gp المرسلة إلى SGSN

معالجة الأخطاء:

اسم المقياس	النوع	التسميات	الوصف
`rescues_total`	Counter	`module`, `function`	إجمالي الكتل التي تم إنقاذها (معالجة الاستثناءات)

مقاييس الكمون

مدة معالجة الرسائل الواردة:

اسم المقياس	النوع	التسميات	
`s5s8_inbound_handling_duration`	Histogram	`request_message_type`	
`gn_inbound_handling_duration`	Histogram	`request_message_type`	
`sxb_inbound_handling_duration`	Histogram	`request_message_type`	
`gx_inbound_handling_duration`	Histogram	`request_message_type`	

اسم المقياس	النوع	التسميات	
`gy_inbound_handling_duration`	Histogram	`request_message_type`	ة ة ((، ، ، م

مدة المعاملات الصادرة:

اسم المقياس	النوع	التسميات
`s5s8_outbound_transaction_duration`	Histogram	`request_message_type`
`gn_outbound_transaction_duration`	Histogram	`request_message_type`
`sxb_outbound_transaction_duration`	Histogram	`request_message_type`
`gx_outbound_transaction_duration`	Histogram	`request_message_type`

التسميات	النوع	اسم المقياس
`request_message_type`	Histogram	`gy_outbound_transaction_duration`

الأحواض (بالثواني):

- القيم: 0.0001، 0.0005، 0.001، 0.005، 0.01، 0.05، 0.1، 0.5، 1.0، 5.0
- (100µs، 500µs، 1ms، 5ms، 10ms، 50ms، 100ms، 500ms، 1s، 5s)

الاستخدام:

```
# الكمون في النسبة المئوية 95 لـ S5/S8
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# متوسط الكمون لـ PFCP
rate(sxb_inbound_handling_duration_sum[5m]) /
rate(sxb_inbound_handling_duration_count[5m])
```

مراقبة صحة UPF

مقاييس نظير UPF:

اسم المقياس	النوع	التسميات	الوصف
`upf_peers_total`	Gauge	-	إجمالي عدد نظائر UPF المسجلة
`upf_peers_healthy`	Gauge	-	عدد نظائر UPF الصحية (مرتبط + نبضات قلب OK)
`upf_peers_unhealthy`	Gauge	-	عدد نظائر UPF غير الصحية
`upf_peers_associated`	Gauge	-	عدد نظائر UPF المرتبطة بنشاط PFCP
`upf_peers_unassociated`	Gauge	-	عدد نظائر UPF بدون ارتباط PFCP
`upf_peer_associated`	Gauge	`peer_ip`	ما إذا كان UPF معين لديه ارتباط PFCP نشط (1/0)
`upf_peer_healthy`	Gauge	`peer_ip`	حالة صحة UPF معين (1=صحي، 0=غير صحي)
`upf_peer_missed_heartbeats`	Gauge	`peer_ip`	نبضات القلب المفقودة المتتالية لنظير UPF معين
`upf_heartbeat_rtt`	Histogram	`peer_ip`	زمن جولة طلب/استجابة نبض القلب PFCP (بالثواني)

الاستخدام:

```
# مراقبة صحة مجموعة UPF
upf_peers_healthy / upf_peers_total

# تنبيه على UPFs غير الصحية
upf_peers_unhealthy > 0

# تتبع صحة UPF معين
upf_peer_healthy{peer_ip="10.98.0.20"}

# تحديد UPFs التي تعاني من مشاكل في نبض القلب
upf_peer_missed_heartbeats > 2
```

أمثلة التنبيهات:

```yaml
# تنبيه عندما يتوقف UPF عن العمل
- alert: UPF_Peer_Down
  expr: upf_peer_healthy == 0
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "UPF {{ $labels.peer_ip }} متوقف"
    description: "لا يستجيب لنبضات القلب UPF نظير PFCP"

# تنبيه عندما تتوقف عدة UPFs عن العمل
- alert: UPF_Pool_Degraded
  expr: (upf_peers_healthy / upf_peers_total) < 0.5
  for: 2m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "مجموعة UPF متدهورة"
    description: "فقط {{ $value | humanizePercentage }} من UPFs صحية"

# تحذير بشأن نبضات القلب المفقودة
- alert: UPF_Heartbeat_Issues
  expr: upf_peer_missed_heartbeats > 2
  for: 30s
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "UPF {{ $labels.peer_ip }} مشاكل في نبض القلب"
    description: "{{ $value }} نبضات قلب مفقودة متتالية"
```

مراقبة صحة P-CSCF

مقاييس خادم P-CSCF:

اسم المقياس	النوع	التسميات	الوصف
`pcscf_fqdns_total`	Gauge	-	إجمالي FQDNs لـ P-CSCF التي يتم مراقبتها
`pcscf_fqdns_resolved`	Gauge	-	FQDNs لـ P-CSCF التي تم حلها بنجاح عبر DNS
`pcscf_fqdns_failed`	Gauge	-	FQDNs لـ P-CSCF التي فشلت في حل DNS
`pcscf_servers_total`	Gauge	-	إجمالي خوادم P-CSCF المكتشفة
`pcscf_servers_healthy`	Gauge	`fqdn`	خوادم P-CSCF الصحية لكل FQDN
`pcscf_servers_unhealthy`	Gauge	`fqdn`	خوادم P-CSCF غير الصحية لكل FQDN

انظر: دليل مراقبة P-CSCF لمتابعة صحة IMS بالتفصيل.

اتصال نظير Diameter

يتم استطلاعها بشكل دوري من كومة Diameter.

اسم المقياس	النوع	التسميات	الوصف
`diameter_peers_connected`	Gauge	`application`	عدد نظائر Diameter المتصلة حاليًا، حسب التطبيق (`gx`/`gy`/`all`)

الاستخدام:

```
# تنبيه عندما لا تكون هناك نظائر Gx (PCRF) متصلة
diameter_peers_connected{application="gx"} == 0
```

مقاييس الترخيص

حالة الترخيص:

اسم المقياس	النوع	الوصف
`license_status`	Gauge	حالة الترخيص الحالية (1 = صالح، 0 = غير صالح)

الاستخدام:

```
# تحقق مما إذا كان الترخيص صالحًا
license_status == 1

# تنبيه بشأن الترخيص غير الصالح
license_status == 0
```

مثال على التنبيه:

```
- alert: PGW_C_License_Invalid
  expr: license_status == 0
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "ترخيص PGW-C غير صالح أو منتهي"
    description: "حالة الترخيص غير صالحة - يتم حظر طلبات إنشاء الجلسة"
```

أثر الترخيص غير الصالح:

عندما يكون الترخيص غير صالح أو يكون خادم الترخيص غير قابل للوصول، سيتم **رفض طلبات إنشاء الجلسة** مع رمز سبب GTP-C "**لا توجد موارد متاحة" (73)**. وهذا مرئي في التقاطات الحزم كما هو موضح أدناه:

يظهر استجابة إنشاء جلسة مع سبب "لا توجد موارد متاحة" عندما يكون Wireshark التقاط الترخيص غير صالح

ملاحظات:

- اسم المنتج المسجل مع خادم الترخيص: `omnipgwc`
- عنوان URL لخادم الترخيص مُكون في `config/runtime.exs` تحت `:license_client`
- عندما يكون الترخيص غير صالح (`license_status == 0`)، يتم حظر طلبات إنشاء الجلسة مع رمز سبب GTP-C 73 (لا توجد موارد متاحة)
- تظل واجهة المستخدم والمراقبة متاحة بغض النظر عن حالة الترخيص
- الحفاظ على الاتصالات PFCPو GTP-Cو Diameter تواصل نظائر
- لا تتأثر الجلسات الحالية - يتم حظر إنشاء الجلسات الجديدة فقط

مقاييس النظام

مقاييس VM Erlang:

اسم المقياس	النوع	الوصف
`vm_memory_total`	Gauge	إجمالي ذاكرة VM (بايت)
`vm_memory_processes`	Gauge	الذاكرة المستخدمة بواسطة العمليات
`vm_memory_system`	Gauge	الذاكرة المستخدمة بواسطة النظام
`vm_system_process_count`	Gauge	إجمالي عمليات Erlang
`vm_system_port_count`	Gauge	إجمالي المنافذ المفتوحة

تكوين بروميثيوس

تكوين الكشط

أضف OmniPGW إلى `prometheus.yml`:

```yaml
# prometheus.yml
global:
  scrape_interval: 15s
  evaluation_interval: 15s

scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    static_configs:
      - targets: ['10.0.0.20:9090']
        labels:
          instance: 'omnipgw-01'
          environment: 'production'
          site: 'datacenter-1'
```

عدة مثيلات من OmniPGW

```
scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    static_configs:
      - targets:
          - '10.0.0.20:9090'
          - '10.0.0.21:9090'
          - '10.0.0.22:9090'
        labels:
          environment: 'production'
```

اكتشاف الخدمة

Kubernetes:

```
scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    kubernetes_sd_configs:
      - role: pod
    relabel_configs:
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_label_app]
        action: keep
        regex: omnipgw
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_ip]
        target_label: __address__
        replacement: '${1}:9090'
```

التحقق

اختبار الكشط:

```
# تحقق من أهداف بروميثيوس
curl http://prometheus:9090/api/v1/targets

# استعلام عن مقياس
curl 'http://prometheus:9090/api/v1/query?
query=teid_registry_count'
```

لوحات معلومات غرافانا

إعداد لوحة المعلومات

1. إضافة مصدر بيانات بروميثيوس:

```
الإعدادات → مصادر البيانات → إضافة مصدر بيانات → بروميثيوس
URL: http://prometheus:9090
```

2. استيراد لوحة المعلومات:

إنشاء لوحة معلومات جديدة أو استيراد من JSON.

اللوحات الرئيسية

اللوحة 1: الجلسات النشطة

```
# استعلام
teid_registry_count

# نوع اللوحة: Gauge
# العتبات:
#   أخضر: > 5000
#   أصفر: 5000-8000
#   أحمر: < 8000
```

اللوحة 2: معدل الجلسة

```
# استعلام
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request
[5m])

# نوع اللوحة: Graph
# الوحدة: طلبات/ثانية
```

اللوحة 3: استخدام مجموعة IP

```
# استعلام (254 مع 24/ لشبكة IPs)
(address_registry_count / 254) * 100

# نوع اللوحة: Gauge
# الوحدة: النسبة المئوية (0-100)
# العتبات:
#   70 > :أخضر%
#   85-70 :أصفر%
#   85 < :أحمر%
```

اللوحة 4: الكمون في الرسائل (النسبة المئوية 95)

```
# استعلام
histogram_quantile(0.95,

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m])
)

# نوع اللوحة: Graph
# الوحدة: ميلي ثانية
```

اللوحة 5: معدل الأخطاء

```
# استعلام
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])

# نوع اللوحة: Graph
# الوحدة: أخطاء/ثانية
# عتبة التنبيه: > 0.1
```

اللوحة 6: نسبة نجاح استجابة Gx

```
# استعلام: حساب نسبة استجابات Gx الناجحة
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="2xxx"}
[5m])) /
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# نوع اللوحة: Gauge
# الوحدة: النسبة المئوية (0-100)
# العتبات:
#   أخضر: > 95%
#   أصفر: 90-95%
#   أحمر: < 90%
```

بديل - تقسيم حسب فئة رمز النتيجة:

```
# استعلام: عرض عدد الاستجابات حسب فئة رمز النتيجة
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) by (result_code_class)

# نوع اللوحة: مخطط دائري أو مخطط شريطي
# الأسطورة: {{ result_code_class }}
```

بديل - حالة الاستجابة لكل PCRF:

```
# استعلام: عرض الاستجابات حسب مضيف PCRF
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) by (diameter_host,
result_code_class)

# نوع اللوحة: مخطط شريطي مكدس
# الأسطورة: {{ diameter_host }} - {{ result_code_class }}
```

اللوحة 7: حالة صحة UPF

```
# استعلام: النسبة المئوية لصحة المجموعة الكلية
(upf_peers_healthy / upf_peers_total) * 100

# نوع اللوحة: Gauge
# الوحدة: النسبة المئوية (0-100)
# العتبات:
#   أخضر: 100%
#   أصفر: 50-99%
#   أحمر: < 50%
```

بديل - حالة كل UPF:

```
# استعلام: صحة كل UPF فردي
upf_peer_healthy

# نوع اللوحة: Stat
# الخرائط:
#   1 = "UP" (أخضر)
#   0 = "DOWN" (أحمر)
```

مثال كامل للوحة المعلومات

```
{
  "dashboard": {
    "title": "OmniPGW - لوحة عمليات",
    "panels": [
      {
        "title": "الجلسات النشطة",
        "targets": [
          {
            "expr": "teid_registry_count",
            "legendFormat": "الجلسات النشطة"
          }
        ],
        "type": "graph"
      },
      {
        "title": "معدل إنشاء الجلسات",
        "targets": [
          {
            "expr":
"rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type=\"create_session_reque
[5m])",
            "legendFormat": "الجلسات/ثانية"
          }
        ],
        "type": "graph"
      },
      {
        "title": "استخدام مجموعة IP",
        "targets": [
          {
            "expr": "(address_registry_count / 254) * 100",
            "legendFormat": "استخدام المجموعة %"
          }
        ],
        "type": "gauge"
      },
      {
        "title": "الكمون في الرسائل (p95)",
        "targets": [
          {
            "expr": "histogram_quantile(0.95,
```

```
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m]))",
            "legendFormat": "S5/S8 p95"
          },
          {
            "expr": "histogram_quantile(0.95,
rate(sxb_inbound_handling_duration_bucket[5m]))",
            "legendFormat": "PFCP p95"
          }
        ],
        "type": "graph"
      }
    ]
  }
}
```

التنبيهات

قواعد التنبيه

قم بإنشاء `omnipgw_alerts.yml`:

```yaml
groups:
  - name: omnipgw
    interval: 30s
    rules:
      # تنبيهات عدد الجلسات
      - alert: OmniPGW_HighSessionCount
        expr: teid_registry_count > 8000
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "عدد الجلسات المرتفعة في OmniPGW"
          description: "{{ $value }} (العتبة: 8000) جلسات نشطة"

      - alert: OmniPGW_SessionCountCritical
        expr: teid_registry_count > 9500
        for: 2m
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "عدد الجلسات الحرجة في OmniPGW"
          description: "{{ $value }} جلسات نشطة تقترب من السعة"

      # تنبيهات مجموعة IP
      - alert: OmniPGW_IPPoolUtilizationHigh
        expr: (address_registry_count / 254) * 100 > 80
        for: 10m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "استخدام مجموعة IP مرتفع في OmniPGW"
          description: "مجموعة IP {{ $value }}% مستخدمة"

      - alert: OmniPGW_IPPoolExhausted
        expr: address_registry_count >= 254
        for: 1m
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "نفاد مجموعة IP في OmniPGW"
          description: "لا توجد IPs متاحة للتخصيص"

      # تنبيهات معدل الأخطاء
```

```
      - alert: OmniPGW_HighErrorRate
        expr: rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "معدل الأخطاء المرتفع في OmniPGW"
          description: "{{ $value }} أخطاء/ثانية على واجهة S5/S8"

      - alert: OmniPGW_GxErrorRate
        expr: rate(gx_inbound_errors_total[5m]) > 0.05
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "أخطاء Gx في OmniPGW"
          description: "{{ $value }} أخطاء Diameter/ثانية"

      # تنبيهات استجابة Gx
      - alert: OmniPGW_GxResponseFailureRate
        expr: |
          sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}[5m])) /
          sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) > 0.1
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "معدل فشل استجابة Gx المرتفع في OmniPGW"
          description: "{{ $value | humanizePercentage }} من استجابات Gx هي فشل (رموز نتائج غير 2xxx)"

      - alert: OmniPGW_GxPCRFFailures
        expr: rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class=~"4xxx|5xxx"}[5m]) by (diameter_host) > 0.05
        for: 3m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "PCRF {{ $labels.diameter_host }} تتلقى استجابات فشل"
          description: "{{ $value }} استجابات فشل/ثانية إلى PCRF
```

```
{{ $labels.diameter_host }}"

      # تنبيهات صحة UPF
      - alert: OmniPGW_UPF_PeerDown
        expr: upf_peer_healthy == 0
        for: 1m
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "نظير UPF {{ $labels.peer_ip }} متوقف"
          description: "نظير UPF لا يستجيب لنبضات القلب PFCP"

      - alert: OmniPGW_UPF_PoolDegraded
        expr: (upf_peers_healthy / upf_peers_total) < 0.5
        for: 2m
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "مجموعة UPF متدهورة"
          description: "{{ $value | humanizePercentage }} من UPFs
(%50 >) صحية"

      - alert: OmniPGW_UPF_HeartbeatFailures
        expr: upf_peer_missed_heartbeats > 2
        for: 30s
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "نظير UPF {{ $labels.peer_ip }} فشل في نبض
القلب"
          description: "{{ $value }} نبضات قلب مفقودة متتالية"

      - alert: OmniPGW_UPF_AllDown
        expr: upf_peers_healthy == 0 and upf_peers_total > 0
        for: 30s
        labels:
          severity: critical
        annotations:
          summary: "جميع نظائر UPF متوقفة"
          description: "لا توجد UPFs صحية متاحة لإنشاء الجلسات"

      # تنبيهات الكمون
      - alert: OmniPGW_HighLatency
        expr: |
```

```
          histogram_quantile(0.95,
            rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
          ) > 100000
        for: 5m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "كمون الرسائل المرتفع في OmniPGW"
          description: "كمون p95 {{ $value }}µs (> 100ms)"

      # تنبيهات النظام
      - alert: OmniPGW_HighMemoryUsage
        expr: vm_memory_total > 2000000000
        for: 10m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "استخدام الذاكرة المرتفع في OmniPGW"
          description: "VM تستخدم {{ $value | humanize }}B من
الذاكرة"

      - alert: OmniPGW_HighProcessCount
        expr: vm_system_process_count > 100000
        for: 10m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "عدد العمليات المرتفع في OmniPGW"
          description: "{{ $value }} عمليات Erlang (تسرب محتمل)"
```

تكوين AlertManager

```
# alertmanager.yml
global:
  resolve_timeout: 5m

route:
  receiver: 'فريق العمليات'
  group_by: ['alertname', 'instance']
  group_wait: 10s
  group_interval: 10s
  repeat_interval: 12h

  routes:
    - match:
        severity: critical
      receiver: 'pagerduty'

    - match:
        severity: warning
      receiver: 'slack'

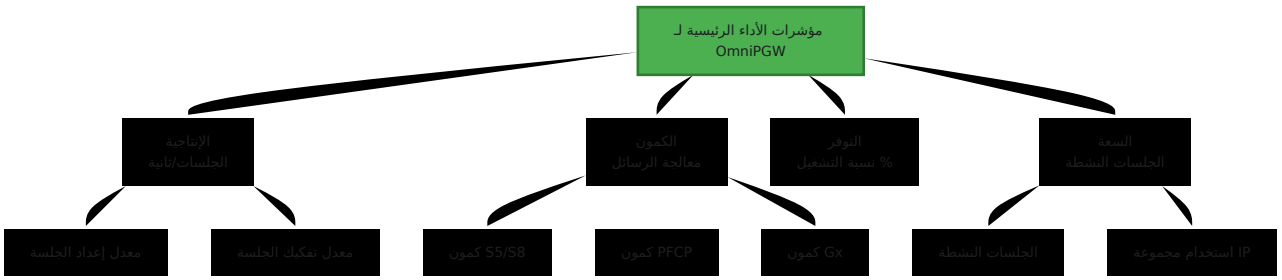
receivers:
  - name: 'فريق العمليات'
    email_configs:
      - to: 'ops@example.com'

  - name: 'slack'
    slack_configs:
      - api_url:
'https://hooks.slack.com/services/YOUR/SLACK/WEBHOOK'
        channel: '#omnipgw-alerts'
        title: 'تنبيه OmniPGW: {{ .GroupLabels.alertname }}'
        text: '{{ range .Alerts }}{{ .Annotations.description }}{{
end }}'

  - name: 'pagerduty'
    pagerduty_configs:
      - service_key: 'YOUR_PAGERDUTY_KEY'
```

مراقبة الأداء

مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs)



استعلامات الإنتاجية

معدل إعداد الجلسة:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request
[5m])
```

معدل تفكيك الجلسة:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request
[5m])
```

صافي نمو الجلسة:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request
[5m]) -
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request
[5m])
```

تحليل الكمون

كمون معالجة الرسائل (النسب المئوية):

```
# p50 (الوسيط)
histogram_quantile(0.50,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# p95
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# p99
histogram_quantile(0.99,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)
```

تحليل الكمون حسب نوع الرسالة:

```
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
) by (request_message_type)
```

اتجاه السعة

اتجاه نمو الجلسة (24 ساعة):

```
teid_registry_count -
teid_registry_count offset 24h
```

السعة المتبقية:

```
# 10,000 جلسة القصوى للسعة
10000 - teid_registry_count
```

الوقت حتى نفاد السعة:

```
# ��(لأيام حتى نفاد السعة (استنادًا إلى معدل النمو لمدة ساعة واحدة
(10000 - teid_registry_count) /
(rate(teid_registry_count[1h]) * 86400)
```

استكشاف مشكلات المقاييس

تحديد المشكلات

المشكلة: معدل رفض الجلسات المرتفع

استعلام:

```
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) by (message_type)
```

الإجراء:

- تحقق من سجلات الأخطاء
- تحقق من اتصال PCRF (أخطاء Gx)
- تحقق من نفاد مجموعة IP

المشكلة: إعداد الجلسة ببطء

استعلام:

```
histogram_quantile(0.95,

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m])
)
```

الإجراء:

- تحقق من كمون Gx (زمن استجابة PCRF)
- تحقق من كمون PFCP (زمن استجابة PGW-U)

- مراجعة استخدام موارد النظام

المشكلة: فشل سياسات PCRF

استعلامات:

```
# معدل فشل الاستجابة العامة لـ Gx
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}
[5m])) /
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# تقسيم حسب مضيف PCRF
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) by (diameter_host,
result_code_class)

# فئات رموز النتائج المحددة
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="5xxx"}[5m]) by
(diameter_host)
```

الإجراء:

- تحقق من اتصال PCRF وصحته
- مراجعة ملفات تعريف المشتركين في PCRF (5 أخطاءxxx غالبًا ما تشير إلى مشكلات في السياسة)
- تحقق من تكوين نظير Diameter
- تحقق من سجلات PCRF للأخطاء المقابلة
- 5012 بالنسبة لـ (DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY)، راجع معالجة طلب إعادة المصادقة

المشكلة: تسرب الذاكرة مشتبه به

استعلامات:

```
# اتجاه الذاكرة الكلية
rate(vm_memory_total[1h])

# اتجاه ذاكرة العمليات
rate(vm_memory_processes[1h])

# اتجاه عدد العمليات
rate(vm_system_process_count[1h])
```

الإجراء:

- تحقق من الجلسات القديمة
- مراجعة أعداد السجلات
- إعادة التشغيل إذا تم تأكيد التسرب

استعلامات التصحيح

العثور على وقت الذروة للجلسات:

```
max_over_time(teid_registry_count[24h])
```

مقارنة الحالية مع التاريخية:

```
teid_registry_count /
avg_over_time(teid_registry_count[7d])
```

تحديد الشذوذ:

```
abs(
  teid_registry_count -
  avg_over_time(teid_registry_count[1h])
) > 100
```

أفضل الممارسات

جمع المقاييس

1. **فترة الكشط:** 15-30 ثانية (توازن بين الدقة والتحميل)
2. **الاحتفاظ:** 15+ يومًا للتحليل التاريخي
3. **التسميات:** استخدم تسمية متسقة (مثال، بيئة، موقع)

تصميم لوحة المعلومات

1. **لوحة معلومات نظرة عامة** - مؤشرات الأداء الرئيسية عالية المستوى لمركز العمليات
2. **لوحات معلومات مفصلة** - تحليل عميق لكل واجهة
3. **لوحة معلومات استكشاف الأخطاء** - مقاييس الأخطاء والسجلات

تصميم التنبيه

1. **تجنب إرهاق التنبيه** - تنبيه فقط على المشكلات القابلة للتنفيذ
2. **التصعيد** - تحذير → حرجة مع تصعيد الشدة
3. **السياق** - تضمين روابط دفتر التشغيل في أوصاف التنبيهات

الوثائق ذات الصلة

التكوين والإعداد

- **د��يل التكوين** REST - تكوين مقاييس بروميثيوس، إعداد واجهة برمجة التطبيقات OAM
- **دليل استكشاف الأخطاء** - استخدام المقاييس للتصحيح

مقاييس الواجهة

- **واجهة PFCP** - مقاييس جلسة PFCP، مراقبة صحة UPF
- **واجهة Diameter Gx** - مقاييس السياسة Gx، تتبع تفاعل PCRF

- **واجهة Diameter Gy** - مقاييس الشحن Gy، مهلات، تتبع الحصص OCS
- **واجهة S5/S8** - مقاييس رسائل GTP-C، اتصالات SGW-C

المراقبة المتخصصة

- **مراقبة P-CSCF** - مقاييس اكتشاف P-CSCF، صحة IMS
- **إدارة الجلسات** - الجلسات النشطة، مقاييس دورة حياة الجلسة
- **تخصيص IP للـ UE** - مقاييس استخدام مجموعة IP

العودة إلى دليل العمليات

خيارات تكوين البروتوكول (PCO)

معلمات الشبكة المرسلة إلى UE

Omnitouch من خدمات شبكة OmniPGW

نظرة عامة

PCO (خيارات تكوين البروتوكول) هي معلمات الشبكة المرسلة إلى UE (الجهاز المحمول) أثناء إنشاء اتصال PDN. تمكّن هذه المعلمات UE من الوصول إلى خدمات الشبكة مثل IMSو DNS وتكوين إعدادات الشبكة.



حاويات PCO التي يرسلها OmniPGW (الشبكة → MS):

IE Name	Container ID	Description	Required
DNS Server IPv4 Address	0x000D	Primary DNS	Yes
DNS Server IPv4 Address	0x000D	Secondary DNS	Optional
DNS Server IPv6 Address	0x0003	Primary/Secondary DNS (IPv6)	Optional
P-CSCF IPv4 Address	0x000C	P-CSCF for IMS (one container per address)	Optional (IMS)
P-CSCF IPv6 Address	0x0001	P-CSCF for IMS (one container per address)	Optional (IMS)
IPv4 Link MTU	0x0010	Maximum transmission unit	Recommended

DNS/NBNS عبر IPCP. عندما يطلب UE خوادم DNS (و NBNS/WINS) باستخدام طلب التكوين بدلاً من حاوية DNS بروتوكول التحكم في الإنترنت، الحاوية (`0x8021`) **IPCP** (`0`) يحمل العناوين المكونة كخيارات **Configure-Nak** داخل IPCP العارية، يرد OmniPGW IPCP `ms_dns1`/`ms_dns2` و `ms_wins1`/`ms_wins2` (RFC 1877). لذلك يتم تسليم NBNS/WINS عبر هذا المسار **فقط** عبر IPCP — لا توجد حاوية PCO مستقلة لـ NBNS (`0x0011`) يزود عناوين PGW لأن (ليس Ack) Configure-Nak تم إصدارها. يتم استخدام IPCP لطلب (RFC 1661 §5) و الرد يعكس معرف، UE تختلف عن العناصر النائبة الخاصة بـ `0.0.0.0`.

IPv4 و IPv6 P-CSCF / DNSلا يوجد ؛ E-CSCF. يرد OmniPGW على كل من IPv4 و IPv6 طلبات عنوان P-CSCF، حيث يقوم بتوجيه كل عنوان مكتشف أو مكون إلى الحاوية المطابقة لعائلته: تذهب عناوين IPv4 في `0` `x000C`، وتذهب عناوين IPv6 في `0` `x0001`. يتم تقديم طلب P-CSCF IPv6 من (`p_cscf_ipv6_address_request`) التي تم إرجاعها بواسطة IPv6 أو عناوين DNS/AAAA (`p_cscf_ipv6_address_list`) في (`dns_server_ipv6_address_request`) ويتم تقديم طلب، DNS IPv6 (الاكتشاف) / `primary_dns_server_ipv6_address` من الحاوية `0` `x0003`

لا يتم خلط عائلات العناوين عبر الحاويات. لا `secondary_dns_server_ipv6_address`. ينطبق كل ما سبق بالتساوي على APCO (PCO الإضافي). توجد معالجة لحاوية E-CSCF.

التكوين

التكوين الأساسي

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  pco: %{
    # خوادم DNS (مطلوبة)
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",

    # خوادم DNS IPv6 (0 الحاوية، اختياريx0003)
    primary_dns_server_ipv6_address: nil,
    secondary_dns_server_ipv6_address: nil,

    # خوادم NBNS (لأجهزة Windows، اختياري)
    primary_nbns_server_address: nil,
    secondary_nbns_server_address: nil,

    # عناوين P-CSCF لـ IMS/VoLTE (اختياري)
    p_cscf_ipv4_address_list: [],   # 0 الحاويةx000C
    p_cscf_ipv6_address_list: [],   # 0 الحاويةx0001

    # اكتشاف P-CSCF الديناميكي (يحل سجلات AAAA و A؛ اختياري)
    p_cscf_discovery_enabled: false,
    p_cscf_discovery_dns_server: nil,
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

    # حجم MTU IPv4 (بايت)
    ipv4_link_mtu_size: 1400
  }
```

معلمات PCO

عناوين خادم DNS

DNS الأساسي والثانوي:

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}
```

مقدمو DNS الشائعون:

Provider	Primary	Secondary
Google	8.8.8.8	8.8.4.4
Cloudflare	1.1.1.1	1.0.0.1
Quad9	9.9.9.9	149.112.112.112
OpenDNS	208.67.222.222	208.67.220.220

DNS الخاص:

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11"
}
```

عناوين P-CSCF (IMS)

لخدمات IMS/VoLTE:

```
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50",  # P-CSCF الأساسي (IPv4، 0 الحاوية x000C)
    "10.0.0.51"   # P-CSCF الثانوي
  ],
  # عناوين P-CSCF IPv6 (0 الحاوية x0001) لشبكات PDN IMS IPv6/IPv4v6
  p_cscf_ipv6_address_list: [
    "2001:db8::50",
    "2001:db8::51"
  ]
}
```

يتم إصدار كل عنوان فقط في الحاوية المطابقة لعائلته، وفقط عندما يطلب UE — تلك العائلة يتلقى طلب P-CSCF IPv4 `0` الحاويات `x000C` ، ويتلقى طلب P-CSCF IPv6 `0` الحاويات `x0001`. عادةً ما تطلب شبكات PDN IMS كلاهما ثنائية المكدس.

P-CSCF (وظيفة التحكم في جلسات المكالمات الوكيلة):

- نقطة الدخول لإشارات IMS
- مطلوبة لـ VoLTE و VoWiFi و RCS
- يستخدم UE SIP عبر هذا الخادم

اكتشاف P-CSCF الديناميكي

اكتشاف P-CSCF القائم على DNS:

يدعم OmniPGW اكتشاف P-CSCF الديناميكي عبر استعلامات DNS 3 كما هو محدد في 3GPP TS 24.229. عند التمكين، يمكن لـ PGW-C استعلام DNS عن عناوين P-CSCF بدلاً من استخدام التكوين الثابت و TS 23.003.

```
pco: %{
  # تمكين اكتشاف P-CSCF الديناميكي
  p_cscf_discovery_enabled: true,

  # خادم DNS لاستعلامات P-CSCF (كزوج)
  p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177},

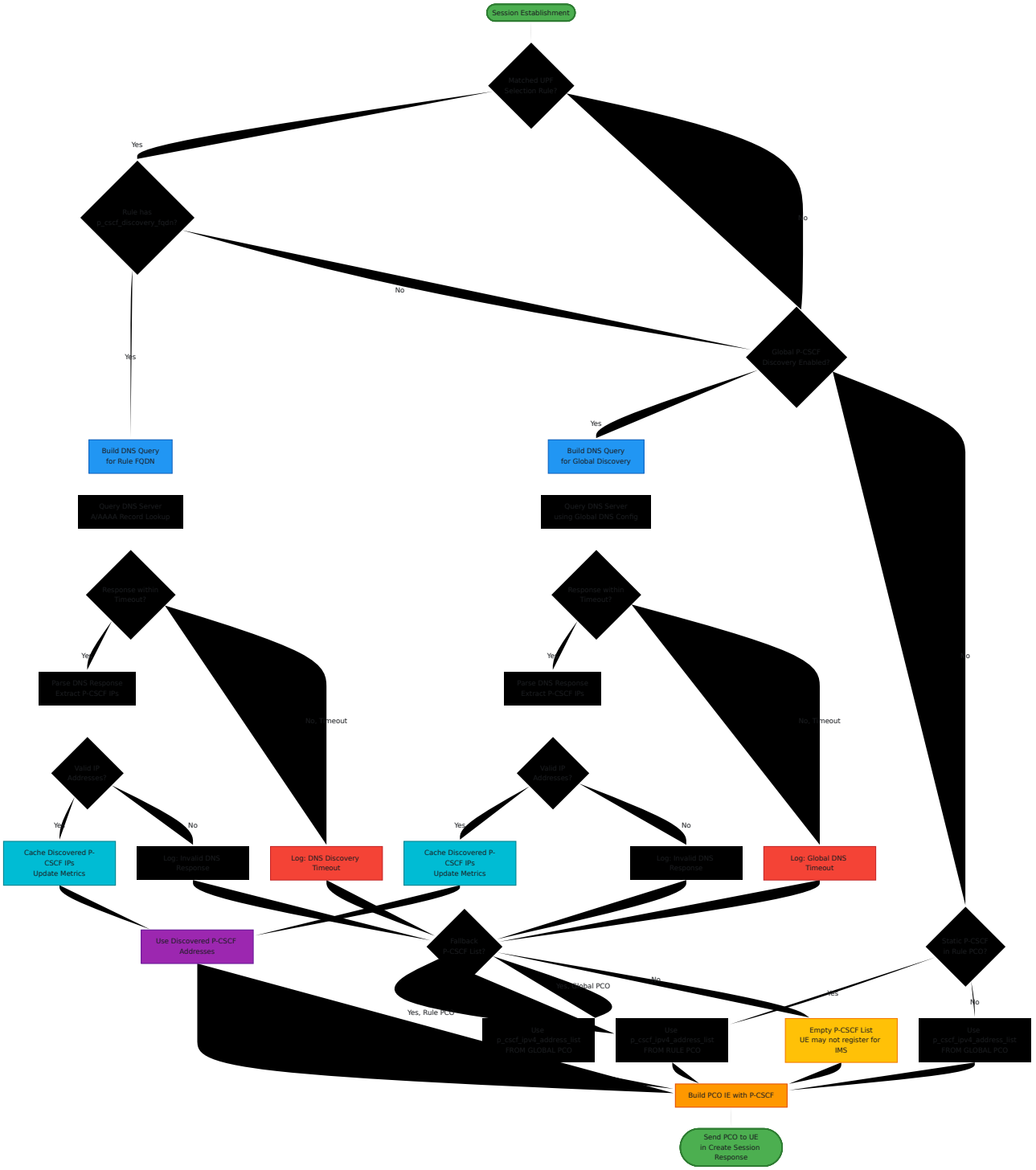
  # مهلة لاستعلامات DNS (بالملي ثانية)
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

  # قائمة P-CSCF الثابتة (إذا فشل DNS تستخدم كنسخة احتياطية)
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"]
}
```

كيف يعمل:

1. عندما يكون `p_cscf_discovery_enabled: true`، يقوم PGW-C بتنفيذ استعلامات DNS لعناوين P-CSCF
2. يتم إرسال استعلام DNS إلى `p_cscf_discovery_dns_server` المكون
3. إذا نجح استعلام DNS، يتم إرسال عناوين P-CSCF المكتشفة إلى UE عبر PCO
4. إذا فشل استعلام DNS أو انتهت المهلة، يتم الرجوع إلى `p_cscf_ipv4_address_list` الثابتة
5. انظر مراقبة P-CSCF للحصول على تفاصيل المراقبة والقياسات

تدفق اكتشاف P-CSCF



أولوية الاكتشاف:

1. **اكتشاف FQDN لكل قاعدة** (أعلى أولوية) - `p_cscf_discovery_fqdn` في قاعدة اختيار UPF
2. **اكتشاف DNS العالمي** - `p_cscf_discovery_enabled: true` في تكوين PCO العالمي

3. **قائمة PCO للقاعدة الثابتة** - `p_cscf_ipv4_address_list` في تجاوز PCO القاعدة
4. **قائمة PCO** (نسخة احتياطية) **العالمية الثابتة** - `p_cscf_ipv4_address_list` العالمي في تكوين PCO

المراقبة:

يتم تسجيل جميع محاولات اكتشاف P-CSCF وتتبعها مع القياسات:

- معدلات نجاح/فشل استعلام DNS
- زمن اكتشاف
- إحصائيات استخدام النسخ الاحتياطية
- قياسات الاكتشاف لكل قاعدة وعالمية

للحصول على تفاصيل المراقبة الكاملة انظر مراقبة P-CSCF.

خيارات التكوين:

Parameter	Type	Default	Description
`p_cscf_discovery_enabled`	Boolean	`false`	تمكين اكتشاف P-CSCF الديناميكي القائم على DNS
`p_cscf_discovery_dns_server`	Tuple (IP)	`nil`	عنوان IP لخادم DNS كزوج 4 (مثل `{10, 179, 2, 177}`)
`p_cscf_discovery_timeout_ms`	Integer	`5000`	مهلة لاستعلامات DNS بالملي ثانية

حالات الاستخدام:

- **الديناميكي P-CSCF** بناءً على تكوين DNS - تتغير عناوين **نشر IMS**
- **توازن الحمل الجغرافي** DNS أقرب خوادم P-CSCF - يعيد
- **التوافر العالي** DNS تلقائيًا خوادم P-CSCF المتاحة - يعيد
- **بيئات متعددة المستأجرين** P-CSCF - يحصل مشتركون مختلفون على خ��ادم مختلفة

مثال: IMS الإنتاج مع اكتشاف DNS

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",

  # تمكين اكتشاف P-CSCF الديناميكي
  p_cscf_discovery_enabled: true,
  p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177},  # خادم DNS IMS
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 3000,

  # عناوين P-CSCF الاحتياطية (إذا فشل DNS)
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50",  # الاحتياطي الأساسي
    "10.0.0.51"   # الاحتياطي الثانوي
  ],

  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

اكتشاف P-CSCF لكل قاعدة:

يمكن أيضًا تكوين اكتشاف P-CSCF لكل قاعدة اختيار UPF. يسمح ذلك لمختلف APNs باستخدام خوادم DNS مختلفة لاكتشاف P-CSCF:

```
# في تكوين اختيار upf
rules: [
  %{
    name: "IMS Traffic",
    priority: 20,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^ims",
    upf_pool: [...],

    # اكتشاف P-CSCF لكل قاعدة
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"
  }
]
```

انظر تكوين اختيار UPF للحصول على تفاصيل حول اكتشاف P-CSCF لكل قاعدة.

وصحته P-CSCF لمراقبة اكتشاف P-CSCF **انظر أيضًا:** مراقبة

خوادم NBNS (NetBIOS)

للتوافق مع أجهزة Windows:

```
pco: %{
  primary_nbns_server_address: "10.0.0.20",
  secondary_nbns_server_address: "10.0.0.21"
}
```

متى تستخدم:

- الشبكات المؤسسية مع أجهزة Windows
- دعم التطبيقات القديمة
- مطلوب حل اسم NetBIOS

حجم MTU للرابط

أقصى وحدة نقل:

```
pco: %{
  ipv4_link_mtu_size: 1400  # بايت
}
```

قيم MTU الشائعة:

MTU	استخدام الحالة
1500	Ethernet القياسي (بدون نفق)
1400	تم احتساب تكلفة نفق GTP
1420	تقليل التكلفة
1280	الحد الأدنى لـ IPv6 MTU
1360	بيئات VPN/نفق

التوصية: استخدم **1400** لـ LTE لأخذ تكلفة GTP-U في الاعتبار.

