

وثائق واجهة برمجة OmniUPF تطبيقات

نظرة عامة

شاملة لإدارة ومراقبة وظيفة مستوى RESTful واجهة OmniUPF توفر واجهة برمجة تطبيقات تتبع واجهة برمجة التطبيقات التحكم في الوقت الحقيقي والرؤية eBPF المستخدم المعتمدة على UPF لجميع مكونات.

قدرات واجهة برمجة التطبيقات

ادارة الجلسات:

- استعلام عن الجلسات النشطة، عرض تفاصيل الجلسة، تصفية حسب **PFCP جلسات** أو IP TEID أو UE لـ IP عنوان
- مراقبة جماعيات عقدة التحكم وحالتها **PFCP جماعيات**

قواعد المرور:

- فحص مصنفات حركة المرور في الاتجاه الصاعد (**PDR**) **قواعد اكتشاف الحزم** (IPv4/IPv6) والهابط
- عرض سياسات التوجيه والتخزين والإسقاط (**FAR**) **قواعد إجراءات التوجيه**
- مراقبة تحديد المعدل وسياسات **QoS (QER)** **قواعد تنفيذ**
- تتبع عدادات حجم البيانات لكل جلسة (**URR**) **قواعد تقارير الاستخدام**

تخزين الحزم:

- حالة التخزين:** عرض الحزم المخزنة لكل **FAR** (`GET /buffer`, `GET /buffer/:far_id`)
- عمليات التخزين:** تفريغ أو مسح الحزم المخزنة (`POST /buffer/:far_id/flush`, `DELETE /buffer/:far_id`, `DELETE /buffer`)
- تحكم التخزين:** تنبيه يدوي (`POST /buffer/:far_id/notify`)
- DLDR حالة الإشارات:** عرض حالة إشعار (`GET /buffer/notifications`)

المراقبة والإحصائيات:

- **إحصائيات الحزم:** عدادات الحزم في الوقت الحقيقي حسب البروتوكول (GTP, IP, TCP, UDP, ICMP, ARP)
- مقاييس أداء مسار البيانات (تمرير، إسقاط، إعادة توجيه، إلغاء): **XDP** **إحصائيات**
- والشبكة البيانات RAN توزيع حركة المرور لشبكة **N3/N6** **إحصائيات واجهة**
- ضربات التخزين المؤقت، عمليات البحث،) **FIB** **إحصائيات التوجيه:** أداء البحث في (الأخطاء

إدارة التوجيه:

- استعلام عن جدول توجيه عنوان **UE طرق** (`GET /routes`)
- مزامنة الطرق مع خادم توجيه **FRR**: **تكامل** (`POST /routes/sync`)
- **جلسات التوجيه:** عرض جلسات بروتوكول التوجيه (`GET /routing/sessions`)
- استعلام عن قاعدة بيانات الطرق الخارجية **OSPF**: **قاعدة بيانات** (`GET /ospf/database/external`)

التكوين:

- استرجاع وتحرير التكوين **UPF تكوين** (`GET /config, POST /config`)
- **تكوين مسار البيانات:** استعلام عن تكوين خاص بمسار البيانات (`GET /dataplane_config`)
- وقدرات الواجهة XDP استعلام عن دعم وضع **XDP قدرات** (`GET /xdp_capabilities`)
- مراقبة استخدام الموارد والسعية **eBPF سعة خريطة** (`GET /map_info`)

تكامل واجهة المستخدم على الويب

على هذه الواجهة وتتوفر لوحة معلومات تفاعلية OmniUPF تم بناء واجهة المستخدم على الويب لجميع وظائف واجهة برمجة التطبيقات. راجع **دليل واجهة المستخدم على الويب** للحصول على لقطات شاشة وأمثلة على الاستخدام.

وثائق واجهة برمجة التطبيقات Swagger

تم توثيق واجهة بـ **OpenAPI 3.0** مجة التطبيقات بالكامل باستخدام مواصفة **(Swagger)**. التفاعلية **Swagger** توفر واجهة:

- توثيق شامل لنقاط النهاية مع مخططات الطلب/الاستجابة
- وظيفة تجربة الاستخدام لاختبار استدعاءات واجهة برمجة التطبيقات مباشرة من المتصفح
- تعریفات المخططات لجميع نماذج البيانات
- واستجابات الأخطاء HTTP رموز حالة

The screenshot shows the Swagger UI interface for the OmniUPF API. At the top, there's a navigation bar with the Swagger logo, a 'doc.json' link, and a 'Explore' button. Below the header, the title 'OmniUPF API 1.0' is displayed, along with the base URL '/api/v1' and a 'doc.json' link. A note indicates it's an eBPF User Plane Function API. Below this, there's a brief description of API support, including links to the website and email, and mentions Apache 2.0. The main content area is titled 'buffer'. It lists several API endpoints:

- GET /buffer**: List all packet buffers
- DELETE /buffer**: Clear all buffers
- GET /buffer/{far_id}**: Get buffer status for a specific FAR
- DELETE /buffer/{far_id}**: Clear buffer for a specific FAR
- POST /buffer/{far_id}/flush**: Flush buffer for a specific FAR

 Each endpoint is shown with its method, path, and a brief description. The 'DELETE /buffer' and 'DELETE /buffer/{far_id}' entries are highlighted with red backgrounds.

مع توثيق مفصل OmniUPF التفاعلية تعرض نقاط النهاية واجهة برمجة تطبيقات *Swagger* واجهة.

الوصول إلى واجهة Swagger

على *Swagger* توفر وثائق:

`http://<upf-host>:8080/swagger/index.html`

على سبيل المثال `http://10.98.0.20:8080/swagger/index.html`

مسار قاعدة واجهة برمجة التطبيقات

تبدأ جميع نقاط النهاية واجهة برمجة التطبيقات بـ:

`/api/v1`

ميزات واجهة برمجة التطبيقات

الترقيم

الترقيم ل نقاط النهاية التي تعي **OmniUPF** تدعم واجهة برمجة تطبيقات مجموعات بيانات كبيرة. يمنع الترقيم انتهاء المهلة ويقلل من استخدام PDRs ، الذاكرة عند الاستعلام عنآلاف الجلسات URRs.

أنماط الترقيم المدعومة:

1. **الترقيم القائم على الصفحات** (موصى به):

- رقم الصفحة (يبدأ من 1) : `page`
- العناصر لكل صفحة (افتراضي: 100، الحد الأقصى: `page_size` : `page_size` (1000)

2. **الترقيم القائم على الإزاحة**:

- عدد العناصر التي يجب تخطيها : `offset`
- عدد العناصر التي يجب إرجاعها (الحد الأقصى: 1000) : `limit`

طلبات المثال:

```
```bash
```

الترقيم القائم على الصفحات: الحصول على الصفحة الثانية مع 50 عنصراً لكل صفحة

```
GET /api/v1/pfcp_sessions?page=2&page_size=50
```

الترقيم القائم على الإزاحة: تخطي أول 100 عنصر، إرجاع 50 التالية #

```
GET /api/v1/pfcp_sessions?offset=100&limit=50
```

السلوك الافتراضي (بدون معلمات ترقيم): أول 100 عنصر #

```
GET /api/v1/pfcp_sessions
```

## تنسيق الاستجابة:

```

 ...
],
 "pagination": {
 "total": 5432,
 "page": 2,
 "page_size": 50,
 "total_pages": 109
 }
}

```

## نقاط النهاية المرقمة:

- `/api/v1/pfcp_sessions` - PFCP قائمة جلسات
- `/api/v1/pfcp_associations` - PFCP قائمة جمعيات
- `/api/v1/routes` - طرق UE IP
- `/api/v1/uplink_pdr_map` - PDRs في الاتجاه الصاعد (معلومات أساسية)
- `/api/v1/uplink_pdr_map/full` - PDRs في الاتجاه الصاعد مع تفاصيل فلتر SDF الكاملة
- `/api/v1/downlink_pdr_map` - PDRs في الاتجاه الهابط (معلومات أساسية) مع تفاصيل IPv4 في الاتجاه الهابط
- `/api/v1/downlink_pdr_map/full` - PDRs مع تفاصيل IPv4 في الاتجاه الهابط مع تفاصيل فلتر SDF الكاملة
- `/api/v1/downlink_pdr_map_ip6` - PDRs في الاتجاه الهابط (معلومات أساسية) مع تفاصيل IPv6 في الاتجاه الهابط مع تفاصيل فلتر SDF الكاملة
- `/api/v1/downlink_pdr_map_ip6/full` - PDRs مع تفاصيل IPv6 في الاتجاه الهابط مع تفاصيل فلتر SDF الكاملة
- `/api/v1/far_map` - قواعد إجراءات التوجيه
- `/api/v1/qer_map` - قواعد تنفيذ QoS
- `/api/v1/urr_map` - قواعد تقارير الاستخدام

## نقاط نهاية إدارة التخزين:

- `GET /api/v1/buffer` مع الإحصائيات FAR قائمة بجميع مخازن
- `GET /api/v1/buffer/:far_id` الحصول على حالة التخزين لـ FAR محدد

- GET /api/v1/buffer/notifications قائمة بحالة إشعارات - DLDR
- DELETE /api/v1/buffer مسح جميع الحزم المخزنة -
- DELETE /api/v1/buffer/:far\_id محدد FAR مسح التخزين لـ -
- POST /api/v1/buffer/:far\_id/flush تفريغ (إعادة تشغيل) الحزم المخزنة -
- POST /api/v1/buffer/:far\_id/notify إرسال إشعار - يدوياً DLDR

#### نقاط نهاية التكوين:

- GET /api/v1/config الحالي UPF الحصول على تكوين -
- POST /api/v1/config حقول قابلة للتحرير في وقت) UPF تحديث تكوين - (التشغيل)
- GET /api/v1/dataplane\_config الحصول على تكوين خاص بمسار البيانات -

#### نقاط نهاية تكامل التوجيه:

- GET /api/v1/routes قائمة طرق - UE
- POST /api/v1/routes/sync تفعيل مزامنة الطرق مع - FRR
- GET /api/v1/routing/sessions الحصول على جلسات بروتوكول التوجيه -
- GET /api/v1/ospf/database/external الحصول على قاعدة بيانات - OSPF LSA الخارجية

#### أفضل الممارسات:

- لعرض واجهة المستخدم على الويب استخدم `page_size=100`
- للتصديرات الكبيرة (الحد الأقصى) استخدم `page_size=1000`
- لتحديد عدد التكرارات استعلام `pagination.total_pages`
- لتحسين أداء واجهة برمجة التطبيقات (طلبات أقل) زيادة `page_size`

## CORS دعم

بشكل افتراضي لجميع نقاط نهاية واجهة برمجة (CORS) تم تفعيل مشاركة الموارد عبر الحدود التطبيقات، مما يسمح لواجهة المستخدم على الويب والتطبيقات الخارجية باستهلاك واجهة برمجة التطبيقات من أصول مختلفة.

# Prometheus مقاييس

على Prometheus مقاييس OmniUPF تعرض REST ، بالإضافة إلى واجهة برمجة التطبيقات (المنفذ الافتراضي 9090: /metrics) نقطة النهاية.

توفر المقاييس:

- والكمون لكل نظير PFCP عدادات رسائل
- إحصائيات الحزم حسب نوع البروتوكول
- أحكام إجراء XDP
- إحصائيات التخزين
- استخدام سعة خريطة eBPF
- URR تتبع حجم

راجع [مراجع المقاييس](#) للحصول على الوثائق الكاملة.

## الوثائق ذات الصلة

- دليل واجهة المستخدم على الويب** - لوحة معلومات تفاعلية مبنية على هذه الواجهة
- مراجع المقاييس** - وثائق Prometheus واستكشاف الأخطاء وإصلاحها PFCP رموز أخطاء - **PFCP رموز أسباب**
- دليل إدارة القواعد** - تكوين PDR، FAR، QER، URR
- دليل إدارة الطرق** - تكامل FRR وتجهيز UE
- دليل المراقبة** - مراقبة الإحصائيات وتحطيط السعة
- دليل التكوين** - خيارات تكوين UPF
- ـ استبدل (ـ localhost) وثائق واجهة برمجة التطبيقات التفاعلية - **Swagger UI** (ـ الخاص بك UPF بمضيف

# دليل معمارية OmniUPF

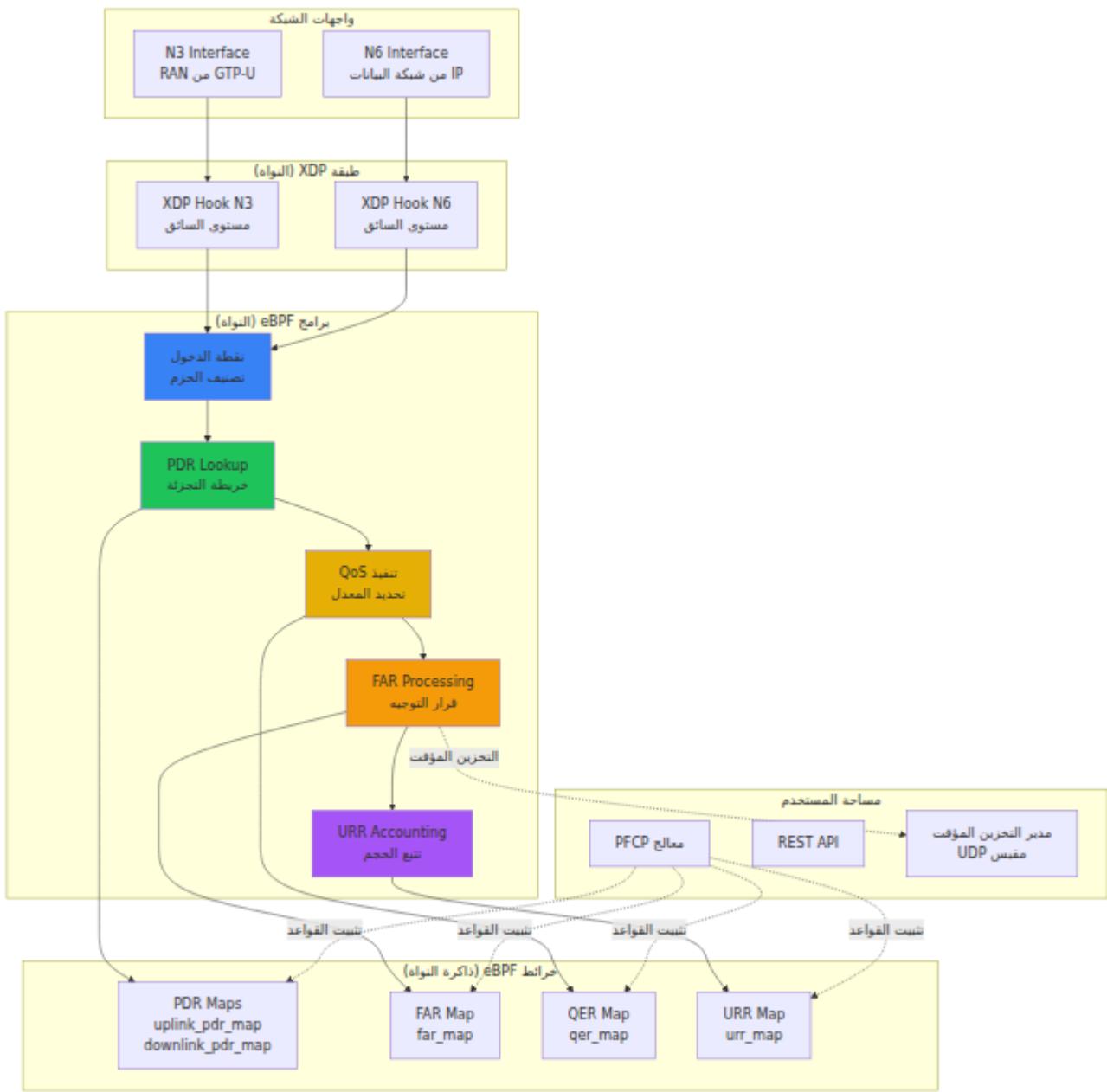
## جدول المحتويات

- نظرة عامة.
- أساسيات تقنية eBPF
- مسار بيانات XDP
- خط معالجة الحزم.
- معمارية خريطة eBPF
- آلية التخزين المؤقت.
- تنفيذ QoS
- خصائص الأداء.
- قابلية التوسيع والضبط.

## نظرة عامة

(مسار البيانات السريع) XDP و (مرشح حزم بيركلي الموسع) eBPF يستفيد من خلال تشغيل منطق معالجة الحزم مباشرة G/LTE لتحقيق أداء بمستوى الناقل لمعالجة حزم 5G على عباءة معالجة مساحة المستخدم ويحقق من خلال ذلك OmniUPF يقضي Linux في نواة معدل نقل متعدد الجيغابت مع زمن استجابة بالميكروثانية.

# طبقات المعمارية



## المبادئ التصميمية الرئيسية

**معالجة بدون نسخ:**

- تتم معالجة الحزم بالكامل في مساحة النواة
- لا يوجد نسخ للبيانات بين النواة ومساحة المستخدم
- XDP التلاعب المباشر بالحزم باستخدام

**هيكل بيانات خالية من القفل:**

- جداول تجزئة لكل وحدة معالجة مركبة eBPF تستخدم خرائط
- عمليات ذرية للوصول المتزامن
- لا يوجد عبء قفل/قفل دوار

#### **:جاهز لتحميل الأجهزة**

- XDP تنفيذ XDP يدعم وضع تحميل SmartNIC
- XDP متواافق مع بطاقات الشبكة التي تدعم
- العودة إلى الأوضاع الأصلية للسائق أو الأوضاع العامة

## **eBPF أساسيات تقنية**

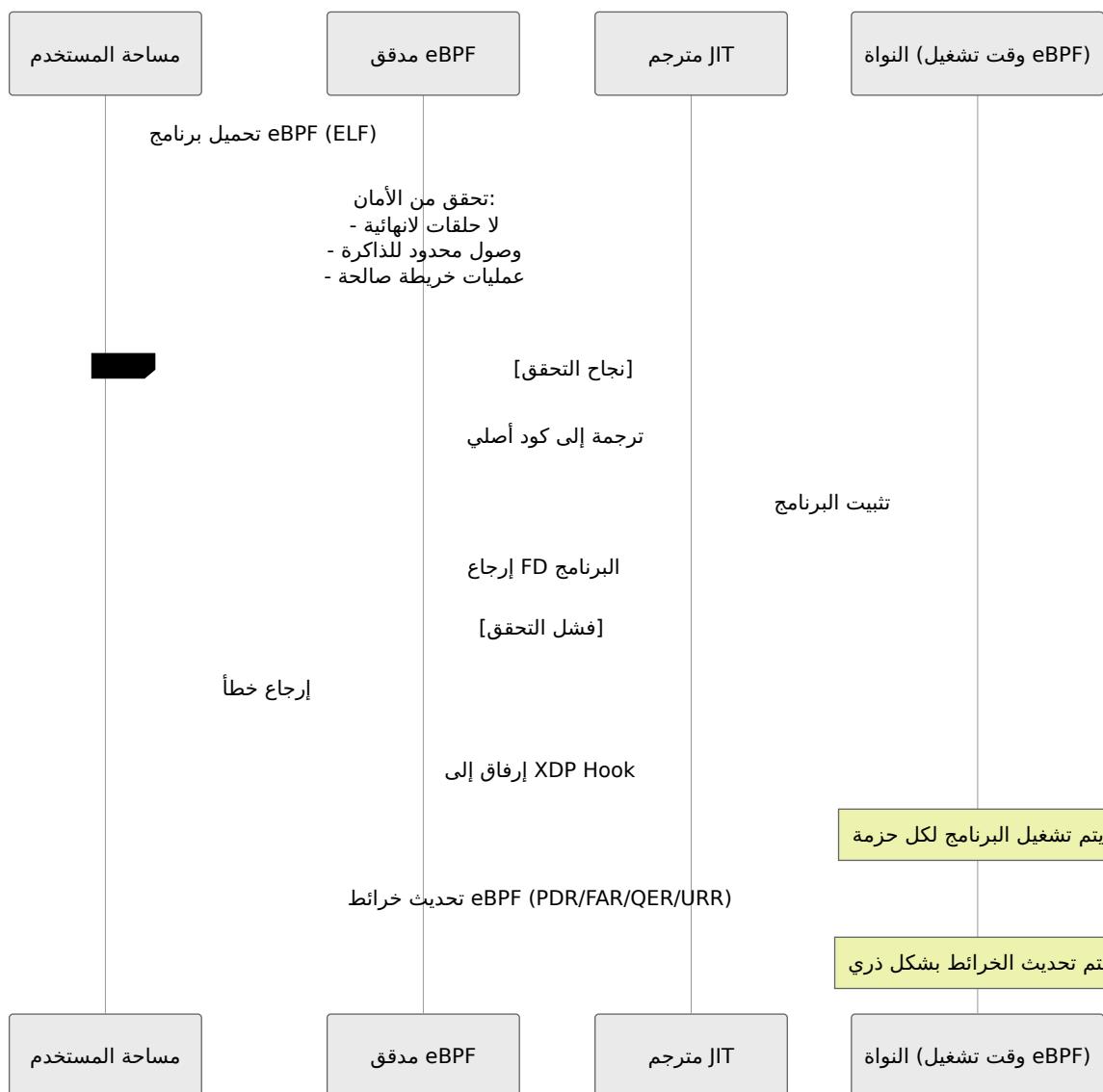
### **ما هو eBPF؟**

eBPF هو تقنية ثورية في نواة Linux (مرشح حزم بيركلي الموسع) تسمح بتشغيل برامج آمنة دون تغيير كود المصدر للنواة أو تحميل وحدات النواة محمية في مساحة النواة دون تغيير كود المصدر للنواة أو تحميل وحدات النواة.

#### **:الميزات الرئيسية**

- أن البرامج لا يمكن أن تسبب في تعطل النواة eBPF **الأمان**: يضمن مدقق
- **الأداء**: تعمل بسرعة النواة الأصلية (بدون عبء التفسير)
- **المرونة**: يمكن تحديثها في وقت التشغيل دون إعادة تشغيل النواة
- **القابلية للرصد**: تتبع وإحصائيات مدمجة

## دورة حياة eBPF



eBPF خرائط

ومساحة المستخدم eBPF هي هيكل بيانات في النواة مشتركة بين برامج eBPF خرائط.

#### **أنواع الخرائط المستخدمة في OmniUPF:**

| نوع الخريطة              | الوصف                                            | حالة الاستخدام                    |
|--------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|
| BPF_MAP_TYPE_HASH        | جدول تجزئة مع أزواج مفتاح-قيمة                   | بواسطة PDR بحث TEID أو UE IP      |
| BPF_MAP_TYPE_ARRAY       | مصفوفة مفهرسة بواسطة عدد صحيح                    | بحث QER و FAR و URR و ID بواسطة   |
| BPF_MAP_TYPE_PERCPU_HASH | جدول تجزئة لكل وحدة معالجة مركبة (خالي من القفل) | عالي الأداء PDR بحث               |
| BPF_MAP_TYPE_LRU_HASH    | الأقل) LRU جدول تجزئة (استخداماً مؤخراً          | الإخلاص التلقائي للمدخلات القديمة |

### عمليات الخريطة:

- بحث تجزئة (تحت الميكروثان)  $O(1)$  بحث
- تحديث: تحديثات ذرية من مساحة المستخدم
- حذف: إزالة فورية للمدخلات
- تكرار: عمليات دفعه لتفرغ الخرائط

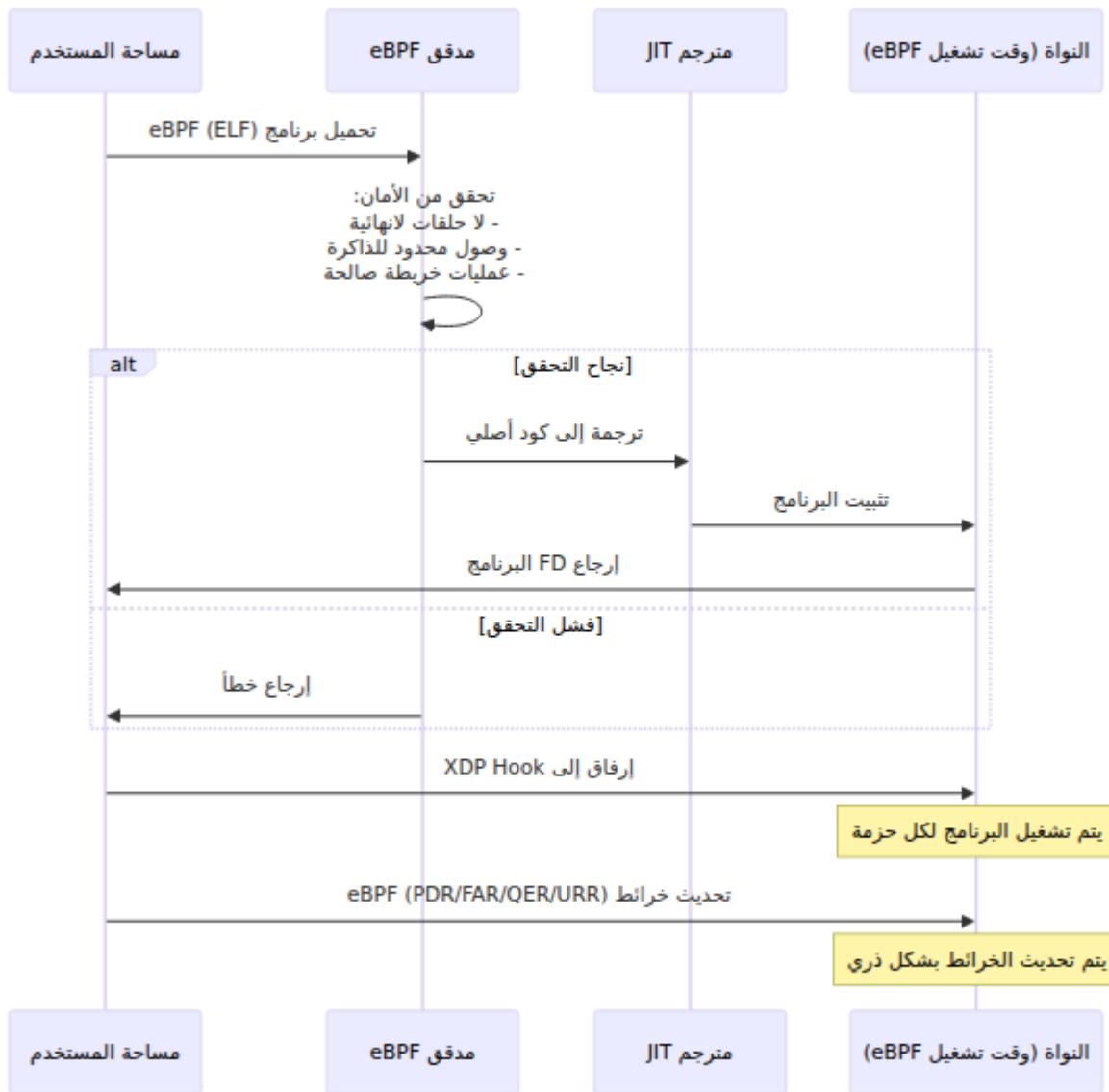
## XDP مسار بيانات

### نظرية عامة على XDP

بمعالجة الحزم eBPF Linux هو نقطة ربط في نواة (مسار البيانات السريع) في أقرب نقطة ممكنة—بعد أن تستلمها سائق الشبكة مباشرة، قبل كومة الشبكة في النواة.

## أوضاع إرافق XDP

كل منها له خصائص أداء وتتوافق مختلفة، XDP، ثلاثة أوضاع إرافق OmniUPF يدعم.



## 1. وضع تحميل XDP

**تنفيذ الأجهزة (أفضل أداء):**

- eBPF مباشرة على أجهزة SmartNIC يعمل ببرنامج
- دون لمس وحدة المعالجة المركزية NIC معالجة الحزم في
- يحقق معدل نقل يزيد عن 100 جيجابت
- متافق (Netronome, Mellanox ConnectX-6) يتطلب SmartNIC

**التكوين:**

```
xdp_attach_mode: offload
```

## **:القيود**

- باهظة الثمن SmartNIC يتطلب أجهزة eBPF
  - محدود تعقيد برنامج eBPF
  - مدعومة في الأجهزة eBPF ليست جميع ميزات
- 

## **2. وضع XDP الافتراضي للإنتاج**

### **تنفيذ على مستوى السائق (أداء عالي)**

- في سياق سائق الشبكة eBPF يعمل برنامج (مخزن المقبس) SKB تتم معالجة الحزم قبل تخصيص
- يحقق معدل نقل من 40-10 جيجابت لكل نواة
- (معظم السائقين الحديثين) XDP يتطلب سائقاً يدعم

### **:التكوين**

```
xdp_attach_mode: native
```

### **:المزايا**

- أداء عالي جدًا (ملايين الحزم في الثانية)
- توافق واسع مع الأجهزة
- مجموعة كاملة من ميزات eBPF

### **:السائقون المدعومون**

- i40e, ice, ixgbe, igb: إنتل
  - mlx4, mlx5: ميلانوكس
  - bnxt: بروتكوم
  - ena: أمازون
  - G+ 10: معظم بطاقات الشبكة
- 

## **3. العام XDP وضع**

## محاكاة برمجية (التوافق):

- بعد أن تخصص النواة eBPF يعمل برنامج SKB
- محاكاة برمجية لسلوك XDP
- يعمل على أي واجهة شبكة
- مفيد لاختبار والتطوير

## التكوين:

```
xdp_attach_mode: generic
```

## حالات الاستخدام:

- التطوير والاختبار
- الآلات الافتراضية (SR-IOV) (بيانات الافتراضية بدون)
- الأجهزة الشبكية القديمة
- اختبار واجهة الحلقـة

**الأداء:** 1-5 جيجابايت (أبطأ بكثير من الأصلي/التحميل)

---

## XDP رموز إرجاع

لإخبار النواة بما يجب فعله مع الحزم XDP رموز إجراءات eBPF ترجع ببرامج

| رمز الإرجاع  | المعنى                                 | الاستخدام في OmniUPF                                        |
|--------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| XDP_PASS     | إرسال الحزمة إلى كومة الشبكة في النواة | ICMP, التخزين المؤقت (تسليم محلي), حركة المرور غير المعروفة |
| XDP_DROP     | إسقاط الحزمة على الفور                 | حزم غير صالحة، تحديد المعدل، إسقاطات السياسة                |
| XDP_TX       | إرسال الحزمة مرة أخرى عبر نفس الواجهة  | غير مستخدم حالياً                                           |
| XDP_REDIRECT | إرسال الحزمة إلى واجهة مختلفة          | (N3 ↔ N6) المسار الرئيسي للتوجيه                            |
| XDP_ABORTED  | خطأ في المعالجة، إسقاط الحزمة وتسجيلها | أخطاء برنامج eBPF                                           |

## خط معالجة الحزم

### هيكل البرنامج

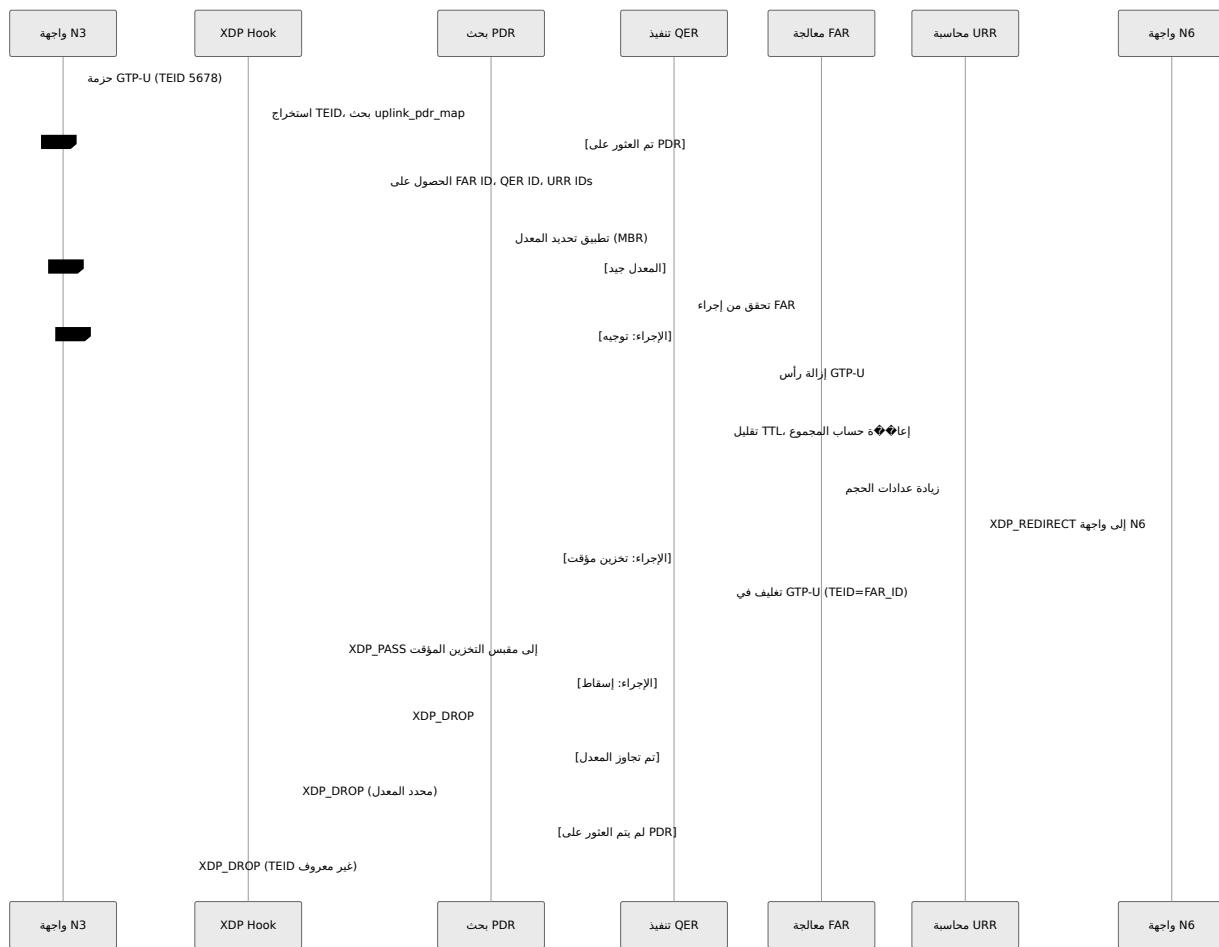
لإنشاء خط معالجة حزم معياري eBPF استدعاءات ذيل OmniUPF يستخدم.



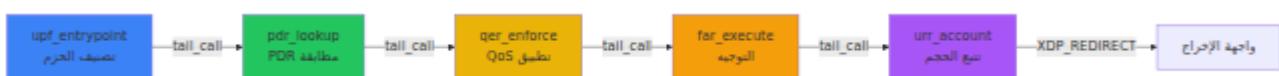
### استدعاءات الذيل:

- آخر eBPF باستدعاء برامج eBPF تسمح لبرامج
- تعيد استخدام نفس إطار المكدس (عمق مكدس محدود)
- تمكّن تصميم خط أنابيب معياري
- الحد الأقصى لعمق استدعاء الذيل هو 33

## معالجة حزم الرفع

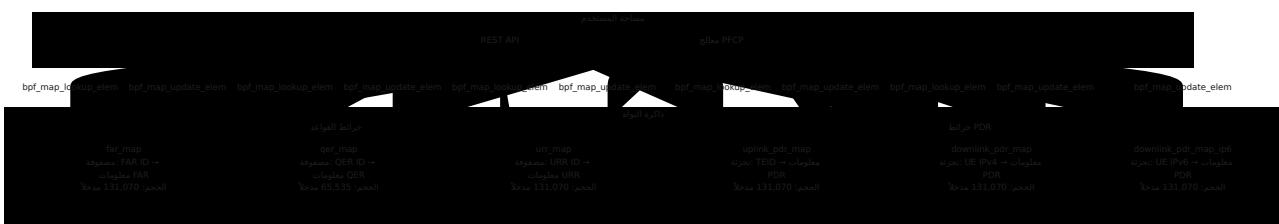


معالجة حزم التردد



eBPF معمارية خريطة

## تخطيط ذاكرة الخريطة



## حجم الخريطة

تلقيائياً أحجام الخرائط بناءً على تكوين OmniUPF يحسب `max_sessions`:

$$\begin{aligned} \text{PDR} &= 2 \times \text{max_sessions} \quad (\text{uplink + downlink}) \\ \text{FAR} &= 2 \times \text{max_sessions} \quad (\text{uplink + downlink}) \\ \text{QER} &= 1 \times \text{max_sessions} \quad (\text{مشتركة لكل جلسة}) \\ \text{URR} &= 3 \times \text{max_sessions} \quad (\text{لكل جلسة URRs عددة}) \end{aligned}$$

مثال (`max_sessions = 65,535`):

- مدخلاً لكل منها PDR: 131,070 خرائط
- مدخلاً FAR: 131,070 خريطة
- مدخلاً QER: 65,535 خريطة
- مدخلاً URR: 131,070 خريطة

### إجمالي الذاكرة:

$$\begin{aligned} b &= 83 \sim \text{ميغا بايت} & \text{PDR: } 3 \times 131,070 \times 212 \text{ خرائط} \\ b &= 2.6 \sim \text{ميغا بايت} & \text{FAR: } 131,070 \times 20 \text{ خريطة} \\ b &= 2.3 \sim \text{ميغا بايت} & \text{QER: } 65,535 \times 36 \text{ خريطة} \\ b &= 2.6 \sim \text{ميغا بايت} & \text{URR: } 131,070 \text{ خريطة} \\ \text{الإجمالي: } & 91 \sim \text{ميغا بايت من ذاكرة التخزين} \end{aligned}$$

## آلية التخزين المؤقت

### نظرة عامة على التخزين المؤقت

وإرسالها GTP-U تخزين الحزم في سيناريوهات النقل من خلال تغليف الحزم في OmniUPF ينفذ إلى عملية مساحة المستخدم عبر مقبس UDP.

### معمارية التخزين المؤقت

Parse error on line 4: ...r/>2. (المنفذ 22152) UDP إضافة رأس.  
-----^ Expecting 'SQE', 'DOUBLECIRCLEEND', 'PE', '-'), 'STADIUMEND',

'SUBROUTINEEND', 'PIPE', 'CYLINDEREND', 'DIAMOND\_STOP', 'TAGEND',  
'TRAPEND', 'INVTRAPEND', 'UNICODE\_TEXT', 'TEXT', 'TAGSTART', got 'PS'

المحاولة مجددا

## تفاصيل تغليف التخزين المؤقت

يقوم برنامج eBPF بـ 2 FAR تم تعين بت إجراء) عند تمكين التخزين المؤقت

حساب حجم الحزمة الأصلية .1:

```
orig_packet_len = ntohs(ip->tot_len); // من رأس IP
```

توسيع رأس الحزمة .2:

```
// إضافة مساحة لـ IP + UDP + GTP-U
gtp_encap_size = sizeof(struct iphdr) + sizeof(struct
udphdr) + sizeof(struct gtpuhdr);
bpf_xdp_adjust_head(ctx, -gtp_encap_size);
```

الخارجي IP بناء رأس .3:

```
ip->saddr = original_sender_ip; // الحفاظ على المصدر لتجنب
تصفية المارتين
ip->daddr = local_upf_ip; // IP المحلي حيث يرتبط مستمع
مساحة المستخدم
ip->protocol = IPPROTO_UDP;
ip->ttl = 64;
```

4. بناء UDP:

```
udp->source = htons(22152); // BUFFER_UDP_PORT
udp->dest = htons(22152);
udp->len = htons(sizeof(udphdr) + sizeof(gtpuhdr) +
orig_packet_len);
```

## 5. بناء GTP-U:

```

gtp->version = 1;
gtp->message_type = GTPU_G_PDU;
gtp->teid = htonl(far_id | (direction << 24)); // ترميز FAR
ID واتجاه
gtp->message_length = htons(orig_packet_len);

