# دليل عمليات OmniPGW

**OmniPGW - وحدة التحكم في بوابة الحزمة (PGW-C)**

*بواسطة خدمات شبكة أومنيتوتش*

---

## جدول المحتويات


1. نظرة عامة
2. الهندسة المعمارية
3. واجهات الشبكة
4. المفاهيم الأساسية
5. البدء
6. التكوين
7. واجهة الويب - لوحة عمليات الوقت الحقيقي
8. المراقبة والقياسات
9. التوثيق التفصيلي
10. الموارد الإضافية
11. المساهمة
12. الدعم


---

## نظرة عامة

**OmniPGW** هو تنفيذ عالي الأداء لوحدة التحكم في بوابة الحزمة (PGW-C) لشبكات 3GPP LTE Evolved Packet Core (EPC)، تم تطويره بواسطة خدمات شبكة أومنيتوتش. يدير وظائف التحكم في جلسات البيانات، بما في ذلك:

- **إدارة الجلسات** - إنشاء وتعديل وإنهاء جلسات بيانات UE (جهاز المستخدم)
- **تخصيص عنوان IP** - تخصيص عناوين IP للأجهزة المحمولة من برك مكونة
- **التحكم في السياسات والفوترة** - التفاعل مع PCRF لفرض السياسات والفوترة
- **تنسيق مستوى المستخدم** - التحكم في PGW-U (مستوى المستخدم) لتمرير الحزم

### ماذا تفعل PGW-C

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

---

# الهندسة المعمارية

## نظرة عامة على المكونات

### هندسة العمليات

PGW-C مبني على Elixir/OTP ويستخدم هندسة عمليات مشرفة:

- **مشرف التطبيق** - مشرف أعلى يدير جميع المكونات
- **وسطاء البروتوكول** - يتعاملون مع الرسائل البروتوكول الواردة/الصادرة
- **عمليات الجلسة** - واحدة GenServer لكل اتصال PDN نشط
- **السجلات** - تتبع الموارد المخصصة (عناوين SEIDs، TEIDs، IP، إلخ)
- **مدير عقدة PFCP** - يحافظ على ارتباطات PFCP مع أقران PGW-U

كل مكون يتم الإشراف عليه وسيت restart تلقائيًا عند الفشل، مما يضمن موثوقية النظام.

---

# واجهات الشبكة

PGW-C ينفذ ثلاث واجهات 3GPP الأساسية:

## واجهة S5/S8 (GTP-C v2)

**الغرض:** إشارات مستوى التحكم بين SGW-C و PGW-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:** إشارات مستوى التحكم بين PGW-C و PGW-U

**البروتوكول:** PFCP (بروتوكول التحكم في تمرير 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 توثيق 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 توثيق واجهة Diameter Gx

---

## المفاهيم الأساسية

### جلسة PDN

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

•**عنوان IP لـ UE** - مخصص من بركة الشبكة المكونة
•**APN** (اسم نقطة الوصول) - يحدد الشبكة الخارجية
•**سياق الحامل** - يحتوي على معلمات QoS ومعلومات النفق
•**ID الفوترة** - 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 تدفقًا مروريًا بخصائص QoS محددة:

•**الحامل الافتراضي** - يت�ء إنشاؤه مع كل جلسة PDN
•**الحوامل المخصصة** - حوامل إضافية لاحتياجات QoS محددة
•**EBI** (معرف حامل EPS) - معرف فريد لكل حامل
•**معلمات QoS** - QCI، ARP، معدلات البيانات (GBR، MBR)

### قواعد PFCP

تقوم PGW-C ببرمجة PGW-U بقواعد معالجة الحزم:

•**PDR** (قاعدة كشف الحزمة) - تطابق الحزم (الرفع/الخفض)

- **FAR** (قاعدة إجراء التمرير) - تحدد سلوك التمرير
- **QER** (قاعدة تنفيذ QoS) - تفرض حدود معدل البيانات
- **BAR** (قاعدة إجراء التخزين المؤقت) - تتحكم في تخزين الحزم

انظر توثيق واجهة PFCP للتفاصيل.

### تخصيص عنوان IP

تخصص عناوين IP لـ UE من برك الشبكة المكونة:

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

انظر تخصيص بركة IP لـ UE للتكوين.

---

## البدء

### المتطلبات الأساسية

- Elixir ~1.16
- Erlang/OTP 26+
- الاتصال الشبكي بـ SGW-C و PGW-U و PCRF
- فهم لهندسة EPC LTE

### 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
```

```
Starting Gx Broker [info]
Starting PFCP Node Manager [info]
OmniPGW successfully started [info]
```

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

---

# التكوين

يتم تعريف جميع تكوينات وقت التشغيل في `config/runtime.exs`. يتم هيكلة التكوين في عدة أقسام:

### نظرة عامة على التكوين

### مرجع تكوين سريع

| القسم | الغرض | الوثائق |
|---|---|---|
| **القياسات** | مصدّر قياسات Prometheus | 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 برکة IP |
| **pco** | خيارات تكوين البروتوكو�� | تكوين PCO |

**انظر دليل التكوين الكامل لمعلومات مفصلة.**

---

# واجهة الويب - لوحة عمليات الوقت الحقيقي

يتضمن OmniPGW واجهة **ويب** مدمجة للمراقبة والعمليات في الوقت الحقيقي، مما يوفر رؤية فورية لحالة النظام دون الحاجة إلى أدوات سطر الأوامر أو استعلامات القياسات.

### الوصول إلى واجهة الويب

```
/<http://<omnipgw-ip>:<web-port
```

**الصفحات المتاحة:**

| الصفحة | URL | الغرض | معدل التحديث |
|---|---|---|---|
| **جلسات PGW** | `/pgw_sessions` | عرض جميع جلسات PDN النشطة | 2 ثواني |
| **جلسات PFCP** | `/pfcp_sessions` | عرض جلسات PFCP مع PGW-U | 2 ثواني |
| **حالة UPF** | `/upf_status` | مراقبة ارتباطات أقران PFCP | 2 ثواني |
| **أقران Diameter** | `/diameter` | مراقبة الاتصال بـ PCRF | 1 ثانية |
| **السجلات** | `/logs` | بث السجلات في الوقت الحقيقي | مباشر |

## الميزات الرئيسية

### التحديثات في الوقت الحقيقي:

- جميع الصفحات تتجدد تلقائيًا (لا حاجة لإعادة تحميل يدوي)
- تدفق بيانات مباشر من عمليات OmniPGW
- مؤشرات حالة ملونة (أخضر/أحمر)

### البحث والتصفية:

- البحث عن الجلسات بواسطة IMSI أو IP أو MSISDN أو APN
- تصفية فورية دون إعادة تحميل الصفحة

### تفاصيل قابلة للتوسيع:

- انقر على أي صف لرؤية التفاصيل الكاملة
- فحص حالة الجلسة الكاملة
- عرض تكوين وقدرات الأقران

### لا حاجة للمصادقة (للاستخدام الداخلي):

- وصول مباشر من الشبكة الإدارية
- مصممة للاستخدام من قبل فريق NOC/العمليات
- الربط بعنوان IP الإداري فقط لأغراض الأمان

## سير العمل التشغيلي

### استكشاف أخطاء الجلسة:

```
1. المستخدم يبلغ عن مشكلة في الاتصال
2. افتح صفحة جلسات PGW
3. ابحث بواسطة IMSI أو رقم الهاتف
4. تحقق من وجود الجلسة وأنها تحتوي على:
   - عنوان IP لـ UE مخصص
   - معلمات QoS من PCRF
   - نقاط نهاية النفق تم إنشاؤها
5. إذا لم يتم العثور على جلسة → تحقق من صفحة Diameter للاتصال بـ PCRF
```

### التحقق من صحة النظام:

```
1. افتح صفحة حالة UPF → تحقق من أن جميع أقران PGW-U "مرتبطون"
2. افتح صفحة Diameter → تحقق من أن جميع أقران PCRF "متصلون"
3. افتح جلسات PGW → تحقق من عدد الجلسات النشطة مقابل السعة
```

### مراقبة السعة:

- نظرة على عدد جلسات PGW
- قارن بالسعة المرخصة/المتوقعة

•تحديد أوقات الاستخدام القصوى
•مراقبة التوزيع عبر APNs

### واجهة الويب مقابل القياسات

**استخدم واجهة الويب لـ:**

•تفاصيل الجلسة الفردية
•حالة الأقران في الوقت الحقيقي
•فحوصات الصحة السريعة
•استكشاف أخطاء المستخدمين المحددين
•التحقق من التكوين

**استخدم قياسات Prometheus لـ:**

•الاتجاهات التاريخية
•التنبيهات والإشعارات
•رسوم بيانية لتخطيط السعة
•تحليل الأداء
•المراقبة على المدى الطويل

**أفضل ممارسة:** استخدم كلاهما معًا - واجهة الويب للعمليات الفورية، وPrometheus للاتجاهات والتنبيهات.

---

## المراقبة والقياسات

بالإضافة إلى واجهة الويب، يكشف OmniPGW عن قياسات متوافقة مع Prometheus للمراقبة:

### القياسات المتاحة

**•قياسات الجلسات**

◦`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 المخصصة لـ UE
◦`charging_id_registry_count` - معرفات الفوترة النشطة

**•قياسات الرسائل**

◦`s5s8_inbound_messages_total` - رسائل GTP-C المستلمة
◦`sxb_inbound_messages_total` - رسائل PFCP المستلمة
◦`gx_inbound_messages_total` - رسائل Diameter المستلمة
◦توزيعات مدة معالجة الرسائل

**•قياسات الأخطاء**

- `s5s8_inbound_errors_total` - أخطاء بروتوكول S5/S8
- `sxb_inbound_errors_total` - أخطاء بروتوكول PFCP
- `gx_inbound_errors_total` - أخطاء Diameter

### الوصول إلى القياسات

تُعرض القياسات عبر HTTP عند نقطة النهاية المكونة:

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

**انظر [دليل المراقبة والقياسات] لإعداد لوحة المعلومات والتنبيهات.**

---

## التوثيق التفصيلي

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

### هيكل الوثائق

```
توثيق OmniPGW
├── OPERATIONS.md (هذا الدليل)
│
└── /docs
    ├── التكوين والإعداد
    │   ├── configuration.md          مرجع كامل لـ runtime.exs
    │   ├── ue-ip-allocation.md       تكوين بركة IP
    │   └── pco-configuration.md      إعدادات DNS و P-CSCF و MTU
    │
    ├── واجهات الشبكة
    │   ├── Sxb/PFCP                 pfcp-interface.md (التواصل مع PGW-U)
    │   ├── Gx                        diameter-gx.md (التواصل مع PCRF)
    │   ├── Gy/Ro                     diameter-gy.md (التواصل مع OCS)
    │   └── S5/S8                     s5s8-interface.md (التواصل مع SGW-C)
    │
    └── العمليات
        ├── session-management.md     دورة حياة جلسة PDN
        └── monitoring.md             قي��سات Prometheus والتنبيهات
```

### الوثائق حسب الموضوع

#### 🚀 البدء

| الوثيقة | الوصف | الغرض |
|---|---|---|
| **OPERATIONS.md** | دليل العمليات الرئيسي (هذا المستند) | نظرة عامة وبدء سريع |

### ⚙ التكوين

| الوثيقة | الوصف | الخطوط |
|---|---|---|
| **configuration.md** | مرجع كامل لـ runtime.exs | +1,600 |
| **ue-ip-allocation.md** | إدارة وتخصيص بركة IP لـ UE | 943 |
| **pco-configuration.md** | خيارات تكوين البروتوكول (DNS، P-CSCF، MTU) | 344 |

### ◈ واجهات الشبكة

| الوثيقة | الوصف | الخطوط |
|---|---|---|
| **pfcp-interface.md** | واجهة PFCP/Sxb إلى PGW-U | 1,355 |
| **diameter-gx.md** | واجهة Diameter Gx إلى PCRF (التحكم في السياسة) | 941 |
| **diameter-gy.md** | واجهة Diameter Gy/Ro إلى OCS (الفوترة عبر الإنترنت) | +1,100 |
| **s5s8-interface.md** | واجهة GTP-C S5/S8 إلى SGW-C | 456 |

### ◈ العمليات والمراقبة

| الوثيقة | الوصف | الخطوط |
|---|---|---|
| **session-management.md** | دورة حياة الجلسة PDN والعمليات | 435 |
| **monitoring.md** | قياسات Prometheus، لوحات Grafana، التنبيهات | 807 |

## ميزات الوثائق

### ◈ مخططات Mermaid

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

- مخططات الهندسة المعمارية
- مخططات تسلسل (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
- قياسات للتشخيص

**◈ المراجع المتقاطعة**

تم ربط الوثائق بشكل مكثف لتسهيل التنقل.

## مسارات القراءة

### لمشغلي الشبكة

1. OPERATIONS.md - نظرة عامة (هذا المستند)
2. configuration.md - الإعداد
3. monitoring.md - المراقبة
4. session-management.md - العمليات اليومية

### لمهندسي الشبكة

1. OPERATIONS.md - نظرة عامة على الهندسة (هذا المستند)
2. pfcp-interface.md - التحكم في مستوى المستخدم
3. diameter-gx.md - التحكم في السياسة
4. diameter-gy.md - الفوترة 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 - برك IP
3. pco-configuration.md - معلمات الشبكة
4. monitoring.md - إعداد المراقبة

## إحصائيات الوثائق

- **إجمالي الوثائق:** 10
- **إجمالي الخطوط:** ~7,300+
- **إجمالي الحجم:** ~180 كيلوبايت
- **مخططات Mermaid:** 65+
- **أمثلة الشيفرة:** 120+

## المفاهيم الأساسية المغطاة

### الهندسة المعمارية

- ◈ فصل مستوى التحكم/المستخدم
- ◈ هندسة OTP/Elixir

- إشراف العمليات
- جلسات قائمة على GenServer

**البروتوكولات**

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

**واجهات 3GPP**

- 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 QoS
- تكامل الفوترة
- المراقبة والتنبيهات

---

# الموارد الإضافية

## مواصفات 3GPP

| المواصفة | العنوان |
|---|---|
| TS 29.274 | GTP-C v2 (واجهة S5/S8) |
| TS 29.244 | PFCP (واجهة Sxb) |
| TS 29.212 | واجهة Diameter Gx (التحكم في السياسة) |
| TS 32.299 | تطبيقات الفوترة Diameter (Gy/Ro) |
| TS 32.251 | فوترة المجال المعبأ |
| TS 23.401 | هندسة EPC |

## الوثائق ذات الصلة

- README المشروع: README.md
- ملف التكوين: config/runtime.exs

---

## المساهمة

لتحديث الوثائق:

1. تحرير ملفات Markdown في `/docs`
2. تضمين مخططات Mermaid للمفاهيم البصرية
3. إضافة أمثلة عملية
4. ربط الوثائق ذات الصلة
5. تحديث OPERATIONS.md إذا تم إضافة وثائق جديدة

---

## روابط سريعة

- مستودع GitHub
- README المشروع
- ملف التكوين

---

## الدعم

لأسئلة أو مشكلات تتعلق بـ OmniPGW:

- مراجعة الوثائق في هذا الدليل
- التحقق من أمثلة التكوين
- استشارة أقسام استكشاف الأخطاء في وثائق الواجهة
- الرجوع إلى مستودع المشروع للمساهمات

---

**OmniPGW** - *وحدة التحكم في بوابة الحزمة LTE على مستوى الناقل*

*تم تطويره بواسطة خدمات شبكة أومنيتوتش*

**إصدار الوثائق:** 1.0 **آخر تحديث:** 29-10-2025

# دليل تكوين OmniPGW

**مرجع كامل لتكوين runtime.exs**

*بواسطة خدمات شبكة أومنيتاتش*

---

## جدول المحتويات


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


---

## نظرة عامة

يستخدم OmniPGW **تكوين وقت التشغيل** المحدد في `config/runtime.exs`. يتم تقييم هذا الملف عند **بدء التطبيق** ويسمح بتكوين ديناميكي 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
- **إعدادات افتراضية واضحة** - إعدادات افتراضية 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 مقاييس 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

### الإنتاج - الربط بعنوان IP محدد:

```
  }% :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
  {
```

## الوصول إلى المقاييس

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

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

**انظر:** دليل المراقبة والمقاييس للحصول على وثائق مفصلة حول المقاييس.

---

# تكوين Diameter/Gx

## الغرض

تكوين بروتوكول Diameter لواجهة Gx (تواصل PCRF).

## كتلة التكوين

```
                                                ,config :pgw_c
                                                 }% :diameter
                                  # عنوان IP للاستماع لاتصالات 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 من أقران 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 | نعم | Origin-Realm الخاص بـ OmniPGW |

| المعلمة | النوع | مطلوب | الوصف |
|---|---|---|---|
| peer_list | List (Domain) | 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
```

**تنسيق 3GPP:**

```
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 الأمريكية)
```

## 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
    {
```

```
                                                                [
                                                                  {
```

**PCRFs متعددة (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
              PCRF انتظر حتى يتصل #  initiate_connection: false
                                                                 {
                                                                   [
                                                                     {
```

**انظر:** وثائق واجهة Diameter Gx

---

# 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

  # اختياري: عنوان IPv6 المحلي
  ,local_ipv6_address: nil

  # اختياري: تجاوز منفذ GTP-C الافتراضي (2123)
  local_port: 2123
    {
```

## 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) |

## تفاصيل البروتوكول

- **البروتوكول:** GTP-C الإصدار 2
- **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
                                                {
```

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

---

# تكوين Sxb/PFCP

### الغرض

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

### كتلة التكوين

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

                      # اختياري: تجاوز منفذ PFCP الافتراضي (8805)
                                                local_port: 8805
                                                        {
```

### المعلمات

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

**مهم:**

- **يت** **تسجيل جميع أقران UPF تلقائيًا** من تكوين upf_selection (القواعد + مجموعة الاحتياط) عند بدء التشغيل
- تستخدم UPFs المسجلة تلقائيًا إعدادات افتراضية معقولة:
  - اسم تم إنشاؤه تلقائيًا: "UPF-<ip>:<port>"
  - ارتباط PFCP غير نشط (انتظر حتى يبدأ UPF)
  - فترة نبض القلب 5 ثوانٍ
- يتم تكوين قواعد اختيار UPF والمجموعات في قسم upf_selection المنفصل. انظر استراتيجيات اختيار UPF أدناه.
- يتم دعم التسجيل الديناميكي لـ UPFs المكتشفة عبر DNS التي ليست في التكوين

## أمثلة

### تكوين الحد الأدنى:

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

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

### منفذ PFCP مخصص:

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

### مثال كامل مع ا**تيار 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 الثلاثة (10.0.1.21، 10.0.1.22، 10.0.2.21)
                                                              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 المكتشفة عبر DNS ديناميكيًا عند الاستخدام الأول
```

---

# استراتيجيات اختيار UPF

**مهم**: تم تبسيط تكوين اختيار UPF. يتم تسجيل جميع أقران UPF تلقائيًا من تكوين `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 UPF ديناميكي قائم 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 UPF ديناميكي قائم 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 على أي من سمات الجلسة هذه:

| حقل المطابقة | الوصف | نمط المثال |
|---|---|---|
| imsi: | هوية المشترك الدولي للهاتف المحمول | ^313380.* (مشغل أمريكي) |
| apn: | اسم نقطة الوصول / DNN | ^internet\. أو ^ims\. |
| serving_network_plmn_id: | معرف الشبكة الخدمية | ^313380$ |
| 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 الإنتاج | توازن الحمل، توافر عالي، أوزان مرنة | تتطلب UPFs متعددة |
| **استنادًا إلى APN** | تمييز الخدمة | توجيه IMS/الإنترنت بشكل منفصل | تكوين ثابت |
| **استنادًا إلى IMSI** | سيناريوهات التجوال | توجيه جغرافي | تعقيد التعبيرات العادية |
| **استنادًا إلى DNS** | MEC/الحوسبة الطرفية | ديناميكي، واعٍ بالموقع | يتطلب بنية تحتية لـ 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 من البداية إلى النهاية لإنشاء الجلسة بما في ذلك اختيار UPF وملء PCO:

**نقاط القرار الرئيسية:**

1. **أولوية اختيار UPF:**
   - القواعد الثابتة (مطابقة الأنماط) → اكتشاف DNS → مجموعة الاحتياط
   - يتم تطبيق تصفية الصحة في جميع المراحل
   - منطق النشط/الاحتياطي لتوافر عالي
   - **انظر:** واجهة PFCP لتفاصيل التواصل مع UPF
2. **أولوية ملء PCO:**
   - تجاوز PCO للقاعدة → اكتشاف P-CSCF عبر DNS → تكوين PCO العالمي

- دمج حسب الحقل (تجاوز القاعدة لحقل معين، يوفر العالمي الافتراضات)
- **انظر:** تكوين PCO للحصول على معلمات PCO المفصلة

3. **أولوية اكتشاف P-CSCF:**

- FQDN لكل قاعدة ← اكتشاف DNS العالمي ← PCO ثابت للقاعدة ← PCO ثا��ت عالمي
- **انظر:** مراقبة P-CSCF لمقاييس الاكتشاف وتتبع الصحة

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
- **انظر:** واجهة Diameter Gx و واجهة Diameter Gy لتفاصيل الشحن

## مثال تكوين كامل

إليك مثال كامل يظهر اختيار UPF متعدد المجموعات مع تسجيل تلقائي للأقران:

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

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

      (الأولوية ترتيب حسب تقييمها يتم) الثابتة الاختيار قواعد #
                                                    ] :rules
                          أعلى - IMS حركة :1 القاعدة # 
                                                      }%
                                          ,"IMS حركة" :name
                                              ,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 مؤسسي
                                                    %{
                                                name: "حركة المؤسسة",
                                                    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 الإنترنت - موزعة
                                                    %{
                                                name: "حركة 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
                                                   [
                                                     {
                                                      ],

      # مجموعة الاحتياط - تستخدم عندما لا تتطابق أي قواعد وتفشل 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 اختيار UPF وتكوين الأقران في قسم واحد
- **مجموعات مطلوبة**: جميع القواعد تستخدم تنسيق upf_pool (حتى لـ UPF واحد)
- **احتياطي منظم**: مجموعة احتياطية 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

**الهجرة من التنسيق السابق**:

•تمت إزالة: حقل `sxb.peer_list` (لم يعد مطلوبًا)
•تمت إزالة: `selection_list` المدمجة في تكوينات الأقران
•جميع تعريفات UPF الآن تذهب في قواعد `upf_selection` ومجموعة الاحتياط

**كيف تعمل مجموعات UPF:**

1. **اختيار واعٍ بالصحة**: يتم توجيه حركة المرور فقط إلى UPFs الصحية

◦الصحية = ارتباط PFCP نشط + أقل من 3 نبضات قلب مفقودة متتالية
◦يتم تصفية UPFs غير الصحية تلقائيًا
◦يتم العودة إلى جميع UPFs إذا لم يكن هناك أي منها صحي

2. **دعم النشط/الاحتياطي**: استخدم `weight: 0` لـ UPFs الاحتياطية الساخنة التي يتم تنشيطها فقط عندما تفشل النشطة

◦**UPFs النشطة** (weight > 0): تتلقى حركة المرور عندما تكون صحية
◦**UPFs الاحتياطية** (weight == 0): تتلقى حركة المرور فقط عندما تكون جميع UPFs النشطة غير نشطة
◦يتم التعامل مع UPFs الاحتياطية كـ `weight: 1` عند تنشيطها

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
◦الوزن الأعلى = المزيد من الجلسات المعينة لذلك UPF
◦الأوزان المتساوية = توزيع متساوٍ

4. **التسجيل التلقائي**: يتم تسجيل جميع UPFs في المجموعات تلقائيًا عند بدء التشغيل

◦أسماء تم إنشاؤها تلقائيًا: `"UPF-<ip>:<port>"`
◦إعدادات افتراضية: ارتباط PFCP غير نشط، نبضات قلب كل 5 ثوانٍ
◦تتبع الصحة الفورية لجميع UPFs المكونة

## اختيار واعٍ بالصحة مع النشط/الاحتياطي

**مثال اختيار عشوائي موزون:**

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

الوزن الكلي: 50 + 30 + 20 = 100
```

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

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

**مثال فشل النشط/الاحتياطي:**

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

السيناريو 1: UPF-A صحي
→ استخدام مجموعة نشطة: [UPF-A: 100]
→ جميع حركة المرور إلى UPF-A

السيناريو 2: UPF-A يفشل
→ لا توجد UPFs نشطة صحية
→ تفعيل الاحتياطي: [UPF-B: 1]
→ جميع حركة المرور تنتقل إلى UPF-B
→ تسجيل: "جميع UPFs النشطة غير نشطة، تفعيل UPFs الاحتياطية"

السيناريو 3: كلاهما غير صحي
→ لا توجد UPFs صحية
→ استخدام المجموعة الكاملة: [UPF-A: 100، UPF-B: 0]
→ اختيار مع الأوزان (محاولة الاتصال، قد تفشل)
→ تسجيل: "لا توجد UPFs صحية في المجموعة، استخدام المجموعة الكاملة كاحتياط"
```

**أنماط الوزن الشائعة:**

```
# توزيع متساوٍ (25% لكل)
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 موزع (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 مع احتياطي (100% للنشط، 0% للاحتياطي حتى يفشل النشط)
                                                    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 عند فشل النشط)
                                                    ]