أمثلة على التكوين

APN الإنترنت

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

APN IMS

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50",
    "10.0.0.51"
  ],
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

P-CSCF وصحة IMS لمراقبة معدلات نجاح تسجيل P-CSCF **انظر:** مراقبة

APN المؤسسي

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.100.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.100.0.11",
  primary_nbns_server_address: "10.100.0.20",
  secondary_nbns_server_address: "10.100.0.21",
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

PCO في رسائل GTP-C

استجابة إنشاء الجلسة

يتضمن OmniPGW PCO **استجابة إنشاء الجلسة** في رسالة:

```
Create Session Response
├── Cause: Request accepted
├── UE IP Address: 100.64.1.42
├── PCO (Protocol Configuration Options)
│   ├── DNS Server IPv4 Address: 8.8.8.8
│   ├── DNS Server IPv4 Address: 8.8.4.4
│   ├── P-CSCF IPv4 Address: 10.0.0.50
│   ├── P-CSCF IPv4 Address: 10.0.0.51
│   └── IPv4 Link MTU: 1400
```

معالجة UE

يتلقى UE PCO و:

1. يقوم بتكوين محلل DNS مع الخوادم المقدمة
2. يسجل مع P-CSCF لخدمات IMS
3. يحدد MTU الواجهة إلى القيمة ال��حددة

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

حل UE المشكلة: لا يمكن لـ DNS

الأعراض:

- لدى UE عنوان IP ولكن لا يمكنه الوصول إلى الإنترنت
- فشل استعلامات DNS

الأسباب المحتملة:

1. PCO غير صحيحة في تكوين DNS عناوين خادم
2. UE الخاصة بـ IP غير قابلة للوصول من مجموعة DNS خوادم
3. جدار الحماية يحظر حركة مرور DNS

الحل:

```
# اختبار الوصول إلى خادم DNS
ping 8.8.8.8

# اختبار حل DNS من شبكة UE
nslookup google.com 8.8.8.8

# تحقق من تكوين PCO
grep "primary_dns_server_address" config/runtime.exs
```

المشكلة: فشل تسجيل IMS

الأعراض:

- فشل مكالمات VoLTE
- يظهر UE "لا تسجيل IMS"

الأسباب المحتملة:

1. تكوين P-CSCF مفقود
2. عناوين IP لـ P-CSCF غير صحيحة
3. P-CSCF غير قابل للوصول

الحل:

```
# تحقق من تكوين P-CSCF
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"]  # تأكد من عدم كونها فارغة
}
```

المشكلة: مشاكل MTU

الأعراض:

- تحميل بعض المواقع، بينم�� لا يتم تحميل الأخرى
- فشل نقل الملفات الكبيرة
- مشاكل التجزئة

الأسباب المحتملة:

- MTU كبير جدًا لتكلفة النفق
- MTU صغير جدًا مما يسبب تجزئة مفرطة

الحل:

```
# النفق GTP موصى به: 1400 لتكلفة
pco: %{
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}

# إذا كانت لا تزال تواجه مشاكل، جرب أقل
pco: %{
  ipv4_link_mtu_size: 1360
}
```

أفضل الممارسات

تكوين DNS

1. **استخدم خوادم DNS موثوقة**
    - عامة: Google (8.8.8.8)، Cloudflare (1.1.1.1)
    - خاصة: DNS داخلي للمؤسسات
2. **قم دائمًا بتكوين الثانوي**
    - يوفر النسخ الاحتياطي
    - يحسن الموثوقية
3. **اعتبر أمان DNS**
    - محللات قادرة على DNSSEC
    - تصفية DNS للأمان

تكوين IMS

1. **قدم P-CSCF متعددة**
    - على الأقل 2 للنسخ الاحتياطي
    - توزيع جغرافي إذا أمكن
2. **تأكد من إمكانية الوصول**
    - يجب أن يكون P-CSCF قابلاً للوصول من مجموعة IP الخاصة بـ UE
    - اختبار الاتصال بـ SIP

تحسين MTU

1. **خذ التكلفة في الاعتبار**
    - GTP-U: 36 بايت (IPv4)
    - IPsec: متغير (50-100 بايت)
2. **MTU القياسي لـ LTE**
    - موصى به: **1400 بايت**
    - يوازن بين الإنتاجية والتوافق
3. **اختبار من النهاية إلى النهاية**
    - اكتشاف MTU للمسار
    - اختبار مع حزم كبيرة

الوثائق ذات الصلة

أدلة التكوين

- **دليل التكوين** - مرجع كامل لـ runtime.exs، اختيار UPF مع تجاوزات PCO
- **تخصيص IP لـ UE** - إدارة مجموعة IP، تخصيص بناءً على APN
- **مراقبة P-CSCF** - مراقبة اكتشاف P-CSCF، القياسات، تتبع الصحة

إدارة الجلسات والواجهات

- إنشاء حامل PDN، **إدارة الجلسات** - دورة حياة جلسة
- وتسليمه PCO ترميز GTP-C، بروتوكول - **واجهة S5/S8**
- **واجهة PFCP** - إنشاء جلسة الطائرة المستخدمة

VoLTE و IMS

- التحكم في السياسة لحاملي IMS - **واجهة Diameter Gx**
- PCO **دليل المراقبة** - القياسات واللوحات المتعلقة بـ

العودة إلى دليل العمليات

تكوين PCO لـ OmniPGW - *من خدمات شبكة Omnitouch*

اكتشاف ومراقبة P-CSCF

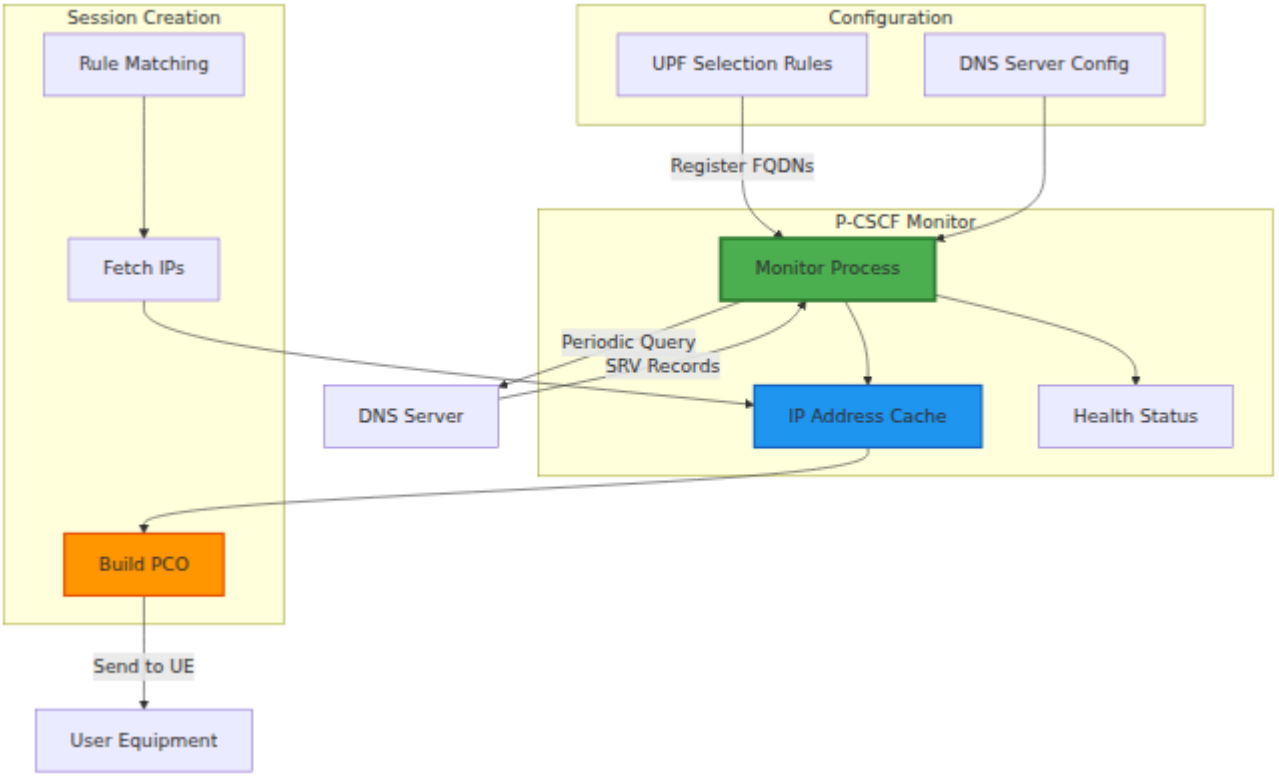
اكتشاف خادم P-CSCF الديناميكي مع المراقبة في الوقت الحقيقي

Omnitouch من خدمات شبكة OmniPGW

نظرة عامة

يوفر اكتشافًا **اكتشاف ومراقبة P-CSCF (وظيفة التحكم في جلسة المكالمات الوكيلة)** دينامكيًا لخوادم IMS P-CSCF باستخدام استعلامات DNS SRV مع فحص صحة SIP OPTIONS في الوقت الحقيقي. تتيح هذه الميزة:

- **اكتشاف P-CSCF حسب القاعدة**: خوادم P-CSCF مختلفة لأنواع حركة مرور مختلفة
- **مراقبة تلقائية**: عملية خلفية تراقب DNS (كل 60 ثانية) باستمرار حل
- **فحوصات صحة SIP OPTIONS**: تتحقق من أن خوادم P-CSCF تعمل عبر صدمات SIP OPTIONS
  - **أولاً TCP**: تحاول SIP OPTIONS عبر TCP (مفضل للموثوقية)
  - **العودة إلى UDP**: تعود إلى UDP إذا فشل TCP
  - **تتبع الحالة**: تضع علامة على كل خادم كـ up: أو down: بناءً على الاستجابة
- **تتبع الصحة في الوقت الحقيقي**: واجهة برمجة التطبيقات OAM تعرض حالة الحل، وعناوين IP المكتشفة، وحالة الصحة
- **العودة السلسة**: استراتيجية عودة من ثلاث مستويات لتحقيق أقصى قدر من الموثوقية
- **مقاييس بروميثيوس**: رؤية كاملة عبر مقاييس بروميثيوس



جدول المحتويات

1. بدء سريع
2. التكوين
3. كيف يعمل
4. مراقبة واجهة برمجة التطبيقات OAM
5. المقاييس والرؤية
6. استراتيجية العودة
7. تكوين DNS
8. استكشاف الأخطاء وإصلاحها
9. أفضل الممارسات

بدء سريع

التكوين الأساسي

```
# config/runtime.exs

# تكوين PCO العالمي (خادم DNS لاكتشاف P-CSCF)
config :pgw_c,
  pco: %{
    p_cscf_discovery_dns_server: "192.0.2.177",
    p_cscf_discovery_enabled: true,
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000
  },

  upf_selection: %{
    rules: [
      # حركة مرور IMS - اكتشاف P-CSCF الديناميكي
      %{
        name: "IMS Traffic",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80}
        ],
        # FQDN لاكتشاف P-CSCF (انظر دليل التكوين لمزيد من قواعد
اختيار UPF)
        p_cscf_discovery_fqdn:
"pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        # العودة الثابتة (انظر دليل تكوين PCO)
        pco: %{
          p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100",
"203.0.113.101"]
        }
      }
    ]
  }
```

لخيارات العودة الثابتة لـ PCO و تكوين انظر UPF و دليل التكوين للتكوين الكامل لقواعد اختيار P-CSCF.

مراقبة الوصول

1. ابدأ OmniPGW
2. استعلام واجهة برمجة التطبيقات OAM: `curl -k https://localhost:8443/api/pcscf_monitor`
3. تحقق من حالة الحل المعادة وعناوين IP المكتشفة (أعد تشغيل الطلب للحصول على الحالة الحالية)

التكوين

إعدادات اكتشاف P-CSCF العالمية

قم بتكوين خادم DNS المستخدم لاكتشاف P-CSCF في قسم PCO:

```
pco: %{
  # خادم DNS لاكتشاف P-CSCF (مختلف عن DNS المقدم لـ UE)
  p_cscf_discovery_dns_server: "192.0.2.177",

  # تمكين ميزة اكتشاف DNS لـ P-CSCF
  p_cscf_discovery_enabled: true,

  # مهلة لاستعلامات DNS SRV (بالملي ثانية)
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

  # عناوين P-CSCF الثابتة (عودة عالمية)
  p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.146"]
}
```

حسب القاعدة P-CSCF لـ FQDNs

يمكن لكل قاعدة اختيار تحديد UPF اكتشاف FQDN P-CSCF الخاص بها:

```
upf_selection: %{
  rules: [
    # حركة مرور IMS - P-CSCF خاص بـ IMS
    %{
      name: "IMS Traffic",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^ims",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn:
"pcscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100"]  # العودة
      }
    },

    # المؤسسة - P-CSCF خاص بالمؤسسة
    %{
      name: "Enterprise Traffic",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^enterprise",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.enterprise.example.com",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]  # العودة
      }
    },

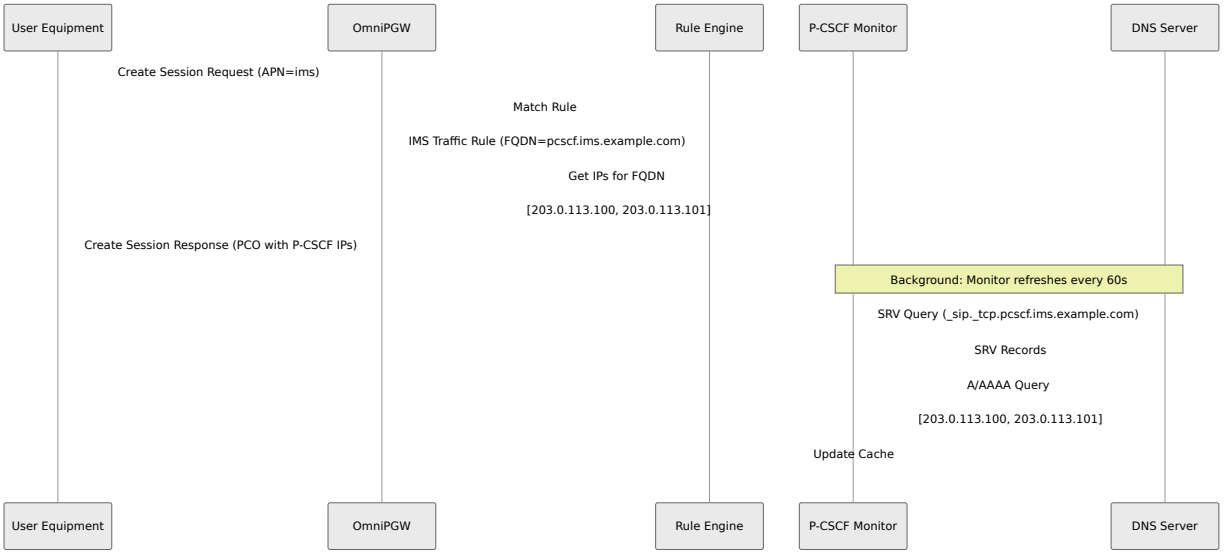
    # الإنترنت - لا يوجد اكتشاف P-CSCF (يستخدم التكوين العالمي)
    %{
      name: "Internet Traffic",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^internet",
      upf_pool: [...]
      # لا يوجد p_cscf_discovery_fqdn - يستخدم تكوين PCO العالمي
    }
  ]
}
```

كيف يعمل

عملية بدء التشغيل

1. **بدء التطبيق**
    - يتم تهيئة P-CSCF Monitor GenServer
    - يقوم محلل التكوين باستخراج جميع FQDNs الفريدة لـ P-CSCF من قواعد اختيار UPF
2. **تسجيل FQDN**
    - يتم تسجيل كل FQDN فريد مع المراقب
    - يقوم المراقب بإجراء استعلام DNS SRV أولي لكل FQDN
    - **فحص صحة SIP OPTIONS** (بالتوازي لجميع الخوادم المكتشفة):
        - حاول TCP أولاً (على المنفذ 5060 `SIP/2.0/TCP`)
        - إذا فشل TCP، عد إلى UDP (على المنفذ `SIP/2.0/UDP` 5060)
        - ضع علامة على كل خادم كـ `:up` (يستجيب) أو `:down` (لا استجابة/مهلة)
    - يتم تخزين النتائج (حالة الصحة، أو الأخطاء، IP عناوين) مع الطوابع الزمنية
3. **المراقبة الدورية** (كل 60 ثانية)
    - يقوم المراقب بتحديث جميع FQDNs
    - يتم تشغيل استعلامات DNS في الخلفية دون حظر
    - لكل خادم مكتشف:
        - إرسال SIP OPTIONS عبر TCP (مهلة: 5 ثوان)
        - إذا فشل TCP، حاول UDP (مهلة: 5 ثوان)
        - تحديث حالة الصحة بناءً على الاستجابة
    - يتم تحديث التخزين المؤقت بأحدث نتائج DNS وحالة الصحة

تدفق إنشاء الجلسة



عملية استعلام DNS

يستخدم المراقب **DNS SRV** لاكتشاف P-CSCF مباشرة **سجلات**:

1. **استعلام SRV**: استعلام سجلات SRV عند `_sip._tcp.{fqdn}`
2. **فرز الأولويات**: فرز حسب الأولوية والوزن
3. **استخراج ا��هدف** SRV: استخراج أسماء المضيفين المستهدفة من سجلات
4. **حل اسم المضيف**: حل أسماء المضيفين المستهدفة إلى عناوين IP (سجلات A/AAAA)
5. **التخزين المؤقت**: تخزين عناوين IP المحلولة مع الحالة والطابع الزمني

أولوية اختيار عنوان P-CSCF

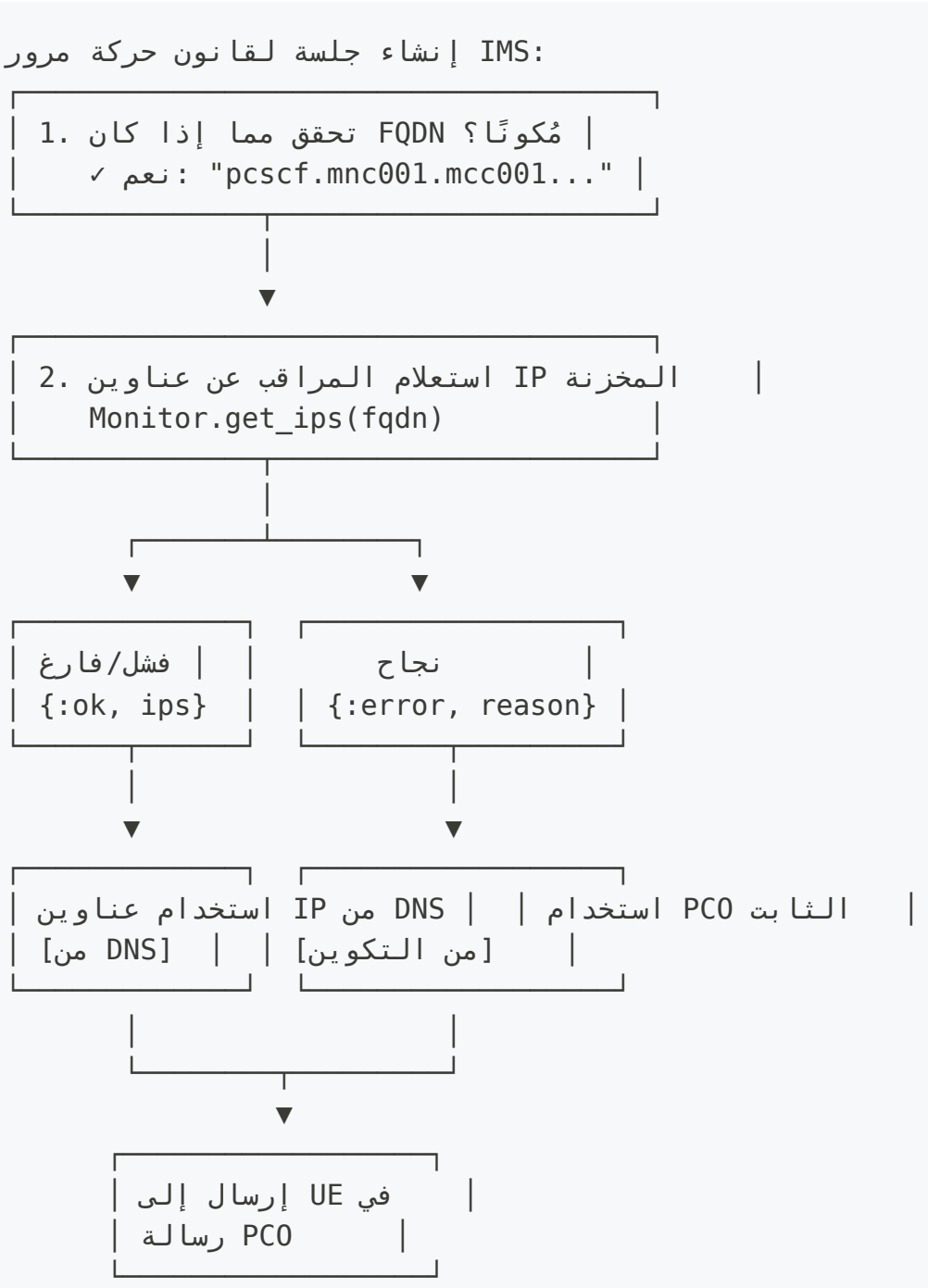
عندما يتم تكوين كل من FQDN و PCO، فإن FQDN الثابت يأخذ الأولوية:

```
%{
  name: "IMS Traffic",
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",  #
← تم المحاولة أولاً
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100", "203.0.113.101"]
# ← العودة
  }
}
```

منطق الاختيار:

الشرط	مصدر P-CSCF	العناوين المستخدمة	رسالة السجل
تم حل FQDN بنجاح	اكتشاف DNS (المراقب)	عناوين IP المكتشفة من DNS	`"Using P-CSCF addresses from FQDN pcscf.example.com"`
فشل FQDN في الحل	تجاوز PCO للقاعدة	عناوين IP الثابتة من `pco.p_cscf_ipv4_address_list`	`"Failed to get P-CSCF IPs from FQDN..., falling back to static config"`
FQDN يعيد قائمة فارغة	تجاوز PCO للقاعدة	عناوين IP الثابتة من `pco.p_cscf_ipv4_address_list`	تم تفعيل العودة
المراقب غير متاح	تجاوز PCO للقاعدة	عناوين IP الثابتة من `pco.p_cscf_ipv4_address_list`	خطأ يؤدي إلى العودة
لا يوجد FQDN مُكون	تجاوز PCO للقاعدة أو عالمي	عناوين IP من القاعدة أو التكوين العالمي	يستخدم التكوين الثابت مباشرة

تدفق المثال:



سيناريوهات العالم الحقيقي:

السيناريو 1: يعمل اكتشاف DNS ✅

```
التكوين:
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100"]

نتيجة DNS: [203.0.113.150, 203.0.113.151]
يتلقى UE: [203.0.113.150, 203.0.113.151] ← من DNS
ملاحظة: يتم تجاهل PCO الثابت عند نجاح DNS
```

⚠ عودة سلسة لـDNS، السيناريو 2: فشل

```
التكوين:
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100"]

نتيجة DNS: ERROR :no_naptr_records
يتلقى UE: [203.0.113.100] ← من PCO الثابت
ملاحظة: تنجح الجلسة على الرغم من فشل DNS
```

السيناريو 3: لا يوجد FQDN مُكون

```
التكوين:
  # لا يوجد p_cscf_discovery_fqdn
  pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]

يتلقى UE: [192.168.1.50] ← من PCO الثابت
ملاحظة: لم يتم محاولة اكتشاف DNS
```

لماذا هذا التصميم؟

1. **تفضيل الديناميكية** DNS: يوفر المرونة، وتوازن الحمل، والتوجيه المدرك للموقع
2. **ضمان الموثوقية** DNS: تضمن العودة الثابتة عدم فشل الجلسات بسبب مشاكل
3. **عدم تدخل يدوي**: الفشل التلقائي دو�ن تدخل المشغل
4. **آمن للإنتاج**: أفضل ما في العالمين - الرشاقة مع الاستقرار

التوصية: قم دائمًا بتكوين كل من FQDN و PCO الثابت لنشر الإنتاج:

```
# ✓ موصى به: ديناميكي مع العودة
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com",  # مفضل
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100"]     # شبكة الأمان
  }
}

# ⚠ محفوف بالمخاطر: ديناميكي فقط (يعود إلى PCO العالمي)
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  # لا يوجد عودة محددة للقواعد!
}

# ✓ صالح: ثابت فقط (بدون عبء DNS)
%{
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]
  }
}
```

OAM مراقبة واجهة برمجة التطبيقات

P-CSCF نقطة نهاية مراقبة

تتم المراقبة من خلال واجهة برمجة التطبيقات OAM REST (HTTPS/TLS على المنفذ `8443`).
يتم تقديم جميع المسارات تحت بادئة `/api`. استعلام عن مراقب اكتشاف P-CSCF باستخدام:

```
GET /api/pcscf_monitor
```

```
curl -k https://localhost:8443/api/pcscf_monitor
```

تأخذ نقطة النهاية لا معلمات مسار أو استعلام وتعيد الحالة الحالية للاكتشاف في كل استدعاء.
الوثائق التفاعلية لواجهة برمجة التطبيقات (Swagger UI) متاحة على
`https://localhost:8443/api/docs`.

محتويات الاستجابة:

- **إحصائيات عامة**
  - إجمالي FQDNs المراقبة
  - FQDNs التي تم حلها بنجاح
  - حالات الفشل في الحل
  - إجمالي عناوين P-CSCF IP المكتشفة
- **تفاصيل لكل FQDN**
  - FQDN الذي يتم مراقبته
  - حالة الحل (تم الحل / فشل / قيد الانتظار)
  - عدد عناوين IP المكتشفة
  - قائمة بعناوين IP (مع تفاصيل لكل خادم) المحلولة
  - طابع زمني آخر تحديث
  - **حالة الصحة**: كل خادم مكتشف يبلغ عن:
    - عنوان IP والمنفذ
    - اسم المضيف (من هدف DNS SRV)
    - مؤشر الصحة (صحي / غير صحي)
- **مقاييس المراقبة**
  - **إجمالي FQDNs**: عدد FQDNs الفريدة المسجلة للمراقبة
  - **تم حلها بنجاح**: FQDNs التي تم حلها بنجاح عبر DNS
  - **فشلت حالات DNS**: FQDNs التي فشلت في الحل
  - **إجمالي خوادم P-CSCF**: إجمالي عدد الخوادم المكتشفة عبر جميع FQDNs
  - **صحي (SIP OPTIONS UP)**: خوادم SIP تستجيب لفحوصات صحة OPTIONS
  - **غير صحي (SIP OPTIONS DOWN)**: خوادم SIP لا تستجيب لفحوصات OPTIONS
  - **معدل نجاح DNS**: نسبة حالات DNS الناجحة
  - **فترة فحص الصحة**: تكرار فحوصات صحة SIP OPTIONS (60 5 ثانية، ثواني مهلة)

تقدم الاستجابة رؤية حالية لكل من صحة حل DNS وتوافر خادم P-CSCF عبر SIP OPTIONS. كل استدعاء يعيد الحالة — `GET /api/pcscf_monitor` لتحديث، ما عليك سوى إعادة تشغيل الأخيرة.

حالة اختيار UPF

تبلغ نقطة نهاية حالة اختيار UPF (`GET /api/upf_selection`) عن حالة اكتشاف P-CSCF لكل قاعدة:

```
 حركة مرور IMS (الأولوية 20)
   مطابقة المطابقة: APN ^ims
   المجموعة: UPF-IMS-Primary (10.100.2.21:8805)

   اكتشاف P-CSCF
      FQDN: pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
      الحالة: ✓ تم الحل (2 IPs)
      المحلولة: IP 203.0.113.101 ,203.0.113.100 عناوين

   ⚙ تجاوزات PCO
      الأساسي: DNS 198.51.100.195
      P-CSCF (عودة ثابتة): 203.0.113.101 ,203.0.113.100
```

المقاييس والرؤية

مقاييس بروميثيوس

يقدم نظام مراقبة P-CSCF (المنفذ 42069 بشكل افتراضي) مقاييس عبر بروميثيوس:

مقاييس قياس

```
# مقاييس على مستوى FQDN
pcscf_fqdns_total                    # إجمالي عدد FQDNs المراقبة
pcscf_fqdns_resolved                 # FQDNs التي تم حلها بنجاح
(نجح DNS)
pcscf_fqdns_failed                   # حالات فشل حل FQDN

# مقاييس على مستوى الخادم (مجمعة)
pcscf_servers_total                  # إجمالي خوادم P-CSCF
المكتشفة عبر DNS SRV
pcscf_servers_healthy                # خوادم تستجيب لفحوصات SIP
OPTIONS (مجمعة)
pcscf_servers_unhealthy              # خوادم لا تستجيب لفحوصات
SIP OPTIONS (مجمعة)

# مقاييس على مستوى الخادم (مع تسمية FQDN لكل)
pcscf_servers_healthy{fqdn="..."}    # خوادم صحية لـ FQDN محدد
pcscf_servers_unhealthy{fqdn="..."}  # خوادم غير صحية لـ FQDN
محدد
```

تفاصيل فحص الصحة:

- `healthy`: خادم استجاب لصدمات SIP OPTIONS (TCP أو UDP)
- `unhealthy`: خادم فشل في الاستجابة لصدمات SIP OPTIONS (مهلة 5 ثوان لكل وسيلة نقل)

أمثلة المقاييس

مقاييس حل DNS:

```
# استعلام FQDNs التي تم حلها بنجاح
pcscf_fqdns_resolved

# حساب معدل نجاح DNS
(pcscf_fqdns_resolved / pcscf_fqdns_total) * 100

# إجمالي الخوادم المكتشفة
pcscf_servers_total
```

مقاييس صحة SIP OPTIONS:

```
# إجمالي الخوادم الصحية عبر جميع FQDNs
pcscf_servers_healthy

# إجمالي الخوادم غير الصحية
pcscf_servers_unhealthy

# حساب معدل نجاح فحص الصحة
(pcscf_servers_healthy / pcscf_servers_total) * 100

# محدد FQDN خوادم صحية لـ
pcscf_servers_healthy{fqdn="pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"}

# تنبيه عند تعطل جميع الخوادم
pcscf_servers_healthy == 0 AND pcscf_servers_total > 0
```

أمثلة تنبيهات بروميثيوس:

```yaml
# تنبيه عند تعطل جميع خوادم P-CSCF
- alert: AllPCSCFServersDown
  expr: pcscf_servers_healthy == 0 AND pcscf_servers_total > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "جميع خوادم P-CSCF غير صحية"
    description: "{{ $value }} خوادم صحية (0) - جميعها فشلت في فحوصات SIP OPTIONS"

# تنبيه عند تعطل أكثر من 50% من الخوادم
- alert: MajorityPCSCFServersDown
  expr: (pcscf_servers_healthy / pcscf_servers_total) < 0.5
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "أغلبية خوادم P-CSCF غير صحية"
    description: "فقط {{ $value }}% من الخوادم تستجيب لفحوصات SIP OPTIONS"

# تنبيه عند فشل حل DNS
- alert: PCSCFDNSResolutionFailed
  expr: pcscf_fqdns_failed > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "فشل حل DNS لـ P-CSCF"
    description: "{{ $value }} FQDN(s) تفشل في الحل"
```

السجل

يسجل المراقب الأحداث الرئيسية:

```
[info] تم بدء مراقب P-CSCF
[info] 2 تسجيل FQDNs فريدة لمراقبتها: ["pcscf.ims.example.com",
"pcscf.enterprise.example.com"]
[info] مراقب P-CSCF: تسجيل FQDN pcscf.ims.example.com
[debug] مراقب P-CSCF: تم حل pcscf.ims.example.com 2 بنجاح إلى IPs
[warning] مراقب P-CSCF: فشل في حل pcscf.enterprise.example.com:
:nxdomain
[debug] استخدام عناوين P-CSCF من FQDN pcscf.ims.example.com: [{10,
101, 2, 100}, {10, 101, 2, 101}]
```

استراتيجية العودة

يستخدم النظام **استراتيجية عودة من ثلاث مستويات** لتحقيق أقصى قدر من الموثوقية:

المستوى 1: اكتشاف DNS (مفضل)

```
p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
```

- يقوم المراقب باستعلام DNS ويخزن عناوين IP المحلولة
- تستخدم الجلسة عناوين IP المخزنة إذا كانت متاحة
- **الميزة**: ديناميكي، موزع الحمل، مدرك للموقع

المستوى 2: PCO (عودة) ثابت محدد بالقواعد

```
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100", "203.0.113.101"]
}
```

- تستخدم إذا فشل اكتشاف DNS أو أعادت عدم وجود عناوين IP
- تكوين ثابت محدد بالقواعد
- **الميزة**: عودة محددة بالقواعد، متوقعة

المستوى 3: تكوين PCO (ملاذ أخير) العالمي

```
# تكوين pco العالمي
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.146"]
}
```

- تستخدم DNS إذا لم يكن هناك تكوين محدد بالقواعد وفشل
- عناوين P-CSCF الافتراضية العالمية
- **الميزة**: متاحة دائمًا، تمنع فشل الجلسة

مثال على منطق العودة

```
تطابق الجلسة مع قاعدة "حركة مرور IMS":

1. حاول اكتشاف DNS لـ "pcscf.ims.example.com"
   ├─ النجاح ✓ → استخدم [203.0.113.100, 203.0.113.101]
   └─ الفشل → حاول المستوى التالي

2. حاول تجاوز PCO للقاعدة
   ├─ مُكون ✓ → استخدم [203.0.113.100, 203.0.113.101]
   └─ غير مُكون → حاول المستوى التالي

3. استخدم تكوين PCO العالمي
   └─ استخدم [203.0.113.146] ✓ (ينجح دائمًا)
```

تكوين DNS

إعداد خادم DNS

قم بتكوين خادم DNS مع سجلات SRV و A/AAAA لاكتشاف P-CSCF:

```
; سجلات SRV لـ P-CSCF (تلقائيًا _sip._tcp يتم استعلام بادئة)
_sip._tcp.pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org. IN SRV 10 50 5060
pcscf1.example.com.
_sip._tcp.pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org. IN SRV 20 50 5060
pcscf2.example.com.

; سجلات A
pcscf1.example.com. IN A 203.0.113.100
pcscf2.example.com. IN A 203.0.113.101
```

مهم: يقوم OmniPGW تلقائيًا بإضافة `_sip._tcp.` إلى FQDN المكون. إذا قمت بتكوين `p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"`، ��يقوم النظام باستعلام `_sip._tcp.pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org`.

تنسيق سجل SRV

هذا التنسيق SRV تتبع سجلات:

```
_service._proto.domain. IN SRV priority weight port target.
```

- **الأولوية**: القيم الأقل لها أولوية أعلى (10 قبل 20)
- **الوزن**: لتوازن الحمل بين نفس الأولوية (الأعلى = مزيد من الحركة)
- **المنفذ**: منفذ SIP (عادة 5060 لـ TCP، 5060 لـ UDP)
- **الهدف**: اسم المضيف الذي يتم حله إلى عنوان IP

اختبار تكوين DNS

```
# استعلام سجلات SRV (لاحظ بادئة _sip._tcp)
dig SRV _sip._tcp.pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org @192.0.2.177

# الناتج المتوقع:
# _sip._tcp.pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org. 300 IN SRV 10 50
5060 pcscf1.example.com.

# حل اسم مضيف P-CSCF إلى IP
dig A pcscf1.example.com @192.0.2.177

# الناتج المتوقع:
# pcscf1.example.com. 300 IN A 203.0.113.100
```

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

المشكلة: يظهر "حالة فشل FQDN"

الأعراض:

- `GET /api/pcscf_monitor` يبلغ عن حالة فشل
- خطأ: `:nxdomain`, `:timeout`, أو `:no_naptr_records`

الأسباب المحتملة:

1. خادم DNS غير متاح
2. FQDN غير موجود في DNS
3. لا توجد سجلات NAPTR مكونة
4. مهلة خادم DNS

الحل:

```
# 1. اختبار اتصال خادم DNS
ping 192.0.2.177

# 2. اختبار استعلام NAPTR يدويًا
dig NAPTR pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org @192.0.2.177

# 3. تحقق من سجلات OmniPGW
grep "P-CSCF" /var/log/pgw_c.log

# 4. تحقق من التكوين
grep "p_cscf_discovery_dns_server" config/runtime.exs

# 5. إعادة استعلام واجهة برمجة التطبيقات OAM للحصول على الحالة الحالية
curl -k https://localhost:8443/api/pcscf_monitor
```

المشكلة: لا يتم إرجاع أي عناوين IP

الأعراض:

- `GET /api/pcscf_monitor` يبلغ عن "0 IPs"
- قد تكون الحالة تم حلها أو فشلت

الأسباب المحتملة:

1. توجد سجلات NAPTR ولكن FQDNs البديلة لا تحل
2. لا يتطابق حقل الخدمة مع نمط IMS/SIP
3. سجلات A/AAAA مفقودة

الحل:

```
# تحقق من حقل خدمة سجل NAPTR
dig NAPTR pcscf.example.com @192.0.2.177

# تأكد من أن الخدمة تحتوي على "SIP" أو "IMS":
# صحيح: "SIP+D2U"، "x-3gpp-ims:sip"
# خاطئ: "HTTP"، "FTP"

# تحقق من وجود سجلات A/AAAA
dig pcscf1.example.com A @192.0.2.177
```

المشكلة: تستخدم الجلسات P-CSCF غير الصحيحة

الأعراض:

- يتلقى UE عناوين P-CSCF غير متوقعة
- تم استخدام العودة الثابتة بدلاً من عناوين IP المكتشفة

الأسباب المحتملة:

1. فشل اكتشاف DNS لكن العودة تعمل
2. المطابقة غير صحيحة
3. لم يتم تسجيل FQDN

الحل:

```
# 1. تحقق من صفحة مراقب P-CSCF
# تحقق مما إذا كان FQDN مسجلاً وتم حله

# 2. تحقق من سجلات الجلسة
grep "Using P-CSCF addresses from FQDN" /var/log/pgw_c.log

# 3. تحقق من صفحة اختيار UPF
# تحقق مما إذا كانت القاعدة تظهر FQDN الصحيح والحالة

# 4. اختبار المطابقة
# أنشئ جلسة مع APN تتطابق التي القاعدة من وتحقق محدد
```

المشكلة: ارتفاع زمن استعلام DNS

الأعراض:

- بطء في إنشاء الجلسة
- تظهر المقاييس زمنًا مرتفعًا `pcscf_discovery_query_duration_seconds`

الأسباب المحتملة:

1. مشاكل في أداء خادم DNS
2. خير الشبكة إلى خادم ت DNS
3. مهلة مرتفعة جدًا

الحل:

```
# تقليل مهلة الاستعلام
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 2000  # تقليل من 5000 مللي ثانية
}

# أقرب DNS النظر في استخدام خادم
pco: %{
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.0.0.10"  # DNS محلي
}
```

أفضل الممارسات

1. اختيار خادم DNS

استخدم خادم DNS مخصص

```
pco: %{
  # DNS مخصص لاكتشاف P-CSCF (ليس نفس DNS الخاص بـ UE)
  p_cscf_discovery_dns_server: "192.0.2.177",

  # خوادم DNS الخاصة بـ UE (المقدمة للأجهزة المحمولة)
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}
```

لماذا؟

- فصل الاهتمامات: DNS الخاص بـ UE مقابل DNS IMS الداخلي
- سياسات وصول وأمان مختلفة
- توسيع واستقرار مستقل

2. قم دائمًا بتكوين العودة الثابتة

```
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com",  # مفضل
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100"]  # العودة المطلوبة
  }
}
```

لماذا؟

- يضمن نجاح الجلسات حتى إذا فشل DNS
- تدهور سلس
- يلبي متطلبات SLA

3. استخدم FQDNs محددة لكل نوع حركة مرور

```
rules: [
  # IMS
  %{
    name: "IMS",
    match_regex: "^ims",
    p_cscf_discovery_fqdn:
"pcscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"
  },

  # المؤسسة
  %{
    name: "Enterprise",
    match_regex: "^enterprise",
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.enterprise.example.com"
  }
]
```

لماذا؟

- مجموعات P-CSCF مختلفة لكل خدمة
- توزيع أفضل للحمل
- توجيه محدد للخدمة

4. راقب أداء استعلام DNS

```
# تنبيه عند ارتفاع زمن استعلام P-CSCF
alert: HighPCSCFQueryLatency
expr: histogram_quantile(0.95,
pcscf_discovery_query_duration_seconds_bucket) > 2
for: 5m
labels:
  severity: warning
annotations:
  summary: "استعلامات DNS لـ P-CSCF بطيئة (p95 > 2s)"
```

5. بانتظام DNS تحقق من صحة

- **واجهة برمجة التطبيقات OAM**: استعلام `GET /api/pcscf_monitor` يوميًا
- **المقاييس**: راقب المقياس `pcscf_monitor_fqdns_failed`
- **السجلات**: راقب أخطاء DNS
- **الاختبار**: تحقق دوريًا من وجود سجلات DNS

6. قم بتكوين مهلة مناسبة

```
# الإنتاج: توازن بين الموثوقية والكمون
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000  # 5 ثوان
}

# الأداء العالي: تفضل ا��سرعة، اعتمد على العودة
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 2000  # 2 ثانية
}
```

7. استخدم تكرار DNS

قم بتكوين DNS أساسي وثانوي:

```
# DNS P-CSCF الأساسي
pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org. IN NAPTR 10 50 "s" "SIP+D2U"
"" _sip._udp.pcscf1.example.com.

# DNS P-CSCF الثانوي
pcscf.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org. IN NAPTR 20 50 "s" "SIP+D2U"
"" _sip._udp.pcscf2.example.com.
```

الوثائق ذات الصلة

- **تكوين PCO** - خيارات تكوين البروتوكول، إعدادات P-CSCF و DNS
- **دليل التكوين** الكامل OmniPGW - مرجع تكوين

- **المراقبة** - المقاييس، السجلات، والرؤية
- **إدارة الجلسة** PCO - دورة حياة الجلسة وتسليم
- **واجهة PFCP** - اتصالات وظيفة الطائرة المستخدمة

العودة إلى الوثائق الرئيسية

مراقبة P-CSCF من OmniPGW - *بواسطة خدمات شبكة Omnitouch*

وثائق واجهة PFCP/Sxb

الاتصال بين PGW-U و PGW-C **بروتوكول التحكم في توجيه الحزم** -

---

جدول المحتويات

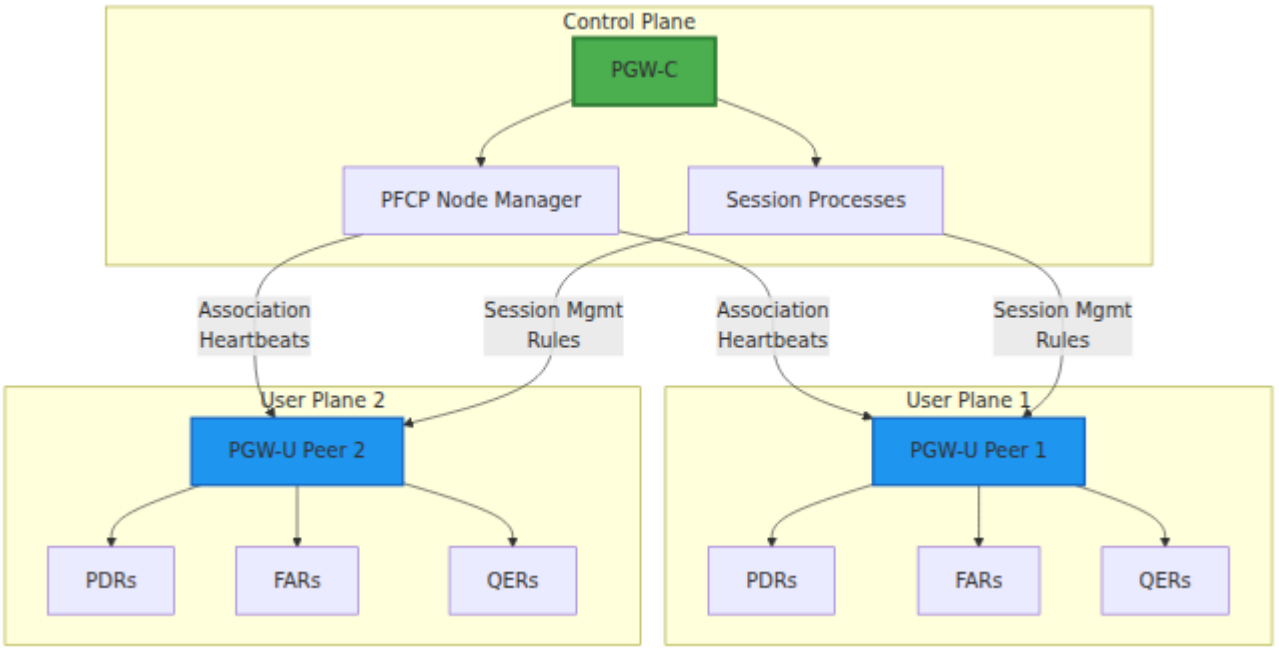
1. نظرة عامة
2. أساسيات البروتوكول
3. إدارة ارتباط PFCP
4. إدارة جلسة PFCP
5. قواعد معالجة الحزم
6. التكوين
7. اختيار UPF القائم على DNS
8. تدفقات الرسائل
9. استكشاف الأخطاء وإصلاحها
10. مراقبة PFCP
11. الوثائق ذات الصلة

نظرة عامة

واجهة تستخدم **Sxb PFCP (بروتوكول التحكم في توجيه الحزم)** للتواصل بين PGW-C (طبقة التحكم) و PGW-U (طبقة المستخدم). يسمح هذا الفصل بـ:

- **طبقة التحكم (PGW-C)** - تتعامل مع الإشارات، إدارة الجلسات، قرارات السي��سة
- **طبقة المستخدم (PGW-U)** - تتعامل مع توجيه الحزم الفعلي بسرعة عالية

هيكل PFCP



أساسيات البروتوكول

إصدار PFCP

تنفذ PGW-C **الإصدار PFCP 1** (3GPP TS 29.244).