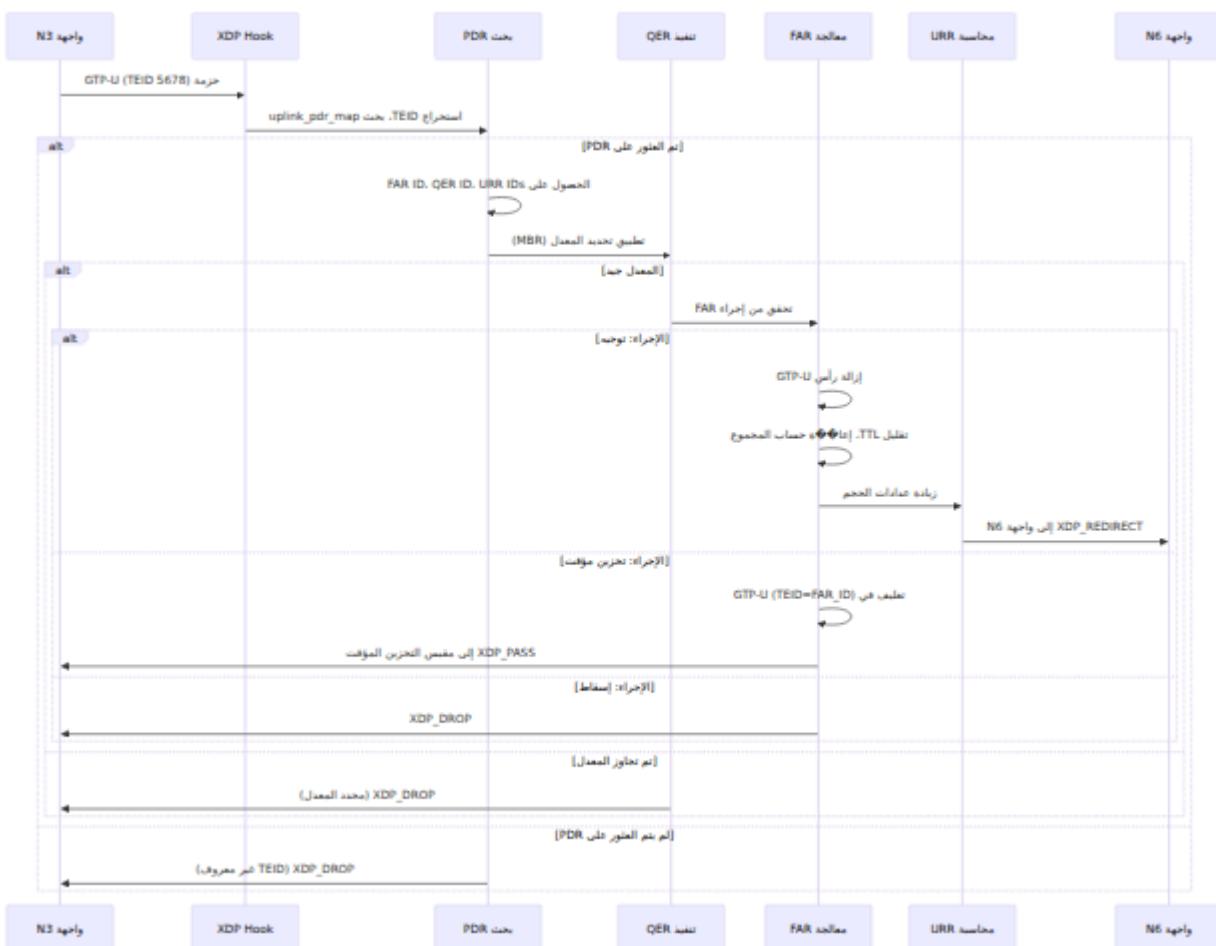
```

## 6. إرجاع XDP\_PASS:

- المحلية على المنفذ UDP 22152 تسلم النواة الحزمة إلى مقبس °
- يتلقى مدير التخزين المؤقت في مساحة المستخدم الحزمة وي 저장ها °

## عملية تفريغ التخزين المؤقت

يتم إعادة تشغيل الحزم. لإزالة علامة SMF بتحديث FAR عند اكتمال النقل، يقوم المخزنة:



## معلومات إدارة التخزين المؤقت

| المعلمة                          | الافتراضي    | الوصف                                 |
|----------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| <b>FAR الحد الأقصى لكل حزمة</b>  | 10,000 حزمة  | الحد الأقصى للحزم المخزنة لكل FAR     |
| <b>الحد الأقصى الكلي</b>         | 100,000 حزمة | الحد الأقصى للحزم المخزنة الكلية      |
| <b>TTL للحزمة</b>                | ثانية 30     | الوقت قبل انتهاء صلاحية الحزم المخزنة |
| <b>منفذ التخزين المؤقت</b>       | 22152        | لتسلیم التخزين المؤقت UDP منفذ        |
| <b>فتره تنظيف التخزين المؤقت</b> | ثانية 60     | مدى تكرار التحقق من الحزم المنتهية    |

## تنفيذ QoS

### خوارزمية تحديد المعدل

محدد معدل نافذة منزلقة لتطبيق QoS ينفذ OmniUPF.

Parse error on line 5: ...= packet\_size × 8 × (NSEC\_PER\_SEC / rate -----  
-----^ Expecting 'SQE', 'DOUBLECIRCLEEND', 'PE', '-)', 'STADIUMEND',  
'SUBROUTINEEND', 'PIPE', 'CYLINDEREND', 'DIAMOND\_STOP', 'TAGEND',  
'TRAPEND', 'INVTRAPEND', 'UNICODE\_TEXT', 'TEXT', 'TAGSTART', got 'PS'

المحاولة مجددا

### تنفيذ النافذة المنزلقة

(qer.h) من) الخوارزمية

```

static __always_inline enum xdp_action limit_rate_sliding_window(
 const __u64 packet_size,
 volatile __u64 *window_start,
 const __u64 rate)
{
 static const __u64 NSEC_PER_SEC = 1000000000ULL;
 static const __u64 window_size = 5000000ULL; // نافذة 5 مللي ثانية

 // المعدل = 0 يعني غير محدود
 if (rate == 0)
 return XDP_PASS;

 // حساب وقت الإرسال لهذه الحزمة
 __u64 tx_time = packet_size * 8 * (NSEC_PER_SEC / rate);
 __u64 now = bpf_ktime_get_ns();

 // تحقق مما إذا كنا متقدمين على النافذة (سترسل الحزمة في المستقبل)
 __u64 start = *window_start;
 if (start + tx_time > now)
 return XDP_DROP; // تم تجاوز حد المعدل

 // إذا مررت النافذة، أعد تعينها
 if (start + window_size < now) {
 *window_start = now - window_size + tx_time;
 return XDP_PASS;
 }

 // تحديث النافذة لأخذ هذه الحزمة في الاعتبار
 *window_start = start + tx_time;
 return XDP_PASS;
}

```

## المعلمات الرئيسية:

- **حجم النافذة:** 5 مللي ثانية (5,000,000 نانو ثانية)
- **لكل اتجاه:** نوافذ منفصلة للرفع والنزول
- **تحديثات ذرية:** يستخدم مؤشرات متقلبة للوصول المتزامن
- **MBR = 0:** يعتبر عرض نطاق غير محدود

## حساب QoS مثال

مغابط في الثانية، حجم الحزمة = 1500 بait MBR = 100 السيناريو

## 1. وقت الإرسال:

بايت × 8 بت/بايت × 1,000,000,000) نانو ثانية/ثانية ÷ 100,000,000 بت في الثانية  

$$tx\_time = 1500 \times 8 \times 10 = 120,000$$
 ميكرو ثانية

## 2. تحقق من المعدل.

- يمكن إرسال الحزمة التالية عند  $t=0$  إذا تم إرسال الحزمة الأخيرة عند  $t=120\mu s$
  - يتم إسقاطها (مبكر جدًا)، إذا وصلت الحزمة عند  $t=100\mu s$
  - يتم تمريرها (تمت ترقية النافذة)، إذا وصلت الحزمة عند  $t=150\mu s$

### أقصى معدل للحزم 3.

**الحجارة** بين الحزم = 120 ميكرو ثانية  
**الفجوة** بين الحزم = 1500 بايت =  $8,333 \div (\text{ميغابت في الثانية} \div 8 \div 100) = 1500$  أقصى حزمة في الثانية

# خصائص الأداء

## معدل النقل

| التكوين                          | معدل النقل | الحزم في الثانية            | زمن الاستجابة     |
|----------------------------------|------------|-----------------------------|-------------------|
| XDP تحميل (SmartNIC)             | 100 جيجابت | 148 مليون حزمة في الثانية   | ميكروثانية < 1    |
| XDP الأصلي (NIC 10G، نواة واحدة) | جيغابت 10  | مليون حزمة في 8 الثانية     | ميكروثانية 2-5    |
| XDP الأصلي (NIC 10G، 4 نوى)      | جيغابت 40  | مليون حزمة في 32 الثانية    | ميكروثانية 2-5    |
| العام                            | 1-5 جيجابت | 0.8-4 مليون حزمة في الثانية | 50-100 ميكروثانية |

## تحليل زمن الاستجابة

(الأصلي XDP) إجمالي زمن معالجة الحزمة:

| المرحلة                | زمن الاستجابة  | التراكمي       |
|------------------------|----------------|----------------|
| NIC RX                 | ميكروثانية 0.5 | ميكروثانية 0.5 |
| استدعاء XDP Hook       | ميكروثانية 0.1 | ميكروثانية 0.6 |
| (جزء) PDR بحث          | ميكروثانية 0.3 | ميكروثانية 0.9 |
| تحقق من معدل QER       | ميكروثانية 0.1 | ميكروثانية 1.0 |
| معالجة FAR             | ميكروثانية 0.5 | ميكروثانية 1.5 |
| تحديث URR              | ميكروثانية 0.2 | ميكروثانية 1.7 |
| فك التغليف/U-GTP تغليف | ميكروثانية 0.8 | ميكروثانية 2.5 |
| XDP_REDIRECT           | ميكروثانية 0.5 | ميكروثانية 3.0 |
| NIC TX                 | ميكروثانية 0.5 | ميكروثانية 3.5 |

الأجمالي (XDP ، الأصلي NIC 10G): ~ 3.5 ميكروثانية لكل حزمة

## استخدام وحدة المعالجة المركزية

قدرة المعالجة لكل نواة:

- الأصلي XDP) نواة واحدة: 10-8 مليون حزمة في الثانية
- مع خيوط متعددة: 15-12 مليون حزمة في الثانية
- توسيع متعدد النوى: قريب من الخطية حتى 8 نوى

استخدام وحدة المعالجة المركزية حسب معدل الحزم:

$$\text{نسبة استخدام وحدة المعالجة المركزية} \approx (\text{معدل الحزم} / 10,000,000) \times \%100$$

مثال: حركة مرور 2 مليون حزمة في الثانية تستخدم ~20% من نواة واحدة

## عرض النطاق الترددية للذاكرة

### eBPF: الوصول إلى خريطة

- بحث التجزئة: ~ 100 نانو ثانية (ضربة في الذاكرة المؤقتة)
- بحث التجزئة: ~ 300 نانو ثانية (فشل في الذاكرة المؤقتة)
- بحث المصفوفة: ~ 50 نانو ثانية (دائماً ضربة في الذاكرة المؤقتة)

### عرض النطاق الترددية المطلوب في الذاكرة:

عرض النطاق الترددية = معدل الحزم × (متوسط حجم الحزمة + عمليات بحث الخريطة × 64 بايت)

مثال: 10 مليون حزمة في الثانية × (1500 بايت + 3 عمليات بحث × 64 بايت) ≈ 160 جيجابت من عرض النطاق الترددية للذاكرة

## قابلية التوسيع والضبط

### التوسيع الأفقي

#### UPF عدة حالات:

Setting SMF as parent of SMF would create a cycle

المحاولة مجدداً

#### توزيع الجلسات:

- UPF بتوزيع الجلسات عبر حالات SMF يقوم
- UE مع مجموعة فرعية من جلسات UPF تتعامل كل حالة
- (بدون حالة) UPF لا حاجة للتواصل بين حالات

## التوسيع العمودي

### ضبط وحدة المعالجة المركزية:

1. تمكين ارتباط وحدة المعالجة المركزية لمعالجة XDP

2. RX لتوزيع قوائم (توزيع جانب الاستقبال) RSS استخدام.

3. على نوى محددة eBPF تثبيت برامج.

### ضبط NIC:

1. زيادة حجم مخزن حلقة RX

2. (RSS) تمكين متعددة القوائم NICs

3. استخدام موجه التدفق لتوجيه الحركة.

### ضبط النواة:

```
زيادة حد الذاكرة المقلولة لخرائط eBPF
ulimit -l unlimited
```

```
تعطيل توازن XDP للنوى IRQ
systemctl stop irqbalance
```

```
تعيين حاكم وحدة المعالجة المركزية إلى الأداء
cpupower frequency-set -g performance
```

```
زيادة أحجام المخازن الشبكية
sysctl -w net.core.rmem_max=134217728
sysctl -w net.core.wmem_max=134217728
```

## تخطيط السعة

### المصيغة:

$$\text{الذاكرة المطلوبة} = \frac{\text{المتوقع}}{10,000,000} \times 1.5 \times \%50$$
$$\text{الذاكرة المطلوبة} = (\text{الحد الأقصى للجلسات} \times 212 \text{ ب} \times 3) + 100 \text{ ميغابايت}$$
$$(\text{النفقات العامة} + \text{eBPF خرائط})$$
$$\text{الشبكة المطلوبة} = (\text{ذروة معدل النقل} \times 2) + 10 \text{ جيجابايت (احتياطي)}$$

### مثال (1 مليون جلسة، ذروة 20 جيجابت):

- وحدة المعالجة المركزية:  $(20 \text{ جيجابت} \div 10 \text{ جيجابت لكل نواة}) \times 1.5 = 4-3 \text{ نوى}$

- $100 \text{ ميغابايت} \approx 750 \text{ ميغابايت} + (3 \times 212 \text{ ب} \times 1M)$ : الذاكرة

- الشبكة:  $(20 \text{ جيجابت} \times 2) + 10 \text{ جيجابت} = 50 \text{ جيجابت واجهات}$

## الوثائق ذات الصلة

- العامة والنشر UPF عمليات - **UPF دليل عمليات**
- وURR وQER وPDR وFAR دليل إدارة القواعد - تفاصيل
- دليل المراقبة** - مراقبة الأداء والإحصائيات
- دليل عمليات واجهة الويب** - استخدام لوحة التحكم
- دليل استكشاف الأخطاء** - المشكلات الشائعة والتشخيصات

# OmniUPF دلیل تکوین

## جدول المحتويات

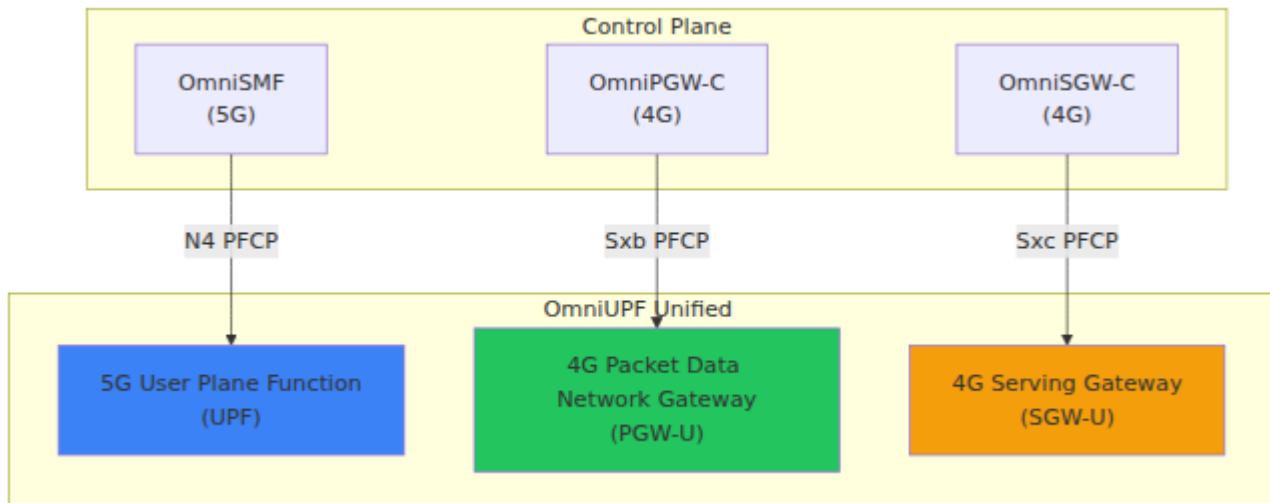
- نطرة عامة.
  - أنماط التشغيل
  - XDP أنماط إرافق
  - معلومات التكوين
  - طرق التكوين
  - توافق المحاكيات
  - NIC توافق
  - أمثلة التكوين
  - تخطيط سعة الخريطة

نظرة عامة

هو وظيفة طائرة مستخدم متعددة الاستخدامات يمكن أن تعمل في أوضاع متعددة OmniUPF الأساسية. يتم إدارة التكوين من خلال ملفات تكوين G و 5G (EPC) ولدعم كل من شبكات YAML.

## **أنماط التشغيل**

OmniUPF: هو منصة موحدة يمكن أن تعمل في وقت واحد كـ



## تكوين الوضع

التي تقيم (SMF، PGW-C، أو SGW-C) يتم تحديد وضع التشغيل بواسطة **المطائرة التحكمية** (Control Plane). يتم تحديد وضع التشغيل بواسطة المطائرة التحكمية (Control Plane) التي تقيم (SMF، PGW-C، أو SGW-C) يتم تحديد وضع التشغيل بواسطة المطائرة التحكمية (Control Plane).

### التشغيل المتزامن:

- من عدة طائرات تحكم في وقت واحد PFCP قبول ارتباطات OmniUPF يمكن لـ
- في نفس U-SGW-U و PGW-U و UPF كـ OmniUPF يمكن أن تعمل مثيل واحد من
- الوقت**
- يتم عزل الجلسات من طائرات التحكم المختلفة وإدارتها بشكل مستقل

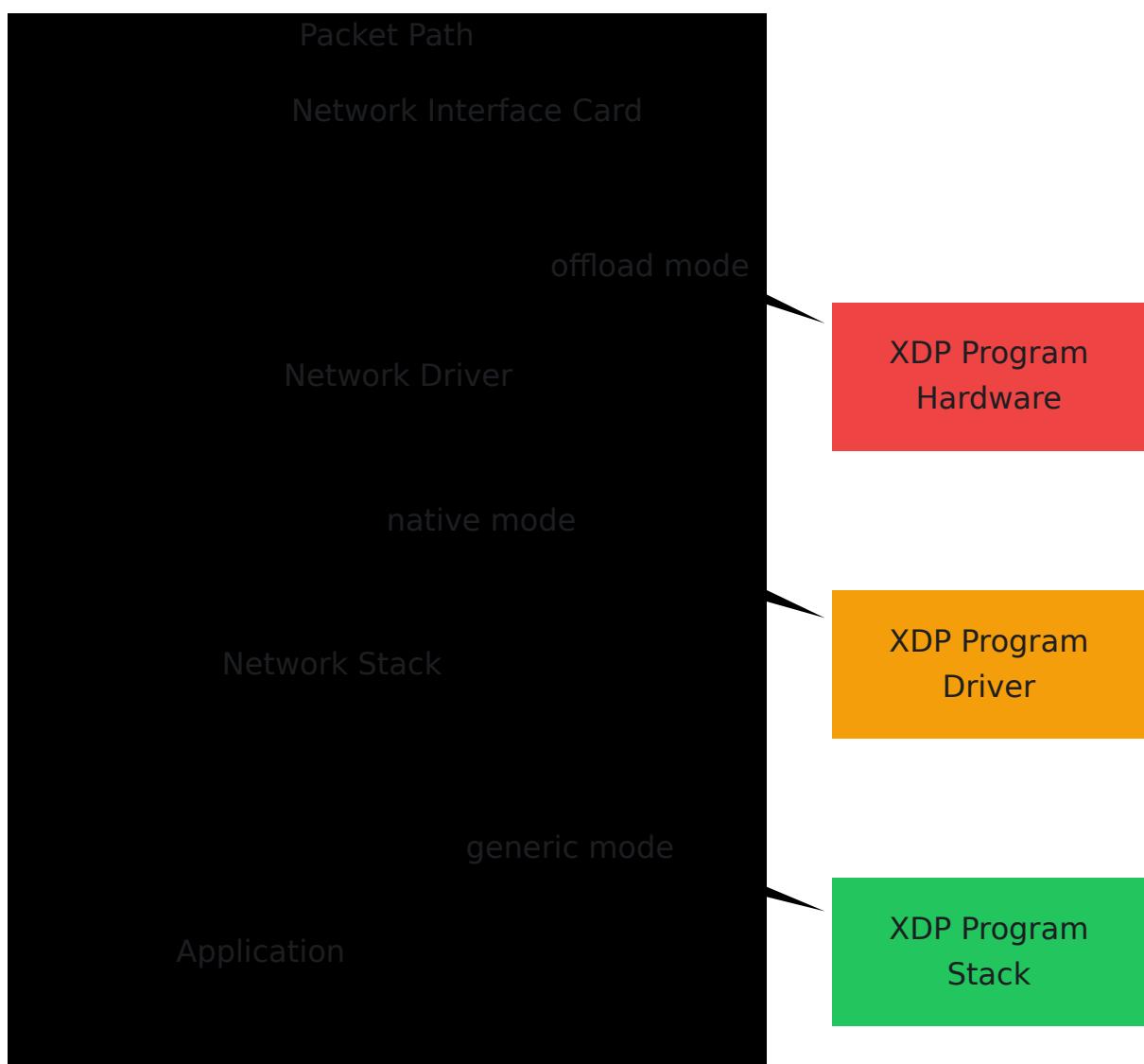
## XDP أنماط إرافق

لمعالجة الحزم عالية الأداء. يتم دعم ثلاثة أنماط (مسار البيانات السريع) OmniUPF XDP تستخدم لمعالحة الحزم عالية الأداء. يتم دعم ثلاثة أنماط (مسار البيانات السريع) OmniUPF XDP تستخدم لمعالحة الحزم عالية الأداء.

وغيرها من Proxmox التفصيلية، خاصة لـ XDP للحصول على تعليمات إعداد المحاكبات، راجع دليل **XDP**.

# مقارنة الأنماط

| النوع | نقطة الإرافق                 | الأداء      | حالة الاستخدام                   | متطلبات NIC           |
|-------|------------------------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|
| عام   | مكدس الشبكة (kernel)         | ~1-2 Mpps   | اختبار، تطوير، توافق             | أي NIC                |
| محلي  | برنامج تشغيل الشبكة (kernel) | ~5-10 Mpps  | ـ معدن عاري) إنتاج VM مع SR-IOV) | برنامج تشغيل يدعم XDP |
| إزاحة | أجهزة NIC (SmartNIC)         | ~10-40 Mpps | إنتاج عالي السعة                 | SmartNIC مع إزاحة XDP |



## الوضع العام (افتراضي)

في مكدس الشبكة XDP **الوصف**: يعمل برنامج kernel

### المزايا:

- يعمل مع أي واجهة شبكة
- لا متطلبات خاصة للسائق أو الأجهزة
- مثالي لاختبار والتطوير
- متواافق مع جميع المحاكيات ومنصات الافتراضية

### العيوب:

- (لكل نواة ~2-1 Mpps) أداء أقل
- XDP الحزم التي مرّت بالفعل عبر السائق قبل معالجة

### التكوين:

```
xdp_attach_mode: generic
```

### الأفضل لـ:

- الآلات الافتراضية بدون SR-IOV
- بيانات الاختبار والتحقق
- NICs بدون دعم برنامج تشغيل XDP
- المحاكيات مثل Proxmox وVMware وVirtualBox

## الوضع المحلي (موصى به)

على مستوى برنامج تشغيل الشبكة XDP **الوصف**: يعمل برنامج

### المزايا:

- (لكل نواة ~10-5 Mpps) أداء عالي
- تم معالجة الحزم قبل دخول مكدس الشبكة
- زمن وصول أقل بكثير من الوضع العام

- يعمل على المعدن العاري و VMs مع SR-IOV

### العيوب:

- يتطلب برنامج تشغيل شبكة يدعم XDP
- المحلي XDP السائقين تدعم NICs ليس جميعها

### الـ كوين:

```
xdp_attach_mode: native
```

### الأفضل لـ:

- عمليات النشر الإنتاجية على المعدن العاري
- VMs مع تمرير SR-IOV
- NICs مع برامج تشغيل تدعم XDP (Intel, Mellanox, إلخ.)

### المطلبات:

- راجع توافق NIC (XDP) ببرنامج تشغيل شبكة يدعم
- مفعل XDP مع دعم Linux 5.15+

## وضع الإزاحة (أقصى أداء)

مباشرة على أجهزة XDP الوصف: يعمل برنامج SmartNIC

### المزايا:

- أقصى أداء (~40-10 Mpps)
- صفر عبء على وحدة المعالجة المركزية لمعالجة الحزم
- زمن وصول أقل من ميكروثانية
- يحرر وحدة المعالجة المركزية لمعالجة الطائرة التحكمية

### العيوب:

- باهظة الثمن SmartNIC يتطلب أجهزة
- توفر محدود لـ SmartNIC

- إعداد وتكوين معقد

### التكوين:

```
xdp_attach_mode: offload
```

### الأفضل لـ:

- عمليات النشر الإنتاجية ذات السعة العالية للغاية
- الحوسية الحافة مع متطلبات زمن وصول صارمة
- البيانات التي تكون فيها موارد وحدة المعالجة المركزية محدودة

### المتطلبات:

- SmartNIC مع دعم إزاحة XDP (Netronome Agilio CX, Mellanox BlueField)
- برامج ثابتة وسائلقون متخصصون

## معلومات التكوين

### واجهات الشبكة

| المعلمة        | الوصف                                              | النوع | الافتراضي      |
|----------------|----------------------------------------------------|-------|----------------|
| interface_name | واجهات الشبكة لحركة مرور N3/N6/N9 نقاط إرافق (XDP) | قائمة | [١٥]           |
| n3_address     | من U N3 (GTP-U IPv4 عنوان RAN)                     | IP    | 127.0.0.1      |
| n9_address     | N9 (UPF-to-UPF لـ ULCL) IPv4 عنوان                 | IP    | نفس n3_address |

### مثال:

```

interface_name: [eth0, eth1]
n3_address: 10.100.50.233
n9_address: 10.100.50.234

```

## تكوين PFCP

| المعلمة                   | الوصف                                        | النوع     | الافتراضي |
|---------------------------|----------------------------------------------|-----------|-----------|
| pfcp_address              | العنوان المحلي لخادم PFCP (واجهة N4/Sxb/Sxc) | Host:Port | :8805     |
| pfcp_node_id              | معرف العقدة المحلية لبروتوكول PFCP           | IP        | 127.0.0.1 |
| pfcp_remote_node          | البعيدة أقران (SMF/PGW-C/SGW-C) للاتصال      | قائمة     | []        |
| association_setup_timeout | مهلة بين طلبات إعداد الارتباط (ثواني)        | عدد صحيح  | 5         |
| heartbeat_retries         | عدد محاولات نبض القلب قبل إعلان نظير ميت     | عدد صحيح  | 3         |
| heartbeat_interval        | فترة نبض القلب لـ PFCP (ثواني)               | عدد صحيح  | 5         |
| heartbeat_timeout         | مهلة نبض القلب لـ PFCP (ثواني)               | عدد صحيح  | 5         |

مثال:

```

pfcp_address: :8805
pfcp_node_id: 10.100.50.241
pfcp_remote_node:
 - 10.100.50.10 # OmniSMF
 - 10.100.60.20 # OmniPGW-C
heartbeat_interval: 10
heartbeat_retries: 5

```

## API والمراقبة

| المعلمة         | الوصف                                                             | النوع     | الافتراضي |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| api_address     | العنوان المحلي لخادم REST API                                     | Host:Port | :8080     |
| metrics_address | العنوان المحلي لنقطة نهاية مقاييس Prometheus (راجع مرجع المقاييس) | Host:Port | :9090     |
| logging_level   | مستوى التسجيل (trace, debug, info, warn, error)                   | سلسلة     | info      |

مثال:

```

api_address: :8080
metrics_address: :9090
logging_level: debug

```

## ادارة GTP مسار

| الumbleمة         | الوصف                              | النوع    | الافتراضي |
|-------------------|------------------------------------|----------|-----------|
| gtp_peer          | لنيصات طلب GTP قائمة من أقران Echo | قائمة    | [ ]       |
| gtp_echo_interval | الفترة بين طلبات GTP Echo (ثواني)  | عدد صحيح | 10        |

مثال:

```
gtp_peer:
 - 10.100.50.50:2152 # gNB
 - 10.100.50.60:2152 # UPF آخر لـ N9
gtp_echo_interval: 15
```

# eBPF سعة خريطة

| المعلمة      | الوصف                              | النوع    | الافتراضي | محسوب تلقائياً                 |
|--------------|------------------------------------|----------|-----------|--------------------------------|
| max_sessions | الحد الأقصى لعدد الجلسات المتزامنة | عدد صحيح | 65535     | يستخدم لحساب أحجام الخرائط     |
| pdr_map_size | حجم خريطة eBPF PDR                 | عدد صحيح | 0         | $\text{max_sessions} \times 2$ |
| far_map_size | حجم خريطة eBPF FAR                 | عدد صحيح | 0         | $\text{max_sessions} \times 2$ |
| qer_map_size | حجم خريطة eBPF QER                 | عدد صحيح | 0         | $\text{max_sessions}$          |
| urr_map_size | حجم خريطة eBPF URR                 | عدد صحيح | 0         | $\text{max_sessions} \times 2$ |

**ملاحظة:** تعيين أحجام الخرائط إلى 0 (افتراضي) يمكن الحساب التلقائي بناءً على `max_sessions`. تجاوز القيم المحددة إذا كانت الأحجام المخصصة مطلوبة.

**مثال:**

```
max_sessions: 100000
سيتم ضبط الأحجام تلقائياً:
إدخال PDR: 200,000
إدخال FAR: 200,000
إدخال QER: 100,000
إدخال URR: 200,000
```

**مثال على الحجم المخصص:**

```

max_sessions: 50000
pdr_map_size: 131070 # حجم مخصص
far_map_size: 131070
qer_map_size: 65535
urr_map_size: 131070

```

## تكوين المخزن المؤقت

| المعلمة                 | الوصف                                            | النوع    | الافتراضي |
|-------------------------|--------------------------------------------------|----------|-----------|
| buffer_port             | للحزم المخزنة UDP منفذ eBPF                      | عدد صحيح | 22152     |
| buffer_max_packets      | الحد الأقصى للحزم لتخزينها لكل FAR               | عدد صحيح | 10000     |
| buffer_max_total        | الحد الأقصى لإجمالي الحزم المخزنة (0=غير محدود)  | عدد صحيح | 100000    |
| buffer_packet_ttl       | للحزم المخزنة بالثواني TTL (0=بدون انتهاء)       | عدد صحيح | 30        |
| buffer_cleanup_interval | فترة تنظيف المخزن المؤقت بالثواني (0=بدون تنظيف) | عدد صحيح | 60        |

مثال:

```

buffer_port: 22152
buffer_max_packets: 20000
buffer_max_total: 200000
buffer_packet_ttl: 60
buffer_cleanup_interval: 30

```

## علامات الميزات

| العنوان      | الوصف                                               | النوع    | الافتراضي    |
|--------------|-----------------------------------------------------|----------|--------------|
| feature_ueip | لـ IP UE تمكين تخصيص عنوان OmniUPF                  | Boolean  | false        |
| ueip_pool    | لـ IP UE مجموعة تخصيص عنوان IP (يتطلب feature_ueip) | CIDR     | 10.60.0.0/24 |
| feature_ftup | OmniUPF بواسطة F-TEID تمكين تخصيص                   | Boolean  | false        |
| teid_pool    | F-TEID مجموعة لـ TEID حجم (يتطلب feature_ftup)      | عدد صحيح | 65535        |

(مثال لـ IP UE تخصيص عنوان):

```
feature_ueip: true
ueip_pool: 10.45.0.0/16 # من هذه المجموعة IP UE تخصيص عنوان
```

(مثال F-TEID):

```
feature_ftup: true
teid_pool: 1000000 # مسماح بتخصيص ما يصل إلى 1 TEID
```

## تكوين مدير المسار

راجع دليل إدارة المسار للحصول على التفاصيل .(التوجيه الحر) FRR مع خادم UE لتزامن مسار.

| المعلمة                  | الوصف                           | النوع    | الافتراضي      |
|--------------------------|---------------------------------|----------|----------------|
| route_manager_enabled    | تمكين التزامن التلقائي لمسار UE | Boolean  | false          |
| route_manager_type       | نوع خادم التوجيه (frr) (مدعوم)  | سلسلة    | frr            |
| route_manager_vtysh_path | المسار إلى أمر vtysh            | سلسلة    | /usr/bin/vtysh |
| route_manager_nexthop    | التالي IP عنوان UE لمسارات      | IP عنوان | (فارغ) ``      |

مثال:

```
route_manager_enabled: true
route_manager_type: frr
route_manager_vtysh_path: /usr/bin/vtysh
route_manager_nexthop: 10.0.1.1 # UE النقطة التالية لمسارات
```

متى يتم التمكين:

- تتطلب إعلان المسار UPF عمليات نشر متعددة لـ
- أو OSPF أو BGP التكامل مع بروتوكولات التوجيه
- يتطلب FRRouting تثبيت وتكوين خادم

## طرق التكوين

### (موصى به) ملف تكوين YAML

الملف: config.yml

```
تكوين الشبكة
interface_name: [eth0]
n3_address: 10.100.50.233
n9_address: 10.100.50.233
xdp_attach_mode: native

تكوين PFCP
pfcp_address: :8805
pfcp_node_id: 10.100.50.241
pfcp_remote_node:
 - 10.100.50.10

API والمراقبة
api_address: :8080
metrics_address: :9090
logging_level: info

السعنة //
max_sessions: 100000

أقران GTP
gtp_peer:
 - 10.100.50.50:2152
gtp_echo_interval: 10

الميزات
feature_ueip: true
ueip_pool: 10.45.0.0/16
feature_ftup: false

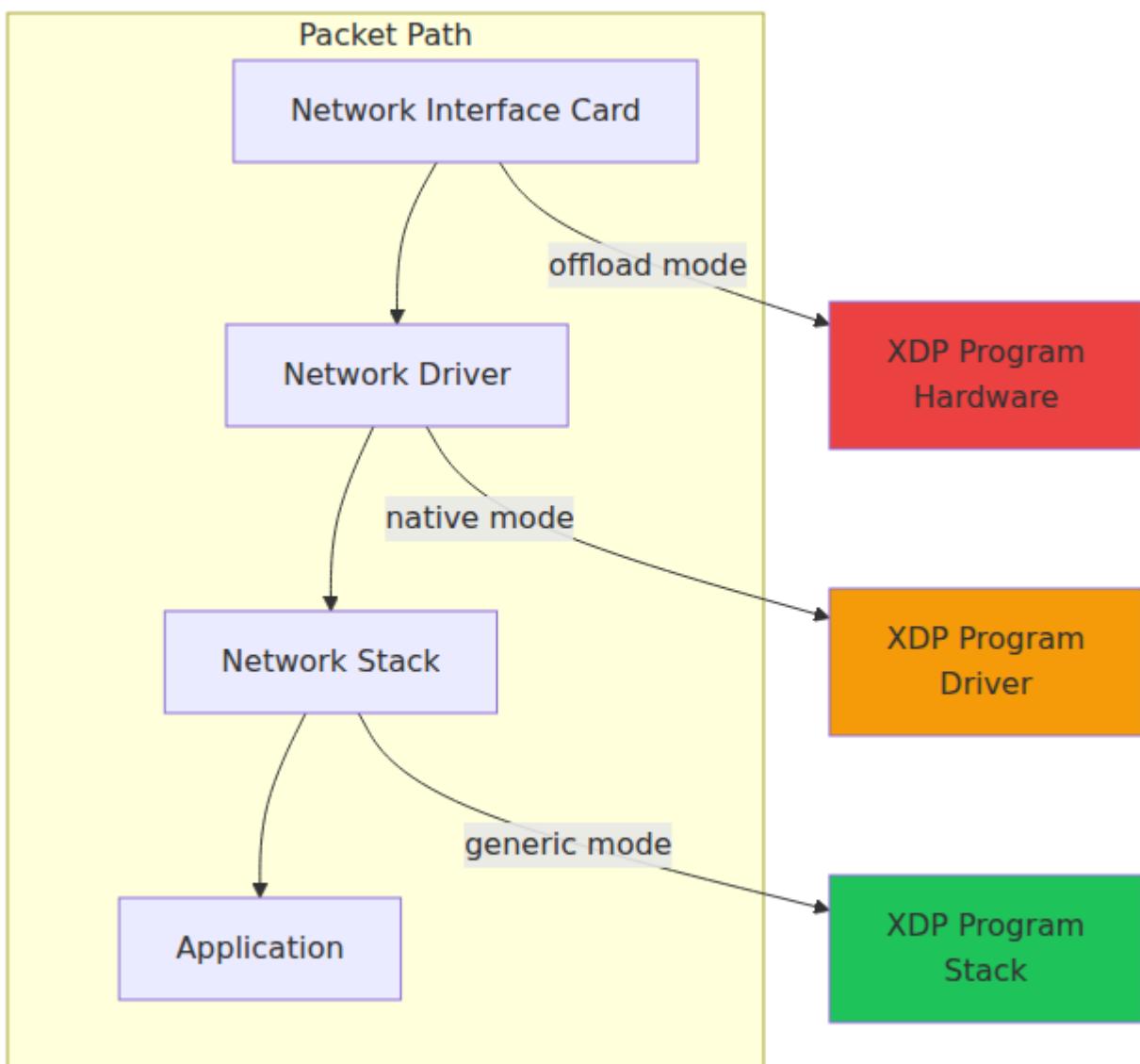
التخزين المؤقت
buffer_max_packets: 15000
buffer_packet_ttl: 45
```

# توافق المحاكيات

## نظرة عامة

XDP مع جميع المحاكيات الرئيسية ومنصات الافتراضية. يعتمد وضع إرافق OmniUPF تتوافق وتكون الشبكة على قدرات الشبكة للمحاكي.

**المحلّي على XDP للحصول على تعليمات خطوة بخطوة حول تمكين Proxmox وغيرها من المحاكيات، راجع دليل أنماط XDP.**



# Proxmox VE

**التكوينات المدعومة:**

## 1. (العام XDP) وضع الجسر.

**حالة الاستخدام:** الشبكات القياسية للآلية الافتراضية

**التكوين:**

- جهاز الشبكة أو VirtIO E1000
- وضع XDP: generic
- الأداء: ~2-1 Mpps

**إعدادات VM Proxmox:**

```
net0: جهاز الشبكة
 (معدل افتراضي) VirtIO : النموذج
 vmbr0 : الجسر
```

**تكوين OmniUPF:**

```
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: generic
```

## 2. (المحلية SR-IOV) تمرير.

**حالة الاستخدام:** إنتاج عالي الأداء

**التكوين:**

- جهاز الشبكة: وظيفة افتراضية SR-IOV
- وضع XDP: native
- الأداء: ~10-5 Mpps

**المتطلبات:**

- NIC مادي مع دعم SR-IOV (Intel X710, Mellanox ConnectX-5)
- تمكين SR-IOV في BIOS
- تمكين IOMMU (`intel_iommu=on` أو `amd_iommu=on`) في GRUB

### تمكين SR-IOV على Proxmox:

```
تحرير تكوين GRUB
nano /etc/default/grub

أضف إلى GRUB_CMDLINE_LINUX_DEFAULT:
intel_iommu=on iommu=pt
```

```
وإعادة التشغيل GRUB تحديث
update-grub
reboot
```

```
تمكين 4 وظائف افتراضية على NIC على eth0
echo 4 > /sys/class/net/eth0/device/sriov_numvfs
```