                    # نشط مع احتياطي متعدد (تحميل موزع 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}%,
                                                    # الإصدار القديم
  {remote_ip_address: "10.0.1.200", remote_port: 8805, weight: 50}%
                                                    # الإصدار الجديد
                                                    ]
```

**حالات الاستخدام:**

- **فشل النشط/الاحتياطي**: استخدم `weight: 0` لـ UPFs الاحتياطية الساخنة التي يتم تنشيطها فقط عندما تفشل النشطة
- **توافر عالي واعٍ بالصحة**: الفشل التلقائي عند فقد UPFs ارتباط PFCP أو نبضات القلب
- **التوسع الأفقي**: توزيع الحمل عبر UPFs متعددة لزيادة السعة
- **توافر عالي**: يمنع التوزيع التلقائي من تحميل UPF واحد
- **نشر تدريجي**: استخدم الأوزان لنشر الكاناري (على سبيل المثال، 95% قديم، 5% جديد)
- **تحسين التكلفة**: توجيه المزيد من حركة المرور إلى UPFs ذات السعة الأعلى
- **توزيع جغرافي**: توازن الجلسات عبر UPFs الطرفية

**تجاوزات PCO (خيارات تكوين البروتوكول):**

يمكن أن تحدد كل قاعدة اختيار UPF تجاوزات PCO مخصصة تتجاوز تكوين PCO الافتراضي للجلسات المطابقة. يسمح هذا لأنواع مختلفة من APNs أو حركة المرور بتلقي معلمات شبكة مختلفة.

**كيف تعمل تجاوزات PCO:**

1. **تجاوزات جزئية**: حدد فقط حقول PCO التي تريد تجاوزها
2. **تراجع افتراضي**: تستخدم الحقول غير المحددة القيم من تكوين `pco` الرئيسي
3. **محدد لكل قاعدة**: يمكن أن تحتوي كل قاعدة على تجاوزات PCO مختلفة

4.**دمج الأولويات**: تأخذ PCO للقاعدة الأولوية على PCO الافتراضي

## ��سلسل ملء PCO

### ترتيب الأولوية لكل حقل PCO:

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

### مثال: جلسة IMS تتجاوز DNS، قاعدة حركة المؤسسة تتجاوز كل شيء

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

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

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

### حقول تجاوز PCO المتاحة:

- `primary_dns_server_address` - عنوان خادم DNS الرئيسي
- `secondary_dns_server_address` - عنوان خادم DNS الثانوي
- `primary_nbns_server_address` - عنوان خادم NBNS الرئيسي
- `secondary_nbns_server_address` - عنوان خادم NBNS الثانوي
- `p_cscf_ipv4_address_list` - قائمة عناوين خوادم P-CSCF (لـ IMS) - انظر تكوين PCO و مراقبة P-CSCF لاكتشاف P-CSCF الديناميكي
- `ipv4_link_mtu_size` - حجم MTU بالبايت

### اكتشاف P-CSCF لكل قاعدة:

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

- `p_cscf_discovery_fqdn` - (String) FQDN لاكتشاف P-CSCF القائم على DNS (على سبيل المثال، `"pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"`)

عندما يتم تعيين هذه المعلمة:

1.يقوم PGW-C بإجراء بحث DNS عن FQDN المحدد أثناء إنشاء الجلسة
2.يعيد خادم DNS قائمة بعناوين IP لـ P-CSCF

3.يتم إرسال عناوين P-CSCF المكتشفة إلى UE عبر PCO
4.إذا فشل بحث DNS، يتم التراجع إلى p_cscf_ipv4_address_list من تجاوز PCO (إذا تم تحديده) أو تكوين PCO العالمي
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 تحتي مخصصة لـ P-CSCF
- **التوجيه الجغرافي** - يعيد DNS أقرب P-CSCF بناءً على موقع UE
- **التوافر العالي** - يعيد DNS تلقائيًا فقط خوادم P-CSCF الصحية

**مثال: حركة IMS مع P-CSCF مخصص:**

```
                                                    ] :rules
                                                       }%
                                                "حركة IMS" :name,
                                                    20 ,priority:
                                                 :apn ,match_field:
                                               "^ims" ,"match_regex:
                                                    ] :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
                                  # يعيد بحث DNS عناوين P-CSCF الحالية استنادًا إلى هذا FQDN
                                "p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
                                  # جلسات IMS تحصل على خوادم P-CSCF مخصصة (تستخدم كاحتياط إذا فشل
                                                                                    (DNS
                                                    pco: %{
                                p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
                                  # ستستخدم الافتراضات من تكوين pco الرئيسي DNS، NBNS، MTU
                                                    {
                                                      {
                                                        [
```

**مثال: حركة المؤسسة مع DNS مخصص:**

```
                                                    ] :rules
                                                       }%
                                                "حركة المؤسسة" :name,
                                                    15 ,priority:
                                                 :apn ,match_field:
                                  "^(enterprise|corporate)\.apn" ,"match_regex:
                                                    ] :upf_pool
{ remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805, weight: 100}%
```

```
                                                                ,[
                                  # جلسات المؤسسة تحصل على DNS مؤسسي وMTU مخصص
                                                              }% :pco
                                    ,"primary_dns_server_address: "192.168.1.10
                                  ,"secondary_dns_server_address: "192.168.1.11
                                                 ipv4_link_mtu_size: 1500
                          # سيستخدم P-CSCF، NBNS الافتراضات من تكوين pco الرئيسي
                                                                {
                                                                  {
                                                                    [
```

**مثال: تجاوز كامل (جميع حقول PCO):**

```
                                                                ] :rules
                                                                  }%
                                      مخصص بالكامل" ,name: "APN IoT -
                                                          ,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
                    IoT لـ P-CSCF لا #  ,[] :p_cscf_ipv4_address_list
          أصغر للأجهزة المقيدة ipv4_link_mtu_size: 1280      # MTU
                                                                {
                                                                  {
                                                                    [
```

**حالات الاستخدام:**

- **IMS/VoLTE**: توفير خوادم P-CSCF خاصة بالناقل لخدمات الصوت
- **APNs المؤسساتية**: توجيه حركة المرور المؤسسية عبر خوادم DNS الخاصة بالشركة
- **IoT/M2M**: استخدام DNS العامة وMTU 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 الديناميكي:**

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

**ملاحظة:** يوفر هذا اختيار UPF قائم على الجغرافيا أو الطوبولوجيا. انظر واجهة PFCP لإعداد

ارتباط PFCP مع UPFs المكتشفة ديناميكيًا و إدارة الجلسة لتدفقات إنشاء الجلسة.

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

  # أنواع المواقع للاستعلام عنها حسب ترتيب الأولوية
  ,dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi]

  # اللاحقة DNS لاستعلامات NAPTR
  ,"dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org

  # مهلة استعلام DNS بالميلي ثانية
  ,dns_timeout_ms: 5000

  # ... القواعد ومجموعة الاحتياط ...
{
```

يعمل الاختيار القائم على DNS كما يلي:

1. **الأولوية**: يتم استخدام اختيار DNS فقط عندما **لا تتطابق أي قواعد ثابتة** (أولوية أقل)
2. **توليد الاستعلام**: يبني استعلامات NAPTR DNS استنادًا إلى موقع UE:
   - 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 وSAI وCGI تنسيق 3GPP TS 23.003 المماثل
3. **تراجع التسلسل**: يحاول كل نوع موقع حسب ترتيب الأولوية حتى يتم العثور على مطابقة
4. **مطابقة الأقران**: يتم تصفية نتائج DNS ضد قائمة الأقران المكونة
5. **الاختيار**: تختار نظير مطابق (حاليًا أول مطابقة، سيتم إضافة اختيار قائم على الحمل قريبًا)

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

```
; سجل NAPTR لـــ TAC 100 في PLMN 313-380
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc380.mcc313.epc.3gppnetwork.org IN NAPTR
.10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-sxb" "" upf-edge-1.example.com

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

**حالات الاستخدام**:

- **الحوسبة الطرفية متعددة الوصول (MEC)**: توجيه الجلسات إلى أقرب UPFs الطرفية جغرافيًا
- **اكتشاف UPF ديناميكي**: إضافة/إزالة UPFs من دون إعادة تكوين PGW-C
- **توازن الحمل**: توزيع الحمل عبر UPFs استنادًا إلى الموقع
- **تقسيم الشبكة**: توجيه شرائح مختلفة إلى UPFs مختلفة حسب الموقع

## مراقبة صحة UPF

**اختيار واعٍ بالصحة تلقائي**: يقوم PGW-C بمراقبة صحة جميع UPFs تلقائيًا ويستبعد UPFs غير الصحية من الاختيار.

### معايير التحقق من الصحة

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

1. **ارتباط PFCP نشط**: تم إنشاء ارتباط PFCP مع UPF
2. **استجابة نبض القلب**: أقل من 3 نبضات قلب مفقودة متتالية
3. **العمل**** ة حية**: تعمل عملية نظير UPF GenServer

يعتبر UPF **غير صحي** إذا كان أي من التالي صحيحًا:

- لم يتم إنشاء ارتباط PFCP (`associated: false`)
- 3 أو أكثر من نبضات القلب المتتالية المفقودة
- تعطل أو عدم استجابة عملية نظير UPF

### آلية المراقبة

**بالنسبة لـ UPFs المكونة** (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 من القواعد ومجموعة الاحتياط تلقائيًا

**بالنسبة لـ UPFs المكتشفة عبر DNS** (تسجيل ديناميكي):

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

### سلوك الاختيار

**وضع النشط/الاحتياطي** (عند استخدام `weight: 0`):

1. تصفية إلى UPFs الصحية فقط
2. فصل إلى **نشط** (weight > 0) و**احتياطي** (weight == 0)
3. استخدام UPFs النشطة إذا كانت أي منها صحية
4. تفعيل UPFs الاحتياطية (اعتبر كـ weight 1) إذا كانت جميع النشطة غير صحية
5. العودة إلى المجموعة الكاملة إذا لم يكن هناك أي UPFs صحية

**وضع تحميل موزع** (جميع الوزن > 0):

1. تصفية إلى UPFs الصحية فقط

2.إجراء اختيار عشوائي موزون بين UPFs الصحية
3.العودة إلى المجموعة الكاملة إذا لم يكن هناك أي UPFs صحية

**التسجيل:**

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

**التحقق من صحة UPF**

**برمجيًا:**

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

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

**عبر واجهة الويب:**

•انتقل إلى /upf_selection في لوحة التحكم
•عرض حالة الصحة في الوقت الفعلي لجميع UPFs في كل مجموعة
•شارات الحالة: 🟢 نشط-UP، 🟡 احتياطي-جاهز، 🔴 نشط-غير صحي، ⚪ غير مرتبط
•تعرض شارات الدور: نشط (weight > 0)، احتياطي (weight == 0)، ديناميكي (مكتشف عبر DNS، غير موجود في التكوين)
•يتم عرض عداد فشل نبض القلب للأقران المرتبطة

**أفضل الممارسات لمراقبة الصحة**

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

```
%{ :upf_selection
  rules: [
    %{
      name: "حركة الإنترنت",
      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 تلقائيًا تحصل على:
# - نبضات قلب كل 5 ثوانٍ
# - مراقبة الصحة من بدء التشغيل
# - أسماء تم إنشاؤها تلقائيًا
```

2. **استخدم UPFs الاحتياطية**: قم بتكوين الاحتياطيات الساخنة مع `weight: 0` للفشل التلقائي

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

3. **راقب عبر واجهة الويب**: تحقق بانتظام من حالة صحة UPF في لوحة التحكم

4. **ضبط عتبة نبض القلب**: قم بضبط عتبة الفشل < 3 في الكود إذا لزم الأمر

- تقع في: `lib/core/pfcp_node/impl/peer.ex` وظيفة `is_peer_healthy?/1`
- عتبة أقل = فشل أسرع ولكن أكثر حساسية للانقطاعات الشبكية
- عتبة أعلى = أكثر تسامحًا ولكن فشل أبطأ

## التسجيل الديناميكي لـ UPF

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

### كيف يعمل

عندما تعيد أي طريقة اختيار (القواعد الثابتة، المجموعات، أو DNS) UPF غير مسجل بالفعل، يقوم النظام تلقائيًا بـ:

1. **إنشاء نظير PFCP**: يولد تكوين نظير افتراضي لـ UPF غير معروف
2. **بدء ارتباط PFCP**: يحاول إنشاء ارتباط PFCP مع UPF

3. **تسجيل في سجل الأقران**: يضيف UPF إلى نظام تتبع الأقران الداخلي
4. **بدء مراقبة نبض القلب**: يبدأ تبادل نبضات القلب الدورية (فترات 10 ثوانٍ)
5. **تتبع الحياة**: يراقب UPF للفشل والتعافي

### التكوين الافتراضي لـ UPFs الديناميكية

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

```
{%
  name: "ديناميكي-<IP-<UPF>",              # على سبيل المثال،
"ديناميكي-21-1-100-10-UPF"
  remote_ip_address: <discovered_ip>,    # IP من DNS أو الاختيار
  remote_port: 8805,                     # منفذ PFCP القياسي (قابل
للتجاوز)
  initiate_pfcp_association_setup: true,  # يقوم PGW-C ببدء 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: يعيد DNS UPF غير معروف

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

# تدفق التسجيل الديناميكي:
# 1. يكتشف النظام UPF غير معروف 10.200.5.99
# 2. يسجل: "{99، 5، 200، 10} UPF 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 اختيار UPF القائم على DNS الآن دون الحاجة إلى تكوين مسبق
- **توسع تلقائي**: أضف UPFs إلى شبكتك دون إعادة تشغيل PGW-C
- **تدهور نظيف**: إذا فشل الارتباط، تفشل الجلسات بشكل نظيف (لا تحطم)
- **متوافق مع السابق**: 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:

```
[خطأ] فشل إعداد ارتباط PFCP لـ UPF الديناميكي {10، 200، 5، 99}:
```

```
timeout:
[خطأ] فشل تسجيل UPF الديناميكي {10، 200، 5، 99}: :timeout.
سيفشل إنشاء الجلسة. اعتبر إضافة هذا UPF إلى تكوين
.upf_selection
```

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

**متى يجب تكوين مسبق مقابل التسجيل الديناميكي**

| السيناريو | التوصية |
| --- | --- |
| **UPFs الأساسية للإنتاج** | تكوين مسبق في upf_selection (تكوين صريح، مراقب من بدء التشغيل) |
| **UPFs الطرفية المكتشفة عبر DNS** | استخدم التسجيل الديناميكي (يتوسع تلقائيًا مع البنية التحتية) |
| **UPFs للاختبار/التطوير** | يعمل أي من النهجين (الديناميكي أكثر ملاءمة) |
| **UPFs حيوية** | تكوين مسبق في upf_selection (يضمن المراقبة من بدء التشغيل) |
| **UPFs عابرة/مقاسة تلقائيًا** | استخدم التسجيل الديناميكي (UPFs تأتي وتذهب ديناميكيًا) |

**مراقبة UPFs الديناميكية**

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

```
[معلومات] إنشاء تكوين نظير
```

# تنسيق سجل بيانات الشحن (CDR)

**الشحن غير المتصل لـ PGW-C و SGW-C**

---

## جدول المحتويات


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


---

## نظرة عامة

تنسيق **سجل بيانات الشحن (CDR)** يوفر قدرات الشحن غير المتصل لكل من مستوى التحكم في بوابة الحزمة (PGW-C) ومستوى التحكم في بوابة الخدمة (SGW-C). يتم إنشاء سجلات CDR لتسجيل أحداث جلسات الناقل، واستخدام البيانات، ومعلومات المشترك لأغراض الفوترة والتحليلات.

يتم استخدام هذا التنسيق الشائع من قبل كلا العنصرين الشبكيين لضمان الا��ساق في سجلات الشحن عبر بنية EPC التحتية.

### الميزات الرئيسية

- **تنسيق قائم على CSV** - قيم مفصولة بفواصل بسيطة وسهلة القراءة
- **تسجيل قائم على الأحداث** - يلتقط أحداث بدء وتحديث وانتهاء الناقل
- **قياس الحجم** - يسجل استخدام البيانات في الاتجاهين الصاعد والنازل
- **دوران تلقائي** - تدوير 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** | توليد سجلات CDR للفوترة بعد الدفع |
| **التحليلات** | تحليل أنماط استخدام المشتركين |
| **سجل التدقيق** | تتبع جميع أحداث جلسات الناقل |
| **تخطيط السعة** | مراقبة استخدام موارد الشبكة |
| **استكشاف الأخطاء** | تصحيح مشاكل الجلسة والناقل |

---

## تنسيق ملف CDR

### قاعدة تسمية الملفات

```
<epoch_timestamp>
```

**مثال:**

```
1726598022
```

اسم الملف هو الطابع الزمني لعصر Unix (بالثواني) عندما تم إنشاء الملف.

### موقع الملف

**الدلائل الافتراضية:**

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

يمكن تكوينه عبر معلمة `directory` في تكوين مُبلغ CDR.

### 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,sgw_ip,ue_ip,pgw_ip,apn,qci,octets_in,octets_out #
```

**حقول الرأس:**

- **وقت بدء الملف** - عندما تم إنشاء ملف CDR (قابل للقراءة البشرية وطابع زمني Unix)
- **وقت انتهاء الملف** - عندما سيحدث تدوير الملف (قابل للقراءة البشرية وطابع زمني Unix)
- **اسم البوابة** - معرف لنسخة البوابة (PGW-C أو SGW-C)
- **رؤوس الأعمدة** - أسماء حقول CSV لسجلات البيانات

---

## حقول CDR

### م��خص الحقول

| الموضع | اسم الحقل | النوع | الوصف |
|---|---|---|---|
| 0 | epoch | عدد صحيح | طابع زمني للحدث (ثواني عصر Unix) |
| 1 | imsi | سلسلة | هوية المشترك الدولية للهاتف المحمول |
| 2 | event | سلسلة | نوع حدث CDR (مثل "default_bearer_start") |
| 3 | charging_id | عدد صحيح | معرف شحن فريد للناقل |
| 4 | msisdn | سلسلة | رقم ISDN لمحطة الهاتف المحمول (رقم الهاتف) |
| 5 | ue_imei | سلسلة | هوية المعدات المحمولة الدولية |
| 6 | timezone_raw | سلسلة | المنطقة الزمنية لـ 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 لمستوى التحكم في SGW-C S5/S8 (أو عنوان IP لـ PGW-C S5/S8 لسجلات PGW) |
| 11 | ue_ip | سلسلة | عنوان IP لـ UE (بتنسيق IPv4\|IPv6) |
| 12 | pgw_ip | سلسلة | عنوان IP لمستوى التحكم في PGW-C S5/S8 |
| 13 | apn | سلسلة | اسم نقطة الوصول |
| 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 سجلات CDR 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:
# وقت بدء الملف: 18:53:42 (1726598022)
# وقت انتهاء الملف: 19:53:42 (1726601622)
# اسم البوابة: pgw-c-prod-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci,sgw_ip,ue_ip,pgw_ip,apn,qci,octets_in,octets_out
default_bearer_start,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,0,0,1726598022,310260123456789
default_bearer_update,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,1048576,524288,1726598322,310260123456789
default_bearer_update,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,5242880,2097152,1726598622,310260123456789
default_bearer_end,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,10485760,5242880,1726598922,310260123456789
```

### تدوير الملف

يتم تدوير ملفات CDR تلقائيًا بناءً على المدة المحددة:

#### عملية التدوير:

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

---

## التكوين

### معلمات التكوين

| المعلمة | النوع | الوصف | الافتراضي | الموصى به |
|---|---|---|---|---|
| `gateway_name` | سلسلة | معرف نسخة البوابة | - | استخدم اسم المضيف أو معرف النسخة |
| `duration` | عدد صحيح | فترة تدوير الملف (مللي ثانية) | - | 3600000 (1 ساعة) |
| `directory` | سلسلة | مسار دليل إخراج CDR | - | `var/log/{pgw,sgw}_c/cdrs/` |

### أمثلة التكوين

#### الإنتاج:

- **`gateway_name:`** "pgw-c-prod-01" أو "sgw-c-prod-01"
- **`duration:`** 3,600,000 مللي ثانية (تدوير كل ساعة)
- **`directory:`** "/var/log/pgw_c/cdrs" أو "var/log/sgw_c/cdrs/"

#### التطوير:

- **`gateway_name:`** "pgw-c-dev" أو "sgw-c-dev"
- **`duration:`** 300,000 مللي ثانية (تدوير كل 5 دقائق للاختبار)
- **`directory:`** "/tmp/pgw_c_cdrs" أو "tmp/sgw_c_cdrs/"

#### حجم عالي:

- **`gateway_name:`** "pgw-c-prod-heavy" أو "sgw-c-prod-heavy"
- **`duration:`** 1,800,000 مللي ثانية (تدوير كل 30 دقيقة)
- **`directory:`** "/mnt/fast-storage/cdrs"

---

## تدفق توليد CDR

### أحداث دورة حياة الناقل CDR

#### توليد CDR لـ SGW-C:

#### توليد CDR لـ PGW-C:

### أحداث توليد CDR

#### 1. بدء الناقل:

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

#### 2. تحديث الناقل:

- **متى:** تم استلام طلب تقرير جلسة PFCP من مستوى المستخدم
- **العرض:** تسجيل استخدام البيانات التزايدي
- **octets_in:** إجمالي بايتات الاتجاه النازل منذ بدء الناقل
- **octets_out:** إجمالي بايتات الاتجاه الصاعد منذ بدء الناقل

#### 3. نهاية الناقل:

- **متى:** تم استلام استجابة حذف جلسة PFCP (مع الاستخدام النهائي)
- **العرض:** تسجيل الاستخدام النهائي للبيانات قبل إنهاء الجلسة
- **octets_in:** إجمالي بايتات الاتجاه النازل النهائي
- **octets_out:** إجمالي بايتات الاتجاه الصاعد النهائي

---

## تفاصيل الحقول

### 1. epoch (الطابع الزمني)

**النوع:** طابع زمني لعصر Unix (بالثواني)

**الوصف:** الوقت الذي حدث فيه حدث CDR

**مثال:**

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

**المصدر:** `DateTime.utc_now() |> DateTime.to_unix()`

---

### 2. imsi (هوية المشترك)

**النوع:** سلسلة (حتى 15 رقمًا)

**التنسيق:** MCCMNC + MSIN

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

**مثال:**

```
310260123456789
└─┬─┘└─┬─┘└──────┬──────┘
  MCC  MNC      MSIN
 (260)(310) (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 كانت EBI (معرف الناقل EPS) تساوي LBI (معرف الناقل المرتبط): `default`
- إذا كانت EBI لا تساوي LBI: `dedicated`

**المصدر:** سياق الناقل (مقارنة EBI مع LBI)

---

### 4. charging_id (معرف الشحن)

**النوع:** عدد صحيح غير موقّع 32 بت

**الوصف:** معرف فريد لارتباط الشحن عبر العناصر الشبكية

**مثال:**

```
12345
```

**المصدر:** مُعين بواسطة PGW-C، المستلم في استجابة إنشاء الجلسة

**الاستخدام:**

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

---

### 5. msisdn (رقم الهاتف)

**النوع:** سلسلة (بتنسيق E.164)

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

**التنسيق:** رمز الدولة + الرقم الوطني

**مثال:**

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

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

---

### 6. ue_imei (هوية المعدات)

**النوع:** سلسلة (15 رقمًا)

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

**الوصف:** هوية المعدات المحمولة الدولية (معرف الجهاز)

**مثال:**

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

**المصدر:** سياق UE، المستلم من MME

---

### 7. timezone_raw (المنطقة الزمنية لـ UE)

**النوع:** سلسلة (حالياً محجوزة/فارغة)

**الوصف:** حقل محجوز لمعلومات المنطقة الزمنية لـ UE

**الحالة الحالية:** غير مملوءة (حقل فارغ في CSV)

**الاستخدام المستقبلي:** قد تشمل 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 بتنسيق little-endian hex

**عملية التشفير:**

```
MCC: 505, MNC: 57
        ↓
"50557"
        ↓
تبديل الأزواج: "055570"
        ↓
Hex إلى decimal: 0x055570 = 349552
```

**مثال:**

```
MCC: 505, MNC: 57 →  349552
```

**المصدر:** معلومات موقع UE من MME

**ملاحظة:** هذا هو تنسيق التشفير القديم 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 في الإشعارات 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 في التنقل وإدارة الحركة
•معلومات موقع دقيقة

---

### 11. sgw_ip (عنوان IP لمستوى التحكم في البوابة)

**النوع:** سلسلة (عنوان IPv4 أو IPv6)

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

•لسجلات SGW-C: عنوان IP لمستوى التحكم في SGW-C S5/S8
•لسجلات PGW-C: عنوان IP لمستوى التحكم في PGW-C S5/S8 (F-TEID المحلي)

**التنسيق:** عشرات مفصولة بنقاط (IPv4) أو كولون-هيكس (IPv6)

**مثال:**

```
10.0.1.10          (IPv4)
db8::10         (IPv6):2001
```

**المصدر:**

•SGW-C: تكوين محلي، مُعين لواجهة S5/S8
•PGW-C: تكوين محلي، مُعين لواجهة S5/S8

**ملاحظة:** على الرغم من اسم ا��حقل "sgw_ip"، إلا أنه يحتوي على عنوان IP للبوابة المحلية لكل من سجلات PGW و SGW

---

### 12. ue_ip (عنوان IP لـ UE)

**النوع:** سلسلة (بتنسيق IPv4|IPv6)

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

**التنسيق:** <ipv6>|<ipv4>

**أمثلة:**

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

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

**ملاحظات:**

•IPv4 فارغ: لا يوجد عنوان IPv4 مخصص
•IPv6 فارغ: لا يوجد عنوان IPv6 مخصص
•كلاهما موجود: اتصال PDN دعم مزدوج

---

### 13. pgw_ip (عنوان IP للبوابة النظيرة)

**النوع:** سلسلة (عنوان IPv4 أو IPv6)

**الوصف:** عنوان IP لمستوى التحكم في البوابة النظيرة (F-TEID) S5/S8

•لسجلات SGW-C: عنوان IP لمستوى التحكم في PGW-C S5/S8 (F-TEID عن بُعد)
•لسجلات PGW-C: عنوان IP لمستوى التحكم في SGW-C S5/S8 (F-TEID عن بُعد)

**التنسيق:** عشرات مفصولة بنقاط (IPv4) أو كولون-هيكس (IPv6)

**مثال:**

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

**المصدر:**

•SGW-C: المستلم في استجابة إنشاء الجلسة من PGW-C
•PGW-C: المستلم في طلب إنشاء الجلسة من SGW-C

**ملاحظة:** على الرغم من اسم الحقل "pgw_ip"، إلا أنه يحتوي على عنوان IP للبوابة النظيرة

---

### 14. apn (اسم نقطة الوصول)

**النوع:** سلسلة (حتى 100 حرف)

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

**التنسيق:** تنسيق يشبه DNS

**أمثلة:**

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

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

**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 جودة الخدمة للناقل

**النطاق:** 1 - 9 (موحد)، 128-254 (خاص بالمشغل)

**قيم QCI الموحدة:**

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

**مثال:**