النقل

- **البروتوكول:** UDP
- **المنفذ الافتراضي:** 8805
- **تنسيق الرسالة:** مشفر ثنائي باستخدام مواصفات PFCP

أنواع معرفات العقد

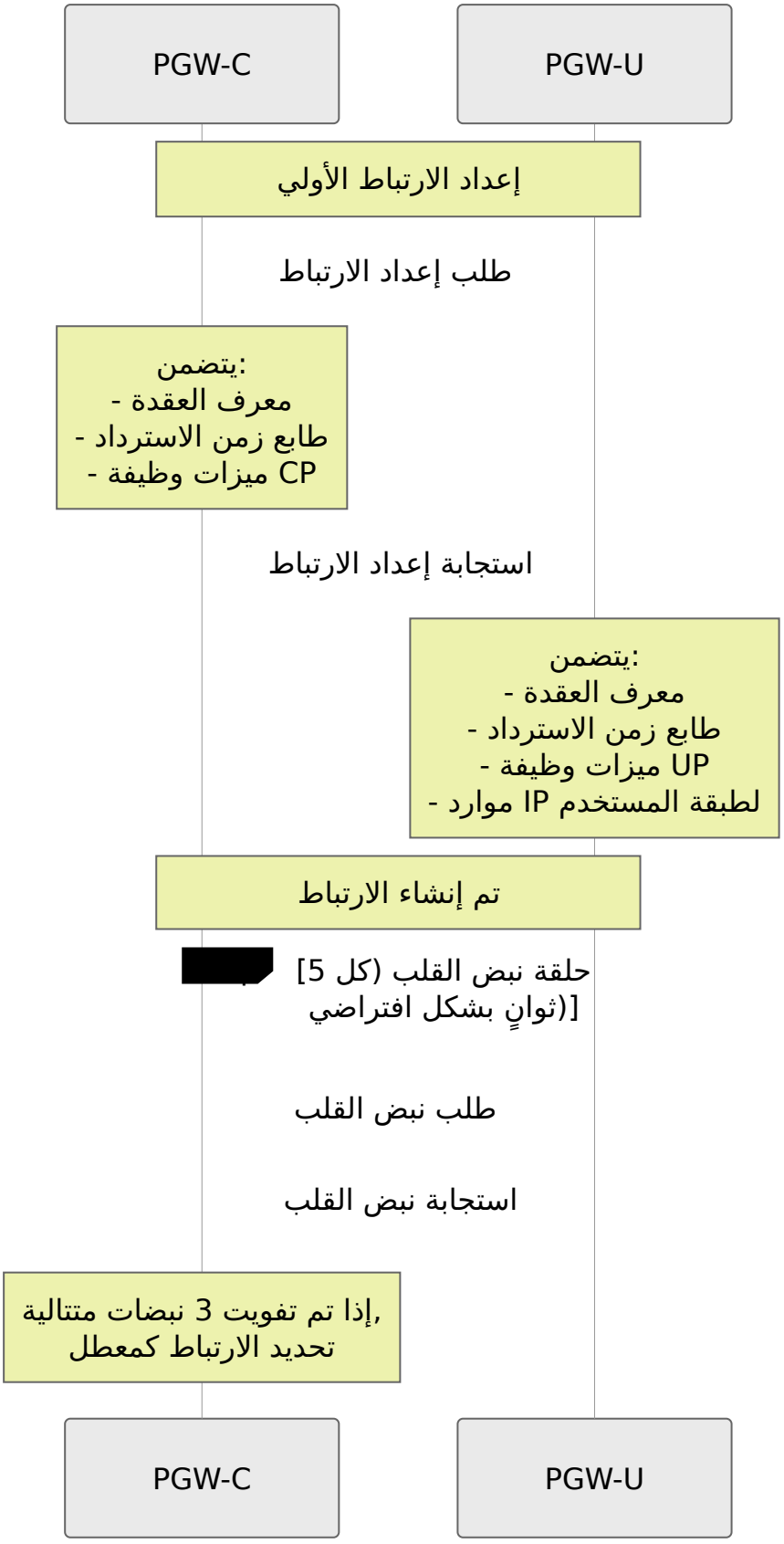
يتم تحديد أقران PFCP بواسطة معرف العقدة، والذي يمكن أن يكون:

- **عنوان IPv4** - الأكثر شيوعًا
- **عنوان IPv6**
- **FQDN** (اسم المجال المؤهل بالكامل)

إدارة ارتباط PFCP

قبل أن تتم إدارة الجلسة، يجب إنشاء **ارتباط** PFCP بين PGW-C و PGW-U.

تدفق إعداد الارتباط



إدارة حالة الأقران

يحافظ كل نظير PFCP على الحالة:

الحقل	الوصف
`is_associated`	يشير إلى حالة الارتباط Boolean
`remote_node_id`	معرف العقدة للنظير (IP أو FQDN)
`remote_ip_address`	عنوان IP للتواصل
`remote_port`	منفذ UDP (افتراضي 8805)
`heartbeat_period_ms`	فترة نبض القلب بالمللي ثانية
`missed_heartbeats_consecutive`	عدد نبضات القلب المفقودة
`up_function_features`	الميزات المدعومة لطبقة المستخدم
`up_recovery_time_stamp`	طابع زمن الاسترداد للنظير

آلية نبض القلب

الغرض: اكتشاف فشل الأقران والحفاظ على حيوية الارتباط

التكوين:

```
# في config/runtime.exs
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.0.21", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
# يتم تسجيل جميع UPFs تلقائيًا مع نبضات قلب كل 5 ثوانٍ
```

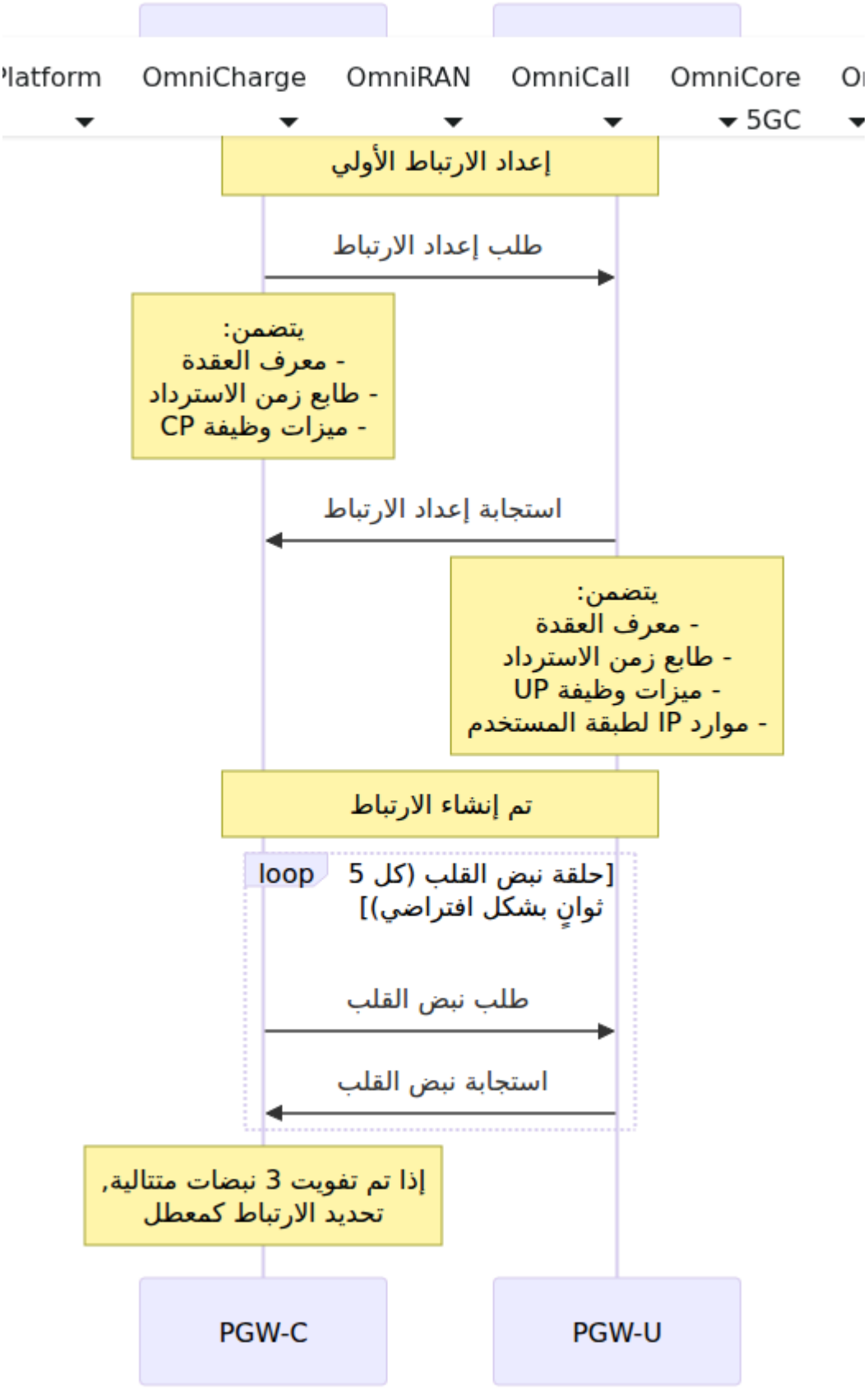
كشف الفشل:

- كل نبضة قلب مفقودة تزيد من `missed_heartbeats_consecutive`
- عادةً ما يتم تكوينها للفشل بعد 3 تفويتات متتالية
- يمنع الارتباط الفاشل الجلسات الجديدة إلى ذلك النظير

إدارة جلسة PFCP

تُنشأ جلسات PFCP لكل اتصال PDN لـ UE في طبقة المستخدم لبرمجة قواعد التوجيه.

دورة حياة الجلسة



إنشاء الجلسة

متى: يتصل UE وينشئ اتصال PDN

ترسل PGW-C إلى PGW-U:

طلب إنشاء الجلسة يحتوي على:

- **SEID** - معرف فريد للجلسة (معرف نقطة نهاية الجلسة)
- **معرف العقدة** - معرف عقدة PGW-C
- **F-SEID** - SEID المؤهل بالكامل (يشمل IP + SEID)
- **PDRs** - قواعد اكتشاف الحزم (عادةً 2: uplink + downlink)
- **FARs** - قواعد إجراء التوجيه (عادةً 2: uplink + downlink)
- **QERs** - قواعد فرض QoS (حدود معدل البت)
- **BAR** - قاعدة إجراء التخزين المؤقت (لتخزين البيانات في الاتجاه المنخفض)

تستجيب PGW-U:

استجابة إنشاء الجلسة تحتوي على:

- **السبب** - سبب النجاح أو الفشل
- **F-SEID** - نقطة نهاية الجلسة لـ PGW-U
- **PDRs التي تم إنشاؤها** - تأكيد القواعد التي تم إنشاؤها
- **F-TEID** - TEID المؤهل بالكامل لواجهة S5/S8

تعديل الجلسة

متى: تحدث تغييرات QoS، أو تعديلات على الحامل، تحديثات السياسة

يمكن أن يتضمن التعديل:

- إضافة PDRs جديدة، FARs، QERs
- إزالة القواعد الحالية
- تحديث معلمات القاعدة

حذف الجلسة

متى: ينفصل UE أو يتم إنهاء اتصال PDN

العملية:

1. ترسل PGW-C طلب حذف الجلسة مع SEID
2. تزيل PGW-U جميع القواعد وتحرر الموارد
3. تستجيب PGW-U باستجابة حذف الجلسة

تخصيص F-TEID

F-TEID (معرف نقطة نهاية النفق المؤهل بالكامل) يحدد نقاط نهاية نفق GTP-U لحركة المرور في الاتجاه الصاعد. هناك طريقتان UPF يجب أن ترسل فيه، PFCP مرور طبقة المستخدم. عند إنشاء جلسة F-TEID يجب تخصيص المكان الذي يحدد:

فهم تخصيص F-TEID

ما الذي يتم تخصيصه: يتكون F-TEID من:

- **TEID** (معرف نقطة نهاية النفق) - رقم 32 بت يحدد النفق
- **عنوان IP** - عنوان IP (الخاص بـ UPF) حيث يتم إرسال حزم GTP-U

السؤال: من يقوم بتخصيص قيمة TEID؟

الخيار 1: تخصيص UPF (التوصية الافتراضية)

- PGW-C تقول "لي TEID يرجى تخصيص" (علامة CHOOSE)
- UPF تختار TEID من مجموعتها المحلية وتستجيب بالقيمة

الخيار 2: تخصيص PGW-C (وضع التوافق)

- PGW-C تختار TEID وتخبر UPF "استخدم هذا TEID المحدد"
- UPF تستخدم TEID المقدم دون تخصيص

تخصيص UPF (افتراضي - موصى به)

التك��ين:

```
sxb: %{
  allocate_uplink_f_teid: false  # الافتراضي
}
```

كيف يعمل:

1. تبني PGW-C طلب إنشاء جلسة PFCP مع علامة F-TEID CHOOSE
2. تتلقى UPF الطلب، وتخصص TEID من مجموعتها الداخلية
3. تستجيب UPF بـ F-TEID المخصص (TEID + عنوان IP)
4. تخزن PGW-C F-TEID المخصص طوال مدة الجلسة

لماذا هذا أفضل (عادةً):

✅ فصل الاهتمامات

- معرفات طبقة المستخدم UPF طبقة المستخدم = تدير UPF تمتلك
- لا حاجة لـ PGW-C لتتبع TEIDs المتاحة لـ UPF
- يدير كل مكون مجموعة موارده الخاصة

✅ قابلية التوسع متعددة PGW-C

- دون تنسيق UPF إلى نفس PGW-C يمكن أن تتحدث عدة مثيلات
- لا يوجد خطر من تصادم TEID بين مثيلات PGW-C المختلفة
- التفرد عبر جميع أقران طبقة التحكم UPF تضمن

✅ سلوك قياسي من 3GPP

- تم تعريف علامة CHOOSE 3 في3GPP TS 29.244 لهذا الغرض
- تدعمها تطبيقات UPF الحديثة
- تتبع مبدأ "دع المالك يخصص"

✅ فشل بسيط في التبديل

- إذا أعيد تشغيل PGW-C، لا تزا UPF تمتلك مساحة TEID
- لا حاجة لمزامنة حالة تخصيص TEID
- يمكن لـ UPF الاستمرار في استخدام TEIDs الموجودة

متى تستخدم:

- ✅ عمليات الإنتاج مع UPFs (افتراضي) الحديثة
- ✅ عمليات متعددة PGW-C تشارك مجموعات UPF
- ✅ هياكل سحابية أصلية مع طبقات تحكم بدون حالة
- ✅ تريد سلوك PFCP 3 من 3GPP القياسي

المشكلات المحتملة:

- ⚠ بعض تطبيقات UPF القديمة أو المملوكة لا تدعم علامة CHOOSE
- ⚠ إذا فشل إنشاء الجلسة مع "IE الإلزامي مفقود" أو ما شابه، قد لا تدعم UPF CHOOSE

تخصيص PGW-C (توافق قديم)

التكوين:

```
sxb: %{
  allocate_uplink_f_teid: true
}
```

كيف يعمل:

1. تخصص PGW-C TEID من مجموعتها المحلية أثناء إنشاء الجلسة
2. تبني PGW-C طلب إنشاء جلسة PFCP مع قيمة TEID صريحة
3. تتلقى UPF الطلب، وتستخدم TEID المقدم دون تخصيص
4. تتعقب كل من PGW-C و UPF نفس قيمة TEID

لماذا قد تحتاج إلى ذلك:

✅ UPF لا تدعم CHOOSE

- بعض تطبيقات UPF (خاصة القديمة/المملوكة) لا تدعم التخصيص الديناميكي
- PFCP صريح في طلب إنشاء جلسة UPF تتوقع TEID
- الحل الوحيد للتوافق

✅ إدارة TEID مركزية

- إذا كنت بحاجة إلى PGW-C للحصول على رؤية كاملة لجميع TEIDs المخصصة
- مفيد لاستكشاف مشكلات طبقة المستخدم (PGW-C يعرف قيم TEID الدقيقة)

- في التقاط الحزم مع حالة الجلسة TEID يمكن أن تتطابق

تخصيص حتمي

- قابلة للتنبؤ TEID إذا كنت بحاجة إلى أنماط تخصيص
- محددة TEID قد تتطلب بعض بيئات الاختبار نطاقات

المقايضات:

⚠ **PGW-C التنسيق مطلوب لعدة**

- TEID تجنب تصادم UPF التي تشارك PGW-C يجب على عدة مثيلات
- يتطلب إما:
  - (تكوين معقد) PGW-C مقسمة لكل TEID نطاقات
  - مشتركة (بنية تحتية إضافية) TEID خدمة تخصيص
  - قبول خطر التصادم مع التخصيص العشوائي (احتمالية منخفضة)

⚠ **مزامنة الحالة**

- المخصصة لتجنب إعادة الاستخدام TEIDs تتبع PGW-C يجب على
- (يجب إعادة بنائها من الجلسات) PGW-C عند إعادة تشغيل TEID تفقد حالة مجموعة
- سيناريوهات فشل أكثر تعقيدًا

⚠ **سلوك غير قياسي**

- المقصود PFCP ليس نمط تصميم
- CHOOSE التي تتوقع UPF قد لا يعمل مع جميع تطبيقات

متى تستخدم:

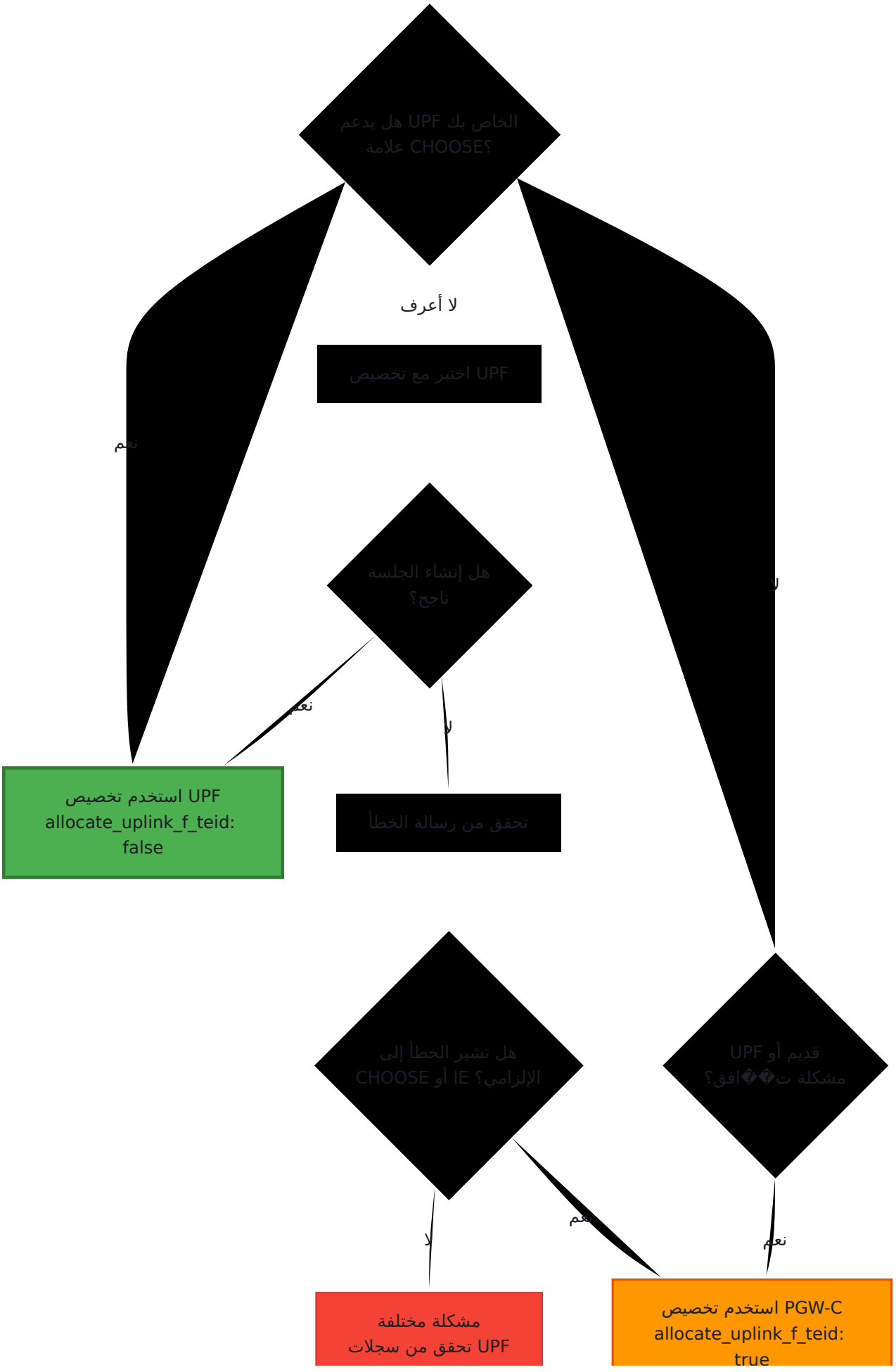
- ⚠ **CHOOSE علامة UPF فقط عندما لا تدعم**
- ⚠ تطبيقات UPF (مثل بعض الأجهزة المملوكة) القديمة
- ⚠ متطلبات توافق محددة
- ⚠ سيناريوهات استكشاف الأخطاء التي تتطلب رؤية TEID لـ PGW-C

معالجة تصادم TEID: تستخدم PGW-C التخصيص العشوائي مع الكشف عن التصادم:

- نطاق TEID: 1 0إلى xFFFFFFFF (4.2 مليار قيمة)
- احتمالية التصادم: ~0.023% عند 1 مليون جلسة

- إعادة المحاولة التلقائية عند التصادم (شفافة للمتصل)
- يتم تحرير TEIDs تلقائيًا عند إنهاء الجلسة

كيفية الاختيار


هل يدعم UPF الخاص بك علامة CHOOSE؟
لا أعرف
اختبر مع تخصيص UPF
نعم
هل إنشاء الجلسة ناجح؟
نعم
لا
استخدم تخصيص UPF allocate_uplink_f_teid: false
تحقق من رسالة الخطأ
لا
قديم أو UPF مشكلة ت��افق؟
هل تشير الخطأ إلى IE أو CHOOSE الإلزامي؟
نعم
لا
نعم
استخدم تخصيص PGW-C allocate_uplink_f_teid: true
مشكلة مختلفة تحقق من سجلات UPF

استكشاف الأخطاء

الأعراض: فشل إنشاء الجلسة على الفور

تحقق من سجلات PFCP:

```
# ابحث عن أخطاء تتعلق بـ CHOOSE
grep -i "choose\|mandatory.*missing" /var/log/pgw_c.log

# تحقق من رموز سبب استجابة إنشاء الجلسة
grep "Session Establishment Response" /var/log/pgw_c.log
```

إذا رفضت UPF علامة CHOOSE:

- قد تقول الخطأ "IE غير صالح" أو "IE الإلزامي مفقود"
- تتوقع UPF F-TEID صريح ولكن تلقت CHOOSE
- **الحل:** تعيين `allocate_uplink_f_teid: true`

إذا تسبب تخصيص PGW-C في مشكلات:

- ضخمة (4 مليارات قيمة) TEID نادر جدًا - مساحة
- تحقق من استنفاد TEID (غير محتمل أقل من ملايين الجلسات):

```
# تحقق من عدد السجلات
grep "registered_teid_count" /var/log/pgw_c.log
```

التبديل بين الأوضاع:

```
# تحرير config/runtime.exs
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20",
  allocate_uplink_f_teid: false  # تغيير إلى true إذا لم تدعم UPF
CHOOSE
}
```

ثم أعد تشغيل PGW-C:

```
systemctl restart pgw_c
```

تحقق من التقاطات حزم PFCP: **التحقق من الوضع النشط:**

```
# التقاط حركة مرور PFCP
tcpdump -i any -n port 8805 -w pfcp.pcap

# وانظر إلى طلب إنشاء الجلسة Wireshark افتح في
# إذا أظهرت F-TEID علامات "CHOOSE": وضع تخصيص UPF
# إذا أظهرت F-TEID قيمة TEID وضع تخصيص :صريحة PGW-C
```

قواعد معالجة الحزم

يستخدم PFCP مجموعة من القواعد لتعريف كيفية معالجة طبقة المستخدم للحزم.

هيكل القاعدة



PDR (قاعدة اكتشاف الحزمة)

الغرض: تحديد الحزم التي تنطبق عليها هذه القاعدة

تكوين PGW-C النموذجي:

PDR #1 - الاتجاه المنخفض:

```
معرف PDR: 1
الأولوية: 100
PDI (معلومات اكتشاف الحزمة):
  - واجهة المصدر: CORE (جانب الإنترنت)
  - عنوان IP لـ UE: 100.64.1.42/32
معرف FAR: 1 (قاعدة التوجيه المرتبطة)
```

PDR #2 - الاتجاه الصاعد:

```
معرف PDR: 2
الأولوية: 100
PDI (معلومات اكتشاف الحزمة):
  - واجهة المصدر: ACCESS (جانب SGW)
  - F-TEID: <نقطة نهاية نفق S5/S8>
معرف FAR: 2 (قاعدة التوجيه المرتبطة)
معرف QER: 1 (فرض QoS)
```

الحقول الرئيسية لـ PDR:

- **معرف PDR** - معرف القاعدة الفريد (لكل جلسة)
- **الأولوية** - أولوية مطابقة القاعدة (أعلى = أكثر تحديدًا)
- **PDI** - معايير المطابقة (واجهة، IP، TEID، إلخ.)
- **إزالة رأس الخارجي** GTP-U عند الإدخال - إزالة رأس
- **معرف FAR** - إجراء التوجيه المرتبط
- **معرف QER** - فرض QoS (اختياري) المرتبط

FAR (قاعدة إجراء التوجيه)

الغرض: تحديد ما يجب القيام به مع الحزم المطابقة

FAR #1 - الاتجاه المنخفض (الإنترنت → UE):

```
معرف FAR: 1
تطبيق الإجراء: إعادة توجيه
معلمات التوجيه:
  - واجهة الوجهة: ACCESS (إلى SGW)
  - إنشاء رأس خارجي: GTP-U/UDP/IPv4
  - F-TEID نفق نهاية نقطة> :البعيد SGW S5/S8>
```

FAR #2 - الاتجاه الصاعد (UE → الإنترنت):

```
معرف FAR: 2
تطبيق الإجراء: إعادة توجيه
معلمات التوجيه:
  - واجهة الوجهة: CORE (إلى الإنترنت)
  - (عادي IP لا رأس خارجي - توج��ه)
```

الحقول الرئيسية لـ FAR:

- **معرف FAR** - معرف القاعدة الفريد
- **تطبيق الإجراء** - إعادة توجيه، إسقاط، تخزين، إبلاغ
- **معلمات التوجيه:**
  - واجهة الوجهة (ACCESS/CORE)
  - إنشاء رأس خارجي (إضافة نفق GTP-U)
  - مثيل الشبكة (VRF/جدول التوجيه)

QER (قاعدة فرض QoS)

الغرض: فرض حدود معدل البت ومعلمات QoS. يمكن أن تتعقب QERs أيضًا الاستخدام لإدارة حصة الشحن عبر الإنترنت (انظر واجهة Diameter Gy للتحكم في الائتمان).

مثال QER:

```
معرف QER: 1
حالة البوابة: مفتوحة
أقصى معدل بت:
  - الاتجاه الصاعد: 100 ميجابت في الثانية
  - الاتجاه المنخفض: 50 ميجابت في الثانية
معدل البت المضمون: (GBR اختياري، للحاملات)
  - الاتجاه الصاعد: 10 ميجابت في الثانية
  - الاتجاه المنخفض: 10 ميجابت في الثانية
```

الحقول الرئيسية لـ QER:

- **معرف QER** - معرف القاعدة الفريد
- **حالة البوابة** - مفتوحة (السما��) أو مغلقة (الحظر)
- **MBR** - أقصى معدل بت (الاتجاه الصاعد/الاتجاه المنخفض)
- **GBR** - معدل بت مضمون (للحاملات المخصصة)
- **QCI** - معرف فئة QoS (يؤثر على الجدولة)

BAR (قاعدة إجراء التخزين المؤقت)

الغرض: التحكم في تخزين الحزم في الاتجاه المنخفض عندما يكون UE في وضع الخمول

مثال BAR:

```
معرف BAR: 1
تأخير إشعار بيانات الاتجاه المنخفض: 100 مللي ثانية
عدد الحزم المقترح للتخزين المؤقت: 10
```

يستخدم من أجل: تحسين DRX (استقبال غير متقطع) في وضع الخمول

التكوين

تكوين Sxb الأساسي

حرر `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    # عنوان IP المحلي للتواصل عبر PFCP
    local_ip_address: "10.0.0.20",

    # (8805) اختياري: تجاوز المنفذ الافتراضي
    local_port: 8805,

    # مهلة طلب PFCP (الافتراضي: 500 مللي ثانية) بالمللي ثانية
    # الوقت الذي يجب الانتظار فيه لاستجابة UPF قبل إعادة الإرسال
    # يجب أن تكون <= الوقت المتوقع لمعالجة UPF لتجنب الجلسات المكررة
    request_timeout_ms: 500,

    # عدد محاولات إعادة الإرسال لطلبات PFCP (الافتراضي: 3)
    # إجمالي الوقت الأقصى للانتظار = request_timeout_ms * request_attempts
    request_attempts: 3,

    # اختياري: التحكم في تخصيص F-TEID لطبقة المستخدم
    # تقوم UPF بتخصيص F-TEID (علامة CHOOSE) عندما تكون خاطئة (الافتراضي):
    # تقوم PGW-C بتخصيص F-TEID وتوفير قيمة صريحة عندما تكون صحيحة:
    # ملاحظة: قد لا تدعم بعض UPFs علامة CHOOSE وتحتاج إلى تخصيص صريح
    allocate_uplink_f_teid: false
  },

  # اختيار UPF - يتم تسجيل جميع UPFs المعرفة هنا تلقائيًا
  upf_selection: %{
    fallback_pool: [
      %{
        # عنوان IP لـ PGW-U
        remote_ip_address: "10.0.0.21",

        # منفذ PFCP (الافتراضي: 8805)
        remote_port: 8805,

        # الوزن للتوازن بين الأحمال (100 = عادي، 0 = احتياطي)
        weight: 100
      }
```

```
    ]
  }
```

تكوين مهلة الطلب

مهلات قابلة للتكو��ن لطلبات إنشاء الجلسة، التعديل، والحذف إلى PFCP تستخدم واجهة UPF.

المعلمات:

المعلمة	النوع	الافتراضي	الوصف
`request_timeout_ms`	عدد صحيح	500	الوقت بالمللي ثانية للانتظار قبل إعادة الإرسال UPF لاستجابة
`request_attempts`	عدد صحيح	3	الحد الأقصى لعدد محاولات الإرسال قبل فشل الطلب

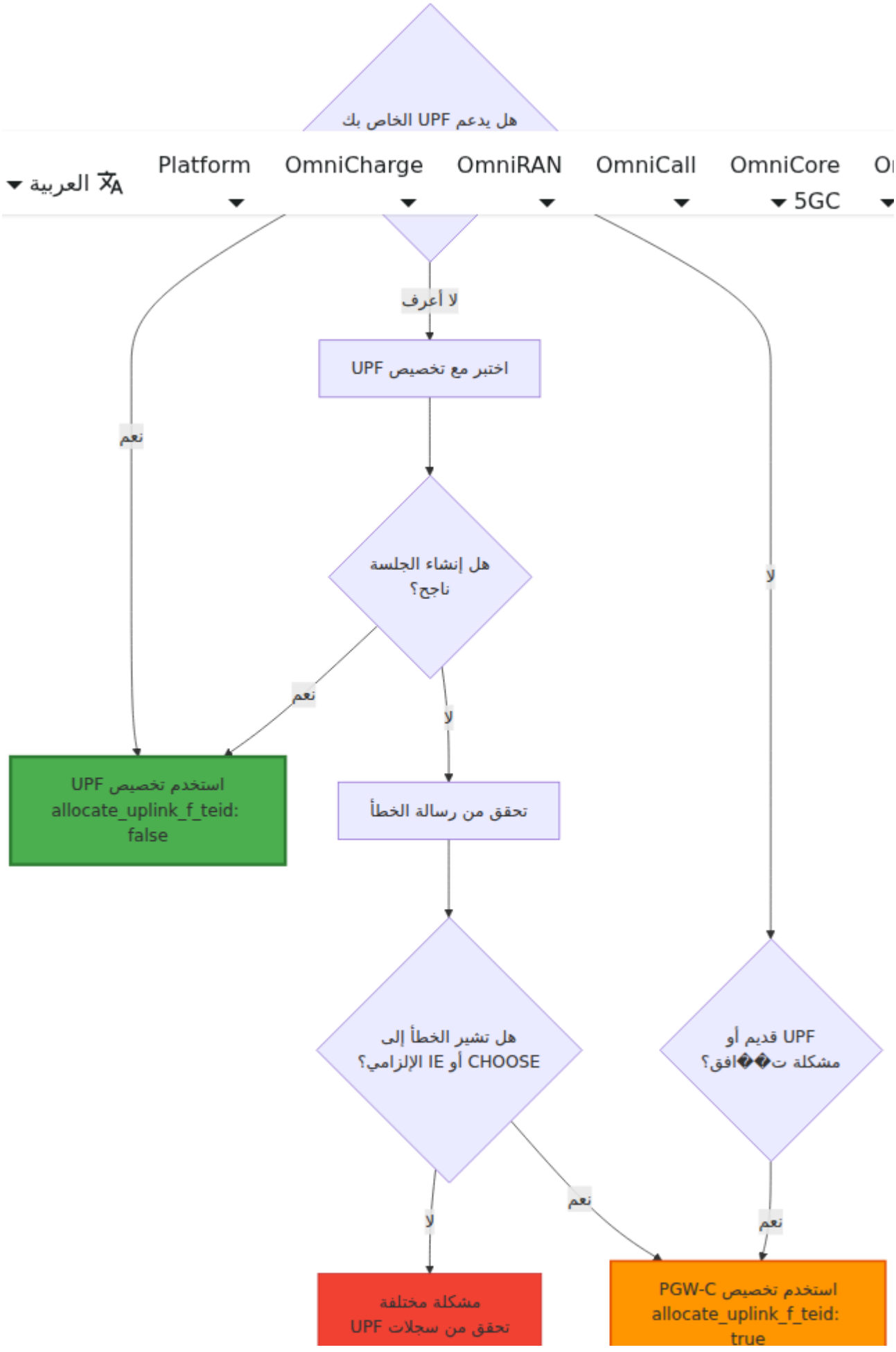
إجمالي وقت الانتظار: `request_timeout_ms × request_attempts`

السلوك الافتراضي: 500 مللي ثانية × 3 محاولات = **1.5 ثانية إجمالي أقصى انتظار**

لماذا تعتبر مهلة التكوين مهمة

إذا تم تعيين `request_timeout_ms` منخفضًا جدًا بالنسبة لوقت معالجة UPF:

1. ترسل PGW-C طلب إنشاء جلسة
2. تنتهي المهلة قبل أن تستجيب UPF
3. تعيد PGW-C الإرسال بنفس رقم التسلسل
4. تعالج UPF كلا الطلبين وتخلق **جلسات** **مكررة** **PFCP**
5. تتلقى PGW-C الاستجابة الأولى وتخزن معرف جلسة واحد
6. تصبح الجلسة الثانية في UPF **يتيمة**


هل يدعم UPF الخاص بك
العربية
Platform
OmniCharge
OmniRAN
OmniCall
OmniCore
5GC
لا أعرف
اختبر مع تخصيص UPF
نعم
هل إنشاء الجلسة ناجح؟
نعم
لا
لا
استخدم تخصيص UPF allocate_uplink_f_teid: false
تحقق من رسالة الخطأ
هل تشير الخطأ إلى CHOOSE أو IE الإلزامي؟
UPF قديم أو مشكلة ت��افق؟
لا
نعم
نعم
مشكلة مختلفة تحقق من سجلات UPF
استخدم تخصيص PGW-C allocate_uplink_f_teid: true

إرشادات الضبط

وقت استجابة UPF	`request_timeout_ms` الموصى به	إجمالي وقت الانتظار
سريع (<100 مللي ثانية)	200-300 مللي ثانية	600-900 مللي ثانية (3 محاولات)
عادي (100-300 مللي ثانية)	500 مللي ثانية (افتراضي)	1.5 ثانية (3 محاولات)
بطيء (300-500 مللي ثانية)	750-1000 مللي ثانية	2.25-3 ثوانٍ (3 محاولات)
بطيء جدًا (>500 مللي ثانية)	1500-2000 مللي ثانية	4.5-6 ثوانٍ (3 محاولات)

التوصية: تعيين `request_timeout_ms` على الأقل **2× وقت استجابة UPF المتوقع** لتجن�ّ الجلسات اليتيمة الناتجة عن إعادة الإرسال.

مثال - UPF بطيء

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20",
  request_timeout_ms: 1000,  # 1 ثانية لكل محاولة
  request_attempts: 3        # إجمالي: 3 ثوانٍ كحد أقصى
}
```