```
جعلها دائمة
echo "echo 4 > /sys/class/net/eth0/device/sriov_numvfs" >>
/etc/rc.local
chmod +x /etc/rc.local
```

### إعدادات VM Proxmox:

```
PCI الأجهزة → إضافة → جهاز
اختر: وظيفة افتراضية SR-IOV
جميع الوظائف: لا
أساسي: لا
PCI-Express: نعم (اختياري)
```

### تكوين OmniUPF:

```
interface_name: [ens1f0] # اسم VF SR-IOV
xdp_attach_mode: native
```

### 3. تمرين PCI (XDP) المحلي

مخصص لآلية افتراضية واحدة NIC: حالة الاستخدام

التكوين:

- المادي بالكامل إلى NIC يتم تمرير VM
- XDP: native أو offload إذا كان SmartNIC
- الأداء: 40-5 Mpps يعتمد على NIC

إعدادات VM Proxmox:

PCI الأجهزة → إضافة → جهاز  
ما دي (مثل، 0000:01:00.0) NIC: اختر  
جميع الوظائف: نعم  
GPU أساسياً: لا  
PCI-Express: نعم

تكوين OmniUPF:

```
interface_name: [ens1f0]
xdp_attach_mode: native # أو 'offload' لـ SmartNIC
```

## KVM/QEMU

وضع الجسر:

```
virt-install \
--name omniupf \
--network bridge=br0,model=virtio \
--disk path=/var/lib/libvirt/images/omniupf.qcow2 \
...
```

تمرير SR-IOV:

```
<interface type='hostdev' managed='yes'>
 <source>
 <address type='pci' domain='0x0000' bus='0x01' slot='0x10'
 function='0x1' />
 </source>
</interface>
```

## VMware ESXi

### vSwitch (العام XDP) القياسي:

- محول الشبكة: VMXNET3
- وضع XDP: generic

### SR-IOV (XDP) المحلي:

- في إعدادات مضيف ESXi تمكين SR-IOV
- إضافة محول شبكة إلى SR-IOV VM
- وضع XDP: native

## Microsoft Hyper-V

### (العام XDP) المفتاح الافتراضي:

- محول الشبكة: صناعي
- وضع XDP: generic

### SR-IOV (XDP) المحلي:

- في إدارة SR-IOV Hyper-V تمكين
- على محول الشبكة الافتراضية SR-IOV تكوين
- وضع XDP: native

# VirtualBox

(العام فقط XDP) الجسر/NAT وضع:

- محول الشبكة Intel PRO/1000 أو VirtIO-Net
  - وضع XDP: generic
  - ملاحظة: VirtualBox لا يدعم SR-IOV
- 

## NIC توافق

### مقابل السعة Mpps فهم

ليست متساوية مباشرة - العلاقة تعتمد (Mbps) والسعه (Gbps) عدد الحزم في الثانية تماماً على حجم الحزمة. تختلف حركة مرور الشبكة المحمولة بشكل كبير في حجم الحزمة، من الصغير إلى إطارات بث الفيديو الكبيرة VOIP حزم.

#### تأثير حجم الحزمة على السعة

وحزم N3 على واجهة GTP-U بمعالجة الحزم المغلفة بـ UPF في الشبكات المحمولة، يقوم الأصلية على واجهة N6.

زيادة (N3) واجهة GTP-U المغلفة:

- رأس IPv4: 20 بايت الخارجي
- رأس UDP: 8 بايت الخارجي
- رأس GTP-U: 8 بايت
- زиادة إجمالي 36 بايت

أدنى حزمة GTP-U (N3):

- رأس IPv4: 20 بايت (الداخلي)
- رأس UDP: 8 بايت (الداخلي)
- 1 بايت (الحملة الداخلية)
- 29 بايت (إجمالي الحزمة الداخلية)
- زиادة إضافية 36 بايت (GTP-U)

- إجمالي حجم الحزمة: 65 بايت

### 1 مع أدنى حزم GTP-U السعة عند Mpps:

$$65 \text{ بايت} \times 8 \text{ pps} \times 1,000,000 \text{ بث/بايت} = \text{Mbps}$$

### أقصى حزم GTP-U (N3) مع MTU 1500:

- MTU IP (داخلي كاملة IP حزمة): 1500 بايت
- GTP-U بالإضافة إلى زيادة 36 بايت
- إجمالي حجم الحزمة: 1536 بايت

### 1 مع أقصى حزم GTP-U السعة عند Mpps:

$$1536 \text{ بايت} \times 8 \text{ pps} \times 1,000,000 \text{ بث/بايت} = \text{Mbps} \approx 12.3 \text{ Gbps}$$

### واجهة IP حزم N6:

أصلية بدون IP تكون الحزم ، (نحو الإنترنيت) N6 على GTP-U:

#### N6: أدنى حزم

- بايت IP رأس: 20
- بايت UDP رأس: 8
- الحمولة الدنيا: 1 بايت
- الإجمالي: 29 بايت

### 1 مع أدنى حزم N6 السعة عند Mpps:

$$29 \text{ بايت} \times 8 \text{ pps} \times 1,000,000 \text{ بث/بايت} = \text{Mbps}$$

### أقصى حزم N6 (MTU 1500):

- MTU IP: 1500 بايت
- الإجمالي: 1500 بايت

### 1 مع أقصى حزم N6 السعة عند Mpps:

$$1500 \text{ بايت} \times 8 \text{ بـps} \times 12,000 \text{ بـps} = 12 \text{ Gbps}$$

### أمثلة الأداء في العالم الحقيقي

**NIC Intel X710 (10 Mpps على واجهة N3 مع GTP-U):**

| نطاق الحركة       | حجم الحزمة الداخلية | إجمالي GTP-U     | السرعة عند 10 Mpps    | حالة الاستخدام النموذجية             |
|-------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| VoIP مكالمات (N3) | بايت 65-150         | 101-186 بايت     | <b>0.8-1.5 Gbps</b>   | صوت AMR-WB, G.711                    |
| ويب خفيف (N3)     | 400-600 بايت        | 436-636 بايت     | <b>3.5-5.1 Gbps</b>   | رسائل HTTP/HTTPS                     |
| محمول ديث (N3)    | بايت 1200           | <b>1236 بايت</b> | <b>9.9 Gbps</b>       | مزيج حركة المرور النموذجية لعام 2024 |
| بث الفيديو (N3)   | 1400-1450 بايت      | 1436-1486 بايت   | <b>11.5-11.9 Gbps</b> | قطع فيديو HD/4K                      |
| MTU الأقصى (N3)   | بايت 1500           | بايت 1536        | <b>12.3 Gbps</b>      | الكبيرة TCP تسليلات                  |

**N6 على واجهة GTP-U (الأصلية، بدون IP):**

| نوع الحركة | حجم الحزمة       | السرعة عند 10 Mpps    | حالة الاستخدام النموذجية               |
|------------|------------------|-----------------------|----------------------------------------|
| VoIP حزم   | بايت 65-150      | <b>0.5-1.2 Gbps</b>   | RTP تدفقات صوت                         |
| ويب خفيف   | بايت 400-600     | <b>3.2-4.8 Gbps</b>   | طلبات HTTP                             |
| محمول حديث | بايت <b>1200</b> | <b>9.6 Gbps</b>       | <b>حركة المرور النموذجية لعام 2024</b> |
| بث الفيديو | بايت 1400-1450   | <b>11.2-11.6 Gbps</b> | تنزيلات الفيديو                        |
| الأقصى MTU | بايت 1500        | <b>12.0 Gbps</b>      | نقل الملفات الكبيرة                    |

مع حركة مرور المحمول الحديثة (متوسط 1200 بايت)، توقع  $\sim 10 \text{ Gbps}$  سعة على كل من واجهتي N3 و N6.

### لماذا يهم هذا لشبكات المحمول:

تؤثر بشكل (بايت 36) GTP-U حركة المرور المحمولة متغيرة للغاية في حجم الحزمة وزيادة كبيرة على أداء الحزم الصغيرة:

### حجم الحزمة الداخلية (بيانات المستخدم الفعلية):

- **VoIP AMR-WB:** بايت → مع GTP-U: 65-80 بايت → مع GTP-U: 101-116 بايت
- **IoT:** بايت → مع GTP-U: 50-200 بايت → مع GTP-U: 86-236 بايت
- **HTTP/3:** بايت → مع GTP-U: 400-800 بايت → مع GTP-U: 436-836 بايت
- **بث الفيديو:** بايت → مع GTP-U: 1200-1450 بايت → مع GTP-U: 1236-1486 بايت
- **تنزيلات كبيرة:** بايت → مع GTP-U: 1500 بايت → مع GTP-U: 1536 بايت

### تأثير زيادة GTP-U:

- هو العامل المحدد Mpps - الحزم الصغيرة ( $> 200$  بايت):  $\sim 35\%-70\%$  زيادة
- الحزم المتوسطة (800-200 بايت):  $\sim 5\%-20\%$  زيادة - تحديد مختلط
- الحزم الكبيرة ( $< 1200$  بايت):  $\sim 3\%$  زيادة - سرعة الربط هي العامل المحدد

### تخطيط الأداء:

NIC 10 مصنفة عند **N3**: ستحقق على واجهة **Mpps**

- زيادة) ~ 1.0 Gbps : (حزم داخلية بحجم 100 بايت) **VoIP** حركة مرور كثيفة من GTP-U (تهيمن)
- مزيج المحمول الحديث** (حزم داخلية بحجم 1200 بايت): ~ 9.9 Gbps
- حركة مرور كثيفة من الفيديو** (حزم داخلية بحجم 1400 بايت): ~ 11.5 Gbps
- أقصى سعة** (حزم داخلية بحجم 1500 بايت): ~ 12.3 Gbps

دون زيادة) **N6** على واجهة:

- عند 10 Gbps **مزيج المحمول الحديث** (حزم بحجم 1200 بايت): ~ 9.6 Mpps
- عند 10 Gbps **أقصى سعة** (حزم بحجم 1500 بايت): ~ 12.0 Mpps

**المحمولة UPF قاعدة عامة لشبكة**:

- هو العامل المحدد - Mpps: (الإشارات، IoT، VoIP) حركة مرور الحزم الصغيرة 2-10 Gbps لكل خط لـ 10 Mpps
- لكل Gbps حركة مرور المحمول الحديثة (متوسط 1200 بايت): خط لـ 10-9 10 Mpps سعة
- لكل 10 Gbps حركة مرور كثيفة من الفيديو (بث، تنزيلات): خط لـ 12-10 10 Mpps سعة
- لا GTP-U، N6 - N3 و **N6** دائمًا اعتبر كل من

**تخطيط السعة العملي**:

مع حجم الحزمة المتوسطة 1200 بايت (نموذجية لشبكات المحمول الحديثة مع بث الفيديو):

| سعة Mpps لـ NIC | N3 السعة على (GTP-U) | N6 IP (الأصلية) | سيناريو النشر الواقعي          |
|-----------------|----------------------|-----------------|--------------------------------|
| <b>1 Mpps</b>   | ~1.0 Gbps            | ~1.0 Gbps       | موقع خلية صغيرة، بوابة IoT     |
| <b>5 Mpps</b>   | ~4.9 Gbps            | ~4.8 Gbps       | موقع خلية متوسطة، مؤسسة        |
| <b>10 Mpps</b>  | ~9.9 Gbps            | ~9.6 Gbps       | موقع خلية كبيرة، مدينة صغيرة   |
| <b>20 Mpps</b>  | ~19.7 Gbps           | ~19.2 Gbps      | منطقة حضرية، مدينة متوسطة      |
| <b>40 Mpps</b>  | ~39.4 Gbps           | ~38.4 Gbps      | منطقة حضرية كبيرة، مركز إقليمي |

**ملاحظة:** هذه التقديرات تفترض حجم الحمولة المتوسطة 1200 بايت، والتي تمثل حركة المرور المحمولة الحديثة التي تهيمن عليها بث الفيديو، وسائل التواصل الاجتماعي، وتطبيقات السحابة. ستحتاج السعة الفعلية بناءً على مزيج الحركة.

---

## XDP ببرامج تشغيل الشبكة القابلة لـ

**لأوضاع المحلي والإزاحة.** يعمل الوضع XDP ببرامج تشغيل الشبكة التي تدعم OmniUPF وتطلب أي NIC.

### NICs Intel

| النموذج              | السائق | دعم XDP | الوضع   | الأداء   |
|----------------------|--------|---------|---------|----------|
| <b>Intel X710</b>    | i40e   | نعم     | محلي    | ~10 Mpps |
| <b>Intel XL710</b>   | i40e   | نعم     | محلي    | ~10 Mpps |
| <b>Intel E810</b>    | ice    | نعم     | محلي    | ~15 Mpps |
| <b>Intel 82599ES</b> | ixgbe  | نعم     | محلي    | ~8 Mpps  |
| Intel I350           | igb    | محدود   | عام     | ~1 Mpps  |
| Intel E1000          | e1000  | ـ       | عام فقط | ~1 Mpps  |

## NICs Mellanox/NVIDIA

| النموذج                    | السائق | دعم XDP | الوضع        | الأداء   |
|----------------------------|--------|---------|--------------|----------|
| <b>Mellanox ConnectX-5</b> | mlx5   | نعم     | محلي         | ~12 Mpps |
| <b>Mellanox ConnectX-6</b> | mlx5   | نعم     | محلي         | ~20 Mpps |
| <b>Mellanox BlueField</b>  | mlx5   | نعم     | محلي + إزاحة | ~40 Mpps |
| <b>Mellanox ConnectX-4</b> | mlx4   | محدود   | عام          | ~2 Mpps  |

## NICs Broadcom

| النموذج                  | السائق  | دعم XDP | الوضع   | الأداء  |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Broadcom BCM57xxx</b> | bnxt_en | نعم     | محلي    | ~8 Mpps |
| Broadcom NetXtreme II    | bnx2x   | ـ       | عام فقط | ~1 Mpps |

## بائعون آخرون

| النموذج                    | السائق     | دعم XDP | الوضع | الأداء   |
|----------------------------|------------|---------|-------|----------|
| <b>Netronome Agilio CX</b> | nfp        | نعم     | إزاحة | ~30 Mpps |
| <b>Amazon ENA</b>          | ena        | نعم     | محلي  | ~5 Mpps  |
| <b>Solarflare SFC9xxx</b>  | sfc        | نعم     | محلي  | ~8 Mpps  |
| VirtIO                     | virtio_net | محدود   | عام   | ~2 Mpps  |

## لـ NIC دعم XDP التحقق من

XDP تتحقق مما إذا كان السائق يدعم:

```
العثور على سائق NIC
ethtool -i eth0 | grep driver
```

```
في السائق XDP تتحقق من دعم
modinfo <driver_name> | grep -i xdp
```

```
لـ Intel i40e مثال
modinfo i40e | grep -i xdp
```

XDP تتحقق من إرفاق برنامج:

```
ملحقاً XDP تتحقق مما إذا كان برنامج
ip link show eth0 | grep -i xdp
```

```
(ملحق XDP) مثال على الإخراج :
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 xdp qdisc mq
```

## موصى بها حسب حالة الاستخدام NICs

: مع حجم الحزمة المتوسطة 1200 بايت (حركة مرور المحمول الحديثة)

| حالة الاستخدام        | موصى بها NIC                         | الوضع | سعة Mpps   | السعة (N3) | سيناريو النشر             |
|-----------------------|--------------------------------------|-------|------------|------------|---------------------------|
| اختبار/تطوير          | أي NIC (VirtIO, E1000)               | عام   | 1-2 Mpps   | 1-2 Gbps   | اختبار، المختبر، PoC      |
| موقع خلية صغيرة       | Intel X710, Mellanox CX-5            | محلي  | 5-10 Mpps  | 5-10 Gbps  | خلية ريفية، مؤسسة         |
| خلية متوسطة/حضرى حضرى | Intel E810, Mellanox CX-6            | محلي  | 10-20 Mpps | 10-20 Gbps | خلية حضرية، مدينة صغيرة   |
| حضرى كبير             | Mellanox CX-6, Intel E810 (ثنائي)    | محلي  | 20-40 Mpps | 20-40 Gbps | منطقة حضرية، مدينة متوسطة |
| مركز إقليمي           | Mellanox BlueField, Netronome Agilio | إراحة | 40+ Mpps   | 40+ Gbps   | تجميع إقليمي              |
| Proxmox VM (جسر)      | VirtIO                               | عام   | 1-2 Mpps   | 1-2 Gbps   | للختبار فقط               |
| Proxmox VM (SR-IOV)   | Intel X710/E810 VF, Mellanox CX-5 VF | محلي  | 5-10 Mpps  | 5-10 Gbps  | إنتاجية VM                |

### تقديرات السعة:

- N3 بايت على GTP-U (1236 بايت) بناءً على حجم الحزمة المتوسطة 1200 بايت مع زيادة

- GTP-U بسبب عدم وجود زيادة (~9.6 Gbps Mpps) لكل N6 السعة على أقل قليلاً
  - سعة VOIP الأداء الفعلي يختلف مع مزيج الحركة - ستشهد الشبكات التي تهيمن عليها أقل
- 

## موارد إضافية

### الرسمية XDP وثائق:

- مشروع XDP
- للنواة XDP وثائق

### NIC توافق فوائم:

- قائمة دعم XDP لـ Cilium
  - سائقو XDP لـ IO Visor
- 

## أمثلة التكوين

### المثال 1: بيئة تطوير (الوضع العام)

SR-IOV بدون VM على الكمبيوتر المحمول أو OmniUPF السيناريو: اختبار

```
تكوين التطوير
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: generic
api_address: :8080
pfcp_address: :8805
pfcp_node_id: 127.0.0.1
n3_address: 127.0.0.1
metrics_address: :9090
logging_level: debug
max_sessions: 1000
```

## المثال 2: إنتاج المعدن العاري (الوضع المحلي)

السيناريو: UPF على خادم المعدن العاري مع NIC Intel X710

```
تكوين المعدن العاري للإنتاج
interface_name: [ens1f0, ens1f1] # N3 على ens1f0, N6 على ens1f1
xdp_attach_mode: native
api_address: :8080
pfcp_address: 10.100.50.241:8805
pfcp_node_id: 10.100.50.241
n3_address: 10.100.50.233
n9_address: 10.100.50.234
metrics_address: :9090
logging_level: info
max_sessions: 500000
gtp_peer:
 - 10.100.50.10:2152 # gNB 1
 - 10.100.50.11:2152 # gNB 2
gtp_echo_interval: 30
pfcp_remote_node:
 - 10.100.50.50 # OmniSMF
heartbeat_interval: 10
feature_ueip: true
ueip_pool: 10.45.0.0/16
buffer_max_packets: 50000
buffer_packet_ttl: 60
```

## (الوضع المحلي) VM Proxmox مع SR-IOV: المثال 3

السيناريو: UPF مع تمرير الإنتاجي على VM Proxmox مع SR-IOV

```

تكوين Proxmox SR-IOV
interface_name: [ens1f0] # VF SR-IOV
xdp_attach_mode: native
api_address: :8080
pfcp_address: 192.168.100.10:8805
pfcp_node_id: 192.168.100.10
n3_address: 192.168.100.10
metrics_address: :9090
logging_level: info
max_sessions: 100000
gtp_peer:
- 192.168.100.50:2152
gtp_echo_interval: 15
pfcp_remote_node:
- 192.168.100.20 # SMF

```

## المثال 4: وضع PGW-U (4G EPC)

السيناريو: OmniUPF في شبكة 4G تعمل ك PGW-U

```

تكوين PGW-U
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: native
api_address: :8080
pfcp_address: 10.200.1.10:8805
pfcp_node_id: 10.200.1.10
n3_address: 10.200.1.10 # واجهة S5/S8 (GTP-U)
metrics_address: :9090
logging_level: info
max_sessions: 200000
gtp_peer:
- 10.200.1.50:2152 # SGW-U
gtp_echo_interval: 20
pfcp_remote_node:
- 10.200.2.10 # OmniPGW-C (واجهة Sxb)
heartbeat_interval: 5

```

## (في وقت واحد U المثال 5: وضع متعدد

في وقت واحد G و 4G تخدم كل من الشبكات 5G سيناريو

```
تكوين متعدد الأوضاع
interface_name: [eth0, eth1]
xdp_attach_mode: native
api_address: :8080
pfcp_address: :8805
pfcp_node_id: 10.50.1.100
n3_address: 10.50.1.100
n9_address: 10.50.1.101
metrics_address: :9090
logging_level: info
max_sessions: 300000
gtp_peer:
 - 10.50.2.10:2152 # 5G gNB
 - 10.50.2.20:2152 # 4G eNodeB (عبر SGW-U)
gtp_echo_interval: 15
pfcp_remote_node:
 - 10.50.3.10 # OmniSMF (5G)
 - 10.50.3.20 # OmniPGW-C (4G)
heartbeat_interval: 10
feature_ueip: true
ueip_pool: 10.60.0.0/16
```

## المثال 6: وضع إزاحة SmartNIC

السيناريو: نشر عالي السعة للغاية مع SmartNIC Netronome Agilio CX

```

إزاحة تكوين SmartNIC
interface_name: [enpls0np0] # واجهة SmartNIC
xdp_attach_mode: offload
api_address: :8080
pfcp_address: 10.10.1.50:8805
pfcp_node_id: 10.10.1.50
n3_address: 10.10.1.50
metrics_address: :9090
logging_level: warn # تقليل الحمل
max_sessions: 1000000
pdr_map_size: 2000000
far_map_size: 2000000
qer_map_size: 1000000
gtp_peer:
 - 10.10.2.10:2152
 - 10.10.2.20:2152
 - 10.10.2.30:2152
gtp_echo_interval: 30
pfcp_remote_node:
 - 10.10.3.10
heartbeat_interval: 15
buffer_max_packets: 100000
buffer_max_total: 1000000

```

## تخطيط سعة الخريطة

### الحجم التلقائي (موصى به)

: تحسب أحجام الخرائط تلقائياً OmniUPF ودع `max_sessions` قم بتعيين

```

max_sessions: 100000
أحجام تلقائية:
PDR: 200,000 (2 × max_sessions)
FAR: 200,000 (2 × max_sessions)
QER: 100,000 (1 × max_sessions)
URR: 200,000 (2 × max_sessions)

```

## الحجم اليدوي

:تجاوز الحساب التلقائي لمتطلبات مخصصة

```
max_sessions: 100000
pdr_map_size: 300000 # لكل جلسة PDRs دعم المزيد من
far_map_size: 200000
qer_map_size: 150000 # من الافتراضي QERs المزيد من
urrr_map_size: 200000
```

## تقدير السعة

:احسب الحد الأقصى للجلسات

```
Max Sessions = min(
 pdr_map_size / 2,
 far_map_size / 2,
 qer_map_size
)
```

مثال:

- PDR: 200,000 خريطة
- FAR: 200,000 خريطة
- QER: 100,000 خريطة

Max Sessions =  $\min(100,000, 100,000, 100,000) = \mathbf{100,000}$

---

## متطلبات الذاكرة

:استخدام الذاكرة لكل جلسة

- PDR:  $2 \times 212 = ب = 424$
- FAR:  $2 \times 20 ب = 40$
- QER:  $1 \times 36 ب = 36$
- URR:  $2 \times 20 ب = 40$
- الإجمالي:  $\sim 540 ب$  لكل جلسة

**جلسة:**  $\sim 52$  ميغابايت من ذاكرة النواة **JK 100**

**:التصويم:** تأكد من أن حد الذاكرة المقفلة يسمح باستخدام  $2 \times$  تقدير الاستخدام

```
#تحقق من الحد الحالي
ulimit -l
```

```
eBPF مطلوب لـ) تعيين غير محدود
ulimit -l unlimited
```

## الوثائق ذات الصلة

- وتحسين الأداء eBPF/XDP **دليل العمارة** - تفاصيل تقنية
- و FAR و QER و **دليل إدارة القواعد** - تكوين URR
- **دليل المراقبة** - الإحصائيات، مراقبة السعة، والتنبيهات
- **مرجع المقاييس Prometheus** - مرجع كامل لمقاييس
- **دليل واجهة الويب** - عمليات لوحة التحكم
- ونشرها UPF **دليل العمليات** - نظرة عامة على بنية

# مرجع المعايير

على نقطة النهاية OmniUPF المعروضة بواسطه Prometheus تصف هذه الوثيقة جميع معايير [/metrics](#).

## فئات المعايير

1. عدادات رسائل بروتوكول التحكم ووقت الاستجابة لكل - **PFCP معايير رسائل نظير**
2. أحكام حزم البيانات (إسقاط، تمرير، إعادة توجيه، إلخ) - **XDP معايير إجراءات**
3. **معايير الحزم** - عدادات الحزم المستلمة حسب نوع البروتوكول
4. **والارتباطات** - عدد الجلسات والارتباطات لكل نظير **PFCP معايير جلسات**
5. **PFCP** عدادات حجم الحركة مجمعة لكل نظير - **URR معايير**
6. **معايير تخزين الحزم** - حالة تخزين الحزم، السعة، ومعدل النقل
7. **PFCP معايير تقرير بيانات التنزيل (الإشعار)** - إشارات طلب تقرير جلسة **FAR** وتتبع فهرس
8. **eBPF** استخدام خريطة - **eBPF معايير سعة خريطة** والسعه

## مرجع المعايير

### PFCP معايير رسائل

وعقد التحكم UPF بين PFCP معايير لتتبع رسائل بروتوكول.

| اسم المقياس         | النوع | التسميات                                     | الوصف                                                                     |
|---------------------|-------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| upf_pfcp_rx         | عداد  | message_name,<br>peer_address                | العدد الإجمالي لرسائل<br>PFCP المستلمة حسب<br>نوع الرسالة والنظير         |
| upf_pfcp_tx         | عداد  | message_name,<br>peer_address                | العدد الإجمالي لرسائل<br>PFCP المرسلة حسب نوع<br>الرسالة والنظير          |
| upf_pfcp_rx_errors  | عداد  | message_name,<br>cause_code,<br>peer_address | العدد الإجمالي لرسائل<br>PFCP المرفوضة بسبب<br>خطأ لكل نوع رسالة<br>ونظير |
| upf_pfcp_rx_latency | ملخص  | message_type,<br>peer_address                | مدة معالجة رسالة<br>PFCP (p50, p90, p99)<br>لكل نوع رسالة (p99)<br>ونظير  |

لرؤية دقة في سلوك عقد التحكم PFCP **ملاحظة:** تتبع جميع العدادات الرسائل لكل نظير.

## XDP معاييس إجراءات

تتبع هذه المعاييس القرار في خط البيانات لكل XDP عدادات الحزم حسب إجراء/حكم برنامج حزمة.

| اسم المقياس      | النوع | التسميات | الوصف                                              |
|------------------|-------|----------|----------------------------------------------------|
| upf_xdp_aborted  | عداد  | لا شيء   | العدد الإجمالي للحزم المرفوضة (XDP_ABORTED)        |
| upf_xdp_drop     | عداد  | لا شيء   | العدد الإجمالي للحزم المرفوضة (XDP_DROP)           |
| upf_xdp_pass     | عداد  | لا شيء   | العدد الإجمالي للحزم المرسلة إلى النواة (XDP_PASS) |
| upf_xdp_tx       | عداد  | لا شيء   | (XDP_TX) العدد الإجمالي للحزم المرسلة              |
| upf_xdp_redirect | عداد  | لا شيء   | العدد الإجمالي للحزم المعاد توجيهها (XDP_REDIRECT) |

## مقاييس الحزم

عدادات للحزم المستلمة حسب نوع البروتوكول. تستخدم جميع المقاييس تسمية `packet_type`.

| اسم المقياس | النوع | التسميات                 | الوصف                                        |
|-------------|-------|--------------------------|----------------------------------------------|
| upf_rx      | عداد  | <code>packet_type</code> | العدد الإجمالي للحزم المستلمة حسب النوع      |
| upf_route   | عداد  | <code>packet_type</code> | العدد الإجمالي للحزم الموجهة حسب نتيجة البحث |

قيم `packet_type` لـ `upf_rx`:

- `arp` - حزم ARP
- `icmp` - حزم ICMP
- `icmp6` - حزم ICMPv6
- `ip4` - حزم IPv4
- `ip6` - حزم IPv6

- `tcp` - حزم TCP
- `udp` - حزم UDP
- `other` - أنواع الحزم الأخرى
- `gtp-echo` طلب/استجابة GTP echo
- `gtp-pdu` - GTP-U PDU (بيانات المستخدم المغلفة)
- `gtp-other` أنواع رسائل GTP الأخرى
- `gtp-unexp` غير متوقعة/معطوبة GTP حزم

#### **قيم `packet_type` لـ `upf_route`:**

- `ip4-cache` IPv4 نجاحات ذاكرة تخزين
- `ip4-ok` IPv4 نجاح بحث FIB
- `ip4-error-drop` IPv4 إسقاط الحزمة، FIB فشل بحث
- `ip4-error-pass` IPv4 تمرير الحزمة إلى النواة، FIB فشل بحث
- `ip6-cache` IPv6 نجاحات ذاكرة تخزين
- `ip6-ok` IPv6 نجاح بحث FIB
- `ip6-error-drop` IPv6 إسقاط الحزمة، FIB فشل بحث
- `ip6-error-pass` IPv6 تمرير الحزمة إلى النواة، FIB فشل بحث

## **والارتباطات PFCP مقاييس جلسات**

وعقد التحكم UPF والارتباطات بين PFCP مقاييس لتنبيه جلسات.

| اسم المقياس                 | النوع | التسميات            | الوصف                                                        |
|-----------------------------|-------|---------------------|--------------------------------------------------------------|
| upf_pfcp_sessions           | مقياس | لا شيء              | العدد الإجمالي لجلسات PFCP الحالية (جميع النظائر)            |
| upf_pfcp_associations       | مقياس | لا شيء              | العدد الإجمالي للارتباطات PFCP الحالية لجلسات (جميع النظائر) |
| upf_pfcp_association_status | مقياس | node_id,<br>address | لكل PFCP حالة ارتباط نظير (1=مفعل، 0=معطل)                   |
| upf_pfcp_sessions_per_node  | مقياس | node_id,<br>address | PFCP عدد جلسات النشطة لكل عقدة في خط التحكم                  |

## (قاعدة تقارير الاستخدام) URR مقاييس

URR يمثل حجم كل نظير مجموع جميع عدادات PFCP مقاييس حجم الحركة مجمعة لكل نظير عبر جميع الجلسات من تلك العقدة في خط التحكم.

| الوصف                                                                          | التسميات     | النوع | اسم المقياس                   |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|-------------------------------|
| إجمالي حجم حركة البيانات في الاتجاه الصاعد بالبأيت لجميع الجلسات من هذا النظير | peer_address | مقياس | upf_urp_uplink_volume_bytes   |
| إجمالي حجم حركة البيانات في الاتجاه النازل بالبأيت لجميع الجلسات من هذا النظير | peer_address | مقياس | upf_urp_downlink_volume_bytes |
| إجمالي حجم الحركة بالبأيت (الرفع + النزول) لجميع الجلسات من هذا النظير         | peer_address | مقياس | upf_urp_total_volume_bytes    |

لتجنب مشاكل الكاردینالية العالية، الإحصائيات PFCP **ملاحظة:** يتم تجميع الأحجام لكل نظير REST متاحة عبر واجهة برمجة التطبيقات URR الفردية لـ [/api/v1/urr\\_map](#).

## مقاييس تخزين الحزم

تخزين الحزم في الاتجاه النازل عندما يكون UPF مقاييس لتتبع حالة وأداء تخزين الحزم. يمكن لـ UE وينتقل إلى حالة الاتصال UE في حالة الخمول، محتفظاً بها حتى يتم استدعاء

| الاسم المقياس              | النوع | التسميات | ف                                               |
|----------------------------|-------|----------|-------------------------------------------------|
| upf_buffer_packets_total   | عداد  | لا شيء   | عدد<br>الي<br>حزم<br>نافه<br>إلى<br>زبن<br>(من) |
| upf_buffer_packets_dropped | عداد  | reason   | عدد<br>الي<br>حزم<br>يضة<br>من<br>زبن           |
| upf_buffer_packets_flushed | عداد  | لا شيء   | عدد<br>الي<br>حزم<br>، تم<br>يغها<br>من<br>زبن  |
| upf_buffer_packets_current | مقياس | لا شيء   | عدد<br>الي<br>في<br>زبن                         |
| upf_buffer_bytes_total     | عداد  | لا شيء   | الي<br>تات<br>نافه<br>إلى<br>زبن                |

| النوع  | التصنيفات | ف                                                       | اسم المقياس                                |
|--------|-----------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|        |           | ، مر<br>(من)                                            |                                            |
| مقاييس | لا شيء    | نات<br>الية<br>في<br>زبن                                | upf_buffer_bytes_current                   |
| مقاييس | لا شيء    | عدد<br>ي لـ<br>FAF<br>حزم<br>ترنة                       | upf_buffer_fars_active                     |
| عداد   | لا شيء    | عدد<br>الي<br>حزم<br>تلمرة                              | upf_buffer_listener_packets_received_total |
| عداد   | لا شيء    | من<br>تنمع<br>زبن<br>خط<br>نات<br>eBF                   | upf_buffer_listener_packets_buffered_total |
| عداد   | type      | عدد<br>الي<br>حزم<br>، تم<br>ينها<br>جاح<br>بطة<br>تنمع | upf_buffer_listener_errors_total           |

| اسم المقياس                                      | النوع | التسميات    | ف                                                                                                  |
|--------------------------------------------------|-------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  |       |             | لجة<br>حزم<br>تنمع<br>زین                                                                          |
|                                                  |       |             | عدد<br>الي<br>سائل<br>مارة<br>خطأ<br>GTI<br>سلة<br>تديد<br>TEI<br>غير<br>وفة<br>بطة<br>ظير<br>بعيد |
| upf_buffer_listener_error_indications_sent_total | عداد  | remote_peer | عدد<br>الي<br>يات<br>برغ<br>زین<br>جحة                                                             |
| upf_buffer_flush_success_total                   | عداد  | لا شيء      | عدد<br>الي<br>يات<br>برغ<br>زین<br>شلة                                                             |
| upf_buffer_flush_errors_total                    | عداد  | reason      | عدد<br>الي<br>يات<br>برغ<br>زین<br>شلة                                                             |
| upf_buffer_flush_packets_sent_total              | عداد  | لا شيء      | عدد<br>الي                                                                                         |

| النوع | التصنيفات | ف      |
|-------|-----------|--------|
|       |           | حزم    |
|       |           | سلة    |
|       |           | أثناء  |
|       |           | بيانات |
|       |           | بريج   |

#### قيم reason لـ upf\_buffer\_packets\_dropped:

- expired حزم تم إسقاطها بسبب انتهاء صلاحية - TTL
- global\_limit تم إسقاطها بسبب الوصول إلى الحد الأقصى للتخزين الكلي -
- far\_limit تم إسقاطها بسبب الوصول إلى الحد الأقصى للتخزين لكل - FAR
- cleared حزم تم مسحها يدوياً من التخزين -

#### قيم type لـ upf\_buffer\_listener\_errors\_total:

- read\_error خطأ في القراءة من مقبس التخزين -
- too\_small حزمة صغيرة جدًا لرأس GTP
- invalid\_gtp\_type نوع GTP غير G-PDU
- unknown\_teid لم يتم العثور على - TEID PDR/FAR
- not\_buffering\_far لا يحتوي على إجراء FAR BUFF
- truncated\_ext مقطوعة GTP رؤوس امتداد -
- no\_payload لا تحتوي على حمولة GTP حزمة -
- buffer\_full تجاوز سعة التخزين -

#### قيم reason لـ upf\_buffer\_flush\_errors\_total:

- far\_lookup\_failed من خريطة FAR فشل في البحث عن معلومات - eBPF
- no\_forw\_action لا يحتوي على إجراء FORW محدد
- connection\_failed فشل في إنشاء اتصال - للتغريغ UDP

## مقاييس تقرير بيانات التنزيل (الإشعار)

المرسلة إلى خط التحكم عندما يتم تخزين الحزم. PFCP مقاييس لإشعارات طلب تقرير جلسة UE تحفز هذه الإشعارات خط التحكم لاستدعاء.

| اسم المقياس                   | النوع | التسميات | صف                                                                                |
|-------------------------------|-------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| upf_dldr_sent_total           | عداد  | لا شيء   | العدد<br>جمالي<br>عارضات<br>تقرير<br>بيانات<br>لتنزيل<br>(DLD)<br>برسالة<br>إلى S |
| upf_dldr_send_errors          | عداد  | لا شيء   | العدد<br>جمالي<br>أخطاء<br>رسائل<br>عارضات<br>تقرير<br>بيانات<br>لتنزيل           |
| upf_dldr_active_notifications | مقياس | لا شيء   | العدد<br>الي لـ<br>FARs<br>عارضات<br>DLDF<br>لة (لم<br>يتم<br>مسحها<br>بعد)       |
| upf_far_index_size            | مقياس | لا شيء   | العدد<br>الي لـ<br>FARs<br>سجلة<br>في<br>FarIn                                    |

| اسم المقياس                                 | النوع     | التسميات  | صف                                                          |
|---------------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------------------------------------------|
|                                             |           |           | عارضات<br>DLDF                                              |
| upf_far_index_registrations_total           | عداد      | لا شيء    | العدد<br>جمالي<br>جيالات<br>FAR ،<br>FarIn                  |
| upf_far_index_unregistrations_total         | عداد      | لا شيء    | العدد<br>جمالي<br>لإلغاء<br>سجل<br>FARs<br>FarIn            |
| upf_buffer_notify_to_flush_duration_seconds | هيستوجرام | pfcp_peer | ت بين<br>إرسال<br>إشعار<br>DLDF<br>وتفرير<br>الحزم<br>مخزنة |

### **upf\_buffer\_notify\_to\_flush\_duration\_seconds:**

- دلو الهيستوجرام: 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 30.0, 60.0 ثانية
- (مثلاً، pfcp\_peer عنوان SMF/PGW-C (10.100.50.241) تسمية
- بتعديل الجلسة لتفرير SMF واستجابة UPF للإشعار إلى يقيس الكمون بين إرسال الحزم
- مفید لمراقبة استجابة خط التحكم أثناء الانتقالات من الخمول إلى الاتصال

## GTP-U خطأ إشارة مقاييس

المرسلة والمستقبلة. يتم إرسال إشارات الخطأ عندما GTP مقاييس تتبع رسائل إشارة خطأ غير معروفة، مما يشير إلى عدم تطابق حالة النفق (غالبًا بسبب TEIDs يتلقى نظير حزماً لتحديد إعادة تشغيل النظير).

| اسم المقاييس                                                | النوع | سميات                                                                     |
|-------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------|
| upf_buffer_listener_error_indications_sent_total            | عداد  | <input type="checkbox"/> node_id<br><input type="checkbox"/> peer_address |
| upf_buffer_listener_error_indications_received_total        | عداد  | <input type="checkbox"/> node_id<br><input type="checkbox"/> peer_address |
| upf_buffer_listener_error_indication_sessions_deleted_total | عداد  | <input type="checkbox"/> node_id<br><input type="checkbox"/> peer_address |

## **تعريفات التسميات:**

- `node_id` ("pgw-u-1", "smf-1"). يتم من الارتباط PFCP معرف عقدة: موجود لذلك النظير PFCP إذا لم يكن هناك ارتباط "unknown" تعينه إلى `peer_address` للنظير البعيد (مثل، "192.168.50.10") IP عنوان:

## **عندما يتم إرسال إشارات الخطأ:**

- تم UPF مثل، بعد إعادة تشغيل) غير موجود TEID لتحديد U-GTP حزمة يلتقي (حذف الجلسة بالفعل)
- بإعادة توجيه إلى نفق قديم/محذوف (العلوي eNodeB, gNodeB, UPF) يقوم المرسل إشارة خطأ لإبلاغ المرسل بالتوقف عن الإرسال UPF يرسل

## **عندما يتم استلام إشارات الخطأ:**

- إلى نظير أسفل GTP-U (PGW-U, SGW-U, UPF) بإعادة توجيه حزمة UPF يقوم غير معروف TEID لتحديد
- الوجهة (مثل، أعيد تشغيل النظير وقد حالة النفق) TEID لا يتعرف النظير البعيد على
- تلقائياً بحذف الجلسات المتأثرة للتوقف عن إعادة التوجيه إلى الأنفاق الميتة UPF يقوم

## **حالات الاستخدام:**

- اكتشاف إعادة تشغيل النظير (معدل إشارة الخطأ المرتفع يشير إلى فقدان الحالة)
- TEID مشاكل تخصيص) تحديد عدم تطابق التكوين
- مراقبة صحة تزامن النفق بين عناصر الشبكة
- تنبيه بشأن حذف الجلسات غير المتوقعة

## **مثال PromQL استعلامات:**