```
9  → الناقل الافتراضي (أفضل جهد)
```

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

---

### 16. octets_in (حجم الاتجاه النازل)

**النوع:** عدد صحيح غير موقّع 64 بت

**الوصف:** عدد ال��ايتات المرسلة في الاتجاه النازل (الشبكة → UE)

**الوحدات:** بايت

**مثال:**

```
1048576  → 1 ميغابايت في الاتجاه النازل
```

**المصدر:** قياس الحجم PFCP من مستوى المستخدم (PGW-U أو SGW-U)

**ملاحظات:**

•تراكمي لأحداث update
•إجمالي نهائي لأحداث end
•دائمًا 0 لأحداث start

---

### 17. octets_out (حجم الاتجاه الصاعد)

**النوع:** عدد صحيح غير موقّع 64 بت

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

**الوحدات:** بايت

**مثال:**

```
524288  → 512 كيلوبايت في الاتجاه الصاعد
```

**المصدر:** قياس الحجم PFCP من مستوى المستخدم (PGW-U أو SGW-U)

**ملاحظات:**

•تراكمي لأحداث update
•إجمالي نهائي لأحداث end
•دائمًا 0 لأحداث start

---

## 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

**مخرجات CDR:**

```
# ملف CDR للبيانات:
# وقت بدء الملف: 10:00:00 (1726570800)
# وقت انتهاء الملف: 11:00:00 (1726574400)
# اسم البوابة: pgw-c-01
epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci,sgw_ip,ue_ip,pgw_ip,apn,qci,octets_in,octets_out #
default_bearer_start,10001,15551111111,111111111111111,,349552,1000,2000,10.0.1.1,172.16.1.1|,10.0.2.1,internet,9,0,0,1726570800,310260111111111
default_bearer_update,10001,15551111111,111111111111111,,349552,1000,2000,10.0.1.1,172.16.1.1|,10.0.2.1,internet,9,10485760,5242880,1726571100,310260111111111
default_bearer_end,10001,15551111111,111111111111111,,349552,1000,2000,10.0.1.1,172.16.1.1|,10.0.2.1,internet,9,10485760,5242880,1726571400,310260111111111
```

---

### المثال 2: جلسة دعم مزدوج مع تحديثات متعددة

**الجدول الزمني:**

1.تم إنشاء الناقل دعم مزدوج (IPv4 + IPv6)
2.تحديثات استخدام متعددة
3.تم إنهاء الجلسة

**مخرجات CDR:**

```
default_bearer_start,10002,15552222222,222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,0,0,1726570800,310260222222222
default_bearer_update,10002,15552222222,222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,2097152,1048576,1726571100,310260222222222
default_bearer_update,10002,15552222222,222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,8388608,4194304,1726571400,310260222222222
default_bearer_update,10002,15552222222,222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,20971520,10485760,1726571700,310260222222222
default_bearer_end,10002,15552222222,222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,31457280,15728640,1726572000,310260222222222
```

---

### 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 لكل من الناقلين
4.تم حذف الناقل المخصص
5.تم إنهاء الناقل الافتراضي

**مخرجات CDR:**

```
default_bearer_start,10003,15553333333,333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,9,0,0,1726570800,310260333333333
dedicated_bearer_start,10004,15553333333,333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,6,0,0,1726571100,310260333333333
default_bearer_update,10003,15553333333,333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,9,5242880,2097152,1726571400,310260333333333
dedicated_bearer_update,10004,15553333333,333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,6,104857600,1048576,1726571400,310260333333333
dedicated_bearer_end,10004,15553333333,333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,6,209715200,2097152,1726571700,310260333333333
default_bearer_end,10003,15553333333,333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,9,10485760,4194304,1726572000,310260333333333
```

**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 المختلفة (9 مقابل 6) معاملة QoS المختلفة

---

## التكامل

### خط معالجة CDR

### طرق جمع CDR

**1. الجمع القائم على الملفات:**

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

# مراقبة دليل CDR (مثال SGW-C)
inotifywait -m /var/log/sgw_c/cdrs/ -e close_write | while read path action file; do
    # اكتمل تدوير 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/* /var/log/sgw_c/cdrs/* | process_cdr_stream
```

---

## الوثائق ذات الصلة

### الشحن

•**واجهة Diameter Gy** - الشحن عبر ا��إنترنت للمشتركين المدفوعين مسبقًا
•**واجهة Diameter Gx** - التحكم في السياسة وقواعد الشحن في سجلات CDR
•**دليل التكوين** - تكوين الشحن عبر الإنترنت

### مصادر البيانات

•**واجهة PFCP** - تقارير الاستخدام من PGW-U عبر URRs
•**واجهة S5/S8** - معلومات الناقل لسجلات CDR
•**إدارة الجلسة** - دورة حياة الجلسة ومحفزات CDR
•**تخصيص IP لـ UE** - عناوين IP لـ UE المسجلة في سجلات CDR

### العمليات

•**دليل المراقبة** - مقاييس توليد CDR، تتبع تكامل الفوترة
•**تكوين PCO** - سياق معلمات الشبكة لسجلات CDR

---

**مراجع 3GPP:**

•TS 32.251 - شحن مجال Packet Switched (PS)
•TS 29.274 - نظام الحزمة المتطورة (EPS)؛ بروتوكول نفق GPRS المتطور (GTPv2-C)
•TS 29.244 - الواجهة بين عقد التحكم وعقد مستوى المستخدم (PFCP)

# وثائق واجهة قطر Gx

**واجهة وظيفة قواعد السياسة والرسوم (PCRF)**

---

## جدول المحتويات


1. نظرة عامة
2. أساسيات واجهة Gx
3. بروتوكول قطر
4. رسائل التحكم في الائتمان
5. قواعد السياسة والرسوم
6. التكوين
7. تدفقات الرسائل
8. معالجة الأخطاء
9. استكشاف الأخطاء وإصلاحها


---

## نظرة عامة

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

- **التحكم الديناميكي في السياسة** - تنفيذ QoS والسياسة في الوقت الحقيقي
- **التحكم في الرسوم** - تفويض الائتمان وتتبع الاستخدام
- **الوعي بالخدمة** - تمييز حركة المرور على مستوى التطبيق
- **إدارة ملفات تعريف المشتركين** - تطبيق السياسة لكل مستخدم

### Gx في بنية الشبكة

### الوظائف الرئيسية

| الوظيفة | الوصف |
|---|---|
| **توفير السياسة** | يوفر PCRF قواعد PCC التي تحدد كيفية التعامل مع حركة المرور |
| **التحكم في QoS** | التعديل الديناميكي لمعدلات البت ومعلمات QoS |
| **التحكم في الرسوم** | تفويض الائتمان لسيناريوهات الدفع المسبق/اللاحق |
| **التحكم في التدفق** | 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 قطر:** 16777238 (Gx)
- **البروتوكول:** بروتوكول قطر الأساسي (RFC 6733)

## مفهوم الجلسة

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

- تُنشأ عند اتصال UE (CCR-Initial)
- يتم تحديثها خلال مدة الاتصال (CCR-Update) - اختياري
- تُنهى عند فصل 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 قطر لـ PGW-C
- **high32:** أعلى 32 بت من المعرف الفريد
- **low32:** أدنى 32 بت من المعرف الفريد

---

# بروتوكول قطر

## هيكل الرسالة

تكون رسائل قطر مشفرة ثنائيًا بالهيكل التالي:

```
رأس قطر (20 بايت)
├── الإصدار (1 بايت) = 1
├── طول الرسالة (3 بايت)
├── الأعلام (1 بايت)
│   ├── R: طلب (1) / إجابة (0)
│   ├── P: قابل للتوجيه
│   ├── E: خطأ
│   └── T: قد يتم إعادة إرساله
├── رمز الأمر (3 بايت)
├── معرف التطبيق (4 بايت) = 16777238 (Gx)
├── معرف القفز (4 بايت)
```

```
└── معرف النهاية إلى النهاية (4 بايت)

AVPs (أزواج القيمة-الصفة)
├── رأس AVP
│   ├── رمز AVP
│   ├── الأعلام (V, M, P)
│   ├── طول AVP
│   └── معرف البائع (اختياري)
└── بيانات AVP
```

### المفاهيم الرئيسية في قطر

**AVP (زوج القيمة-الصفة):**

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

**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

يستخدم PGW-C **تطبيق التحكم في الائتمان في قطر** (RFC 4006) لـ Gx.

### أنواع الرسائل

### CCR-Initial (طلب التحكم في الائتمان - أولي)

**عندما:** ينشئ UE اتصال PDN جديد

**الغرض:**

•طلب قواعد السياسة والرسوم الأولية
•توفير سياق UE والشبكة لـ PCRF
•الحصول على معلمات QoS وتفويض الرسوم

**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 قطر لـ PGW-C |
| Origin-Realm | 296 | DiamIdent | مجال قطر لـ PGW-C |
| Destination-Realm | 283 | DiamIdent | مجال PCRF |
| CC-Request-Type | 416 | Enumerated | INITIAL_REQUEST = 1 |
| 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 |
| IP-CAN-Type | 1027 | Enumerated | 3GPP-EPS = 5 |
| RAT-Type | 1032 | Enumerated | EUTRAN = 1004 |
| QoS-Information | 1016 | Grouped | QoS الحالي (AMBR) |
| Network-Request-Support | 1024 | Enumerated | إجراءات بدء الشبكة |
| Supported-Features | 628 | Grouped | قائمة ميزات Gx |

**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 (مجمعة)
│   ├── 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 (مجمعة)
│   ├── 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 ردًا على 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 خاصة بالبائع |
| QoS-Information | 1016 | QoS المفوض (قد يختلف عن الطلب) |
| Charging-Rule-Install | 1001 | قواعد PCC للتفعيل |
| Charging-Rule-Definition | 1003 | تعريفات القوا��د المضمنة |
| Default-EPS-Bearer-QoS | 1049 | QoS لحامل الاتصال 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 (مجمعة)
│   ├── APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 50000000 (50 Mbps - مخفض)
│   └── APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 100000000 (100 Mbps - مرتفع)
├── Charging-Rule-Install (مجمعة)
│   ├── "Charging-Rule-Name: "default_internet_rule
│   └── "Charging-Rule-Name: "video_streaming_rule
└── Charging-Rule-Definition (مجمعة)
    ├── "Charging-Rule-Name: "default_internet_rule
    │   ├── QoS-Information: {...}
    │   └── Precedence: 1000
```

## CCR-Termination (طلب التحكم في الائتمان - إنهاء)

**عندما:** يفصل UE أو يتم حذف اتصال PDN

**الغرض:**

•إبلاغ PCRF بإنهاء الجلسة
•سجل المحاسبة/الرسوم 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 ردًا على CCR-T

**الغرض:**

•تأكيد إنهاء الجلسة
•لا تُعاد 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 والرسوم

### هيكل قاعدة PCC

تعرف **قاعدة PCC (ال��حكم في السياسة والرسوم)** كيفية التعامل مع تدفقات الحركة المحددة:

### مكونات القاعدة

**1. اسم القاعدة:**

•معرف فريد للقاعدة

•مثال: "video_streaming_rule"

**2. الأولوية:**

•رقم أقل = أولوية أعلى
•النطاق: 0-65535
•يُستخدم عند تطابق قواعد متعددة

**3. مرشحات التدفق (TFT - قالب تدفق الحركة):**

•تحدد الحزم التي تطابق 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 (خاص بالمشغل)
◦QCI 1: صوت محادثة
◦QCI 5: إشارات IMS
◦QCI 9: الإنترنت الافتراضي
•**ARP (أولوية التخصيص والاحتفاظ):** القدرة على الإزالة
•**MBR/GBR:** معدلات البت القصوى/المضمونة

**5. معلومات الرسوم:**

•**مجموعة التصنيف:** تحدد فئة الرسوم (تستخدمها OCS - انظر واجهة قطر Gy)
•**طريقة القياس:** حجم، وقت، أو بناءً على الحدث
•**التحصيل عبر الإنترنت/التحصيل غير المتصل:** OCS (مدفوع مسبقًا عبر واجهة قطر Gy) مقابل CDRs غير المتصلة (مدفوع لاحقًا - انظر تنسيق CDR للبيانات)

**6. حالة التحكم:**

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

## توفير القاعدة الديناميكية

**يمكن لـ PCRF توفير القواعد بطريقتين:**

**1. القواعد المحددة مسبقًا (حسب الاسم):**

```
Charging-Rule-Install (مجمعة)
"Charging-Rule-Name: "gold_subscriber_internet ──┤
"Charging-Rule-Name: "video_qos_boost ──┘
```

**2. القواعد الديناميكية (تعريف مضمن):**

```
Charging-Rule-Definition (مجمعة)
```

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

### AVP معلومات QoS

#### APN-AMBR (معدل البت الأقصى المجمع):

ينطبق على جميع حاملي الاتصال غير GBR لهذا APN:

```
(مجمعة) QoS-Information
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

---

## التكوين

### تكوين Gx الأساسي

قم بتحرير config/runtime.exs:

```
,config :pgw_c
}% :diameter
# عنوان IP للاستماع لطلبات قطر
,"listen_ip: "0.0.0.0

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

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

# قائمة الأقران PCRF
] :peer_list
}%
# هوية قطر لـ PCRF
```

```
                ,"host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org

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

                                    # عنوان IP لـ PCRF
                                      ,"ip: "10.0.0.30

                  # ما إذا كان PGW-C يبدأ الاتصال بـ PCRF
                             # PCRF يتصل بـ true = PGW-C
                          # انتظر حتى يتصل PCRF = false #
                              initiate_connection: true
                                                  {
                                                    [
                                                      {
```

## عدة أقران PCRF

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 قطر مع اختيار الأقران
- يتم توزيع الطلبات بناءً على التوافر
- الفشل التلقائي عند فشل القرين

### حل اسم المضيف

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

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

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

**تنسيق المجال:**

- يجب أن يكون اسم نطاق صالح
- عادة ما يتطابق مع تنسيق PLMN لـ 3GPP: `epc.mncXXX.mccYYY.3gppnetwork.org`

---

## تدفقات الرسائل

### إنشاء جلسة ناجحة

**ملاحظة:** يتم تحويل معلمات QoS من PCRF إلى QERs (قواعد تنفيذ QoS) ويتم برمجتها في PGW-U عبر PFCP. انظر واجهة PFCP للحصول على تفاصيل QER.

### تحديث السياسة (بدء الشبكة)

### إنهاء الجلسة

---

## معالجة الأخطاء

### رموز النتائج

يتعامل PGW-C مع رموز نتائج قطر 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) |

| الرمز | الاسم | إجراء PGW-C |
|---|---|---|
| 5140 | DIAMETER_ERROR_INITIAL_PARAMETERS | تسجيل الخطأ، إعادة المحاولة أو الفشل |
| 5003 | DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED | رفض الجلسة (غير مفوض) |

**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 الخاصة بالبائع:

```
Experimental-Result (مجمعة)
├── Vendor-Id: 10415 (3GPP)
└── Experimental-Result-Code: <رمز خاص بالبائع>
```

**رموز 3GPP التجريبية الشائعة:**

| الرمز | الاسم | المعنى |
|---|---|---|
| 5065 | IP_CAN_SESSION_NOT_AVAILABLE | لا يمكن لـ PCRF إنشاء جلسة |
| 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 المهلة المكونة (مثل 5 ثوانٍ)
2. إذا لم يتم استلام CCA:
   - سجل: "مهلة CCR-Initial لجلسة ID-: ..."
   - استجب لـ SGW-C بسبب الخطأ
   - تنظيف الموارد المخصصة
3. يتلقى SGW-C: Create Session Response (السبب: عدم استجابة النظير
البعيد)
```

**استجابة الخطأ لـ SGW-C:**

ملف: lib/session/impl/message_handlers.ex/

```
{error, :credit_control_initial_request_timeout:} <-
                    )Procedures.do_gtp_c_error_response
                                          ,from
                                ,create_session_response:
```

```
                                                    ,seq_num
                                    remote_peer_not_responding:
                                                            (
```

**سيناريوهات الفشل**

**السيناريو 1: يرفض PCRF الجلسة (المستخدم غير معروف)**

**السيناريو 2: PCRF غير متاح مؤقتًا**

---

# استكشاف الأخطاء و��صلاحها

## المشكلات الشائعة

### 1. فشل اتصال نظير قطر

**الأعراض:**

- سجل: "نظير قطر غير متصل"
- لم يتم إرسال CCR-Initial

**الأسباب المحتملة:**

- PCRF غير متاح
- IP غير صحيح لـ PCRF في التكوين
- جدار الحماية يحظر منفذ قطر (3868)
- هويات قطر غير صحيحة (host/realm)

**الحل:**

```
# اختبار الاتصال الشبكي
<ping <pcrf_ip>

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

# التحقق من تكوين هوية قطر
# 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. مهلات CCR-Initial

**الأعراض:**

•فشل طلب إنشاء الجلسة
•سجل: "مهلة CCR-Initial"

**الأسباب المحتملة:**

•PCRF مزدحم
•تأخر الشبكة
•PCRF لا يستجيب لـ Session-ID هذا

**الحل:**

1.تحقق من سجلات PCRF للخطأ
2.تحقق من أن PCRF يعالج الطلبات
3.تحقق من تأخر الشبكة: <ping <pcrf_ip>
4.زيادة المهلة إذا كان تأخر الشبكة مرتفعًا

### 3. الجلسات المرفوضة من قبل PCRF

**الأعراض:**

•CCA-Initial مع Result-Code != 2001
•فشل Create Session Response

**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 مزدحم جدًا | إعادة المحاولة أو إضافة سعة PCRF |

**تحقق من السجلات:**

```
# سجلات PGW-C تظهر:
Diameter Gx error: Result-Code 5030 (DIAMETER_USER_UNKNOWN) [error]
                        IMSI 310260999999999 rejected by PCRF [error]
```

### 4. عدم تطبيق QoS

**الأعراض:**

•تم إنشاء الجلسة ولكن QoS خاطئ
•معدلات البت لا تتطابق مع القيم المتوقعة

**خطوات تصحيح الأخطاء:**

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 قطر

**الأعراض:**

•رسائل قطر لا تصل إلى PCRF
•سجل: "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
      PGW-C مجال #  ,"realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org
                                                  ] :peer_list
                                                        }%
عادة) PCRF مجال #  "realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org
                                                  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="cca"}[5m])

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

# عدد الجلسات Gx
session_id_registry_count

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

### أمثلة على التنبيهات:

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

# تنبيه على مهلة Gx
alert: GxTimeout -
expr: rate(gx_inbound_errors_total{error_type="timeout"}[5m]) >
0.05
for: 2m
:annotations
  :summary "تحدث مهلات Gx"

# تنبيه على رفض الجلسة
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 قطر التفصيلي:

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

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

**ابحث عن:**

- `[debug] Sending CCR-Initial for Session-ID: ...`
- `[debug] Received CCA-Initial: Result-Code 2001`
- `[error] Diameter error: ...`

---

## ��اجهة الويب - مراقبة نظير قطر

يتضمن OmniPGW واجهة ويب في الوقت الحقيقي لمراقبة اتصالات نظير قطر والحالة.

### صفحة أقران قطر

**الوصول:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/diameter`

**الغرض:** مراقبة اتصال Gx لنظير PCRF في الوقت الحقيقي

**الميزات:**

**1. نظرة عامة على اتصال النظير**

- **عدد المتصلين** - عدد أقران PCRF مع اتصال نشط
- **عدد المنفصلين** - عدد الأقران المكونة ولكن غير المتصلة
- يتم تحديثها تلقائيًا كل 1 ثانية (أسرع تحديث بين جميع الصفحات)

**2. معلومات الحالة لكل نظير** لكل نظير PCRF مكون:

- **المضيف** - هوية قطر (Origin-Host)
- **عنوان IP** - IP لـ PCRF
- **المنفذ** - منفذ قطر (الافتراضي 3868)
- **الحالة** - متصل (أخضر) / منفصل (أحمر)
- **النقل** - TCP أو SCTP
- **بدء الاتصال** - من يبدأ (PGW أو PCRF)
- **المجال** - مجال قطر
- **اسم المنتج** - معرف منتج PCRF (إذا تم الإعلان عنه)
- **معرفات التطبيقات** - التطبيقات المدعومة من قطر (مثل 16777238 = Gx)

**3. تفاصيل قابلة للتوسيع** انقر على أي صف نظير لرؤية:

•التكوين الكامل للنظير
•تفاصيل تبادل القدرات (CER/CEA)
•الميزات المدعومة
•الحالة الكاملة للاتصال

## حالات الاستخدام التشغيلية

### مراقبة اتصال PCRF:

```
1. افتح صفحة قطر في المتصفح
2. تحقق من أن جميع أقران PCRF تظهر "متصل"
3. تحقق من أن بدء الاتصال يتطابق مع التكوين
4. تحقق من أن معرفات التطبيقات تشمل (16777238) Gx
```

### استكشاف مشكلات فشل إنشاء الجلسات (مشكلات Gx):

```
1. فشلت جلسات المستخدم مع أخطاء "مهلة PCRF"
2. افتح صفحة قطر
3. تحقق من حالة النظير:
   - منفصل؟
     → تحقق من الاتصال الشبكي
     → تحقق من أن PCRF قيد التشغيل
     → تحقق من قواعد جدار الحماية لمنفذ TCP 3868
   - متصل ولكن الجلسات تفشل؟
     → المشكلة على مستوى التطبيق (تحقق من السجلات)
     → قد يرفض PCRF المشتركين
```

### التحقق من تكوين قطر:

```
1. بعد تكوين نظير PCRF جديد
2. افتح صفحة قطر
3. تحقق من ظهور النظير في القائمة
4. تحقق من تغيير الحالة إلى "متصل"
5. قم بتوسيع النظير للتحقق من:
   - أن المجال يتطابق مع التكوين
   - أن معرفات التطبيقات تشمل Gx
   - أن اسم المنتج يظهر معرف PCRF
```

### مراقبة الفشل:

```
السيناريو: فشل PCRF الأساسي
1. تظهر صفحة قطر "منفصل" للقرين الأساسي
2. تحقق من أن PCRF الاحتياطي لا يزال "متصلًا"
3. تستخدم الجلسات الجديدة تلقائيًا الاحتياطي
4. عندما يتعافى الأساسي، تعود الحالة إلى "متصل"
```

### الكشف عن مشكلات توجيه قطر:

•يظهر النظير "متصل" ولكن المجال خاطئ

•لا تشمل معرفات التطبيقات (16777238) Gx
•لا يتطابق اسم المنتج مع PCRF المتوقع

**تحديد عدم تطابق التكوين:**

```
تظهر واجهة الويب:
  بدء الاتصال: "النظير يبدأ"
لكن التكوين يقول:
initiate_connection: true

هذا يشير إلى:
  - يحاول OmniPGW الاتصال
  - لكن PCRF أيضًا يبدأ
  - قد يتسبب ذلك في حالات سباق الاتصال
```

**المزايا:**

•**أسرع معدل تحديث** - تحديثات كل 1 ثانية
•**حالة الاتصال المرئية** - إشارة فورية حمراء/خضراء
•**لا حاجة لأدوات قطر** - لا حاجة لأدوات CLI الخاصة بالقطر
•**التكوين المرئي للنظير** - تحقق من الإعدادات دون التحقق من ملفات التكوين
•**تفاصيل على مستوى التطبيق** - رؤية التطبيقات المدعومة من قطر
•**التحقق من المجال** - تأكيد تكوين توجيه قطر

### التكامل مع المقاييس

بينما توفر واجهة الويب الحالة في الوقت الحقيقي، اجمعها مع Prometheus للحصول على:

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

واجهة الويب = "هل تعمل بشكل صحيح الآن؟" المقاييس = "كيف كانت تعمل على مر الزمن؟"

---

## الوثائق ذات الصلة

### التكوين والسياسة

•**دليل التكوين** - تكوين قطر، إعداد نظير PCRF
•**واجهة PFCP** - تنفيذ QoS عبر QERs من قواعد PCC
•**إدارة الجلسات** - دورة حياة الجلسة مع تكامل السياسة
•**QoS وإدارة الحامل** - تكوين QoS المفصل وإعداد الحامل

### تكامل الرسوم

•**واجهة قطر Gy** - التحصيل عبر الإنترنت الذي يتم تحفيزه بواسطة قواعد PCC

- **تنسيق CDR للبيانات** - سجلات التحصيل غير المتصلة مع معلومات السياسة
- **تكوين PCO** - تسليم P-CSCF للتحكم في السياسة IMS

## العمليات

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

---

**العودة إلى دليل العمليات**

# شحن القطر عبر الإنترنت (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. تحكم شحن الحامل
7. تحكم الائتمان لعدة خدمات
8. التكوين
9. تدفقات الرسائل
10. معالجة الأخطاء
11. التكامل مع Gx
12. استكشاف الأخطاء وإصلاحها


---

## نظرة عامة

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

- **الشحن المدفوع مسبقًا** - تفويض الائتمان والخصم في الوقت الحقيقي
- **التحكم في الائتمان في الوقت الحقيقي** - منح الحصة قبل تقديم الخدمة
- **الشحن الفائم 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 |
| **تحقق 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** | عالٍ (متطلبات الوقت الحقيقي) | أقل (معالجة دفعات) |
| **تأثير المستخدم** | يتم رفض الخدمة إذا لم يكن هناك ائتمان | الخدمة متاحة دائمًا |

**انظر أيضًا:** تنسيق CDR للبيانات لسجلات الشحن غير المتصل (الفواتير المدفوعة لاحقًا)

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

### Gy في معمارية الشبكة

### الوظائف الرئيسية

| الوظيفة | الوصف |
|---|---|
| **تفويض الائتمان** | طلب حصة من OCS قبل السماح بحركة المرور |
| **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 |

---

## معمارية الشحن 3GPP

### 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. **توليد أحداث الشحن** - تحفيز طلبات الائتمان
5. **فرض التحكم في الائتم��ن** - حظر حركة المرور عند استنفاد الحصة

### وظيفة الشحن عبر الإنترنت (OCF)

ينفذ 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

كل اتصال PDN لـ UE يتطلب شحنًا عبر الإنترنت له **جلسة Gy/Ro** يتم تحديدها بواسطة **Session-ID**. هذه الجلسة:

- تُنشأ عندما يتطلب الحامل شحنًا عبر الإنترنت (CCR-Initial)
- تُحدث عندما يتم استهلاك الحصة (CCR-Update)
- تُنهى 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:** 32 بت العليا من المعرف الفريد
- **low32:** 32 بت السفلى من المعرف الفريد
- **optional:** معرف إضافي (مثل "gy" للتمييز عن Gx)