تشخيص مشكلات المهلة

أعراض المهلة منخفضة جدًا:

- تقارير PFCP أكثر من المتوقع عن المزيد من جلسات UPF
- تتراكم الجلسات اليتيمة في UPF بمرور الوقت
- رسائل السجل: `"انتهت مهلة طلب إنشاء الجلسة"` تليها جلسة ناجحة

كيفية التشخيص:

1. تحقق من عدد جلسات UPF عبر واجهة API أو واجهة الإدارة
2. قارن مع عدد جلسات PGW-C النشطة
3. إذا كان لدى UPF المزيد من الجلسات، توجد جلسات يتيمة من إعادة الإرسال

الحل:

1. زيادة `request_timeout_ms` لتجاوز وقت استجابة UPF
2. إعادة تشغيل PGW-C لتطبيق التكوين الجديد
3. مسح الجلسات اليتيمة من UPF (تنظيف يدوي أو إعادة تشغيل UPF)

عدة أقران PGW-U

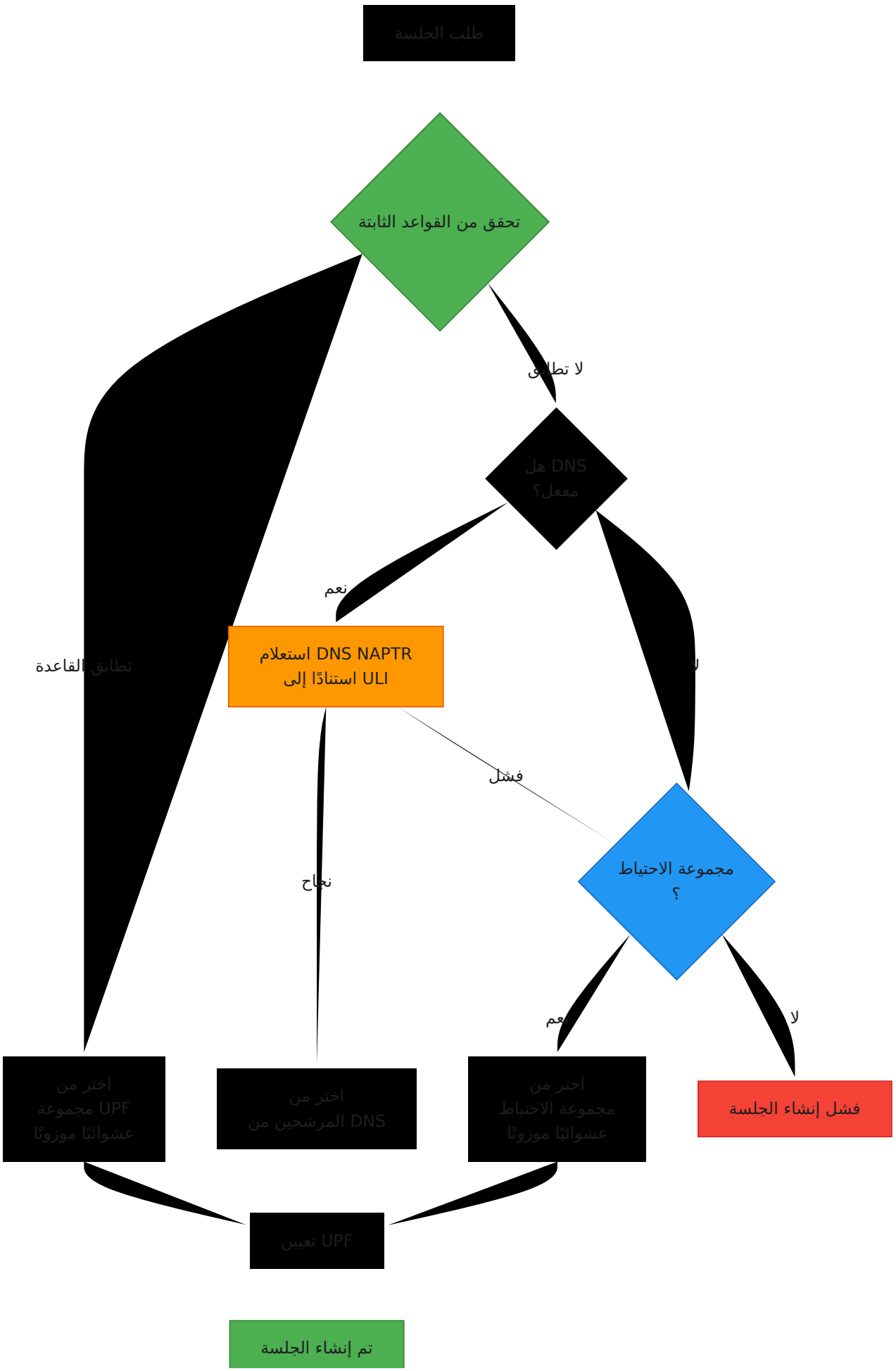
للتوازن بين الأحمال أو التكرار:

```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },
  upf_selection: %{
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight:
50},  # 50% حركة المرور
      %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight:
50}   # 50% حركة المرور
    ]
  }
# يتم تسجيل كلا UPFs تلقائيًا مع نبضات قلب كل 5 ثوانٍ
```

تكوين اختيار UPF

تستخدم PGW-C **نظام اختيار UPF** مع قواعد قائمة على الأولوية **ثلاثي المستويات**:

1. **القواعد الثابتة** (أعلى أولوية) - تطابق بناءً على سمات الجلسة
2. **اختيار قائم على DNS** (أولوية متوسطة) - توجيه مدرك للموقع عبر استعلامات DNS NAPTR
3. **مجموعة الاحتياط** (أدنى أولوية) - مجموعة UPF الافتراضية عندما لا تتطابق أي قواعد


طلب الجلسة
تحقق من القواعد الثابتة
لا تطابق
هل DNS مفعل؟
نعم
لا
استعلام DNS NAPTR
استنادًا إلى ULI
تطابق القاعدة
فشل
نجاح
مجموعة الاحتياط ؟
نعم
لا
اختر من مجموعة UPF عشوائيًا موزونًا
اختر من المرشحين من DNS
اختر من مجموعة الاحتياط عشوائيًا موزونًا
فشل إنشاء الجلسة
تعيين UPF
تم إنشاء الجلسة

مثال كامل لاختيار UPF

```
config :pgw_c,
  # واجهة PFCP
  sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },

  # اختيار UPF: يتم تسجيل جميع UPFs المعرفة هنا تلقائيًا
  upf_selection: %{
    #
==========================================================================
    # اختيار قائم على DNS (توجيه مدرك للموقع)
    #
==========================================================================
    # يستعلم DNS باستخدام معلومات موقع المستخدم (ULI)
    # يوفر اختيار UPF ديناميكي استنادًا إلى موقع الخلية
    dns_enabled: false,
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
    dns_timeout_ms: 5000,

    #
==========================================================================
    # القواعد الثابتة (تُقيّم حسب الأولوية)
    #
==========================================================================
    # يتم التحقق من القواعد من الأعلى إلى الأدنى
    # تحدد القاعدة المتطابقة مجموعة UPF
    rules: [
      # القاعدة 1: حركة مرور IMS - أعلى أولوية
      %{
        name: "حركة مرور IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80},
          %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805,
weight: 20}
        ],
        # اختياري: تجاوزات PCO لهذه القاعدة
        pco: %{
          p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100",
```

```
"203.0.113.101"]
        }
      },

      # القاعدة 2: APN مؤسسي - أولوية عالية
      %{
        name: "حركة مرور المؤسسات",
        priority: 15,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
        ],
        pco: %{
          primary_dns_server_address: "192.168.1.10",
          secondary_dns_server_address: "192.168.1.11",
          ipv4_link_mtu_size: 1500
        }
      },

      # القاعدة 3: المشتركين المتجولين - أولوية متوسطة
      %{
        name: "المشتركين المتجولين",
        priority: 10,
        match_field: :serving_network_plmn_id,
        match_regex: "^(310|311|312|313)",  # الشبكات الأمريكية
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.4.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
        ]
      },

      # القاعدة 4: حركة مرور الإنترنت - أولوية أقل
      %{
        name: "حركة مرور الإنترنت",
        priority: 5,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^internet",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,
weight: 33},
          %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805,
weight: 33},
```

```
          %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805,
weight: 34}
        ]
      }
    ],

    #
==========================================================================
    # (آخر ملاذ) مجموعة الاحتياط
    #
==========================================================================
    # تُستخدم عندما لا تتطابق أي قواعد وتفشل أو يتم تعطيل اختيار DNS
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805, weight:
100}
    ]
  }
```

حقول المطابقة المدعومة

حقل المطابقة	الوصف	قيمة المثال
`:imsi`	معرف المشترك الدولي للهاتف المحمول	`"310260123456789"`
`:apn`	اسم نقطة الوصول	`"internet"`, `"ims"`
`:serving_network_plmn_id`	الشبكة الخدمية PLMN (MCC+MNC)	`"310260"` (شبكة اختبار)
`:sgw_ip_address`	عنوان IP لـ SGW (بتنسيق سلسلة)	`"10.0.1.50"`
`:uli_tai_plmn_id`	معرف PLMN لمنطقة التتبع	`"310260"`
`:uli_ecgi_plmn_id`	معرف PLMN للخلية E-UTRAN	`"310260"`

مجموعة UPF وازن الأحمال و

مع اختيار عشوائي موزون **UPF** يمكن أن تحدد كل قاعدة **مجموعة**:

```
upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805, weight:
50},
  %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805, weight:
30},
  %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805, weight:
20}
]
```

كيف يعمل الاختيار الموزون:

1. حساب الوزن الإجمالي: 50 + 30 + 20 = 100
2. توليد رقم عشوائي: 0.0 إلى 100.0
3. اختيار UPF بناءً على نطاقات الوزن التراكمية:
   - 0-50: UPF-1 (احتمال 50%)
   - 50-80: UPF-2 (احتمال 30%)
   - 80-100: UPF-3 (احتمال 20%)

حالات الاستخدام:

- **توزيع متساوٍ:** جميع الأوزان متساوية (33، 33، 34)
- **الأولوية/الاحتياطي:** أولوية عالية (80)، احتياطي منخفض (20)
- **استنادًا إلى السعة:** الوزن يتناسب مع سعة UPF

تجاوزات PCO

يمكن أن تتجاوز القواعد قيم PCO (خيارات تكوين البروتوكول):

```
%{
  name: "حركة مرور IMS",
  match_field: :apn,
  match_regex: "^ims",
  upf_pool: [...],
  pco: %{
    # تجاوز فقط حقول محدد
    p_cscf_ipv4_address_list: ["203.0.113.100", "203.0.113.101"],
    # تستخدم الحقول الأخرى القيم الافتراضية من تكوين pco الرئيسي
  }
}
```

حقول تجاوز PCO المتاحة:

- `primary_dns_server_address`
- `secondary_dns_server_address`
- `primary_nbns_server_address`
- `secondary_nbns_server_address`
- `p_cscf_ipv4_address_list`
- `ipv4_link_mtu_size`

الاختيار القائم على DNS

استنادًا إلى معلومات موقع المستخدم DNS NAPTR بإجراء استعلامات PGW-C عند تفعيله، تقوم:

```
upf_selection: %{
  dns_enabled: true,
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
  dns_timeout_ms: 5000
}
```

أولوية الاستعلام:

1. **ECGI** (معرف الخلية العالمية E-UTRAN) - توجيه على مستوى الخلية الأكثر تحديدًا
2. **TAI** (معرف منطقة التتبع) - منطقة الخلية
3. **RAI** (معرف منطقة التوجيه) - منطقة 3G/2G
4. **SAI** (معرف منطقة الخدمة) - منطقة الخدمة 3G

5. **CGI** (معرف الخلية العالمية) - 2 خلايا G

مثال على استعلام DNS:

```
# لاستعلام ECGI:
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org

# لاستعلام TAI:
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

عملية اختيار DNS:

1. حاول الاستعلامات بترتيب الأولوية (ECGI ثم TAI، إلخ.) أولاً
2. إذا أعادت DNS (مسجلة ديناميكيًا إذا لزم الأمر) مرشحين، استخدم أول نتيجة
3. اختر UPF المعاد
4. انتقل إلى مجموعة الاحتياط، DNS أو تم تعطيل DNS إذا لم يكن هناك تطابق

انظر اختيار UPF القائم على DNS لمزيد من المعلومات التفصيلية.

اختيار UPF القائم على DNS

نظرة عامة

يوفر اختيار UPF القائم على DNS من خلال إجراء استعلامات DNS **توجيهًا مدركًا للموقع** باستخدام معلومات موقع المستخدم (ULI) لـ NAPTR من الخلية الحالية لـ UE.

مرجع 3GPP: TS 23.003 - إجراءات DNS لاكتشاف UPF

الفوائد:

- اختيار UPF تلقائي استنادًا إلى الموقع الجغرافي
- لا حاجة لتكوين قواعد يدوية لكل خلية
- التكيف الديناميكي مع تغييرات طوبولوجيا الشبكة
- يقلل من الحمل الخلفي عن طريق التوجيه إلى أقرب UPF

كيف يعمل

Parse error on line 25: ... style PGWC fill:#4CAF50,stroke:#2E7 ----------
--^ Expecting 'SOLID_OPEN_ARROW', 'DOTTED_OPEN_ARROW',
'SOLID_ARROW', 'BIDIRECTIONAL_SOLID_ARROW', 'DOTTED_ARROW',
'BIDIRECTIONAL_DOTTED_ARROW', 'SOLID_CROSS', 'DOTTED_CROSS',
'SOLID_POINT', 'DOTTED_POINT', got 'TXT'

المحاولة مجددا

التكوين

```
config :pgw_c,
  upf_selection: %{
    # تفعيل الاختيار القائم على DNS
    dns_enabled: true,

    # حاول: أولوية الاستعلام ECGI ثم، أولاً TAI، ثم RAI، إلخ.
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],

    # لاحقة DNS للاستعلامات
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",

    # مهلة استعلام DNS
    dns_timeout_ms: 5000,

    # لا تزال القواعد الثابتة تأخذ الأولوية على DNS
    rules: [...],

    # مجموعة الاحتياط إذا فشل DNS
    fallback_pool: [...]
  }
```

تنسيقات استعلام DNS

يتم بناء استعلامات DNS باستخدام معلومات موقع المستخدم (ULI) من رسالة GTP-C:

1. ECGI (معرف الخلية العالمية E-UTRAN)

LTE **الأكثر تحديدًا** - توجيه على مستوى الخلية

التنسيق:

```
eci-<HEX-ECI>.ecgi.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

مثال:

```
# 0 :معرف الخلية x1A2B3C (1,715,004 عشري)
# PLMN: MCC=999, MNC=999
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

LTE (4G) الشبكات **متى تستخدم:**

2. TAI (معرف منطقة التتبع)

منطقة الخلية - خلايا متعددة في نفس منطقة التتبع

التنسيق:

```
tac-lb<LB>.tac-hb<HB>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

مثال:

```
# TAC: 0x0064 (100 عشري)
# 0 :بايت منخفض x64، 0 :بايت مرتفع x00
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

LTE (4G) مناطق تتبع **متى تستخدم:**

3. RAI (معرف منطقة التوجيه)

3 منطقة التوجيهG/2G

التنسيق:

```
rac<RAC>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.rai.mnc<MNC>.mcc<MCC>.
<dns_suffix>
```

مثال:

```
# RAC: 0x0A (عشري 10)
# LAC: 0x1234 (عشري 4660)
rac0a.lac-lb34.lac-hb12.lac.rai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

متى تستخدم: الشبكات 3G/2G UMTS/GPRS

4. SAI (معرف منطقة الخدمة)

منطقة الخدمة 3G

التنسيق:

```
sac<SAC>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.sai.mnc<MNC>.mcc<MCC>.
<dns_suffix>
```

مثال:

```
# SAC: 0x0001
# LAC: 0x1234
sac0001.lac-lb34.lac-
hb12.lac.sai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

متى تستخدم: مناطق الخدمة 3G UMTS

5. CGI (معرف الخلية العالمية)

على مستوى الخلية 2G

التنسيق:

```
ci<CI>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.cgi.mnc<MNC>.mcc<MCC>.
<dns_suffix>
```

مثال:

```
# CI: 0x5678
# LAC: 0x1234
ci5678.lac-lb34.lac-hb12.lac.cgi.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

متى تستخدم: خلايا 2G GSM

معالجة استجابة DNS

تنسيق سجل NAPTR:

تعود DNS بسجلات NAPTR تشير إلى عناوين IP لـ UPF:

```
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org.
  IN NAPTR 10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-s5-gtp:x-s8-gtp" ""
upf1.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org.

upf1.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org.
  IN A 10.100.1.21
```

معالجة PGW-C:

1. تحليل سجلات NAPTR لاستخراج عناوين IP لـ UPF
2. اختيار أول مرشح من استجابة DNS
3. التسجيل ديناميكيًا إذا لم يكن مُعدًا بالفعل (أو تنفيذ اختيار قائم على الحمل)

مثال:

```
تعود DNS: [10.100.1.21, 10.100.5.99, 10.200.3.50]

المحدد:    10.100.1.21 (أول مرشح)
الإجراء: upf_selection      سجل ديناميكيًا إذا لم يكن في
```

مثال على أولوية الاختيار



حالات الاستخدام

1. توازن الحمل الجغرافي

السيناريو: يمتلك المشغل UPFs في مدن متعددة

تكوين DNS:

```
# خلية شيكاغو
eci-aaa.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-شيكاغو
(10.1.1.21)

# خلية نيويورك
eci-bbb.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-نيويورك
(10.2.1.21)

# خلية لوس أنجلوس
eci-ccc.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-لوس
أنجلوس (10.3.1.21)
```

الفائدة: يتم توجيه المستخدمين تلقائيًا إلى أقرب UPF، مما يقلل من زمن الانتقال والحمل الخلفي

2. الحوسبة على الحافة

السيناريو: تم نشر UPFs MEC (الحوسبة على الح��فة متعددة الوصول) في مواقع الخلايا

تكوين DNS:

```
# محلي على الحافة UPF كل خلية تشير إلى
eci-*.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF محلي على
الحافة
```

الفائدة: زمن انتقال منخفض للغاية للتطبيقات على الحافة

3. طوبولوجيا الشبكة الديناميكية

السيناريو: تتغير عناوين UPF بسبب التحديثات أو الصيانة

الفائدة: تحديث سجلات DNS دون تغيير تكوين PGW-C

استكشاف أخطاء اختيار DNS

فشل استعلام DNS

الأعراض:

- سجل: "فشل اختيار UPF DNS: :nxdomain"
- الجلسات تتراجع إلى مجموعة الاحتياط

الأسباب المحتملة:

1. لم يتم تكوين خادم DNS بشكل صحيح
2. لم يتم ملء منطقة DNS لمعرفة معرفات الخلايا
3. لم تكن ULI موجودة في رسالة GTP-C

الحل:

```
# اختبار استعلام DNS يدويًا
dig eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org NAPTR

# تحقق من سجلات PGW-C لاستعلامات DNS
grep "DNS UPF selection: querying" /var/log/pgw_c.log

# تحقق من وجود ULI في ا��جلسة
# تحقق من حقل "uli" في حالة الجلسة
```

ترجع DNS UPF غير معروفة

السلوك:

- تعيد DNS مرشح UPF في غير موجود `upf_selection`
- يحاول النظام تلقائيًا التسجيل الديناميكي
- إذا نجح ارتباط PFCP، يتم استخدام UPF للجلسة
- إذا فشل ارتباط PFCP، يتراجع إلى مجموعة الاحتياط

مثال:

```
تعود DNS: [10.99.1.50]
upf_selection: [10.100.1.21, 10.100.1.22]

الإجراء: سجل ديناميكيًا 10.99.1.50
  - أرسل إعداد ارتباط PFCP
  - إذا نجح: استخدم للجلسة
  - إذا انتهت المهلة: تراجع إلى مجموعة الاحتياط
```

خيارات الحل:

1. قم بتسجيله مسبقًا في `upf_selection` للمراقبة الفورية:

```
upf_selection: %{
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.99.1.50", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
```

2. تحديث DNS لإرجاع عناوين IP لـ UPFs المسبقة التكوين

3. السماح بالتسجيل الديناميكي (موصى به لسيناريوهات MEC/الحافة)

مهلة الاستعلام

الأعراض:

- سجل: "اختي��ر UPF DNS: انتهاء المهلة"
- تستغرق الجلسات وقتًا أطول للتأسيس

الحل:

```
upf_selection: %{
  dns_timeout_ms: 10000  # زيادة المهلة إلى 10 ثوانٍ
}
```

مراقبة اختيار DNS

المقاييس:

```
# معدل نجاح استعلام DNS
rate(upf_selection_dns_success_total[5m]) /
rate(upf_selection_dns_attempts_total[5m])

# زمن استعلام DNS
histogram_quantile(0.95,
rate(upf_selection_dns_duration_seconds_bucket[5m]))

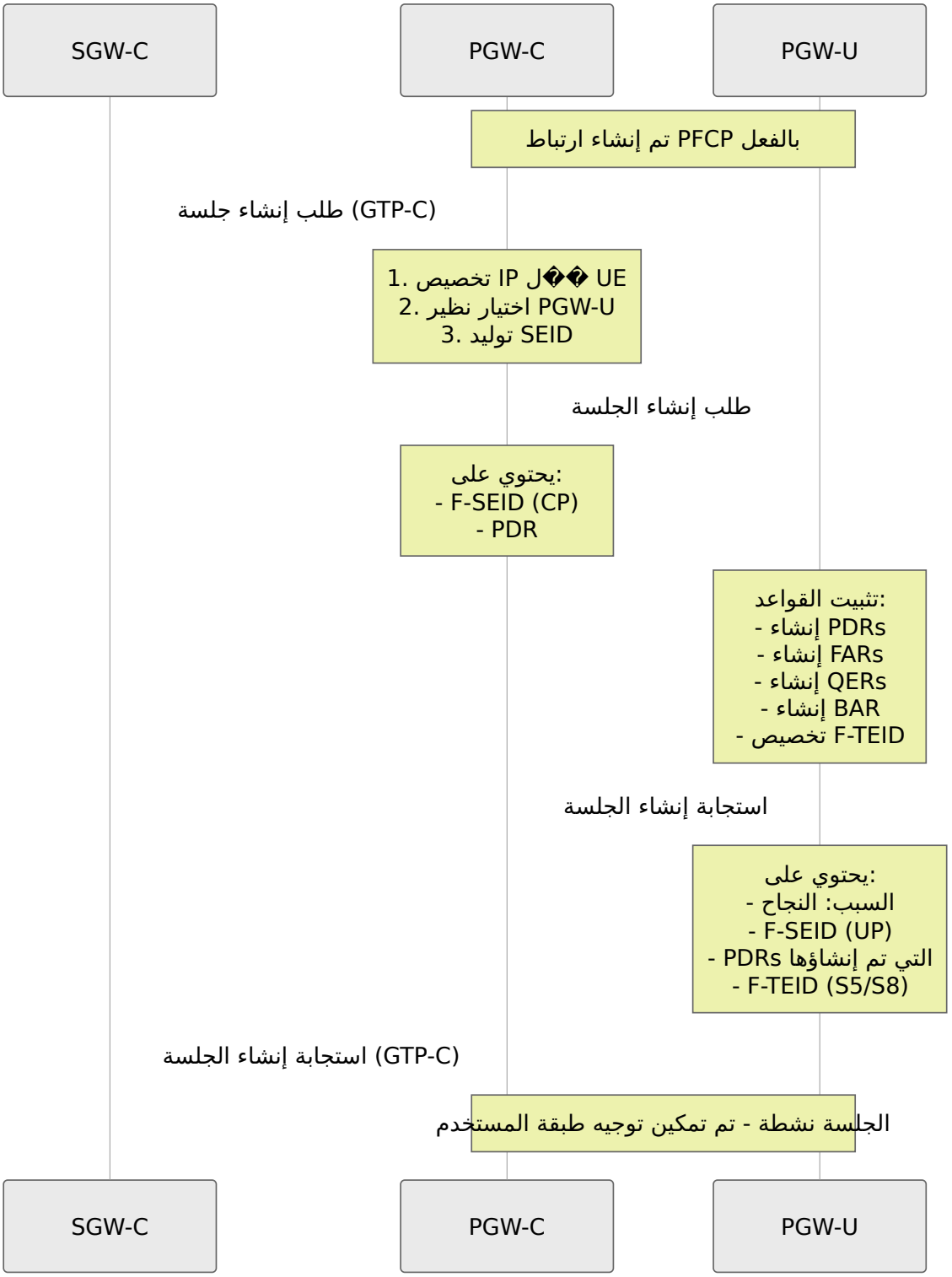
# استخدام الاحتياط (يشير إلى مشكلات DNS)
rate(upf_selection_fallback_used_total[5m])
```

أمثلة على السجلات:

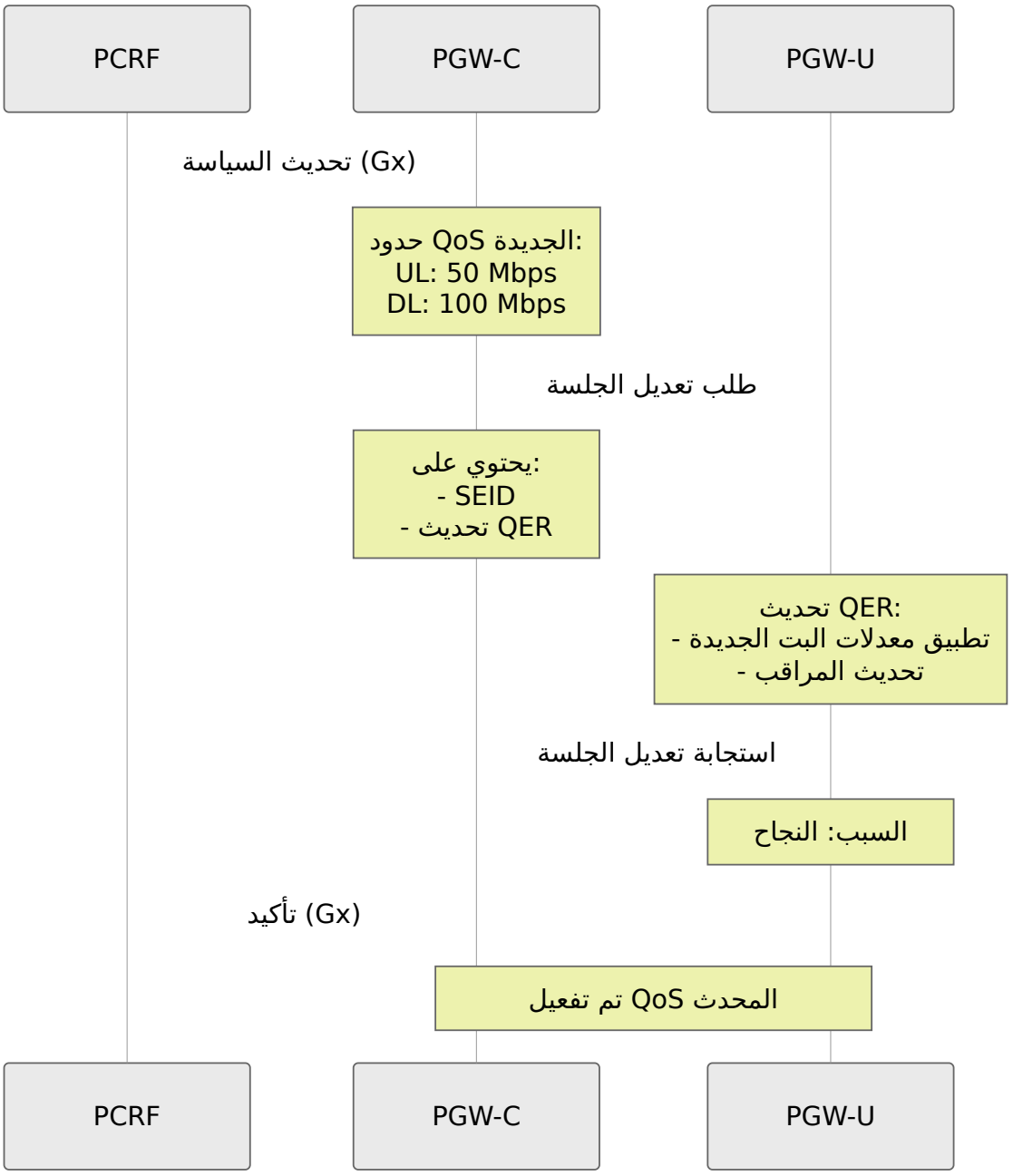
```
[debug] اختيار UPF DNS: الاستعلام عن eci-
1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
[debug] اختيار UPF DNS: حصلت على 2 مرشحين من DNS
[info]  اختيار UPF DNS: تم اختيار 10.100.1.21
```

تدفقات الرسائل

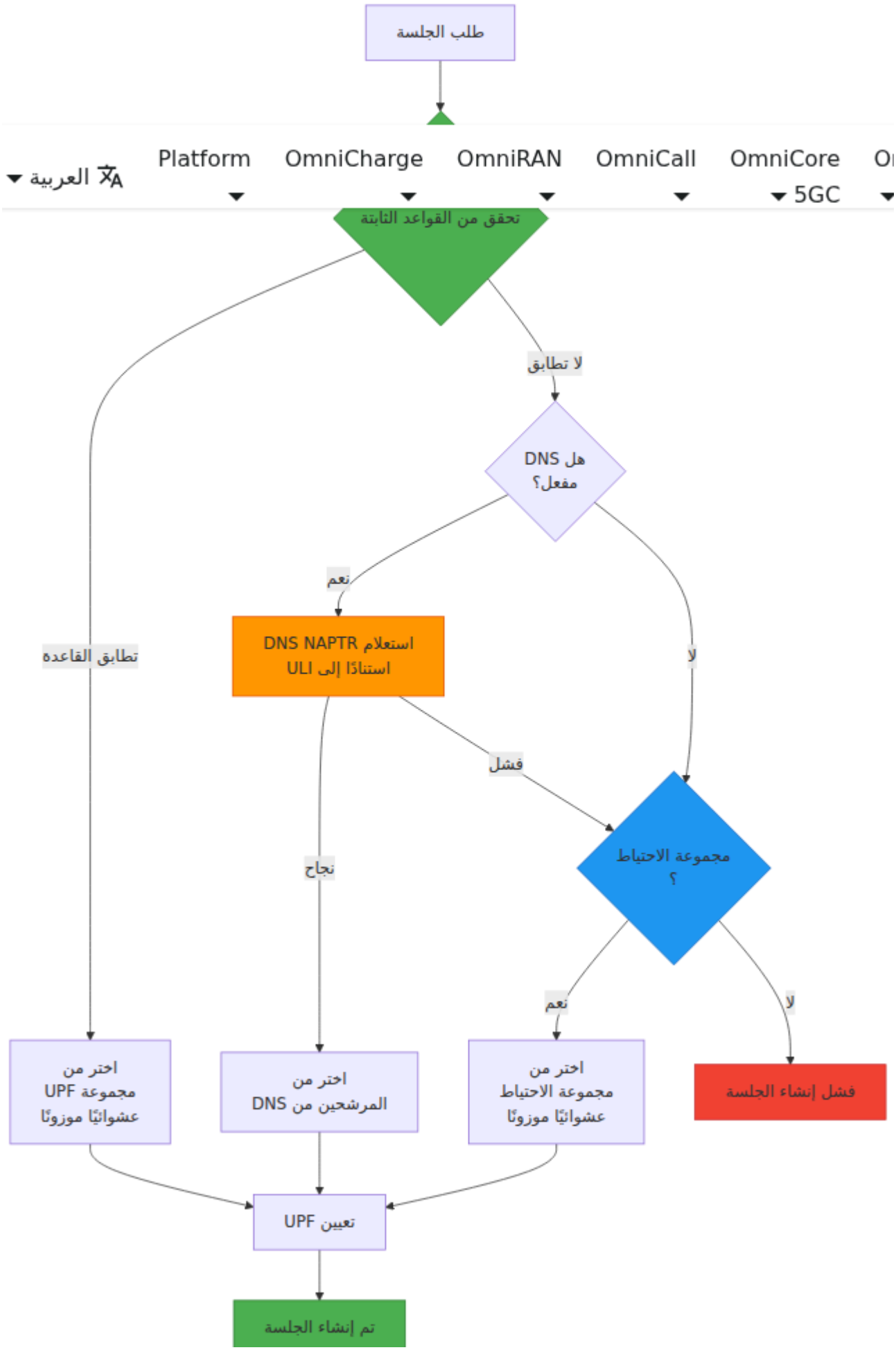
تدفق إنشاء الجلسة الكامل



تدفق تعديل الجلسة



استرداد فشل نبض القلب


طلب الجلسة
العربية
Platform
OmniCharge
OmniRAN
OmniCall
OmniCore
5GC
تحقق من القواعد الثابتة
لا تطابق
هل DNS مفعل؟
نعم
لا
استعلام DNS NAPTR استنادًا إلى ULI
تطابق القاعده
فشل
نجاح
مجموعة الاحتياط ؟
نعم
لا
اختر من مجموعة UPF عشوائيًا موزونًا
اختر من المرشحين من DNS
اختر من مجموعة الاحتياط عشوائيًا موزونًا
فشل إنشاء الجلسة
تعيين UPF
تم إنشاء الجلسة

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

المشكلات الشائعة

1. فشل إعداد الارتباط

الأعراض:

- رسالة السجل: "فشل إعداد ارتباط PFCP"
- لا استجابة لطلب إعداد الارتباط

الأسباب المحتملة:

- PGW-U غير قابل للوصول (مشكلة شبكة)
- PGW-U غير قيد التشغيل
- جدار الحماية يحظر منفذ UDP 8805
- معرف `remote_ip_address` في التكوين غير صحيح

الحل:

```
# اختبار الاتصال
ping <pgw_u_ip_address>

# اختبار منفذ UDP
nc -u -v <pgw_u_ip_address> 8805

# تحقق من جدار الحماية
iptables -L -n | grep 8805
```

2. فشل نبضات القلب

الأعراض:

- سجل: "فشل نبض القلب المتتالي: 3"
- تم تحديد الارتباط كمعطل

الأسباب المحتملة:

- تأخير الشبكة أو فقدان الحزم
- PGW-U مثقل
- فترة نبض القلب عد��انية جدًا

الحل:

تكون فترة نبض القلب ثابتة عند 5 ثوانٍ مع عتبة فشل 3 نبضات متتالية.

3. فشل إنشاء الجلسة

الأعراض:

- استجابة إنشاء الجلسة مع رمز خطأ
- سجل: "فشل إنشاء جلسة PFCP"

الأسباب المحتملة:

- لا توجد أقران PGW-U متاحة
- استنفاد موارد PGW-U
- تكوين قاعدة غير صالح

تحقق:

1. تحقق من أن هناك على الأقل نظير واحد لديه `is_associated = true`
2. تحقق من سجلات PGW-U للأخطاء
3. تحقق من تفرد SEID

4. أخطاء SEID المكررة

الأعراض:

- استجابة إنشاء الجلسة: السبب "سياق الجلسة غير موجود"

السبب:

- تصادم SEID (نادراً جداً)
- إعادة تشغيل PGW-U دون علم PGW-C

الحل:

- إعادة تشغيل ارتباط PFCP (يؤدي إلى تشغيل طابع زمن الاسترداد الجديد)
- إعادة تشغيل PGW-U وتقوم بتنظيف الجلسات القديمة ستكتشف PGW-C

مراقبة صحة PFCP

المقاييس التي يجب مراقبتها:

```
# حالة ارتباط نظير PFCP
pfcp_peer_associated{peer="PGW-U Primary"} 1

# جلسات PFCP النشطة
seid_registry_count 150

# معدلات رسائل PFCP
rate(sxb_inbound_messages_total[5m])

# أخطاء PFCP
rate(sxb_inbound_errors_total[5m])

# فشل نبضات القلب
pfcp_consecutive_heartbeat_failures{peer="PGW-U Primary"} 0
```

أمثلة على التنبيهات:

```yaml
# تنبيه عند تعطل الارتباط
- alert: PFCPAssociationDown
  expr: pfcp_peer_associated == 0
  for: 1m
  annotations:
    summary: "النظير PFCP {{ $labels.peer }} معطل"

# تنبيه عند ارتفاع فشل إنشاء الجلسات
- alert: PFCPSessionEstablishmentFailureHigh
  expr:
rate(sxb_inbound_errors_total{message_type="session_establishment_res
[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "مرتفع PFCP معدل فشل إنشاء جلسة"
```

مراقبة PFCP

يتم مراقبة ارتباط PFCP/Sxb وحالة نظير UPF من خلال واجهة OAM REST API. تُقدم الواجهة الوثائق التفاعلية . `/api` على المنفذ `8443` مع جميع المسارات تحت البادئة HTTPS/TLS عبر (واجهة Swagger) متاحة على `https://<omnipgw-ip>:8443/api/docs`.

حالة UPF / نظير PFCP

```
GET /api/upf            # جميع أقران UPF / PFCP + الحالة
GET /api/upf/<ip>       # UPF واحد حسب IP
```

الغرض: مراقبة حالة ارتباط PFCP مع جميع أقران PGW-U المعروفة.

مثال:

```
curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/upf
curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/upf/10.0.0.1
```

تُرجع لكل نظير **معلومات لكل نظير** PGW-U مُعرف:

الوصف	الحقل
الاسم الودي من التكوين	اسم النظير
عنوان PGW-U البعيد	عنوان IP
مرتبط أو غير مرتبط	حالة الارتباط
معرف عقدة PFCP	معرف العقدة
آخر وقت إعادة تشغيل للنظير	طابع زمن الاسترداد
فترة نبض القلب المكونة	فترة نبض القلب
عدد الفشل الحالي	عدد نبضات القلب المفقودة المتتالية
القدرات المعلنة من قبل PGW-U	ميزات وظيفة UP

`GET /api/upf/<ip>` يُرجع الحالة الكاملة لنظير واحد، بما في ذلك خريطة ميزات وظيفة UP وطوابع زمن الارتباط.

فحص جلسة PFCP

يمكن رؤية جلسات PFCP النشطة عبر تفاصيل جلسة لكل مشترك:

```
GET /api/sessions/<imsi>
```

تتضمن تفاصيل الجلسة النظير PGW-U المرتبط وقواعد التوجيه المب��مجة (PDRs، FARs، QERs، BARs) و F-SEIDs للجلسة.