```
معدل إشارات الخطأ المستلمة لكل نظير (في الثانية)
rate(upf_buffer_listener_error_indications_received_total[5m])

العدد الإجمالي للجلسات المحذوفة بسبب إشارات الخطأ من نظير محدد
upf_buffer_listener_error_indication_sessions_deleted_total{peer_addr

UPF غير معروفة إلى هذا TEIDs النطائر التي ترسل
sum by (node_id, peer_address) (upf_buffer_listener_error_indications
```

## eBPF مقاييس سعة خريطة

تساعد هذه المقاييس في مراقبة استخدام الموارد eBPF. مقاييس تتبع استخراج خريطة eBPF واكتشاف مشاكل السعة المحتملة.

| اسم المقياس           | النوع  | التسميات | الوصف                                |
|-----------------------|--------|----------|--------------------------------------|
| upf_ebpf_map_capacity | مقاييس | map_name | eBPF السعة القصوى لخريطة             |
| upf_ebpf_map_used     | مقاييس | map_name | العدد الحالى للإدخالات في خريطة eBPF |

الشائعة قيم `map_name`:

- `pdr_map` خريطة قاعدة اكتشاف الحزم -
- `far_map` خريطة قاعدة إجراء التوجيه -
- `qer_map` خريطة تنفيذ - QoS
- `session_map` خريطة بحث الجلسات -
- `teid_map` TEID خريطة - إلى الجلسة
- `ue_ip_map` IP خريطة عنوان - إلى الجلسة UE

## استخدام Prometheus مقاييس

### الوصول إلى المقاييس

في العنوان المحدد بواسطة `/metrics` في العناوين `metrics_address` (افتراضياً: 9090) في ملف التكوين: عرض المقاييس على نقطة النهاية:

```
عرض المقايس الخام
curl http://localhost:9090/metrics

مثال على المخرجات
upf_pfcp_sessions 42
upf_pfcp_associations 2
upf_urc_total_volume_bytes{peer_address="10.100.50.241"} 1048576000
```

## تكوين Prometheus

الخاص بك `prometheus.yml` أضف هدف إلى ملف OmniUPF:

```
scrape_configs:
 - job_name: 'omniupf'
 static_configs:
 - targets: ['localhost:9090']
```

## لوحات معلومات Grafana

للتصور Grafana استورد المقايس إلى:

- عدد الجلسات والاتجاهات
- حجم الحركة لكل نظير PFCP
- معدلات معالجة الحزم
- استخدام التخزين
- مراقبة سعة خريطة eBPF

## الوثائق ذات الصلة

- دليل المراقبة - مراقبة الإحصائيات، تخطيط السعة، والتنبهات
- الأخرى UPF وخيارات `metrics_address` دليل التكوين - تكوين
- دليل واجهة الويب - عرض المقايس في صفحة الإحصائيات
- وتحسين الأداء eBPF دليل الهندسة المعمارية - مسار بيانات
- دليل إدارة القواعد - فهم مقاييس PDR, FAR, QER, URR

- دليل ❓ستكشاف الأخطاء - استخدام المقاييس للتشخيص

# دليل المراقبة

## جدول المحتويات

1. نظرة عامة.
2. مراقبة الإحصائيات.
3. مراقبة السعة.
4. مقاييس الأداء.
5. التنبیهات والحدود.
6. تخطيط السعة.
7. استكشاف مشكلات الأداء.

## نظرة عامة

أمرًا حيوياً للحفاظ على جودة الخدمة، ومنع استنفاد السعة، OmniUPF تعتبر المراقبة الفعالة لمقاييس شاملة في الوقت الحقيقي من خلال واجهة OmniUPF واستكشاف مشكلات الأداء. يوفر REST الويب الخاصة به وواجهة برمجة التطبيقات.

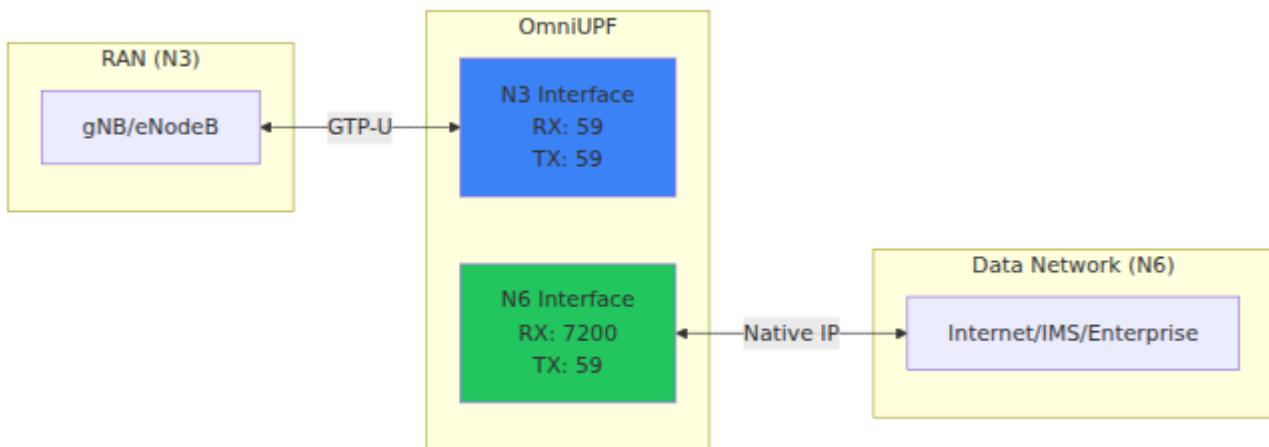
## فئات المراقبة

| الفئة                  | الغرض                             | تكرار التحديث    | المقاييس الرئيسية                              |
|------------------------|-----------------------------------|------------------|------------------------------------------------|
| إحصائيات الحزم         | تبعد معدلات معالجة الحزم والأخطاء | في الوقت الحقيقي | السقوط، حزم RX/TX، تحليل البروتوكول            |
| إحصائيات الواجهة       | مراقبة توزيع حركة المرور N3/N6    | في الوقت الحقيقي | N3 RX/TX, N6 RX/TX                             |
| إحصائيات XDP           | تبعد أداء مسار البيانات في النواة | في الوقت الحقيقي | المعالجة، المارة، الملغاة الساقطة، الملغاة     |
| إحصائيات التوجيه       | مراقبة قرارات توجيه الحزم         | في الوقت الحقيقي | ضربات/ FIB، عمليات بحث إخفاقات الذاكرة المؤقتة |
| سعة خريطة eBPF         | منع استنفاد الموارد               | كل 10 ثوانٍ      | نسب استخدام الخريطة، المستخدمة مقابل السعة     |
| إحصائيات المخزن المؤقت | تبعد تخزين الحزم أثناء التنقل     | كل 5 ثوانٍ       | حزم مخزنة، عمر المخزن المؤقت، عدد FAR          |

## مراقبة الإحصائيات

### مراقبة إحصائيات واجهة N3/N6

(N3) والشبكة البيانات (N6) RAN رؤية لتوزيع حركة المرور بين N3/N6 توفر إحصائيات واجهة.



### المقاييس:

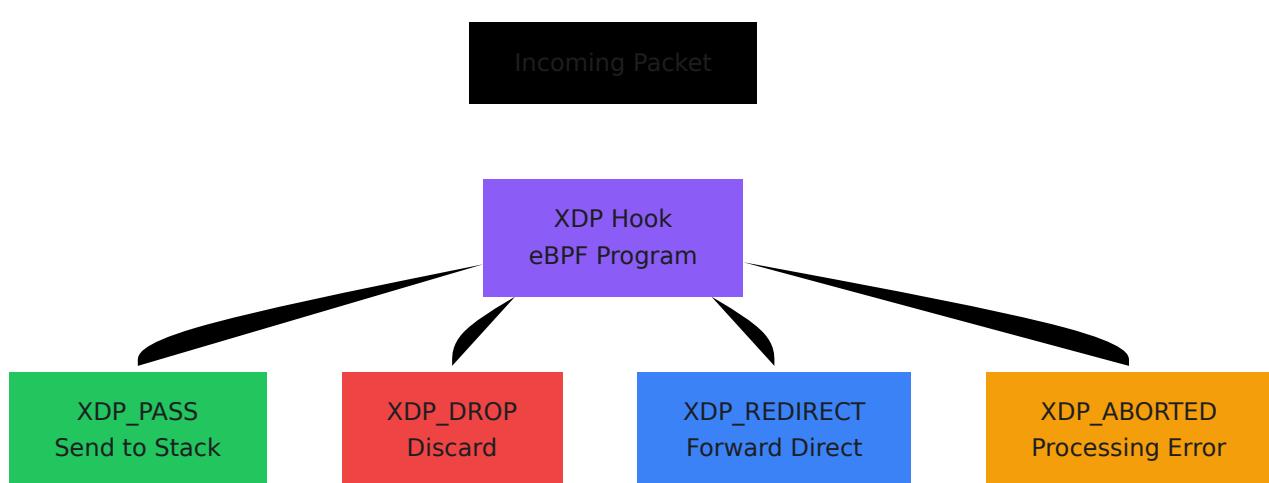
- **RX N3**: حركة مرور RAN الحزم المستلمة من (الصاعدة U GTP-U)
- **TX N3**: حركة مرور RAN الحزم المرسلة إلى (النازلة U GTP-U)
- **RX N6**: (الأصلي النازل IP) الحزم المستلمة من الشبكة البيانات
- **TX N6**: (الأصلي الصاعد IP) الحزم المرسلة إلى الشبكة البيانات
- **الإجمالي**: العدد الكلي للحزم عبر جميع الواجهات

### السلوك المتوقع:

- **RX N3 ≈ TX N6**: إلى الشبكة البيانات RAN تتدفق الحزم الصاعدة من
- **RX N6 ≈ TX N3**: تتدفق الحزم النازلة من الشبكة البيانات إلى RAN
- قد تشير عدم التوازن الكبير إلى:
  - حركة مرور غير متكافئة (التنزيلات <> التحميلات)
  - سقوط الحزم أو أخطاء في التوجيه
  - تكوينات توجيه خ?

## إحصائيات XDP

أداء معالجة الحزم على مستوى النواة (مسار البيانات السريع) XDP تظهر إحصائيات



### المقاييس:

- خطأ (يجب أن تكون دائماً 0) XDP الملغاة: واجه برنامج
- XDP السقوط: الحزم التي تم إسقاطها عمداً بواسطة برنامج

- **المرور:** الحزم التي تم تمريرها إلى كومة الشبكة لمزيد من المعالجة
- **إعادة التوجيه:** الحزم التي تم إعادة توجيهها مباشرة إلى واجهة الإخراج
- **TX:** الحزم المرسلة عبر XDP

#### **:التفسير**

- أو توافق النواة eBPF **الملاعة < 0:** مشكلة حادة مع برنامج
  - **السقوط > 0:** سقوط بناءً على السياسة أو حزم غير صالحة
  - **المرور مرتفع:** تم معالجة معظم الحزم في كومة الشبكة (طبيعي)
  - **إعادة التوجيه مرتفع:** تم إعادة توجيه الحزم مباشرة (أداء مثالي)
- 

## **إحصائيات الحزم**

تحليل تفصيلي لبروتوكول الحزم وعدد المعالجات.

#### **:عدادات البروتوكول**

- **RX ARP:** حزم بروتوكول حل العناوين
- **RX GTP ECHO:** طلب/استجابة GTP-U Echo (keepalive)
- **RX GTP OTHER:** رسائل التحكم الأخرى GTP
- **RX GTP PDU:** (الحركة الرئيسية) GTP-U بيانات المستخدم المغلقة بواسطة
- **RX GTP UNEXP:** أنواع حزم غير المتوقعة GTP
- **RX ICMP:** (الأخطاء ، ping) بروتوكول رسائل التحكم في الإنترن트
- **RX ICMP6:** حزم ICMPv6
- **RX IP4:** حزم IPv4
- **RX IP6:** حزم IPv6
- **RX OTHER:** بروتوكولات أخرى
- **RX TCP:** حزم بروتوكول التحكم في النقل
- **RX UDP:** حزم بروتوكول بيانات المستخدم

#### **:حالات الاستخدام**

- **مؤشر حركة PDU GTP-U:** مُستخدم الرئيسي مراقبة عدد للاتصال
- **للتحقق من ICMP:** اختبار وصول الشبكة
- **أنماط حركة تطبيق UDP مقابل TCP:** تتبع نسبة

- الكشف عن البروتوكولات غير المتوقعة: مشكلات الأمان أو التكوين الخاطئ
- 

## إحصائيات التوجيه

لقرارات التوجيه (قاعدة معلومات التوجيه) FIB إحصائيات بحث.

### FIB IPv4:

- الذاكرة المؤقتة: عمليات بحث التوجيه المخزنة (مسار سريع)
- عمليات بحث التوجيه الناجحة: OK

### FIB IPv6:

- المخزنة IPv6 الذاكرة المؤقتة: عمليات بحث التوجيه
- الناجحة IPv6 عمليات بحث التوجيه: OK

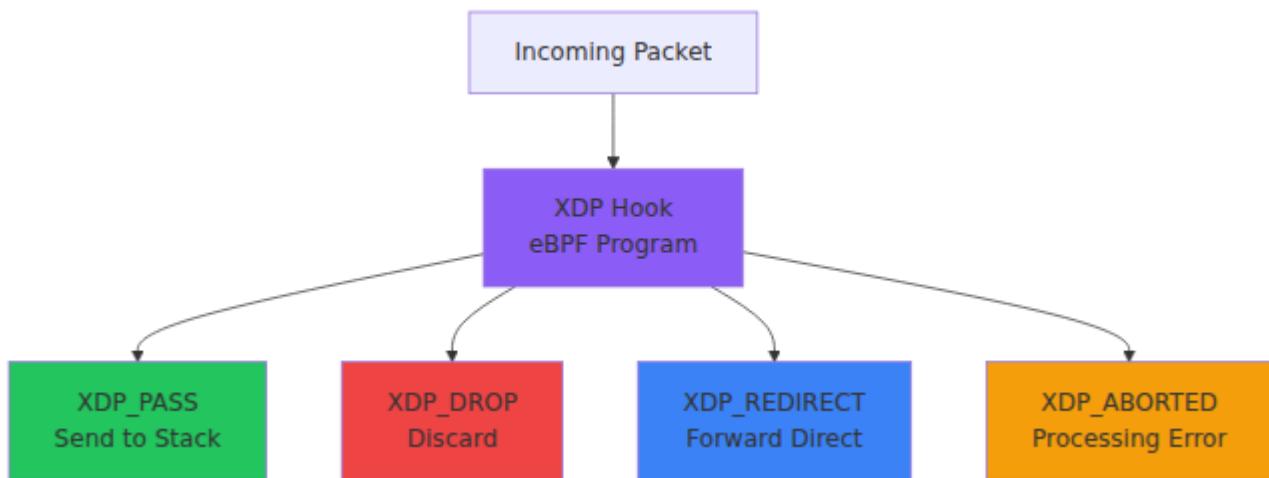
### مؤشرات الأداء:

- معدل ضرب الذاكرة المؤقتة مرتفع: يشير إلى أداء جيد لذاكرة التوجيه
  - مرتفع: يؤكد أن جداول التوجيه تم تكوينها بشكل صحيح OK عدد
  - عمليات بحث منخفضة أو صفر: قد تشير إلى عدم تدفق الحركة أو تجاوز التوجيه
- 

## مراقبة السعة

### eBPF سعة خريطة

في منع فشل إنشاء الجلسات بسبب استنفاد الموارد eBPF تساعد مراقبة سعة خريطة.



## الحرة eBPF خرائط

**far\_map** (قواعد إجراء التوجيه):

- السعة: 131,070 إدخال
- معرف) حجم المفتاح: 4 ب
- حجم القيمة: 16 ب (معلومات التوجيه)
- استخدام الذاكرة: ~ 2.6 ميغابايت
- الأهمية:** عالية - تستخدم لجميع قرارات توجيه الحزم

**pdr\_map\_downlin** (PDRs - IPv4):

- السعة: 131,070 إدخال
- UE عنوان) حجم المفتاح: 4 ب
- معلومات) حجم القيمة: 208 ب
- استخدام الذاكرة: ~ 27 ميغابايت
- الأهمية:** حرجة - تفشل إنشاء الجلسة إذا كانت مماثلة

**pdr\_map\_downlin\_ip6** (PDRs - IPv6):

- السعة: 131,070 إدخال
- UE عنوان) حجم المفتاح: 16 ب
- معلومات) حجم القيمة: 208 ب
- استخدام الذاكرة: ~ 29 ميغابايت
- إذا كانت مماثلة IPv6 **الأهمية:** حرجة - تفشل إنشاء جلسة

### **hdr\_map\_teid\_ip (PDRs):**

- **السعة:** 131,070 إدخال
- **حجم المفتاح:** 4 ب (TEID)
- **PDR معلومات القيمة:** 208 ب
- **استخدام الذاكرة:** ~ 27 ميجابايت
- **الأهمية:** حرجة - تفشل حركة المرور الصاعدة إذا كانت مماثلة

### **qer\_map (QoS):**

- **السعة:** 65,535 إدخال
- **QER معرف المفتاح:** 4 ب
- **QoS معلمات القيمة:** 32 ب
- **استخدام الذاكرة:** ~ 2.3 ميجابايت
- **QoS الأهمية:** متوسطة - تنفيذ

### **urr\_map:** (قواعد تقارير الاستخدام)

- **السعة:** 131,070 إدخال
- **URR معرف المفتاح:** 4 ب
- **حجم القيمة:** 16 ب (عدادات الحجم)
- **استخدام الذاكرة:** ~ 2.6 ميجابايت
- **الأهمية:** منخفضة - تؤثر على الشحن فقط

## **حدود السعة**

| الحد              | الإجراء المطلوب                                |
|-------------------|------------------------------------------------|
| 0-50% (أخضر)      | تشغيل طبيعي - لا حاجة لإجراء                   |
| 50-70% (أصفر)     | حذر - راقب اتجاهات النمو، خطط لزيادة السعة     |
| 70-90% (كهروماني) | تحذير - جدولة زيادة السعة خلال أسبوع واحد      |
| 90-100% (أحمر)    | حرجة - إجراء فوري مطلوب، ستفشل الجلسات الجديدة |

## **إجراءات زيادة السعة**

**:قبل زيادة السعة**

1. مراجعة اتجاهات الاستخدام الحالية.
2. تقدير معدل النمو المستقبلي.

حساب السعة المطلوبة . 3.

### خطوات زيادة سعة الخريطة:

1. إيقاف خدمة OmniUPF
2. بأحجام الخرائط الجديدة UPF تحديث ملف تكوين
3. إعادة تشغيل خدمة OmniUPF
4. التحقق من السعة الجديدة في عرض السعة
5. مراقبة إنشاء الجلسات بنجاح

وبؤدي إلى مسح جميع الجلسات UPF إعادة تشغيل eBPF **ملاحظة**: يتطلب تغيير سعة خريطة الحالية.

---

## مقاييس الأداء

Prometheus التي يكشف عنها OmniUPF، للحصول على معلومات تفصيلية حول جميع مقاييس انظر [مراجع المقاييس](#).

### معدل معالجة الحزم

#### الحساب:

$$\text{معدل الحزم} = \frac{\text{(فرق الزمن بالثواني)}}{\text{(فرق عدد الحزم)}} \text{ (pps)}$$

#### مثال:

- الأولية: 7,000 RX الحزم
- بعد 10 ثوانٍ: 17,000
- $1,000 = 10 / (7,000 - 17,000)$  pps

#### أهداف الأداء:

- **UPF صغير**: 100,000 - 10,000 pps
- **UPF متوسط**: 1,000,000 - 100,000 pps
- **UPF كبير**: 10,000,000 - 1,000,000 pps

## مؤشرات الاحتناق:

- زيادة عدد الملفقة في XDP
  - ارتفاع استخدام وحدة المعالجة المركزية
  - زيادة سقوط الحزم
  - زيادة الكمون
- 

## حساب الإنتاجية

### الحساب:

فرق الزمن بالثواني ×) / (فرق عدد البايت × 8) = (Mbps) الإنتاجية  
1,000,000)

### مثال:

- الأولية: 500 ميجابايت RX البايت
- بعد 60 ثانية: 800 ميجابايت
- الإنتاجية = (300 ميجابايت × 8) / (1,000,000 × 60) = 40 Mbps

### تخطيط السعة:

- مراقبة أوقات الذروة للإنتاجية (مثل ساعات المساء)
  - N3/N6 سرعات واجهة مقارنة بسرعة الرابط
  - للإنتاجية القصوى لتوفير مساحة إضافية × التخطيط لزيادة السعة بمقدار 2
- 

## معدل السقوط

### حساب:

(%) معدل السقوط = (RX الحزم الساقطة / إجمالي الحزم) × 100

### الحدود المقبولة:

- ممتاز (فقدان الحزم الطبيعي بسبب الأخطاء) :  $< 0.1\%$
- جيد (مشكلات طفيفة أو تحديد معدل) :  $0.1\% - 1\%$
- (أو مشكلات السعة QoS تحقيق) ضعيف :  $1\% - 5\%$
- حرجة (مشكلة كبيرة في التوجيه أو السعة) :  $> 5\%$

### **أسباب السقوط الشائعة:**

- تم تجاوزه MBR (MBR تحديد معدل)
  - eBPF فشل بحث خريطة
  - غير صالحة UE أو عناوين TEIDs
  - أخطاء في التوجيه
- 

## **التنبيهات والحدود**

### **التنبيهات الموصى بها**

#### **التنبيهات الحرجة (تطلب استجابة فورية):**

- سعه خريطة eBPF  $> 90\%$
- عدد الملاحة في XDP  $> 0$
- معدل السقوط  $> 5\%$
- UPF فشل فحص صحة

#### **تنبيهات التحذير (استجابة خلال ساعة واحدة):**

- سعه خريطة eBPF  $> 70\%$
- معدل السقوط  $> 1\%$
- معدل الحزم يقترب من سعة الرابط
- المخزن المؤقت (حزم أقدم من 30 ثانية) TTL تجاوز

#### **تنبيهات معلوماتية (راقب الاتجاهات):**

- سعه خريطة eBPF  $> 50\%$
- زيادة عدد الحزم المخزنة
- جديدة PFCP إنشاء/إلغاء ارتباطات

- URR تجاوز حدود حجم

## تكوين التنبهات

:يمكن تكوين التنبهات عبر

1. تصدير المقاييس للمراقبة الخارجية (انظر [مراجع المقاييس Prometheus](#): مقاييس للقائمة الكاملة)
  2. لأنماط الأخطاء OmniUPF مراقبة السجلات: تحليل سجلات
  3. استعلام REST API /map\_info ، /packet\_stats استعلام
  4. مراقبة واجهة الويب: المراقبة اليدوية عبر صفحات الإحصائيات والسعه
- 

## تخطيط السعة

### تقدير سعة الجلسة

:حساب الحد الأقصى للجلسات

```
الحد الأقصى للجلسات = min(
 النازلة + الصاعدة لكل جلسة PDR / 2, # PDRs
 النازلة + الصاعدة لكل جلسة FAR / 2, # FARs
 واحد لكل جلسة QER # اختياري
)
```

مثال:

- PDR: 131,070 سعة خريطة
- FAR: 131,070 سعة خريطة
- QER: 65,535 سعة خريطة

جلسة  $= \min(131,070 / 2, 131,070 / 2, 65,535) = 65,535$

## سعة الذكر؟ ذكرة

eBPF حساب إجمالي ذاكرة خريطة:

$$\text{سعة الخريطة} \times (\text{حجم المفتاح} + \text{حجم القيمة}) \Sigma = \text{الذاكرة}$$

**مثال على التكوين:**

- ب = 83.3 ميجابايت PDR:  $3 \times 131,070 \times 212$
- ب = 2.6 ميجابايت FAR:  $131,070 \times 20$
- ب = 2.3 ميجابايت QER:  $65,535 \times 36$
- ب = 2.6 ميجابايت URR:  $131,070 \times 20$
- **الإجمالي:** ~ 91 ميجابايت من ذاكرة النواة

**اعتبارات ذاكرة النواة:**

- (1 - **ulimit**) التأكد من وجود حد كافٍ للذاكرة المقفلة
- الاستخدام المقدر لهامش الأمان  $\times$  حجز 2
- مراقبة توفر ذاكرة النواة

## سعة الحركة

**حساب سعة الإنتاجية المطلوبة:**

**تقدير متوسط إنتاجية الجلسة.** 1.

- بث الفيديو: ~ 5 Mbps
- تصفح الويب: ~ 1 Mbps
- VoIP: ~ 0.1 Mbps

**حساب الإنتاجية الإجمالية.** 2.

$$\text{إجمالي الإنتاجية} = \text{الجلسات} \times \text{متوسط إنتاجية الجلسة}$$

**إضافة مساحة إضافية.** 3.

$$\text{السعة المطلوبة} = \text{إجمالي الإنتاجية} \times 2 \# 100 \% \text{ مساحة إضافية}$$

**مثال:**

- جلسة متزامنة 10,000
- لكل جلسة Mbps متوسط 2
- الإجمالي: 20 جيجابت في الثانية
- (واجهات N3 + N6) السعة المطلوبة: 40 جيجابت في الثانية

## تخطيط النمو

**:تحليل الاتجاهات**

1. تسجيل عدد الجلسات القصوى اليومية.
2. حساب معدل النمو الأسبوعي.
3. تقدير السعة إلى الحد الأقصى.

**:صيغة معدل النمو**

$$\text{أسابيع إلى السعة} = \frac{\text{(السعة - الاستخدام الحالي)}}{\text{(معدل النمو الأسبوعي)}}$$

**:مثال**

- الجلسات الحالية: 30,000
- السعة: 65,535 جلسة
- معدل النمو الأسبوعي: 2,000 جلسة
- أسابيع إلى السعة:  $(30,000 - 65,535) / 2,000 = 17.8 \text{ أسبوع}$

**الإجراء:** التخطيط لترقية السعة خلال 12 أسبوعاً (مما يترك 5 أسابيع كاحتياطي).

## استكشاف مشكلات الأداء

### معدل سقوط الحزم المرتفع

**الأعراض:** معدل السقوط  $> 1\%$ , شكاوى المستخدمين من ضعف الاتصال

**:التخمين**

- تحقق من الإحصائيات → إحصائيات الحزم .
- تحديد ما إذا كانت السقوط خاصة بالبروتوكول .
- للسقوط مقابل الملغاة XDP مراجعة إحصائيات .

#### الأسباب الشائعة:

- مقابل حركة المرور الفعلية MBR لـ QER تحقق من قيم **QER**: تحديد معدل
- gNB الصاعدة تتطابق مع تعين TEID PDR **غير صالحة**: تتحقق من أن **TEIDs**
- UE النازلة لعنوان PDR **غير معروفة**: تتحقق من وجود **UE عناوين**
- تجاوز المخزن المؤقت**: تتحقق من إحصائيات المخزن المؤقت

#### الحل:

- إذا كان هناك تحديد معدل لـ MBR زيادة .
- الصحيحة PDRs قد أنشأ SMF تتحقق من أن .
- مسح المخازن المؤقتة إذا تم الكشف عن تجاوز .

---

## أخطاء XDP معالجة

الملغاة < 0: الأعراض

#### التشخيص:

- XDP الانتقال إلى الإحصائيات → إحصائيات
- تحقق من عدد الملغاة .
- eBPF لأخطاء OmniUPF مراجعة سجلات .

#### الأسباب الشائعة:

- eBPF فشل التتحقق من برنامج .
- عدم توافق إصدار النواة .
- eBPF أخطاء الوصول إلى خريطة .
- تلف في الذاكرة .

#### الحل:

- OmniUPF إعادة تشغيل خدمة .

- تحقق من أن إصدار النواة يلبي الحد الأدنى من المتطلبات (Linux 5.4+)
  - مراجعة سجلات برنامج eBPF
  - الاتصال بالدعم إذا استمرت المشكلة
- 

## استنفاد السعة

**الأعراض:** فشل إنشاء الجلسات، سعة الخريطة عند 100%

### التشخيص:

1. الانتقال إلى صفحة السعة.
2. تحديد أي خريطة عند 100%.
3. تتحقق مما إذا كانت الجلسات عالقة (لا يتم حذفها).

### التحفيض الفوري:

1. تحديد الجلسات القديمة (تحقق من صفحة الجلسات).
2. لحذف الجلسات القديمة SMF طلب.
3. مسح المخازن المؤقتة لتحرير إدخالات FAR

### الحل على المدى الطويل:

1. زيادة سعة خريطة eBPF
  2. مع خرائط أكبر UPF جدولة إعادة تشغيل.
  3. تنفيذ سياسات تنظيف الجلسات.
- 

## تدهور الأداء

**الأعراض:** ارتفاع الكمون، انخفاض الإنتاجية، تشبع وحدة المعالجة المركزية

### التشخيص:

1. تتحقق من معدل الحزم مقابل الخط الأساسي التاريخي.
2. لتأخيرات المعالجة XDP مراجعة إحصائيات.
3. UPF مراقبة استخدام وحدة المعالجة المركزية على مضيف.
4. N3/N6 تتحقق من استخدام واجهة

## الأسباب الشائعة:

- حركة المرور تتجاوز سعة UPF
- عدم كفاية نوى وحدة المعالجة المركزية لمعالجة الحزم
- اختناق واجهة الشبكة
- eBPF تصدامات تجزئة خريطة

## الحل:

- أفقياً (إضافة المزيد من المثيلات) UPF توسيع
  - (توزيع جانب الاستقبال) RSS ترقية وحدة المعالجة المركزية أو تمكين
  - ترقية واجهات الشبكة إلى سرعة أعلى
  - eBPF ضبط وظيفة تجزئة خريطة
- 

## الوثائق ذات الصلة

- مرجع  **Prometheus مقاييس** - مرجع كامل لمقاييس Prometheus
- UPF الهندسة العامة وعمليات - **Dليل عمليات UPF**
- PDR, FAR, QER, URR - **Dليل إدارة القواعد** - تكوين
- دليل عمليات واجهة الويب - ميزات مراقبة لوحة التحكم
- دليل استكشاف الأخطاء - المشكلات الشائعة والتشخيصات
- وتحسين الأداء eBPF دليل الهندسة المعمارية - مسار بيانات

# تشغيل N9 Loopback على SGWU و PGWU نفس المثيل

## نظرة عامة

PGWU و (بوابة الخدمة لمستوى المستخدم) SGWU تشغيل كل من OmniUPF يدعم بدون تأخير. وضع N9 على نفس المثيل مع حلقة (لمستوى المستخدم PDN بوابة) النشر هذا مثالاً لـ:

- واحد بدلاً من اثنين UPF مبسط - مثيل EPC Gنشر 4
- تحسين التكاليف - تقليل التعقيد في البنية التحتية والعمليات
- الحوسبة الطرفية - تقليل التأخير في سيناريوهات الانفصال المحلي
- كامل على خادم واحد EPC بيئات المختبر/الاختبار - مستوى مستخدم

باتشاف حركة المرور OmniUPF يقوم ، N9 و N3 لكل من واجهتي IP عند تكوينه بنفس عنوان دون إرسال حزم إلى eBPF تلقائياً ويعالجها تماماً في SGWU و PGWU المتداقة بين أدوار واجهة الشبكة.

## كيف يعمل

### النشر التقليدي (مثيلان)



:تدفق الحزم

1. eNodeB → SGWU: S1-U على (GTP TEID=100) تصل حزمة
2. SGWU: GTP جديد في الاتجاه الصاعد، وتغلف في نفق PDR تطابق (GTP TEID=200)
3. PGWU: إلى مثيل N9 تُرسل الحزمة عبر الشبكة الفعلية.

4. PGWU: تفك التغليف، وتعيد توجيهها إلى الإنترن特 ، GTP (TEID=200) تستقبل
  5. قفرة شبكة 1 الإجمالي: 2 تمريرات
- 

## (مثيل واحد) N9 نشر حلقة



### N9: تدفق الحزم مع حلقة

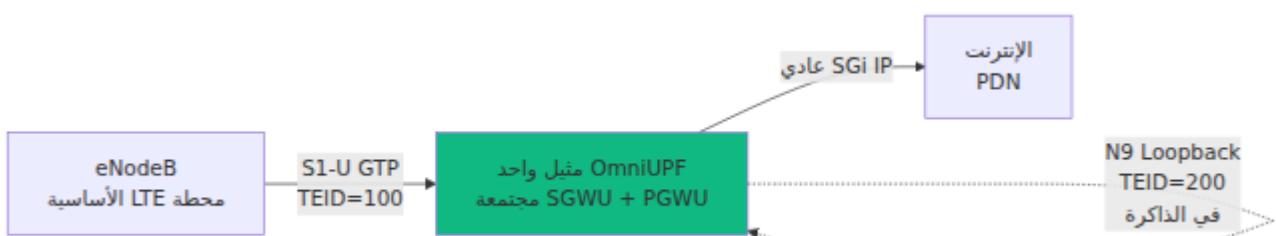
1. eNodeB على S1-U GTP (TEID=100) تصل حزمة GTP دور → SGWU: دور
2. في الاتجاه الصاعد PDR تطابق SGWU: دور
3. المحلي (10.0.1.10) IP الوجهة = عنوان IP كشف الحلقة: عنوان
4. المعالجة في المكان: تحديث GTP TEID 200 (PGWU) جلسة
5. تفك التغليف، تعيد توجيهها إلى الإنترنط: PGWU دور
6. صفر قفرات شبكة، XDP الإجمالي: 1 تمريرة

**فائدة الأداء:** توجيه داخلي دون ميكروثانية مقابل ملي ثانية لجولة الشبكة

---

## تفاصيل معالجة الحزم

### eNodeB → SGWU → PGWU → الإنترنط: تدفق الاتجاه الصاعد

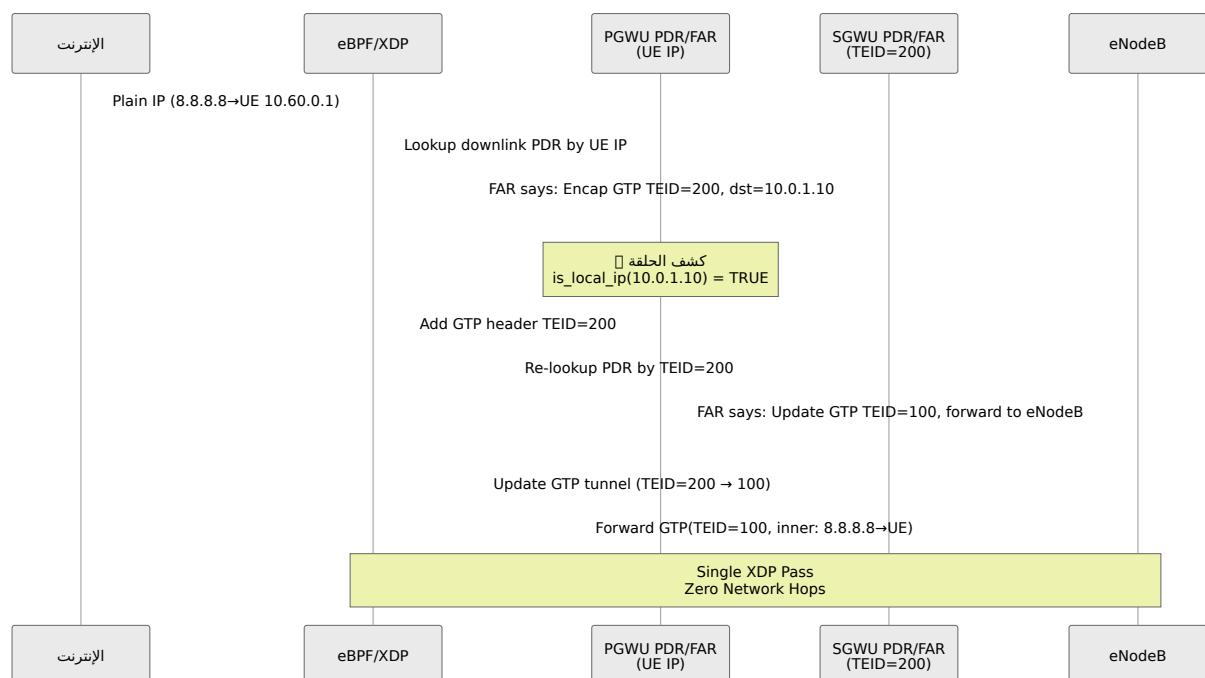


مسار الكود: cmd/ebpf/xdp/n3n6\_entrypoint.c lines 349-403

## الخطوات الرئيسية:

1. استلام GTP من eNodeB مع TEID=100 حزمة.
  2. في الاتجاه الصاعد لجلسة PDR البحث عن **PDR مطابقة** SGWU (TEID=100).
  3. إعادة توجيه إلى FAR في GTP مع TEID=200، 10.0.1.10 تغليف في إجراء.
  4. **تحقق من الحلقة**: `is_local_ip(10.0.1.10)` تُرجع TRUE.
  5. من 100 إلى 200 (في ذاكرة النواة) **تحديث TEID**: `ctx->gtp->teid`.
  6. إعادة المعالجة PDR لـ TEID=200 جلسة PGWU.
  7. إعادة توجيه إلى الإنترن特، GTP إزالة رأس FAR إجراء.
  8. عادية إلى واجهة IP توجيه: إرسال حزمة N6.
- 

**→ تدفق الاتجاه النازل: PGWU → SGWU → eNodeB**



**مسار الكود:** cmd/ebpf/xdp/n3n6\_entrypoint.c lines 137-194 (IPv4), 265-322 (IPv6)

## الخطوات الرئيسية:

1. UE عادية من الإنترن特 موجهة إلى IP 10.60.0.1 استلام: حزمة.
2. في الاتجاه النازل بواسطة PDR البحث عن **PDR مطابقة** PGWU (IP UE).
3. إعادة توجيه إلى FAR في GTP مع TEID=200، 10.0.1.10 تغليف في إجراء.

4. **تحقق من الحلقة**: `is_local_ip(10.0.1.10)` ترجع TRUE
  5. **TGTP: إضافة TEID=200**
  6. **PDR إعادة المعالجة: البحث عن جلسة SGWU TEID=200**
  7. **FAR: إجراء FAR إلى eNodeB TEID=100**
  8. **GTP توجيه: إرسال حزمة S1-U (eNodeB)**
- 

## التكوين

### المتطلبات

#### الطبقة التحكمية:

- **SGWU-C:** على سبيل المثال، OmniUPF الخاصة بـ PFCP يجب أن تتصل بواجهة `192.168.1.10:8805`
- **PGWU-C:** OmniUPF الخاصة بـ PFCP يجب أن تتصل بنفس واجهة PGWU-C

#### الشبكة:

- **N9 و N3 واحد لكل من واجهتي IP عنوان**
  - **إذا كانت تعمل على نفس المضيف، SGWU-C و PGWU-C مختلفه لـ IP عناوين**  
(استخدم منافذ مختلفة)
- 

## OmniUPF تكوين

#### config.yml:

```

واجهات الشبكة
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: native # S1-U و N9 واجهة واحدة لـ # لأفضل أداء استخدم native

واجهة PFCP
pfcp_address: ":8805" # الاستماع على جميع الواجهات، المنفذ #
8805 pfcp_node_id: "192.168.1.10" # PFCP معرف عقدة لـ OmniUPF

واجهات مستوى المستخدم
n3_address: "10.0.1.10" # لواجهة IP عنوان S1-U/N3
n9_address: "10.0.1.10" # نفس عنوان) لواجهة IP عنوان N9
N3) # نفس عنوان N3

واجهات API
api_address: ":8080" # REST API واجهة #
metrics_address: ":9090" # انظر وثيقة Prometheus مقاييس
(مرجع المقاييس

تجمعات الموارد
ueip_pool: "10.60.0.0/16" # IP لـ UE تجمع عنوان #
teid_pool: 65535 # TEID تجمع تخصيص

السعة
max_sessions: 100000 # المتزامنة UE الحد الأقصى لجلسات #

```

## التكوين الرئيسي:

- `n3_address` و `n9_address` يجب أن تكون متطابقة لتمكين الحلقة
- واحد للاستماع لكل من الطبقات التحكمية PFCP عنوان `ueip_pool`
- المدمج SGWU + PGWU لتحميل `max_sessions` عدد كافٍ من `teid_pool`

## تكوين الطبقة التحكمية

### تكوين SGWU-C

```

الخاصة بـ PFCP الإشارة إلى واجهة OmniUPF
upf_pfcp_address: "192.168.1.10:8805"

الخاص بـ S1-U نفس عنوان) n3_address OmniUPF)
sgwu_s1u_address: "10.0.1.10"

لإعادة التوجيه إلى N9نفس عنوان) PGWU
sgwu_n9_address: "10.0.1.10"

```

## PGWU-C تكوين

```

الخاصة بـ PFCP الإشارة إلى نفس واجهة OmniUPF
upf_pfcp_address: "192.168.1.10:8805"

تستقبل من) N9 واجهة SGWU
pgwu_n9_address: "10.0.1.10"

للاتصال بالإنترنت SGI اجهزة
pgwu_sgi_address: "192.168.100.1"

```

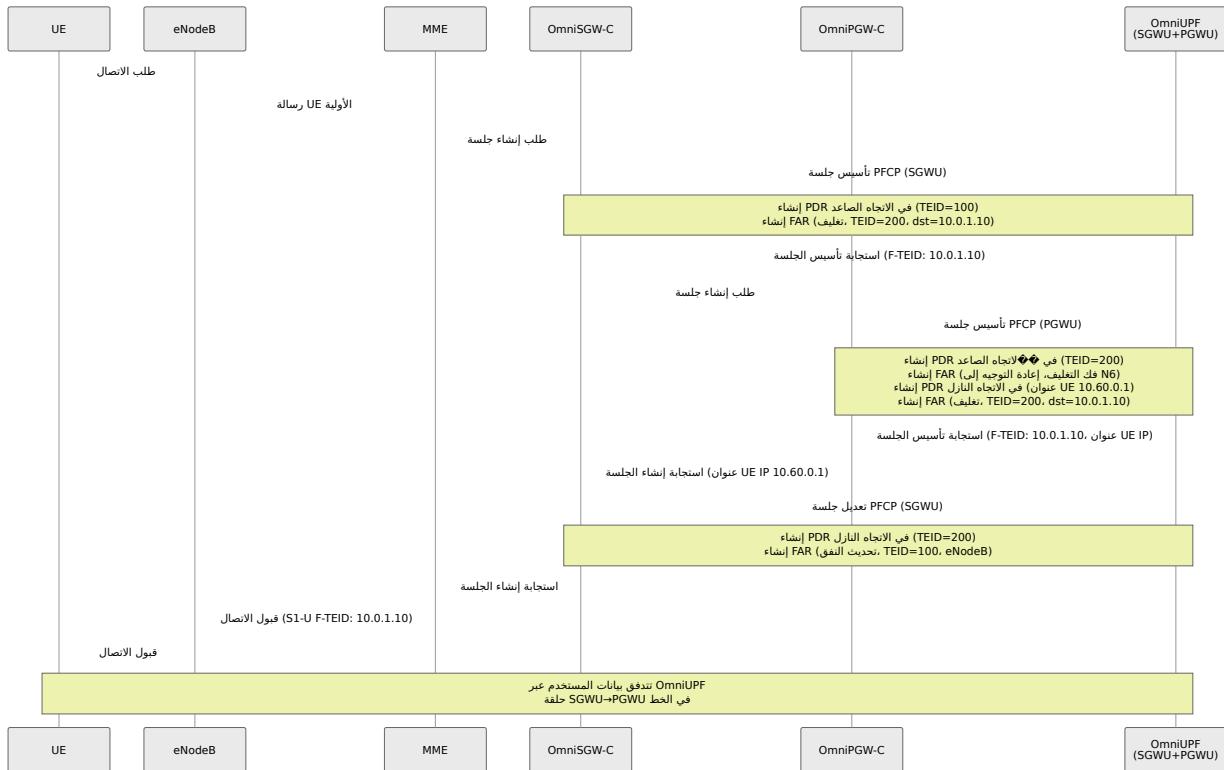
**مهم:**

- نفسيها (8805: PFCP تتصل كلاً الطبقتين التحكمتين بـ نقطة نهاية
- PFCP منفصلة لـ SGWU-C و PGWU-C بإنشاء جمعيات OmniUPF يقوم
- يتم عزل الجلسات لكل طبقة تحكم (تتبع بواسطة معرف العقدة)

## مثال على تدفق الجلسة

### PDU وتأسيس جلسة UE اتصال

بالشبكة، ويؤسس جلسة بيانات UE السيناريوج: يتصل



## التي تم إنشاؤها PFCP جلسات:

### جلسه من (OmniSGW-C):

- PDR في الاتجاه الصاعد: مطابقة TEID=100 من eNodeB** → FAR: مطابقة TEID=200, dst=10.0.1.10
- PDR في الاتجاه النازل: مطابقة TEID=200 من PGWU** → FAR: مطابقة TEID=100, eNodeB

### جلسه من (OmniPGW-C):

- PDR في الاتجاه الصاعد: مطابقة TEID=200 من SGWU** → FAR: فك التغليف، إعادة التوجيه إلى الإنترن트
- PDR في الاتجاه النازل: مطابقة عنوان UE=10.60.0.1** → FAR: تغليف: TEID=200, dst=10.0.1.10

# المراقبة والتحقق

## نشطة N9 تحقق من أن حلقة

XDP: تحقق من سجلات

```
في الوقت الحقيقي eBPF عرض مخرجات تصحيح
sudo cat /sys/kernel/debug/tracing/trace_pipe | grep loopback
```

المخرجات المتوقعة:

```
upf: [n3] session for teid:100 -> 200 remote:10.0.1.10
upf: [n9-loopback] self-forwarding detected, processing inline
TEID:200
upf: [n9-loopback] decapsulated, routing to N6

upf: [n6] use mapping 10.60.0.1 -> teid:200
upf: [n6-loopback] downlink self-forwarding detected, processing
inline TEID:200
upf: [n6-loopback] SGWU updating GTP tunnel to eNodeB TEID:100
upf: [n6-loopback] forwarding to eNodeB
```

## مراقبة الجلسات عبر واجهة REST API

PFCP: قائمة جمبيات

```
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_pipeline | jq
```

المخرجات المتوقعة:

```
{
 "associations": [
 {
 "node_id": "sgwc.example.com",
 "address": "192.168.1.20:8805",
 "sessions": 1000
 },
 {
 "node_id": "pgwc.example.com",
 "address": "192.168.1.21:8805",
 "sessions": 1000
 }
],
 "total_sessions": 2000
}
```

**تحقق من وجود جماعتين منفصلتين واحدة لـ SGWU-C، واحدة لـ PGWU-C)**

---

### **قائمة الجلسات النشطة:**

```
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq '.sessions[] | {local_seid, ue_ip, uplink_teid}'
```

### **المخرجات المتوقعة:**

```
{
 "local_seid": 12345,
 "ue_ip": "10.60.0.1",
 "uplink_teid": 100
}
{
 "local_seid": 67890,
 "ue_ip": "10.60.0.1",
 "uplink_teid": 200
}
```

### **جلسستان UE لكل:**

- واجهة S1-U SGWU-C (TEID=100) جلسة من
  - واجهة PGWU-C (TEID=200) جلسة من N9)
- 

## مقاييس الأداء

:تحقق من إحصائيات الحزم

```
curl http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats | jq
```

:المقاييس الرئيسية

- `xdp_processed` إجمالي الحزم المعالجة في eBPF
- `xdp_pass` الحزم التي تم تمريرها إلى مكدس الشبكة (يجب أن تكون صفرًا لحركة مرور الحلقة)
- `xdp_redirect` XDP الحزم المعاد توجيهها عبر إعادة توجيه
- `xdp_tx` الحزم المرسلة (تستخدم حركة مرور الحلقة هذا)

N9: لحركة مرور حلقة

- بالحد الأدنى (فقط حركة المرور غير الحلقة)
- يجب أن يكون `xdp_pass` حسابات توجيه الحلقة
  - أو `xdp_tx` تعدد `xdp_redirect`
- 

## استكشاف الأخطاء وإصلاحها

### تذهب إلى الشبكة بدلاً من الحلقة N9 حركة مرور

العرض: الحزم تُرسل إلى واجهة الشبكة، تأخير مرتفع

:السبب الجذري `n3_address ≠ n9_address`

:الحل

```

خاطئ:
n3_address: "10.0.1.10"
n9_address: "10.0.1.20" # IP مختلفة، لا حلقة واحدة!

صحيح:
n3_address: "10.0.1.10"
n9_address: "10.0.1.10" # يمكن الحلقة، نفس IP

```

## التحقق:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/dataplane_config | jq
```

يجب أن يظهر:

```
{
 "n3_ipv4_address": "10.0.1.10",
 "n9_ipv4_address": "10.0.1.10"
}
```

## غير موجود بعد الحلقة PDR

**العرض:** [n9-loopback] no PDR for destination TEID

أو عدم تطابق PGWU السبب الجذري: لم يتم إنشاء جلسة TEID

## التشخيص:

1. تحقق من جلسات PFCP:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq
'.sessions[] | select(.uplink_teid == 200)'
```

2. تتحقق من تكوين FAR:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/far_map | jq '.[] | select(.teid == 200)'
```

لإعادة التوجيه SGWU-C متطابق يستخدمه TEID تنشئ جلسة مع PGWU-C الحل: تأكد من أن N9

## مرتفع CPU استخدام

أعلى من المتوقع CPU العرض: استخدام

يعالج الحزم عدة مرات أو عمليات بحث خريطة مفرطة eBPF السبب الجذري: برنامج

التشخيص:

```
تحقق من أنماط الوصول إلى خريطة eBPF
sudo bpftool map dump name pdr_map_teid_ip4 | wc -l
sudo bpftool map dump name far_map | wc -l
```

الحل:

- إذا كانت الخريطة مماثلة (تسبب فشل البحث) max\_sessions زيادة
- لا يسبب فقدان وإعادة إرسال QER تتحقق من أن تحديد معدل
- تحقق من وجود تخزين مفرط للحزم

## فقدان الحزم أثناء الانتقال

العرض: الحزم تُفقد أثناء انتقال eNodeB

السبب الجذري: عدم تكوين التخزين المؤقت أو حدود التخزين المؤقت غير كافية

التكوين:

```

buffer_port: 22152
buffer_max_packets: 20000 زيادة للشبكات ذات الحركة العالية #
buffer_max_total: 100000
buffer_packet_ttl: 30 ضبط بناءً على وقت الانتقال #

```

## التحقق:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_buffer_info | jq
```

# N9 فوائد حلقة

## الأداء

| المقياس        | مثيلان                          | حلقة) مثيل واحد<br>N9)      | التحسين        |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------|
| التأخير        | ملي ثانية 1-5                   | ميكروثانية < 1              | أسرع 1000 مرة  |
| السعه          | محدودة بالشبكة                  | محدودة بالمعالج/<br>الذاكرة | أعلى 2-3 مرات  |
| استخدام<br>CPU | مكدس + XDP × 2 تمريرات × الشبكة | 1× XDP تمريرة               | تقليل -40 50%  |
| فقدان<br>الحزم | خطر أثناء ارددام الشبكة         | صفر (في الذاكرة)            | تم القضاء عليه |

## العمليات

- واحد بدلاً من اثنين OmniUPF نشر مبسط: مثيل IP
- تقليل البنية التحتية: نصف الخوادم، منافذ الشبكة، عناوين
- تقليل التعقيد: تكوين واحد، نقطة مراقبة واحد

- **توفير التكاليف:** تقليل الأجهزة، الطاقة، التبريد، الصيانة
- **eBPF تسهيل استكشاف الأخطاء:** تتبع حزمة واحدة، مخرجات تصحيح

## حالات الاستخدام

:مثالي لـ

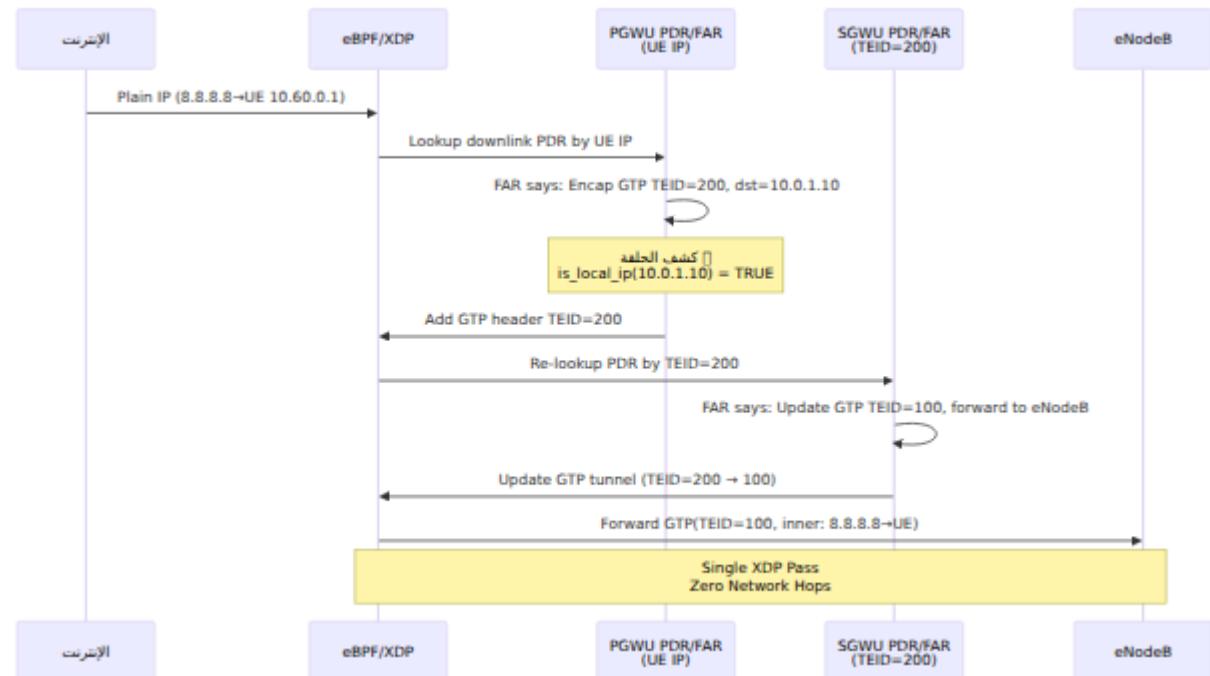
- **الحوسبة الطرفية:** تقليل التأخير للانفصال المحلي
- مشترك K نشر صغير/متوسط: > 100
- واحد VM كامل على EPC مختبر/اختبار: مستوى مستخدم
- **مقيد بالتكاليف:** ميزانية أجهزة محدودة

:غير موصى به لـ

- في مراكز بيانات مختلفة PGWU و SGWU: **الاسترداد الجغرافي**
  - مشتركين (فك في التوسيع الأفقي) M **مقاييس ضخم**: > 1
  - SGW و PGW **متطلبات تنظيمية**: الفصل الإلزامي بين
-

# المقارنة مع أوضاع النشر الأخرى

## مقابل مثيلات مفصولة (N9 حلقة) مثيل واحد



## الملخص

تمكن حلقة N9 من الدرجة التجارية على مثيل EPC مستوى 4 مستخدم eBPF بالكامل في SGWU→PGWU واحد من خلال معالجة حركة مرور دون قفزات شبكة. وهذا يوفر:

- تأخير دون ميكروثانية لإعادة التوجيه بين البوابات
- بنسبة 50-40% مقارنة بالمثيلات المفصولة CPU تقليل
- عمليات مبسطة - مثيل واحد، تكوين، مراقبة
- تكلفة أقل - نصف البنية التحتية
- القياسية GTP-U و GTP-PFCP بروتوكولات - IGPP مترافق مع معايير 3

لا حاجة إلى علامات أو إعدادات خاصة. التكوين تلقائي عند ظروف الحلقة ويعالج الحزم في الخط OmniUPF الخاص به. eBPF يكتشف مسارات بيانات.

لمزيد من المعلومات:

- **التكوين**: CONFIGURATION.md
- **الهندسة المعمارية**: ARCHITECTURE.md
- **مراجع المقاييس**: METRICS.md
- **المراقبة**: MONITORING.md
- **العمليات**: OPERATIONS.md
- **استكشاف الأخطاء**: TROUBLESHOOTING.md

# PFCP مرجع رموز أسباب

## نظرة عامة

رموز الأسباب في رسائل الاستجابة للإشارة إلى (بروتوكول التحكم في نقل الحزم) PFCP يستخدم ومتى تحدث أثناء معالجة OmniUPF نتيجة الطلبات. تصف هذه الوثيقة رموز الأسباب المنفذة في رسائل PFCP.

PFCP وُتُعاد في رسائل استجابة **GPP TS 129.244** تتوافق جميع رموز الأسباب مع مواصفات 3 للإشارة إلى النجاح أو الفشل أو ظروف الخطأ المحددة.

## مراقبة رموز الأسباب

PFCP تتضمن كل استجابة Prometheus. باستخدام مقاييس PFCP نتائج رسائل OmniUPF يتبع رمز سبب يتم تسجيله في:

```
upf_pfcp_rx_errors{message_name="...", cause_code="...", peer_address="..."}
```

:يسمح ذلك بمراقبة

- **معدلات النجاح** لكل نوع رسالة وعقدة في مستوى التحكم
- **أنماط الأخطاء** التي تشير إلى تكوينات خاطئة أو مشكلات بروتوكول
- **صحة الارتباط** بناءً على معدلات الرفض

انظر [مرجع المقاييس](#) للحصول على وثائق كاملة حول مقاييس PFCP.

# فئات رموز الأسباب

## رموز النجاح

| الرمز | الاسم                  | متى تحدث                                                                                               |
|-------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | <b>RequestAccepted</b> | تم معالجة الطلب بنجاح. جميع عناصر المعلومات الإلزامية موجودة وصحيحة. تم إنشاء/تعديل/حذف القواعد بنجاح. |

# رموز أخطاء العميل

| الرمز | الاسم                                  | متى تحدث                                                                                                                                           |
|-------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 64    | <b>RequestRejected</b>                 | رفض عام لأخطاء غير محددة.<br>يُستخدم عندما لا ينطبق رمز سبب محدد.                                                                                  |
| 65    | <b>SessionContextNotFound</b>          | تم طلب تعديل أو حذف جلسة غير معروفة. الجلسة JSEID المحددة غير موجودة على هذا UPF.                                                                  |
| 66    | <b>MandatoryIEMissing</b>              | عنصر المعلومات المطلوب غائب.<br>مفقود في إعداد أمثلة: NodeID ، الارتباط F-SEID ، RecoveryTimeStamp مفقود.                                          |
| 67    | <b>ConditionalIEMissing</b>            | عنصر المعلومات المطلوب بشكل شرطي مفقود بناءً على عناصر المعلومات الأخرى الموجودة.<br>يُستخدم عندما تعتمد عناصر المعلومات على وجود بعضها البعض.     |
| 69    | <b>MandatoryIEIncorrect</b>            | عنصر المعلومات المطلوب موجود ولكن يحتوي على بيانات غير غير صالح. أمثلة: تنسيق NodeID قابل للتحليل ، قيمة RecoveryTimeStamp غير صالح ، F-SEID مشوه. |
| 72    | <b>NoEstablishedPFCPAssociation</b>    | تم محاولة إجراء عملية جلسة بدون ارتباط نشط. يجب إنشاء ارتباط PFCP قبل إنشاء الجلسات.                                                               |
| 73    | <b>RuleCreationModificationFailure</b> | أو PDR خطأ في تطبيق قواعد FAR على مسار بيانات URR أو QER أو                                                                                        |

| الرمز | الاسم | متى تحدث                                                                                   |
|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |       | الأسباب المحتملة: استنفاد eBPF. معلمات قاعدة eBPF، سعة خريطة غير صالحة، فشل تخصيص الموارد. |

## رموز أخطاء الخادم/المورد

| الرمز | الاسم                         | متى تحدث                                                                                             |
|-------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 74    | <b>PFCPEntityInCongestion</b> | يعاني من حمل مرتفع أو استنفاد الموارد. UPF غير قادر مؤقتاً على معالجة الطلبات.                       |
| 75    | <b>NoResourcesAvailable</b>   | موارد غير كافية لتلبية الطلب. أمثلة: فشل تخصيص eBPF، استنفاد سعة خريطة TEID، استنفاد مجموعة الذاكرة. |
| 77    | <b>SystemFailure</b>          | خطأ داخلي حرج يمنع معالجة الطلب. أمثلة: خطأ في واجهة النواة، eBPF، فشل برنامج تلف قاعدة البيانات.    |

## رموز الميزات غير المدعومة

| الرمز | الاسم                               | متى تحدث                                                                     |
|-------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 68    | <b>InvalidLength</b>                | لا يتطابق مع الطول IE حقل طول الفعلي للبيانات. غير مستخدم حالياً في OmniUPF. |
| 70    | <b>InvalidForwardingPolicy</b>      | سياسة التوجيه غير مدعومة من قبل UPF. غير مستخدم حالياً في OmniUPF.           |
| 71    | <b>InvalidFTEIDAllocationOption</b> | غير مدعوم. غير F-TEID خيار تخصيص مستخدم حالياً في OmniUPF.                   |
| 76    | <b>ServiceNotSupported</b>          | الخدمة أو الميزة المطلوبة غير مُمنوعة. غير مستخدم حالياً في OmniUPF.         |
| 78    | <b>RedirectionRequested</b>         | يطلب إعادة التوجيه إلى مثيل UPF آخر. غير مستخدم حالياً في UPF في OmniUPF.    |

## السيناريوهات والأسباب الشائعة

### فشل إعداد الارتباط

مفقود NodeID: السيناريو؟ و

SMF → UPF: طلب إعداد الارتباط: NodeID ( بدون )  
UPF → SMF: استجابة إعداد الارتباط: MandatoryIEMissing ( )

في جميع طلبات إعداد الارتباط NodeID يتضمن عنصر SMF الحل: تأكد من أن

غير صالح NodeID السينario: تنسيق

SMF → UPF: طلب إعداد الارتباط (غير صالح "NodeID=") (السبب: MandatoryIEIncorrect)  
UPF → SMF: استجابة إعداد الارتباط

الحل: يجب أن يكون IPv4/IPv6 عنوان FQDN عنوان NodeID صالح.

### السينario: طابع زمني للاسترداد مفقود

SMF → UPF: طلب إعداد الارتباط ( بدون RecoveryTimeStamp )  
UPF → SMF: استجابة إعداد الارتباط (السبب: MandatoryIEMissing)

الحل: تضمين RecoveryTimeStamp في طلب إعداد الارتباط.

### فشل إنشاء الجلسة

#### السينario: لا يوجد ارتباط تم إنشاؤه

SMF → UPF: طلب إنشاء جلسة  
UPF → SMF: استجابة إنشاء الجلسة (السبب: NoEstablishedPFCPAssociation)

الحل: قبل إنشاء الجلسات PFCP.

#### السينario: فشل إنشاء القاعدة

SMF → UPF: طلب إنشاء جلسة  
UPF → SMF: استجابة إنشاء الجلسة (السبب: RuleCreationModificationFailure)  
بنجاح URRs و QERs و FARs يعالج eBPF (متلئنة خريطة PDR) يفشل في إنشاء

الحل:

- انظر [مراقبة السعة](#) eBPF تحقق من سعة خريطة
- زيادة أحجام الخرائط في تكوين UPF
- تقليل عدد الجلسات النشطة

## **مفقود F-SEID: السيناريو**

SMF → UPF: طلب إنشاء جلسة CP F-SEID)  
UPF → SMF: استجابة إنشاء الجلسة: MandatoryIEMissing)

في طلب إنشاء الجلسة CP F-SEID **الحل:** تضمين

## **فشل تعديل الجلسة**

### **غير معروف SEID: السيناريو**

SMF → UPF: طلب تعديل الجلسة SEID=12345)  
UPF → SMF: SEID 12345 ليس لديه جلسة مع  
UPF → SMF: استجابة تعديل الجلسة: SessionContextNotFound)

**الحل:**

- يتطابق مع القيمة من استجابة إنشاء الجلسة SEID تحقق من أن
- تتحقق مما إذا كانت الجلسة قد تم حذفها بالفعل
- N9 سيناريوهات حلقة) الصحيح UPF تأكيد من استخدام مثيل

## **فشل حذف الجلسة**

### **غير معروف SEID: السيناريو**

SMF → UPF: طلب حذف الجلسة SEID=67890)  
UPF → SMF: SEID 67890 ليس لديه جلسة مع  
UPF → SMF: استجابة حذف الجلسة: SessionContextNotFound)

قد تم حذفه بالفعل أو لم يكن موجوداً أبداً **الحل:** قد يكون

# استكشاف الأخطاء باستخدام رموز الأسباب

## استخدام Prometheus مقاييس

لتحديد أنماط الأخطاء استعلام Prometheus:

```
معدل الخطأ حسب رمز السبب
rate(upf_pfcp_rx_errors{cause_code!="RequestAccepted"}[5m])
```

```
الأسباب الرئيسية للرفض
topk(5, sum by (cause_code) (upf_pfcp_rx_errors))
```

```
الأخطاء حسب نظير SMF
sum by (peer_address, cause_code)
(upf_pfcp_rx_errors{cause_code!="RequestAccepted"})
```

```
فشل إنشاء الجلسات
upf_pfcp_rx_errors{message_name="SessionEstablishmentRequest",
cause_code!="RequestAccepted"}
```

## استخدام واجهة الويب

انتقل إلى صفحة **الجلسات** لعرض:

- عدد الجلسات النشطة لكل عقدة في مستوى التحكم
- معدلات نجاح/فشل إنشاء الجلسات
- الأخطاء الأخيرة في الجلسات

انتقل إلى صفحة **السعفة** لتشخيص:

- (سبب الجذر لفشل إنشاء القاعدة) eBPF استخدام خريطة
- مؤشرات استنفاد الموارد

انظر [دليل واجهة الويب](#) للحصول على تعليمات مراقبة مفصلة.

# خطوات تصحيح الأخطاء الشائعة

## معدل مرتفع من MandatoryIMissing:

- لعناصر المعلومات المطلوبة SMF تحقق من تكوين.
- PFCP تتحقق من توافق إصدار مكتبة.
- لأخطاء بناء عنصر المعلومات SMF راجع سجلات.

## فشل متكرر في RuleCreationModificationFailure:

- eBPF: تتحقق من سعة خريطة.
- راقب استخدام الخريطة: `upf_ebpf_map_used / upf_ebpf_map_capacity`
- زيادة أحجام الخرائط في التكوين إذا كانت  $> 70\%$  مستخدمة.
- انظر [تخطيط السعة](#).

## أخطاء NoEstablishedPFCPAssociation:

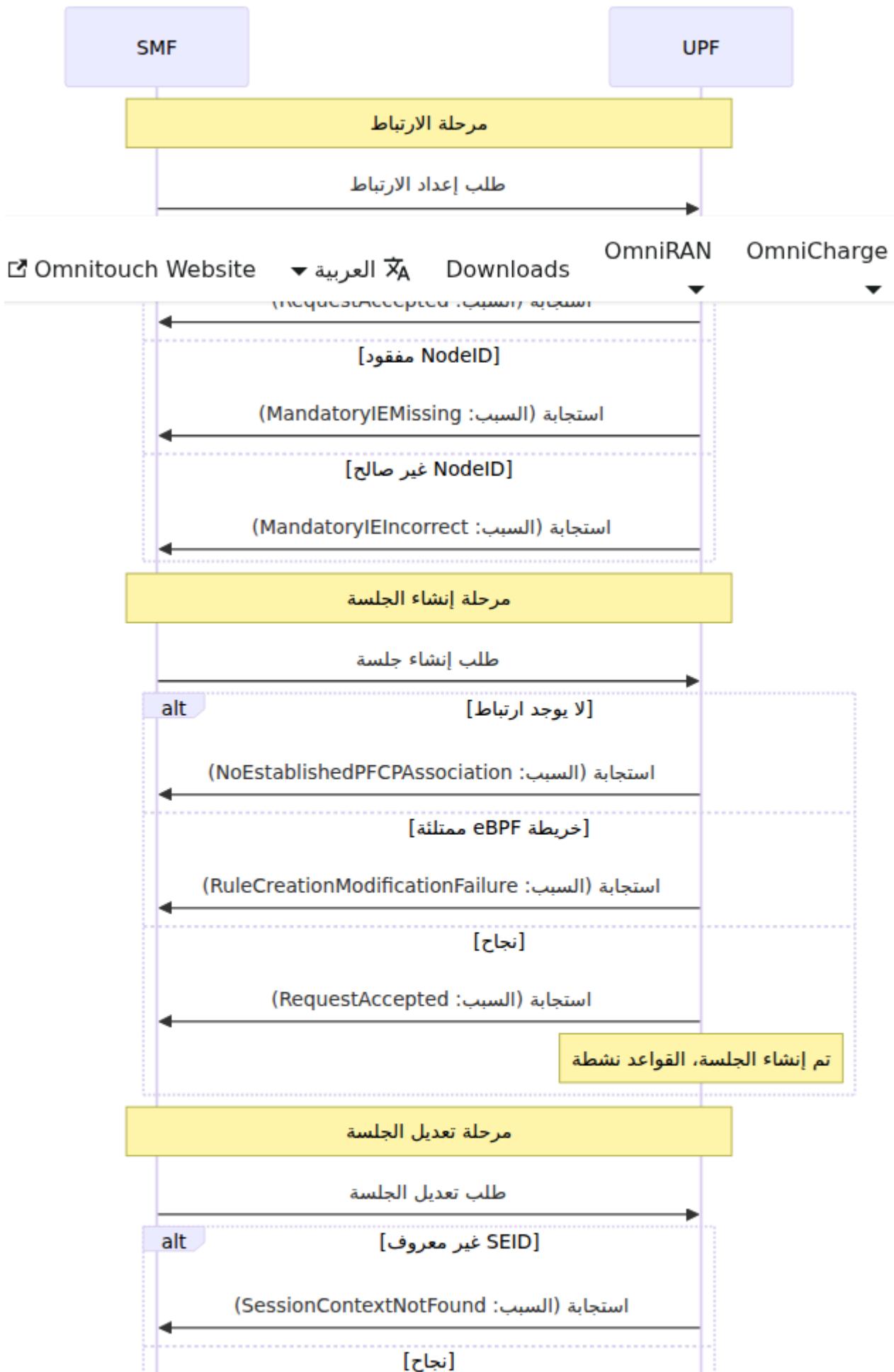
- :تحقق من وجود الارتباط.
- تحقق من تكوين مهلة نبض القلب.
- راجع سجلات إعداد الارتباط.
- يمكنهما الوصول إلى بعضهما البعض UPF و SMF تأكيد من أن.

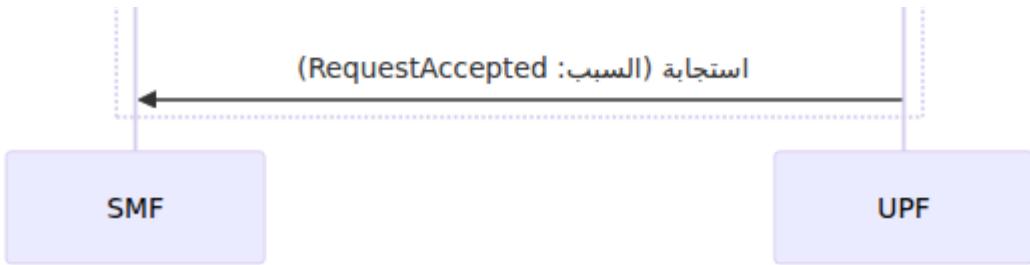
## عند التعديل: SessionContextNotFound

- من استجابة إنشاء الجلسة SEID تتحقق من.
- تحقق مما إذا كانت الجلسة قد حذفت.
- الصحيحة UPF تأكيد من استخدام نقطة نهاية N9 بالنسبة لحلقة.
- :استعلام عن الجلسات النشطة.

# **تأثير رمز السبب على العمليات**

## **دورة حياة الجلسة**





## المقاييس والتتبیه

التتبیهات الموصى بها:

```

حرج : معدل رفض مرتفع
- alert: PfcpHighRejectionRate
 expr: |
 rate(upf_pfcp_rx_errors{cause_code!="RequestAccepted"}[5m]) > 0.1
 annotations:
 summary: "PFCP معدل رفض مرتفع: {{ $value }}/s"

تحذير: مشكلات السعة
- alert: PfcpRuleCreationFailures
 expr: |
 rate(upf_pfcp_rx_errors{cause_code="RuleCreationModificationFailure"}[5m]) > 0
 annotations:
 summary: "تم الكشف عن فشل إنشاء قواعد PFCP"

تحذير: مشكلات الارتباط
- alert: PfcpNoAssociation
 expr: |
 rate(upf_pfcp_rx_errors{cause_code="NoEstablishedPFCPAssociation"}[5m]) > 0
 annotations:
 summary: "بدون ارتباط PFCP تمت محاولة جلسات"

```

## 3GPP الامثال لمعايير 3

رموز الأسباب وفقاً لـ OmniUPF تنفذ:

- 3GPP TS 129.244 v16.4.0 مواصفة - PFPCP

- السبب E القسم 8.2.1 - تعريف
- القسم 8.19 - جدول قيم السبب

## الوثائق ذات الصلة

- ومعالجة الرسائل PFCP هندسة - **PFCP تكامل بروتوكول**
- مرجع المقايس upf\_pfcp\_rx\_errors - وثائق مقاييس
- **دليل المراقبة** - مراقبة السعة والتنبيه
- والجلسة PFCP **دليل استكشاف الأخطاء** - مشكلات ارتباط
- **دليل واجهة الويب** - مراقبة الجلسات والارتباطات

# ادارة مسارات UE

المستندات ذات الصلة:

- كامل بما في ذلك نقاط نهاية إدارة المسارات API مرجع - [API توثيق](#)
- دليل العمليات - عمليات واجهة الويب والمراقبة

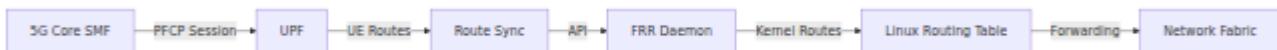
## نظرة عامة

معداتات IP لإدارة مسارات (**التوجيه الحر**) FRR مع (وظيفة مستوى المستخدم UPF) يتكامل يتكيف بنية التوجيه، UE ديناميكياً. يضمن هذا التكامل أنه مع إنشاء أو إنهاء جلسات (UE) المستخدم تلقائياً لتعكس الطوبولوجيا الحالية للشبكة.

## ما هو FRR؟

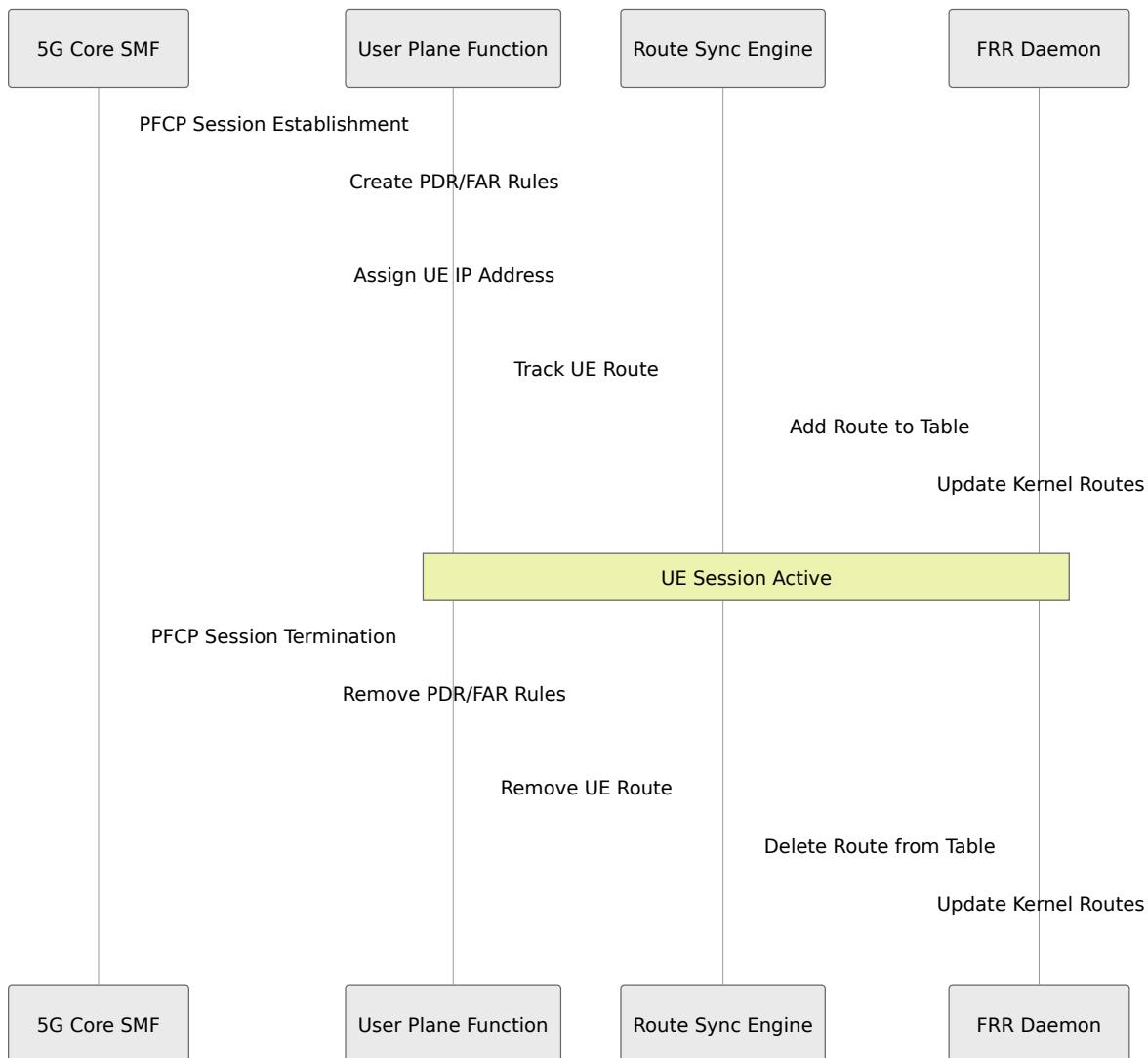
FRR هو مجموعة بروتوكولات توجيه قوية ومفتوحة المصدر لنظم (**التوجيه الحر**) FRR Linux. وغيرها. في نشرنا، يعمل RIP وOSPF وBGP يقوم بتنفيذ بروتوكولات توجيه مختلفة بما في ذلك خادم توجيه يحافظ على جدول توجيه النواة ويمكنه إعادة توزيع المسارات إلى عناصر الشبكة الأخرى.

## المعمارية



# كيفية عمل مزامنة المسارات

## دورة حياة المسار



## المزامنة التلقائية

النشطة لمعدات المستخدم. عند التمكين، يقوم IP على سجل داخلي لجميع عناوين UPF يحافظ نظام مزامنة المسارات بـ:

- المرتبطة بها IP النشطة وعنوانين PFCP تتبع جميع جلسات: **UE مراقبة جلسات**.
- الحفاظ على قائمة المسارات: الاحتفاظ بقائمة محدثة من المسارات التي يجب أن تكون في جدول التوجيه
- عبر واجهته البرمجية FRR دفع تحديثات المسار تلقائياً إلى خادم: **FRR المزامنة مع**

4. **التعامل مع الفشل**: تتبع حالة المزامنة (مزامنة/فشل) لكل مسار وإعادة المحاولة حسب الحاجة

## إعداد FRR

### التكوين

لإنشاء معلمات التوجيه الأساسية. تقوم بتعريف **Ansible** وتكوينه باستخدام **قوالب FRR** يتم نشر Ansible الخاص بك، وتقوم Ansible في كتاب لعب **Jinja2** مرة واحدة ك **قالب FRR** تكوين الخاصة بك أثناء النشر UPF تلقائياً بنشره إلى جميع مثيلات.

المودجي FRR **Jinja2** يتضمن قالب تكوين:

```
frr version 7.2.1
frr defaults traditional
hostname pgw02
log syslog informational
service integrated-vtysh-config
!
ip route {{ hostvars[inventory_hostname]['ansible_default_ipv4']
['gateway'] }}/32 {{ ansible_default_ipv4['interface'] }}
!
interface {{ ansible_default_ipv4['interface'] }}
 ip address ospf router-id {{hostvars[inventory_hostname]
['ansible_host']}}
 ip ospf authentication null
!
router ospf
 ospf router-id {{hostvars[inventory_hostname]['ansible_host']}}
 redistribute kernel
 network {{ hostvars[inventory_hostname]['ansible_default_ipv4']
['network'] }}/{{ mask_cidr }} area 0
 area 0 authentication message-digest
!
line vty
!
end
```

نموذج النشر:

- على) الخاص بك Ansible في دور Ninja2 FRR **تعريف مرة واحدة**: إنشاء قالب roles/frr/templates/frr.conf.j2 ، سيل المثال
  - الخاص بك لكل مضيف Ansible **تكوين المعلمات**: تعيين المتغيرات في جرد UPF إلى جميع عقد FRR لنشر تكوين Ansible نشر في كل مكان: تشغيل كتاب لعب UPF
  - IP، عناوين) المتغيرات المحددة لكل مضيف Ansible **تخصيص تلقائي**: تستخدم
  - لكل FRR لـ **تخصيص تكوين** (معرفات الموجة، إلخ UPF

**jinja2: المعلمات القابلة للتخصيص في قالب**

- معرف الموجه، تكوين المنطقة، طرق المصادقة، إعلانات الشبكة: **OSPF**: معلومات
  - علاقات الجيران، سياسات المسار، المجتمعات، ASN: **BGP**: تكوين
  - على سبيل المثال) **إعادة توزيع المسار**: أي مسارات نواة يجب إعادة توزيعها  
`redistribute kernel`)
  - **تصفيية المسار**: خرائط المسار، قوائم البادئات، قوائم الوصول
  - **إعدادات الواجهة**: معلومات واجهة OSPF/BGP

دynamically UPF عنوان UPF يضيف الأساسي إلى كل مثيل FRR بمجرد نشر تكوين UPF تكامل PFCP لمعدات المستخدم كـ **32 مسارات مضيف** إلى جدول توجيه النواة بناءً على جلسات IP النشطة. ثم يتم:

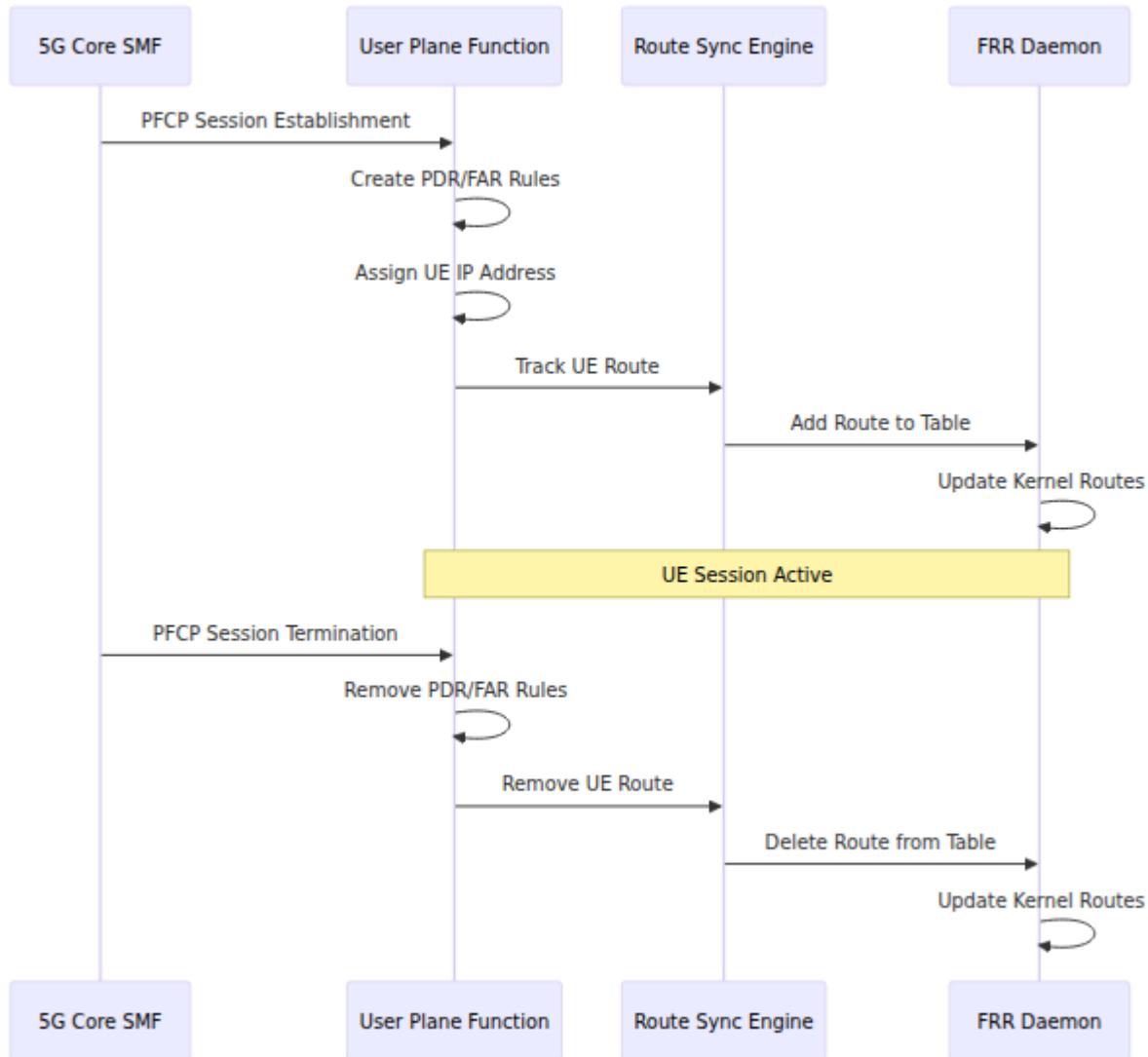
- 1 UPF تثبيتها في جدول توجيه النواة بواسطة محرك مزامنة مسار.
  - 2 عبر توجيه FRR التقاطها بواسطة redistribute kernel
  - 3 الخاص بك FRR وفقاً لتكوين (OSPF, BGP) الإعلان عنها لبروتوكولات التوجيه.
  - 4 UPF إلى هذه المثلث من UE نشرها إلى الشبكة بحيث يمكن توجيه حركة مرور.

## النقط الرئيسيّة:

- مرة واحدة في FRR Jinja2 حدد مرة واحدة، انشر في كل مكان: تعريف قالب UPF ويتم نشره تلقائياً إلى جميع مثيلات Ansible
  - بإعداد جميع معلمات Jinja2 مع الت المتغير الثابت: يقوم قالب Ansible بتعامل (المصادقة، سياسات المسار، إلخ، BGP، جiran، OSPF مناطق) بروتوكول التوجيه
  - ديناميكياً فقط UPF مع المسارات الديناميكية: يدير كل مثيل UPF بتعامل النشطة PFCP بناءً على جلسات UE IP /32 مسارات
  - تلقائياً بإعادة توزيع UPF على كل الإعلان التلقائي عن المسار: يقوم المسارات المحلية لمعدات المستخدم وفقاً لسياساتك المكونة

- وإعادة تشغيل كتاب اللعب لتغيير تكوين Ansible الإدارة المركزية: تحديث قالب في وقت واحد UPFs التوجيه عبر جميع

## الإعلان عن المسار



## المراقبة والإدارة

### تكامل واجهة الوب

صفحة **المسارات** التي تعرض UPF يوفر لوحة التحكم:

- **حالة المسار:** ما إذا كانت مزامنة المسار مفعولة أو معطلة
- **لمعذات المستخدم** التي يتم تتبعها IP **إجمالي المسارات:** عدد عناوين

- إحصائيات المزامنة: عدد المسارات التي تمت مزامنتها بنجاح وأي فشل
- لمعدات المستخدم IP **المسارات النشطة**: قائمة في الوقت الحقيقي لجميع عناوين الموجودة حالياً في جدول التوجيه
- مع تفاصيل الجيران OSPF حالة حية للجوار: **OSPF** جيران
- وإحصائيات البادئات (عند التكوين) BGP حالة جلسة: **BGP** أقران
- الخارجية يظهر كيف يتم LSAs عرض كامل لـ **OSPF** المسارات المعاد توزيعها
- UE الإعلان عن مسارات

وجيران بروتوكولات التوجيه، وإعلانات UE توفر صفحة **المسارات رؤية شاملة لمزامنة مسارات**، **المسارات المعاد توزيعها**.

## عملية المزامنة اليدوية

يمكن للمسؤولين تشغيل مزامنة المسار اليدوية من خلال واجهة الويب باستخدام زر **مزامنة المسارات**. تعمل هذه العملية على:

1. UPF النشطة من UE إعادة قراءة القائمة الحالية لجلسات FRR
2. مقارنة مع جدول توجيه

3. إضافة أي مسارات مفقودة.
4. إزالة أي مسارات قديمة.
5. إرجاع إحصائيات المزامنة المحدثة.

# تدفق المسار

UE Connects

PFCP Session Created

PDR/FAR Rules Installed

UE IP Tracked in Route  
List

Route Sync Enabled?

Yes

No

Push Route to FRR

Route Tracked Only

Route Active in Network

UE Traffic Flows



## الفوائد

- توفير بدون لمس:** يتم إدارة المسارات تلقائياً دون تدخل يدوي
- وتغيرات UE التكيف الديناميكي:** يتكيف توجيه الشبكة في الوقت الحقيقي مع تنقل الجلسة
- قابلية التوسيع:** يدعم آلاف المسارات المتزامنة لمعدات المستخدم
- المرونة:** يتم تتبع عمليات المزامن الفاشلة ويمكن إعادة المحاولة
- الرؤبة:** رؤبة كاملة لحالة المسار من خلال واجهة الويب

## التفاصيل الفنية

### API نقاط نهاية

نقاط نهاية إدارة المسارات التالية UPF يقدم:

- المتعلقة دون مزامنة UE قائمة بجميع مسارات -** GET /api/v1/routes

- POST /api/v1/routes-sync مزامنة المسارات مع - وإرجاع القائمة المحدثة FRR
- GET /api/v1/route-stats الحصول على إحصائيات التوجيه التفصيلية -
- GET /api/v1/routing-sessions الحصول على جلسات بروتوكول التوجيه - (أقران OSPF، BGP، جيران)
- GET /api/v1/ospf/database-external الحصول على قاعدة بيانات - (المسارات المعاد توزيعها) AS-External LSA

إدارة المسارات للحصول على تفاصيل كاملة عن نقاط النهاية - API انظر أيضًا: توسيع والأمثلة

## تنسيق المسار

بسطة (على سبيل المثال، 100.64.18.5). يتعامل خادم IP لخزن المسارات وتدار كعناوين التوجيه مع تفاصيل إدخال المسار الكامل بما في ذلك:

- بادئة الوجهة/القناع
- البوابة/الخطوة التالية
- ربط الواجهة
- المقاييس والمسافة الإدارية

## FRR من التحقق

### الخارجية OSPF LSA قاعدة بيانات

من خلال فحص OSPF يتم إعادة توزيعها بشكل صحيح في UE يمكنك التتحقق من أن مسارات الخارجية (النوع 5) المسارات التي ظهرت LSAs الخاصة بـ OSPF FRR قاعدة بيانات حالة الرابط من مصادر خارجية OSPF تم حقنها في.

الذي **100.64.18.5/32** UE الخارجية بما في ذلك مسار **LSAs** ظهر **FRR** لـ **OSPF** قاعدة بيانات **(نوع الخارجي 2)** **E2** يتم الإعلان عنه كمسار.

في المثال أعلاه، يمكنك أن ترى:

- **LSA الشبكة (10.98.0.20):** إعلان الشبكة الخاص بـ UPF
- **LSA الموجه (192.168.1.1):** إعلان موجه OSPF
- **LSAs الخارجية:** بما في ذلك مسار **100.64.18.5** UE مع OSPF المعاد توزيعه في **(نوع الخارجي 2)** **E2** نوع المقياس

يؤكد هذا التحقق أن:

1. لمعدات المستخدم IP يتبع بنجاح عنوان UPF
2. دفع محرك مزامنة المسار المسار إلى FRR
3. توزيع المسار في OSPF أعاد FRR
4. إعلانات المسار OSPF يتلقى جيران.

# دليل إدارة القواعد

## جدول المحتويات

- نظرة عامة.
- قواعد اكتشاف الحزم (PDR).
- قواعد إجراءات التوجيه (FAR).
- قواعد تنفيذ جودة الخدمة (QER).
- قواعد تقارير الاستخدام (URR).
- علاقات القواعد.
- العمليات الشائعة.
- استكشاف الأخطاء وإصلاحها.

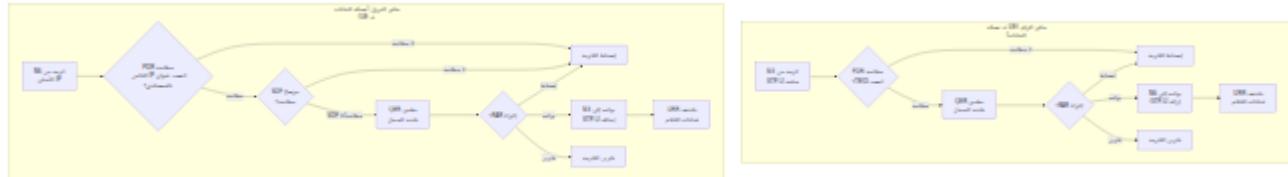
## نظرة عامة

مجموعة من القواعد المترابطة لتصنيف وتوجيه وتشكيل وتتبع حركة مرور OmniUPF تستخدم eBPF وتخزينها في خرائط PFCP عبر SMF مستوى المستخدم. يتم تثبيت هذه القواعد بواسطة UPF لمعالجة الحزم عالية الأداء. فهم هذه القواعد وعلاقتها أمر حيوي لتشغيل واستكشاف الأخطاء في UPF.

# أنواع القواعد

| نوع القاعدة                            | الغرض                               | الحقل الرئيسي                    | المثبت بواسطة              |
|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| <b>PDR</b> (قاعدة اكتشاف الحزم)        | تصنيف الحزم إلى تدفقات              | TEID أو عنوان IP الخاص بالمستخدم | عبر إنشاء/ تعديل جلسة PFCP |
| <b>FAR</b> (قاعدة إجراء التوجيه)       | تحديد إجراء التوجيه                 | FAR ID                           | عبر إنشاء/ تعديل جلسة PFCP |
| <b>QER</b> (قاعدة تنفيذ) (جودة الخدمة) | تطبيق حدود النطاق الترددية والتوصيم | QER ID                           | عبر إنشاء/ تعديل جلسة PFCP |
| <b>URR</b> (قاعدة تقارير) (الاستخدام)  | تبني أحجام البيانات للفوترة         | URR ID                           | عبر إنشاء/ تعديل جلسة PFCP |

## تدفق معالجة القواعد



## (PDR) قواعد اكتشاف الحزم

### الغرض

الحزم الـ تاردة إلى تدفقات حركة المرور. إنها نقطة الدخول لجميع معالجة الحزم PDRs في UPF.

# PDR هيكل

PDR النزول

الخاص IP المفتاح: عنوان  
بالمستخدم  
IPv4 أو IPv6

FAR ID  
QER ID  
URR IDs  
وضع SDF  
مرشحات SDF

PDR الرفع

المفتاح TEID  
عدد صحيح 32 بت

FAR ID  
QER ID  
URR IDs  
إزالة الرأس الخارجي

# PDRs الرفع

من N3 الرفع الحزم التي تصل إلى واجهة PDRs تطابق RAN.

(معرف نقطة النفق) TEID: **الحقل الرئيسي**

- عدد صحيح غير موقع 32 بت
- gNB ويتم الإشارة إليه إلى SMF يتم تعينه بواسطة فريد لكل تدفق حركة مرور المستخدم

:**حقول القيمة**

- **FAR ID:** مرجع لقاعدة إجراء التوجيه
- **QER ID:** مرجع لقاعدة تنفيذ جودة الخدمة (اختياري)
- **URR IDs:** قائمة بقواعد تقارير الاستخدام (اختياري)
- **إزالة الرأس الخارجي:** علامة لإزالة التليف GTP-U

:**عملية البحث**

1. استخراج TEID من رأس GTP-U
2. بحث تجزئة في خريطة uplink\_pdr\_map eBPF
3. إذا تم العثور على FAR ID و QER ID و URR IDs فإن المطابقة، استرجاع
4. إذا لم توجد مطابقة، إسقاط الحزمة

:**مثال**

```
TEID: 5678
FAR ID: 2
QER ID: 1
إزالة الرأس الخارجي: خطأ
وضع SDF: لا SDF: وضع
```

# PDRs النزول

من شبكة البيانات N6 النزول الحزم التي تصل إلى واجهة PDRs تطابق.

الخاص بالمستخدم IP **الحقل الرئيسي**: عنوان

- بit (128) IPv6 أو عنوان بit (32) IPv4 عنوان
- أثناء إنشاء جلسة SMF يتم تعبيئه بواسطة PDU
- فريد لكل مستخدم

**حقول القيمة:**

- **FAR ID:** مرجع لقاعدة إجراء التوجيه
- **QER ID:** مرجع لقاعدة تنفيذ جودة الخدمة (اختياري)
- **URR IDs:** قائمة بقواعد تقارير الاستخدام (اختياري)
- وضع مرشح تدفق البيانات الخدمة **SDF** وضع
  - لا تصفية، جميع الحركة تتطابق:
  - فقط: يتم توجيه الحركة المطابقة فقط

- افتراضي SDF + قواعد محددة، وتستخدم الحركة المطابقة FAR الافتراضي الحركة الأخرى
- IP المنافذ، البروتوكولات، نطاقات) مرشحات محددة للتطبيق: **SDF** مرشحات

### عملية البحث:

- الوجهة من رأس الحزمة IP استخراج عنوان.
- أو (IPv4) أو (IPv6) بحث تجزئة في `downlink_pdr_map` (`downlink_pdr_map_ip6`)
- (إذا تم توقيتها) SDF إذا تم العثور على مطابقة، تحقق من مرشحات
- استرجاع FAR ID و QER ID و URR IDs
- إذا لم توجد مطابقة، إسقاط الحزمة.

### مثال:

الخاص بالمستخدم: IP 10.45.0.1 عنوان  
 FAR ID: 1  
 QER ID: 1  
 إزالة الرأس الخارجي: خطأ  
 وضع SDF: لا

## (تدفق البيانات الخدمة) SDF مرشحات

PDR تصنيف حركة المرور المحددة للتطبيق داخل SDF توفر مرشحات.

### حالات الاستخدام:

- عن تصفح الويب YouTube تمييز حركة مرور
- مقابل البيانات ذات الجهد الأفضل VoIP تطبيق جودة خدمة مختلفة على
- توجيه تطبيقات محددة عبر مسارات شبكة مختلفة

### معايير التصفيية:

- البروتوكول:** TCP, UDP, ICMP
- لـ HTTPS مثل 443 (نطاق المنفذ: المنفذ الوجهة)
- الشبكات الوجهة المحددة: IP نطاق عنوان
- وصف التدفق:** قوالب التدفق المحددة من 3 GPP

### مثال على تكوين SDF:

PDR ID: 10

الخاص بالمستخدم: IP 10.45.0.1 عنوان

فقط SDF وضع

مرشحات SDF:

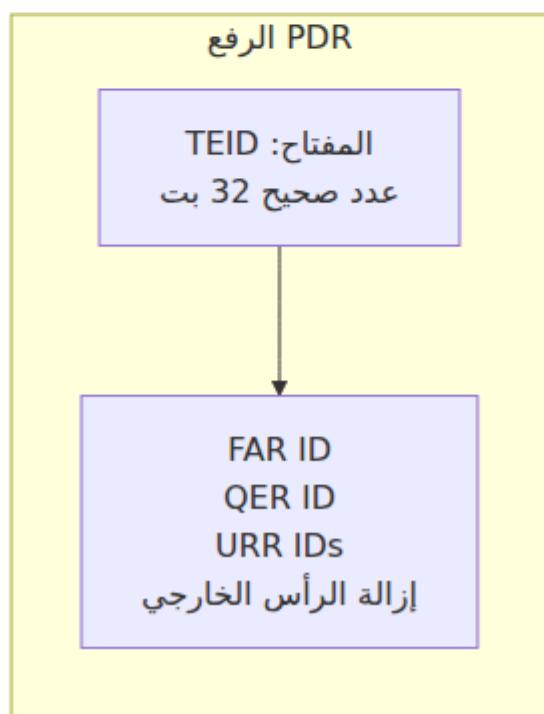
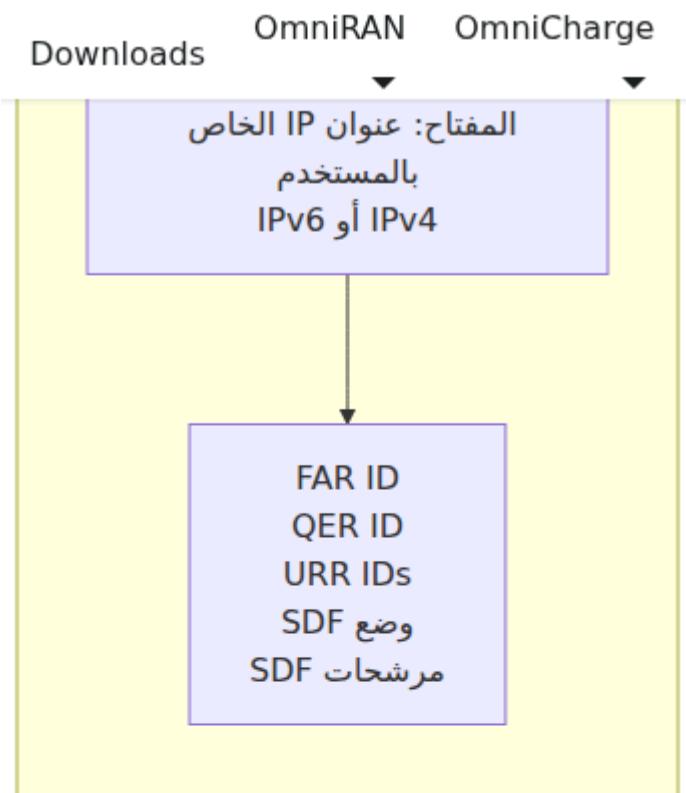
- → المنفذ: 5061-5060 FAR ID 5 (FAR VoIP) البروتوكول: UDP
- → المنفذ: 443 FAR ID 1 (FAR) البروتوكول: TCP (افتراضي)

## (FAR) قواعد إجراءات التوجيه

### الغرض

تحدد إجراءات التوجيه، ومعلمات PDRs ما يجب القيام به مع الحزم التي تتطابق مع FARS تحدد نقاط النهاية الوجهة، U-TGP تغليف.

# FAR هيكل



# أعلام الإجراء

: أعلام بقية يمكن دمجها FAR تكون إجراءات

| العلم | البت | القيمة | الوصف                         |
|-------|------|--------|-------------------------------|
| توجيه | 1    | 2      | توجيه الحزمة إلى الوجهة       |
| تخزين | 2    | 4      | تخزين الحزمة في المخزن        |
| إسقاط | 0    | 1      | التخلص من الحزمة              |
| إخطار | 3    | 8      | إرسال إشعار إلى مستوى التحكم  |
| تكرار | 4    | 16     | تكرار الحزمة إلى وجهات متعددة |

: تركيبات الإجراء الشائعة

- الإجراء : 2 (توجيه) - توجيه عادي (الأكثر شيوعاً)
- الإجراء : 6 (توجيه + تخزين) - توجيه وتخزين أثناء الانتقال
- الإجراء : 4 ( تخزين) - تخزين فقط (أثناء تبديل المسار)
- الإجراء : 1 (إسقاط) - إسقاط الحزمة (نادر، عادةً للتنفيذ السياسي)

## التحكم في التخزين

في تخزين الحزم أثناء أحداث التق**?** . يعتبر التخزين ميزة حيوية (بت 2) تتحكم علامة BUFFER في تخزين الحزم أثناء انتقالات حالة UE.

متى يتم استخدام التخزين

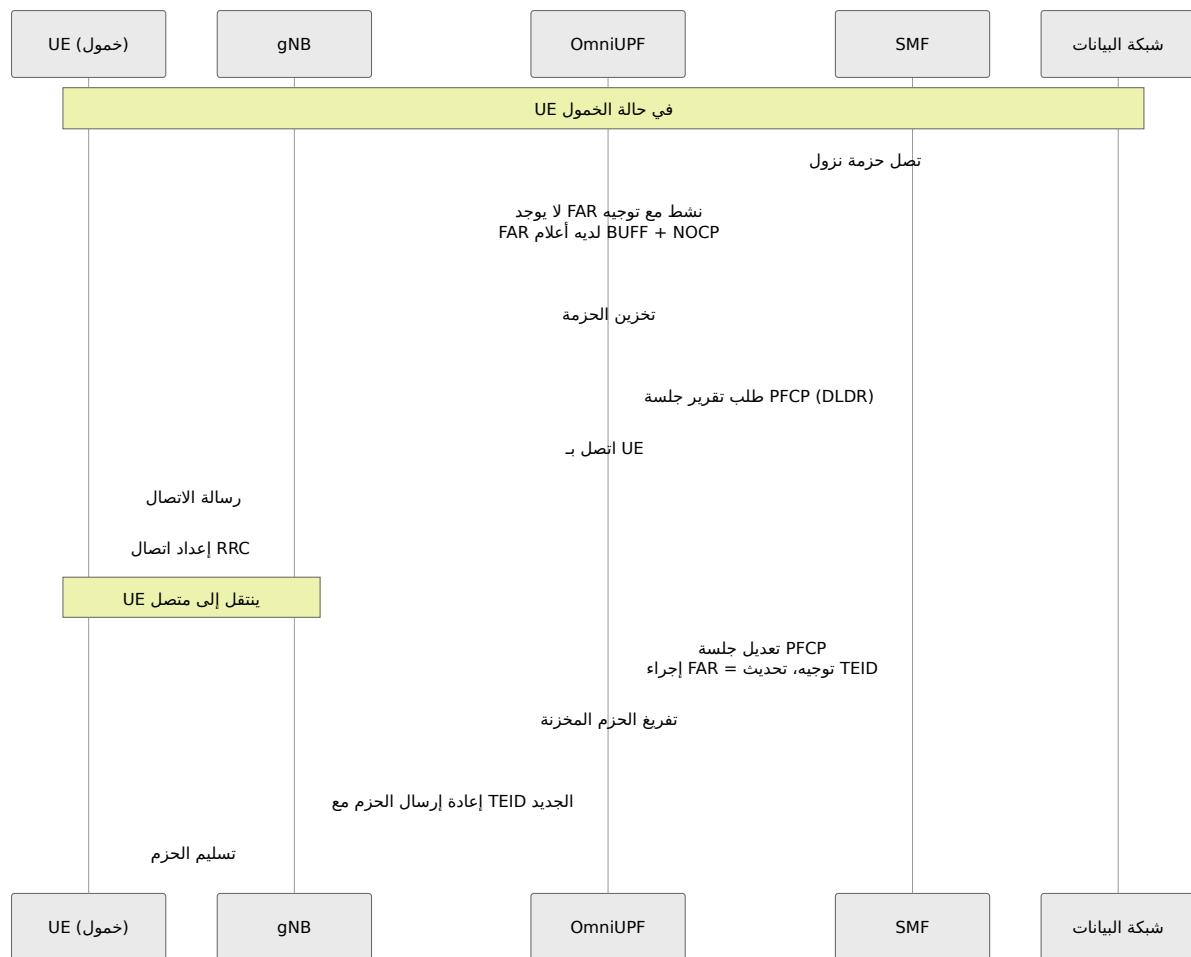
غير) في حالة الخمول UE **الانتقال من الخمول إلى الاتصال**: عندما تصل حزم النزول إلى UPF: gNB، يقوم

1. بتخزين الحزم
2. إلى (DLDR) بإرسال إشعار بيانات النزول
3. لإيقافه والاتصال UE بالاتصال بـ SMF يقوم
4. بإجراء التوجيه FAR بتحديث SMF بمجرد الاتصال، يقوم

5. UE بتفريغ الحزم المخزنة إلى UPF يقوم

**مؤقتاً بتخزين الحزم UPF يقوم gNB إلى gNB الانتقال (متصل إلى متصل):** أثناء الانتقال من لمنع فقد:

1. gNB يتم إسقاط الاتصال القديم بـ
2. إلى التخزين FAR بتعيين إجراء SMF يقوم
3. تراكم الحزم أثناء تبديل المسار
4. الجديد gNB بـ UE يتصل
5. الجديد وإجراء التوجيه TEID مع FAR بتحديث SMF يقوم
6. الجديد gNB بتفريغ الحزم إلى UPF يقوم



## سعه التخزين والحدود

### الحدود العالمية للتخزين:

- **أقصى عدد لحزم:** 100,000 (قابل للتكتوين)
- **أقصى عدد للبكسل:** بناءً على الذاكرة المتاحة

- 60 ثانية (قابل للتكوين) : (**TTL الحياة**)
- يتم إسقاطها تلقائياً: **TTL الحزم التي تتجاوز**

### **الحدود لكل FAR:**

- (قابل للتكوين) **FAR أقصى عدد للحزم لكل واحد من استنفاد سعة التخزين** **الغرض**: منع

### **سلوك تجاوز التخزين:**

- يتم إسقاط الحزم الجديدة ، FAR عند الوصول إلى الحد العالمي أو الحد لكل
- تتبع المقاييس الإسقاطات مع `reason="global_limit"` أو `reason="far_limit"`
- إسقاط صريح فقط عند انتهاء) لا يتم طرد الحزم الأقدم تلقائياً (TTL)

### **(DLDR) إشعار بيانات النزول**

إلى PFCP في حالة الخمول، يرسل طلب تقرير جلسة UE بتخزين حزمة لـ UPF عندما يقوم

### **محتويات DLDR:**

- **(DLDR) نوع التقرير**: تقرير بيانات النزول
- **FAR ID**: FAR الذي تسبب في التخزين
- **الاختياري، مؤشر سياسة الاتصال QFI**: معلومات خدمة بيانات النزول

### **إجراءات SMF على DLDR:**

1. UE عبر AMF → gNB اتصل بـ
2. بإنشاء اتصال UE انتظر حتى يقوم RRC
3. لتحديث PFCP إرسال طلب تعديل جلسة FAR
4. FAR من `BUFF+NOCP` إلى `FORW` يتغير إجراء
5. يتفرغ الحزم المخزنة UPF يقوم

### **المقاييس لـ DLDR:**

- `upf_dldr_sent_total`: المرسلة DLDRs إجمالي
- `upf_dldr_send_errors`: الفاشلة DLDRs

- `upf_buffer_notify_to_flush_duration_seconds`: زمن الانتظار من DLDR إلى التفريغ

انظر [مراجع المقاييس](#) للحصول على القائمة الكاملة.

## عمليات التخزين

تعين علامة `BUFF` تمكين التخزين:

- (تعين بت 2) `| = 0x04` إجراء FAR
- (مثال: الإجراء : 6) `| = 0x04` → `(FORW+BUFF)`
- يستخدم أثناء التحضير للانتقال

بدون `BUFF` وضع التخزين فقط:

- (تخزين فقط) `| = 0x04` إجراء FAR
- يتم تخزين الحزم ولكن لا يتم توجيهها
- الخمول (في انتظار الاتصال) UE يستخدم حالة

مسح علامة `BUFF` تعطيل التخزين:

- (مسح بت 2) `| &= ~0x04` إجراء FAR
- (مثال: الإجراء : 6) `| &= ~0x04` → `(FORW+BUFF)`
- تظل الحزم المخزنة حتى يتم تفريغها أو مسحها

## تفريغ التخزين

- **الحالية FAR** إعادة إرسال جميع الحزم المخزنة باستخدام قواعد
- وجهة محدثة/TEID يتم توجيه الحزم مع
- يتم إفراغ التخزين بعد التفريغ الناجح
- إجراء توجيه مضبوط FAR يجب أن يكون لدى

## مسح التخزين

- التخلص من جميع الحزم المخزنة دون توجيه
- استخدم عندما يفشل الانتقال أو يتم حذف الجلسة
- تتبع المقاييس مع `reason="cleared"`

## مراقبة الحزم المخزنة

**صفحة التخزين (واجهة الويب): انتقل إلى التخزين لعرض**

- إجمالي الحزم المخزنة
- إجمالي البيانات المخزنة
- مع حزم مخزنة FARs عدد
- عدد الحزم لكل FAR
- الطابع الزمني لأقدم حزمة
- تمكين/تعطيل التخزين لكل FAR
- عمليات التفريغ أو المسح

**المؤشرات الرئيسية:**

- **الحزم  $< 10$  ثوانٍ قديمة:** تأخير محتمل في الاتصال
- **الحزم  $> 30$  ثانية قديمة:** فشل محتمل في الاتصال، امسح التخزي
- **عدد الحزم العالي:** تحقق من الجلسات العالقة أو فشل الاتصال

**مقاييس Prometheus:**

- `upf_buffer_packets_current`: الحزم المخزنة الحالية
- `upf_buffer_bytes_current`: البيانات المخزنة الحالية
- `upf_buffer_fars_active`: FARs مع حزم مخزنة
- `upf_buffer_packets_dropped{reason}`: عدد الحزم المفقودة

انظر [مراجع المقاييس](#) للحصول على المقاييس الكاملة للتخزين.

**سيناريوهات التخزين الشائعة**

**في حالة الخمول UE السيناريو 1: بيانات النزول لـ**

#### الحالة الأولية:

- UE لا اتصال) في وضع الخمول gNB)
- (تخزين فقط) FAR: 0x04 إجراء

#### وصول البيانات:

1. حزمة نزول DN ترسل.
2. وتطبق UPF مع PDR، FAR تتطلب بق.
3. تم تخزين الحزمة → BUFF لديه علم FAR.
4. UPF DLDR إلى SMF ترسل.
5. UE بالاتصال بـ SMF يقوم.
6. UE بـ gNB يتصل.
7. (توجيه) FAR: 0 = 0x02 يتعدل SMF يقوم.
8. الجديد TEID بتفريغ الحزم المخزنة مع UPF تقوم.

## السيناريو 2: التحضير للانتقال

#### الحالة الأولية:

- UE متصل بـ gNB-1 (TEID 1234)
- (توجيه) FAR: 0x02 إجراء

#### عملية الانتقال:

1. (توجيه + تخزين) FAR: 0 = 0x06 يتعدل SMF يقوم.
2. وتخزينها gNB-1 يتم توجيه الحزم إلى.
3. gNB-2 إلى UE يتبدل.
4. (توجيه) FAR: TEID = 5678، 0 = 0x02 يتعدل SMF يقوم.
5. الجديد TEID مع gNB-2 gNB-2 بتفريغ الحزم المخزنة إلى UPF تقوم.
6. لا يوجد فقدان للحزم أثناء الانتقال.

## السيناريو 3: تبديل المسار

#### الحالة الأولية:

- متصل، تدفق بيانات نشط UE

#### تبديل المسار:

1. (تخزين فقط) FAR: 0 = 0x04 يتعدل SMF يقوم.
2. يتم تخزين جميع الحزم الواردة (لا يتم توجيهها).
3. بعيد الشبكة تكوين المسار.
4. وجهة جديدة ، (توجيه) FAR: 0 = 0x02 يتعدل SMF يقوم.
5. بتفریغ جميع الحزم المخزنة إلى المسار الجديد UPF تقوم.

## **إنشاء الرأس الخارجي**

يحدد ما إذا كان يجب إضافة تغليف GTP-U.

**FAR (N3 → N6):**

- إنشاء الرأس الخارجي: خطأ
- الأصلية IP توجيه حزمة ،U-GTP الإجراء: إزالة

**FAR (N6 → N3):**

- إنشاء الرأس الخارجي: صحيح
- (مثل 200.198.5.10) gNB لـ IP البعيد: عنوان IP
- UE معرف النفق لحركة مرور: TEID
- gNB توجيه إلى ،U-GTP الإجراء: إضافة رأس

## **في واجهة الوب FAR بحث**

ID: حسب FAR توفر صفحة إدارة القواعد بحث

## **الخطوات:**

1. انتقل إلى القواعد → علامة FARs في حقل البحث ID أدخل
2. انقر على "بحث" لعرض تفاصيل FAR

## **المعلومات المعروضة:**

- FAR ID
- الإجراء (رقمي + أعلام مفككة)
- حالة التخزين (تشغيل/إيقاف)
- إنشاء الرأس الخارجي
- البعيد (مع التمثيل العددي) IP عنوان
- TEID
- توسيع مستوى النقل

# **(QER) قواعد تنفيذ جودة الخدمة**

## **الغرض**

معايير جودة الخدمة على تدفقات حركة المرور، بما في ذلك حدود النطاق الترددي QERS تطبق وتوسيع الحزم.

# QER هيكل

معلومات QER

QFI

معرف تدفق جودة الخدمة

UL حالة البوابة

مفتوح/مغلق

DL حالة البوابة

مفتوح/مغلق

QER ID  
معرف فريد

الرفع MBR  
أقصى معدل بت

النزول MBR  
أقصى معدل بت

الرفع GBR  
معدل بت مضمون

النزول GBR  
معدل بت مضمون

## معايير جودة الخدمة

### QFI: (معرف تدفق جودة الخدمة)

- معرف 6 بت لتدفقات جودة الخدمة في 5 (حامل افتراضي = 9 مثل) القيم من 1-9 موحدة
- تستخدم لتوسيم الحزم في 5 GC

### حالة البوابة:

- مفتوح (0): يُسمح بحركة المرور
- مغلق (غير صفرى): يتم حظر حركة المرور

### (MBR) أقصى معدل بت:

- الحد الأقصى للنطاق الترددى المسموح به لتدفق الحركة
- محدد بالـ kbps
- لا يوجد حد للسرعة (غير محدود)  $MBR = 0$
- يتم إسقاط حركة المرور التي تتجاوز MBR

### (GBR) معدل البت المضمون:

- الحد الأدنى من النطاق الترددى المضمون لتدفق الحركة
- محدد بالـ kbps
- $GBR = 0$ : جهد أفضل (لا ضمان)
- $GBR > 0$ : تدفق ذو أولوية مع نطاق ترددى مضمون

## أنواع تدفقات جودة الخدمة

### (GBR = 0): تدفقات الجهد الأفضل

QER ID: 1  
QFI: 9  
MBR 100000 الرفع: kbps (100 Mbps)  
MBR 100000 النزول: kbps (100 Mbps)  
GBR 0 الرفع: kbps  
GBR 0 النزول: kbps

**تدفقات مضمونة (GBR > 0):**

QER ID: 2

QFI: 1

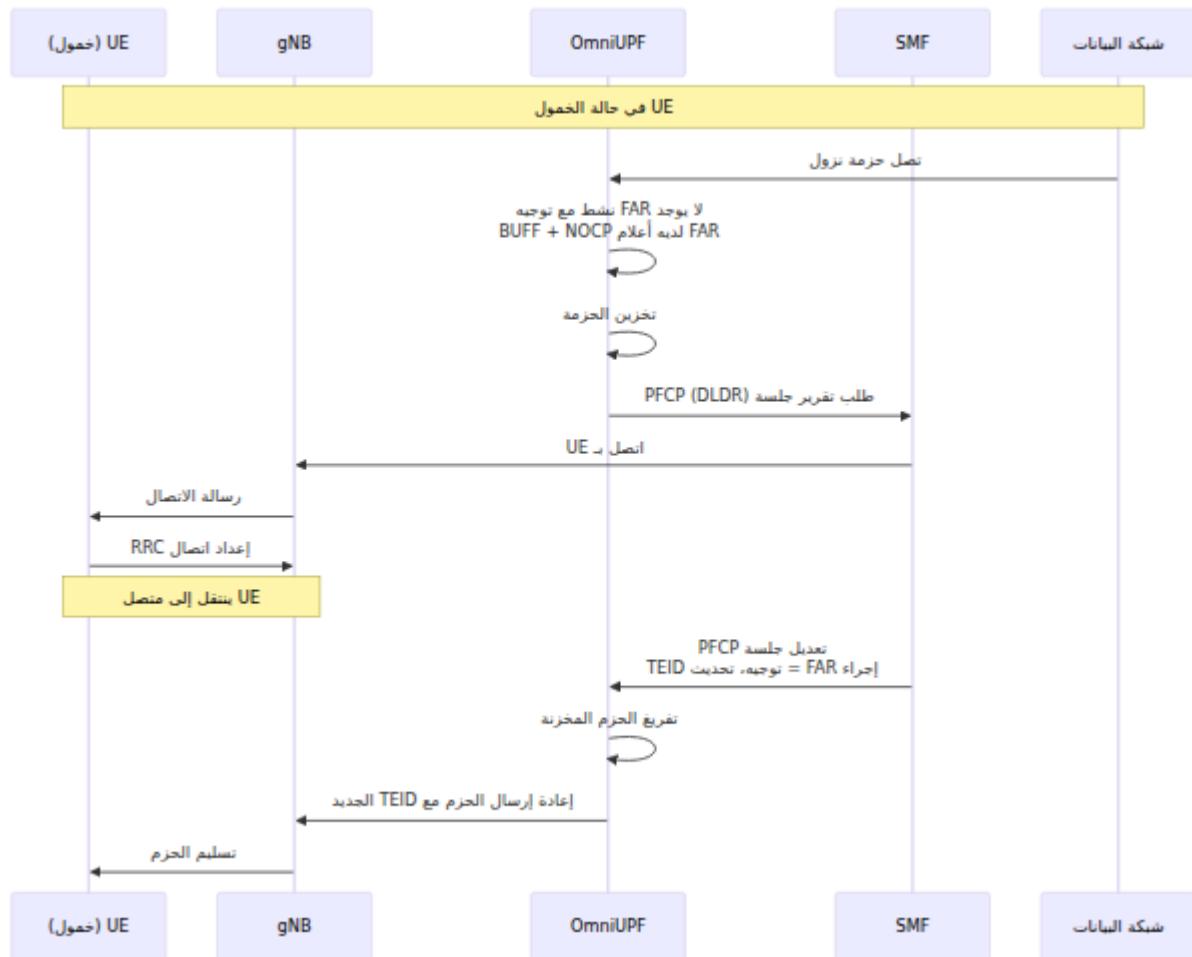
MBR 10000 kbps (10 Mbps)

MBR 10000 kbps (10 Mbps)

GBR 5000 kbps (5 Mbps)

GBR 5000 kbps (5 Mbps)

# خوارزمية تنفيذ جودة الخدمة



## آلية تنفيذ MBR

باستخدام محدد معدل نافذة منزلقة يتم (أقصى معدل بت) MBR تفرض OmniUPF حدود MBR تفرض مما يضمن XDP ، تعمل هذه الخوارزمية بدقة نانو ثانية مباشرة في طبقة eBPF. تتنفيذ في مسار أداء بمعدل خططي دون تبديلات سياق النواة.

### كيف تعمل

#### الخوارزمية: تحديد معدل النافذة المنزلقة

بإجراء الفحوصات التالية UPF لكل حزمة، تقوم

1. تحقق من حالة البوابة: إذا كانت حالة البوابة مغلقة (غير صفر)، يتم إسقاط الحزمة على الفور
2. يتم تجاوز تحديد المعدل (نطاق تردد غير ،  $0 < MBR =$  إذا كان **MBR** تتحقق من محدود)

### حساب زمن الإرسال 3:

$$tx\_time = (\text{packet\_size\_bytes} \times 8) \times (1,000,000,000 \text{ ns/sec}) / \text{MBR\_kbps}$$

تحقق من النافذة: إذا كان الوقت الحالي ضمن نافذة 5 مللي ثانية، يتم إسقاط الحزمة

5. تقدم النافذة: إذا تم السماح بالحزمة، يتم تقدم النافذة بواسطة  $tx\_time$

### مثال على الحساب:

افتراض:

- MBR = 100,000 kbps (100 Mbps)
- حجم الحزمة = 1500 بايت
- 5,000,000 ns (مللي ثانية 5) حجم النافذة =

الخطوة 1: حساب زمن الإرسال عند 100 Mbps

$$\begin{aligned} tx\_time &= (1500 \text{ بايت} \times 8 \text{ بت/بايت}) \times (1,000,000,000 \text{ ns/sec}) / \\ &100,000,000 \text{ bps} \\ &= 12,000,000,000 / 100,000,000 \\ &= 120 \text{ ns} \end{aligned}$$

الخطوة 2: تحقق مما إذا كانت الحزمة تناسب النافذة