---

## رسائل التحكم في الائتمان

### أنواع الرسائل

### CCR-Initial (طلب التحكم في الائتمان - أولي)

**عندما:** ينشئ UE اتصال PDN ويتطلب الحامل شحنًا عبر الإنترنت

**الغرض:**

- طلب تفويض الائتمان الأولي من OCS
- حجز حصة 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 | INITIAL_REQUEST = 1 |
| 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 | الحصة 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 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)

**م��سلة بواسطة:** OCS ردًا على CCR-I

**الغرض:**

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

**المفاتيح AVPs المستلمة بواسطة PGW-C:**

| اسم AVP | رمز AVP | الوصف |
|---|---|---|
| Result-Code | 268 | النجاح (2001) أو رمز الخطأ |
| 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 لكل خدمة |
| Final-Unit-Indication | 430 | الإجراء عند استنفاد الحصة |
| Volume-Quota-Threshold | - | العتبة لإعادة التفويض |

**مثال 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 (منح 10 ميغا بايت)
│   ├── Validity-Time: 3600 (الحصة صالحة لمدة ساعة واحدة)
│   └── Volume-Quota-Threshold: 8000000 (إعادة التفويض عند استخدام 8 ميغا بايت، 80%)
```

### 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 التعرفة

**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 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 ميغا بايت مستخدمة حتى الآن)
│   └── Requested-Service-Unit (Grouped)
│       └── CC-Total-Octets: 10000000 (طلب 10 ميغا بايت 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
- يتم إنهاء الجلسة لأي سبب

**الغرض:**

- تقرير الاستخدام النهائي
- إغلاق جلسة Gy/Ro
- التسوية النهائية

**الاختلافات الرئيسية:**

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

**مثال 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 ميغابايت 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 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:

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

### إدارة عتبة الحصة

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

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

**مثال على التدفق:**

```
1. يمنح OCS حصة 10 ميغابايت مع عتبة 80% (8 ميغابايت)
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 بايت (10 ميغابايت)
Volume-Quota-Threshold: 8000000 بايت (8 ميغابايت)

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

**مراقبة PGW-C:**

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

### الإشارة إلى الوحدة النهائية

**ماذا يحدث عندما ينتهي الائتمان؟**

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

| Final-Unit-Action | القيمة | سلوك PGW-C |
|---|---|---|
| **TERMINATE** | 0 | حظر كل 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 (الوحدة النهائية 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

---

## تحكم شحن الحامل

### ما الذي يتحكم في ما إذا كان يتم شحن الحامل؟

**مواصفة 3GPP:** TS 23.203، TS 29.212، TS 32.251

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

**تدفق قرار الشحن:**

### قاعدة PCC مع معلومات الشحن

**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 للشحن في قواعد PCC:**

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

### مصفوفة قرار شحن الحامل

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

### مجموعات تصنيف متعددة

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

**سيناريو المثال:**

```
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 عدة أقسام MSCC (تحكم الائتمان لعدة خدمات):

```
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] → منح: 10 ميغابايت
    ├── [مجموعة التصنيف: 200] → منح: 5 ميغابايت (الفيديو أ��ثر تكلفة)
    └── [مجموعة التصنيف: 300] → منح: 60 ثانية
```

### فرض الشحن لكل خدمة

**PGW-C يتتبع الحصة لكل مجموعة تصنيف:**

```
# 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 الائت��ان لعدة خدمات

### MSCC (تحكم الائتمان لعدة خدمات) AVP

**الغرض:** تجميع معلومات الشحن لخدمة/مجموعة تصنيف معينة

**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) ──┤
[Requested-Service-Unit نفس الهيكل مثل] ──┘            │
              Granted-Service-Unit (Grouped, AVP 431) ──┤
[Requested-Service-Unit نفس الهيكل مثل] ──┘            │
                      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=البيانات، 2=الصوت، 3=الرسائل القصيرة | 100=عادي، 200=مميز |
| **الدقة** | تصنيف واسع | تعرفة محددة |
| **المطلوب** | اختياري | مطلوب للشحن |
| **التوافق** | قد يتوافق مع عدة RGs | تعرفة واحدة في OCS |

**مثال:**

```
Service-Identifier: 1 (خدمة البيانات)
Rating-Group: 100 ($0.01/ميغابايت - البيانات القياسية) ──┤
Rating-Group: 200 ($0.05/ميغابايت - البيانات المميزة) ──┘

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

---

## التكوين

### تكوين Gy الأساسي

قم بتحرير `config/runtime.exs`:

```
  config :pgw_c,
    online_charging: %{
      # تمكين أو تعطيل الشحن عبر الإنترنت عالميًا
      enabled: true,

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

      # الحصة الافتراضية المطلوبة (بايت) إذا لم يحددها PCRF
      default_requested_quota: 10_000_000,  # 10 ميغابايت

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

      # الإجراء عند حدوث مهلة OCS
      # الخيارات: :allow, :block
      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 للانتظار لاستجابة CCA من OCS
- الموصى به: 3000-5000 مللي ثانية

**`default_requested_quota`**

- الحصة الافتراضية المطلوبة إذا لم يحددها PCRF
- القيم النموذجية: 1-100 ميغابايت

**`quota_threshold_percentage`**

- تحفيز CCR-Update عندما يتم استهلاك هذه النسبة المئوية من الحصة
- الموصى 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,
    online_charging: %{
      enabled: true,
      timeout_action: :block,
      no_credit_action: :terminate,
      quota_threshold_percentage: 0.8
    }
```

**الاختبار/التطوير:**

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

**الهجين (بعض المدفوعين مسبقًا، وبعض المدفوعين لاحقًا):**

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

---

## تدفقات الرسائل

**جلسة ناجحة مع الشحن عبر الإنترنت**

**إعادة تفويض الحصة (CCR-Update)**

**استنفاد الائتمان (الوحدة النهائية)**

**معالجة مهلة OCS**

---

## معالجة الأخطاء

**رموز النتائج**

**رموز النجاح:**

| الرمز | الاسم | الإجراء |
|---|---|---|
| 2001 | DIAMETER_SUCCESS | الاستمرار مع الحصة الممنوحة |

**الأخطاء 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 |

**الأخطاء 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**

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

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

**مثال:**

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

**سلوك PGW-C:**

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

---

## التكامل مع Gx

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

**العلاقة بين Gx و Gy**

**تدفق التكامل**

**1. إعداد الحامل:**

```
يتلقى PGW-C طلب إنشاء جلسة
    ↓
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 الجواب نعم:
  إرسال CCR-I إلى OCS (Gy) مع مجموعة التصنيف
    ↓
  استلام CCA-I مع الحصة
    ↓
  إذا تم منح الحصة: تابع
  إذا لم يكن هناك ائتمان: رفض الحامل
إذا كان الجواب لا:
  تابع بدون شحن عبر الإنترنت
```

**2. تحديث السياسة الديناميكية (RAR من PCRF):**

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

**خطوات التصحيح:**

1.تحق�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:**

•يواصل المستخدم استخدام البيانات بعد نفاد الرصيد
•لم يتم إرسال CCR-Update

**الأسباب المحتملة:**

•URR (قاعدة تقرير الاستخدام) غير مثبتة في PGW-U
•العتبة غير مكونة 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 تصنيف غير معروفة"
•تفشل الجلسات

**السبب:**

•مجموعة التصنيف في CCR-I لا تتطابق مع تكوين OCS
•PCRF زود مجموع�تصنيف غير صالحة

**الحل:**

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

---

## 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 مهلة OCS
rate(gy_timeout_total[5m])

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

**التنبيهات**

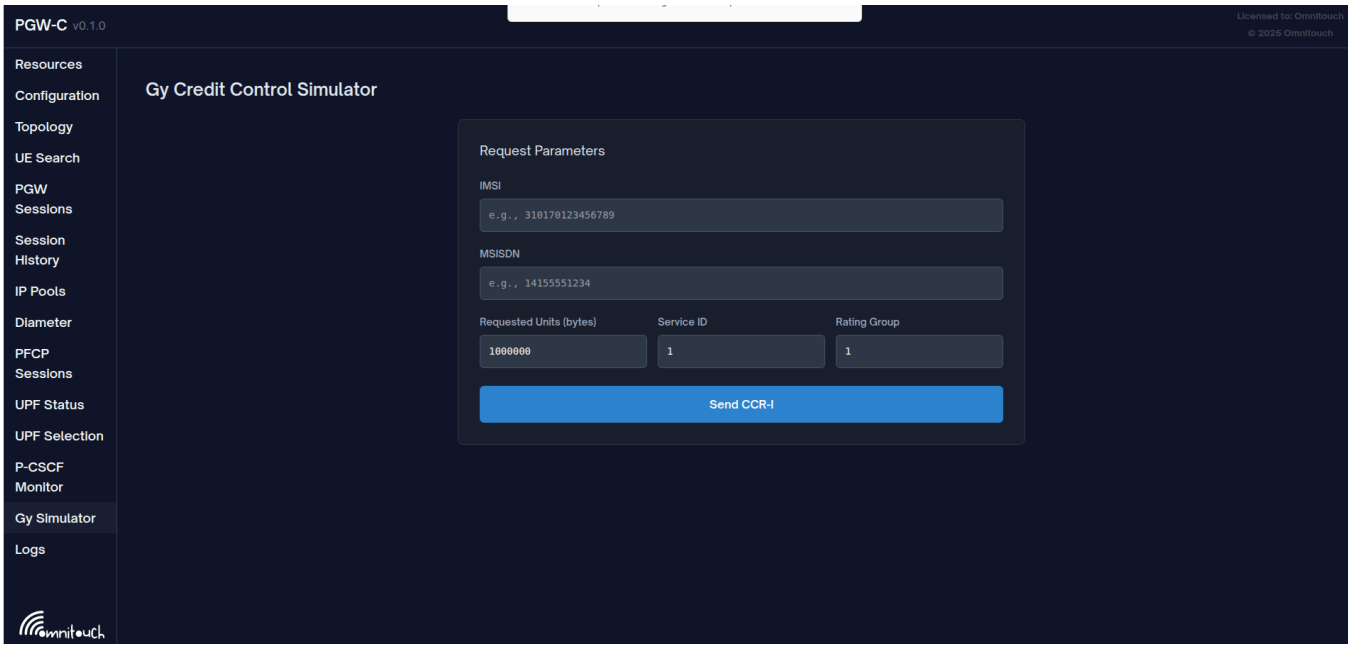
```
# تنبيه على ارتفاع معدل أخطاء Gy
- alert: GyErrorRateHigh
  expr: rate(gy_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "تم الكشف عن ارتفاع معدل أخطاء Gy"

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

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

---

## واجهة المستخدم على الويب - محاكي التحكم في الائتمان Gy

يتضمن OmniPGW محاكي Gy/Ro مدمج لاختبار وظيفة الشحن عبر الإنترنت دون الحاجة إلى OCS خارجي.

**الوصول:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/gy_simulator`




**الغرض:** اختبار ومحاكاة سيناريوهات الشحن عبر الإنترنت للمشتركين المدفوعين مسبقًا

**الميزات:**

**1. معلمات الطلب**

- **IMSI** - هوية المشترك (مثل "310170123456789")
- **MSISDN** - رقم الهاتف (مثل "14155551234")
- **الوحدات المطلوبة** - مقدار الحصة المطلوبة (بالبايت)
- **معرف الخدمة** - معرف نوع الخدمة
- **مجموعة التصنيف** - فئة الشحن

**2. محاكاة CCR-I**

- إرسال CCR-Initial (طلب التحكم في الائتمان الأولي)
- يحاكي طلب الحصة الأولية أثناء إنشاء الجلسة
- يختبر تكامل OCS دون حركة مرور حية

**3. حالات الاستخدام**

- **اختبار التطوير** - اختبار واجهة Gy أثناء التطوير
- **تكامل OCS** - التحقق من الاتصال واستجابات OCS
- **اختبار الحصة** - اختبار سيناريوهات حصة مختلفة
- **استكشاف الأخطاء** - تصحيح مشكلات الشحن
- **عرض توضيحي** - عرض الشحن عبر الإنترنت لأصحاب المصلحة

**كيفية الاستخدام:**

```
1. أدخل تفاصيل المشترك (IMSI, MSISDN)
2. اضبط الوحدات المطلوبة (مثل 1000000 لـ 1 ميغابايت)
3. تكوين معرف الخدمة ومجموعة التصنيف
4. انقر على "إرسال CCR-I"
5. عرض استجابة OCS والحصة الممنوحة
```

**الفوائد:**

- لا حاجة لـ OCS خارجي أثناء الاختبار
- تحقق سريع من منطق الشحن
- بيئة اختبار آمنة
- مفيدة للتدريب والعروض التوضيحية

---

## 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 المتصل للفواتير المدفوعة لاحقًا
- **دليل التكوين** - معلمات تكوين الشحن عبر الإنترنت الكاملة

### إدارة الجلسات

- **إدارة الجلسات** - دورة حياة جلسة PDN، إدارة الحامل
- **واجهة PFCP** - تقرير الاستخدام من PGW-U عبر URRs
- **واجهة S5/S8** - إعداد وتفكيك 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

# دليل مراقبة ومقاييس OmniPGW

**تكامل بروميثيوس والمراقبة التشغيلية**

*بواسطة خدمات شبكة أومنيتاتش*

---

## جدول المحتويات


1. نظرة عامة
2. نقطة نهاية المقاييس
3. المقاييس المتاحة
4. تكوين بروميثيوس
5. لوحات جرافانا
6. التنبيهات
7. مراقبة الأداء
8. استكشاف مشكلات المقاييس


---

## نظرة عامة

يوفر OmniPGW نهجين تكميليين للمراقبة:

**1. واجهة ويب في الوقت الحقيقي** (مغطاة بإيجاز هنا، مفصلة في وثائق الواجهة المعنية)

- عارض الجلسات الحية
- حالة نظير PFCP
- الاتصال بنظير Diameter
- فحص الجلسات الفردية

**2. مقاييس بروميثيوس** (التركيز الرئيسي في هذه الوثيق��)

- الاتجاهات التاريخية والتحليل
- التنبيهات والإشعارات
- مقاييس الأداء
- تخطيط السعة

تتركز هذه الوثيقة على **مقاييس بروميثيوس**. لمزيد من التفاصيل حول واجهة الويب، راجع:

- إدارة الجلسات - واجهة الويب
- واجهة PFCP - واجهة الويب
- Diameter Gx - واجهة الويب

### 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
- **استكشاف 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: "0.0.0.0  # ربط بجميع الواجهات
,port: 9090             # منفذ HTTP
 registry_poll_period_ms: 5_000  # فترة الاستطلاع
                                {
```

### الوصول إلى المقاييس

**نقطة نهاية HTTP:**

```
http://<omnipgw_ip>:<port>/metrics
```

**مثال:**

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

### تنسيق الإخراج

تُعرض المقاييس بتنسيق **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) |
| session_id_registry_count | Gauge | الجلسات النشطة Gx (عدد معرف الجلسة Diameter) |
| address_registry_count | Gauge | عناوين IP المخصصة لـ UE |
| charging_id_registry_count | Gauge | معرفات الشحن النشطة (راجع تنسيق CDR للبيانات لسجلات الفوترة CDR) |

**الاستخدا:**

```
# الجلسات النشطة الحالية
teid_registry_count

# معدل إنشاء الجلسات (في الثانية)
```

```
rate(teid_registry_count[5m])

# ذروة الجلسات في الساعة الماضية
max_over_time(teid_registry_count[1h])
```

### عدادات الرسائل

**رسائل S5/S8 (GTP-C):**

| اسم المقياس | النوع | التسميات | 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 |

**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 |

**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 |

**أنواع الرسائل:**

- cca (Credit-Control-Answer)
- ccr_initial
- ccr_termination

### مقاييس الكمون

**مدة معالجة الرسائل:**

| اسم المقياس | النوع | التسميات | الوصف |
|---|---|---|---|
| s5s8_inbound_handling_duration | Histogram | request_message_type | زمن معالجة رسالة S5/S8 |
| sxb_inbound_handling_duration | Histogram | request_message_type | زمن معالجة رسالة PFCP |
| gx_inbound_handling_duration | Histogram | request_message_type | زمن معالجة رسالة Diameter |

**الأحجام (ميكروثانية):**

- القيم النموذجية: 100µs، 500µs، 1ms، 5ms، 10ms، 50ms، 100ms، 500ms، 1s، 5s

**الاستخدام:**

```
# الكمون في النسبة المئوية 95 لجلسات S5/S8
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# متوسط الكمون PFCP
rate(sxb_inbound_handling_duration_sum[5m])
/ rate(sxb_inbound_handling_duration_count[5m])
```

### 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 الاستطلاع

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

```yaml
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:**

```yaml
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 الاستطلاع:

```
# 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 جرافانا

### إعداد اللوحة

#### 1. إضافة مصدر بيانات بروميثيوس:

```
التكوين ← مصادر البيانات ← إضافة مصدر بيانات ← بروميثيوس
URL: http://prometheus:9090
```

#### 2. استيراد اللوحة:

قم بإنشاء لوحة جديدة أو استيراد من JSON.

### اللوحات الرئيسية

#### اللوحة 1: الجلسات النشطة

```
# استعلام
teid_registry_count

# نوع اللوحة: Gauge
# العتبات:
#   الأخضر: < 5000
#   الأصفر: 5000-8000
#   الأحمر: > 8000
```

#### اللوحة 2: معدل الجلسات

```
# استعلام
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])

# نوع اللوحة: Graph
# الوحدة: طلبات/ثانية
```

#### اللوحة 3: استخدام مجموعة IP

```
# استعلام (لشبكة /24 مع 254 IP)
100 * (address_registry_count / 254)

# نوع اللوحة: Gauge
# الوحدة: النسبة المئوية (0-100)
```

```
# العتبات:
#   الأخضر: < 70%
#   الأصفر: 70-85%
#   الأحمر: > 85%
```

**اللوحة 4: كمون الرسالة (النسبة المئوية 95)**

```
# استعلام
,histogram_quantile(0.95

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[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: حالة ارتباط PFCP**

```
# استعلام
pfcp_peer_associated

# نوع اللوحة: Stat
# الخرائط:
#   1 = "UP" (أخضر)
#   0 = "DOWN" (أحمر)
```

**مثال كامل للوحة**

```
}
} :"dashboard"
,"title": "OmniPGW - لوحة العمليات"
] :"panels"
}
,"الجلسات النشطة" :"title"
] :"targets"
}
,"expr": "teid_registry_count"
"الجلسات النشطة" :"legendFormat"
{
,[
"type": "graph"
,{
}
,"معدل إنشاء الجلسات" :"title"
] :"targets"
}
"expr": "
,""rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type=\"create_session_request\"}[5m])
"جلسات/ثانية" :"legendFormat"
{
,[
"type": "graph"
,{
}
,"استخدام مجموعة IP" :"title"
```

```
                                                    ] :"targets"
                                                      }
                ,"expr": "(address_registry_count / 254) * 100"
                                  "% استخدام المجموعة" :"legendFormat"
                                                     {
                                                      ,[
                                            "type": "gauge"
                                                        ,{
                                                       }
                                    ,"(p95) كمون الرسالة" :"title"
                                                    ] :"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:

```
                                                        :groups
                                                  name: omnipgw -
                                                  interval: 30s
                                                        :rules
                                          # تنبيهات عدد الجلسات
                                    alert: OmniPGW_HighSessionCount -
                                   expr: teid_registry_count > 8000
                                                     for: 5m
                                                     :labels
                                              severity: warning
                                                     :annotations
                                  "OmniPGW عدد الجلسات العالية في" :summary
                "(8000 :العتبة) جلسات نشطة description: "{{ $value }}"

                                 alert: OmniPGW_SessionCountCritical -
                                    expr: teid_registry_count > 9500
                                                     for: 2m
                                                     :labels
                                            severity: critical
                                                     :annotations
                                  "OmniPGW عدد الجلسات الحرجة في" :summary
                "جلسات نشطة تقترب من السعة description: "{{ $value }}"

                                                 # تنبيهات مجموعة IP
                                  alert: OmniPGW_IPPoolUtilizationHigh -
                        expr: (address_registry_count / 254) * 100 > 80
                                                     for: 10m
                                                     :labels
                                              severity: warning
                                                     :annotations
```

```
      summary: "استخدام مجموعة IP في OmniPGW مرتفع"
      description: "مجموعة {{ $value }} IP% 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 العالي 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 PFCP
  - alert: OmniPGW_PFCPAssociationDown
    expr: pfcp_peer_associated == 0
    for: 1m
    labels:
      severity: critical
    annotations:
      summary: "نظير {{ $labels.peer }} PFCP غير متصل"
      description: "فقدان ارتباط PFCP"

  - alert: OmniPGW_PFCPHeartbeatFailures
    expr: pfcp_consecutive_heartbeat_failures > 2
    for: 30s
    labels:
      severity: warning
    annotations:
      summary: "فشل نبضات PFCP"
      description: "{{ $value }} فشل متتالي لـ {{ $labels.peer }}"

# 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 الرسالة العالي في OmniPGW"
      description: "كمون (> 100ms) {{ $value }}µs p95"

# تنبيهات النظام
  - alert: OmniPGW_HighMemoryUsage
```

```
      expr: vm_memory_total > 2000000000
        for: 10m
        labels:
          severity: warning
        annotations:
          summary: "استخدام الذاكرة العالي 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 العالي في OmniPGW"
          description: "{{ $value }} عمليات Erlang (احتمال تسرب)"
```

### 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 الجلسات:**

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])
```

**معدل إنهاء الجلسات:**

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}[5m])
```

**نمو الجلسات الصافي:**

```
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])
)
```

**تفصيل الكمون حسب نوع الرسالة:**

```
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
) by (request_message_type)
```

### اتجاه السعة

**اتجاه نمو الجلسات (24 ساعة):**

```
teid_registry_count -
teid_registry_count offset 24h
```

**السعة المتبقية:**

```
# للسعة القصوى 10,000 جلسة
teid_registry_count - 10000
```

**الوقت حتى نفاد السعة:**

```
# الأيام حتى نفاد السعة (استنادًا إلى معدل النمو لمدة ساعة)
(teid_registry_count - 10000)
/
(rate(teid_registry_count[1h]) * 86400)
```

---

## استكشاف مشكلات المقاييس

### تحديد المشكلات

**المشكلة: معدل رفض الجلسات العالي**

**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 الجلسات ببطء**

**استعلام:**

```
,histogram_quantile(0.95

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])
(
```

**الإجراء:**

•تحقق من كمون Gx (زمن استجابة PCRF)
•تحقق من كمون PFCP (زمن استجابة PGW-U)
•مراجعة استخدام موارد النظام

**المشكلة: تسرب الذاكرة مشكوك فيه**

**استعلامات:**

```
# اتجاه الذاكرة الإجمالية
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 ذروة الجلسات:**

```
max_over_time(teid_registry_count[24h])
```

**مقارنة الحالي مع التاريخي:**

```
/ 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 الاستطلاع:** 15-30 ثانية (توازن بين الدقة والتحميل)

2. **الاحتفاظ:** 15+ يومًا للتحليل التاريخي
3. **التسميات:** استخدم تسميات متسقة (المثيل، البيئة، الموقع)

### تصميم اللوحة

1. **لوحة نظرة عامة** - مؤشرات الأداء الرئيسية على مستوى عالٍ لمركز العمليات
2. **لوحات تفصيلية** - تحليل عميق لكل واجهة
3. **لوحة 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 دليل التشغيل في أوصاف التنبيه

---

## الوثائق ذات الصلة

### التكوين والإعداد

- **دليل التكوين** - تكوين مقاييس بروميثيوس، إعداد واجهة الويب
- **دليل استكشاف الأخطاء** - استخدام المقاييس لاستكشاف الأخطاء

### مقاييس الواجهة

- **واجهة PFCP** - مقاييس جلسة PFCP، مراقبة صحة UPF
- **واجهة Diameter Gx** - مقاييس سياسة Gx، تتبع تفاعل PCRF
- **واجهة Diameter Gy** - مقاييس شحن Gy، تتبع الحصص، مهلات OCS
- **واجهة S5/S8** - مقاييس رسائل GTP-C، تواصل SGW-C

### المراقبة المتخصصة

- **مراقبة P-CSCF** - مقاييس اكتشاف P-CSCF، صحة IMS
- **إدارة الجلسات** - الجلسات النشطة، مقاييس دورة حياة الجلسة
- **تخصيص IP لـ UE** - مقاييس استخدام مجموعة IP

---

**العودة إلى دليل العمليات**

---

# خيارات تكوين البروتوكول (PCO)

**معلمات الشبكة المقدمة إلى UE**

*OmniPGW من خدمات شبكة Omnitouch*

---

## نظرة عامة

**PCO (خيارات تكوين البروتوكول)** هي معلمات الشبكة المرسلة إلى UE (الجهاز المحمول) أثناء إنشاء اتصال PDN. تمكن هذه المعلمات UE من الوصول إلى خدمات الشبكة مثل DNS وIMS، وتكوين إعدادات الشبكة.