حالات الاستخدام التشغيلية

مراقبة صحة ارتباط PFCP:

```
1. GET /api/upf
2. تحقق من أن جميع الأقران تظهر "مرتبط"
3. تحقق من عدد نبضات القلب المفقودة = 0
4. إذا أظهر نظير "غير مرتبط":
   - تحقق من إمكانية الوصول إلى IP للنظير
   - تحقق من تشغيل النظير
   - تحقق من جدار الحماية (UDP 8805)
```

استكشاف مشكلات فشل إنشاء الجلسة:

```
1. فشل جلسة المستخدم في التأسيس
2. GET /api/sessions/<imsi> - هل الجلسة موجودة؟
3. فحص حالة PFCP للجلسة - هل تم إنشاء جلسة PFCP؟
4. إذا لم توجد جلسة PFCP:
   - GET /api/upf - هل أي نظير مرتبط؟
   - تحقق من السجلات للأخطاء PFCP
5. إذا كانت جلسة PFCP موجودة:
   - فحص PDRs/FARs للتحقق من القواعد المبرمجة
   - المشكلة على الأرجح في الأسفل (أو الشبكة PGW-U)
```

التحقق من توزيع الحمل للنظير:

```
1. مع تكوين عدة أقران PGW-U
2. GET /api/upf لمراجعة حالة كل نظير
3. تحقق من توزيع الجلسات عبر الأقران
4. تحديد ما إذا كان لدى نظير واحد حمل غير متناسب
```

الكشف عن فشل الأقران:

- `GET /api/upf` يُبلغ عن حالة "غير مرتبطة" لكل نظير
- يُظهر عداد نبض القلب المفقود التدهور قبل الفشل الكلي
- قم بإعداد تنبيهات المراقبة استنادًا إلى بيانات واجهة OAM API

المزايا:

- **مراقبة قابلة للبرمجة** `GET /api/upf` من الأدوات أو التنبيهات - استعلام
- **حالة صريحة** - مرتبطة / غير مرتبطة لكل نظير
- **اتجاهات صحة النظير** - يظهر عدد نبضات القلب المفقودة تحذيرًا مبكرًا

- رؤية - **فحص على مستوى الجلسة** PDRs/FARs/QERs الدقيقة المبرمجة

الوثائق ذات الصلة

التكوين

- اختيار - **دليل التكوين** UPF، تكوين PFCP مراقبة الصحة،
- دورة حياة جلسة - **إدارة الجلسات** PDN، إنشاء الحاملات

الشحن والمراقبة

- **واجهة Diameter Gx** - قواعد PCC التي تدفع فرض QoS لـ PFCP
- **واجهة Diameter Gy** - إدارة حصة الشحن عبر الإنترنت عبر URRs
- **تنسيق CDR** - توليد **للبيانات** CDR من تقارير استخدام PFCP
- مقاييس - **دليل المراقبة** PFCP، تنبيهات صحة، تتبع الجلسات UPF

واجهات الشبكة

- **واجهة S5/S8** - إدارة الحاملات في طبقة التحكم
- **تخصيص IP لـ UE** - تعيين عنوان UE عبر PFCP

العودة إلى دليل العمليات

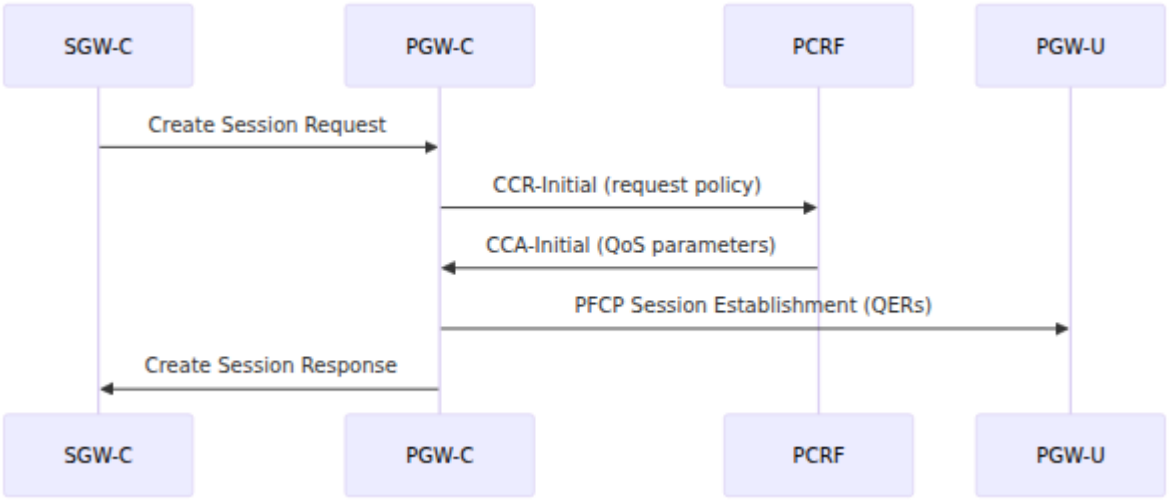
إدارة الجودة و إدارة الناقل

نظرة عامة

نظام إدارة الناقل وإدارة الجودة المدفوعة بالسياسات الذي ينسق ثلاث واجهات PGW-C يطبق رئيسية:

- **Gx (Diameter)** - يستقبل قرارات السياسة ومعلمات الجودة من PCRF
- **S5/S8 (GTP-C)** - يدير سياقات الناقل مع SGW-C
- **Sxb (PFCP)** - يبرمج قواعد تنفيذ الجودة في PGW-U

تدفق الهيكل



المفاهيم الرئيسية

- **الجلسة**: تحتوي على معلومات UE، خرائط الناقل، خريطة PDR/FAR/QER/BAR، و AMBR
- **سي��ق الناقل**: يربط EBI (EPS Bearer ID) بـ PDRs و FARs و QERs محددة
- **QER (قاعدة تنفيذ الجودة)**: تفرض حدود MBR/GBR وحالة البوابة في مستوى المستخدم
- **الناقل الافتراضي**: يتم إنشاؤه دائمًا مع جلسة PDN، يوفر الاتصال الأساسي
- **الناقل المخصص**: يتم إنشاؤه ديناميكيًا بناءً على سياسة PCRF، يوفر ضمانات جودة محددة

التكوين

مهم: سياسة الجودة الديناميكية

تستقبل جميع معلمات الجودة ديناميكيًا من PCRF عبر واجهة Diameter Gx ويتم تعريفها في PCRF (انظر OmniHSS لمزيد من المعلومات).

يقوم المشغلون بتكوين **اتصال** **PCRF** في `config/runtime.exs`:

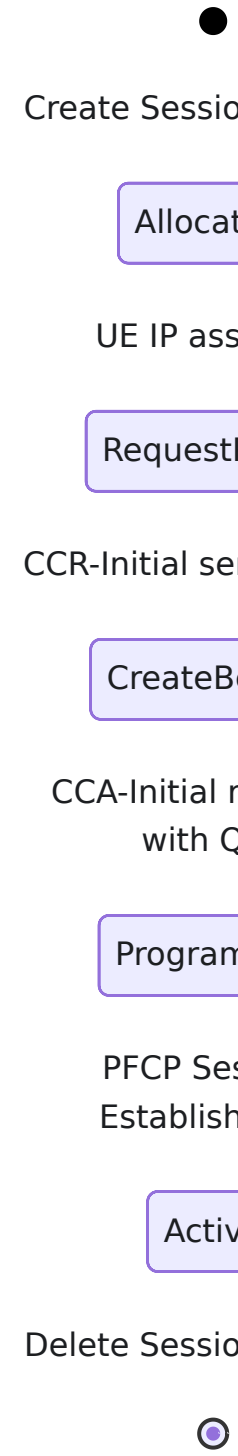
```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "192.168.1.100",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

سياسات الجودة، قواعد الشحن، وحدود النطاق الترددي يتم تكوينها على PCRF، وليس في ملفات تكوين PGW-C.

دورة حياة الناقل

إنشاء الناقل الافتراضي

يتم إنشاء الناقل الافتراضي أثناء إنشاء جلسة PDN:



سير العمل:

1. يرسل SGW-C طلب إنشاء جلسة
2. يقوم PGW-C بتخصيص عنوان IP لـ UE من المجموعة المكونة
3. يرسل PGW-C CCR-Initial إلى PCRF مع IMSI و APN و عنوان IP
4. يستجيب PCRF بـ CCA-Initial يحتوي على معلمات الجودة:
    - Default-EPS-Bearer-QoS (QCI، ARP)
    - QoS-Information (تعديلات AMBR)

5. ينشئ PGW-C سياق الناقل مع:
    - معرفات ثابتة: Downlink PDR=1، Uplink PDR=2، Downlink FAR=1، Uplink FAR=2، QER=1، BAR=1
    - من جودة الناقل MBR مبرمج مع QER
6. يرسل PGW-C طلب إنشاء جلسة PFCP إلى PGW-U
7. يرسل PGW-C استجابة إنش��ء جلسة إلى SGW-C

خصائص الناقل الافتراضي:

- PDN موجود دائمًا طوال مدة جلسة
- يستخدم عادة QCI 9 أو QCI 5 (غير GBR)
- في حالة الجلسة EBI يتم تتبع
- لا يمكن حذفه بشكل مستقل (حذفه ينهي الجلسة)

إنشاء الناقل المخصص

يتم إنشاء الناقلات المخصصة ديناميكيًا بناءً على سياسة PCRF:

طلب إعادة المصادقة (RAR) من PCRF مع Charging-Rule-Install **المحفز:**

سير العمل:

1. يرسل PCRF RAR مع تعريف قاعدة الشحن يحتوي على:
    - اسم قاعدة الشحن (معرف قاعدة السياسة)
    - معلومات التدفق (مرشحات الحزم)
    - معلومات الجودة (QCI، MBR، GBR، ARP)
    - الأولوية (أولوية مطابقة القاعدة)
2. يترجم PGW-C القاعدة الديناميكية إلى كيانات PFCP:
    - كل إدخال معلومات التدفق → PDR جديدة مع مرشح SDF
    - معلومات الجودة → QER جديدة مع تنفيذ MBR/GBR
    - وصف التدفق → قواعد مطابقة 5-tuple IP
3. يرسل PGW-C طلب تعديل جلسة PFCP لإضافة PDRs/FARs/QERs
4. يبدأ PGW-C طلب إنشاء النا��ل إلى SGW-C
5. يرد SGW-C باستجابة إنشاء الناقل تؤكد التأسيس

مثال على تعريف قاعدة الشحن:

```
Charging-Rule-Name: "video_streaming"
Flow-Information:
  - Flow-Description: "permit in ip from any to 10.0.0.1 5000-
6000"
    Flow-Direction: 1 (downlink)
QoS-Information:
  QoS-Class-Identifier: 7
  Max-Requested-Bandwidth-UL: 5000000 (5 Mbps)
  Max-Requested-Bandwidth-DL: 10000000 (10 Mbps)
  Guaranteed-Bitrate-UL: 1000000 (1 Mbps)
  Guaranteed-Bitrate-DL: 2000000 (2 Mbps)
Precedence: 100
Flow-Status: 2 (ENABLED)
```

تعديل الناقل

يمكن تعديل جودة الناقل عبر:

- **Gx RAR** مع تعريف قاعدة الشحن المحدث
- **تعديل جلسة PFCP** لتحديث QERs (تغيير معدلات البت) الحالية، FARs (تغيير التوجيه)، أو PDRs (تغيير مرشحات الحزم)

حذف الناقل

المحفزات:

- **طلب حذف الجلسة** (مبادرة SGW) - يحذف الناقل الافتراضي وينهي الجلسة
- **طلب إعادة المصادقة مع إزالة قاعدة الشحن** (مبادرة PCRF) - يحذف الناقل المخصص

سير العمل:

1. إزالة الناقل من حالة الجلسة
2. إزالة PDRs/FARs/QERs المرتبطة
3. إرسال طلب حذف الناقل إلى SGW-C (إذا كانت المبادرة من PCRF)
4. إرسال تعديل جلسة PFCP (إزالة القواعد) (إذا كان الناقل الافتراضي) أو حذف الجلسة

معلمات الجودة

QCI (معرف فئة الجودة)

المصدر: PCRF عبر Gx `QoS-Class-Identifier` AVP

القيم القياسية:

- **QCI 1**: صوت محادثة (GBR، 100ms ميزانية تأخير)
- **QCI 2**: فيديو محادثة (GBR، 150ms ميزانية تأخير)
- **QCI 3**: ألعاب في الوقت الحقيقي (GBR، 50ms ميزانية تأخير)
- **QCI 4**: فيديو غير محادثة (GBR، 300ms ميزانية تأخير)
- **QCI 5**: إشارات IMS (غير GBR، 100ms ميزانية تأخير) - **الافتراضي للناقل الافتراضي**
- **QCI 6**: فيديو (مبني على TCP)، بث مباشر (غير GBR، 300ms ميزانية تأخير)
- **QCI 7**: صوت، ألعاب تفاعلية (غير GBR، 100ms ميزانية تأخير)
- **QCI 8**: فيديو (مبني على TCP)، مثل YouTube (غير GBR، 300ms ميزانية تأخير)
- **QCI 9**: إنترنت افتراضي (غير GBR، 300ms ميزانية تأخير)

ملاحظة المشغل:

- يتم استلام QCI من PCRF ويتم الإشارة إليه إلى SGW-C في IE مستوى الناقل QoS
- لا يقوم PGW-C بفرض سلوك QCI مباشرة - يتم التنفيذ الفعلي عبر MBR/GBR في QERs
- تشير قيم QCI الأقل عادةً إلى أولوية أعلى
- تحدد QCI معالجة توجيه الحزم وأولوية الجدولة

ARP (أولوية التخصيص والاحتفاظ)

المصدر: PCRF عبر `Allocation-Retention-Priority` AVP المجمعة

المكونات:

- **مستوى الأولوية**: من 1 (أعلى أولوية) إلى 15 (أدنى أولوية)
- **قدرة الإلغاء**: هل يمكن لهذا الناقل إلغاء الناقلات ذات الأولوية المنخفضة؟
  - 0 = مُمكّن (يمكنه إلغاء الآخرين)

    - 1 = مُعطّل (لا يمكنه الإلغاء)
- **قابلية الإلغاء**: هل يمكن إلغاء هذا الناقل بواسطة ناقلات ذات أولوية أعلى؟
    - 0 = مُمكّن (يمكن إلغاءه)
    - 1 = مُعطّل (لا يمكن إلغاءه)

القيم الافتراضية:

- مستوى الأولوية: 1
- قدرة الإلغاء: مُمكّن (0)
- قابلية الإلغاء: مُعطّل (1)

ملاحظة المشغل:

- يتم الإشارة إلى ARP إلى SGW-C وأخيرًا إلى eNodeB
- **لا يتم فرضه بواسطة PGW-C** - يتم التنفيذ عادةً في eNodeB أثناء التحكم في قبول الراديو
- يُستخدم أثناء الازدحام الشبكي لتحديد أي الناقلات يجب قبولها أو إسقاطها
- حاسم لخدمات الطوارئ (مستوى الأولوية 1) والخدمات ذات القيمة العالية

MBR (أقصى معدل بت)

المصدر: PCRF عبر `Max-Requested-Bandwidth-UL` و `Max-Requested-Bandwidth-DL` AVPs

التنسيق: بايت في الثانية (يتم تحويله إلى kbps داخليًا: `bytes / 1000`)

يطبق على: جميع الناقلات (الافتراضية والمخصصة)

كيف يعمل:

- ينشئ PGW-C QER مع `mbr: %Bitrate{ul: kbps_ul, dl: kbps_dl}`
- يتم إرسال QER إلى PGW-U عبر PFCP
- **يفرض PGW-U تحديد المعدل** (تقييد الحركة)
- يتم إسقاط الحركة الزائدة فوق MBR

مثال:

```
Max-Requested-Bandwidth-UL: 5000000 (5 Mbps)
Max-Requested-Bandwidth-DL: 10000000 (10 Mbps)

→ QER created with mbr: {ul: 5000, dl: 10000} kbps
→ PGW-U drops uplink packets exceeding 5 Mbps
→ PGW-U drops downlink packets exceeding 10 Mbps
```

GBR (معدل البت المضمون)

المصدر: PCRF عبر `Guaranteed-Bitrate-UL` و `Guaranteed-Bitrate-DL` AVPs

التنسيق: بايت في الثانية (يتم تحويله إلى kbps)

يطبق على: الناقلات المخصصة فقط (ناقلات GBR)

كيف يعمل:

- إذا تم تحديد GBR **من نوع** هو الناقل فإن ،الشحن قاعدة تعريف في **GBR**
- يفرض PGW-U عبر البت معدل من الأدنى الحد ضمان QER
- يتطلب جدولة صحيحة في eNodeB لحجز موارد الراديو
- تحتوي ناقلات GBR متاحة غير الموارد كانت إذا رفضها يمكن - القبول في تحكم على

مثال:

```
Guaranteed-Bitrate-UL: 1000000 (1 Mbps)
Guaranteed-Bitrate-DL: 2000000 (2 Mbps)

→ QER created with gbr: {ul: 1000, dl: 2000} kbps
→ Network guarantees at least 1 Mbps uplink and 2 Mbps downlink
→ Used for VoIP, video calls, live streaming
```

ملاحظة المشغل:

- يتطلب GBR الكافي الشبكة سعة تخطيط
- يؤدي GBR إلى فشل القبول تجاوز موارد
- راقب GBR الناقل ومقاييس الجلسات عدد عبر استخدام

AMBR (أقصى معدل بت مجمع)

المصدر: PCRF عبر `APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL` و `APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL` AVPs

النطاق: GBR لـ APN (ليس لكل ناقل) ينطبق على **جميع الناقلات غير**

كيف يعمل:

- AMBR هو حد مجمع عبر جميع الناقلات غير GBR في جلسة
- يتم إرساله إلى SGW-C في استجابة إنشاء الجلسة
- التنفيذ عادةً في eNodeB/SGW
- يخزن PGW-C AMBR في حالة الجلسة ويشير إليه إلى SGW-C

مثال:

```
APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 50000000 (50 Mbps)
APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 100000000 (100 Mbps)

→ All non-GBR bearers combined cannot exceed 50 Mbps uplink / 100
Mbps downlink
→ Individual bearers limited by their own MBR
→ AMBR provides additional overall cap per UE/APN
```

ملاحظة المشغل:

- يتم تعيينه عبر ملف تعريف المشترك في HSS/PCRF
- يُستخدم لفرض مستويات الاشتراك (مثل خطة 10 Mbps مقابل خطة 100 Mbps)
- لا يؤثر على ناقلات GBR

حالة التدفق و التحكم في البوابة

التعيين (PFCP) إلى حالة البوابة (Gx) حالة التدفق

يتحكم PCRF عبر `Flow-Status` AVP في تعريف قاعدة فيما إذا كان يُسمح بحركة المرور عبر الشحن:

Flow-Status (Gx)	Gate-Status (PFCP QER)	المعنى
0 = ENABLED-UPLINK	ul: OPEN, dl: CLOSED	يُسمح فقط بحركة المرور الصاعدة
1 = ENABLED-DOWNLINK	ul: CLOSED, dl: OPEN	يُسمح فقط بحركة المرور النازلة
2 = ENABLED	ul: OPEN, dl: OPEN	يُسمح بالاتجاهين
3 = DISABLED	ul: CLOSED, dl: CLOSED	لا يُسمح بأي حركة مرور
4 = REMOVED	ul: CLOSED, dl: CLOSED	يتم حذف الناقل

حالات الاستخدام:

- **DISABLED**: يُستخدم للخدمات المتوقفة أو استنفاد الرصيد (يتم إسقاط الحزم ولكن يتم الاحتفاظ بالناقل)
- **ENABLED-UPLINK**: غير عادي، ولكن يمكن استخدامه للخدمات التي تتطلب التحميل فقط
- **ENABLED-DOWNLINK**: خدمات التحميل فقط أو السيناريوهات المحدودة بالرصيد
- **ENABLED**: التشغيل العادي

المراقبة و الرؤية

مقاييس بروميثيوس

مقاييس مستوى الجلسة:

```
session_registry_count        # الناقلات النشطة (أزواج IMSI، EBI)
address_registry_count        # عناوين IP المخصصة لـ UE
charging_id_registry_count    # جلسات الشحن النشطة
```

مقاييس واجهة Gx:

```
gx_inbound_messages_total{message_type="gx_RAR"}     # تحديثات
السياسة من PCRF
gx_outbound_messages_total{message_type="gx_CCR"}    # طلبات
السياسة إلى PCRF
gx_outbound_transaction_duration_bucket              # زمن الانتظار
إلى PCRF
```

مقاييس واجهة PFCP:

```
sxb_outbound_messages_total{message_type="pfcp_session_establishment_
sxb_outbound_messages_total{message_type="pfcp_session_modification_r
sxb_outbound_transaction_duration_bucket
```

مقاييس إنشاء الناقل:

```
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
# الناقلات الافتراضية
s5s8_outbound_messages_total{message_type="create_bearer_request"}
# الناقلات المخصصة
```

المراقبة عبر واجهة OAM API

يتم فحص حالة الناقل والجودة من خلال واجهة OAM REST API (HTTPS/TLS على المنفذ 8443، المسارات تحت بادئة `/api`). الوثائق التفاعلية (Swagger UI) متاحة على `https://<omnipgw-ip>:8443/api/docs`.

تُعرض معلومات الناقل والجودة من خلال تفاصيل جلسة كل مشترك:

```
GET /api/sessions/<imsi>       # تفاصيل الجلسة، بما في ذلك الناقلات
QCI/5QI، قواعد الشحن
```

مثال:

```
curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/sessions/999000123456789
```

تتضمن تفاصيل الجلسة الناقلات النشطة للجلسة، ومعلمات الجودة الخاصة بها (QCI/5QI، MBR، GBR، AMBR)، وخريطة QER المبرمجة (حالة البوابة ومعدلات البت). لا وقواعد الشحن المثبتة، يوجد نقطة نهاية للناقلات المخصصة؛ يتم دائمًا قراءة حالة الناقل من الجلسة التي ينتمي إليها.

رسائل السجل الرئيسية

```
[debug] Sending Credit Control Request: ...          # CCR إلى PCRF
[debug] Handling Credit Control Answer: ...          # CCA من PCRF (تحتوي على الجودة)
[debug] Handling Re-Auth Request                     # RAR من PCRF (تغيير السياسة)
[debug] Sending Session Establishment Request        # PFCP إلى PGW-U (برمجة QERs)
[debug] Sending Session Modification Request         # PFCP إلى PGW-U (تحديث QERs)
```

المهام التشغيلية

تحقق من تطبيق الجودة على الجلسة

1. `GET /api/sessions/<imsi>` (مثل `curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/sessions/999000123456789`)
2. حدد الجلسة للمشترك في الاستجابة
3. افحص تفاصيل الجلسة
4. تحقق من قسم **qer_map**:

   ```
   qer_id: 1
   gate_status: {ul: OPEN, dl: OPEN}
   mbr: {ul: 50000, dl: 100000}  # kbps
   gbr: {ul: 10000, dl: 20000}   # kbps (أو nil لـغير GBR)
   ```

5. تحقق من تطابق القيم مع سياسة PCRF المتوقعة

استكشاف الأخطاء في جودة الناقل المفقودة

العرض: تم إنشاء الجلسة ولكن لم يتم تطبيق الجودة

الخطوات:

1. **تحقق من اتصال PCRF:**
    - تحقق من حالة نظير PCRF = "متصل" (انظر مقاييس Diameter/Gx وحالة النظير)
    - إذا كان غير متصل، تحقق من الاتصال الشبكي وتكوين Diameter
2. **تحقق من تبادل CCR/CCA:**
    - ابحث في سجلات OmniPGW عن "إجابة التحكم في الائتمان"
    - تحقق من وجود `QoS-Information` AVP في سجل CCA
    - تحقق من وجود أخطاء في CCA (يجب أن يكون Result-Code 2001 = SUCCESS)
3. **تحقق من برمجة PFCP:**
    - ابحث في السجلات عن "طلب إنشاء جلسة PFCP"
    - تحقق من تضمين QER في الرسالة
    - تحق��ق من سجلات PGW-U لأخطاء معالجة PFCP
4. **تحقق من تكوين سياسة PCRF:**
    - تحقق من ملف تعريف المشترك في PCRF
    - تأكد من وجود قواعد السياسة الخاصة بـ APN
    - تحقق من سجلات PCRF لأخطاء تقييم السياسة

مراقبة معدل إنشاء الناقل

استعلامات بروميثيوس:

```
# معدل إنشاء الناقل الافتراضي (جلسات/ثانية)
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request
[5m])

# معدل إنشاء الناقل المخصص
rate(s5s8_outbound_messages_total{message_type="create_bearer_request
[5m])

# معدل تحديث السياسة من PCRF
rate(gx_inbound_messages_total{message_type="gx_RAR"}[5m])
```

تخطيط السعة

المقاييس الرئيسية للمراقبة:

```
# استخدام عنوان IP لـ UE (نسبة مئوية)
(address_registry_count / <configured_pool_size>) * 100

# عدد الناقلات النشطة
session_registry_count

# زمن انتظار استعلام PCRF (P95)
histogram_quantile(0.95, gx_outbound_transaction_duration_bucket)
```

حدود السعة:

- حجم مجموعة العناوين: يتم تكوينه في `config/runtime.exs` تحت `ue.subnet_map`
- مساحة TEID: 32 بت (4 مليارات معرفات فريدة، تُدار تلقائيًا)
- الجلسات المتزامنة: عادةً ما تكون محدودة بحجم مجموعة العناوين

إرشادات التخطيط:

- راقب استخدام عنوان IP - 80% قم بتوسيع المجموعة قبل تجاوز
- راقب زمن انتظار PCRF - يؤثر زمن الانتظار العالي على وقت إعداد الجلسة
- راقب معدل إنشاء الناقل المخصص - يشير إلى تعقيد السياسة

الوثائق ذات الصلة

- PDN إدارة الجلسات - دورة حياة جلسة
- PCRF تفاصيل بروتوكول سياسة - واجهة Diameter Gx
- برمجة مستوى المستخدم - واجهة PFCP
- تكوين النظام - دليل التكوين
- المقاييس والرؤية - دليل المراقبة

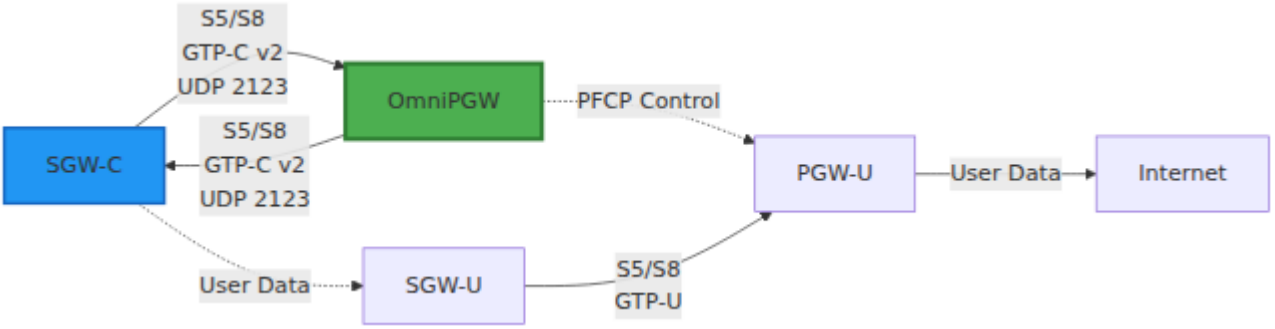
وثائق واجهة S5/S8

الاتصال GTP-C مع SGW-C

بواسطة خدمات شبكة أومنيتاتش OmniPGW

نظرة عامة

واجهة S5/S8 تربط بين OmniPGW و SGW-C (خطة التحكم في بوابة الخدمة) باستخدام بروتوكول **GTP-C v2** (بروتوكول نفق GPRS - خطة التحكم). تتعامل هذه الواجهة مع إشارات إدارة الجلسات بين البوابات.



تفاصيل البروتوكول

الإصدار GTP-C 2

- **البروتوكول:** GTP-C v2 (3GPP TS 29.274)
- **النقل:** UDP
- **المن��ذ:** 2123 (قياسي)
- **نوع الواجهة:** خطة التحكم

TEID (معرف نقطة نهاية النفق)

كل جلسة لها **TEID** فريد لتوجيه الرسائل:

- **TEID** مخصص بواسطة - **المحلي** OmniPGW للرسائل الواردة
- **TEID** مخصص بواسطة - **البعيد** SGW-C للرسائل الصادرة

```
Message Flow:
  SGW-C → OmniPGW: Destination TEID = OmniPGW's Local TEID
  OmniPGW → SGW-C: Destination TEID = SGW-C's Remote TEID
```

التكوين

التكوين الأساسي

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  s5s8: %{
    # عنوان IPv4 المحلي لواجهة S5/S8
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",

    # عنوان IPv6 المحلي اختياري:
    local_ipv6_address: nil,

    # اختياري: تجاوز المنفذ الافتراضي
    local_port: 2123,

    # مهلة طلب GTP-C (الافتراضي: 500 مللي ثانية) بالمللي ثانية
    # المهلة لكل محاولة عند الانتظار لاستجابات GTP-C (إنشاء حامل،
حذف حامل، إلخ)
    request_timeout_ms: 500,

    # عدد محاولات إعادة الطلب لاستجابات GTP-C (الافتراضي: 3)
    # إجمالي الحد الأقصى لوقت الانتظار = request_timeout_ms *
request_attempts
    # مثال: 500 مللي ثانية * 3 محاولات = 1500 مللي ثانية (1.5
ثانية) إجمالي
    request_attempts: 3
  }
```

تكوين المهلة

مهلات قابلة للتكوين لمعاملات طلب/استجابة S5/S8 تستخدم واجهة GTP-C.

المعلمات:

- `request_timeout_ms` - المهلة بالمللي ثانية لكل محاولة إعادة (الافتراضي: 500 مللي ثانية)
- `request_attempts` - عدد محاولات إعادة الطلب قبل التخلي (الافتراضي: 3)

إجمالي وقت الانتظار: `request_timeout_ms × request_attempts`

السلوك الافتراضي: 500 مللي ثانية × 3 محاولات = **1.5 ثانية إجمالي الحد الأقصى للانتظار**

إرشادات الضبط:

زمن الشبكة	`request_timeout_ms` الموصى به	إجمالي وقت الانتظار
زمن منخفض (<50 مللي ثانية)	200-300 مللي ثانية	600-900 مللي ثانية (3 محاولات)
عادي (50-150 مللي ثانية)	500 (افتراضي) مللي ثانية	1.5 ثانية (3 محاولات)
زمن مرتفع (>150 مللي ثانية)	1000-2000 مللي ثانية	3-6 ثواني (3 محاولات)
غير مستقر/فضائي	2000-3000 مللي ثانية	6-9 ثواني (3 محاولات)

مثال - شبكة ذات زمن مرتفع:

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20",
  request_timeout_ms: 1500,  # 1.5 ثانية لكل محاولة
  request_attempts: 3        # إجمالي: 4.5 ثواني كحد أقصى
}
```

عند حدوث المهلة:

- يسجل OmniPGW خطأ: `"Create Bearer Request timed out"`
- يعيد الخطأ إلى PCRF (Diameter Result-Code: 5012 UNABLE_TO_COMPLY)
- يبقى الحامل في التخزين المبكر للتنظيف عبر Charging-Rule-Remove

متطلبات الشبكة

قواعد جدار الحماية:

```
# السماح بـ GTP-C من شبكة SGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_network>/24 -j
ACCEPT

# السماح بـ GTP-C الصادرة إلى SGW-C
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <sgw_network>/24 -j
ACCEPT
```

التوجيه:

```
# تأكد من وجود مسار إلى شبكة SGW-C
ip route add <sgw_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

أنواع الرسائل

تتعامل واجهة S5/S8 مع إشارات GTP-C لإدارة جلسات PDN. لمزيد من التفاصيل حول دورة حياة الجلسة وإدارة الحالة، راجع دليل إدارة الجلسات.

إدارة الجلسة

طلب إنشاء جلسة

الاتجاه: SGW-C → OmniPGW

الغرض: إنشاء اتصال PDN جديد

عناصر المعلومات الرئيسية (IEs):

اسم IE	النوع	الوصف
IMSI	هوية	هوية المشترك الدولي للهاتف المحمول
MSISDN	هوية	رقم الهاتف المحمول
APN	سلسلة	اسم نقطة الوصول (مثل "internet")
نوع RAT	تعداد	تقنية الوصول اللاسلكي (EUTRAN)
سياق الحامل	مجمعة	معلومات الحامل الافتراضية
المنطقة الزمنية لـ UE	طابع زمني	المنطقة الزمنية لـ UE
ULI	مجمعة	معلومات موقع المستخدم (TAI, ECGI)
الشبكة الخدمية	PLMN	MCC/MNC للشبكة الخدمية

مثال:

```
طلب إنشاء جلسة
├── IMSI: 310260123456789
├── MSISDN: 14155551234
├── APN: internet
├── نوع RAT: EUTRAN (6)
├── سياق الحامل
│   ├── EBI: 5
│   ├── جودة الحامل (QCI 9, ARP, معدلات البيانات)
│   └── S5/S8 F-TEID (نقطة نهاية نفق SGW-U)
└── ULI
    ├── TAI: MCC 310, MNC 260, TAC 12345
    └── ECGI: MCC 310, MNC 260, ECI 67890
```

استجابة إنشاء جلسة

الاتجاه: OmniPGW → SGW-C

الغرض: تأكيد إنشاء الجلسة

عناصر المعلومات الرئيسية:

اسم IE	النوع	الوصف
السبب	نتيجة	رمز النجاح أو الخطأ
سياق الحامل	مجمعة	معلومات الحامل
تخصيص عنوان PDN	IP	عنوان IP المخصص لـ UE (انظر تخصيص IP لـ UE)
قيود APN	تعداد	قيود استخدام APN
PCO	خيارات	خيارات تكوين البروتوكول (انظر تكوين PCO)

استجابة النجاح:

```
استجابة إنشاء جلسة
├── السبب: الطلب مقبول (16)
├── تخصيص عنوان PDN
│   └── IPv4: 100.64.1.42
├── سياق الحامل
│   ├── EBI: 5
│   ├── السبب: الطلب مقبول
│   └── S5/S8 F-TEID (نقطة نهاية نفق PGW-U من PFCP)
├── قيود APN: Public-1 (1)
└── PCO
    ├── خادم DNS: 8.8.8.8
    ├── خادم DNS: 8.8.4.4
    └── الرابط: MTU 1400
```

عنوان PDN: يتبع تخطيط تخصيص عنوان PDN المتفاوض عليه (TS 29.274 §8.14): بطول 16 بايت؛ أو بالنسبة لـ IPv6 بطول 4 بايت؛ بايت طول البادئة بالإضافة إلى بادئة IPv4 بطول 16 بايت بالإضافة إلى عنوان IPv6 بايت طول البادئة بالإضافة إلى بادئة IPv4v6، IPv6 ليس لديه مجموعة (SOS) طارئ APN لـ IPv4v6 PDN بطول 4 بايت. إذا تم طلب PAA خاص بـ IPv4 فقط (يتم رفض APNs العادية) — انظر طلب فإن PGW-C يتدهور إلى IPv6 على مجموعة APN عندما لا تحتوي IPv4v6.

طلب حذف الجلسة

الاتجاه: SGW-C → OmniPGW

الغرض: إنهاء اتصال PDN

عناصر المعلومات الرئيسية:

اسم IE	الوصف
EBI	معرف حامل EPS للحذف
EBI المرتبط	حامل ذو صلة (اختياري)

استجابة حذف الجلسة

الاتجاه: OmniPGW → SGW-C

الغرض: تأكيد حذف الجلسة

عناصر المعلومات الرئيسية:

اسم IE	الوصف
السبب	رمز النجاح أو الخطأ

إدارة الحامل

طلب إنشاء حامل

الاتجاه: OmniPGW → SGW-C

الغرض: إنشاء حامل مخصص (PCRF مبادر به بواسطة سياسة)

مبادر به من:

- ترسل PCRF قاعدة PCC جديدة تتطلب حامل مخصص
- تطلب OmniPGW من SGW-C إنشاء الحامل

طلب حذف الحامل

الاتجاه: OmniPGW → SGW-C أو SGW-C → OmniPGW

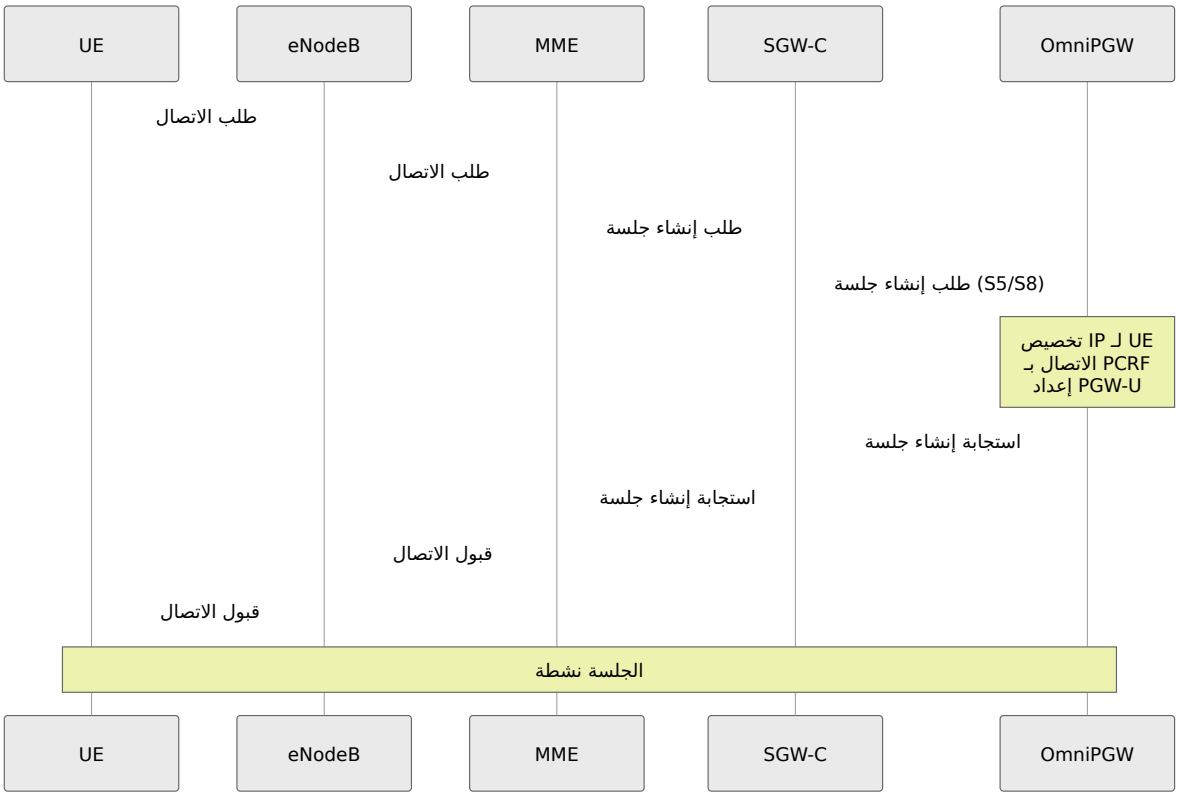
الغرض: حذف الحامل المخصص

السيناريوهات:

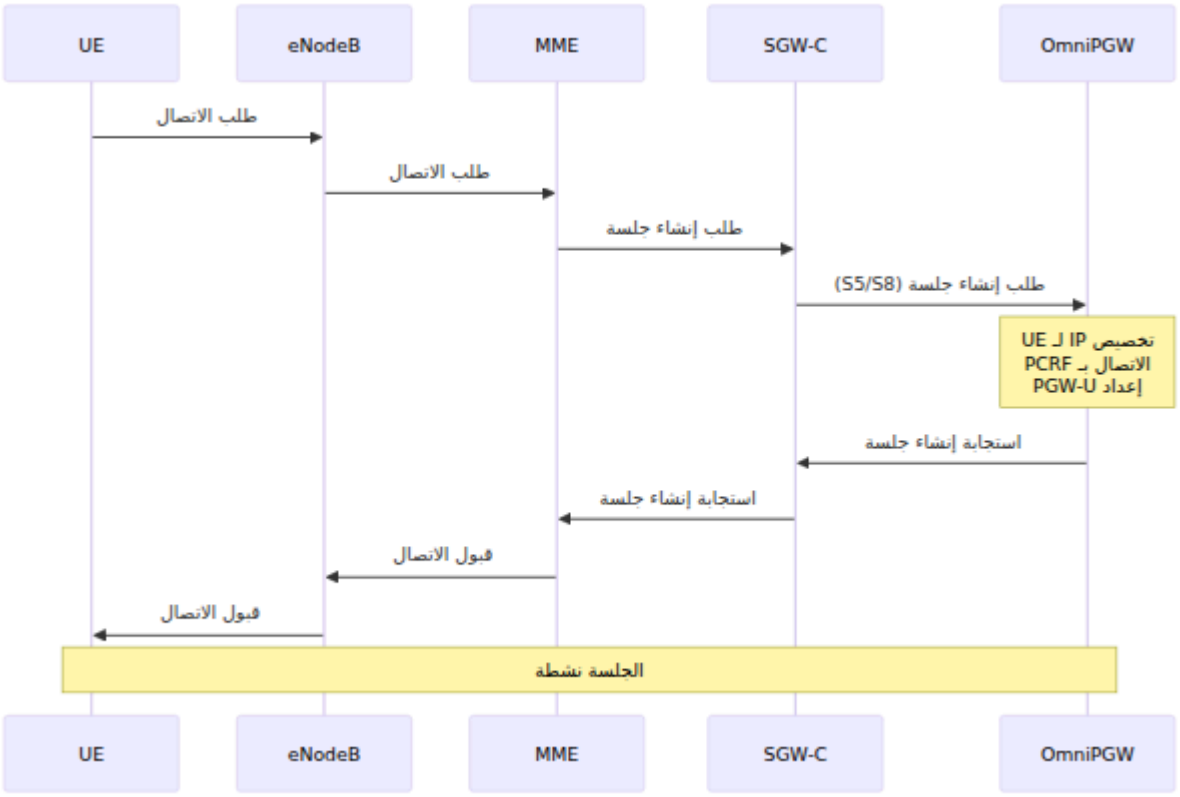
- **PGW: مبادر به من** يزيل الحامل المخصص PCRF تغيير سياسة
- **SGW: مبادر به من** تحرير الموارد اللاسلكية