**عناصر معلومات PCO:**

| اسم IE | معرف الحاوية | الوصف | مطلوب |
|---|---|---|---|
| عنوان خادم DNS IPv4 | 0x000D | DNS الأساسي | نعم |
| عنوان خادم DNS IPv4 | 0x000D | DNS الثانوي | اختياري |
| عنوان P-CSCF IPv4 | 0x000C | P-CSCF لـ IMS | اختياري (IMS) |
| MTU رابط IPv4 | 0x0010 | الحد الأقصى لوحدة النقل | موصى به |
| عنوان خادم NBNS IPv4 | 0x0011 | خادم اسم NetBIOS | اختياري |

---

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

    # عناوين P-CSCF لـ IMS/VoLTE (اختياري)
    p_cscf_ipv4_address_list: [],

    # اكتشاف P-CSCF الديناميكي (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
                                                        {
```

### موفرو DNS الشائعون:

| الموفر | الأساسي | الثانوي |
|---|---|---|
| **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
                                  "10.0.0.51"  # P-CSCF الـثانوي
                                                          [
                                                            {
```

### P-CSCF (وظيفة التحكم في جلسة المكالمات الوكيلة):

- نقطة الدخول لإشارات IMS
- مطلوبة لـ VoLTE وVoWiFi وRCS
- يستخدم UE SIP عبر هذا الخادم

## اكتشاف P-CSCF الديناميكي

### اكتشاف P-CSCF القائم على DNS:

يدعم OmniPGW اكتشاف P-CSCF الدينا��يكي عبر استعلامات DNS كما هو محدد في 3GPP TS 23.003 وTS 24.229. عند التمكين، يمكن لـ PGW-C استعلام DNS عن عناوين P-CSCF بدلاً من استخدام التكوين الثابت.

```
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 (تستخدم كبديل إذا فشل DNS)
  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 الثابتة للقاعدة** - p_cscf_ipv4_address_list في تجاوز PCO للقاعدة
4. **قائمة PCO الثابتة العالمية** (بديل) - p_cscf_ipv4_address_list في تكوين PCO العالمي

**المراقبة:**

يتم تسجيل جميع محاولات اكتشاف P-CSCF وتتبعها مع القياسات:

- معدلات نجاح/فشل است��لام DNS
- زمن اكتشاف
- إحصاءات استخدام البديل
- قياسات الاكتشاف لكل قاعدة وعالمية

انظر مراقبة P-CSCF للحصول على تفاصيل المراقبة الكاملة.

**خيارات التكوين:**

| المعلمة | النوع | الافتراضي | الوصف |
|---|---|---|---|
| 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 مكون من 4 أرقام (مثل: {10, 179, 2, 177}) |
| p_cscf_discovery_timeout_ms | Integer | 5000 | مهلة لاستعلامات DNS بالملي ثانية |

**حالات الاستخدام:**

- **نشر IMS الديناميكي** - تتغير عناوين P-CSCF بناءً على تكوين DNS
- **توازن الحمل الجغرافي** - يعيد DNS أقرب خوادم P-CSCF
- **توافر عالي** - يعيد DNS تلقائيًا خوادم P-CSCF المتاحة
- **بيئات متعددة المستأجرين** - يحصل مشتركون مختلفون على خوادم P-CSCF 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
IMS لـ DNS خادم #  ,p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177}
                                       ,p_cscf_discovery_timeout_ms: 3000

                                    # عناوين P-CSCF البديلة (إذا فشل DNS)
                                              ] :p_cscf_ipv4_address_list
                                          "10.0.0.50", # البديل الأساسي
                                          "10.0.0.51"  # البديل 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.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org
{
[
```

انظر تكوين اختيار UPF للحصول على تفاصيل حول اكتشاف P-CSCF لكل قاعدة.

**انظر أيضًا:** مراقبة P-CSCF لمراقبة اكتشاف P-CSCF وصحته

## خو��دم 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

**الحد الأقصى لوحدة النقل:**

```
}% :pco
بايت #  ipv4_link_mtu_size: 1400
{
```

**قيم MTU الشائعة:**

| MTU | حالة الاستخدام |
|---|---|
| **1500** | Ethernet القياسي (بدون نفق) |
| **1400** | تم احتساب تكاليف نفق GTP |
| **1420** | تقليل التكاليف |
| **1280** | الحد الأدنى لـ IPv6 MTU |
| **1360** | بيئات VPN/نفق |

**التوصية:** استخدم **1400** لـ LTE لأخذ تكاليف GTP-U في الاعتبار.

---

# أمثلة 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
                                                                    {
```

**انظر:** مراقبة P-CSCF لمراقبة معدلات نجاح تسجيل IMS وصحة P-CSCF

## 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 في رسالة **استجابة إنشاء الجلسة**:

```
                                    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. يضبط MTU الواجهة إلى القيمة المحددة

---

# استكشاف الأخطاء وإصلاحها

### المشكلة: UE لا يمكنه حل DNS

#### الأعراض:

- UE لديه عنوان IP ولكنه لا يمكنه الوصول إلى الإنترنت
- فشل استعلامات DNS

#### الأسباب المحتملة:

1. عناوين خادم DNS غير صحيحة في تكوين PCO
2. خوادم DNS غير قابلة للوصول من مجموعة IP الخاصة بـ UE
3. جدار ناري يمنع حركة مرور DNS

#### الحل:

```
# اختبار إمكانية الوصول إلى خادم DNS
ping 8.8.8.8

# اختبار حل DNS من شبكة UE
nslookup google.com 8.8.8.8
```

```
# التحقق من تكوين PCO
grep "primary_dns_server_address" config/runtime.exs
```

## المشكلة: فشل تسجيل IMS

### الأعراض:

- فشل مكالمات VoLTE
- يظهر UE "لا يوجد تسجيل IMS"

### الأسباب المحتملة:

1. تكوين P-CSCF مفقود
2. عناوين IP لـ P-CSCF غير صحيحة
3. P-CSCF غير قابلة للوصول

### الحل:

```
# التحقق من تكوين P-CSCF
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"]  # تأكد من عدم كونها فارغة
}
```

## المشكلة: مشاكل MTU

### الأعراض:

- بعض المواقع تُحمّل، والبعض الآخر لا
- فشل نقل الملفات الكبيرة
- مشاكل التجزئة

### الأسباب المحتملة:

1. MTU كبير جدًا لتكاليف النفق
2. MTU صغير جدًا مما يسبب تجزئة مفرطة

### الحل:

```
# موصى به: 1400 لتكاليف نفق GTP
pco: %{
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}

# إذا كانت لا تزال لديك مشاكل، جرب قيمة 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 تكرار
- يحسن الموثوقية

3. **اعتبر أمان DNS**

- محللات قادرة على DNSSEC
- تصفية DNS للأمان

## تكوين IMS

1. **قدم عدة P-CSCF**

- على الأقل 2 للتكرار
- توزيع جغرافي إذا أمكن

2. **تأكد من إمكانية الوصول**

- يجب أن يكون P-CSCF قابلاً للوصول من مجموعة IP الخاصة بـ UE
- اختبار الاتصال SIP

## تحسين MTU

1. **خذ في الاعتبار التكاليف**

- 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، تتبع الصحة، القياسات

## إدارة الجلسات والواجهات

- **إدارة الجلسات** - دورة حياة جلسة PDN، إنشاء الحامل
- **واجهة S5/S8** - بروتوكول GTP-C، ترميز PCO وتسليمه
- **واجهة PFCP** - إنشاء جلسة الطائرة المستخدمة

## VoLTE و IMS

- **واجهة Diameter Gx** - التحكم في السياسة لحاملي IMS
- **دليل المراقبة** - القياسات واللوحات المتعلقة بـ PCO

---

**العودة إلى دليل العملي��ت**

---

**تكوين PCO لـ OmniPGW** - *بواسطة خدمات شبكة Omnitouch*

# اكتشاف ومراقبة P-CSCF

**اكتشاف خادم P-CSCF الديناميكي مع المراقبة في الوقت الحقيقي**

*OmniPGW من خدمات الشبكة Omnitouch*

---

## نظرة عامة

**اكتشاف ومراقبة P-CSCF (وظيفة التحكم في جلسة الاتصال الوكيلة)** يوفر اكتشافًا ديناميكيًا لخوادم IMS P-CSCF باستخدام استعلامات DNS SRV مع فحص صحة SIP OPTIONS في الوقت الحقيقي. تتيح هذه الميزة:

- **اكتشاف P-CSCF لكل قاعدة**: خوادم P-CSCF مختلفة لأنواع حركة المرور المختلفة
- **مراقبة تلقائية**: عملية في الخلفية تراقب باستمرار حل DNS (كل 60 ثانية)
- **فحوصات صحة SIP OPTIONS**: تتحقق من أن خوادم P-CSCF تعمل عبر صدمات SIP OPTIONS
  - **TCP أولاً**: تحاول SIP OPTIONS عبر TCP (مفضل من أجل الموثوقية)
  - **العودة إلى UDP**: تنتقل إلى UDP إذا فشل TCP
  - **تت��ع الحالة**: تحدد كل خادم كـ up: أو down: بناءً على الاستجابة
- **تتبع الصحة في الوقت الحقيقي**: تعرض واجهة الويب حالة الحل، وعناوين IP المكتشفة، وحالة الصحة
- **العودة السلسة**: استراتيجية عودة من ثلاث مستويات لتحقيق أقصى موثوقية
- **مقاييس بروميثيوس**: رؤية كاملة عبر مقاييس بروميثيوس

---

## جدول المحتويات


1. بدء سريع
2. التكوين
3. كيف يعمل
4. مراقبة واجهة الويب
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": "10.179.2.177",
    p_cscf_discovery_enabled: true,
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000
  },

upf_selection: %{
  rules: [
    # حركة 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.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
      # العودة الثابتة (انظر دليل تكوين PCO)
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
      }
    }
  ]
}
```

انظر دليل التكوين للحصول على تكوين كامل لقواعد اختيار UPF و تكوين PCO لخيارات العودة الثابتة لـ P-CSCF.

### مراقبة الوصول

1. ابدأ OmniPGW
2. انتقل إلى **واجهة الويب → مراقب** (`https://localhost:8086/pcscf_monitor`) **P-CSCF**
3. عرض حالة الحل في الوقت الحقيقي وعناوين IP المكتشفة

---

## التكوين

### إعدادات اكتشاف P-CSCF العالمية

قم بتكوين خادم DNS المستخدم لاكتشاف P-CSCF في قسم PCO:

```
pco: %{
  # خادم DNS لاكتشاف P-CSCF (مفصول عن DNS المقدم لـ UE)
  "p_cscf_discovery_dns_server": "10.179.2.177",

  # 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 (العودة العالمية)
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]
}
```

### FQDNs لـ P-CSCF لكل قاعدة

يمكن لكل قاعدة اختيار UPF تحديد FQDN اكتشاف P-CSCF الخاص بها:

```
upf_selection: %{
  rules: [
    # حركة IMS - P-CSCF محدد لـ IMS
    %{
      name: "IMS Traffic",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^ims",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]  # العودة
      }
    },

    # المؤسسة - P-CSCF محدد للمؤسسة
    %{
      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 GenServer لمراقب P-CSCF
- 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 (SIP/2.0/TCP) على المنفذ 5060)
  - إذا فشل TCP، انتقل إلى UDP (SIP/2.0/UDP) على المنفذ 5060)
  - حدد كل خادم كـ :up (يستجيب) أو :down (لا استجابة/انتهاء الوقت)
- يتم تخزين النتائج (عناوين IP، حالة الصحة، أو الأخطاء) 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 ثوانٍ)
  - إذا فشل TCP، حاول UDP (مهلة: 5 ثوانٍ)
  - تحديث حالة الصحة بناءً على الإستجابة
- يتم تحديث التخزين المؤقت بأحدث نتائج DNS وحالة الصحة

### تدفق إنشاء الجلسة

### عملية استعلام DNS

يستخدم المراقب **سجلات DNS SRV** لاكتشاف P-CSCF مباشرة:

1. **استعلام SRV**: استعلام سجلات SRV عند `sip._tcp.{fqdn}`
2. **فرز الأولوية**: فرز حسب الأولوية والوزن
3. **استخراج الهدف**: استخراج أسماء المضيفين المستهدفة من سجلات SRV
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

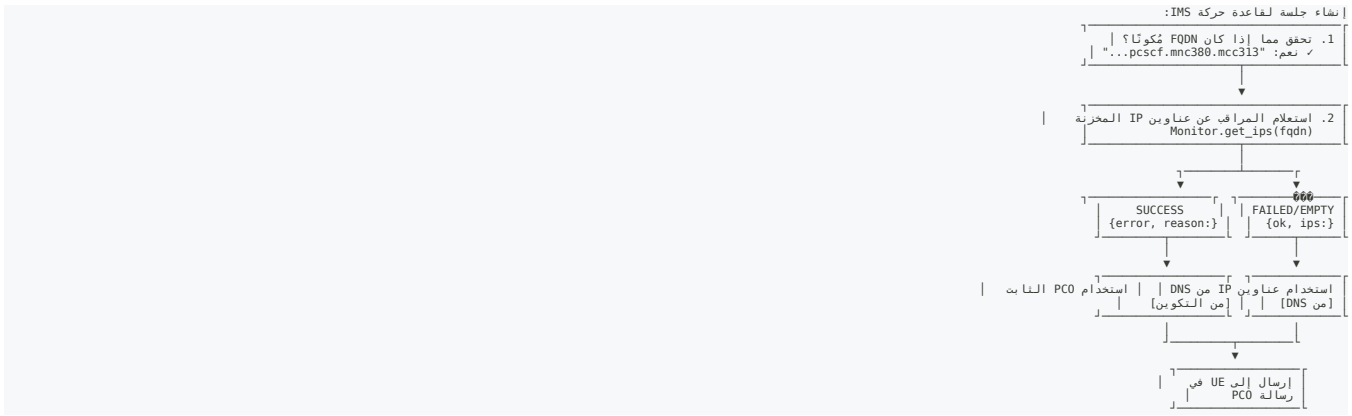
**عندما يتم تكوين كل من FQDN و PCO الثابت على قاعدة، فإن FQDN يأخذ الأولوية:**

```
}%
      ,"name: "IMS Traffic
,"p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",  # ← تم المحاولة أولاً
                                                          }% :pco
   p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]   # ← العودة
                                                          {
                                                          {
```

**منطق الاختبار:**

| الشرط | مصدر P-CSCF | عناوين IP 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 بعيد فائمة فارغة** | تجاوز PCO للقاعدة | عناوين IP الثابتة من pco.p_cscf_ipv4_address_list | تم تفعيل العودة |
| **ال��راقب غير متاح** | تجاوز PCO للقاعدة | عناوين IP الثابتة من pco.p_cscf_ipv4_address_list | يؤدي الخطأ إلى العودة |
| **لا يوجد FQDN مُكون** | تجاوز PCO للقاعدة أو عالمي | عناوين IP من القاعدة أو التكوين العالمي | يستخدم التكوين الثابت مباشرة |

**مثال على التدفق:**




**سيناريوهات العالم الحقيقي:**

**السيناريو 1: يعمل اكتشاف DNS ✧**

```
التكوين:
"p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com
pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]

نتيجة DNS: [10.101.2.150, 10.101.2.151]
يتلق UE: [10.101.2.150, 10.101.2.151] ← من DNS
ملاحظة: يتم تجاهل PCO الثابت عند نجاح DNS
```

**السيناريو 2: فشل DNS، عودة سلسة ⚠**

```
التكوين:
"p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com
pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]

نتيجة DNS: ERROR :no_naptr_records
يتلقى UE: [10.101.2.100] ← 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. **تفصيل الديناميكية**: يوفر DNS المرونة، وتوازن الحمل، والتوجيه المعتمد على الموقع
2. **ضمان المونوفية**: تضمن العودة الثابتة أن الجلسات لا تفشل أبدًا بسبب مشكلات DNS
3. **عدم التدخل اليدوي**: الفشل التلقائي بدون تدخل المشغل
4. **أمن للإنتاج**: أفضل ما في العالمين - الرشاقة مع الاستقرار

**التوصية**: قم دا��مًا بتكوين كل من FQDN و PCO الثابت للتطبيقات الإنتاجية:

```
# ✓ موصى به: ديناميكي مع العودة
    }%
  "p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com  # مفضل
    }% :pco
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]     # شبكة الأمان
    {
  {

# ⚠ محفوف بالمخاطر: ديناميكي فقط (يعود إلى PCO العالمي)
    }%
  "p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com
  # لا يوجد عودة محددة للقاعدة!
    {

# ✓ صالح: ثابت فقط (بدون عبء DNS)
    }%
    }% :pco
  p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]
    {
  {
```

---

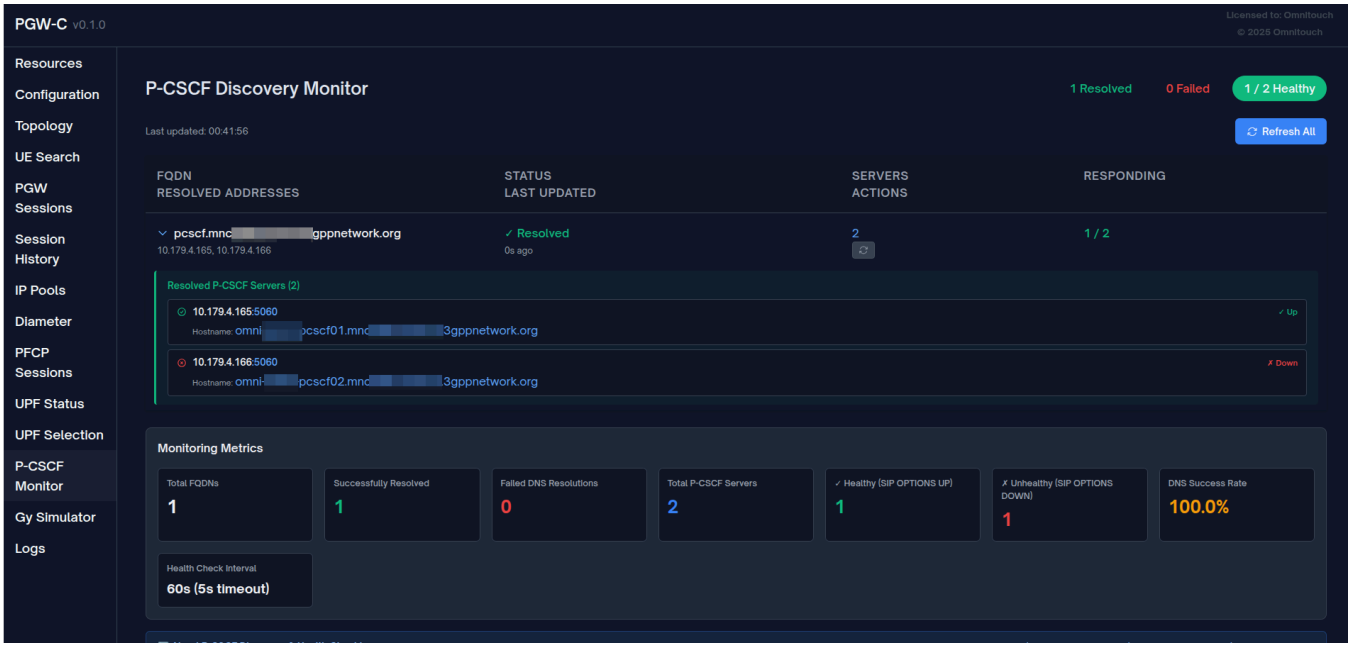
## مراقبة واجهة الويب

### صفحة مراقب P-CSCF

يمكن الوصول إلى واجهة المراقبة على: `https://localhost:8086/pcscf_monitor`

**الميزات:**

- **إحصائيات عامة**
  - إجمالي FQDNs المراقبة
  - FQDNs التي تم حلها بنجاح
  - عمليات الحل الفاشلة
  - إجمالي عناوين IP المكتشفة لـ P-CSCF
- **جدول FQDN**
  - FQDN الذي يتم مراقبته
  - حالة الحل (✓ تم الحل / ✗ فشل / ◈ قيد الانتظار)
  - عدد عناوين IP المكتشفة
  - قائمة بعناوين IP المحلولة (مع تفاصيل الخادم القابلة للتوسيع)
  - طابع آخر تحديث
  - زر تحديث يدوي لكل FQDN
  - **حالة الصحة**: يظهر كل خادم مكتشف:
    - عنوان IP والمنفذ
    - اسم المضيف (من هدف DNS SRV)
    - مؤشر صحة في الوقت الحقيقي (✓ يعمل / ✗ متوقف)
- **تحكمات التحديث**
  - زر **تحديث الكل**: تفعيل استعلام فوري لجميع FQDNs
  - **تحديث لكل FQDN**: تحديث FQDNs الفردية عند الطلب
  - التحديث التلقائي: يتم تحديث الصفحة كل 5 ثوانٍ
- **لوحة معلومات مقاييس المراقبة**
  - **إجمالي FQDNs**: عدد FQDNs الفريدة المسجلة للمراقبة
  - **تم حلها بنجاح**: FQDNs التي تم حلها بنجاح عبر DNS
  - **عمليات الحل الفاشلة**: FQDNs التي فشلت في الحل
  - **إجمالي خوادم P-CSCF**: العدد الإجمالي للخوادم المكتشفة عبر جميع FQDNs
  - ✓ **صحي (SIP OPTIONS UP)**: الخوادم التي تستجيب لفحوصات صحة SIP OPTIONS
  - ✗ **غير صحي (SIP OPTIONS DOWN)**: الخوادم التي لا تستجيب لفحوصات SIP OPTIONS
  - **معدل نجاح DNS**: نسبة عمليات الحل الناجحة لـ DNS
  - **فترة فحص الصحة**: تكرار فحوصات صحة SIP OPTIONS (60 ثانية، مهلة 5 ثوانٍ)




توفر لوحة معلومات المقاييس رؤية في الوقت الحقيقي لكل من صحة حل DNS وتوافر خادم P-CSCF عبر SIP OPTIONS.

### تكامل صفحة اختبار UPF

تعرض صفحة اختبار (`/upf_selection`) UPF حالة اكتشاف P-CSCF لكل قاعدة:

```
◈ حركة IMS (الأولوية 20)
  المطابقة: APN تطابق ^ims
  المجموعة: UPF-IMS-Primary (10.100.2.21:8805)
```

```
◈ اكتشاف P-CSCF
   FQDN: pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org
   الحالة: ✓ تم الحل (2 IPs)
   عناوين IP المحلولة: 10.101.2.100، 10.101.2.101

⚙ تجاوزات PCO
   DNS الأساسي: 10.103.2.195
   P-CSCF (عودة ثابتة): 10.101.2.100، 10.101.2.101
```

---

## المقاييس والرؤية

### مقاييس بروميثيوس

يقدم نظام مراقبة P-CSCF مقاييس عبر بروميثيوس (المنفذ 42069 بشكل افتراضي):

#### مقاييس Gauge

```
# مقاييس على مستوى FQDN
pcscf_fqdns_total                    # إجمالي عدد FQDNs المراقبة
pcscf_fqdns_resolved                 # FQDNs التي تم حلها بنجاح (نجح DNS)
pcscf_fqdns_failed                   # عمليات الحل الفاشلة لـ FQDN (فشل DNS)

# مقاييس على مستوى الخادم (مجمعة)
pcscf_servers_total                  # إجمالي خوادم P-CSCF المكتشفة عبر DNS SRV
pcscf_servers_healthy                # الخوادم التي تستجيب لـ SIP OPTIONS (مجمعة)
pcscf_servers_unhealthy              # الخوادم التي لا تستجيب لـ SIP OPTIONS (مجمعة)

# مقاييس على مستوى الخادم (لكل FQDN مع تسمية)
pcscf_servers_healthy{fqdn="..."}    # خوادم صحية لـ FQDN محدد
pcscf_servers_unhealthy{fqdn="..."}  # خوادم غير صحية لـ FQDN محدد
```

#### تفاصيل فحص الصحة:

- **healthy**: استجاب الخادم لصدمات SIP OPTIONS (TCP أو UDP)
- **unhealthy**: فشل الخادم في الاستجابة لصدمات SIP OPTIONS (مهلة 5 ثوانٍ لكل وسيلة نقل)

### أمثلة المقاييس

#### مقاييس حل DNS:

```
# استعلام FQDNs التي تم حلها بنجاح
pcscf_fqdns_resolved

# ح��اب معدل نجاح DNS
100 * (pcscf_fqdns_resolved / pcscf_fqdns_total)

# 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
100 * (pcscf_servers_healthy / pcscf_servers_total)

# الخوادم الصحية لـ FQDN محدد
pcscf_servers_healthy{fqdn="pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"}

# تنبيه عند عدم وجود أي خوادم تعمل
pcscf_servers_healthy == 0 AND pcscf_servers_total > 0
```

#### أمثلة تنبيهات بروميثيوس:

```
# تنبيه عند عدم وجود 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 }} خادم صحي (0) - جميعها فشلت في فحوصات SIP OPTIONS"

# تنبيه عند انخفاض أكثر من 50% من الخوادم
- alert: MajorityPCSCFServersDown
  expr: (pcscf_servers_healthy / pcscf_servers_total) < 0.5
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "معظم خوادم P-CSCF غير صحية"
    description: "فقط {{ $value }}% من الخوادم تستجيب لـ SIP OPTIONS"

# تنبيه عند فشل عمليات حل DNS
- alert: PCSCFDNSResolutionFailed
  expr: pcscf_fqdns_failed > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "فشل عمليات حل DNS لـ P-CSCF"
    description: "{{ $value }} FQDN(s) تفشل في الحل"
```

### السجلات

يسجل المراقب الأحداث الرئيسية:

```
[info] تم بدء مراقب P-CSCF
[info] تسجيل 2 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 بنجاح إلى 2 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 موثوقية:

### المستوى 1: اكتشاف DNS (المفضل)

```
"p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com
```

- يقوم المراقب باستعلام DNS ويخزن عناوين IP المحلولة
- تستخدم الجلسة عناوين IP المخزنة إذا كانت متاحة
- **المميزة**: ديناميكية، موزعة، تعتمد على الموقع

### المستوى 2: PCO ثابت محدد للقاعدة (عودة)

```
}% :pco
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
  {
```

- تستخدم إذا فشل اكتشاف DNS أو لم يعد أي عناوين IP
- تكوين ثابت محدد للقاعدة
- **المميزة**: عودة محددة للقاعدة، متوقعة

**المستوى 3: تكوين PCO العالمي (ملاذ أخير)**

```
# تكوين pco العالمي
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]
}
```

•تستخدم إذا لم يكن هناك تكوين محدد للقاعدة وفشل DNS
•عناوين P-CSCF الافتراضية العالمية
•**الميزة**: متاحة دائمًا، تمنع فشل الجلسة

**مثال على منطق العودة**

```
تطابق الجلسة مع قاعدة "حركة IMS":

1. حاول اكتشاف DNS لـ "pcscf.ims.example.com"
   ├─ النجاح → استخدم [10.101.2.100، 10.101.2.101] ✓
   └─ الفشل → حاول المستوى التالي

2. حاول تجاوز PCO للقاعدة
   ├─ مُكون → استخدم [10.101.2.100، 10.101.2.101] ✓
   └─ غير مُكون → حاول المستوى التالي

3. إستخدم تكوين PCO العالمي
   └─ استخدم [10.101.2.146] ✓ (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 (يتم استعلام بادئة _sip._tcp تلقائيًا)
_sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN SRV 10 50 5060 pcscf1.example.com.
_sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN SRV 20 50 5060 pcscf2.example.com.

; سجلات A
pcscf1.example.com. IN A 10.101.2.100
pcscf2.example.com. IN A 10.101.2.101
```

**مهم**: يقوم OmniPGW تلقائيًا بإضافة _sip._tcp. إلى FQDN المُكون. إذا قمت بتكوين "p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"، سيقوم النظام باستعلام _sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org.

### تنسيق سجل SRV

تتبع سجلات SRV هذا التنسيق:

```
_service._proto.domain. IN SRV priority weight port target.
```

•**الأولوية**: القيم الأقل لها أولو��ة أعلى (10 قبل 20)
•**الوزن**: لتوازن الحمل بين نفس الأولوية (أعلى = مزيد من الحركة)
•**المنفذ**: منفذ SIP (عادة 5060 لـ UDP، TCP لـ 5060)
•**الهدف**: اسم المضيف الذي سيتم حله إلى عنوان IP

### اختبار تكوين DNS

```
# استعلام سجلات SRV (لاحظ بادئة _sip._tcp)
dig SRV _sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org @10.179.2.177

# الناتج المتوقع:
# _sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. 300 IN SRV 10 50 5060 pcscf1.example.com.

# حل اسم مضيف P-CSCF إلى IP
dig A pcscf1.example.com @10.179.2.177

# الناتج المتوقع:
# pcscf1.example.com. 300 IN A 10.101.2.100
```

---

## استكشاف الأخطاء وإصلاحها

### المشكلة: يظهر FQDN حالة "فشل"

**الأعراض:**

•تظهر واجهة الويب حالة ✗ فشل
•الخطأ: :timeout، nxdomain، أو no_naptr_records

**الأسباب المحتملة:**

1.خادم DNS غير متاح
2.FQDN غير موجود في DNS
3.لا توجد سجلات NAPTR مُكونة
4.انتهاء وقت خادم DNS

**الحل:**

```
# 1. إختبار اتصال خادم DNS
ping 10.179.2.177

# 2. اختبار استعلام NAPTR يدو��ا
dig NAPTR pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org @10.179.2.177

# 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. تحديث يدوي في واجهة الويب
# انقر على زر "تحديث" بجوار FQDN الفاشل
```

### المشكلة: لا يتم إرجاع أي IPs

**الأعراض:**

•تظهر واجهة الويب "0 IPs"
•قد تكون الحالة ✓ تم الحل أو ✗ فشل

**الأسباب المحتملة:**

1.توجد سجلات NAPTR ولكن أسماء FQDN 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 @10.179.2.177

# تأكد من أن الخدمة تحتوي على "SIP" أو "IMS":
# صحيح: "x-3gpp-ims:sip"، "SIP+D2U"
# خاطئ: "HTTP"، "FTP"

# تحقق من وجود سجلات A/AAAA
dig pcscf1.example.com A @10.179.2.177
```

### المشكلة: تستخدم الجلسات P-CSCF خاطئ

**الأعراض:**

•يتلقى UE عناوين P-CSCF غير المتوقعة
•تم استخدام العودة الثابتة بدلاً من IPs المكتش��ة

**الأسباب المحتملة:**

1.فشل اكتشاف DNS ولكن العودة تعمل
2.تطابق القاعدة غير صحيح
3.لم يتم تسجيل FQDN

**الحل:**

```
# 1. تحقق من صفحة مراقب P-CSCF
# تحقق من أن FQDN مسجل 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 من أن القاعدة تظهر FQDN الصحيح والحالة

# 4. اختبار تطابق القاعدة
# إنشاء جلسة مع APN محدد والتحقق من القاعدة التي تطابق
```

**المشكلة: ارتفاع زمن استعلام DNS**

**الأعراض:**

•بطء في إنشاء الجلسة
•تظهر المقاييس زمن pcscf_discovery_query_duration_seconds مرتفع

**الأسباب المحتملة:**

1.مشكلات أداء خادم DNS
2.تأخير الشبكة إلى خادم DNS
3.زمن انتهاء الوقت مرتفع جدًا

**الحل:**

```
# تقليل زمن انتهاء الاستعلام
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 2000  # تقليل من 5000ms
}

# النظر في استخدام خادم DNS أقرب
pco: %{
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.0.0.10"  # DNS محلي
}
```

---

## أفضل الممارسات

### 1. اختبار خادم DNS

**استخدم خادم DNS مخصص**

```
pco: %{
  # DNS مخصص لاكتشاف P-CSCF (ليس نفس DNS لـ UE)
  "p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",

  # خوادم DNS لـ UE (المقدمة للأجهزة المحمولة)
  "primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  "secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}
```

**لماذا؟**

•فصل المخاوف: DNS لـ UE مقابل DNS IMS الداخلي
•سياسات وصول وأمان مختلفة
•توسيع وموثوقية مستقلة

### 2. قم دائمًا بتكوين العودة الثابتة

```
pco: %{
  "p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com",  # مفضل
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]  # العودة المطلوبة
}%
```

**لماذا؟**

•يضمن نجاح الجلسات حتى إذا فشل DNS
•تدهور سلس
•يلبي متطلبات SLA

### 3. استخدم FQDNs محددة لكل نوع حركة

```
rules: [
  # IMS
  {
    "name: "IMS",
    "match_regex: "^ims",
    "p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.mnc380.mcc313.3gppnetwork.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. تحقق من صحة DNS بانتظام

•**واجهة الويب**: تحقق من صفحة مراقب P-CSCF يوميًا
•**المقاييس**: راقب مقياس pcscf_monitor_fqdns_failed
•**السجلات**: راقب أخطاء DNS
•**الاختبار**: تحقق دوريًا من وجود سجلات DNS

### 6. قم بتكوين زمن انتهاء مناسب

```
# الإنتاج: توازن بين الموثوقية مقابل الكمون
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000  # 5 ثوانٍ
}

# الأداء العالي: تفضيل السرعة، الاعتماد على العودة
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 2000  # 2 ثوانٍ
}
```

### 7. استخدم تكرار DNS

قم بتكوين DNS أساسي وثانوي:

```
# DNS P-CSCF الأساسي
_sip._udp.pcscf1.example.com  "" "SIP+D2U" "s" 10 50 IN NAPTR 10 50 "s" "SIP+D2U" "" _sip._udp.pcscf1.example.com
.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org.

# DNS P-CSCF الثانوي
_sip._udp.pcscf2.example.com  "" "SIP+D2U" "s" 20 50 IN NAPTR 20 50 "s" "SIP+D2U" "" _sip._udp.pcscf2.example.com
.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org.
```

---

## الوثائق ذات الصلة

- **تكوين PCO** - خيارات تكوين البروتوكول، إعدادات DNS و P-CSCF
- **دليل التكوين** - مرجع تكوين OmniPGW الكامل
- **المراقبة** - المقاييس، السجلات، والرؤية
- **إدارة الجلسة** - دورة حياة الجلسة وتسليم PCO
- **واجهة PFCP** - اتصالات وظيفة الطائرة المستخدمة

---

**العودة إلى الوثائق الرئيسية**

---

# وثائق واجهة PFCP/Sxb

**بروتوكول التحكم في تحويل الحزم** - اتصال PGW-C مع PGW-U

---

## جدول المحتويات


1. نظرة عامة
2. أساسيات البروتوكول
3. إدارة ارتباط PFCP
4. إدارة جلسات PFCP
5. قواعد معالجة الحزم
6. التكوين
7. اختيار UPF المعتمد على DNS
8. تدفقات الرسائل
9. استكشاف الأخطاء وإصلاحها
10. واجهة الويب - مراقبة PFCP
11. الوثائق ذات الصلة


---

## نظرة عامة

تستخدم **واجهة Sxb** بروتوكول **PFCP (بروتوكول التحكم في تحويل 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 السياسة
- **طبقة المستخدم (PGW-U)** - تتعامل مع تحويل الحزم الفعلي بسرعة عالية

### هندسة PFCP

---

## أساسيات البروتوكول

### إصدار PFCP

تنفذ PGW-C **PFCP** **الإصدار 1** (3GPP TS 29.244).

### النقل

- **البروتوكول:** UDP
- **المنفذ الافتراضي:** 8805
- **تنسيق الرسالة:** مشفرة ثنائياً باستخدام مواصفات PFCP

### أنواع معرف العقدة

يتم التعرف على 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 الجلسات، يجب إنشاء **ارتباط** PFCP بين PGW-C و PGW-U.

### تدفق إعداد الارتباط

### إدارة حالة الند للند

يحافظ كل نظير PFCP على الحالة:

| الحقل | الوصف |
|---|---|
| `is_associated` | Boolean تشير إلى حالة الارتباط |
| `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 النظير 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
```

**اكتشاف الفشل:**

- كل نبضة قلب مفقودة تزيد من `missed_heartbeats_consecutive`
- عادةً ما يتم تكوينها للفشل بعد 3 فقدان متتالي
- يمنع الارتباط الفاشل إنشاء جلسات جديدة لذلك النظير

---

# إدارة جلسات PFCP

تُنشأ جلسات PFCP لكل اتصال PDN لـ UE لبرمجة قواعد التحويل في طبقة المستخدم.

**دورة حياة الجلسة**

**إنشاء الجلسة**

**عندما:** يتصل UE وينشئ اتصال PDN

**ترسل PGW-C إلى PGW-U:**

**طلب إنشاء الجلسة** الذي يحتوي على:

- **SEID** (معرف نقطة نهاية الجلسة) - معرف الجلسة الفريد
- **معرف العقدة** - معرف العقدة لـ PGW-C
- **F-SEID** - SEID المؤهل بالكامل (يتضمن IP + SEID)
- **PDRs** - قواعد اكتشاف الحزم (عادةً 2: uplink + downlink)
- **FARs** - قواعد إجراء التحويل (عادةً 2: uplink + downlink)
- **QERs** - قواعد تنفيذ QoS (حدود معدل البيانات)
- **BAR** - قاعدة إجراء التخزين المؤقت (للتخزين المؤقت في الاتجاه النزولي)

**تستجيب PGW-U:**

**استجابة إنشاء الجلسة** التي 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**

**عندما:** تحدث تغييرات في QoS، تحديثات السياسة، أو تعديلات على الحامل

**يمكن أن تشمل التعديلات:**

- إضافة PDRs جديدة، FARs، QERs
- إزالة القواعد الحالية
- تحديث معلمات القاعدة

**حذف الجلسة**

**عندما:** 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

---

# قواعد معالجة الحزم

يستخدم PFCP مجموعة من القواعد لتحديد كيفية معالجة طبقة المستخدم للحزم.

### هندسة القاعدة

## PDR (قاعدة اكتشاف الحزمة)

**الغرض:** تحديد الحزم التي تنطبق عليها هذه القاعدة

**تكوين PGW-C النموذجي:**

**PDR #1 - الاتجاه النزولي:**

```
PDR ID: 1
Precedence: 100
PDI (معلومات اكتشاف الحزمة):
  - واجهة المصدر: CORE (جانب الإنترنت)
  - عنوان IP لـ UE: 100.64.1.42/32
FAR ID: 1 (قاعدة التحويل المرتبطة)
```

**PDR #2 - الاتجاه الصاعد:**

```
PDR ID: 2
Precedence: 100
PDI (معلومات اكتشاف الحزمة):
  - واجهة المصدر: ACCESS (جانب SGW)
  - F-TEID: <نقطة نهاية نفق S5/S8>
FAR ID: 2 (قاعدة التحويل المرتبطة)
QER ID: 1 (تنفيذ QoS)
```

**حقول PDR الرئيسية:**

- **PDR ID** - معرف القاعدة الفريد (لكل جلسة)
- **Precedence** - أولوية مطابقة القاعدة (أعلى = أكثر تحديدًا)
- **PDI** - معايير المطابقة (واجهة، TEID، IP، إلخ.)
- **إزالة رأس الخارجي** - إزالة رأس GTP-U عند الدخول
- **FAR ID** - إجراء التحويل المرتبط
- **QER ID** - تنفيذ QoS المرتبط (اختياري)

## FAR (قاعدة إجراء التحويل)

**الغرض:** تحديد ما يجب القيام به مع الحزم المطابقة

**FAR #1 - الاتجاه النزولي (الإنترنت ← UE):**

```
FAR ID: 1
Apply Action: FORWARD
Forwarding Parameters:
  - واجهة الوجهة: ACCESS (إلى SGW)
  - إنشاء رأس خارجي: GTP-U/UDP/IPv4
  - F-TEID البعيد: <نقطة نهاية نفق S5/S8 SGW>
```

**FAR #2 - الاتجاه الصاعد (UE ← ا��إنترنت):**

```
FAR ID: 2
Apply Action: FORWARD
Forwarding Parameters:
  - واجهة الوجهة: CORE (إلى الإنترنت)
  - (لا رأس خارجي - تحويل IP عادي)
```

**حقول FAR الرئيسية:**

- **FAR ID** - معرف القاعدة الفريد
- **Apply Action** - FORWARD، DROP، BUFFER، NOTIFY
- **Forwarding Parameters:**
  - واجهة الوجهة (ACCESS/CORE)
  - إنشاء رأس خارجي (إضافة نفق GTP-U)
  - مثيل الشبكة (VRF/جدول التوجيه)

### QER (قاعدة تنفيذ QoS)

**الغرض:** تنفيذ حدود معدل البيانات ومعلمات QoS. يمكن أن تتعقب QERs أيضًا الاستخدام لإدارة حصة الشحن عبر الإنترنت (انظر واجهة Diameter Gy للتحكم في الائتمان).

**مثال على QER:**

```
QER ID: 1
حالة البوابة: مفتوحة
أقصى معدل بيانات:
  - الاتجاه الصاعد: 100 Mbps
  - الاتجاه النزولي: 50 Mbps
معدل البيانات المضمون: (اختياري، للحاملات GBR)
  - الاتجاه الصاعد: 10 Mbps
  - الاتجاه النزولي: 10 Mbps
```

**حقول QER الرئيسية:**

- **QER ID** - معرف القاعدة الفريد
- **حالة البوابة** - ��فتوحة (السماح) أو مغلقة (حظر)
- **MBR** - أقصى معدل بيانات (الاتجاه الصاعد/النزولي)
- **GBR** - معدل البيانات المضمون (للحاملات المخصصة)
- **QCI** - معرف فئة QoS (يؤثر على الجدولة)

### BAR (قاعدة إجراء التخزين المؤقت)

**الغرض:** التحكم في تخزين الحزم في الاتجاه النزولي عندما يكون UE في حالة الخمول

**مثال على BAR:**

```
BAR ID: 1
تأخير إشعار البيانات في الاتجاه النزولي: 100ms
عدد الحزم المقترح تخزينها: 10
```

**يستخدم لـ:** تحسين DRX (استقبال متقطع) في وضع الخمول

---

## التكوين

### تكوين Sxb الأساسي

قم بتحرير config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    # عنوان IP المحلي للتواصل عبر PFCP
```

```
                                                ,"local_ip_address: "10.0.0.20

                                    # اختياري: تجاوز المنفذ الافتراضي (8805)
                                                local_port: 8805
                                                             ,{

                        # اختيار UPF - يتم تسجيل جميع UPFs المعرفة هنا تلقائيًا
                                                 }% :upf_selection
                                                  ] :fallback_pool
                                                              }%
                                            # عنوان IP لـــ PGW-U
                                    ,"remote_ip_address: "10.0.0.21

                                       # منفذ PFCP (افتراضي: 8805)
                                              ,remote_port: 8805

                        # الوزن للتوازن في الحمل (100 = عادي، 0 = احتياطي)
                                                    weight: 100
                                                           {
                                                             [
                                                              {
```

### أقران PGW-U المتعددة

للتوازن في الحمل 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% من الحركة
 {remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight: 50}%  # 50% من الحركة
                                                                      [
                                                                       {
                                  # يتم تسجيل كلا UPFs تلقائيًا مع نبضات قلب كل 5 ثوانٍ
```

### تكوين اختيار UPF

تستخدم PGW-C نظام **اختيار UPF ثلاثي المستويات** مع قواعد قائمة على الأولوية:

1. **القواعد الثابتة** (أعلى أولوية) - تطابق بناءً على سمات الجلسة
2. **الاختيار المعتمد على DNS** (أولوية متوسطة) - توجيه واعٍ للموقع عبر استعلامات DNS NAPTR
3. **مجموعة الاحتياط** (أدنى أولوية) - مجموعة UPF الافتراضية عندما لا تتطابق أي قواعد

#### مثال كامل لاختيار UPF

```
                                                      ,config :pgw_c
                                                     # واجهة PFCP
                                                          }% :sxb
                                          "local_ip_address: "10.0.0.20
                                                             ,{
```

```
# اختيار UPF: جميع UPFs المعرفة هنا يتم تسجيلها تلقائيًا
:upf_selection %{
  # ========================================================================
  # الاختيار المعتمد على DNS (توجيه واعٍ 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,

  # ========================================================================
  # قواعد الاختيار الثابتة (يتم تقييمها حسب الأولوية)
  # ========================================================================
  # يتم التحقق من القواعد من الأعلى إلى الأدنى
  # تحدد القاعدة المطابقة الأولى 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: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
      }
    },

    # القاعدة 2: APN الشركات - أولوية عالية
    %{
      name: "حركة مرور الشركات",
      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)",  # شبكات الولايات المتحدة
```

```
                                                    ] :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}%
                                                                  [
                                                                    {
                                                                     ,[

  # ================================================================
  # مجموعة الاحتياط (آخر ملاذ)
  # ================================================================ #
  # تستخدم عندما لا تتطابق أي قواعد ويفشل اختيار DNS أو يتم تعطيله
                                                    ] :fallback_pool
     {remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805, weight: 100}%
                                                                    [
                                                                      {
```

**حقول المطابقة المدعومة**

| حقل المطابقة | الوصف | قيمة المثال |
|---|---|---|
| imsi: | هوية المشترك الدولي للهاتف المحمول | "310260123456789" |
| apn: | اسم نقطة الوصول | "internet"، "ims" |
| serving_network_plmn_id: | الشبكة الخدمية PLMN (MCC+MNC) | "310260" (مشغل أمريك��) |
| 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 لخلية E-UTRAN | "310260" |

**مجموعة UPF والتوازن في الحمل**

يمكن لكل قاعدة تحديد **مجموعة UPF** مع اختيار عشوائي موزون:

```
                                                    ] :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 التراكمي:
   - 0-50: UPF-1 (فرصة 50%)
   - 50-80: UPF-2 (فرصة 30%)

◦80-100: UPF-3 (فرصة 20%)

**حالات الاستخدام:**

•**توزيع متساوٍ:** جميع الأوزان متساوية (33، 33، 34)
•**أساسي/احتياطي:** وزن أساسي مرتفع (80)، وزن احتياطي منخفض (20)
•**استنادًا إلى السعة:** الوزن متناسب مع سعة UPF

**تجاوزات PCO**

مكن للقواعد تجاوز قيم PCO (خيارات تكوين البروتوكول):

```
                                                }%
                                  name: "حركة مرور IMS",
                                      match_field: :apn,
                                  match_regex: "^ims",
                                      upf_pool: [...],
                                                }% :pco
                                    # تجاوز فقط الحقول المحددة
                  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"],
                                    # 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 المعتمد على DNS**

عند التفعيل، تقوم PGW-C بإجراء استعلامات DNS NAPTR استنادًا إلى معلومات موقع المستخدم:

```
                                                   }% :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) - الأكثر تحديدًا
2.**TAI** (معرف منطقة التتبع) - منطقة الخلية
3.**RAI** (معرف منطقة التوجيه) - منطقة 3G/2G
4.**SAI** (معرف منطقة الخدمة) - منطقة خدمة 3G
5.**CGI** (معرف الخلية العالمية) - خلية 2G

**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 أولاً، ثم TAI، إلخ.)
2. إذا أعادت DNS مرشحين، استخدم أول نتيجة (مسجلة ديناميكيًا إذا لزم الأمر)
3. اختر UPF المعاد
4. إذا لم يكن هناك تطابق DNS أو تم تعطيل DNS، انتقل إلى مجموعة الاحتياط

انظر اختيار UPF المعتمد على DNS لمزيد من المعلومات التفصيلية.

---

# اختيار UPF المعتمد على DNS

## نظرة عامة

يوفر اختيار UPF المعتمد على DNS **توجيهًا واعيًا للموقع** من خلال إجراء استعلامات DNS NAPTR باستخدام معلومات موقع المستخدم (ULI) 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 بنية الشبكة
- يقلل من الحمل الخلفي من خلال التوجيه إلى أقرب UPF

## كيف يعمل

## التكوين

```
                                                    ,config :pgw_c
                                                  }% :upf_selection
                                      # تفعيل الاختيار المعتمد على DNS
                                                  ,dns_enabled: true

# أولوية الاستعلام: حاول ECGI أولاً، ثم 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)

**الأكثر تحديدًا** - توجيه على مستوى خلية LTE

**التنسيق:**

```
<eci-<HEX-ECI>.ecgi.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix
```

**مثال:**

```
# معرف الخلية: 0x1A2B3C (1,715,004 عشري)
# PLMN: MCC=999، MNC=999
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**عند الاستخدام:** شبكات LTE (4G)

### 2. TAI (معرف منطقة التتبع)

**منطقة خلية** - عدة خلايا في نفس منطقة التتبع

**التنسيق:**

```
<tac-lb<LB>.tac-hb<HB>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix
```

**مثال:**

```
# TAC: 0x0064 (100 عشري)
# بايت منخفض: 0x64، بايت مرتفع: 0x00
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**عند الاستخدام:** مناطق تتبع LTE (4G)

### 3. RAI (معرف منطقة التوجيه)

**منطقة التوجيه 3G/2G**

**التنسيق:**

```
<rac<RAC>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.rai.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix
```

**مثال:**

```
# RAC: 0x0A (10 عشري)
# LAC: 0x1234 (4660 عشري)
rac0a.lac-lb34.lac-hb12.lac.rai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**عند الاستخدام:** شبكات 3G/2G UMTS/GPRS

### 4. SAI (معرف منطقة الخدمة)

**منطقة خدمة 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
```

**عند الاستخدام:** مناطق خدمة 3G UMTS

**5. CGI (معرف الخلية العالمية)**

**على مستوى خلية 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
```

**عند الاستخدام:** خلايا 2G GSM

## معالجة استجابة DNS

**تنسيق سجل NAPTR:**

تُعيد DNS سجلات 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. تسجيل ديناميكي إذا لم يكن مُعدًا بالفعل (أو تنفيذ اختيار قائم على الحمل)

**مثال:**

```
DNS: تُعيد [10.100.1.21، 10.100.5.99، 10.200.3.50]

المختار: 10.100.1.21 (أول مرشح)
الإجراء: سجل ديناميكيًا إذا لم يكن في upf_selection
```

## مثال على أولوية الاختيار

## حالات الاستخدام

### 1. التوازن الجغرافي في الحمل

**السيناريو:** يمتلك المشغل UPFs في مدن متعددة

**تكوين DNS:**

```
# خلية شيكاغو
شيكاغو-eci-aaa.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF (10.1.1.21)

# خلية نيويورك
نيويورك-eci-bbb.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF (10.2.1.21)

# خلية لوس أنجلوس
لوس أنجلوس-eci-ccc.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF (10.3.1.21)
```

**الفائدة:** يتم توجيه ال��ستخدمين تلقائيًا إلى أقرب UPF، مما يقلل من زمن الانتقال والحمل الخلفي

### 2. الحوسبة الطرفية

**السيناريو:** تم نشر UPFs (حوسبة متعددة الوصول الطرفية) في مواقع الخلايا

**تكوين DNS:**

```
# تشير كل خلية إلى UPF محلي
eci-*.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF محلي
```

**الفائدة:** زمن انتقال منخفض للغاية لتطبيقات الحافة

### 3. بنية الشبكة الديناميكية

**السيناريو:** تتغير عناوين UPF بسبب التحديثات أو الصيانة

**الفائدة:** تحديث سجلات DNS دون تغيير تكوين PGW-C

## استكشاف أخطاء اختيار DNS

### فشل استعلامات DNS

**الأعراض:**

•السجل: "فشل اختيار UPF عبر DNS: :nxdomain"
•الجلسات تنتقل 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 الجلسة
# تحقق من حقل "uli" في حالة الجلسة
```

**تعيد DNS UPF غير معروف**

**السلوك:**

•تعيد DNS مرشح UPF ليس في upf_selection
•يحاول النظام تلقائيًا التسجيل الديناميكي
•إذا نجح ارتباط PFCP، يتم استخدام UPF للجلسة
•إذا فشل ارتباط PFCP، ينتقل إلى مجموعة الاحتياط

**مثال:**

```
تُعيد 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: انتقل إلى مجموعة الاحتياط
```

**خيارات الحل:**

1.قم بتكوين مسبق في upf_selection للمراقبة الفورية:

```
}% :upf_selection
] :fallback_pool
{remote_ip_address: "10.99.1.50", remote_port: 8805, weight: 100}%
[
{
```

2.تحديث DNS لإعادة عناوين IP لـ UPF المكونة مسبقًا

3.السماح بالتسجيل الديناميكي (موصى به ��سيناريوهات MEC/الحافة)

**انتهاء المهلة في الاستعلام**

**الأعراض:**

•السجل: "اختيار UPF عبر 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 مجموعة الاحتياط (تشير إلى مشكلات DNS)
  rate(upf_selection_fallback_used_total[5m])
```

**السجلات:**

```
DNS UPF selection: querying  [debug]
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
DNS UPF selection: got 2 candidates from DNS [debug]
DNS UPF selection: selected 10.100.1.21  [info]
```

---

## تدفقات الرسائل

### تدفق إنشاء الجلسة الكامل

### تدفق تعديل الجلسة

### استرداد فشل نبض القلب

---

## 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 متاح (مشكلة شبكة)
•PGW-U غير قيد التشغيل
•جدار الحماية يحظر منفذ UDP 8805
•معرف remote_ip_address غير صحيح في التكوين

**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 كـ "غير متصل"

**الأسباب المحتملة:**

•تأخير ا��شبكة أو فقدان الحزم
•PGW-U محمّل بشكل زائد
•فترة نبض القلب عدوانية جدًا

**الحل:**