تدفقات الرسائل

إنشاء الجلسة



إنهاء الجلسة



رموز الأسباب

النجاح

الرمز	الاسم	الوصف
16	الطلب مقبول	عملية ناجحة

الأخطاء (الإخفاقات الدائمة)

الرمز	الاسم	عند الاستخدام
65	المستخدم غير معروف	تم رفض PCRF (IMSI غير موجود)
66	لا توجد موارد متاحة	نفاد مجموعة IP
93	لخدمة غير مدعومة��	غير صالح APN
94	خطأ دلالي في TFT	قالب تدفق حركة غير صالح

الأخطاء (الإخفاقات المؤقتة)

الرمز	الاسم	عند الاستخدام
72	نظير بعيد لا يستجيب	مهلة PCRF/PGW-U
73	تصادم مع طلب مبادر به من الشبكة	عمليات متزامنة

المراقبة

مقاييس S5/S8

```
# عدادات الرسائل
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}

# عدادات الأخطاء
s5s8_inbound_errors_total

# زمن معالجة الرسائل
s5s8_inbound_handling_duration_bucket

# TEIDs النشطة
teid_registry_count
```

استعلامات مفيدة

معدل إنشاء الجلسات:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request
[5m])
```

معدل الأخطاء:

```
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])
```

الزمن (p95):

```
histogram_quantile(0.95,

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m])
)
```

استكشاف الأخطاء ��إصلاحها

المشكلة: لا استجابة من OmniPGW

الأعراض:

- يرسل طلب إنشاء جلسة SGW-C
- لا استجابة مستلمة
- مهلة في SGW-C

الأسباب:

1. مشكلة في الاتصال الشبكي
2. لا يستمع على IP المكون OmniPGW
3. جدار الحماية يمنع UDP 2123
4. خاطئ في الطلب TEID

تصحيح الأخطاء:

```
# تحقق من أن OmniPGW يستمع
netstat -ulnp | grep 2123

# تحقق من وجود حزم واردة
tcpdump -i any -n port 2123

# تحقق من التكوين
grep "local_ipv4_address" config/runtime.exs

# تحقق من جدار الحماية
iptables -L -n | grep 2123
```

المشكلة: فشل إنشاء الجلسة

الأعراض:

- استجابة إنشاء جلسة مع سبب الخطأ
- الجلسة غير مُنشأة

الأسباب الشائعة:

```
السبب 65 (المستخدم غير معروف):
  → تم رفض PCRF للمشترك
  → تحقق من IMSI في HSS/SPR

السبب 66 (لا توجد موارد):
  → نفاد مجموعة IP
  → تحقق: curl http://pgw:9090/metrics | grep
address_registry_count
  → توسيع مجموعة IP

السبب 72 (نظير بعيد لا يستجيب):
  → مهلة PCRF أو PGW-U معطل
  → تحقق من اتصال Gx
  → تحقق من ارتباط PFCP
```

المشكلة: تصادم TEID

الأعراض:

- الرسالة موجهة إلى جلسة خاطئة
- سلوك غير متوقع

السبب:

- إعادة استخدام TEID قبل التنظيف
- خطأ في تخصيص TEID

الحل:

- تأكد من تخصيص TEID فريد
- تحقق من سجل TEID للتسريبات

أفضل الممارسات

تصميم الشبكة

1. **واجهة شبكة مخصصة**
    - استخدم VLAN منفصل لـ S5/S8
    - عزل عن حركة مرور الإدارة
2. **تحسين MTU**
    - تأكد من أن MTU يدعم رؤوس GTP
    - الحد الأدنى لـ MTU: 1500 بايت (36 + حمولة 1464 GTP)
3. **الازدواجية**
    - عدة مثيلات من OmniPGW
    - توازن الحمل القائم على DNS من SGW-C

الأداء

1. **أحجام ذاكرة التخزين المؤقت لـ UDP**
    - زيادة ذاكرات المقابس للتحميل العالي
    - النموذجي: 4-8 ميجابايت لكل مقبس
2. **حدود الاتصال**
    - التخطيط لعدد الجلسات المتوقع
    - مراقبة عدد سجلات TEID

الأمان

1. **تصفية IP**
    - السماح فقط بـ GTP-C من عناوين IP المعروفة لـ SGW-C
    - استخدم iptables أو ACLs الشبكية

2. **تحقق من الرسائل**
    - يتحقق OmniPGW الواردة من جميع الرسائل
    - يرفض حزم GTP-C غير الصحيحة

الوثائق ذات الصلة

الوظائف الأساسية

- **دليل التكوين** S5/S8، إعداد IP المحلي - تكوين واجهة
- **إدارة الجلسات** PDN، إنشاء الحامل - دورة حياة جلسة
- **تخصيص IP لـ UE** - تسليم عنوان IP عبر استجابة إنشاء الجلسة
- **تكوين PCO** - معلمات PCO في رسائل GTP-C

الواجهات ذات الصلة

- **واجهة Gn/Gp** - GTP-C v1 لوظائف GGSN 2G/3G
- **واجهة PFCP** - تنسيق مستوى المستخدم مع خطة التحكم S5/S8
- **واجهة Diameter Gx** - تكامل السياسة مع إعداد الحامل
- **واجهة Diameter Gy** - تكامل الشحن مع إدارة الحامل

العمليات

- **دليل المراقبة** GTP-C S5/S8، ��تبع الرسائل - مقاييس
- **البيانات** CDR من جلسات GTP-C - توليد **تنسيق CDR**

العودة إلى دليل العمليات

واجهة OmniPGW S5/S8 - *بواسطة خدمات شبكة أومنيتاتش*

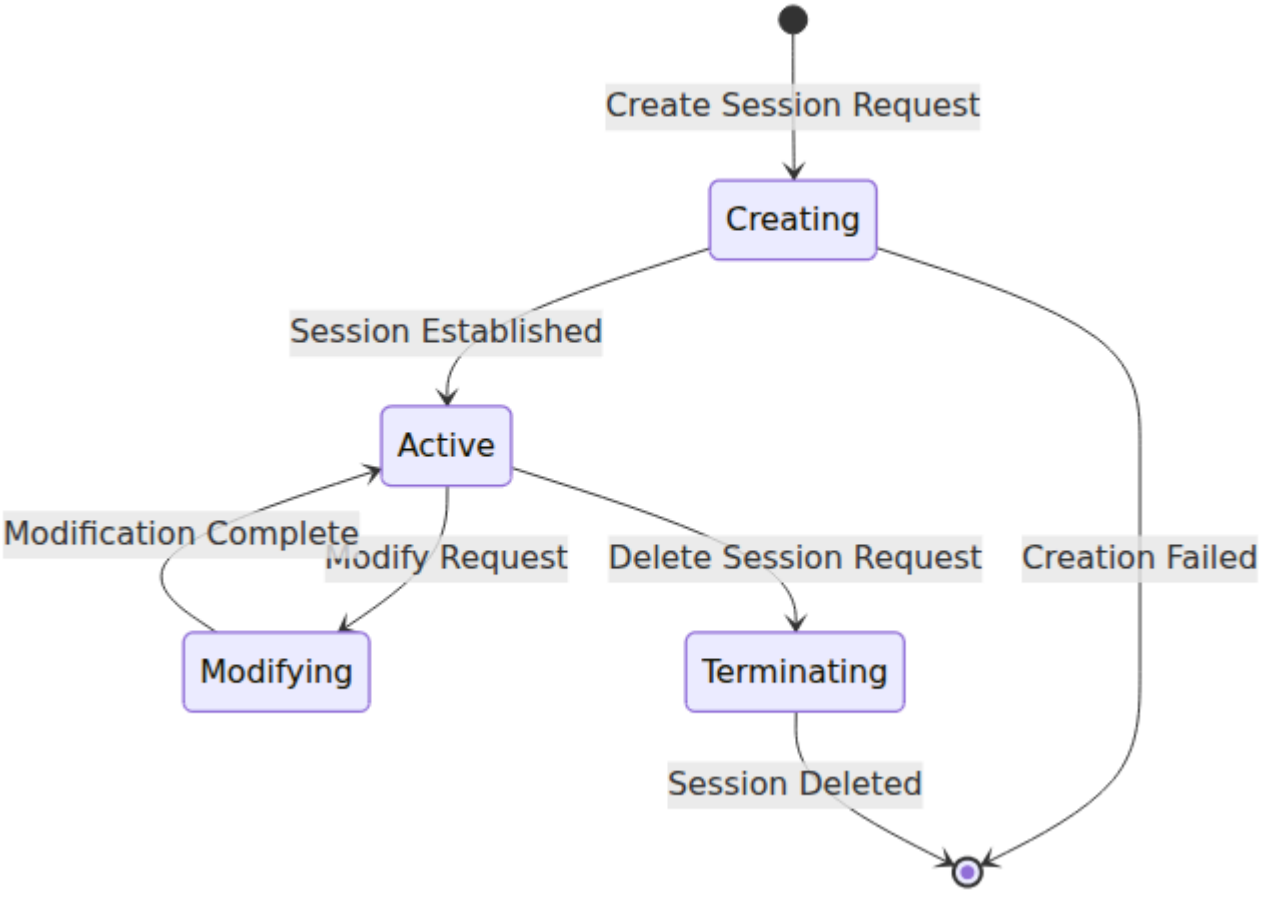
دليل إدارة الجلسات

دورة حياة اتصال PDN والعمليات

من خدمات شبكة أومنيتاتش OmniPGW

نظرة عامة

من خلال (UE) اتصال البيانات لجهاز المستخدم **PDN (شبكة بيانات الحزمة)** تمثل **جلسة** OmniPGW. تنسق كل جلسة بين واجهات وموارد متعددة لتمكين الاتصال بالبيانات.



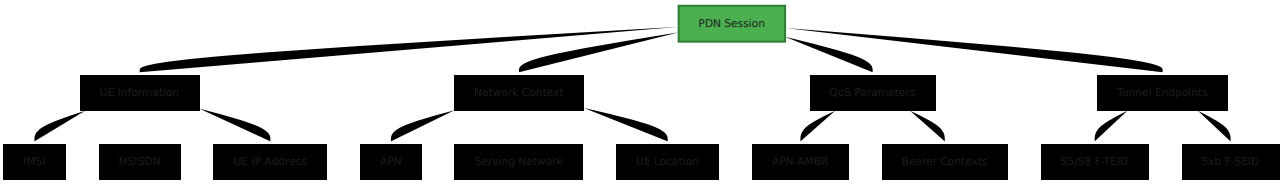
مكونات الجلسة

معرفات الجلسة

لكل جلسة معرفات متعددة لواجهات مختلفة:

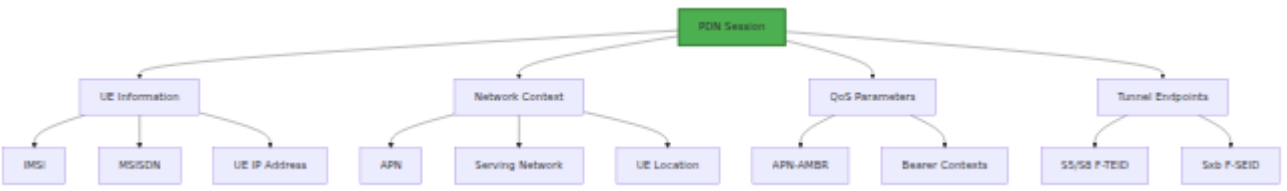
المعرف	الواجهة	الغرض
TEID	S5/S8 (GTP-C)	معرف نقطة النفق لتواصل SGW-C
SEID	Sxb (PFCP)	معرف نقطة الجلسة لتواصل PGW-U
Session-ID	Gx (Diameter)	جلسة Diameter لتواصل PCRF
Charging-ID	المحاسبة	معرف فريد للفوترة/الشحن

بيانات الجلسة



إنشاء الجلسة

تدفق المكالمات



الخطوات

1. استلام طلب إنشاء جلسة (S5/S8)

يتم بدء إنشاء الجلسة عبر إشارات GTP-C على واجهة S5/S8. راجع واجهة S5/S8 للحصول على تفاصيل بروتوكول GTP-C الكاملة وصيغ الرسائل.

المدخلات:

- IMSI، MSISDN، IMEI
- APN (مثل، "internet")
- نوع RAT (EUTRAN)
- موقع UE (TAI، ECGI)
- سياق الناقل (QoS، F-TEID)

2. تخصيص الموارد

```
- تخصيص عنوان IP من مجموعة المستخدم لجهاز APN
- توليد معرف الشحن
- توليد معرف جلسة Gx
- تخصيص TEID لـ S5/S8
- اختيار نظير PGW-U
```

3. طلب السياسة (Gx)

طلب السياسة من PCRF:

- إرسال CCR-Initial
- استلام CCA-Initial مع قواعد PCC وQoS

4. إعداد خطة المستخدم (PFCP)

برمجة PGW-U بقواعد التوجيه:

- إرسال طلب إنشاء الجلسة
- تضمين PDRs، FARs، QERs، BAR
- استلام F-TEID لنفق S5/S8

5. الرد إلى SGW-C

إرسال رد إنشاء الجلسة:

- عنوان IP لجهاز المستخدم
- S5/S8 F-TEID (من PGW-U)
- PCO (DNS، P-CSCF، MTU)
- سياق الناقل

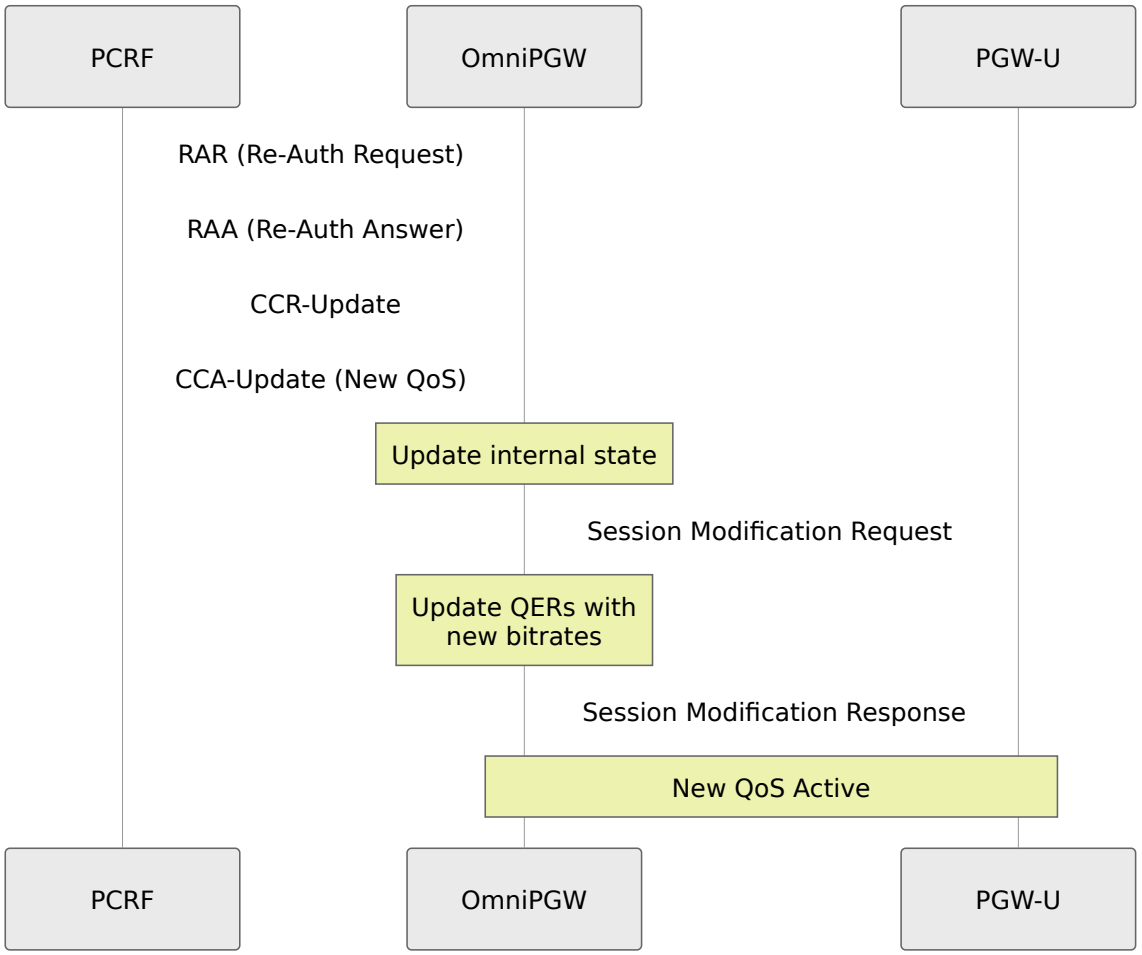
تعديل الجلسة

المحفزات

يمكن تعديل الجلسات بسبب:

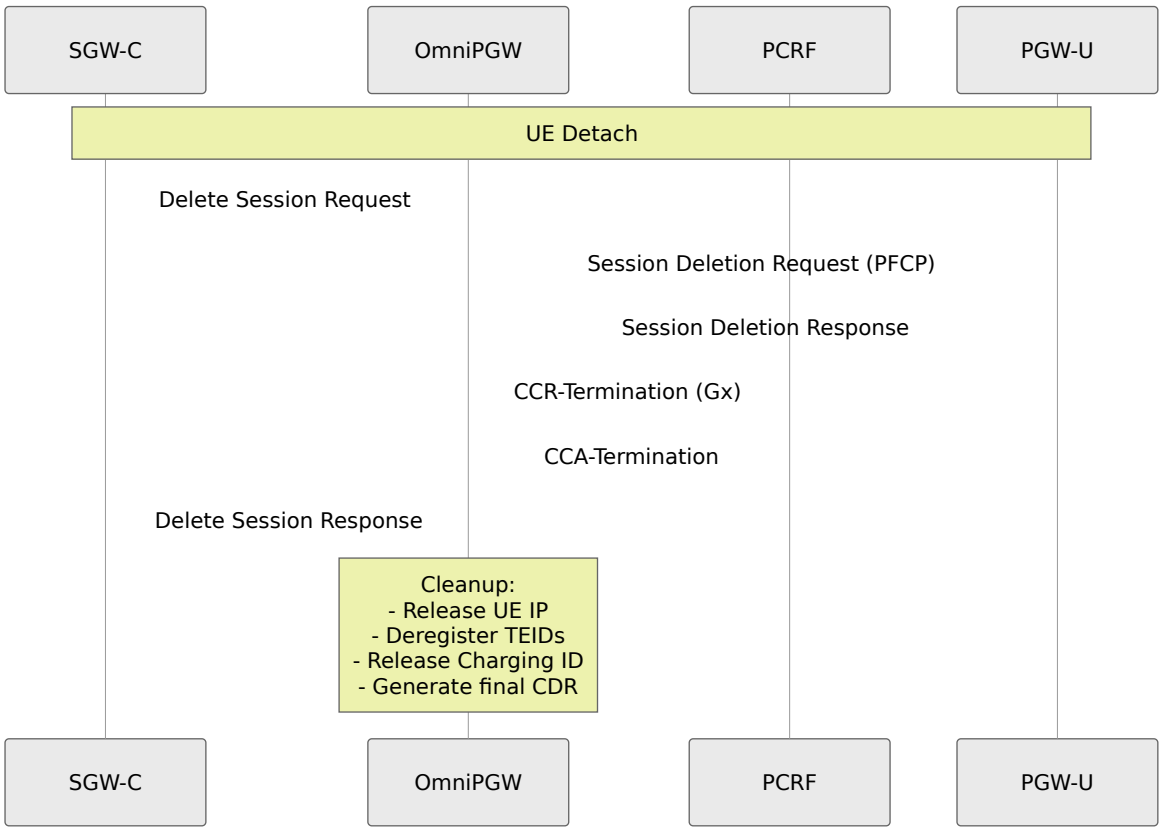
- **تغييرات QoS** - تحديثات PCRF لمعدلات البيانات
- **عمليات الناقل** - إضافة/إزالة الناقلات المخصصة
- **التبديل** - تغيير SGW
- **تحديثات السياسة** - قواعد PCRF جديدة من PCC

تدفق تعديل QoS



حذف الجلسة

تدفق المكالمات



عملية التنظيف

الموارد التي تم تحريرها:

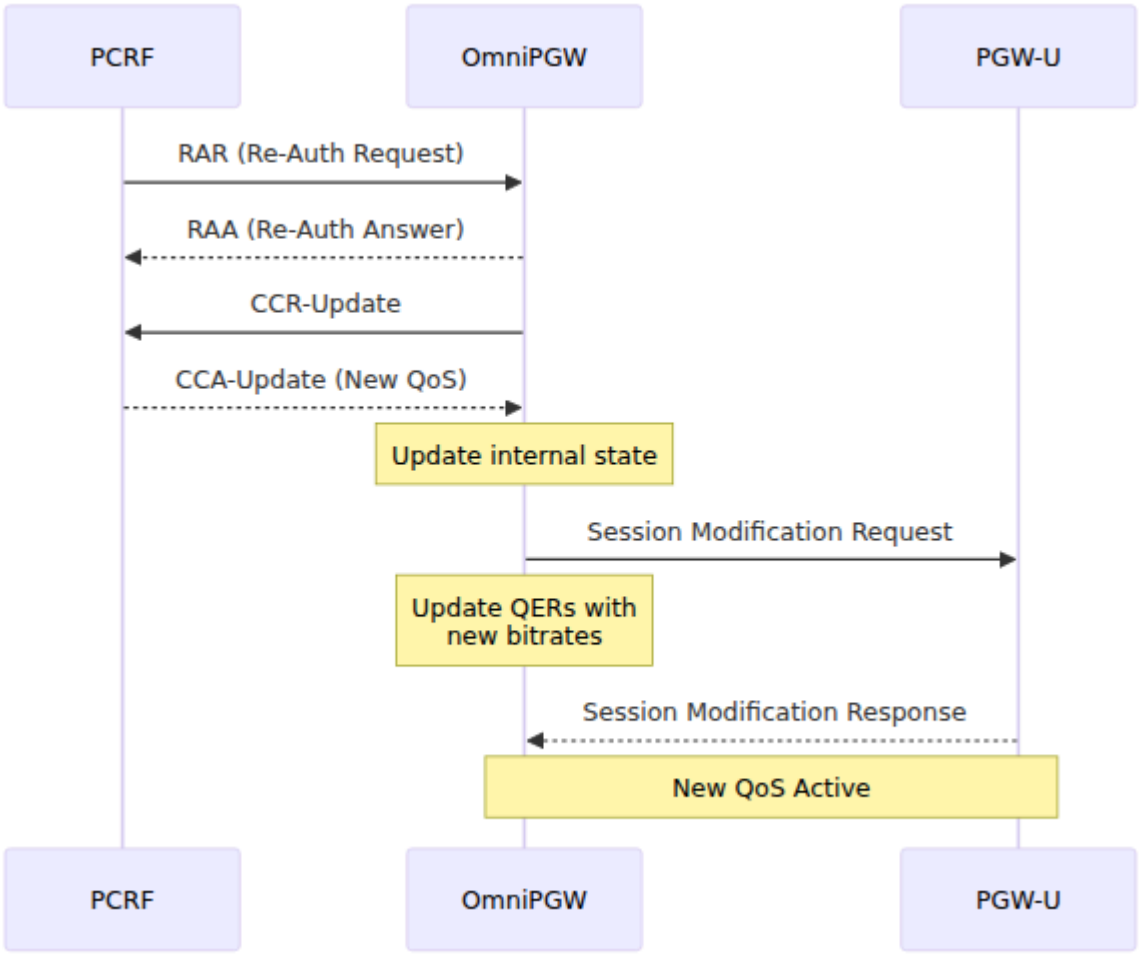
1. عنوان IP المجموعة إلى العودة ← لجهاز المستخدم
2. TEID ← تمت إزالته من السجل
3. SEID ← تمت إزالته من السجل
4. Session-ID ← تمت إزالته من السجل
5. Charging-ID ← تم تحريره
6. تم إنهاء عملية الجلسة

سجلات الفوترة التي تم إنشاؤها:

- CDR النهائي (سجل بيانات الشحن) مكتوب للفوترة غير المتصلة - راجع تنسيق CDR للبيانات

حالة الجلسة

آلة الحالة



تتبع الجلسة

عمليات البحث في السجل:

```
By TEID (S5/S8):
  TEID 0x12345678 → Session PID

By SEID (Sxb):
  SEID 0xABCDEF → Session PID

By Session-ID (Gx):
  "pgw.example.com;123;456" → Session PID

By UE IP:
  100.64.1.42 → Session PID

By IMSI + EBI:
  "310260123456789" + EBI 5 → Session PID
```

مراقبة الجلسات

عدد الجلسات النشطة

```
# إجمالي الجلسات النشطة
teid_registry_count

# جلسات PFCP
seid_registry_count

# جلسات Gx
session_id_registry_count
```

مقاييس الجلسة

```
# معدل إنشاء الجلسة
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request

# معدل حذف الجلسة
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request

# زمن تأخير إنشاء الجلسة (p95)
histogram_quantile(0.95,

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m])
)
```

المشكلات الشائعة

فشل إنشاء الجلسة

الأسباب:

1. **استنفاد مجموعة IP** - لا توجد عناوين IP متاحة
2. **PCRF غير متاح** - مهلة Gx
3. **PGW-U معطل** - لا يوجد نظير PFCP متاح
4. **رفض PCRF** - المستخدم غير معروف، غير مصرح له

تصحيح الأخطاء:

```
# تحقق من مجموعة IP
curl http://pgw:9090/metrics | grep address_registry_count

# تحقق من الاتصال بـ PCRF
# تحقق من أخطاء Gx في السجلات

# تحقق من ارتباط PGW-U
# تحقق من حالة نظير PFCP
```

الجلسة عالقة/قديمة

الأعراض:

- لم يتم حذف الجلسة بشكل صحيح
- لم يتم تحرير الموارد
- تظهر السجلات عددًا أعلى من المتوقع

الأسباب:

1. لم يتم استلام طلب حذف الجلسة
2. تعطل عملية الجلسة دون تنظيف
3. تسرب في السجل

الحل:

```
# إعادة تشغيل OmniPGW (تحرير جميع الجلسات)
# تنفيذ آلية مهلة للجلسة
```

لا يمكن لجهاز المستخدم إنشاء جلسة

الأعراض:

- فشل في إرفاق جهاز المستخدم
- رد إنشاء الجلسة مع سبب الخطأ

الأسباب الشائعة والاستجابات:

الإجراء	المعنى	قيمة السبب
توفير المشترك	رفض PCRF (IMSI غير موجود في قاعدة البيانات)	المستخدم غير معروف
توسيع مجموعة IP	استنفاد مجموعة IP	لا توجد موارد متاحة
تحقق من الاتصال	مهلة PCRF/PGW-U	النظير البعيد لا يستجيب
تكوين مجموعة APN	غير صالح APN	الخدمة غير مدعومة

أفضل الممارسات

حدود الجلسة

تكوين السعة المناسبة:

```
عدد المستخدمين المتزامنين المتوقع: 10,000
حمولة الجلسة لكل مستخدم: ~10KB RAM
إجمالي RAM للجلسات: ~100MB

إعدادات VM Erlang:
  - الحد الأقصى من العمليات: 262,144 (افتراضي)
  - حجم كومة العملية: ضبط بناءً على الحمل
```

تنظيف الجلسة

ضمان التنظيف المناسب:

1. دائمًا استجب لطلبات حذف الجلسة
2. تنفيذ مهلة للجلسة للجلسات القديمة
3. مراقبة أعداد السجل للكشف عن التسريبات

التوافر العالي

تكرار الجلسة:

- استخدم تصميم بلا حالة (الجلسات مرتبطة بالمثيل)
- تنفيذ قاعدة بيانات للجلسة للتوافر العالي (مستقبلًا)
- موازن تحميل للتبديل/DNS

عناصر بيانات الجلسة

ما المعلومات التي تخزنها الجلسة؟

تحافظ كل جلسة PDN نشطة على المعلومات التالية:

تحديد جهاز المستخدم:

- IMSI: "310260123456789" (هوية المشترك)
- MSISDN: "14155551234" (رقم الهاتف)
- MEI/IMEI: معرف الجهاز

تفاصيل اتصال PDN:

- APN: "internet" (اسم الشبكة)
- عنوان IP 100.64.1.42 لجهاز المستخدم: (IP المخصص)
- نوع PDN: IPv4، IPv6، أو IPv4v6

معرفات الجلسة:

- معرف الشحن: معرف فريد للفوترة
- EBI للناقل الافتراضي: معرف الناقل EPS (عادة 5)

معلمات QoS:

- APN-AMBR: الحد الأقصى لمعدل البيانات المجمعة
  - الرفع: 100 ميجابت في الثانية
  - التنزيل: 50 ميجابت في الثانية

قواعد التوجيه:

- PDRs (قواعد كشف الحزم): مطابقة الحزم
- FARs (قواعد إجراء التوجيه): إجراءات التوجيه/الإسقاط
- QERs (قواعد تنفيذ QoS): تحديد المعدل
- BAR (قاعدة إجراء التخزين المؤقت): التخزين المؤقت للتنزيل

سياق الواجهة:

- حالة S5/S8: TEIDs المحلية/البعيدة، عنوان SGW-C
- حالة Sxb: SEIDs المحلية/البعيدة، عنوان PGW-U
- حالة Gx: معرف جلسة Diameter، عداد الطلبات

مراقبة الجلسات الحية

يقدم OmniPGW واجهة **OAM REST API** في الوقت الحقيقي لفحص وإدارة الجلسات النشطة دون الحاجة إلى استعلام عن المقاييس أو السجلات. يتم تقديم واجهة برمجة التطبيقات عبر HTTPS/TLS مع جميع المسارات تحت بادئة `/api` على المنفذ `8443`:

```
GET    /api/sessions                 # جميع الجلسات النشطة
GET    /api/sessions?search=<imsi>   # تصفية حسب IMSI / MSISDN /
IP
GET    /api/sessions/<imsi>          # تفاصيل كاملة لجلسة واحدة
PUT    /api/sessions/<imsi>          # تحديث حالة الجلسة الحية
(إجراء م��غل)
DELETE /api/sessions/<imsi>          # (إجراء مشغل) إنهاء جلسة
```

تتوفر وثائق واجهة برمجة التطبيقات التفاعلية (Swagger UI) على `https://<omnipgw-ip>:8443/api/docs`.

```
# قائمة بجميع الجلسات النشطة
curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/sessions

# تصفية حسب IMSI أو MSISDN أو عنوان IP
curl -k "https://<omnipgw-ip>:8443/api/sessions?
search=310170123456789"
```

بحث جهاز المستخدم والغوص العميق

نقاط النهاية:

```
GET /api/sessions?search=<imsi|msisdn|ip>   # العثور على جلسات مشترك
GET /api/sessions/<imsi>                    # تفاصيل كاملة لجلسة واحدة
```

تقبل معلمة `search` أي من:

- **IMSI** (مثل، "310170123456789")
- **MSISDN** (رقم الهاتف)
- **عنوان IP** (مثل، "100.64.1.42")

```
# الغوص العميق في جلسة مشترك واحد
curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/sessions/310170123456789
```

تُرجع تفاصيل الجلسة معلومات شاملة:

أ) الجلسات النشطة

- جميع الجلسات النشطة لهذا المشترك
- IMSI، MSISDN، عنوان IP لجهاز المستخدم
- APN، نوع RAT
- PGW TEID، SGW TEID

ب) الموقع الحالي بيانات الموقع في الوقت الحقيقي من الجلسة:

- **TAC** (رمز منطقة التتبع) - منطقة التتبع حيث يقع جهاز المستخدم
- **معرف الخلية (ECI)** - معرف خلية E-UTRAN
- **ECGI** - معرف خلية E-UTRAN العالمي (PLMN + ECI)
- **MCC/MNC** - رمز الدولة المحمول / رمز الشبكة المحمولة

ج) معلومات الناقل قائمة مفصلة بالناقل مع معلمات QoS:

الناقل الافتراضي:

- EBI (معرف الناقل EPS)
- QCI (معرف فئة QoS)
- اسم قاعدة الشحن
- APN-AMBR (الرفع/التنزيل)

الناقلات المخصصة (إذا كانت نشطة):

- EBI، QCI، اسم قاعدة الشحن
- MBR UL/DL (الحد الأقصى لمعدل البيانات)
- GBR UL/DL (معدل البيانات المضمون)

د) معلومات الشحن (واجهة Gy)

- معرف جلسة Gy
- الحصة الممنوحة، الحصة المستخدمة
- خصائص الشحن

هـ) معلومات السياسة (واجهة Gx)

- معرف جلسة Gx
- مضيف PCRF الأصلي/الوجهة
- رقم طلب CC
- قواعد الشحن المثبتة (من الناقلات PCC قواعد)

و) الأحداث الأ��يرة

- تاريخ الأحداث لهذا المشترك (انظر تاريخ الجلسة وسجل التدقيق)
- أحداث إنشاء/تحديث/حذف الجلسة

حالات الاستخدام:

- حل مشكلات مشتركة محددة
- التحقق من إنشاء الجلسة
- التحقق من عنوان IP المخصص
- فحص معلمات الجلسة

جميع الجلسات النشطة

نقاط النهاية:

```
GET    /api/sessions                # قائمة بجميع جلسات PDN
النشطة
GET    /api/sessions?search=<term>  # تصفية القائمة
PUT    /api/sessions/<imsi>         # تحديث حالة جلسة حية
DELETE /api/sessions/<imsi>         # إنهاء جلسة
```

الغرض: عد جميع جلسات PDN النشطة. استعلم عن `GET /api/sessions` في الفترات المفضلة لديك للحصول على عرض حي لجدول الجلسات.

```
# لقطة لجميع الجلسات النشطة
curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/sessions

# تصفية حسب بادئة IMSI أو عنوان IP أو MSISDN أو APN
curl -k "https://<omnipgw-ip>:8443/api/sessions?search=100.64"

# إجراءات المشغل على جلسة معينة
curl -k -X PUT    https://<omnipgw-
ip>:8443/api/sessions/310170123456789   # تحديث الحالة
curl -k -X DELETE https://<omnipgw-
ip>:8443/api/sessions/310170123456789   # إنهاء
```

معلومات سريعة عن الجلسة (التي تم إرجاعها لكل جلسة):

- **IMSI** - هوية المشترك
- **UE IP** - عنوان IP المخصص
- **SGW TEID** - معرف نفق S5/S8 من SGW
- **PGW TEID** - معرف نفق S5/S8 من OmniPGW
- **APN** - اسم نقطة الوصول

التصفية (عبر `?search=`):

- IMSI (مثل، "310260")
- عنوان IP (مثل، "100.64") لجهاز المستخدم
- MSISDN / رقم الهاتف

- اسم APN

التفاصيل الكاملة (`GET /api/sessions/<imsi>`):

- معلومات كاملة عن المشترك (IMSI، MSISDN، IMEI)
- سياق الشبكة (نوع RAT، الشبكة الخدمية MCC/MNC)
- معلمات QoS (AMBR الرفع/التنزيل)
- معرفات النفق (كلا TEIDs في تنسيق سداسي عشري)
- معرف العملية للتصحيح
- حالة الجلسة الكاملة (هيكل بيانات خام)

نقاط النهاية الصحية المتقاطعة

تقدم واجهة OAM أيضًا صحة النظير/التوبولوجيا التي تعتمد عليها عرض الجلسة:

```
GET /api/upf         # حالة نظير PFCP / UPF والارتباطات
GET /api/diameter    # الاتصال بنظير Diameter (Gx/Gy)
```

```
# تحقق من الاتصال بخطة المستخدم ونظير Diameter
curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/upf
curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/diameter
```

حالات الاستخدام:

- تحقق من اتصالات النظير (ارتباطات UPF، اتصال PCRF/OCS)
- ربط فشل إنشاء الجلسة بصحة النظير
- تحقق سريع من صحة الشبكة

تاريخ الجلسة وسجل التدقيق

نقطة النهاية:

```
GET /api/session_history[?type=&search=&page=&page_size=]
```

الغرض: تتبع أحداث الجلسة التاريخية وسجل التدقيق.

المعلمات:

- `type` - تصفية حسب نوع الحدث (مثل، إنشاء جلسة، حذف جلسة)
- `search` - تصفية حسب IMSI، MSISDN، عنوان IP، أو TEID
- `page`، `page_size` - تقسيم النتائج

```
# أحداث الحذف الأخيرة لمشترك، الصفحة الأولى
curl -k "https://<omnipgw-ip>:8443/api/session_history?
type=session_deleted&search=310170123456789&page=1&page_size=50"
```

أنواع الأحداث التي تم تتبعها:

- أحداث إنشاء الجلسة
- أحداث حذف الجلس��
- أح��اث التعديل
- أحداث الخطأ

حالات الاستخدام:

- سجل التدقيق للامتثال (تصفح وأرشفة النتائج)
- تحليل الجلسات التاريخية
- حل المشكلات السابقة
- إنشاء تقارير الاستخدام
- تتبع أنماط الجلسة مع مرور الوقت

حالات الاستخدام التشغيلية

التحقق من الجلسة:

```
1. يبلغ المستخدم عن مشكلة في الاتصال
2. GET /api/sessions?search=<imsi|msisdn> للعثور على المشترك
3. GET /api/sessions/<imsi> للتحقق من وجود الجلسة وأن جهاز
المستخدم لديه عنوان IP
4. تحقق من تطابق قيم QoS مع خطة المشترك
5. تحقق من إنشاء نقاط النفق
```

مراقبة السعة:

- استعلم عن `GET /api/sessions` (أو مقياس `teid_registry_count`) لعدد الجلسات النشطة
- قارن مع السعة المرخصة
- تحديد أنماط الاستخدام حسب APN (عبر `?search=<apn>`)

حل المشكلات:

- ابحث عن جلسة معينة عبر أي معرف عبر `?search=`
- فحص حالة الجلسة الكاملة (`GET /api/sessions/<imsi>`) دون SSH/IEx
- تحقق من تطابق TEIDs من SGW ﷺ PGW بين الأنظمة
- تحقق من قيم AMBR المطبقة من PCRF
- إنهاء جلسة عالقة باستخدام `DELETE /api/sessions/<imsi>`

المزايا على المقاييس:

- رؤية تفاصيل الجلسة الفردية (تظهر المقاييس المجاميع)
- قدرات البحث والتصفية عبر `?search=`
- فحص الحالة في الوقت الحقيقي
- قابلية البرمجة/الأتمتة (JSON عبر HTTPS) للتكامل مع الأدوات

الوثائق ذات الصلة

الوظائف الأساسية للجلسة

- **واجهة PFCP** - إنشاء جلسة خطة المستخدم، PDRs، FARs، QERs، URRs
- **تخصيص IP** - تعيين عنوان IP، إدارة مجموعة APN **لجهاز المستخدم**
- **تكوين PCO** - معلمات DNS، P-CSCF، MTU المرسلة إلى جهاز المستخدم
- اختيار - **دليل التكوين** UPF، تدفقات إنشاء الجلسة

السياسة والشحن

- **واجهة Diameter Gx** - التحكم في سياسة PCRF، قواعد PCC، إدارة QoS
- **واجهة Diameter Gy** - تتبع الحصة OCS، الشحن عبر الإنترنت
- **تنسيق CDR** - إنشاء سجلات الشحن غير المتصلة **للبيانات**

واجهات الشبكة

- **واجهة S5/S8** - بروتوكول GTP-C، تواصل SGW-C
- **إدارة QoS والناقلات** - تنفيذ QoS للناقل

العمليات

- **دليل المراقبة** - مقاييس الجلسة، تتبع الجلسات النشطة، التنبيهات
- **مراقبة P-CSCF** - مراقبة جلسة IMS

العودة إلى دليل العمليات

إدارة جلسات OmniPGW - *من خدمات شبكة أومنيتاتش*

دليل استكشاف الأخطاء وإصلاحها لـ OmniPGW

إجراءات استكشاف الأخطاء والمشاكل الشائعة

بواسطة خدمات شبكة أومنيتاتش

جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. أدوات استكشاف الأخطاء
3. مشاكل إنشاء الجلسة
4. مشاكل PFCP / مستوى المستخدم
5. مشاكل القطر (Gx/Gy)
6. مشاكل تخصيص IP
7. مرجع سريع

نظرة عامة

يوفر هذا الدليل إجراءات استكشاف الأخطاء خطوة بخطوة للمشاكل التشغيلية الشائعة لـ OmniPGW. تشمل كل مشكلة:

- **الأعراض**: ما ستلاحظه
- **الأسباب المحتملة**: الأسباب الجذرية الشائعة
- **التشخيص**: كيفية تأكيد السبب
- **الحل**: إصلاح خطوة بخطوة
- **الوقاية**: كيفية تجنب التكرار

ال��ثائق ذات الصلة

- **دليل المراقبة** - مقاييس بروميثيوس، التنبيه، مراقبة الأداء
- **دليل التكوين** - مرجع تكوين النظام

أدوات استكشاف الأخطاء

واجهة برمجة التطبيقات OAM

عنوان URL الأساسي: `https://<omnipgw_ip>:8443` (HTTPS/TLS؛ جميع المسارات تحت بادئة `/api`)

وثائق واجهة برمجة التطبيقات التفاعلية (Swagger UI):
`https://<omnipgw_ip>:8443/api/docs`

نقاط النهاية الرئيسية:

- `GET /api/sessions[?search=<imsi|msisdn|ip>]`, `GET /api/sessions/<imsi>` - عارض الجلسات النشطة (البحث بواسطة IMSI، IP، MSISDN)
- `GET /api/diameter[?status=connected|disconnected]`, `GET /api/diameter/<origin-host>` - حالة نظير القطر (Gx PCRF، Gy OCS)
- `GET /api/charging[?search=<imsi>]`, `GET /api/charging/<imsi>` - حالة الشحن عبر الإنترنت (Gy)
- `GET /api/upf`, `GET /api/upf/<ip>` - حالة نظير UPF / PFCP (اتصال PGW-U)
- `GET /api/ip_pools`, `GET /api/ip_pools/<name>` - استخدام مجموعة IP
- `GET /api/session_history[?type=&search=&page=&page_size=]` - تاريخ الجلسة
- `GET /api/status` - حص الصحة (`{"result":"ok"}`)

مثال:

```
curl -k https://<omnipgw_ip>:8443/api/sessions
```

لم يعد يتم تقديم تدفق السجلات بواسطة النظام الأساسي؛ استخدم سجلات المضيف (ملفات السجل/`journalctl`) مع الفلاتر أدناه.

مقاييس بروميثيوس

الوصول: `http://<omnipgw_ip>:9090/metrics`

المقاييس الرئيسية:

- `teid_registry_count` - الجلسات النشطة
- `address_registry_count` - عناوين IP المخصصة لـ UE
- `sxb_inbound_errors_total` - أخطاء PFCP
- `gx_inbound_errors_total` - أخطاء القطر Gx
- `gy_inbound_errors_total` - أخطاء القطر Gy

انظر دليل المراقبة للحصول على مرجع المقاييس الكامل.

تحليل السجلات

السجلات: افحص سجلات المضيف (أو ملف السجل المكون `journalctl -u omnipgw_c`) وابحث عن السلاسل أدناه. للحصول على عرض منظم وقابل للاستعلام عن أحداث دورة حياة الجلسة، استخدم `GET /api/session_history[?type=&search=&page=&page_size=]`.

فلاتر السجل الشائعة:

- "create_session_request" - إنشاء الجلسة
- "Credit Control" - تفاعلات Gx/Gy
- "PFCP Session" - برمجة مستوى المستخدم
- "ERROR" أو "error" - رسائل الخطأ
- "timeout" - مشاكل المهلة

مشاكل إنشاء الجلسة

المشكلة: تم رفض طلب إنشاء الجلسة بسبب "لا توجد موارد متاحة"

الأعراض:

- يتلقى SGW-C (73) "لا توجد موارد متاحة" استجابة إنشاء جلسة مع السبب
- جميع محاولات الجلسة الجديدة تفشل
- تستمر الجلسات الحالية في العمل
- السجلات: `تم حظر طلب إنشاء الجلسة - ترخيص غير صالح [PGW-C]`

يظهر استجابة إنشاء جلسة مع سبب "لا توجد موارد متاحة" التقاط Wireshark

السبب المحتمل:

- ترخيص OmniPGW غير صالح أو منتهي
- خادم الترخيص غير متاح

التشخيص:

1. **تحقق من مقياس الترخيص:**

```
license_status
```

- قيمة 0 تشير إلى ترخيص غير صالح

2. **تحقق من السجلات بحثًا عن تحذيرات الترخيص:**
   - ابحث عن "License" أو "license"
   - ابحث عن رسائل "غير قادر على الاتصال بخادم الترخيص"
3. **تحقق من اتصال خادم الترخيص:**
   - تحقق من عنوان URL المكون في `config/runtime.exs` تحت `:license_client`
   - الافتراضي: `https://localhost:10443/api`

الحل:

1. **تحقق من أن خادم الترخيص متاح:**

```
curl -k https://<license_server_ip>:10443/api/status
```

2. **تحقق من تكوين الترخيص في `config/runtime.exs`:**

```
config :license_client,
  license_server_api_urls:
["https://<license_server_ip>:10443/api"],
  licensee: "اسم شركتك"
```

3. **تحقق من أن المنتج مرخص:**
   - اسم المنتج: `omnipgwc`
   - اتصل بـ Omnitouch للتحقق من حالة الترخيص
4. **أعد تشغيل OmniPGW بعد تغييرات التكوين**

الوقاية:

- راقب مقياس `license_status` مع تنبيهات حرجة

- تأكد من توفر خادم الترخيص العالي
- إعداد تنبيهات انتهاء الترخيص قبل انتهاء الصلاحية

المشكلة: تم رفض طلب إنشاء الجلسة (أسباب أخرى)

الأعراض:

- يتلقى استجابة إن��اء جلسة مع سبب خطأ SGW-C
- لا يمكن للمستخدمين إنشاء اتصالات PDN
- المقياس: `s5s8_inbound_errors_total` في تزايد

الأسباب المحتملة:

1. استنفاد مجموعة IP
2. غير متاح أو يرفض السياسة (Gx) PCRF
3. غير متاح (PFCP) PGW-U
4. غير صالح تكوين APN

التشخيص:

1. **تحقق من استخدام مجموعة IP:**

   ```
   address_registry_count
   ```

   - إذا كانت تساوي حجم المجموعة المكونة، فإن المجموعة مستنفدة

2. **تحقق من اتصال PCRF:**

   - استعلام `GET /api/diameter` (أو `GET /api/diameter?status=disconnected`)
   - ابحث عن حالة نظير PCRF = "منفصل"
   - السجلات: ابحث عن "Credit Control Answer" بحثًا عن الأخطاء

3. **تحقق من حالة نظير PFCP:**

   - استعلام `GET /api/upf` (أو `GET /api/upf/<ip>` لنظير PGW-U محدد)

- ابحث عن "Association: DOWN"
- المقياس: `pfcp_peer_associated` = 0

4. **تحقق من تكوين APN:**
   - راجع `config/runtime.exs` ت`ue.apn_map`
   - تحقق من أن APN المطلوب موجود في التكوين

الحل:

للاستنفاد في مجموعة IP:

1. استعلام: حدد الجلسات القديمة `GET /api/sessions` (اختياريًا `GET /api/sessions?search=<imsi|msisdn|ip>`)، ابحث عن الجلسات القديمة
2. قم بتوسيع مجموعة IP في `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => "10.0.0.0/23"  # تم تغييره من /24 إلى /23 (يضاعف السعة)
    }
  }
```

3. أعد تشغيل OmniPGW
4. تحقق: `curl http://<ip>:9090/metrics | grep address_registry_count`

لمشاكل اتصال PCRF:

1. تحقق من الاتصال الشبكي: `ping <pcrf_ip>`
2. تحقق من خدمة PCRF Diameter: `telnet <pcrf_ip> 3868`
3. تحقق من تكوين نظير Diameter في `config/runtime.exs`
4. أعد تشغيل OmniPGW إذا تم تغيير التكوين
5. تحقق عبر `GET /api/diameter?status=connected` (يجب أن تظهر النظير "متصل")

لمشاكل PFCP:

- انظر قسم مستوى المستخدم / PFCP

الوقاية:

- راقب استخدام مجموعة IP 80 عند تنبيهات مع%
- راقب اتصال PCRF مع تنبيهات نظير Diameter
- تنفيذ تنظيف الجلسات للجلسات غير النشطة

المشكلة: الجلسات عالقة في حالة وسيطة

الأعراض:

- تظهر الجلسة في `GET /api/sessions` ولكن غير مكتملة
- تظهر المقاييس زيادة في عدد الجلسات ولكن لا يوجد حركة مرور للمستخدم
- يفشل طلب حذف الجلسة أو ينتهي بمهلة

الأسباب المحتملة:

1. فشل إنشاء جلسة PFCP ولكن تم إنشاء جلسة S5/S8
2. انتهت مهلة CCR-Initial لـ PCRF
3. فشل طلب إنشاء حامل (حامل مخصص)
4. انقطاع الشبكة أثناء إعداد الجلسة

التشخيص:

1. **ابحث عن الجلسة عبر واجهة برمجة التطبيقات OAM:**
   - `GET /api/sessions/<imsi>` (أو `GET /api/sessions?search=<imsi>`)
   - تحقق مما إذا كان `pfcp_seid` موجودًا (فشل PFCP إذا كان مفقودًا، فإن)
   - تحقق مما إذا كان `gx_session_id` موجودًا (فشل Gx إذا كان مفقودًا، فإن)
2. **تحقق من السجلات لـ IMSI:**
   - قم بتصفية السجلات حسب IMSI
   - ابحث عن "طلب إنشاء الجلسة" (PFCP)
   - ابحث عن "طلب التحكم في الائتمان" (Gx)
   - ابحث عن رسائل المهلة أو الأخطاء

3. **تحقق من المقاييس:**

```
# الجلسات مع TEID ولكن لا توجد جلسة PFCP
teid_registry_count - seid_registry_count

# الجلسات مع TEID ولكن لا توجد جلسة Gx
teid_registry_count - session_id_registry_count
```

الحل:

1. **لفشل إنشاء PFCP:**
   - تحقق من صحة PGW-U والسجلات
   - تحقق من ارتباط PFCP: `GET /api/upf`
   - أرسل طلب حذف الجلسة من SGW-C للتنظيف
2. **لمشاكل انتهاء مهلة Gx:**
   - تحقق من زمن انتقال PCRF: `histogram_quantile(0.95, rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket[5m]))`
   - إذا لزم الأمر `config/runtime.exs` في Gx زيادة مهلة
   - أرسل طلب حذف الجلسة للتنظيف
3. **تنظيف يدوي (كملاذ أخير):**
   - لمسح الجلسات العالقة OmniPGW حاليًا يتطلب إعادة تشغيل
   - قبل/بعد إعادة التشغيل لتأكيد التنظيف `teid_registry_count` راقب

الوقاية:

- راقب مقاييس زمن انتقال PFCP وGx
- تنفيذ مهلة/تنظيف للجلسات غير المكتملة
- ت��بيه على عدم تطابق عدد السجلات

مستوى المستخدم / PFCP مشاكل

المشكلة: ارتباط PFCP غير متصل

الأعراض:

- `GET /api/upf` يظهر "Association: DOWN"
- جميع إنشاءات الجلسات الجديدة تفشل
- المقياس: `pfcp_peer_associated` = 0
- السجلات: "فشل إعداد الارتباط PFCP" أو "انتهاء مهلة نبض"

الأسباب المحتملة:

1. PGW-U غير متاح (مشكلة شبكة)
2. PGW-U تعطل أو أعيد تشغيله
3. عدم تطابق تكوين PFCP (IP، منفذ)
4. جدار ناري يمنع UDP 8805

التشخيص:

1. **تحقق من الاتصال الشبكي:**

```
ping <pgw_u_ip>
nc -u -v <pgw_u_ip> 8805
```

2. **تحقق من تكوين PFCP:**
   - راجع `config/runtime.exs` تحت `upf.peer_list`
   - تحقق من أن عنوان IP ومعرف العقدة يتطابقان مع تكوين PGW-U
3. **تحقق من حالة PGW-U:**
   - الوصول إلى سجلات PGW-U
   - تحقق من أن قيد التشغيل PGW-U: `systemctl status omnipgw_u` (أو ما يعادلها)
4. **تحقق من المقاييس:**

```
# فشل نبضات القلب
pfcp_consecutive_heartbeat_failures

# معدل خطأ PFCP
rate(sxb_inbound_errors_total[5m])
```

الحل:

1. **لمشاكل الشبكة:**
   - تحقق من التوجيه: `traceroute <pgw_u_ip>`
   - تحقق من قواعد جدار الحماية: تأكد من السماح بـ UDP 8805
   - تحقق من المجموعات الأمنية (إذا كان نشرًا سحابيًا)
2. **لمشاكل تعطل PGW-U:**
   - أعد تشغيل خدمة PGW-U
   - انتظر 30 ثانية لإعادة إنشاء الارتباط
   - تحقق عبر `GET /api/upf` (يجب أن يظهر "Association: UP")
3. **لمشاكل التكوين:**
   - صحح تكوين نظير PFCP في `config/runtime.exs`
   - أعد تشغيل OmniPGW
   - تحقق من إنشاء الارتباط

الوقاية:

- راقب مقياس `pfcp_peer_associated` مع تنبيهات حرجة
- راقب `pfcp_consecutive_heartbeat_failures` (تنبيه عند > 2)
- تنفيذ مثيلات PGW-U احتياطية
- تمكين نبض PFCP/(نبض القلب (يجب أن يكون افتراضيًا)

المشكلة: فشل تعديل جلسة PFCP

الأعراض:

- فشل إنشاء حامل مخصص
- فشل تحديثات سياسة QoS (من PCRF RAR)
- السجلات: "فشل طلب تعديل الجلسة"
- المقياس: `sxb_inbound_errors_total{message_type="session_modification_response"}` في تزايد

الأسباب المحتملة:

1. قواعد PFCP غير صالحة (مراجع PDR/FAR/QER)
2. استنفاد موارد PGW-U
3. تعارضات معرف القاعدة
4. خطأ برمجي في PGW-U

التشخيص:

1. **تحقق من السجلات:**
    - تصفية "تعديل الجلسة" وSEID
    - ابحث عن رموز أسباب الخطأ في استجابة PFCP
    - الأسباب الشائعة: "معرف القاعدة موجود بالفعل"، "نفاد الموارد"
2. **تحقق من سجلات PGW-U:**
    - ابحث عن أخطاء معالجة PFCP
    - تحقق من استخدام الموارد (CPU، الذاكرة)
3. **تحقق من حالة الجلسة عبر واجهة برمجة التطبيقات OAM:**
    - `GET /api/sessions/<imsi>` (أو `GET /api/sessions?search=<imsi>`)
    - راجع `pdr_map`، `far_map`، `qer_map` بحثًا عن تعارضات
    - ابحث عن معرفات مكررة

الحل:

1. **للتعارضات القاعدية:**
    - احذف وأعد إنشاء الحامل المخصص

- يعيد الاتصال UE إذا استمرت المشكلة، احذف الجلسة واجعل

2. **لمشاكل موارد PGW-U:**
   - تحقق من سعة PGW-U (الجلسات، PDRs، الإنتاجية)
   - قم بتوسيع PGW-U إذا لزم الأمر
   - قلل من حمل الجلسات على مثيل PGW-U المتأثر
3. **لأخطاء البرمجيات:**
   - التقاط حالة الجلسة الكاملة (`GET /api/sessions/<imsi>`)
   - التقاط سجلات رسائل PFCP
   - الإبلاغ عن ذلك للبائع مع خطوات التكرار

الوقاية:

- راقب استخدام موارد PGW-U
- اختبر إنشاء الحامل المخصص في بيئة الاختبار
- راقب `sxb_inbound_errors_total` مع تنبيهات

مشاكل القطر (Gx/Gy)

المشكلة: تم فصل نظير PCRF (Gx)

الأعراض:

- `GET /api/diameter` (أو `GET /api/diameter?status=disconnected`) يظهر نظير PCRF "منفصل"
- الجلسات التي تم إنشاؤها بدون سياسات QoS (تم تطبيق QCI=5 الافتراضي)
- السجلات: "فشل اتصال نظير القطر" أو "انتهاء مهلة CER/CEA"

الأسباب المحتملة:

1. PCRF غير متاح (مشكلة شبكة)
2. خدمة PCRF متوقفة
3. عدم تطابق تكوين القطر (Origin-Host، Realm)

4. جدار ناري يمنع TCP 3868

التشخيص:

1. **تحقق من الاتصال الشبكي:**

```
ping <pcrf_ip>
telnet <pcrf_ip> 3868
```

2. **تحقق من تكوين القطر:**

   - راجع `config/runtime.exs` تحت `diameter.peer_list`
   - تحقق من أن `host`، `realm`، `ip` تتطابق مع تكوين PCRF
   - تحقق من أن `origin_host` يتطابق مع ما يتوقعه PCRF

3. **تحقق من سجلات PCRF:**

   - ابحث عن CER (طلب تبادل القدرات) من PGW-C
   - ابحث عن أسباب الرفض

4. **تحقق من المقاييس:**

```
# أخطاء اتصال القطر
diameter_peer_connected{peer="<pcrf_host>"}
```

الحل:

1. **لمشاكل الشبكة:**

   - تحقق من التوجيه إلى PCRF
   - تحقق من قواعد جدار الحماية: تأكد من السماح بـ TCP 3868
   - اختبار الاتصال: `nc -v <pcrf_ip> 3868`

2. **إذا كانت خدمة PCRF متوقفة:**

   - أعد تشغيل خدمة PCRF
   - انتظر إعادة الاتصال التلقائي (فترة إعادة المحاولة 30 ثانية)
   - تحقق عبر `GET /api/diameter?status=connected`

3. **لمشاكل عدم تطابق التكوين:**
    - صحح تكوين القطر في `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    host: "pgw-
c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",  # يجب أن
يتطابق مع تكوين PCRF
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host:
"pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "192.168.1.100",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

    - أعد تشغيل OmniPGW
    - تحقق من إنشاء الاتصال

الوقاية:

- راقب اتصال نظير القطر مع تنبيهات حرجة
- احتياطية (إذا كانت مدعومة) PCRF تنفيذ مثيلات
- توثيق تكوين القطر في دفتر التشغيل

المشكلة: انتهاء مهلة CCR/CCA (طلبات سياسة Gx)

الأعراض:

- إنشاء الجلسة بطيء (> 5 ثوانٍ)
- السجلات: "انتهاء مهلة طلب التحكم في الائتمان"
- المقياس: `gx_outbound_transaction_duration` مرتفع جدًا (> 5 ثوانٍ)
- الجلسات التي تم إنشاؤها مع QoS الافتراضي (سلوك احتياطي)

الأسباب المحتملة:

1. PCRF محمّل
2. بطيئة PCRF قاعدة بيانات
3. زمن انتقال الشبكة
4. مشكلة برمجية في PCRF

التشخيص:

1. **تحقق من زمن انتقال Gx:**

```
# زمن الانتقال P95
histogram_quantile(0.95,
rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket[5m]))

# زمن الانتقال P99 (القيم الشاذة)
histogram_quantile(0.99,
rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket[5m]))
```

2. **تحقق من صحة PCRF:**
   - الوصول إلى لوحات مراقبة PCRF
   - تحقق من CPU، الذاكرة، اتصالات قاعدة البيانات
   - بحثًا عن استعلامات بطيئة PCRF راجع سجلات
3. **تحقق من زمن انتقال الشبكة:**

```
ping -c 100 <pcrf_ip> | tail -1  # تحقق من متوسط زمن
الانتقال
```

4. **تحقق من السجلات:**
   - عد تبادل CCR/CCA: تصفية "Credit Control"
   - قياس الوقت بين "إرسال CCR" و"استلام CCA"

الحل:

1. **لتحميل PCRF:**

- قم بتوسيع PCRF (إضافة مثيلات)
- إذا كان ذلك ممكنًا CCR تقليل حجم رسالة
- ضبط تجمعات/عمال PCRF

2. **لمشاكل زمن انتقال الشبكة:**
   - التحقيق في مسار الشبكة (الموجهات، المفاتيح)
   - معًا PCRFو PGW-C النظر في وضع
3. **حل مؤقت (زيادة المهلة):**
   - تحرير `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    transaction_timeout_ms: 10000  # زيادة من 5000 الافتراضي
  }
```

   - أعد تشغيل OmniPGW
   - **ملاحظة:** هذا فقط يخفي المشكلة؛ يجب إصلاح السبب الجذري

الوقاية:

- راقب زمن انتقال Gx (مع تنبيهات (تحذير > 1 ثانية، حرجة > 5 ثوانٍ
- لمعدل الجلسات المتوقع PCRF التخطيط السعوي لـ
- اختبار أداء PCRF تحت الحمل

المشكلة: تم فصل نظير OCS (Gy)

الأعراض:

- `GET /api/diameter` (أو `GET /api/diameter?status=disconnected`) يعكس حالة الشحن عبر الإنترنت `GET /api/charging` منفصل"؛" يظهر نظير OCS (Gy)
- لا يمكن شحن الجلسات (فشل الشحن عبر الإنترنت)
- السجلات: "فشل اتصال نظير Gy"

التشخيص والحل:

تم فصل نظير PCRF، مماثل لـ Gy ولكن لواجهة.

الاختلافات الرئيسية:

- المنفذ: عادةً TCP 3868 (نفس Gx)
- التأثير: فشل الشحن، قد يتم رفض الجلسات أو السماح بها بدون شحن (يعتمد على التكوين)
- التكوين: تحقق من `diameter.peer_list` لإدخال OCS

انظر: واجهة Gy للقطر لاستكشاف الأخطاء المتعلقة بـ Gy

مشاكل تخصيص IP

المشكلة: استنفاد مجموعة IP

الأعراض:

- "تم رفض طلب إنشاء الجلسة بسبب "لا توجد موارد متاحة
- المقياس: `address_registry_count` يساوي حجم المجموعة المكونة
- `GET /api/sessions` يظهر العديد من الجلسات النشطة؛ `GET /api/ip_pools` يظهر المجموعة عند السعة
- السجلات: "فشل تخصيص IP: المجموعة مستنفدة"

الأسباب المحتملة:

1. المجموعة صغيرة جدًا لقاعدة المشتركين
2. الجلسات لا تطلق IPs (فشل حذف الجلسة)
3. دوران سريع للجلسات بدون تنظيف
4. تسرب عنوان IP

التشخيص:

1. **تحقق من استخدام المجموعة:**

```
# 24/ لمجموعة (254 IPs)
(address_registry_count / 254) * 100
```

2. **تحقق من حجم المجموعة المكونة:**
   - راجع `config/runtime.exs` تحت `ue.subnet_map`
   - مثال: "10.0.0.0/24" = 254 IPs قابلة للاستخدام
3. **قارن عدد الجلسات بعدد IPs:**

```
# يجب أن تكون متساوية تقريبًا
teid_registry_count
address_registry_count
```

4. **راجع الجلسات النشطة:**
   - `GET /api/sessions` و `GET /api/ip_pools/<name>` لاستخدام (كل مجموعة)
   - رتب حسب وقت بدء الجلسة
   - ابحث عن الجلسات القديمة جدًا (تسرب محتمل)

الحل:

فوري (توسيع المجموعة):

1. تحرير `config/runtime.exs` (كل APN من سلاسل **قائمة** يتوافق مع CIDR):

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => ["10.0.0.0/22"]  # 1022 IPs (24/ كا نت
254 = IPs)
    }
  }
```

2. أعد تشغيل OmniPGW
3. تحقق: يمكن الآن إنشاء الجلسات

على المدى الطويل (تنظيف):

1. حدد الجلسات القديمة عبر `GET /api/sessions`
2. تنسيق مع SGW-C لإرسال طلبات حذف الجلسة
3. تنفيذ سياسة مهلة الجلسة على PCRF/SGW
4. راقب `address_registry_count` للتحقق من تحرير المجموعة بعد التنظيف

الوقاية:

- راقب استخدام مجموعة IP مع تنبيهات:
  - تحذير: > 70%
  - حرجة: > 85%
- تحليل الاتجاهات للتنبؤ بالاستنفاد
- تنفيذ مهلة الجلسة غير النشطة
- تدقيقات دورية للجلسات

المشكلة: تعيين عنوان IP مكرر

الأعراض:

- UE يبلغ عن تعارض عنوان IP
- السجلات: تحذير "تم تخصيص IP بالفعل"
- جلستان في `GET /api/sessions` بنفس عنوان IP

الأسباب المحتملة:

1. خطأ برمجي (نادراً)
2. عدم اتساق قاعدة البيانات بعد تعطل
3. خطأ في التدخل اليدوي

التشخيص:

1. **ابحث عن IP عبر واجهة برمجة التطبيقات OAM:**
   - `GET /api/sessions?search=<ip>`
   - تحقق مما إذا كان لدى عدة IMSIs نفس IP
2. **تحقق من السجلات:**

- ابحث عن عنوان IP
- ابحث عن أحداث "تخصيص IP"

الحل:

1. **حدد الجلسات المتأثرة:**
   - لاحظ كلا IMSIs مع عنوان IP المكرر
2. **احذف إحدى الجلسات:**
   - تنسيق مع SGW-C لإرسال طلب حذف الجلسة لأحد IMSI
   - يفضل حذف الجلسة الأحدث
3. **إعادة الاتصال UE:**
   - يجب أن يعيد UE الاتصال تلقائيًا
   - سيحصل على IP فريد جديد
4. **إذا استمرت المشكلة:**
   - أعد تشغيل OmniPGW لإعادة بناء سجل IP
   - ستفقد جميع الجلسات (تنسيق نافذة صيانة)

الوقاية:

- راقب التخصيصات المكررة (لا توجد مقياس مدمج حاليًا)
- تحقق من سلامة قاعدة البيانات بانتظام (إذا كان ذلك ممكنًا)

المشكلة: جلسة IPv6 بدون مجموعة APN على IPv4v6

الأعراض:

- يطلب UE PDN **IPv4v6** ولكن APN المطابق يحتوي فقط على CIDR IPv4 المكون في `ue.subnet_map`
- يظهر APN **طارئ (SOS) IPv4 فقط** (لا يوجد IPv6 في PAA)؛ تظهر السجلات "لا توجد مجموعة APN ...؛ منح IPv6 لـ APN الطارئ فقط IPv4... تحذير مثل
- **رفض** تم APN **عادي**؛ تظهر السجلات خطأ مثل "لا توجد مجموعة APN ...؛ IPv6 لـ رفض طلب IPv4v6"

الأسباب المحتملة:

1. APN لا تحتوي عمدًا على نطاق IPv6 (فقط IPv4 شائع في نشرات)
2. تم حذف CIDR IPv6 من إدخال `ue.subnet_map` لـ APN عن طريق الخطأ

السلوك:

- يبلغ موفر IPv6 أنه لا توجد مجموعة فارغة (لا يتعطل عند وجود مجموعة فارغة).
- APNs الطارئة (اسم يحتوي على `"sos"`) تتدهور إلى IPv4 فقط — يتم الاحتفاظ بعنوان IPv4، ويتم مسح IPv6، ويتم تعيين نوع PDN إلى IPv4، ولا يزال يتم إرجاع P-CSCF في PCO بحيث يعمل تسجيل IMS الطارئ.
- يتم رفض APNs / العادية (لا يوجد تدهور صامت)، مما يظهر الطلب غير المدعوم التكوين غير الصحيح.

الحل:

1. إذا كان ينبغي أن يقدم APN دعمًا مزدوجًا، أضف CIDR IPv6 إلى إدخاله في `ue.subnet_map` وأعد تشغيل OmniPGW.
2. إذا كان سلوك IPv4 طارئ على شبكة APN مثل (فقط IPv4 مقصودًا)، فلا حاجة لاتخاذ أي إجراء.

انظر طلب IPv4v6 عندما لا تحتوي APN على مجموعة IPv6 تخصيص و UE → 4 المشكلة لـ IP.

مرجع سريع

استعلامات بروميثيوس الشائعة

```
# الجلسات النشطة
teid_registry_count

# معدل إعداد الجلسة (لكل ثانية)
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request

# استخدام مجموعة IP (لـ/24 مجموعة)
(address_registry_count / 254) * 100

# زمن إعداد الجلسة P95
histogram_quantile(0.95,
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m]))

# معدل الخطأ
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])

# زمن انتقال PCRF
histogram_quantile(0.95, rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket

# حالة ارتباط PFCP
pfcp_peer_associated
```

فلاتر السجل الشائعة

ابحث عن هذه السلاسل في سجلات المضيف (`journalctl -u omnipgw_c` أو ملف السجل المكون). يوفر `GET /api/session_history[?type=&search=]` للحصول على أحداث دورة حياة الجلسة، نفس المعلومات بشكل منظم.

الفلتر	الغرض
IMSI	العثور على جميع السجلات لمشترك معين
"create_session"	تدفق إنشاء الجلسة
"delete_session"	تدفق إنهاء الجلسة
"Credit Control"	تفاعلات Gx PCRF
"PFCP Session"	برمجة مستوى المستخدم
"error"	جميع رسائل الخطأ
"timeout"	مشاكل المهلة
"Association"	أحداث ارتباط PFCP

أوامر فحص الصحة

```
# تحقق من حالة الخدمة
systemctl status omnipgw_c

# تحقق من صحة واجهة برمجة التطبيقات OAM (HTTPS/TLS)
curl -k https://<omnipgw_ip>:8443/api/status

# تحقق من نقطة نهاية المقاييس
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics

# تحقق من الجلسات النشطة
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep teid_registry_count

# تحقق من ارتباط PFCP
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep pfcp_peer_associated

# تحقق من استخدام مجموعة IP
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep
address_registry_count
```

الوثائق ذات الصلة

- التنبيه، Grafana **دليل المراقبة** - مقاييس بروميثيوس، لوحات
- **دليل التكوين** - مرجع تكوين النظام
- **إدارة الجلسة** - تفاصيل دورة حياة الجلسة
- **واجهة PFCP** - تفاصيل استكشاف الأخطاء المتعلقة بـ PFCP
- **واجهة القطر Gx** - استكشاف أخطاء السياسة Gx
- **واجهة القطر Gy** - استكشاف أخطاء ال��حن Gy
- **QoS** - مشاكل متعلقة بـ **إدارة الحامل** QoS

العودة إلى دليل العمليات

وثائق تخصيص مجموعة عناوين IP للـ UE

إدارة عناوين IP للأجهزة المحمولة

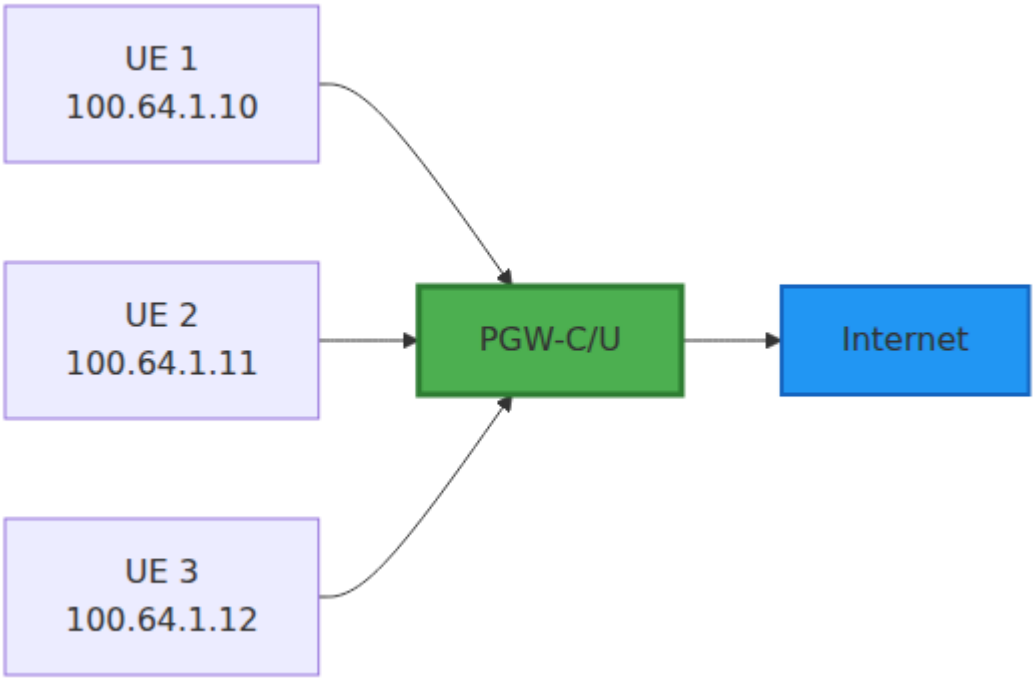
جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. مفاهيم تخصيص IP
3. التكوين
4. عملية التخصيص
5. مواضيع متقدمة
6. المراقبة
7. استكشاف الأخطاء وإصلاحها

نظرة عامة

عندما تقوم بإنشاء اتصالات (معدات المستخدم) UE لأجهزة IP بتخصيص عناوين PGW-C يقوم PDN (شبكة بيانات الحزمة). هذه وظيفة حيوية تمكّن الأجهزة المحمولة من التواصل مع الشبكات الخارجية.

لماذا يعتبر تخصيص IP مهمًا



كل UE يتلقى **عنوان IP** **فريد** من PGW-C الذي:

- يحدد الجهاز على الشبكة
- يوجه حركة المرور من/إلى الجهاز
- يمكّن من فرض الرسوم والسياسات
- يستمر طوال مدة اتصال PDN

إصدارات IP المدعومة

إصدار IP	الدعم	الوصف
IPv4	✅ كامل	عناوين IPv4 القياسية
IPv6	✅ كامل	عناوين IPv6 والبادئات
IPv4v6	✅ كامل	اتصال مزدوج (كل من IPv4 و IPv6)

مفاهيم تخصيص IP

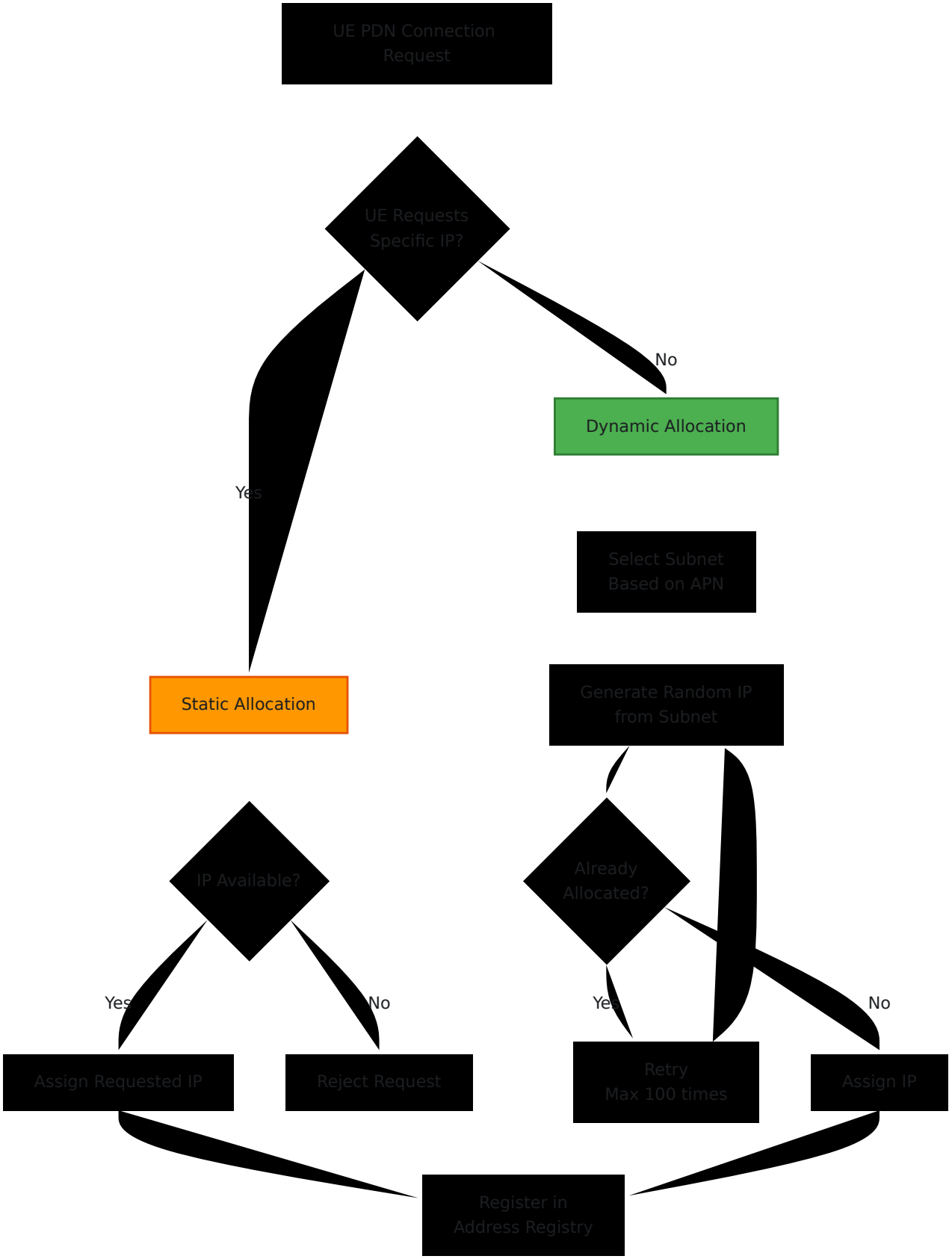
نوع PDN

عندما يطلب UE اتصال PDN، فإنه يحدد **نوع** **PDN**:

نوع PDN	الوصف	العناوين المخصصة
IPv4	اتصال IPv4 فقط	عنوان IPv4 واحد
IPv6	اتصال IPv6 فقط	بادئة IPv6 (مثل /64)
IPv4v6	اتصال مزدوج	كل من عنوان IPv6 وبادئة IPv4

طرق التخصيص

يدعم PGW-C طريقتين لتخصيص IP:



1. التخصيص الديناميكي (الأكثر شيوعًا):

- يقوم PGW-C باختيار IP مسبقًا من مجموعة مكونة
- اختيار عشوائي لتجنب التوقع

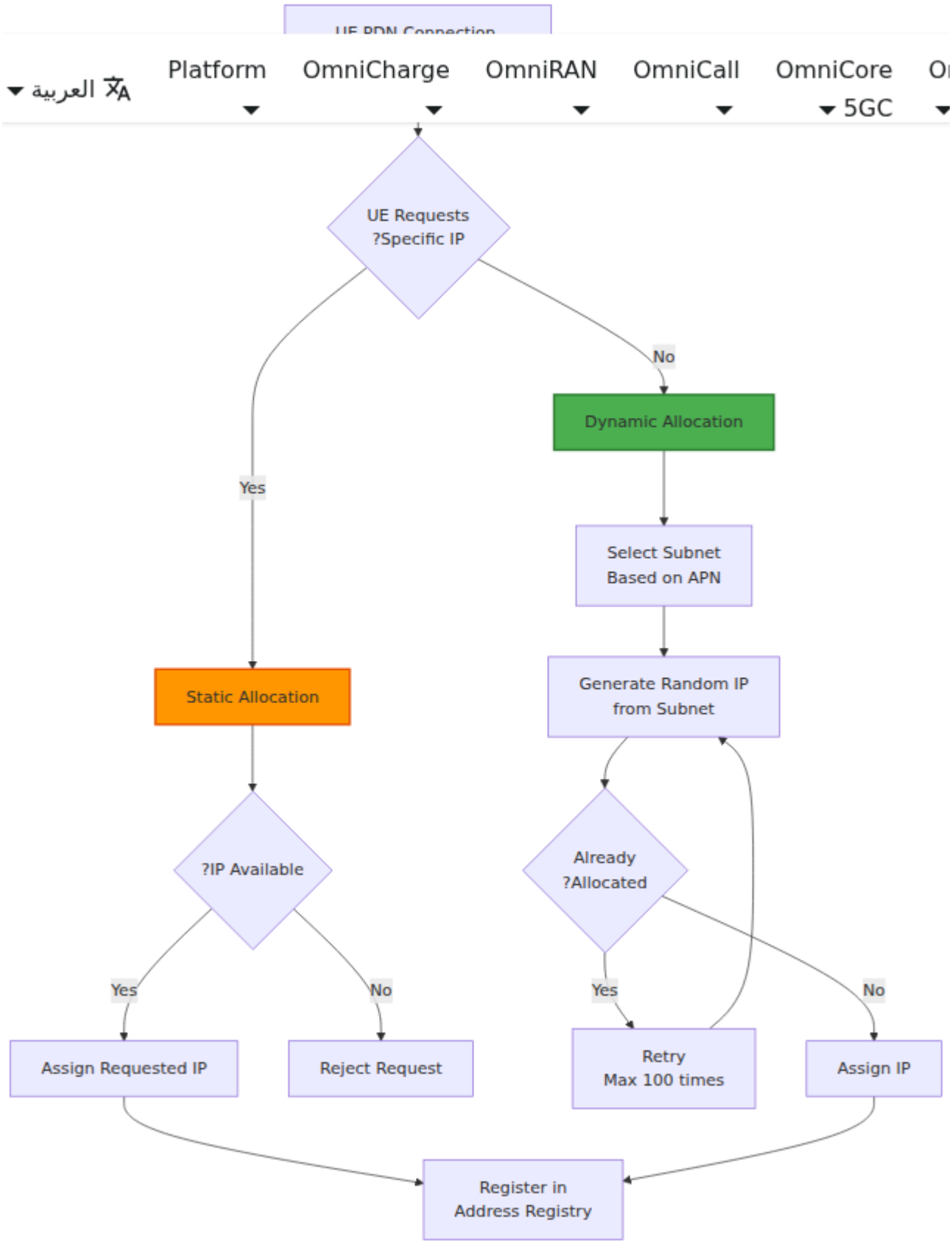
- الكشف عن التصادم يضمن التفرد

2. التخصيص الثابت:

- يطلب UE IP محدد في رسالة GTP-C
- يتحقق PGW-C من التوافر
- ثابت IP مفيد للأجهزة المؤسسية ذات

اختيار الشبكة الفرعية بناءً على APN

يمكن أن تستخدم **APNs (أسماء نقاط الوصول)** مجموعات IP المختلفة:



الفوائد:

- تقوم - **فصل الحركة** APNs المختلفة بتوجيهها إلى شبكات مختلفة
- تطبيق سياسات مختلفة لكل - **تمييز السياسات** APN

- **تخطيط السعة** - تحديد حجم المجموعات بناءً على الاستخدام المتوقع
- **الفوترة** - تتبع الاستخدام حسب نوع الخدمة

سجل العناوين

يتتبع عناوين **سجل ��لعناوين** IP المخصصة:

الوصف	الوظيفة
عملية الجلسة IP UE → PID يربط	**التسجيل**
IP UE العثور على الجلسة بواسطة	**البحث**
عند انتهاء الجلسة IP تحرير	**إلغاء التسجيل**
منع التخصيصات المكررة	**الكشف عن التصادم**

التكوين

التكوين الأساسي

قم بتحرير `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # تستخدم APN "internet" شبكتين فرعيتين
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24",    # 254 IPs قابلة للاستخدام
        "100.64.2.0/24"     # 254 IPs قابلة للاستخدام
      ],

      # تستخدم APN "ims" شبكة فرعية واحدة
      "ims" => [
        "100.64.10.0/24"
      ],

      # غير المعروفة APNs مجموعة افتراضية لـ
      default: [
        "42.42.42.0/24"
      ]
    }
  }
```

مطابقة نمط Regex لـ APNs

في نفس مجموعة الشبكة الفرعية، يمكنك APNs في السيناريوهات التي تشترك فيها عدة APN wildcard. الدقيقة. هذا مفيد لمطابقة APN بدلاً من أسماء **regex** استخدام **أنماط**

قواعد النمط:

- regex المفاتيح التي تبدأ بـ `^` تُعتبر أنماط
- المفاتيح التي لا تحتوي على `^` تتطابق بدقة (متوافقة مع الإصدارات السابقة)
- يتم تقييم الأنماط بالترتيب - أول تطابق يفوز
- إذا لم يتطابق أي نمط `default` يتم الرجوع إلى

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # Regex: APNs التي تبدأ بـ "ims" (مثل "ims"، "ims.apn"،
"ims.something.else")
      "^ims" => [
        "100.64.10.0/24"
      ],

      # Regex: APNs التي تبدأ بـ "m2m." (مثل "m2m.test"،
"m2m.prod")
      "^m2m\." => [
        "100.64.20.0/24"
      ],

      # تطابق دقيق فقط - "enterprise.corp" بالضبط
      "enterprise.corp" => [
        "10.100.0.0/16"
      ],

      # مجموعة افتراضية لـ APNs غير المتطابقة
      default: [
        "42.42.42.0/24"
      ]
    }
  }
```

ملاحظات مهمة:

- تستخدم أنماط regex بناءً على بناء جملة regex القياسي لـ Elixir/Erlang
- يجب هروب الشرطات في سلاسل Elixir (لـ `\` استخدم `\\`)
- `^` في البداية مطلوب للإشارة إلى نمط regex
- يمكن خلط المطابقات الدقيقة وأنماط regex في نفس التكوين
- ضع الأنماط الأكثر تحديدًا أولاً - الترتيب مهم لأنماط regex

أمثلة شائعة على الأنماط:

نوع النمط	مفتاح Regex	المطابقات
يبدأ بـ	`"^ims"`	`ims`، `ims.apn`، `ims.anything`
ينتهي بـ	`"^.*\.corp$"`	`foo.corp`، `bar.corp`
يحتوي على	`"^.*test.*"`	`test`، `foo.test.bar`، `testing`
مطابق دقيق (مع النقاط)	`"^internet\.apn$"`	`internet.apn` فقط

مثال على المطابقة باللاحقة:

للمطابقة مع APNs التي تنتهي بلاحقة معينة (مثل `.corp`)، استخدم `^.*\.suffix$`:

```
subnet_map: %{
  # مطابقة APNs التي تنتهي بـ ".corp"
  "^.*\.corp$" => ["10.100.0.0/16"],

  # مطابقة APNs التي تنتهي بـ ".iot"
  "^.*\.iot$" => ["10.200.0.0/16"],

  default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

مثال على مطابقة الأنماط:

طلب APN	المفتاح المطابق	المجموعة المستخدمة
`ims`	`^ims`	100.64.10.0/24
`ims.apn`	`^ims`	100.64.10.0/24
`ims.something.else`	`^ims`	100.64.10.0/24
`m2m.test`	`^m2m\.`	100.64.20.0/24
`m2m`	*default*	42.42.42.0/24
`enterprise.corp`	`enterprise.corp`	10.100.0.0/16
`foo.corp`	`^.*\.corp$`	10.100.0.0/16
`unknown.apn`	*default*	42.42.42.0/24

تدوين الشبكة الفرعية

تدوين CIDR: `<network>/<prefix_length>`

CIDR	IPs القابلة للاستخدام	نطاق المثال
/24	254	100.64.1.1 - 100.64.1.254
/23	510	100.64.0.1 - 100.64.1.254
/22	1022	100.64.0.1 - 100.64.3.254
/20	4094	100.64.0.1 - 100.64.15.254
/16	65534	100.64.0.1 - 100.64.255.254

ملاحظات:

- عنوان الشبكة (مثل 100.64.1.0) غير مخصص
- عنوان البث (مثل 100.64.1.255) غير مخصص
- يقوم PGW-C بالتخصيص من `<network> + 1` إلى `<broadcast> - 1`

شبكات فرعية متعددة لكل APN

توازن الحمل عبر الشبكات الفرعية:

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24",
        "100.64.2.0/24",
        "100.64.3.0/24",
        "100.64.4.0/24"
      ]
    }
  }
```

طريقة الاختيار:

- يقوم PGW-C باختيار شبكة فرعية عشوائية من القائمة
- يوفر توازن حمل أساسي
- تختار كل جلسة شبكة فرعية بشكل مستقل

الفوائد:

- توزيع الحمل عبر شبكات فرعية متعددة
- توسيع السعة بسهولة (إضافة شبكات فرعية جديدة)
- مرونة لسياسات التوجيه

مثال من العالم الحقيقي

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # الوصول العام إلى الإنترنت
      "internet" => [
        "100.64.0.0/20"     # 4094 IPs للاستخدام العام
      ],

      # IMS (الصوت عبر LTE)
      "ims" => [
        "100.64.16.0/22"    # 1022 IPs لـ IMS
      ],

      # APN المؤسسي
      "enterprise.corp" => [
        "10.100.0.0/16"     # 65534 IPs للمؤسسات
      ],

      # أجهزة IoT (معدل بت منخفض)
      "iot.m2m" => [
        "100.64.20.0/22"    # 1022 IPs لـ IoT
      ],

      # افتراضي احتياطي
      default: [
        "42.42.42.0/24"     # 254 IPs لـ APNs غير المعروفة
      ]
    }
  }
```

تكوين IPv6

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        # مجموعات IPv4
        "100.64.1.0/24"
      ],
      "internet.ipv6" => [
        # مجموعات IPv6 (تفويض البادئة)
        "2001:db8:1::/48"
      ],
      default: [
        "42.42.42.0/24"
      ]
    }
  }
```

تفويض بادئة IPv6:

- عادة ما يتلقى UE 64/ بادئة
- يسمح لـ UE بتخصيص عدة IPs (مثل، للتوصيل)
- مثال: يتلقى UE `2001:db8:1:a::/64`

تكوين مزدوج (IPv4v6)

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24",        # مجموعة IPv4
        "2001:db8:1::/48"       # مجموعة IPv6 (ستستخدم لـتخصيص
IPv6)
      ]
    }
  }
```

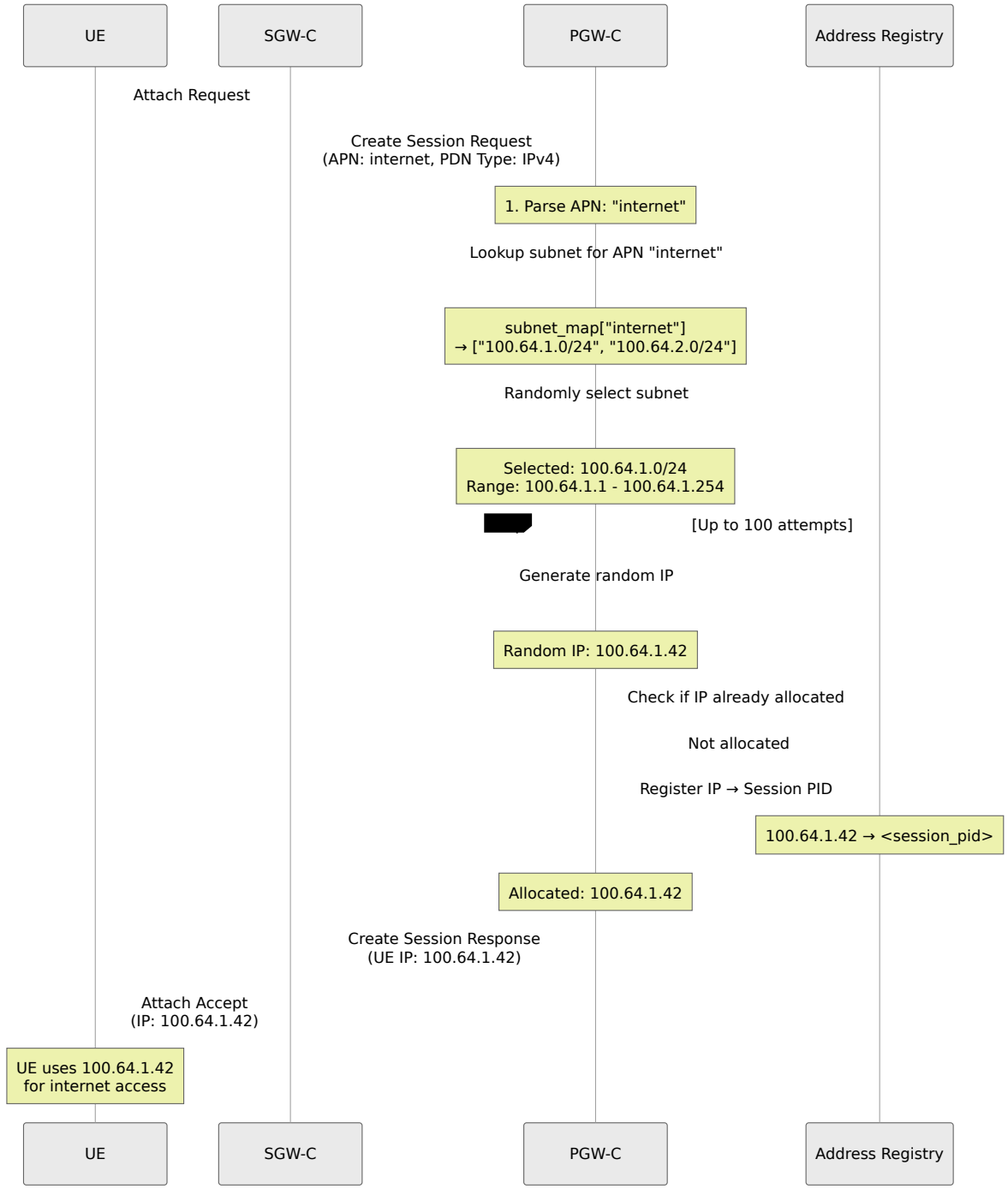
تخصيص مزدوج:

- يطلب UE نوع PDN: IPv4v6
- يقوم PGW-C بتخصيص كل من عنوان IPv4 وبادئة IPv6
- كلا العنوانين نشطين في نفس الوقت

عملية التخصيص

يحدث تخصيص IP أثناء إنشاء الجلسة عندما يتلقى PGW-C طلب إنشاء جلسة عبر واجهة S5/S8.
راجع واجهة S5/S8 للحصول على تفاصيل رسالة GTP-C لدورة حياة الجلسة و إدارة الجلسات.

الديناميكي IPv4 خطوة بخطوة: تخصيص



كيف يعمل

عملية التخصيص الديناميكي:

1. **بحث الشبكة الفرعية:** يسترجع ا��نظام الشبكات الفرعية المكونة مسبقًا لـ APN المطلوب
2. **الاختيار العشوائي:** يتم اختيار شبكة فرعية واحدة عشوائيًا من القائمة المتاحة

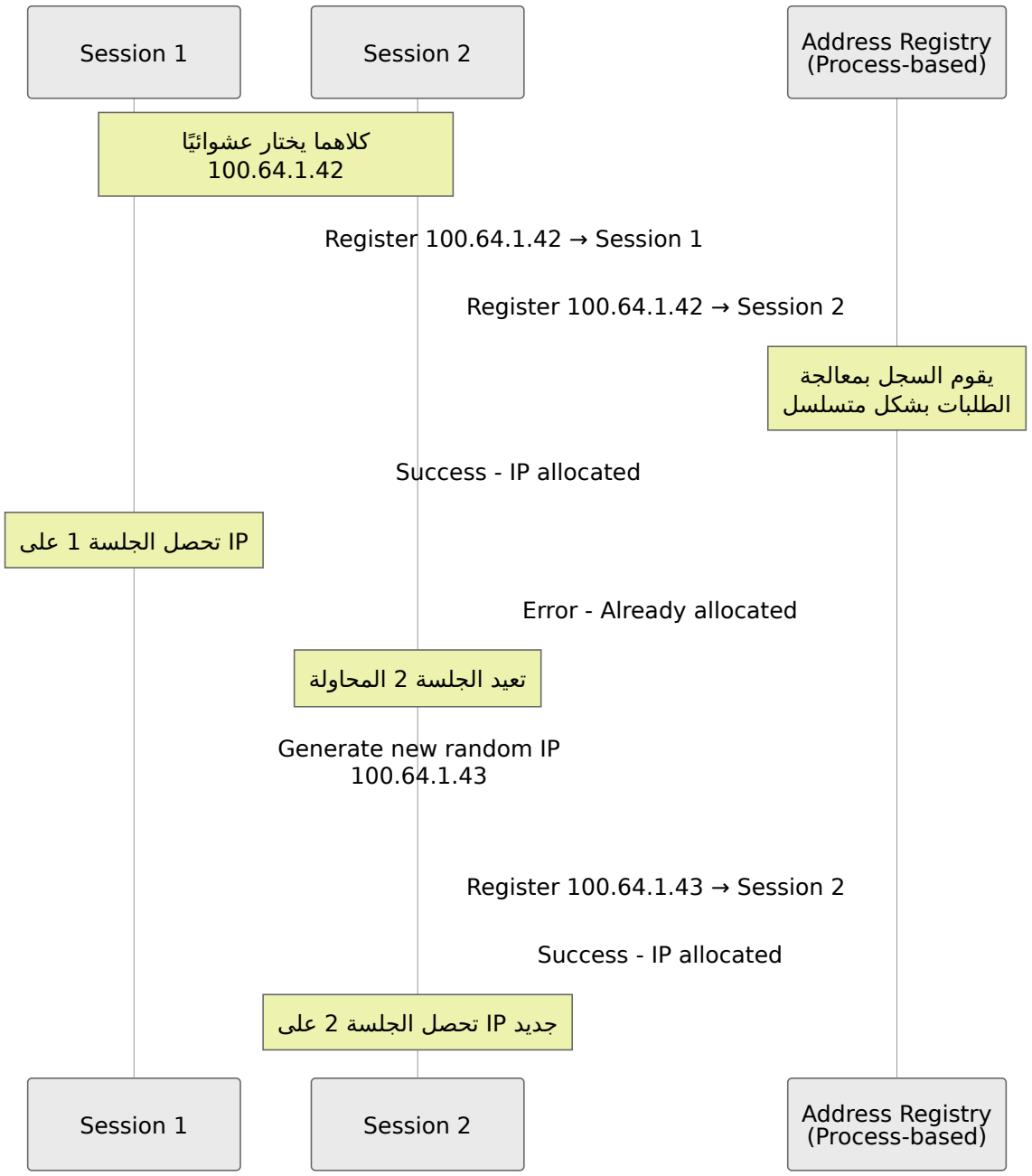
3. **توليد IP:** يتم توليد IP عشوائي ضمن نطاق الشبكة الفرعية
4. **التحقق من التفرد:** يتحقق النظام من أن IP لم يتم تخصيصه
5. **منطق إعادة المحاولة:** إذا تم الكشف عن تصادم، يتم إعادة المحاولة حتى 100 مرة مع IP عشوائي جديد
6. **التسجيل:** بمجرد العثور على IP فريد، يتم تسجيله للجلسة

نقاط التصميم الرئيسية:

- **حد أقصى 100 محاولة:** يمنع الحلقات اللانهائية عندما تكون المجموعة شبه مستنفدة
- **الاختيار العشوائي:** يتجنب أنماط تخصيص IP المتوقعة لأغراض الأمان
- **العمليات الذرية:** يضمن سجل قائم على العمليات عدم تخصيصات مكررة
- **الرجوع إلى الافتراضي:** إذا لم يتم العثور على APN في التكوين، يستخدم المجموعة الافتراضية

معالجة التصادم

السيناريو: تحاول جلستان تخصيص نفس IP في نفس الوقت



كيف تعمل منع التصادم:

- يقوم السجل بمعالجة الطلبات واحدة تلو الأخرى (مسلسل)
- لا توجد ظروف سباق ممكنة
- ينجح الطلب الأول لتسجيل IP
- يتم رفض الطلبات اللاحقة لنفس IP
- تعيد الجلسات المرفوضة المحاولة تلقائيًا مع IP عشوائي جديد

الرجوع إلى الشبكة ال��رعية الافتراضية

السيناريو: يطلب UE APN غير معروف

مثال على التكوين:

```
# التكوين
subnet_map: %{
  "internet" => ["100.64.1.0/24"],
  default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

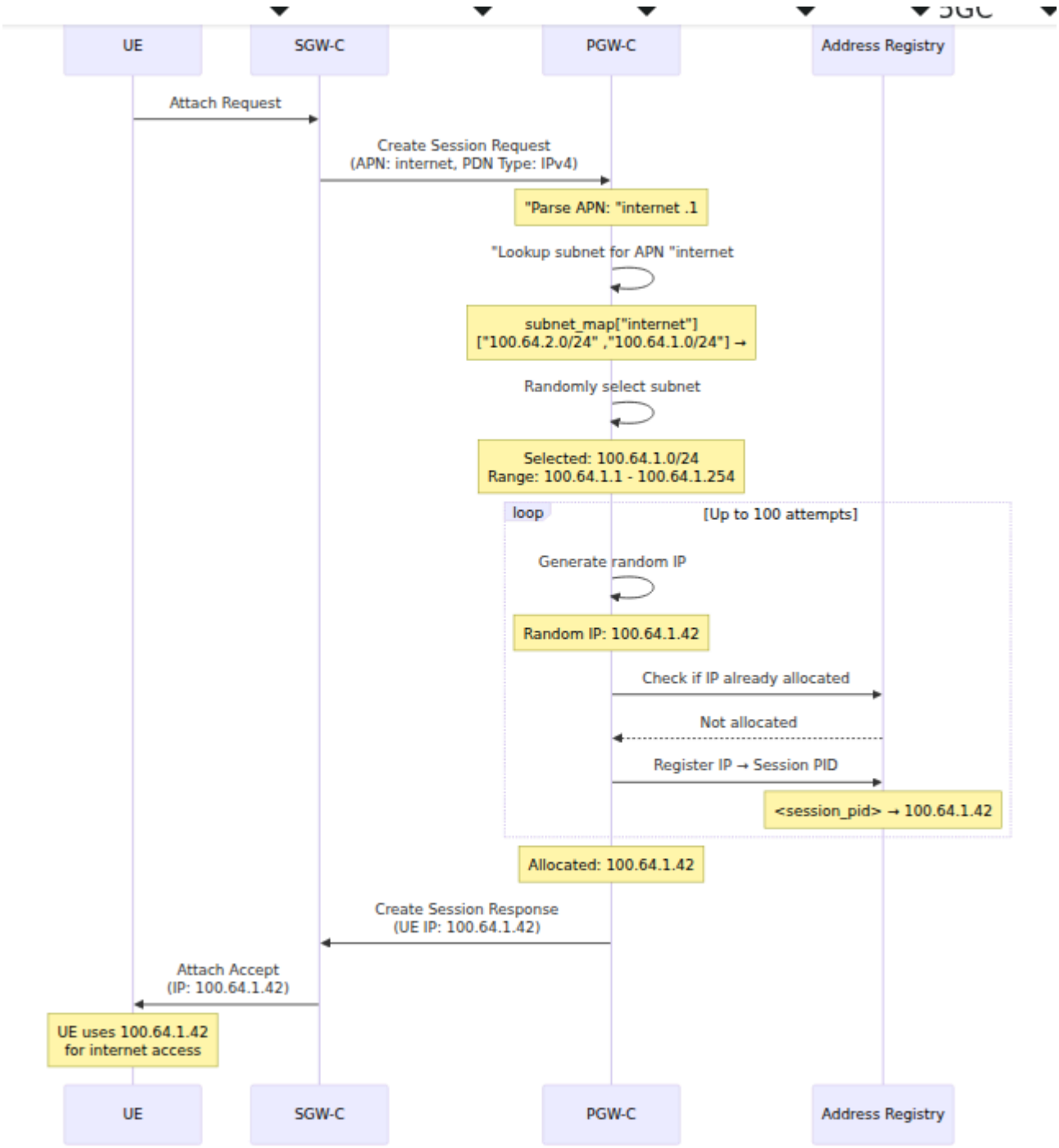
السلوك:

- يطلب UE APN: "unknown.apn"
- يبحث النظام عن "unknown.apn" في subnet_map
- لم يتم العثور عليه، لذا يتم الرجوع إلى المجموعة الافتراضية
- يتم تخصيص IP من 42.42.42.0/24

منطق الرجوع:

1. أولاً، حاول العثور على مجموعة خاصة بـ APN في التكوين
2. إذا لم يتم العثور عليها، استخدم مجموعة `default`
3. إذا لم يتم تكوين افتراضي، تفشل التخصيص

إلغاء التخصيص عند إنهاء الجلسة



تنظيف تلقائي:

- عند إنهاء عملية الجلسة، يقوم السجل بالتنظيف
- يصبح IP متاحًا على الفور للتخصيصات الجديدة
- لا حاجة لتدخل يدوي

مواضيع متقدمة

استنفاد المجموعة

السيناريو: تم تخصيص جميع عناوين IP في المجموعة

```
المجموعة: 100.64.1.0/24 (254 IPs قابلة للاستخدام)
المخصصة: 254 IPs
استنفاد → يصل طلب جديد
```

ماذا يحدث:

1. إجراء 100 تخصيص عشوائي يحاول PGW-C
2. تجد جميع المحاولات أن IP مخصص بالفعل
3. تعيد: `{:error, :ue_ip_address_allocation_failed}`
4. تفشل إقامة الجلسة
5. يتلقى SGW-C استجابة خطأ

الوقاية:

```
# مراقبة استخدام المجموعة
address_registry_count / total_pool_size > 0.8  # 80 عند تنبيه%

# توسيع المجموعة قبل الاستنفاد
"internet" => [
  "100.64.1.0/24",
  "100.64.2.0/24",  # إضافة شبكة فرعية إضافية
  "100.64.3.0/24"
]
```

تخصيص IP ثابت

حالة الاستخدام: يح��اج الجهاز المؤسسي إلى IP ثابت

تنسيق رسالة GTP-C:

```
طلب إنشاء جلسة
├── IMSI: 310260123456789
├── APN: enterprise.corp
├── تخصيص عنوان PDN (IE)
│   └── نوع PDN: IPv4
│   └── عنوان IPv4: 10.100.0.50  ← محدد IP يطلب UE
```

معالجة OmniPGW:

1. **استخراج IP المطلوب:** تحليل IE تخصيص عنوان PDN من الطلب
2. **التحقق من IP:** تحقق مما إذا كان IP المطلوب في المجموعة المكونة مسبقًا لهذا APN
3. **التحقق من التوافر:** تحقق من أن IP ليس مخصصًا بالفعل لجلسة أخرى
4. **تخصيص أو رفض:**
   - إذا كان متاحًا: تخصيص IP المطلوب لهذه الجلسة
   - إذا لم يكن متاحًا: رفض الجلسة مع رمز سبب مناسب

النتائج المحتملة:

- **نجاح:** يتلقى UE عنوان IP بالضبط الذي طلبه
- **فشل (IP قيد الاستخدام):** تم رفض الجلسة - IP مخصص بالفعل
- **فشل (IP ليس في المجموعة):** تم رفض الجلسة - IP ليس في النطاق المكون مسبقًا

تفويض بادئة IPv6

يطلب UE IPv6:

```
طلب إنشاء جلسة
├── نوع PDN: IPv6
```

يقوم PGW-C 64/ بتخصيص بادئة:

```
2001 :البادئة المخصصة:db8:1:a::/64

يمكن لـ UE استخدام:
- 2001:db8:1:a::1
- 2001:db8:1:a::2
- ... (كوينتيليون عنوان 18)
```

الفوائد:

- يمكن لـ UE تخصيص عدة IPs (مثل، للتوصيل)
- يدعم SLAAC (تكوين العنوان بدون حالة)
- يقضي على الحاجة إلى NAT

تخصيص مزدوج

يطلب UE IPv4v6:

```
طلب إنشاء جلسة
├── نوع PDN: IPv4v6
```

يقوم PGW-C بتخصيص كليهما:

```
IPv4: 100.64.1.42
IPv6: 2001:db8:1:a::/64
```

معالجة الحركة:

- عنوان IPv4 تستخدم حركة IPv4
- بادئة IPv6 تستخدم حركة IPv6
- كلاهما نشط في نفس الوقت
- أنفاق GTP (أو نفق مزدوج) منفصلة

عندما لا تحتوي APN على مجموعة IPv6:

إذا تم طلب PDN من نوع IPv4v6 ولكن APN المطابق يحتوي فقط على CIDR IPv4 (لا يوجد نطاق IPv6)، فإن مُخصص IPv6 يُرجع `{:error, :no_ipv6_pool}` بدلاً من التعطل، وتقرر

عملية الجلسة حسب نوع APN:

نوع APN	النتيجة
APN الطارئ (SOS) (الاسم يحتوي على `"sos"`)	**التحول إلى IPv4** الاحتفاظ بعنوان IPv4، مسح عنوان IPv4 المتفاوض عليه إلى PDN وتعيين نوع IPv6، تخرج PAA و PFCP. **فقط** حتى يمكن PCO في P-CSCF فقط، ولا يزال يتم إرجاع IPv4 جميعها Gx حاملة عنوان (TS 29.274 / TS 23.401) متابعة تسجيل IMS الطارئ واحدة / تخفيض نوع PDN).
APN العادي	**رفض** — لا يتم تخفيض الطلب بصمت؛ يتم عرض التكوين الخاطئ (أو الطلب غير المدعوم).

أيضًا. راجع طلب IPv6 بدون مجموعة APN فقط ضد IPv6 تُرفض الطلبات التي تحتوي على للحصول على IPv6 / Dual-Stack في دليل IPv6 على مجموعة APN عندما لا تحتوي IPv4v6 جدول السلوك الكامل.

الخاصة مقابل العامة IP عناوين

مجموعات IP الخاصة (RFC 1918):

```
# غير قابلة للتوجيه على الإنترنت العامة
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "10.0.0.0/8",
    "172.16.0.0/12",
    "192.168.0.0/16"
  ]
}
```

تتطلب NAT في PGW-U للوصول إلى الإنترنت

مجموعات IP العامة:

```
# عناوين IP (مثال فقط) عامة قابلة للتوجيه
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "203.0.113.0/24"  # كتلة IP العامة
  ]
}
```

لا تتطلب NAT - توجيه مباشر إلى الإنترنت

التوصية:

- استخدم **عناوين خاصة (RFC 6598)**: `100.64.0.0/10` (من الدرجة الناقلة NAT)
- احتفظ بالعناوين العامة للخدمات الخاصة فقط

المراقبة

إدارة مجموعة IP

يتم مراقبة تخصيص واستخدام مجموعة IP من خلال واجهة OAM REST API (HTTPS/TLS على المنفذ `8443`، المسارات تحت البادئة `/api`). الوثائق التفاعلية (Swagger UI) متاحة على `https://<omnipgw-ip>:8443/api/docs`.

```
GET /api/ip_pools            # جميع المجموعات + الاستخدام
GET /api/ip_pools/<name>     # مجموعة واحدة بالاسم
```

مثال:

```
curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/ip_pools
curl -k https://<omnipgw-ip>:8443/api/ip_pools/Internet
```

معلومات لكل مجموعة تُرجع لكل مجموعة مكونة مسبقًا:

الحقل	الوصف
الاسم	معرف المجموعة / APN (مثل "default"، "ims.something.else"، "Internet")
الإجمالي	عدد IPs في المجموعة
المستخدم	IPs المخصصة حاليًا
المتبقي	IPs المتبقية المتاحة للتخصيص
نسبة الاستخدام %	النسبة المئوية من المجموعة المخصصة حاليًا

حالات الاستخدام:

- تحقق سريع من السعة قبل الصيانة
- تحديد المجموعات التي تقترب من الاستنفاد
- التحقق من تكوين المجموعة
- مراقبة أنماط التخصيص حسب APN

المقاييس الرئيسية

عدد سجل العناوين:

```
# IPs الحالية المخصصة
address_registry_count

# (يتطلب حساب) استخدام المجموعة
address_registry_count / <total_pool_size> * 100
```

مثال:

```
100.64.1.0/24 :المجموعة (254 IPs)
150 :المخصصة IPs
59 = 254 / 150 :الاستخدام%
```

التنبيهات

```
# تنبيه على استخدام المجموعة العالية
- alert: UEIPPoolUtilizationHigh
  expr: address_registry_count > 200  # 24/ لمجموعة
  for: 10m
  annotations:
    summary: "استخدام مجموعة UE IP 80 فوق%"
    description: "الحالية: {{ $value }} / 254 IPs مخصصة"

# تنبيه على استنفاد المجموعة
- alert: UEIPPoolExhausted
  expr: address_registry_count >= 254  # 24/ لمجموعة
  for: 1m
  annotations:
    summary: "استنفاد مجموعة UE IP - لا توجد IPs متاحة"

# تنبيه على فشل التخصيص
- alert: UEIPAllocationFailures
  expr: rate(ue_ip_allocation_failures_total[5m]) > 0
  for: 5m
  annotations:
    summary: "حدوث فشل في تخصيص UE IP"
```

لوحة معلومات Grafana

لوحة 1: استخدام مجموعة IP

```
# مقياس يظهر النسبة المئوية
(address_registry_count / 254) * 100
```

لوحة 2: IPs المخصصة على مر الزمن

```
# سلسلة زمنية
address_registry_count
```

لوحة 3: معدل التخصيص

```
# معدل التخصيصات الجديدة
rate(address_registry_count[5m])
```

لوحة 4: خطر استنفاد المجموعة

```
# الأيام المتبقية حتى الاستنفاد (استنادًا إلى المعدل الحالي)
(254 - address_registry_count) / rate(address_registry_count[1h])
```

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

المشكلة 1: فشل إقامة الجلسة (لا توجد IP متاحة)

أعراض:

- استجابة إنشاء الجلسة: السبب "تم رفض الطلب"
- السجل: "فشل تخصيص عنوان UE IP"

الأسباب المحتملة:

1. **استنفاد المجموعة**

   ```
   # تحقق من التخصيص الحالي
   curl http://<pgw_c_ip>:42069/metrics | grep
   address_registry_count
   ```

2. **خطأ في التكوين**

```
# تحقق من تكوين الشبكة الفرعية
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24"  # تأكد من صالح CIDR
      ]
    }
  }
```

3. **خطأ في تكوين APN**

```
# إذا لم يتم العثور على APN، يتم الرجوع إلى الافتراضي
# تأكد من وجود مجموعة افتراضية
subnet_map: %{
  default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

الحل:

- **توسيع المجموعة:** إضافة المزيد من الشبكات الفرعية
- **تنظيف الجلسات القديمة:** إعادة تشغيل PGW-C لتحرير IPs المسربة
- **التحقق من التكوين:** تحقق من `runtime.exs` للكتابات الخاطئة

المشكلة 2: تصادم عنوان IP

الأعراض:

- يحصل جهازان على نفس IP (نادراً جداً)
- مشاكل في التوجيه

السبب:

- خطأ في سجل العناوين (يجب ألا يحدث)

التصحيح:

```
# تحقق من عناوين IP المكررة في السجلات
grep "already_registered" /var/log/pgw_c.log
```

الحل:

- يجب أن تتصحيح نفسها (تعيد الجلسة الثانية المحاولة)
- إذا استمرت، أبلغ عن خطأ

المشكلة 3: استخدام مجموعة IP خاطئة

الأعراض:

- يحصل UE على IP من شبكة فرعية غير متوقعة
- تحصل APN "internet" على IP من مجموعة "ims"

السبب:

- تكوين subnet_map غير صحيح

التحقق:

```
# تحقق من المطابقة الدقيقة لسلسلة APN
subnet_map: %{
  "internet" => [...],    # حساسية الحالة
  "Internet" => [...]     # APN مختلف!
}
```

الحل:

- تأكد من مطابقة أسماء APN بدقة (حساسية الحالة)
- استخدم المجموعة الافتراضية كحل شامل

المشكلة 4: فشل تخصيص IPv6

الأعراض:

- يطلب UE IPv6، يتلقى خطأ

- يطلب UE PDN **IPv4v6** ضد APN بدون نطاق IPv6 وي either يحصل على جلسة (APN عادي) أو يتم **رفض** الجلسة (APN SOS) **فقط IPv4**

الأسباب المحتملة:

1. **مكونة مسبقًا IPv6 لا توجد مجموعة**

```
# مجموعات IPv6 مفقودة
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "100.64.1.0/24"  # فقط IPv4
  ]
}
```

2. **غير صالحة IPv6 بادئة**

```
# بادئة صغيرة جدًا (يجب أن تكون /48 أو أكبر)
"internet" => [
  "2001:db8::/128"  # خاطئ - لا يوجد مجال للتخصيص
]
```

IPv4v6 بدون مجموعة IPv6 (التحول مقابل الرفض):

عندما يضرب طلب **IPv4v6** APN بدون نطاق IPv6، فإن `register_new_ipv6/1` يرجع `{:error, :no_ipv6_pool}` (لا يتعطل **). ثم:

- **APN الطارئ (SOS)** (الاسم يحتوي على `"sos"`): يتحول إلى **IPv4 — فقط** IPv4، المتفاوض عليه إلى PDN ويعين نوع IPv6، يمسح عنوان IPv4، يخصص عنوان P-CSCF في PCO. ولا يزال يرجع. يتم تسجيله كتحذير.
- **APN العادي**: **يرفض** مع `{:error, :no_ipv6_pool}` — لا يوجد تخفيض صامت. يتم تسجيله كخطأ.

راجع طلب IPv4v6 على مجموعة APN عندما لا تحتوي IPv6.

الحل:

```
# إضافة مجموعة IPv6 (لـــ APN عادي يجب أن تقدم مزدوجة)
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "100.64.1.0/24",
    "2001:db8:1::/48"  # مجموعة IPv6
  ]
}
```

فقط هو متعمد — IPv4 فقط، فإن التحول إلى IPv4 في نشر (SOS) الطارئ APN بالنسبة لـ أضف CIDR IPv6 فقط إذا كانت PDNs SOS يجب أن تكون مزدوجة.

المشكلة 5: استخدام مجموعة عالية

الأعراض:

- الاقتراب من استنفاد المجموعة
- `address_registry_count` يقترب من الحد الأقصى

التدابير الاستباقية:

1. **إضافة الشبكات الفرعية:**

```
"internet" => [
  "100.64.1.0/24",   # القائم
  "100.64.2.0/24",   # شبكة فرعية جديدة (254 تضيف IPs)
  "100.64.3.0/24"    # شبكة فرعية جديدة (254 تضيف IPs)
]
```

2. **استخدام شبكات فرعية أكبر:**

```
# 22/ بـــ 24/ استبدال
"internet" => [
  "100.64.0.0/22"  # 1022 IPs قابلة للاستخدام
]
```

3. **تنظيف الجلسات:**
    - مراقبة الجلسات القديمة

- ضمان معالجة طلب حذف الجلسة بشكل صحيح

أفضل الممارسات

تخطيط السعة

احسب حجم المجموعة المطلوب:

```
عدد المستخدمين المتزامنين المتوقع: 10,000
ذروة التزامن: 30% (3,000 جلسة متزامنة)
هامش النمو: 50%
IPs المطلوب: 3,000 * 1.5 = 4,500 IP

/20 الشبكة الفرعية: صغيرة جدًا - (قابلة للاستخدام 4,094 IPs)
/19 الشبكة الفرعية: كافية - (قابلة للاستخدام 8,190 IPs)
```

اختيار الشبكة الفرعية

موصى به:

- استخدم `100.64.0.0/10` (RFC 6598 - NAT من الدرجة الناقلة)
- يوفر 4 ملايين IP
- محجوز لـ NAT لمزود الخدمة

تجنب:

- عناوين IP العامة (مكلفة، محدودة)
- نطاقات خاصة شائعة تتعارض مع VPNs المؤسسية

تخطيط التكوين

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # APN الإنترنت الرئيسي - مجموعة كبيرة
      "internet" => [
        "100.64.0.0/18"  # 16,382 IPs
      ],

      # IMS - مجموعة مخصصة أصغر
      "ims" => [
        "100.64.64.0/22"  # 1,022 IPs
      ],

      # APN المؤسسي
      "enterprise.corp" => [
        "100.64.68.0/22"  # 1,022 IPs
      ],

      # IoT - مجموعة كبيرة للعديد من الأجهزة
      "iot.m2m" => [
        "100.64.72.0/20"  # 4,094 IPs
      ],

      # افتراضي - احتياطي صغير
      default: [
        "100.64.127.0/24"  # 254 IPs
      ]
    }
  }
```

الوثائق ذات الصلة

التكوين

- رسم خرائط الشبكة الفرعية لـ APN، للـ UE IP - **دليل التكوين** تكوين مجموعة
- **تكوين PCO** - DNS، P-CSCF، MTU المقدم مع عنوان IP

- **إدارة الجلسات** - دورة حياة الجلسة، تخصيص IP أثناء إعداد PDN
- **واجهة PFCP** - تخصيص عنوان UE عبر PFCP إلى UPF

تخطيط الشبكة

- **واجهة S5/S8** - تسليم عنوان IP عبر GTP-C
- **واجهة Diameter Gx** - التحكم في السياسة لتخصيص IP

العمليات

- **دليل المراقبة** - مقاييس استخدام مجموعة IP، تتبع التخصيص
- **للبيانات** - عناوين IP لـ UE في CDRs لتتبع الفوترة **نسيق CDR**

العودة إلى دليل العمليات