```
# ملاحظة: فترة نبض القلب ثابتة عند 5 ثوانٍ
# لتقليل الحمل على الشبكة، قم بتعديل عتبة الفشل في الشيفرة:
# lib/core/pfcp_node/impl/peer.ex - الدالة 1/?is_peer_healthy
# تغيير: state.missed_heartbeats_consecutive < 3
# إلى:   state.missed_heartbeats_consecutive < 5 (أكثر تسامحًا)
```

**3. فشل إنشاء الجلسة**

**الأعراض:**

•استجابة إنشاء الجلسة مع سبب الخطأ
•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 بحثًا عن الأخطاء
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 ع��م PGW-C

**الحل:**

•إعادة تشغيل ارتباط PFCP (يؤدي إلى تشغيل طابع زمن الاسترداد الجديد)
•ستكتشف PGW-C إعادة تشغيل PGW-U وتقوم بتنظيف الجلسات القديمة

### 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 التنبيه:**

```
# تنبيه عند عدم وجود ارتباط
- alert: PFCPAssociationDown
  expr: pfcp_peer_associated == 0
  for: 1m
  annotations:
    summary: "PFCP غير متصل {{ $labels.peer }} النظير"

# تنبيه عند ارتفاع معدل فشل إنشاء الجلسات
- alert: PFCPSessionEstablishmentFailureHigh
  expr:
rate(sxb_inbound_errors_total{message_type="session_establishment_response"}[5m])
    > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "معدل فشل إنشاء جلسة PFCP مرتفع"
```

---

# واجهة الويب - مراقبة PFCP

يوفر OmniPGW صفحتين واجهتين لمراقبة عمليات PFCP/Sxb في الوقت الفعلي.

### صفحة حالة UPF/PFCP

**الوصول:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/upf_status`

**الغرض:** مراقبة حالة ارتباط PFCP مع جميع أقران PGW-U المكونة

**الميزات:**

**1. نظرة عامة على حالة النظير**

•**عدد المرتبطين** - عدد الأقران الذين لديهم ارتباط PFCP نشط
•**عدد غير المرتبطين** - عدد الأقران غير المتصلين أو غير المتصلين
•يتم تحديث الصفحة تلقائيًا كل ثانيتين

**2. معلومات لكل نظير** لكل نظير PGW-U مكون:

•**اسم النظير** - الاسم الودود من التكوين
•**عنوان IP** - عنوان PGW-U البعيد
•**حالة الارتباط** - مرتبط (أخضر) أو غير مرتبط (أحمر)
•**معرف العقدة** - معرف عقدة PFCP
•**طابع زمن الاسترداد** - آخر وقت إعادة تشغيل للنظير
•**فترة نبض القلب** - فترة نبض القلب المكونة
•**عدد نبضات القلب المفقودة المتتالية** - عدد الفشل الحالي
•**ميزات وظيفة UP** - القدرات المعلنة من قبل PGW-U

**3. تفاصيل قابلة للتوسيع** انقر على أي نظير لرؤية:

•التكوين الكامل للنظير
•خريطة ميزات وظيفة UP
•طوابع زمن الارتباط
•حالة النظير الكاملة

## صفحة جلسات PFCP

**الوصول:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/pfcp_sessions`

**الغرض:** عرض جلسات PFCP النشطة بين OmniPGW و PGW-U

**الميزات:**

**1. عدد الجلسات النشطة**

•العدد الإجمالي للجلسات النشطة PFCP
•يتم تحديثه في الوقت الحقيقي

**2. معلومات الجلسة** لكل جلسة PFCP:

•**مفتاح الجلسة** - مفتاح السجل الداخلي
•**معرف العملية** - معرف عملية الجلسة
•**IMSI** - المشترك المرتبط (إذا كان متاحًا)
•**الحالة** - حالة الجلسة

**3. الحالة الكاملة للجلسة** عرض قابل للتوسيع يظهر:

•السياق الكامل لجلسة PFCP
•PDRs، FARs، QERs، BARs (قواعد التحويل)
•F-SEIDs (معرفات نقطة نهاية الجلسة)
•ارتباط PGW-U

## حالات الاستخدام التشغيلية

**مراقبة صحة ارتباط PFCP:**

1. افتح صفحة ح��لة UPF

```
2. تحقق من أن جميع الأقران تظهر "مرتبط"
3. تحقق من عدد نبضات القلب المفقودة = 0
4. إذا أظهر النظير "غير مرتبط":
   - تحقق من إمكانية الوصول إلى IP للنظير
   - تحقق من تشغيل النظير
   - تحقق من جدار الحماية (UDP 8805)
```

**استكشاف أخطاء فشل إنشاء الجلسة:**

```
1. فشل جلسة المستخدم في التأسيس
2. تحقق من صفحة جلسات PGW - هل توجد جلسة؟
3. تحقق من صفحة جلسات PFCP - هل تم إنشاء جلسة PFCP؟
4. إذا لم تكن هناك جلسة PFCP:
   - تحقق من حالة UPF - هل أي نظير مرتبط؟
   - تحقق من السجلات بحثًا عن أخطاء PFCP
5. إذا كانت هناك جلسة PFCP:
   - افحص PDRs/FARs للتحقق من القواعد المبرمجة
   - من المحتمل أن تكون المشكلة في الأسفل (PGW-U أو الشبكة)
```

**تحقق من توزيع الحمل بين الأقران:**

```
1. مع تكوين أقران PGW-U متعددة
2. تحقق من صفحة جلسات PFCP
3. تحقق من توزيع الجلسات عبر الأقران
4. حدد ما إذا كان أحد الأقران لديه حمل غير متناسب
```

**اكتشاف فشل الأقران:**

- نظرة سريعة على صفحة حالة UPF
- شارة حمراء "غير مرتبطة" مرئية على الفور
- يظهر عداد نبض القلب المفقود تدهورًا قبل الفشل الكامل
- إعداد تنبيهات المراقبة استنادًا إلى بيانات واجهة الويب

**المزايا:**

- **مراقبة في الوقت الحقيقي** - لا حاجة للاستعلام عن المقاييس أو SSH
- **حالة مرئية** - رموز ملونة مرتبطة/غير مرتبطة
- **اتجاهات صحة النظير** - يظهر عدد نبضات القلب المفقودة تحذيرًا مبكرًا
- **تفتيش على مستوى الجلسة** - رؤية PDRs/FARs/QERs المحددة بالضبط
- **لا أدوات مطلوبة** - مجرد متصفح ويب

---

# الوثائق ذات الصلة

## التكوين

- **دليل التكوين** - اختيار UPF، مراقبة الصحة، تكوين PFCP
- **إدارة الجلسات** - دورة حياة جلسة PDN، إنشاء الحاملات
- **QoS وإدارة الحاملات** - تكوين QoS التفصيلي، برمجة QER

## الشحن والمراقبة

- **واجهة Diameter Gx** - قواعد PCC التي تدفع تنفيذ QoS عبر PFCP
- **واجهة Diameter Gy** - إدارة حصة الشحن عبر الإنترنت عبر URRs
- **تنسيق CDR للبيانات** - توليد CDR من تقارير استخدام PFCP

- **دليل المراقبة** - مقاييس PFCP، تتبع الجلسات، تنبيهات صحة UPF

### واجهات الشبكة

- **واجهة S5/S8** - إدارة الحاملات في طبقة التحكم
- **تخصيص IP لـ UE** - تعيين عنوان UE عبر PFCP

---

**العودة إلى دليل العمليات**

# وثائق واجهة S5/S8

**الاتصال GTP-C مع SGW-C**

*OmniPGW من Omnitouch Network Services*

---

## نظرة عامة

تربط **واجهة S5/S8** 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

### GTP-C الإصدار 2

- **البروتوكول:** GTP-C v2 (3GPP TS 29.274)
- **النقل:** UDP
- **المنفذ:** 2123 (قياسي)
- **نوع الواجهة:** خطة التحكم

### TEID (معرف نقطة نهاية النفق)

لكل جلسة معرف **TEID** فريد لتوجيه الرسائل:

- **TEID المحلي** - مخصص بواسطة OmniPGW للرسائل الواردة
- **TEID البعيد** - مخصص بواسطة SGW-C للرسائل الصادرة

```
تدفق الرسالة:
  SGW-C → OmniPGW: TEID = الوجهة المحلي لـ OmniPGW
  OmniPGW → SGW-C: TEID = الوجهة البعيد لـ SGW-C
```

---

## التكوين

### التكوين الأساسي

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

    # اختياري: عنوان IPv6 المحلي
    local_ipv6_address: nil,

    # اختياري: تجاوز المنفذ الافتراضي
    local_port: 2123
  }
```

### متطلبات الشبكة

**قواعد جدار الحماية:**

```
# السماح لـ GTP-C من شبكة SGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_network>/24 -j ACCEPT

# السماح بخروج GTP-C 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 الجلسات

### طلب إنشاء جلسة

**الاتجاه:** SGW-C → OmniPGW

**الغرض:** إنشاء اتصال PDN جديد

**العناصر الرئيسية (IEs):**

| اسم IE | النوع | الوصف |
|---|---|---|
| IMSI | هوية | هوية المشترك الدولي للهاتف المحمول |
| MSISDN | هوية | رقم الهاتف المحمول |
| APN | سلسلة | اسم نقطة الوصول (مثل "الإنترنت") |
| نوع RAT | تعداد | تقنية الوصول اللاسلكي (EUTRAN) |
| سياق الحامل | مجمعة | معلومات الحامل الافتراضية |
| منطقة زمنية UE | طابع زمني | المنطقة الزمنية لـ UE |
| ULI | مجمعة | معلومات موقع المستخدم (TAI، ECGI) |
| الشبكة المقدمة | PLMN | MCC/MNC للشبكة المقدمة |

**مثال:**

```
طلب إنشاء جلسة
├── IMSI: 310260123456789
├── MSISDN: 14155551234
├── APN: الإنترنت
├── نوع RAT: EUTRAN (6)
├── سياق الحامل
│   ├── EBI: 5
│   ├── جودة الحامل (ARP، QCI 9، 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

**العناصر 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
    └── MTU للرابط: 1400
```

**طلب حذف جلسة**

**الاتجاه:** SGW-C → OmniPGW

**الغرض:** إنهاء اتصال PDN

**العناصر الرئيسية:**

| اسم IE | الوصف |
|---|---|
| EBI | معرف حامل EPS للحذف |
| EBI المرتبط | حامل ذو صلة (اختياري) |

**استجابة حذف جلسة**

**الاتجاه:** OmniPGW → SGW-C

**الغرض:** تأكيد حذف الجلسة

**العناصر الرئيسية:**

| اسم IE | الوصف |
|---|---|
| السبب | رمز النجاح أو الخطأ |

## إدارة الحامل

**طلب إنشاء حامل**

**الاتجاه:** OmniPGW → SGW-C

**الغرض:** إنشاء حامل مخصص (مبادر به بواسطة سياسة PCRF)

**مبادر به من:**

- ترسل PCRF قاعدة PCC جديدة تتطلب حامل مخصص
- تطلب OmniPGW من SGW-C إنشاء الحامل

**طلب حذف حامل**

**الاتجاه:** OmniPGW → SGW-C أو SGW-C → OmniPGW

**الغرض:** حذف الحامل ا��مخصص

**السيناريوهات:**

- **مبادر به من PGW:** تغيير سياسة PCRF يزيل الحامل المخصص
- **مبادر به من SGW:** تحرير الموارد اللاسلكية

---

## تدفقات الرسائل

### إنشاء الجلسة

### إنهاء الجلسة

---

## رموز الأسباب

### النجاح

| الرمز | الاسم | الوصف |
|---|---|---|
| 16 | الطلب مقبول | عملية ناجحة |

### الأخطاء (فشل دائم)

| الرمز | الاسم | عند الاستخدام |
|---|---|---|
| 65 | المستخدم غير معروف | تم رفض PCRF (IMSI غير موجود) |
| 66 | لا توجد موارد متاحة | نفاد مجموعة IP |
| 93 | الخدمة غير مدعومة | APN غير صالح |
| 94 | خطأ دلالي في TFT | قالب تدفق حركة غير صالح |

### الأخطاء (فشل مؤقت)

| الرمز | الاسم | عند الاستخدام |
|---|---|---|
| 72 | الطرف البعيد لا يستجيب | انتهاء مهلة PCRF/PGW-U |
| 73 | تصادم مع طلب بدأته 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="create_session_request"}[5m])
)
```

## استكشاف الأخطاء وإصلاحها

### المشكلة: عدم استجابة OmniPGW

**الأعراض:**

- SGW-C يرسل طلب إنشاء جلسة
- لا استجابة مستلمة
- انتهاء المهلة في SGW-C

**الأسباب:**

1. مشكلة في الاتصال الشبكي
2. OmniPGW لا تستمع على IP المكون
3. جدار الحماية يحظر UDP 2123
4. TEID خاطئ في الطلب

**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 جدار الحماية
iptables -L -n | grep 2123
```

### المشكلة: فشل إنشاء الجلسة

**الأعراض:**

- استجابة إنشاء جلسة مع سبب خطأ
- لم يتم إنشاء الجلسة

**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 (الطرف البعيد لا يستجيب):
  → انتهاء 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:**

•التأكد من تخصيص TEID فريد
•تحقق من سجل TEID للبحث عن تسريبات

---

# أفضل الممارسات

## تصميم الشبكة

1.**واجهة شبكة مخصصة**

◦استخدم VLAN منفصل لـ S5/S8
◦عزل عن حركة المرور الإدارية

2.**تحسين MTU**

◦تأكد من أن MTU يدعم رؤوس GTP
◦الحد الأدنى لـ MTU: 1500 بايت (1464 حمولة + 36 GTP)

3.**التكرار**

◦عدة مثيلات من OmniPGW
◦توازن الحمل المعتمد على DNS من SGW-C

## الأداء

1.**أحجام مخازن UDP**

◦زيادة مخازن المقابس للحمل العالي
◦النموذجي: 4-8 ميغابايت لكل مقبس

2.**حدود الاتصال**

◦التخطيط لعدد الجلسات المتوقع
◦مراقبة عدد سجل TEID

## الأمان

1.**تصفية IP**

◦السماح فقط لـ GTP-C من عناوين IP المعروفة لـ SGW-C
◦استخدام iptables أو ACLs الشبكية

2.**التحقق من الرسائل**

◦تتحقق OmniPGW من جميع الرسائل الواردة
◦ترفض حزم GTP-C غير الصالحة

---

# الوثائق ذات الصلة

## الوظائف الأساسية

•**دليل التكوين** - تكوين واجهة S5/S8، إعداد IP المحلي
•**إدارة الجلسات** - دورة حياة جلسة PDN، إنشاء الحامل
•**تخصيص IP لـ UE** - تسليم عنوان IP عبر استجابة إنشاء الجلسة
•**تكوين PCO** - معلمات PCO في رسائل GTP-C

### الواجهات ذات الصلة

- **واجهة PFCP** - تنسيق خطة 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** - مقاييس GTP-C لـ S5/S8، تتبع الرسائل
- **تنسيق CDR للبيانات** - إنشاء CDR من جلسات GTP-C

---

**العودة إلى دليل العمليات**

---

**واجهة OmniPGW S5/S8** - *بواسطة Omnitouch Network Services*

# دليل إدارة الجلسات

**دورة حياة اتصال PDN والعمليات**

*OmniPGW من Omnitouch Network Services*

---

## نظرة عامة

تمثل **جلسة PDN (شبكة بيانات الحزم)** اتصال البيانات لجهاز المستخدم (UE) من خلال OmniPGW. تنسق كل جلسة بين واجهات وموارد متعددة لتمكين الاتصال بالبيانات.

---

## مكونات الجلسة

### معرفات الجلسة

تحتوي كل جلسة على معرفات متعددة لواجهات مختلفة:

| المعرف | الواجهة | الغرض |
|---|---|---|
| **TEID** | S5/S8 (GTP-C) | معرف نقطة النفق لنوا��ل 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/المحاسبة |

### بيانات الجلسة

---

## إنشاء الجلسة

### تدفق المكالمات

### الخطوات

**1. استلام طلب إنشاء جلسة (S5/S8)**

يتم بدء إنشاء الجلسة عبر إشارة 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 لجهاز المستخدم من مجموعة APN
- توليد معرف الفوترة
- 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 QoS وقواعد PCC

**4. إعداد وحدة المستخدم (PFCP)**

برمجة PGW-U بقواعد التوجيه:

- إرسال طلب إنشاء الجلسة
- تضمين PDRs، FARs، QERs، BAR
- استلام F-TEID لنفق S5/S8

**5. الرد على 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
- **نقل** - تغيير SGW
- **تحديثات السياسة** - قواعد PCC جديدة من PCRF

### تدفق تعديل QoS

---

## حذف الجلسة

### تدفق المكالمات

### عملية التنظيف

**الموارد المحررة:**

1. عنوان IP لجهاز المستخدم → العودة إلى المجموعة
2. TEID → إزالة من السجل
3. SEID → إزالة من السجل
4. Session-ID → إزالة من السجل
5. Charging-ID → تحرير
6. إنهاء عملية الجلسة.

**سجلات الفوترة المولدة:**

- CDR النهائي (سجل بيانات الفوترة) مكتوب للفوترة غير المتصلة - راجع تنسيق بيانات CDR

---

## 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
  Session PID → 100.64.1.42

:By IMSI + EBI
EBI 5 → Session PID + "310260123456789"
```

---

## 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"}[5m])

# معدل حذف الجلسة
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}[5m])

# زمن تأخير إنشاء الجلسة (p95)
,histogram_quantile(0.95
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])
(
```

---

## المشكلات الشائعة

### فشل إنشاء الجلسة

**الأسباب:**

1. **استنفاد مجموعة IP** - لا توجد عناوين IP متاحة
2. **عدم الوصول إلى PCRF** - 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 السجل

**الحل:**

```
# إعادة تشغيل OmniPGW (يحرر جميع الجلسات)
# تنفيذ آلية مهلة الجلسة
```

### جهاز المستخدم لا يمكنه إنشاء جلسة

**الأعراض:**

- فشل إرفاق جهاز المستخدم
- رد إنشاء الجلسة مع سبب الخطأ

**الأسباب الشائعة والردود:**

| قيمة السبب | المعنى | الإجراء |
|---|---|---|
| المستخدم غير معروف | تم رفض PCRF (IMSI غير موجود في قاعدة البيانات) | توفير المشترك |
| لا توجد موارد متاحة | استنفاد مجموعة IP | توسيع مجموعة IP |
| النظير البعيد لا يستجيب | مهلة PCRF/PGW-U | تحقق من الاتصال |
| الخدمة غير مدعومة | APN غير صالح | تكوين مجموعة APN |

---

## أفضل الممارسات

### حدود الجلسة

**تكوين السعة المناسبة:**

```
عدد المستخدمين المتزامنين المتوقع: 10,000
عبء الجلسة لكل مستخدم: ~10KB RAM
إجمالي RAM للجلسات: ~100MB

إعدادات Erlang VM:
  - الحد الأقصى للعمليات: 262,144 (افتراضي)
  - حجم كومة العملية: ضبط بناءً على الحمل
```

### تنظيف الجلسة

**ضمان التنظيف المناسب:**

1. دائمًا الرد على طلبات حذف الجلسة
2. تنفيذ مهلة الجلسة للجلسات القديمة
3. مراقبة أعداد السجلات للكشف عن التسربات

### التوافر العالي

**تكرار الجلسة:**

- استخدام 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 لجهاز المستخدم: 100.64.1.42 (IP المخصص)
- نوع PDN: IPv4, IPv6، أو IPv4v6

**معرفات الجلسة:**

- معرف الفوترة: معرف فريد للفوترة
- EBI للناقل الافتراضي: معرف الناقل EPS (عادة 5)

**معلمات QoS:**

- APN-AMBR: الحد الأقصى لمعدل البيانات الإجمالي
  - الرفع: 100 Mbps
  - التنزيل: 50 Mbps

**قواعد التوجيه:**

- PDRs (قواعد اكتشاف الحزم): مطابقة الحزم
- FARs (قواعد إجراء التوجيه): إجراءات التوجيه/الإسقاط
- QERs (قواعد ��تقييد 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

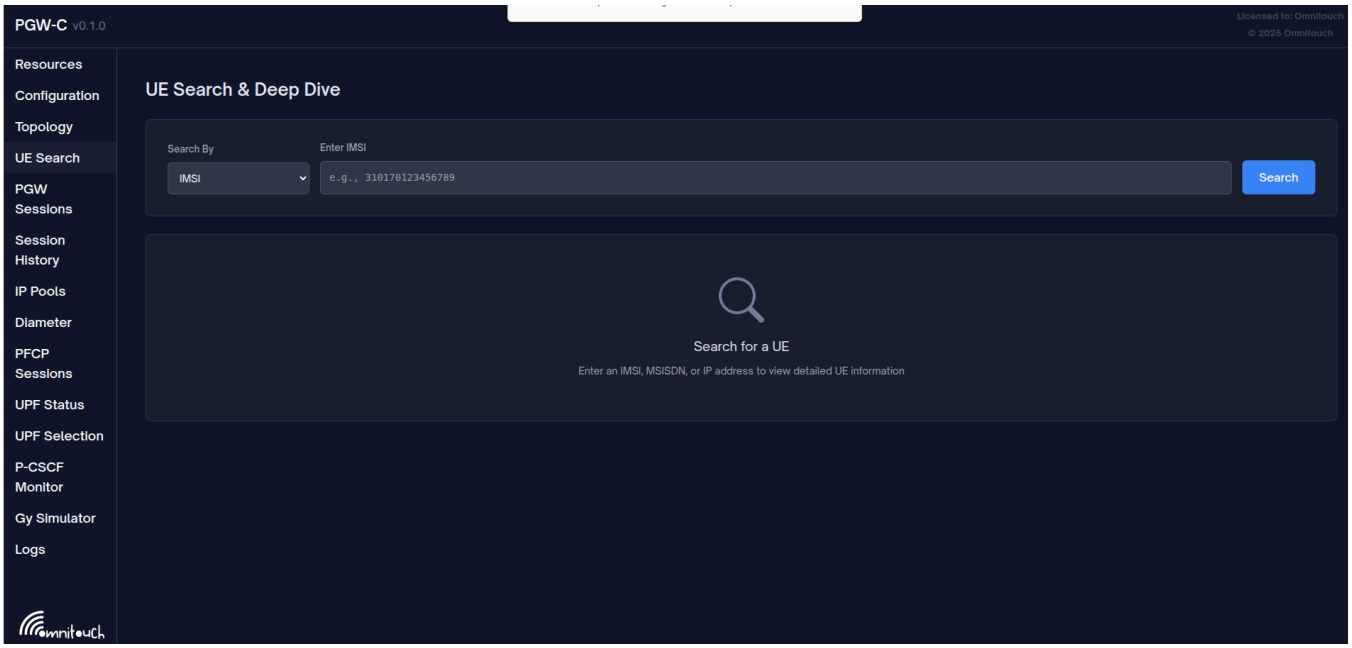
---

## واجهة الويب - مراقبة الجلسات الحية

يتضمن OmniPGW واجهة ويب حية **لمراقبة الجلسات النشطة** دون الحاجة إلى استعلام عن المقاييس أو السجلات.

### بحث جهاز المستخدم والغوص العميق

**الوصول:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/ue_search`




**العرض:** البحث عن جلسات جهاز المستخدم المحددة وعرض معلومات مفصلة

**الميزات:**

**1. وظيفة البحث** البحث عن الجلسات بواسطة:

- **IMSI** (مثل، "310170123456789")
- **MSISDN** (رقم الهاتف)
- **عنوان IP** (مثل، "100.64.1.42")

**2. خيارات البحث**

- محدد منسدلة لاختيار نوع البحث
- بحث في الوقت الحقيقي مع نتائج فورية
- واجهة و��صحة مع تلميحات البحث

**3. نتائج الغوص العميق** بمجرد العثور عليها، تعرض معلومات شاملة عن الجلسة بما في ذلك:

- تفاصيل المشترك الكاملة
- جميع نقاط النفق والمعرفات
- معلومات QoS والناقل
- حالة الجلسة الكاملة

**حالات الاستخدام:**

- استكشاف مشكلات مشتركة محددة
- التحقق من إنشاء الجلسة
- التحقق من عنوان IP المخصص
- فحص معلمات الجلسة

### صفحة جلسات PGW

**الوصول:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/pgw_sessions`

**العرض:** عرض حية لجميع جلسات PDN النشطة

**الميزات:**

**1. نظرة عامة على الجلسة**

- عدد الجلسات الحية (تحديث كل ثانيتين)
- عرض شبكي لجميع الجلسات النشطة
- لا حاجة للتحديث - التحديث التلقائي

**2. معلومات سريعة عن الجلسة** مرئية لكل جلسة:

- **IMSI** - هوية المشترك

•**عنوان UE IP** - عنوان IP المخصص
•**SGW TEID** - معرف النفق S5/S8 من SGW
•**PGW TEID** - معرف النفق S5/S8 من OmniPGW
•**APN** - اسم نقطة الوصول

**3. وظيفة البحث** البحث عن الجلسات بواسطة:

•IMSI (مثل، "310260")
•عنوان IP لجهاز المستخدم (مثل، "100.64")
•MSISDN / رقم الهاتف
•اسم APN

**4. تفاصيل قابلة للتوسيع** انقر على أي صف جلسة لرؤية التفاصيل الكاملة:

•معلومات المشترك الكاملة (IMSI، MSISDN، IMEI)
•سياق الشبكة (نوع RAT، شبكة الخدمة MCC/MNC)
•معلمات QoS (AMBR للرفع/التنزيل بصيغة قابلة للقراءة البشرية)
•معرفات النفق (كلا TEIDs بصيغة سداسية)
•معرف العملية للتصحيح
•حالة الجلسة الكاملة (هيكل البيانات الخام)

### عرض تخطيط الشبكة

**الوصول:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/topology`

**العرض:** تمثيل بصري للاتصالات الشبكية والجلسات النشطة

**الميزات:**

**1. تصور التخطيط**

•رسم بياني بصري لعناصر الشبكة
•يظهر عقدة PGW-C (خطة التحكم)
•نظائر HSS (خادم المشتركين المنزليين) المتصلة
•عرض عدد الجلسات النشطة

**2. عناصر تفاعلية**

•عناصر تحك�� التكبير (+/-)
•زر مركز العرض
•انقر على العقد للحصول على التفاصيل
•يظهر حالة الاتصال (الأخضر = نشط، الأحمر = معطل)

**3. عدد الجلسات**

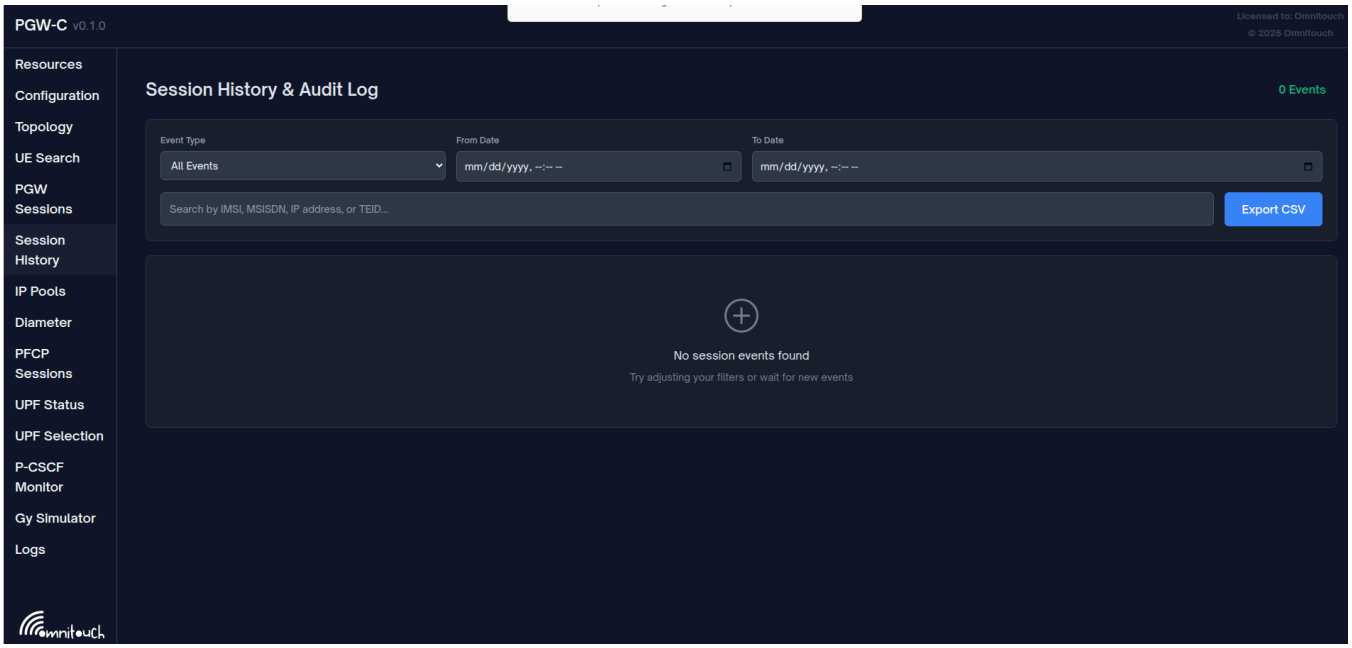
•عداد الجلسات النشطة في الوقت الحقيقي
•يتم التحديث تلقائيًا
•مؤشر بصري على الحمل

**حالات الاستخدام:**

•فهم بنية الشبكة في لمحة
•التحقق من اتصالات النظير
•مراقبة تغييرات التخطيط
•فحص صحة الشبكة بسرعة

### تاريخ الجلسة وسجل التدقيق

**الوصول:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/session_history`




**العرض:** تتبع أحداث الجلسة التاريخية وسجل التدقيق

**الميزات:**

**1. تصفية الأحداث**

- تصفية حسب نوع الحدث (جميع الأحداث، إنشاء جلسة، حذف جلسة، إلخ)
- اختيار نطاق التاريخ (من تاريخ / إلى تاريخ)
- البحث بواسطة IMSI، MSISDN، عنوان IP، أو TEID

**2. وظيفة التصدير**

- تصدير إلى CSV للتحليل
- يتضمن جميع النتائج المصفاة
- مفيد للامتثال والتقارير

**3. أنواع الأحداث المتعقبة**

- أحداث إنشاء الجلسة
- أحداث حذف الجلسة
- أحداث التعديل
- أحداث الأخطاء

**حالات الاستخدام:**

- سجل تدقيق للامتثال
- تحليل الجلسات التاريخية
- استكشاف المشكلات السابقة
- إنشاء تقارير الاستخدام
- تتبع أنماط الجلسة بمرور الوقت

**حالات الاستخدام التشغيلية**

**التحقق من الجلسة:**

```
1. المستخدم يبلغ عن مشكلة في الاتصال
2. البحث في واجهة الويب بواسطة IMSI أو رقم الهاتف
3. التحقق من وجود الجلسة وأن جهاز المستخدم لديه عنوان IP
4. التحقق من تطابق قيم QoS مع خطة المشترك
5. التحقق من أن نقاط النفق قد تم إنشاؤها
```

**مراقبة السعة:**

- نظرة على عدد الجلسات النشطة
- مقارنة بالسعة المرخصة
- تحديد أنماط الاستخدام حسب APN

**استكشاف الأخطاء:**

- العثور على جلسة معينة بواسطة أي معرف
- فحص حالة الجلسة الكاملة دون SSH/IEx
- التحقق من تطابق TEIDs بين SGW و PGW
- التحقق من قيم AMBR المطبقة من PCRF

**المزايا على المقاييس:**

- رؤية تفاصيل الجلسة الفردية (تظهر المقاييس المجاميع)
- قدرات البحث والتصفية
- تنسيق قابل للقراءة البشرية (عرض النطاق الترددي بالميغابت في الثانية، وليس بالبت في الثانية)
- فحص الحالة في الوقت الحقيقي
- لا حاجة للوصول إلى سطر الأوامر

---

## الوثائق ذات الصلة

### الوظائف الأساسية للجلسة

- **واجهة PFCP** - إنشاء جلسة وحدة المستخدم، PDRs، FARs، QERs، URRs
- **تخصيص IP لجهاز المستخدم** - تخصيص عنوان IP، إدارة مجموعة APN
- **تكوين PCO** - معلمات DNS، P-CSCF، MTU المرسلة إلى جهاز المستخدم
- **دليل التكوين** - اختبار UPF، تدفقات إنشاء الجلسة

### السياسة والفوترة

- **واجهة Diameter Gx** - التحكم في سياسة PCRF، قواعد PCC، إدارة QoS
- **واجهة Diameter Gy** - الفوترة عبر الإنترنت OCS، تتبع الحصص
- **تنسيق بيانات CDR** - إنشاء سجلات الفوترة غير المتصلة

### واجهات الشبكة

- **واجهة S5/S8** - بروتوكول GTP-C، تواصل SGW-C
- **إدارة QoS والنافلات** - تنفيذ QoS للنافل

### العمليات

- **دليل المراقبة** - مقاييس الجلسة، تتبع الجلسات النشطة، التنبيهات
- **مراقبة P-CSCF** - مراقبة جلسات IMS

# وثائق تخصيص مجموعة عناوين IP

**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

تقوم PGW-C بتخصيص عناوين IP لأجهزة UE (معدات المستخدم) عندما تقوم بإنشاء اتصالات PDN (شبكة بيانات الحزمة). هذه وظيفة حيوية تمكّن الأجهزة المحمولة من التواصل مع الشبكات الخارجية.

### لماذا يعتبر تخصيص IP مهمًا

يتلقى كل UE **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 IPv4 وبادئة IPv6 |

### طرق التخصيص

تدعم PGW-C طريقتين لتخصيص IP:

**1. التخصيص الديناميكي (الأكثر شيوعًا):**

- يختار PGW-C IP من مجموعة مكونة
- اختيار عشوائي لتجنب التنبؤ
- كشف التصادم يضمن التفرد

**2. التخصيص الثابت:**

- يطلب UE IP محدد في رسالة GTP-C
- تتحقق PGW-C من توفره
- مفيد للأجهزة المؤسسية ذات العناوين الثابتة

### اختيار الشبكة الفرعية بناءً على APN

يمكن أن تستخدم **APNs (أسماء نقاط الوصول)** مختلفة مجموعات IP مختلفة:

**الفوائد:**

- **فصل الحركة** - تقوم APNs المختلفة بتوجيه إلى شبكات مختلفة
- **تمييز السياسات** - تطبيق سياسات مختلفة لكل APN
- **تخطيط السعة** - تحديد حجم المجموعات بناءً على الاستخدام المتوقع
- **الفوترة** - تتبع الاستخدام حسب نوع الخدمة

### سجل العناوين

يتتبع **سجل العناوين** العناوين المخصصة:

| الوظيفة | الوصف |
|---|---|
| **التسجيل** | يربط IP UE → PID عملية الجلسة |
| **البحث** | العثور على الجلسة بواسطة IP UE |
| **إلغاء التسجيل** | تحرير IP عند انتهاء الجلسة |
| **كشف التصادم** | منع التخصيصات المكررة |

---

## التكوين

### التكوين الأساسي

قم بتحرير `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # تستخدم "internet" APN شبكتين فرعيتين
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24",  # 254 IPs قابلة للاستخدام
        "100.64.2.0/24"   # 254 IPs قابلة للاستخدام
      ],

      # تستخدم "ims" APN شبكة فرعية واحدة
      "ims" => [
        "100.64.10.0/24"
      ],

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

### تدوين الشبكة الفرعية

**تدوين CIDR:** `<network>/<prefix_length>`

| CIDR | IPs قابلة 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
- تقوم PGW-C بالتخصيص من `network> + 1>` إلى `broadcast> - 1>`

### شبكات فرعية متعددة لكل APN

**توازن الحمل عبر الشبكات الفرعية:**

```
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 الاختبار:**

- يقوم PGW-C باختيار شبكة فرعية عشوائية من القائمة
- توفر توازن حمل أساسي
- تختار كل جلسة شبكة فرعية بشكل مستقل

**الفوائد:**

- توزيع الحمل عبر شبكات فرعية متعددة
- سهولة توسيع السعة (إضافة شبكات فرعية جديدة)
- مرونة في سياسات التوجيه

### مثال من العالم الحقيقي

```
pgw_c: {
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.0.0/20",    # 4094 IPs للاستخدام العام
      ],

      "ims" => [
        "100.64.16.0/22",   # 1022 IPs لـ IMS
      ],

      "enterprise.corp" => [
        "10.100.0.0/16",    # 65534 IPs للمؤسسات
      ],

      "iot.m2m" => [
        "100.64.20.0/22",   # 1022 IPs لـ IoT
      ],

      :default => [
        "42.42.42.0/24",    # 254 IPs لـ APNs غير المعروفة
      ]
    }
  }
}
```

### تكوين IPv6

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

      "internet.ipv6" => [
        "db8:1::/48:2001",
      ],

      :default => [
        "42.42.42.0/24",
      ]
    }
  }
}
```

**تفويض بادئة IPv6:**

- عادة ما يتلقى UE بادئة /64
- يسمح لـ UE بتخصيص عدة IPs (مثل، للتوصيل)
- مثال: يتلقى UE `2001:db8:1:a::/64`

### تكوين مزدوج (IPv4v6)

```
pgw_c: {
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24",        # مجموعة IPv4
        "db8:1::/48:2001"       # مجموعة IPv6 (ستستخدم للتخصيص)
      ]
    }
  }
}
```

**تخصيص مزدوج:**

- يطلب UE نوع PDN: IPv4v6
- يقوم PGW-C بتخصيص كل من عنوان IPv4 وبادئة IPv6
- كلا العنوانين نشطان في نفس الوقت

---

## عملية التخصيص

يحدث تخصيص IP أثناء إنشاء الجلسة عندما تتلقى PGW-C طلب إنشاء جلسة عبر واجهة S5/S8. راجع واجهة S5/S8 لتفاصيل رسالة GTP-C و إدارة الجلسات لدورة حياة الجلسة.

### خطوة بخطوة: تخصيص IPv4 الديناميكي

### كيف يعمل

**عملية التخصيص الديناميكي:**

1. **بحث الشبكة الفرعية:** يسترجع النظام الشبكات الفرعية المكونة للAPN المطلوب
2. **الاختبار العشوائي:** يتم اختيار شبكة فرعية واحدة عشوائيًا من القائمة المتاحة
3. **توليد IP:** يتم توليد IP عشوائي ضمن نطاق الشبكة الفرعية
4. **تحقق من النفرد:** 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
- **اختبار عشوائي:** يتجنب أنماط تخصيص IP المتوقعة لأغراض الأمان
- **عمليات ذرية:** يضمن سجل قائم على العمليات عدم وجود تخصيصات مكررة
- **العودة إلى الافتراضي:** إذا لم يتم العثور على APN في التكوين، يتم استخدام المجموعة الافتراضية

### معالجة التصادم

**السيناريو:** تحاول جلستان تخصيص نفس IP في نفس الوقت

**كيف تعمل الوقاية من التصادم:**

- يقوم السجل بمعالجة الطلبات واحدة تلو الأخرى (تسلسلي)
- 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

#### العودة إلى الشبكة الفرعية الافتراضية

**السيناريو:** يطلب UE APN غير معروف

**مثال على التكوين:**

```
Config #
}% :subnet_map
"100.64.1.0/24"] => "internet",
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 يعود إلى المجموعة الافتراضية
•يخصص IP من 42.42.42.0/24

**منطق العودة:**

1.أولاً، حاول العثور على مجموعة مخصصة لـ APN في التكوين
2.إذا لم يتم العثور عليها، استخدم مجموعة default
3.إذا لم يتم تكوين افتراضي، يفشل التخصيص

#### إلغاء التخصيص عند إنهاء الجلسة

**التنظيف التلقائي:**

•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 IPs في المجموعة

```
المجموعة: 100.64.1.0/24 (254 IPs قابلة للاستخدام)
تم تخصيص: 254 IPs
يصل طلب جديد ← استنفاد
```

**ماذا يحدث:**

1.تحاول PGW-C 100 تخصيصات عشوائية
2.تجد جميع المحاولات أن IP مخصص بالفعل
3.تعيد: {error, :ue_ip_address_allocation_failed}
4.تفشل إقامة الجلسة
5.ت��لقى SGW-C استجابة خطأ

**الوقاية:**

```
# مراقبة استخدام المجموعة
address_registry_count / total_pool_size > 0.8  # تنبيه عند 80%

# 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 الثابت

**حالة الاستخدام:** يحتاج الجهاز المؤسسي إلى IP ثابت

**تنسيق رسالة GTP-C:**

```
طلب إنشاء جلسة
├── IMSI: 310260123456789
├── APN: enterprise.corp
├── PDN (IE) تخصيص عنوان
│   └── PDN: IPv4 نوع
│   └── IPv4: 10.100.0.50 ← يطلب UE IP محدد عنوان
```

**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 لهذا APN
3.**التحقق من التوفر:** 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 رم�� السبب المناسب

**النتائج المحتملة:**

•**نجاح:** يتلقى UE بالضبط عنوان IP 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

#### تفويض بادئة IPv6

**يطلب UE IPv6:**

```
طلب إنشاء جلسة
├── PDN: IPv6 نوع
```

**تقوم PGW-C بتخصيص بادئة /64:**

```
البادئة المخصصة: db8:1:a::/64:2001

يمكن لـ UE استخدام:
- db8:1:a::1:2001
- db8:1:a::2:2001
- ... (18 كوينتيليون عنوان)
```

**الفوائد:**

•يمكن لـ UE تخصيص عدة IPs (مثل، للتوصيل)
•يدعم SLAAC (تكوين العنوان بدون حالة)
•يلغي الحاجة إلى NAT

#### تخصيص مزدوج

**يطلب UE IPv4v6:**

```
طلب إنشاء جلسة
├── PDN: IPv4v6 نوع
```

**تقوم PGW-C بتخصيص كليهما:**

```
IPv4: 100.64.1.42
IPv6: 2001:db8:1:a::/64
```

**معالجة الحركة:**

•تستخدم حركة IPv4 عنوان IPv4
•تستخدم حركة IPv6 بادئة IPv6
•كلاهما نشط في نفس الوقت
•أنفاق GTP منفصلة (أو نفق مزدوج)

**عناوين IP الخاصة مقابل العامة**

**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"
                                                [
                                                  {
```

**يتطلب NAT في PGW-U** للوصول إلى الإنترنت

**مجموعات IP العامة:**

```
# عناوين IP العامة القابلة للتوجيه (مثال فقط)
                                        }% :subnet_map
                                      ] <= "internet"
                          "203.0.113.0/24"  # كتلة IP العامة
                                                [
                                                  {
```

**لا حاجة لـ NAT** - توجيه مباشر إلى الإنترنت

**التوصية:**

•استخدم **عناوين خاصة (RFC 6598)**: 100.64.0.0/10 (NAT من الدرجة الناقلة)
•احتفظ بالعناوين العامة للخدمات الخاصة فقط

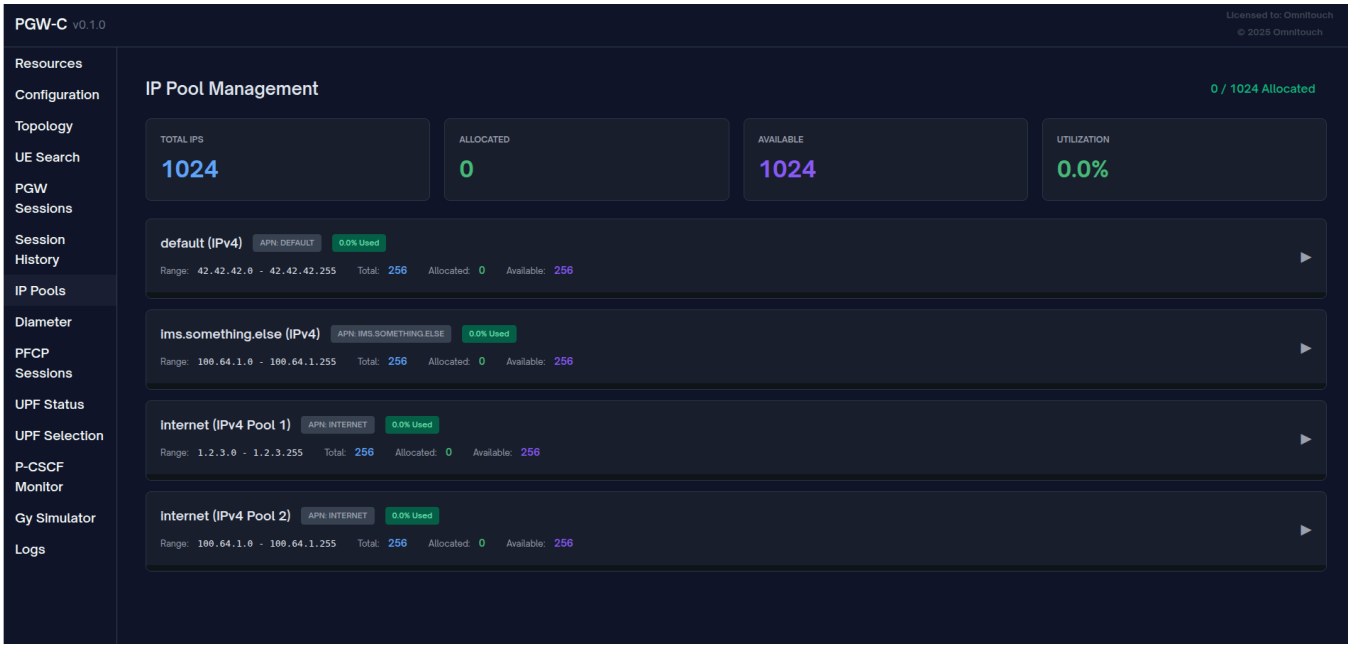
---

## المراقبة

### واجهة الويب - إدارة مجموعة IP

يوفر OmniPGW واجهة ويب في الوقت الحقيقي لمراقبة تخصيص واستخدام مجموعة IP.

**الوصول:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/ip_pools`




**الميزات:**

**1. نظرة عامة على المجموعة**

•إجمالي IPs عبر جميع المجموعات
•العناوين المخصصة حاليًا
•IPs المتاحة المتبقية
•نسبة الاستخدام في الوقت الحقيقي

**2. حالة مجموعة لكل APN** تظهر كل مجموعة مكونة:

•**اسم المجموعة** - معرف APN (مثل، "افتراضي"، "ims.something.else"، "الإنترنت")
•**علامة APN** - شارة اسم APN المكون
•**نطاق IP** - تدوين CIDR يظهر نطاق الشبكة الفرعية
•**الاستخدام** - مؤشر بصري يظهر النسبة المستخدمة
•**إحصائيات التخصيص:**
◦الإجمالي: عدد IPs في المجموعة
◦المخصص: IPs المعينة حاليًا
◦المتاحة: IPs المتبقية للتخصيص

**3. تحديثات في الوقت الحقيقي**

•تحديث تلقائي كل ثانيتين
•لا حاجة لإعادة تحميل الصفحة
•تتبع الاستخدام المباشر

**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 المخصصة حاليًا
address_registry_count

# استخدام المجموعة (يتطلب حساب)
address_registry_count / <total_pool_size> * 100
```

**مثال:**

```
المجموعة: 100.64.1.0/24 (254 IPs)
المخصص: 150 IPs
```

```
الاستخدام: 150 / 254 = 59%
```

**التنبيهات**

```
# تنبيه على استخدام المجموعة العالي
- alert: UEIPPoolUtilizationHigh
  expr: address_registry_count > 200  # لمجموعة /24
  for: 10m
  annotations:
    summary: "استخدام مجموعة UE IP فوق 80%"
    description: "الحالي: {{ value$ }} / 254 IPs مخصصة"

# تنبيه على استنفاد المجموعة
- alert: UEIPPoolExhausted
  expr: address_registry_count >= 254  # لمجموعة /24
  for: 1m
  annotations:
    summary: "مجموعة UE IP مستنفدة - 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 تحكم Grafana**

**اللوحة 1: استخدام مجموعة IP**

```
# مقياس يظهر النسبة المئوية
100 * (address_registry_count / 254)
```

**اللوحة 2: IPs المخصصة على مر الزمن**

```
# سلسلة زمنية
address_registry_count
```

**اللوحة 3: معدل التخصيص**

```
# معدل التخصيصات الجديدة
rate(address_registry_count[5m])
```

**اللوحة 4: خطر استنفاد المجموعة**

```
# الأيام حتى الاستنفاد (استنادًا إلى المعدل الحالي)
(address_registry_count - 254) / rate(address_registry_count[1h])
```

---

## استكشاف الأخطاء وإصلاحها

**المشكلة 1: فشل إقامة الجلسة (لا توجد IP متاحة)**

**الأعراض:**

•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 CIDR صالح
      ]
    }
  }
```

3.**خطأ في تكوين APN**

```
# إذا لم يتم العثور على APN، يعود 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 لإطلاق IPs المسربة
•**التحقق من التكوين:** تحقق من `runtime.exs` للبحث عن الأخطاء المطبعية

**المشكلة 2: تصادم عنوان IP**

**الأعراض:**

•تتلقى جلستان نفس IP (نادراً جداً)
•مشاكل في التوجيه

**السبب:**

•خطأ في سجل العناوين (يجب ألا يحدث)

**التصحيح:**

```
# تحقق من وجود IPs مكررة 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:**

•يتلقى UE IP من شبكة فرعية غير متوقعة
•يحصل APN "internet" على IP من مجموعة "ims"

**السبب:**

•تكوين subnet_map غير صحيح

**التحقق:**

```
# تحقق من تطابق سلسلة APN بالضبط
subnet_map: %{
  "internet" => [...],    # حساسية الحالة
  "Internet" => [...]     # APN مختلف!
}
```

**الحل:**

•تأكد من تطابق أسماء APN بالضبط (حساسة للحالة)
•استخدم المجموعة الافتراضية كحل شامل

#### المشكلة 4: فشل تخصيص IPv6

**الأعراض:**

- يطلب UE IPv6، يتلقى خطأ

**الأسباب المحتملة:**

1. **لا توجد مجموعة IPv6 مكونة**

```
# مجموعات IPv6 مفقودة
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "100.64.1.0/24"  # IPv4 فقط
  ]
}
```

2. **بادئة IPv6 غير صالحة**

```
# بادئة صغيرة جدًا (يجب أن تكون /48 أو أكبر)
"internet" => [
  "2001:db8::/128"  # خاطئ - لا يوجد مكان للتخصيص
]
```

**الحل:**

```
# إضافة مجموعة IPv6
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "100.64.1.0/24",
    "2001:db8:1::/48"  # مجموعة IPv6
  ]
}
```

#### المشكلة 5: استخدام مجموعة عالية

**الأعراض:**

- تقترب من استنفاد المجموعة
- `address_registry_count` تقترب من الحد الأقصى

**إجراءات استباقية:**

1. **إضافة الشبكات الفرعية:**

```
"internet" => [
  "100.64.1.0/24",  # موجودة
  "100.64.2.0/24",  # شبكة فرعية جديدة (تضيف 254 IPs)
  "100.64.3.0/24"   # شبكة فرعية جديدة (تضيف 254 IPs)
]
```

2. **استخدام شبكات فرعية أكبر:**

```
# استبدال /24 بـ /22
"internet" => [
  "100.64.0.0/22"  # 1022 IPs قابلة للاستخدام
]
```

3. **تنظيف الجلسات:**
   - مراقبة الجلسات القديمة
   - التأكد من التعامل الصحيح مع طلب حذف الجلسة

---

## أفضل الممارسات

### تخطيط السعة

**احسب حجم المجموعة المطلوب:**

```
عدد المستخدمين المتوقع: 10,000
ذروة التزامن: 30% (3,000 جلسة متزامنة)
حافة النمو: 50%
عدد IPs المطلوب: 3,000 * 1.5 = 4,500 IPs

الشبكة الفرعية: /20 (4,094 IPs قابلة للاستخدام) - صغيرة جدًا
الشبكة الفرعية: /19 (8,190 IPs قابلة للاستخدام) - كافية
```

### 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 الأساسي - مجموعة كبيرة
      "internet" => [
        "100.64.0.0/18"  # 16,382 IPs
      ],

      # IMS - مجموعة مخصصة أصغر
      "ims" => [
        "100.64.64.0/22"  # 1,022 IPs
      ],

      # المؤسسة - مجموعة متوسطة
      "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

- **دليل التكوين** - تكوين مجموعة IP لـ UE، تخطيط الشبكة الفرعية لـ APN
- **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
- تنسيق CDR البيانات - عناوين IP لـ UE في CDRs لتتبع الفوترة

---

العودة إلى دليل العمليات