```
current_time = 1000000000 ns
window_start = 999990000 ns
if (window_start + tx_time > current_time):
 إسقاط الحزمة (ستتجاوز حد المعدل)
```

الخطوة 3: إذا تم السماح، تقدم النافذة

```
window_start = window_start + 120 ns
تمرير الحزمة
```

### سلوك النافذة المنزقة

#### حجم النافذة 5 مللي ثانية:

- تستخدم الخوارزمية نافذة منزقة بحجم 5 مللي ثانية
- يتم إعادة تعين النافذة تلقائياً إذا كانت غير نشطة لأكثر من 5 مللي ثانية
- تمنع تجوية الانفجارات أثناء فرض المعدل المتوسط

## التعامل مع الانفجارات:

- يتم السماح بانفجارات صغيرة ضمن نافذة 5 مللي ثانية
- يتم تحديد معدل حركة المرور المستدامة فوق MBR
- أكثر دقة من خوارزميات دلو الرموز البسيطة

## تحديد المعدل لكل اتجاه:

- الرفع الطابع الزمني MBR يستخدم `qer->ul_start`
- النزول الطابع الزمني MBR يستخدم `qer->dl_start`
- يتم تحديد كل اتجاه بشكل مستقل

## نقاط تنفيذ تحديد المعدل

### (N3 → N6) الرفع:

1. gNB من N3 تصل الحزمة على واجهة
2. PDR حسب TEID بحث
3. QER ID حسب QER ID بحث
4. إسقاط إذا كانت مغلقة → `ul_gate_status` تتحقق من
5. `limit_rate_sliding_window()` مع `ul_maximum_bitrate` تطبيق
6. URR وتحديث عدادات N6 إذا تم السماح، يتم توجيهها إلى

### (N6 → N3) النزول:

1. (من شبكة البيانات) N6 تصل الحزمة على واجهة
2. IP حسب عنوان PDR بحث بالمستخدم
3. QER ID حسب QER ID بحث
4. إسقاط إذا كانت مغلقة → `dl_gate_status` تتحقق من
5. `limit_rate_sliding_window()` مع `dl_maximum_bitrate` تطبيق
6. GTP-U إذا تم السماح، إضافة رأس N3 وتوجيهها إلى

### (SGWU ↔ PGWU) حلقة N9:

- N9 الرفع والنزول في سيناريوهات حلقة QERs قد تنطبق كل من
- SGWU و PGWU بشكل مستقل عند حدود QER يتم التحقق من كل

## MBR مقابل الإنتاجية الملحوظة

## لماذا قد تختلف الإنتاجية الملحوظة عن MBR:

- حوالي 60-50 بايت لكل IP أو UDP و GTP-U العباء البروتوكولي: تصيف رؤوس حزمة
- تباين حجم الحزمة: الحزم الأصغر = مزيد من العباء، كفاءة أقل
- دقة تحديد المعدل: يتم التنفيذ لكل حزمة، وليس لكل بايت
- سلوك إعادة تعيين النافذة: تسمح الفترات الخاملة التي تبلغ 5 مللي ثانية بانفجارات قصيرة فوق MBR

مثال:

MBR المكون: 100 Mbps

GTP-U/UDP/IP بسبب العباء البروتوكولي) Mbps الإنتاجية الملحوظة: ~95-98 Mbps

## كيفية التحقق من تحديد المعدل:

1. upf\_urp\_\*\_volume\_bytes: بمرور الوقت URR تحقق من عدادات حجم.
2. (volume\_delta\_bytes \* 8) / time\_delta\_seconds / 1000 = kbps: احسب الإنتاجية.
3. المكون في MBR قارن مع QER

## (معدل البت المضمون) GBR

ولكن لا يتم QER في GBR يتم تخزين .GBR حالياً الحد الأدنى من OmniUPF مهم: لا تفرض استخدامه لتحديد أولويات حركة المرور أو التحكم في القبول.

## سلوك GBR:

- يتم قبول قيم GBR من SMF عبر PFCP
- ويمكن رؤيتها عبر QER في خريطة GBR يتم تخزين API
- لا يوجد حجز للنطاق الترددية أو تحديد أولويات حركة المرور بناءً على GBR
- بيانات وصفية تتبع نوع التدفق (جهد أفضل مقابل مضمون) GBR يعد

## تحسين مستقبلني:

- جدول حركة المرور أو صفوف موزونة GBR يتطلب تنفيذ
- في الإصدارات المستقبلية eBPF في QoS قد يتم تنفيذ ذلك باستخدام قدرات

# (URR) قواعد تقارير الاستخدام

## الغرض

أحجام البيانات للفوترة والتحليلات وتنفيذ السياسات. تحتفظ بعدادات الحزم والبيانات URRs تتبع لسجلات الفوترة SMF التي يتم الإبلاغ عنها إلى.

## URR هيكل

|                     |                                        |                            |                        |                      |
|---------------------|----------------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| URR ID<br>معرف فريد | إعدادات URR<br>حجم الرفع<br>بأيت من UE | إجمالي الحجم<br>رفع + نزول | حجم الرفع<br>عدد الحزم | حجم النزول<br>إلى UE |
|---------------------|----------------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|

## **تبعد الحجم**

### **:حجم الرفع**

- إلى شبكة البيانات UE بايتات تم نقلها من GTP-U تقادس بعد إزالة تغليف
- والحمولة IP تشمل رأس

### **:حجم النزول**

- UE بايتات تم نقلها من شبكة البيانات إلى GTP-U تقادس قبل تغليف
- والحمولة IP تشمل رأس

### **:إجمالي الحجم**

- مجموع أحجام الرفع والنزول
- يستخدم للإبلاغ عن الاستخدام الكلي

## **مشغلات تقارير الاستخدام**

### **:إلى تقارير بناءً على URs يمكن أن تؤدي**

### **:عقبة الحجم**

- الإبلاغ عند تجاوز الحجم الحد المكون
- مثال: الإبلاغ عن كل 1 جيجابايت من الاستخدام

### **:عقبة الوقت**

- الإبلاغ على فترات دورية
- مثال: الإبلاغ كل 5 دقائق

### **:استناداً إلى الحدث**

- الإبلاغ عند إنهاء الجلسة
- الإبلاغ عند تغيير جودة الخدمة
- الإبلاغ عند الانتقال

## تنسيق عرض الحجم

: تقوم واجهة الويب تلقائياً بتنسيق الحجم في وحدات قا $\diamond$ لة للقراءة البشرية

| العرض          | بيانات                     |
|----------------|----------------------------|
| ب (بايت)       | 0 - 1023                   |
| ك ب (كيلوبايت) | 1024 - 1048575             |
| م ب (ميغابايت) | 1048576 - 1073741823       |
| ج ب (جيغابايت) | 1073741824 - 1099511627775 |
| ت ب (تيرابايت) | 1099511627776+             |

مثال:

URR ID: 0

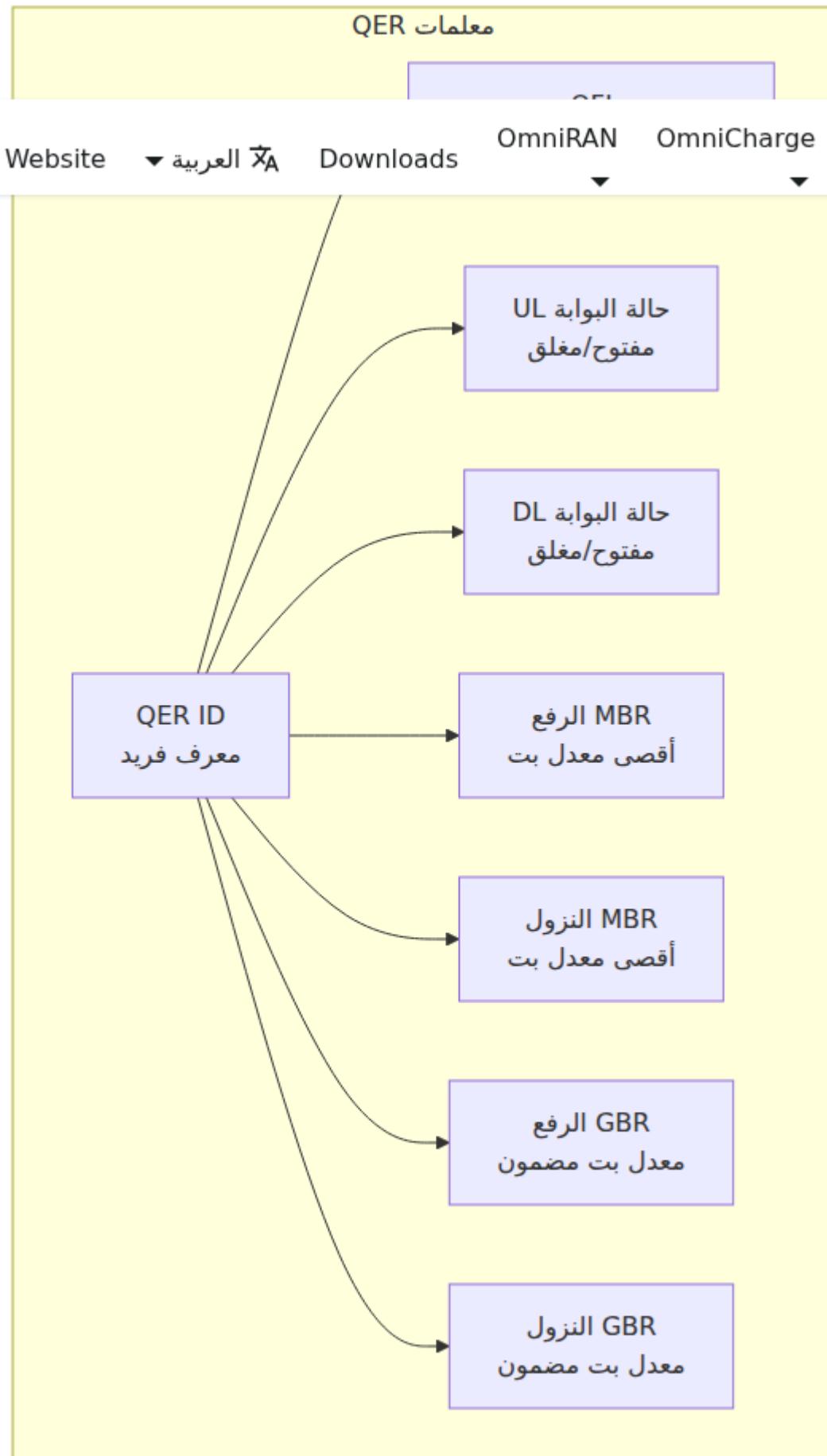
حجم الرفع: 12.3 ك ب

حجم النزول: 9.0 ك ب

إجمالي الحجم: 21.3 ك ب



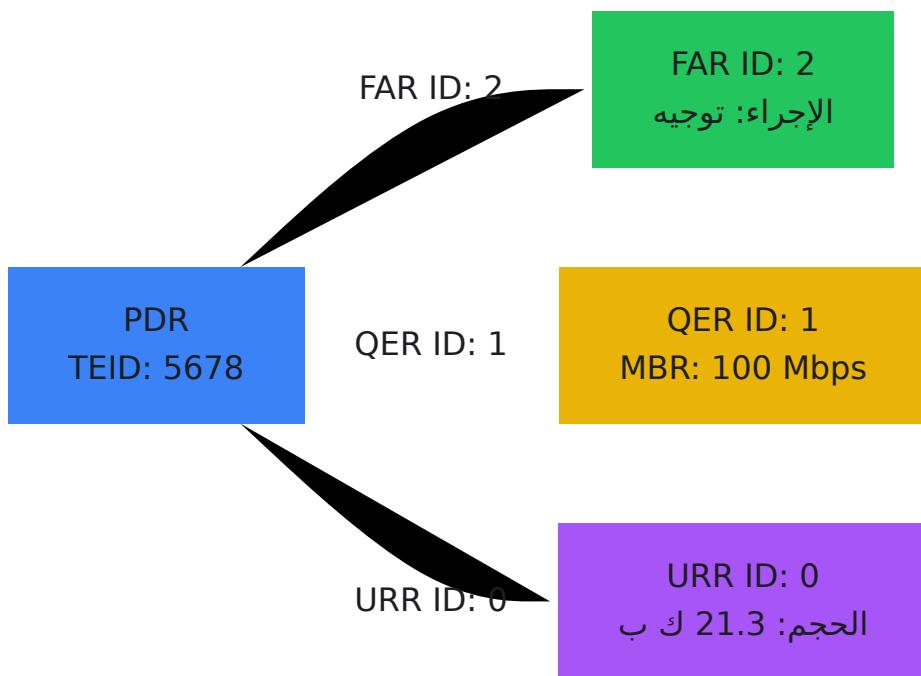
# URR تقارير تدفق



# العلاقات القواعد

## سلسلة PDR → FAR → QER → URR

واحد أو أكثر من QER والتي قد تشير إلى FAR إلى PDR تشير كل URRs.



## مثال على تكوين الجلسة

### PDR الرفع:

```
TEID: 5678
FAR ID: 2
QER ID: 1
URR IDs: [0]
إزالة الرأس الخارجي: خطأ
```

### PDR النزول:

الخاص بالمستخدم: IP 10.45.0.1 عنوان  
FAR ID: 1  
QER ID: 1  
URR IDs: [0]  
وضع SDF: لا SDF

#### **FAR ID 1 (النزول):**

الإجراء: 2 (توجيه)  
إنشاء الرأس الخارجي: صحيح  
البعيد: IP 200.198.5.10 عنوان  
TEID: 5678

#### **FAR ID 2 (الرفع):**

الإجراء: 2 (توجيه)  
إنشاء الرأس الخارجي: خطأ

#### **QER ID 1:**

QFI: 9  
MBR 100000 الرفع: kbps  
MBR 100000 النزول: kbps  
GBR 0 الرفع: kbps  
GBR 0 النزول: kbps

#### **URR ID 0:**

حجم الرفع: 12.3 ك ب  
حجم النزول: 9.0 ك ب  
إجمالي الحجم: 21.3 ك ب

# **العمليات الشائعة**

## **عرض القواعد لجلسة**

**: عبر صفحة الجلسات**

1. انتقل إلى الجلسات.
2. أو IP بواسطة UE ابحث عن TEID
3. انقر على "توسيع" لعرض جميع القواعد (PDR, FAR, QER, URR)

**: عبر صفحة القواعد**

1. انتقل إلى القواعد.
2. الخاص بالمستخدم (النزول) في علامة IP أو عنوان (الرفع) استخدم البحث حسب PDR
3. لاحظ FAR ID و QER ID و URR IDs
4. لعرض القواعد المرجعية FAR/QER/URR انتقل إلى علامات

## **تمكين/تعطيل التخزين**

**السيناريو:** أثناء الانتقال، قم بتحذير الحزم لمنع فقد

**: الخطوات**

1. → انتقل إلى القواعد FARs
2. في حقل البحث FAR ID أدخل
3. انقر على "بحث"
4. "إذا كان التخزين مغلقاً، انقر على "تمكين التخزين"
5. (تزيادة قيمة الإجراء بمقدار 4) FAR تحقق من تعيين بت 2 لإجراء

**: بديل عبر صفحة التخزين**

1. انتقل إلى التخزين.
2. مع التخزين الممكن FARs عرض
3. انقر على "تعطيل التخزين" عند الانتهاء من الانتقال.

## مراقبة الامتثال لجودة الخدمة

:تحقق مما إذا كانت حركة المرور تخضع لتحديد المعدل

1. انتقل إلى القواعد → QERs
2. ابحث عن QER ID المرتبطة بجلسة UE
3. لاحظ قيم MBR الرفع و MBR النزول
4. قارن مع معدل نمو حجم URR

:احسب متوسط الإنتاجية

$$\text{فرق الوقت بالثواني} \times \frac{\text{فرق الحجم بالبايت} \times 8}{1000} = (\text{kbytes}) \text{ الإنتاجية}$$

.فإن حركة المرور تخضع لتحديد المعدل ، MBR إذا اقتربت الإنتاجية من

## تتبع استخدام البيانات

: راقب أحجام URR:

1. انتقل إلى القواعد → URRs
2. عرض أحجام الرفع والنزول والإجمالي
3. فرز حسب الحجم الإجمالي للعثور على أعلى المستخدمين
4. تحديث بشكل دوري لمراقبة نمو الحجم

: حالات الاستخدام

- تحقق من تكامل الفوترة
- اكتشاف استخدام البيانات غير الطبيعي
- تخطيط السعة بناءً على أنماط الحركة

## استكشاف الأخطاء وإصلاحها

عدم تدفق الحركة

:تحقق من PDR:

- الخاص بالمستخرج IP (النزول) أو عنوان (الرفع) PDR لـ TEID تتحقق من وجود.
- صالح FAR ID تأكد من أن.
- لا تحظر الحركة SDF تتحقق من أن مرشحات.

#### تحقق من FAR:

- هو توجيه (ليس إسقاط أو تخزين فقط) FAR تتحقق من أن الإجراء.
- تأكد من أن إنشاء الرأس الخارجي يتطابق مع الاتجاه.
- للنزول TEID البعيد و IP تتحقق من صحة عنوان.

#### تحقق من QER:

- تتحقق من أن حالة البوابة مفتوحة (0).
- ليس صارماً جدًا MBR تتحقق من أن.

## إسقاط الحزم

#### تحقق من تحديد معدل QER:

- انتقل إلى القواعد QERs
- كافي لحمل الحركة MBR تتحقق من أن.
- يتطابق مع الإنتاجية المتوقعة URR تتحقق من أن نمو حجم.

#### تحقق من إجراء FAR:

- انتقل إلى القواعد FARs
- تتحقق من أن الإجراء هو توجيه، وليس إسقاط.
- تتحقق من أن التخزين ليس عالقاً في وضع التخزين فقط.

## مشكلات التخزين

#### الحزم عالقة في التخزين:

- انتقل إلى صفحة التخزين.
- تتحقق من الطابع الزمني لأقدم حزمة.
- إذا كانت > 30 ثانية، قد يكون الانتقال قد فشل.
- م بتفرغ أو مسح التخزين يدوياً؟

5. تعطيل التخزين على FAR

#### تجاوز التخزين:

1. تحقق من العدد الإجمالي للحزم مقابل الحد الأقصى الإجمالي (الافتراضي 100,000)
2. (الافتراضي 10,000) FAR مقابل الحد الأقصى لكل FAR تتحقق من الحزم لكل
3. امسح التخزين إذا كان ممتنعاً.
4. تتحقق من سبب عدم تعطيل التخزين.

## URR لا تتبع

#### عدادات الحجم عند الصفر:

1. URR ID تشير إلى PDR تتحقق من أن
2. PDR تتحقق من أن الحزم تتطابق مع
3. FAR (ليس إسقاطها) تتحقق من أن
4. موجود في خريطة URR تأكد من أن

#### الحجم لا يتم الإبلاغ عنه إلى SMF:

1. PFCP تتحقق من تكوين طلب تقرير جلسة
2. (عيوب الحجم/الوقت) URR تتحقق من مشغلات تقارير
3. PFCP راجع السجلات لرسائل تقرير جلسة

## الوثائق ذات الصلة

- **OmniUPF نظرة عامة على بنية ومكونات - UPF دليل عمليات**
- **دليل عمليات واجهة الويب** - استخدام لوحة التحكم لعرض القواعد
- **دليل المراقبة** - الإحصائيات ومراقبة السعة
- **دليل استكشاف الأخطاء وإصلاحها** - المشكلات الشائعة والتشخيصات

# دليل استكشاف أخطاء OmniUPF

## جدول المحتويات

- نظرة عامة.
- أدوات التشخيص.
- مشاكل التثبيت.
- مشاكل التكوين.
- مشاكل PFCP.
- مشاكل معالجة الحزم.
- eBPF و XDP مشاكل.
- مشاكل الأداء.
- مشاكل محددة بالهايرفايزر.
- NIC مشاكل.
- فشل إنشاء الجلسة.
- مشاكل التخزين المؤقت.

## نظرة عامة

الشائعة. تتضمن كل قسم OmniUPF يوفر هذا الدليل إجراءات استكشاف أخطاء منهجية لمشاكل الأعراض، وخطوات التشخيص، والأسباب الجذرية، وإجراءات الحل.

## قائمة التحقق السريعة للتشخيص

قبل البدء في استكشاف الأخطاء بعمق، تحقق من:

```
1. تحقق من تشغيل OmniUPF
systemctl status omniupf

2. تتحقق من ارتباط PFCP
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_pipeline

3. تتحقق من تحميل خرائط eBPF
ls /sys/fs/bpf/

4. تتحقق من ارتباط برامج XDP
ip link show | grep -i xdp

5. تتحقق من سجلات النواة للأخطاء
dmesg | tail -50
journalctl -u omniupf -n 50
```

## أدوات التشخيص

### واجهة برمجة OmniUPF REST

تحقق من حالة UPF:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_status
```

تحقق من ارتباطات PFCP:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_pipeline
```

تحقق من عدد الجلسات:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq 'length'
```

تحقق من سعة خريطة eBPF:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/map_info
```

**تحقق من إحصائيات الحزم:**

```
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats
```

**تحقق من إحصائيات XDP:**

```
curl http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats
```

## eBPF فحص خريطة

**قائمة eBPF جميع خرائط:**

```
ls -lh /sys/fs/bpf/
bpftool map list
```

**عرض تفاصيل الخريطة:**

```
bpftool map show
bpftool map dump name pdr_map_downlin
```

**عد الإدخالات في الخريطة:**

```
bpftool map dump name far_map | grep -c "key:"
```

## برنام XDP فحص

**مرتبطة XDP تحقق مما إذا كان برنامج:**

```
ip link show eth0 | grep xdp
```

### قائمة جميع برامج XDP:

```
bpftrace net list
```

### عرض تفاصيل برنامج XDP:

```
bpftrace prog show
```

### تفرير إحصائيات XDP:

```
bpftrace prog dump xlated name xdp_upf_func
```

## استكشاف الشبكة

### (خطة التحكم) N4 على PFCP التقاط حركة مرور:

```
PFCP يعمل بشكل طبيعي tcpdump, XDP لا تتم معالجته بواسطة
tcpdump -i eth0 -n udp port 8805 -w /tmp/pfcp_traffic.pcap
```

### (يتطلب التقاط خارج النطاق) N3 على GTP-U التقاط حركة مرور:

لا يمكنه التقاط الحزم UPF القياسي على مضيف tcpdump : تحذير #  
المعالجة بواسطة XDP!  
قبل أن ترى حزم النواة GTP-U بمعالجة XDP تقوم #.

استخدم التقاط خارج النطاق بدلاً من ذلك #:  
# 1. TAP و gNB UPF الشبكة بين #  
# N3 لنسخ حركة مرور SPAN / نسخ منفذ التبديل . 2.  
المحلل VM نسخ منفذ التبديل الافتراضي إلى # 3.

(UPF ليس على) على مضيف التحليل / المراقبة #:  
# tcpdump -i <mirror\_interface> -n udp port 2152 -w  
/tmp/n3\_capture.pcap

: أو استخدم واجهة برمجة التطبيقات للإحصائيات لعدد الحزم #  
curl http://localhost:8080/api/v1/packet\_stats  
curl http://localhost:8080/api/v1/n3n6\_stats

### مراقبة عدادات الحزم:

```
watch -n 1 'ip -s link show eth0'
```

### تحقق من جدول التوجيه:

```
ip route show
ip route get 10.45.0.100 # UE الخاص بـ IP تحقق من المسار لعنوان #
```

### تحقق من جدول ARP:

```
ip neigh show
```

# مشاكل التثبيت

## "غير مثبت eBPF" المشكلة: "نظام ملفات

الأعراض:

```
ERROR[0000] failed to load eBPF objects: mount bpf filesystem at
/sys/fs/bpf
```

غير مثبت eBPF السبب: نظام ملفات

الحل:

```
قم بتركيب نظام ملفات eBPF
sudo mount bpffs /sys/fs/bpf -t bpf

(أضف إلى) اجعلها دائمة /etc/fstab)
echo "bpffs /sys/fs/bpf bpf defaults 0 0" | sudo tee -a /etc/fstab

تحقق من التركيب #
mount | grep bpf
```

## المشكلة: إصدار النواة قديم جدًا

الأعراض:

```
ERROR[0000] kernel version 5.4.0 is too old, minimum required is
5.15.0
```

أقل من الحد الأدنى المطلوب Linux السبب: إصدار نواة

الحل:

```
تحقق من إصدار النواة
uname -r

ترقية النواة (Ubuntu/Debian)
sudo apt update
sudo apt install linux-generic-hwe-22.04
sudo reboot

تتحقق من النواة الجديدة
uname -r # يجب أن تكون <= 5.15.0
```

## مفقود libbpf المشكلة: اعتماد

الأعراض:

```
error while loading shared libraries: libbpf.so.0: cannot open
shared object file
```

غير مثبتة libbpf السبب: مكتبة

الحل:

```
تثبيت libbpf (Ubuntu/Debian)
sudo apt update
sudo apt install libbpf-dev

تتحقق من التثبيت
ldconfig -p | grep libbpf
```

## مشاكل التكوين

### المشكلة: ملف التكوين غير صالح

الأعراض:

```
ERROR[0000] unable to read config file: unmarshal errors
```

في ملف التكوين YAML **السبب:** خطأ في بناء جملة

**الحل:**

```
تحقق من بناء جملة
cat config.yml | python3 -c "import yaml, sys;
yaml.safe_load(sys.stdin)"
```

```
:القضايا الشائعة #
تداخل غير صحيح (استخدم المسافات، وليس علامات التبويب) -
الفوائل المفقودة بعد المفاتيح -
سلاسل غير مشفرة تحتوي على أحرف خاصة -
عناصر القائمة بدون شرطات -
```

```
:الم صحيح YAML مثال على #
cat > config.yml <<EOF
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: generic
api_address: :8080
pfcp_address: :8805
EOF
```

## المشكلة: اسم الواجهة غير موجود

**الأعراض:**

```
ERROR[0000] interface eth0 not found
```

**السبب:** الواجهة المكونة غير موجودة

**الحل:**

```
قائمة بجميع واجهات الشبكة
ip link show
```

```
تحقق من حالة الواجهة
ip addr show eth0
```

```
إذا كانت الواجهة لها اسم مختلف، قم بتحديث config.yml:
interface_name: [ens1f0] # استخدم الاسم الفعلي للواجهة
```

```
بالنسبة للآلات الافتراضية، تتحقق من نظام تسمية الواجهة
ls /sys/class/net/
```

## المشكلة: المنفذ مستخدم بالفعل

الأعراض:

```
ERROR[0000] failed to start API server: address already in use
```

السبب: المنفذ 8080 أو 8805 أو 9090 مرتبط بالفعل بعملية أخرى

الحل:

```
ابحث عن العملية التي تستخدم المنفذ
sudo lsof -i :8080
sudo netstat -tulpn | grep :8080
```

```
إنتهاء العملية المتعارضة
sudo kill <PID>
```

```
في التكوين OmniUPF أو تغيير منفذ
api_address: :8081
pfcp_address: :8806
metrics_address: :9091
```

## غير صالح PFCP المشكلة: معرف عقدة

الأعراض:

```
ERROR[0000] invalid pfcp_node_id: must be valid IPv4 address
```

صالحاً IPv4 ليس عنوان PFCP السبب: معرف عقدة

الحل:

```
(ليس اسم المضيف) IP صحيح: استخدم عنوان
pfcp_node_id: 10.100.50.241
```

```
غير صحيح:
pfcp_node_id: localhost
pfcp_node_id: upf.example.com
```

## PFCP مشاكل ارتباط

### تم إنشاؤها PFCP المشكلة: لا توجد ارتباطات

الأعراض:

- واجهة المستخدم على الويب تظهر "لا توجد ارتباطات"
- PFCP تظهر "فشل إعداد ارتباط SMF سجلات"

التشخيص:

يستطيع PFCP تحقق مما إذا كان خادم 1.  
# 1. sudo netstat -ulpn | grep 8805

تحقق من قواعد جدار الحماية 2.  
# 2. sudo iptables -L -n | grep 8805  
sudo ufw status

# 3. التقط حركة مرور PFCP  
tcpdump -i any -n udp port 8805 -vv

عبر واجهة برمجة التطبيقات PFCP تتحقق من ارتباطات 4.  
# 4. curl http://localhost:8080/api/v1/upf\_pipeline

## الأسباب الشائعة والحلول:

### جدار الحماية يحظر PFCP

الحل:

```
السماح بحركة مرور PFCP (UDP 8805)
sudo ufw allow 8805/udp
sudo iptables -A INPUT -p udp --dport 8805 -j ACCEPT
```

### خطأ PFCP معرف عقدة

الحل:

# الصحيح لواجهة IP إلى عنوان PFCP تعين معرف عقدة N4  
pfcp\_node\_id: 10.100.50.241 # على شبكة IP يجب أن يتطابق مع N4

### الشبكة غير قابلة للوصول إلى SMF

الحل:

```
اختبار الاتصال بـ SMF
ping <SMF_IP>

تحقق من التوجيه إلى SMF
ip route get <SMF_IP>

إضافة مسار إذا كان مفقوداً
sudo ip route add <SMF_NETWORK>/24 via <GATEWAY>
```

## خطئ SMF UPF مكون بعنوان

**الحل:**

- لعنوان SMF تتحقق من تكوين UPF
- IP يحتوي على SMF تأكيد من أن pfcp\_node\_id UPF الخاص به
- UPF الخاصة به N4 يمكنه التوجيه إلى شبكة تتحقق من أن

## المشكلة: فشل نبض PFCP

**الأعراض:**

```
WARN[0030] PFCP heartbeat timeout for association 10.100.50.10
```

**التشخيص:**

```
تتحقق من إحصائيات PFCP
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_pipeline | jq
'.associations[] | {remote_id, uplink_teid_count}'

مراقبة سجلات نبض القلب
journalctl -u omniupf -f | grep heartbeat
```

**الأسباب والحلول:**

**فقدان حزم الشبكة**

**الحل:**

```
تحقق من فقدان الحزم إلى SMF
ping -c 100 <SMF_IP> | grep loss
```

: إذا كان الفقد مرتفعاً، تتحقق من الشبكة  
تحقق من حالة الرابط -  
تحقق من صحة التبديل / الموجه -  
تحقق من الازدحام -

**فترة نبض القلب عدوائية جدًا**

**الحل:**

```
زيادة فترة نبض القلب
heartbeat_interval: 30 # زيادة من 5 إلى 30 ثانية
heartbeat_retries: 5 # زيادة المحاولات
heartbeat_timeout: 10 # زيادة المهلة
```

## مشاكل معالجة الحزم

**(عند 0 RX/TX عدادات) المشكلة: لا توجد حزم تتدفق**

**الأعراض:**

- حزم RX/TX صفحة الإحصائيات تظهر 0
- لا يمكنه إنشاء جلسة بيانات UE

**التشخيص:**

```
مرتبطاً XDP تحقق مما إذا كان برنامج 1.
ip link show eth0 | grep xdp
```

```
تتحقق من أن الواجهة نشطة 2.
ip link show eth0
```

```
مدرك لـ) تتحقق من إحصائيات الحزم 3.
المعالجة بواسطة GTP-U لا يمكنه رؤية حزم curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats : ملاحظة
```

## الحلول:

### غير مرتبط XDP برنامج

#### الحل:

```
لإعادة ربط OmniUPF XDP أعد تشغيل
sudo systemctl restart omniupf
```

```
تتحقق من الارتباط
ip link show eth0 | grep xdp
bpftool net list
```

## الواجهة غير نشطة أو لا يوجد رابط

#### الحل:

```
قم بتشغيل الواجهة
sudo ip link set eth0 up
```

```
تتحقق من حالة الرابط
ethtool eth0 | grep "Link detected"
```

```
إذا كان الرابط غير نشط، تتحقق من الاتصال الفيزيائي أو تكوين الشبكة
للآلة الافتراضية
```

## الواجهة المكونة خاطئة

#### الحل:

```
مع الواجهة الصحيحة config.yml تحدث
interface_name: [ens1f0] # استخدم الاسم الفعلي للواجهة من ip link
show'
```

## المشلة: تم استلام حزم ولكن لم يتم إعادة توجيهها (معدل إسقاط مرتفع)

### الأعراض:

- لا TX تزداد ولكن عدادات RX عدادات
- معدل الإسقاط > 1%

### التشخيص:

```
تحقق من إحصائيات الإسقاط
curl http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats | jq '.drop'

تتحقق من إحصائيات التوجيه
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats | jq '.route_stats'

مراقبة إسقاط الحزم
watch -n 1 'curl -s http://localhost:8080/api/v1/packet_stats | jq
".total_rx, .total_tx, .total_drop"'
```

### الأسباب الشائعة:

#### (غير معروف UE IP أو TEID أو PDR)

### الحل:

```
تحقق مما إذا كانت الجلسات موجودة
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions
```

# إذا لم تكن هناك جلسات، تتحقق من :

```
تم إنشاء ارتباط - PFCP
قد أنشأ جلسات - SMF
كان إنشاء الجلسة ناجحاً -
```

# تتحقق من إدخالات خريطة PDR

```
bpftrace map dump name pdr_map_teid_ip | grep -c key
bpftrace map dump name pdr_map_downlink | grep -c key
```

## فشل التوجيه

الحل:

```
تتحقق من فشل البحث في FIB
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats | jq '.route_stats'
```

# UE الخاص بـ IP اختبار التوجيه لعنوان
ip route get 10.45.0.100

إضافة مسار مفقود #

```
sudo ip route add 10.45.0.0/16 dev eth1 # إلى UE توجيه مجموعة N6
```

## تحديد معدل QoS

الأعراض:

- معدل النقل أقل من المتوقع
- حركة المرور مقيدة بمعدل معين
- تظهر سلوك هضمي URR عادات حجم
- تزداد خلال انفجارات الحركة XDP عادات إسقاط

التشخيص:

1. تتحقق من المكون للجلسة MBR:

```

للجلسة QER | بحث عن معرف #
curl http://localhost:8080/api/v1/pfcp_sessions | jq
'.data[] | select(.ue_ip == "10.45.0.1")'

بحث عن تكوين QER
curl http://localhost:8080/api/v1/qer_map | jq '.data[] |
select(.qer_id == 1)'

```

## 2. تحقق من حالة البوابة:

```

يجب أن تكون حالة البوابة 0 (مفتوحة) لكل من الرفع والهبوط #
curl http://localhost:8080/api/v1/qer_map | jq '.data[] | [
{qer_id, ul_gate: .ul_gate_status, dl_gate:
.dl_gate_status}'

```

## 3. احسب معدل النقل الفعلي من URR:

```

في نقطتين زمنيتين URR استعلام عن عدادات حجم #
curl http://localhost:8080/api/v1/urr_map | jq '.data[] | [
select(.urr_id == 0)'

```

# احسب معدل النقل (يدوي):  

$$\text{# throughput_kbps} = (\text{volume_delta_bytes} \times 8) / \text{time_delta_seconds} / 1000$$

## 4. مقابل معدل النقل الفعلي MBR قارن:

- بسبب الحمل الزائد MBR معدل النقل المتوقع  $\approx 95\text{-}98\%$  من (للبروتوكول)
- تتحقق من اختناقات أخرى، MBR إذا كان معدل النقل أقل بكثير من
- فإن تحديد المعدل يعمل كما هو، MBR إذا كان معدل النقل يتطابق تماماً مع متوقع

## الحل:

- أعلى عبر تعديل MBR مع تحديث SMF منخفضاً جدًا: اطلب من MBR إذا كان جلسة PFCP
- للبوابة (سياسة، حصة، أو خطأ) SMF إذا كانت البوابة مغلقة: تتحقق من سبب إغلاق

- وملف تعريف SMF إذا كان تحديد المعدل غير متوقع: تحقق من تكوين سياسة QoS

### **فهم تنفيذ MBR:**

eBPF بدقة نانو ثانية في مسار MBR خوارزمية نافذة منزلقة لفرض حدود OmniUPF. للحصول على شرح مفصل عن **MBR** انظر دليل إدارة القواعد - آلية تنفيذ:

- كيف تحدد حجم الحزمة ومعدلها قرارات الإسقاط
- المكون MBR لماذا يختلف معدل النقل الملاحظ عن تحديد المعدل في كل اتجاه (رفع / هبوط)
- سلوك نافذة منزلقة لمدة 5 ملي ثانية

### **السيناريوهات الشائعة:**

- (G.711 = كافيًا لمعدل بت الترميز MBR تسقط: تحقق مما إذا كان VoIP مكالمات (كيلوبت في الثانية 80~)
  - معدل بت الفيديو + الحمل الزائد > MBR تخزين مؤقت لبث الفيديو: تأكد من أن (ميغابت في الثانية 1080p = 5~10)
  - حركة مرور انفجارية: يسمح بانفجارات صغيرة ضمن نافذة 5 ملي ثانية، يتم تحديد معدل الحركة المستدامة
- 

## **المشكلة: حركة مرور أحادية الاتجاه (الرفع يعمل، الهبوط لا ي العمل)**

### **الأعراض:**

- مشكلة هبوط TX حزم N3 ولكن لا توجد N3 حزم RX (مشكلة رفع TX حزم N6 ولكن لا توجد N6 حزم RX)

### **التشخيص:**

```
طريقة مدركة لـ N3/N6 تحقق من إحصائيات واجهة XDP
curl http://localhost:8080/api/v1/n3n6_stats
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats
```

المعالجة GTP-U القياسي لا يمكنه التقاط حركة مرور بواسطة XDP لتحليل الحركة xdpdump استخدم واجهة برمجة التطبيقات للإحصائيات أو # للحصول على التفاصيل "XDP" انظر قسم "التقاط الحزم باستخدام #

### **(RX N3، TX N6) فشل الرفع:**

N6 أو مشكلة توجيه إلى FAR السبب: لا يوجد إجراء

**الحل:**

```
تتحقق من أن FAR لديه إجراء FORWARD
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq '.[].fars[] | select(.applied_action == 2)'

تتحقق من وجود مسار N6
ip route get 8.8.8.8 # اختبار المسار إلى الإنترنت

إضافة مسار افتراضي إذا كان مفقوداً
sudo ip route add default via <N6_GATEWAY> dev eth1
```

### **(RX N6، TX N3) فشل الهبوط:**

GTP هابط أو عدم وجود تغليف PDR السبب: لا يوجد

**الحل:**

```

UE الخاص بـ IP ها بط لعنوان PDR تحقق من وجود
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq '.[].pdrs[] | select(.pdi.ue_ip_address)'

تتحقق من أن FAR لديه OUTER_HEADER_CREATION
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq '.[].fars[] | .outer_header_creation'

تتحقق من إمكانية الوصول إلى gNB
ping <GNB_N3_IP>

```

## XDP و eBPF مشاكل

واختيار الوضع، واستكشاف الأخطاء، انظر دليل XDP للحصول على تفاصيل تكوين **XDP** أو صاغ.

### XDP المشكلة: فشل تحميل برنامج

الأعراض:

```
ERROR[0000] failed to load XDP program: invalid argument
```

التشخيص:

```

XDP تتحقق من دعم النواة لـ
grep XDP /boot/config-$(uname -r)

يجب أن تظهر :
CONFIG_XDP_SOCKETS=y
CONFIG_BPF=y
CONFIG_BPF_SYSCALL=y

للحصول على خطأ مفصل تتحقق من
dmesg | grep -i bpf

```

الأسباب والحلول:

## XDP النواة تفتقر إلى دعم

الحل:

```
أو الترقية إلى نواة أحدث XDP إعادة بناء النواة مع دعم #
مفعولة بشكل افتراضي XDP لديها
sudo apt install linux-generic-hwe-22.04
sudo reboot
```

## فشل التحقق من برنامج XDP

الحل:

```
لأخطاء المحقق OmniUPF تتحقق من سجلات
journalctl -u omniupf | grep verifier

:القضايا الشائعة
يتجاوز الحدود (زيادة حدود النواة) eBPF تعقيد -
خطأ في كود eBPF) وصول غير صالح إلى الذاكرة -

للتصحيح eBPF زيادة مستوى سجل المحقق
sudo sysctl kernel.bpf_stats_enabled=1
```

## XDP المشكلة: زيادة عدد الإجهادات في

الأعراض:

- XDP aborted ظهرت إحصائيات > 0
- زيادة إسقاط الحزم

التشخيص:

```
تتحقق من عدد الإجهادات في XDP
curl http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats | jq '.aborted'

مراقبة إحصائيات XDP
watch -n 1 'curl -s http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats'
```

**خطأ في وقت التشغيل eBPF السبب: واجه برنامج**

**الحل:**

```
eBPF تحقق من سجلات النواة لأخطاء
dmesg | grep -i bpf
```

```
لإعادة تحميل برنامج eBPF أعد تشغيل
sudo systemctl restart omniupf
```

: (يتطلب إعادة بناء) eBPF إذا استمرت المشكلة، قم بتمكين تسجيل #  
# OmniUPF مع BPF\_ENABLE\_LOG=1 بناء

## **ممثلة (استهلاك السعة) eBPF المشكلة: خريطة**

**الأعراض:**

- فشل إنشاء الجلسة
- %سعة الخريطة عند 100

**التخمين:**

```
تتحقق من سعة الخريطة
curl http://localhost:8080/api/v1/map_info | jq '.[] | {map_name,
capacity, used, usage_percent}'
```

```
تحديد الخرائط المملوءة
curl http://localhost:8080/api/v1/map_info | jq '.[] |
select(.usage_percent > 90)'
```

**التحفيف الفوري:**

```

1. تحديد الجلسات القديمة
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq '.[] | {seid,
uplink_teid, created_at}'

2. حذف الجلسات القديمة اطلب من SMF
(الإدارية أو واجهة برمجة التطبيقات SMF عبر واجهة)

3. مراقبة انخفاض استخدام الخريطة
watch -n 5 'curl -s http://localhost:8080/api/v1/map_info | jq "."
[] | select(.map_name=="pdr_map_downlin") | .usage_percent"'

```

## الحل طويل الأجل:

```

زيادة سعة الخريطة في config.yml
max_sessions: 200000 # 100000
أو تعيين أحجام الخرائط الفردية
pdr_map_size: 400000
far_map_size: 400000
qer_map_size: 200000

```

و يمسح جميع الجلسات الحالية OmniUPF مهم: تغيير أحجام الخرائط يتطلب إعادة تشغيل

## مشاكل الأداء

### المشكلة: معدل نقل منخفض (أقل من المتوقع)

#### الأعراض:

- القادر NIC معدل النقل < 1 جيجابت في الثانية على الرغم من
- مرتفع CPU استخدام

#### التشخيص:

```
تحقق من معدل الحزم
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats | jq '.total_rx,
.total_tx'

تتحقق من إحصائيات NIC
ethtool -S eth0 | grep -i drop

تتحقق من وضع XDP
ip link show eth0 | grep xdp
```

## الحلول:

### العام XDP استخدام وضع

#### الحل:

```
التبديل إلى الوضع الأصلي لأداء أفضل
xdp_attach_mode: native # NIC يتطلب XDP سائق يدعم /
```

### اختناق أحادي النواة

#### الحل:

```
على (توزيع جانب الاستلام) RSS تمكين NIC
ethtool -L eth0 combined 4 # استخدم 4 قوائم RX/TX
```

```
تتحقق من تمكين RSS
ethtool -l eth0
```

```
تثبيت المقاطعات على وحدات المعالجة المركزية المحددة
أو التوافق اليدوي irqbalance واستخدم /proc/interrupts # انظر
```

### ازدحام التخزين المؤقت

#### الحل:

```
تقليل حدود التخزين المؤقت لتقليل الكمون #
buffer_max_packets: 5000
buffer_packet_ttl: 15
```

## المشكلة: الـkmmon العالي

### الأعراض:

- مللي ثانية 50 > ping كمون
- تدهور تجربة المستخدم

### التشخيص:

```
اختبار الـkmmon إلى UE
ping -c 100 <UE_IP> | grep avg
```

```
تحقق من الحزم المخزنة
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_buffer_info | jq
'.total_packets_buffered'
```

```
تتحقق من أداء ذاكرة التخزين المؤقت للتوجيه
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats | jq '.route_stats'
```

### الحلول:

#### الحزم المخزنة بشكل مفرط

##### الحل:

```
تتحقق من سبب تخزين الحزم
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_buffer_info | jq '.buffers[]'
| {far_id, packet_count, direction}'
```

```
مسح التخزين المؤقت إذا كان عالقاً
لتطبيق PFCP أو تحفيز تعديل جلسة OmniUPF إعادة تشغيل FAR)
```

#### كمون بحث FIB

## الحل:

```
تأكد من تمكين ذاكرة التخزين المؤقت للتوجيه (الخيار وقت البناء)
BPF_ENABLE_ROUTE_CACHE=1

تحسين جدول التوجيه
استخدم مسارات أقل، وأكثر تحديداً بدلاً من العديد من المسارات الصغيرة #
```

## المشكلة: إسقاط الحزم تحت الحمل

### الأعراض:

- معدل الإسقاط يزيد مع الحركة
- أخطاء RX على NIC

### التشخصين:

```
تحقق من أخطاء NIC
ethtool -S eth0 | grep -E "drop|error|miss"

تحقق من حجم حلقة التخزين #
ethtool -g eth0

مراقبة الإسقاط في الوقت الحقيقي #
watch -n 1 'ethtool -S eth0 | grep -E "drop|miss"'
```

## الحل:

```
زيادة حجم حلقة RX
ethtool -G eth0 rx 4096

زيادة حجم حلقة TX
ethtool -G eth0 tx 4096

تحقق من الإعدادات الجديدة #
ethtool -g eth0
```

# مشاكل محددة بالهايرفايزر

للحصول على تعليمات تكوين خطوة بخطوة للهايرفايزر، انظر دليل أوضاع **XDP**.

## Proxmox: XDP لا يعمل في VM

الأعراض:

- في الوضع الأصلي XDP لا يمكن ربط برنامج
- يُعمل فقط الوضع العام

تستخدم الشبكة الموصولة بدون VM: **السبب**

الحل:

**الخيار 1:** استخدم الوضع العام (الأبسط)

```
xdp_attach_mode: generic
```

**الخيار 2:** تكوين تمرير SR-IOV

```
على مضيف Proxmox:
1. تمكين IOMMU
nano /etc/default/grub
أضف: intel_iommu=on iommu=pt
update-grub
reboot

2. إنشاء VFs
echo 4 > /sys/class/net/eth0/device/sriov_numvfs

3. تخصيص VF في واجهة VM إلى VM في Proxmox
تعيين PCI الأجهزة → إضافة → جهاز VF

في VM:
interface_name: [ens1f0] # SR-IOV VF
xdp_attach_mode: native
```

## VMware: promiscuous مطلوب وضع

الأعراض:

- الحزم لا يتم استلامها بواسطة OmniUPF

غير المطابقة MAC يمنع عناوين vSwitch السبب

الحل:

```
على vSwitch تمكين وضع promiscuous في vSphere Client):
تحرير الإعدادات → اختار 1. vSwitch
قبول: promiscuous: الأمان → وضع 2.
قبول: MAC: الأمان → تغييرات عنوان 3.
الأمان → نقل مزيف: قبول 4.
```

## VirtualBox: أداء منخفض جدًا

الأعراض:

- معدل النقل < 100 ميغابت في الثانية

الأصلي XDP أو SR-IOV لا تدعم VirtualBox السبب

الحل:

```
استخدم الوضع العام (الخيار الوحيد)
xdp_attach_mode: generic

تحسين إعدادات VirtualBox:
(إذا كان متاحًا) VirtIO-Net استخدم محول -
تمكين "السماح للجميع" في وضع -
لآلية الافتراضية CPU تخصيص المزيد من النوى -
استخدم الشبكة الموصلة بدلاً من -
NAT
```

للحصول على أداء أفضل KVM/Proxmox ضع في اعتبارك الانتقال إلى #

# المشاكل NIC سائق

## مشكلة: سائق NIC لا يدعم XDP

الأعراض:

```
ERROR[0000] failed to attach XDP program: operation not supported
```

التشخيص:

```
تحقق من سائق NIC
```

```
ethtool -i eth0 | grep driver
```

```
تتحقق مما إذا كان السائق يدعم XDP
```

```
modinfo <driver_name> | grep -i xdp
```

```
قائمة الواجهات القابلة لـ XDP
```

```
ip link show | grep -B 1 "xdpgeneric\|xdpdrv\|xdpoffload"
```

الحل:

### الخيار 1: استخدم الوضع العام

```
xdp_attach_mode: generic
```

### الخيار 2: تحديث سائق NIC

```
تتحقق من تحديثات السائق (Ubuntu)
```

```
sudo apt update
```

```
sudo apt install linux-modules-extra-$(uname -r)
```

```
أو تثبيت سائق محدد من البائع
```

```
مثال لـ Intel:
```

```
تحميل من https://downloadcenter.intel.com/
```

### الخيار 3: استبدال NIC

```
يدعم NIC استخدم XDP:
- Intel X710, E810
- Mellanox ConnectX-5, ConnectX-6
- Broadcom BCM57xxx (bnxt_en driver)
```

## المشكلة: سائق يتعطل أو يتسبب في ذبذبة النواة

### الأعراض:

- ذبذبة النواة بعد ربط XDP
- يتوقف عن الاستجابة NIC

### التشخيص:

```
تحقق من سجلات النواة #
dmesg | tail -100

تحقق من أخطاء السائق #
journalctl -k | grep -E "BUG:|panic:"
```

### الحل:

```
1. تحدث النواة والسائلين
sudo apt update
sudo apt upgrade
sudo reboot

2. (استخدم الأصلي فقط) تعطيل XDP offload
xdp_attach_mode: native

استخدم الوضع العام كحل بديل. 3.
xdp_attach_mode: generic

4. Linux نواة فريق الإبلاغ عن خطأ إلى بائع
```

# فشل إنشاء الجلسة

## المشكلة: فشل إنشاء الجلسة

### الأعراض:

- يبلغ عن فشل إنشاء الجلسة SMF
- UE لا يمكنه إنشاء جلسة PDU

للسيناريوهات الشائعة للفشل والحلول [PFCP](#) انظر [مرجع رموز سبب](#).

### التشخيص:

```
لأخطاء الجلسة OmniUPF تحقق من سجلات journalctl -u omniupf | grep -i "session establishment"
تتحقق من عدد جلسات PFCP curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq 'length'
أثناء إنشاء الجلسة PFCP التقاط حركة مرور tcpdump -i any -n udp port 8805 -w /tmp/pfcp_session.pcap
```

### الأسباب الشائعة:

#### سعة الخريطة ممتلئة

### الحل:

```
تتحقق من استخدام الخريطة curl http://localhost:8080/api/v1/map_info | jq '.[] | select(.usage_percent > 90)'
(ممتلئة أعلى eBPF | نظر قسم خريطة) زيادة السعة
```

#### غير صالحة PDR/FAR معلمات

### الحل:

```

لأخطاء التحقق OmniUPF تحقق من سجلات
journalctl -u omniupf | grep -E "invalid|error" | tail -20

:القضايا الشائعة
غير صالح (0.0.0.0 أو مكرر) UE الخاص بـ IP عنوان -
غير صالح (0 أو مكرر) # - TEID
- FAR مفقود لـ PDR
غير صالح FAR إجراء -

ومعلومات الجلسة SMF تتحقق من تكوين

```

### **(UEIP/FTUP) ميزة غير مدرومة**

**الحل:**

```

تمكين الميزات المطلوبة إذا لزم الأمر
feature_ueip: true # UPF بواسطة UE لـ IP تخصيص
ueip_pool: 10.60.0.0/16

feature_ftup: true # UPF بواسطة F-TEID تخصيص
teid_pool: 100000

```

## **مشاكل التخزين المؤقت**

### **المشكلة: حزم عالقة فـ؟؟ التخزين المؤقت**

**الأعراض:**

- زيادة عدد الحزم المخزنة
- الحزم لا يتم تسليمها بعد النقل

**التخمين:**

```
#تحقق من إحصائيات التخزين المؤقت
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_buffer_info
```

```
#تحقق من التخزين المؤقت الفردي لـ FAR
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_buffer_info | jq '.buffers[] | {far_id, packet_count, oldest_packet_ms}'
```

```
#مراقبة حجم التخزين المؤقت
watch -n 5 'curl -s http://localhost:8080/api/v1/upf_buffer_info | jq ".total_packets_buffered"'
```

## الأسباب والحلول:

### FAR لم يتم تديثه أبداً إلى FORWARD

السبب: لم ترسل SMF تعديل جلسة PFCP لتطبيق FAR

#### الحل:

```
#تحقق من حالة FAR
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq '.[].fars[] | {far_id, applied_action}'
```

(التخزين المؤقت) 1 = الإجراء BUFF  
(إعادة التوجيه) 2 = الإجراء FORW

SMF: اطلب من BUFF، إذا كان عالقاً في حالة #  
# إرسال طلب تعديل جلسة PFCP -  
# بإجراء FAR تحديث - FORW

## للتخزين المؤقت TTL انتهاء صلاحية

السبب: الحزم انتهت صلاحيتها قبل تحديث FAR

#### الحل:

```
#زيادة TTL لتخزين المؤقت
buffer_packet_ttl: 60 # زيادة من 30 إلى 60 ثانية
```

## تجاوز التخزين المؤقت

السبب: عدد كبير جدًا من الحزم المخزنة لكل FAR

الحل:

```
زيادة حدود التخزين المؤقت
buffer_max_packets: 20000 # لكل FAR
buffer_max_total: 200000 # الحد العالمي
```

## استكشاف الأخطاء المتقدمة

### تمكين تسجيل الأخطاء

```
logging_level: debug # trace | debug | info | warn | error
```

```
مع تسجيل الأخطاء إعادة تشغيل OmniUPF
sudo systemctl restart omniupf
```

```
مراقبة السجلات في الوقت الحقيقي
journalctl -u omniupf -f --output cat
```

## تابع eBPF ل برنام

```
eBPF تتابع تنفيذ برمي bpftrace
sudo bpftrace -e 'tracepoint:xdp:* { @[probe] = count(); }'
```

```
تتابع عمليات الخريطة
sudo bpftrace -e 'tracepoint:bpf:bpf_map_lookup_elem {
printf("%s\n", str(args->map_name)); }'
```

# XDP التقاط الحزم باستخدام

## XDP: قيود التقاط الحزم باستخدام

القياسي لا يمكنه `tcpdump` بمعالجة الحزم قبل كومة الشبكة في النواة، لذا فإن XDP تقوم (GTP-U منفذ) UDP 2152) يتم معالجة حزم **XDP**. **رؤية حركة المرور المعالجة بواسطة UPF** على مضيف `tcpdump` ولن تظهر في UPF. على N3 بواسطة

### طرق موصى بها لتحليل الحركة:

الطريقة 1: استخدم واجهة برمجة التطبيقات للإحصاءات للمراقبة (موصى بها)

```
curl http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats | jq
curl http://localhost:8080/api/v1/n3n6_stats
```

غير متأثرة بـ PFCP الطريقة 2: التقاط حركة مرور # XDP)

```
tcpdump -i any -n udp port 8805 -w /tmp/pfcp.pcap
```

GTP-U) موصى بها لـ) الطريقة 3: التقاط الحزم خارج النطاق #

الشبكة أو نسخ منفذ التبديل للتقطط الحركة TAP استخدام #

: أمثلة #

# TAP و gNB فيزيائي بين -

إلى المحلل N3 لنسخ حركة مرور SPAN نسخ منفذ التبديل - #

نسخ منفذ التبديل الافتراضي في الهايرفافا يزر - #

#

# UPF) على مضيف الالتقطاط :

```
tcpdump -i <mirror_interface> -n udp port 2152 -w
/tmp/n3_mirror.pcap
```

### أمثلة إعداد الالتقطاط خارج النطاق:

#### الشبكة الغيرية:

```

الشبكة أو قم بتكوين نسخ منفذ التبديل TAP استخدم #
على مفتاح SPAN Cisco مثال: تكوين
(config)# monitor session 1 source interface Gi1/0/1
(config)# monitor session 1 destination interface Gi1/0/24

على مضيف المراقبة المتصل بـ Gi1/0/24:
tcpdump -i eth0 -n udp port 2152 -w /tmp/n3_capture.pcap

```

### **(البيئة الافتراضية VMware، KVM، إلخ) :**

VM إلى UPF تكوين نسخ منفذ التبديل الافتراضي لإرسال حركة مرور # المحلل

Linux مع tcpdump على VM مختلف # جسر على UPF الخاصة بـ N3 على الها يبرفا يزر، قم بنسخ واجهة # إلى واجهة UPF المحلل

# على VM المحلل :

tcpdump -i eth1 -n udp port 2152 -w /tmp/n3\_virtual.pcap

### **لماذا يلزم الالتقاط خارج النطاق:**

- يتجاوز كومة الشبكة في النواة تماماً XDP تقوم
- أو الأجهزة NIC تتم معالجة الحزم في سائق
- (متاخر جداً) XDP المستند إلى المضيف الحزم بعد معالجة يرى tcpdump
- يرى الالتقاط خارج النطاق حركة المرور الخام قبل UPF #الجهة

### **ما يمكنك التقاطه على مضيف UPF:**

- XDP خطة التحكم، غير معالجة بواسطة - (PFCP (UDP 8805) حركة مرور #)
- استجابات واجهة برمجة التطبيقات والإحصائيات #
- XDP خطة البيانات، معالجة بواسطة - (GTP-U (UDP 2152) حركة مرور #)

# **الحصول على المساعدة**

إذا لم تحل خطوات استكشاف الأخطاء مشكلتك

## 1. جمع معلومات التشخيص:

```
معلومات النظام #
uname -a
cat /etc/os-release

معلومات # OmniUPF
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_status
curl http://localhost:8080/api/v1/map_info
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats

السجلات #
journalctl -u omniupf --since "1 hour ago" >
/tmp/omniupf.log
dmesg > /tmp/dmesg.log

معلومات الشبكة #
ip addr > /tmp/network.txt
ip route >> /tmp/network.txt
ethtool eth0 >> /tmp/network.txt
```

## 2. الإبلاغ عن المشكلة مع:

- إصدار OmniUPF
- إصدار نواة Linux
- مخطط الطوبولوجيا الشبكية
- ملف التكوين (احذف المعلومات الحساسة)
- مقتطفات السجل ذات الصلة
- خطوات لإعادة الإنتاج

# الوثائق ذات الصلة

- دليل التكوين - معلمات التكوين والأمثلة
- وضبط الأداء eBPF/XDP دليل العمارة - تفاصيل
- دليل المراقبة - الإحصائيات والسرعة والتنبيه
- لاستكشاف الأخطاء مرجع المقاييس Prometheus - مقاييس

- واستكشاف الأخطاء PFCP رموز خطأ - **PFCP رموز سبب**
- PDR و FAR و QER و دليل إدارة القواعد - مفاهيم
- ونظرة عامة UPF دليل العمليات - عمارة

# دليل عمليات واجهة المستخدم على الويب

## جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. الوصول إلى لوحة التحكم
3. عرض الجلسات
4. إدارة القواعد
5. إدارة المخازن
6. لوحة إحصائيات
7. مراقبة السعة
8. عرض التكوين
9. عرض المسارات
10. عرض قدرات XDP
11. عارض السجلات

## نظرة عامة

لوحة تحكم شاملة للمراقبة والإدارة في OmniUPF توفر واجهة المستخدم على الويب الخاصة بـ Phoenix LiveView: وتتوفر وقت الحقيقي لوظيفة مستوى المستخدم. تم بناء الواجهة على:

- النشطة PDU و اتصالات PFCP **رؤيه في الوقت الحقيقي** لجلسات
- عبر جميع الجلسات URR و QER و PDR و فحص القواعد لـ
- إدارة المخازن لتخزين الحزم أثناء أحداث التنقل
- مراقبة الإحصائيات لمعالجة الحزم والمسارات والواجهات
- والحدود eBPF تتبع السعة لاستخدام خرائط
- عرض السجلات الحية لاستكشاف الأخطاء وإصلاحها

## الهيكلية

الخاصة REST عبر واجهة برمجة التطبيقات OmniUPF تتوافق لوحة التحكم مع عدة مثيلات من لها لـ:

- والارتباطات PFCP استعلام جلسات
- فحص قواعد اكتشاف الحزم وإعادة التوجيه
- مراقبة مخازن الحزم وحالتها
- الوصول إلى الإحصائيات في الوقت الحقيقي ومقاييس الأداء
- واستخدامها eBPF تتبع سعة خرائط

## الوصول إلى لوحة التحكم

### الوصول الافتراضي

على خادم إدارة HTTPS تكون لوحة التحكم متاحة عبر OmniUPF:

```
https://<upf-server>:443/
```

(مع شهادة موقع ذاتياً HTTPS) **المنفذ الافتراضي**: 443

### التكوين

في OmniUPF تتطلب لوحة التحكم تكوين مضيف config/config.exs:

لنشر متعدد المثيلات UPF يمكن تكوين عدة مثيلات من:

متاحة في قائمة تحديد المضيف في جميع OmniUPF أي مثيلات من upf\_hosts يحدد تكوين أنحاء واجهة المستخدم.

### التنقل

توفر لوحة التحكم علامات تبويب للتنقل لكل منطقة تشغيلية:

- والارتباطات PFCP جلسات - `/sessions` - **الجلسات**
- فحص قواعد FAR و QER و URR و rules - **قواعد**

- مراقبة الحزم والتحكم - `/buffers`
- والواجهات XDP إحصائيات الحزم والمسارات و - `/statistics` - الإحصائيات
- ومراقبة السعة eBPF استخدام خرائط - `/capacity` - السعة
- وعنوان مستوى البيانات UPF تكوين - `/upf_config` - التكوين
- (OSPF و BGP) وجلسات بروتوكول التوجيه UE مسارات - `/routes` - المسارات
- وقدرات الأداء XDP دعم وضع - `/xdp_capabilities` - XDP قدرات
- بث السجلات الحية - `/logs` - السجلات

## عرض الجلسات

الرابط: `/sessions`

### الميزات

المحددة OmniUPF النشطة والارتباطات من مثيلات PFCP يعرض عرض الجلسات جميع جلسات.

#### PFCP ملخص ارتباطات

اتصالات التحكم من) النشطة PFCP يعرض جميع ارتباطات SMF/PGW-C):

| العمود              | الوصف                                        |
|---------------------|----------------------------------------------|
| معرف العقدة         | أو IP أو SMF أو PGW-C (FQDN) معرف عقدة       |
| العنوان             | للتواصل عبر SMF/PGW-C لـ IP عنوان PFCP       |
| معرف الجلسة التالية | المتاحة التالية لهذا الارتباط PFCP معرف جلسة |

العرض:

- التحقق من اتصال SMF بـ UPF
- مراقبة عدد اتصالات مستوى التحكم
- تتبع تخصيص معرف الجلسة لكل ارتباط

### جدول الجلسات النشطة

UE النشطة لـ PDU التي تمثل جلسات PFCP يعرض جميع جلسات:

| العمود             | الوصف                                          |
|--------------------|------------------------------------------------|
| <b>SEID المحلي</b> | UPF معرف نقطة نهاية الجلسة المعينة من          |
| <b>SEID البعيد</b> | SMF معرف نقطة نهاية الجلسة المعينة من          |
| <b>UE عنوان</b>    | لمعدات المستخدم IPv4 أو IPv6 عنوان             |
| <b>TEID</b>        | لحركة المرور الصاعدة GTP-U معرف نقطة نهاية نفق |
| <b>PDRs</b>        | عدد قواعد اكتشاف الحزم في الجلسة               |
| <b>FARs</b>        | عدد قواعد إجراء إعادة التوجيه في الجلسة        |
| <b>QERs</b>        | في الجلسة QoS عدد قواعد تنفيذ                  |
| <b>URRs</b>        | عدد قواعد تقارير الاستخدام في الجلسة           |
| <b>الإجراءات</b>   | زر التوسيع لعرض معلومات القاعدة التفصيلية      |

#### الميزات:

- UE محدد لـ IP العثور على الجلسات لعنوان: **IP تصفية بواسطة**
- العثور على الجلسات بواسطة معرف نقطة النهاية للنفق: **TEID تصفية بواسطة**
- الكامل JSON بتنسيق PDR/FAR/QER **توسيع الجلسة**: عرض تفاصيل
- تحديث تلقائي: يتم التحديث كل 10 ثوانٍ

#### عرض الجلسة الموسعة:

: عند النقر على "توسيع" في جلسة، يظهر العرض

- ـ معرف UE، عنوان TEID، FAR، JSON كامل مع قواعد اكتشاف الحزم (PDRs) **قواعد اكتشاف الحزم**
- ـ معرف QER، SDF، مرشحات **قواعد** **PDR** **معلومات**
- ـ الكاملة PDR وعرض تفاصيل **قابلة للنقر** - انقر للتنقل إلى علامة التبويب القواعد
- ـ ترربط TEID (0 ≠ TEID) الصاعدة PDR بالبحث عن الصاعدة

- النازلة PDR بالبحث عن (IPv4) النازلة PDRs ترتبط
- النازلة PDR بالبحث عن (IPv6) النازلة PDRs ترتبط
- أعلام الإجراءات، إنشاء رأس خارجي، نقاط **FARs**: قواعد إجراء إعادة التوجيه
- الأخرى QoS وعلامات QFI و GBR و MBR قواعد تنفيذ
- عدادات الحجم (الصاعدة والنازلة وإجمالي: **URRs**) قواعد تقارير الاستخدام (البايتات)

لجلسة معينة *PDRs* و *FARs* و *QERS* عرض الجلسة الموسعة يظهر تفاصيل.

## حالات الاستخدام

**UE:** تحقق من اتصال

1. انتقل إلى عرض الجلسات.
2. في الفلتر لـ IP أدخل عنوان UE
3. الصحيح TEID تأكد من وجود الجلسة مع
4. قم بالتوسيع للتحقق من تكوين PDR/FAR

## مراقبة عدد الجلسات:

- تحقق من إجمالي عدد الجلسات في الرأس
- قارن UPF عبر عدة مثيلات
- تتبع نمو الجلسة بمرور الوقت

## استكشاف مشكلات الجلسة:

- UE محدد لـ TEID أو IP ابحث عن عنوان
- قم بتوسيع الجلسة لفحص تكوين القاعدة
- تحقق من معلمات إعادة توجيه FAR
- لـ QoS تحقق من إعدادات QER

## التحديثات في الوقت الحقيقي

UPF يقوم عرض الجلسات بتحديث تلقائي كل 10 ثوانٍ. يظهر مؤشر صحة حالة اتصال:

- قابل للوصول ويستجيب UPF : صحيح (أخضر)
- غير قابل للوصول أو لا يستجيب UPF : غير صحيح (أحمر)
- غير معروف (رمادي): حالة الصحة لم تحدد بعد

## إدارة القواعد

الرابط: /rules

وتقارير QoS يوفر عرض القواعد فحصاً شاملًا لجميع قواعد اكتشاف الحزم وإعادة التوجيه والاستخدام عبر جميع الجلسات.

## قواعد اكتشاف الحزم - PDR علامة تبويب

مع نماذج البحث و التنقل القابل للنقر UPF في PDRs عرض وفحص جميع

PDRs الصاعدة (N3 → N6):

- الصاعدة المحددة PDR لعرض تفاصيل TEID **نموذج البحث**: البحث بواسطة
- (قابل للنقر - ينتقل إلى البحث) gNB من U-GTP معرف نقطة نهاية نقطي: **TEID**

- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة) قاعدة إجراء إعادة التوجيه المرتبطة: **FAR معرف** تبوب FAR)
- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة تبوب) المرتبطة QoS قاعدة تنفي: **QER معرف** (QER)
- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة) قواعد تقارير الاستخدام المرتبطة: **URR معرفات** تبوب URR)
- إزالة الرأس الخارجي**: علامة إزالة التفكيك
- قواعد تصنيف تدفق البيانات الخدمية: **SDF مرشحات**

#### PDRs النازلة (N6 → N3):

- النازلة PDR لعرض تفاصيل UE لـ IPv4 نموذج البحث: البحث بواسطة عنوان المحددة
- معدات المستخدم (معرض في نتائج البحث) IPv4 عنوان: **UE عنوان**
- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة) قاعدة إجراء إعادة التوجيه المرتبطة: **FAR معرف** تبوب FAR)
- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة تبوب) المرتبطة QoS قاعدة تنفيذ: **QER معرف**
- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة) قواعد تقارير الاستخدام المرتبطة: **URR معرفات** تبوب URR)
- (افتراضي + sdf، فقط sdf، لا شيء) وضع مرشح تدفق البيانات الخدمية: **SDF وضع**
- مع عناصر التحكم في الصفحات (افتراضي 100 لكل PDRs التصفح: تصفح صفحة، الحد الأقصى 1000)

#### PDRs IPv6 النازلة:

- النازلة PDRs IPv6 تدعم واجهة برمجة التطبيقات التصفح لـ IPv6
- ولكن مفاتيح بواسطة عناوين IPv4 نفس الهيكل مثل
- يمكن إضافة علامة تبوب واجهة المستخدم الكاملة إذا لزم الأمر

## قواعد إجراء إعادة التوجيه - FAR علامة تبوب

مع إجراءاتها ومعلماتها FARS عرض جميع:

### الميزات:

- المحددة FAR لعرض تفاصيل FAR نموذج البحث: البحث بواسطة معرف
- يملاً البحث تلقائياً PDR من تفاصيل FAR البحث التلقائي: النقر على معرفات

- حالة التخزين الحالية FAR التحداثات في الوقت الحقيقي: تعكس حالة

| العمود          | الوصف                                                                        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>معرف FAR</b> | معرف قاعدة إعادة التوجيه الفريد                                              |
| <b>الإجراء</b>  | ( FORWARD و DROP و BUFFER و DUPLICATE و NOTIFY ) أعلام إجراءات إعادة التوجيه |
| <b>التخزين</b>  | حالة التخزين الحالية ( مفعل / معطل )                                         |
| <b>الوجهة</b>   | ( IP عنوان ، TEID ) معلمات إنشاء الرأس الخارجي                               |

### أعلام إجراء FAR:

- **FORWARD (1)**: إعادة توجيه الحزمة إلى الوجهة
- **DROP (2)**: تجاهل الحزمة
- **BUFFER (4)**: تخزين الحزمة في المخزن
- **NOTIFY (8)**: إرسال إشعار إلى مستوى التحكم
- **DUPLICATE (16)**: تكرار الحزمة إلى وجهات متعددة

### تبديل التخزين:

- انقر على "تمكين التخزين" أو "تعطيل التخزين" لتبديل علامة التخزين
- مفيد لاستكشاف مشكلات الانتقال
- eBPF على الفور في خريطة FAR تغييرات إجراء

## قواعد تنفيذ - QER علامة تبويب QoS

المطبقة على تدفقات الحركة QoS عرض قواعد

### المميزات:

- للتنقل وتسلیط PDR من تفاصیل QER التنقل القابل للنقر: انقر على معرفات محمد QER الضوء على
- PDR عند التنقل من QER التسلیط التلقائی: يتم تسلیط الضوء على صفات

- مع عناصر التحكم في الصفحات (افتراضي 100 لكل صفحة، QERs التصفح: تصفح الحد الأقصى 1000)

| العمود               | الوصف                                                      |
|----------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>QER معرف</b>      | PDRs قابل للنقر عند الإشارة إليه من) الفريد QoS معرف قاعدة |
| <b>(الصاعدة) MBR</b> | ) الحد الأقصى ل معدل البت لحركة المرور الصاعدة (kbps)      |
| <b>(النازلة) MBR</b> | ) الحد الأقصى ل معدل البت لحركة المرور النازلة (kbps)      |
| <b>(الصاعدة) GBR</b> | ) معدل البت المضمون لحركة المرور الصاعدة (kbps)            |
| <b>(النازلة) GBR</b> | ) معدل البت المضمون لحركة المرور النازلة (kbps)            |
| <b>QFI</b>           | G علامة 5) معرف تدفق QoS                                   |

#### تفسير QoS:

- **MBR = 0**: لا يوجد حد للمعدل
- **GBR = 0**: أفضل جهد (لا يوجد عرض نطاق مضمون)
- **GBR > 0**: تدفق بمعدل بت مضمون (مفضل)

## قواعد تقارير الاستخدام - URR علامة تبويب

:عرض قواعد تتبع الاستخدام وعدد الحجم

#### الميزات:

- محدد وتسلیط الضوء URR للعثور على URR نموذج البحث: البحث بواسطة معرف عليه
- للتنقل وتسلیط PDR من تفاصيل URR **التنقل القابل للنقر**: انقر على معرفات محمد URR الضوء على
- باللون الأزرق عند التنقل من URR **التسلیط التلقائی**: يتم تسلیط الضوء على صف أو البحث عبر البحث PDR
- مع عناصر التحكم في الصفحات (افتراضي 100 لكل صفحة، URRs التصفح: تصفح الحد الأقصى 1000)

| العمود              | الوصف                                                                    |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>URR معرف</b>     | قابل للنقر عند الإشارة إليه من) معرف قاعدة تقارير الاستخدام الفريد PDRs) |
| <b>حجم الصاعدة</b>  | إلى الشبكة البيانات UE بيانات أرسلت من                                   |
| <b>حجم النازلة</b>  | UE بيانات أرسلت من الشبكة البيانات إلى                                   |
| <b>إجمالي الحجم</b> | إجمالي البيانات في كلا الاتجاهين                                         |
| <b>الإجراءات</b>    | زر الحذف لإعادة تعيين العدادات لهذه URR                                  |

#### عرض الحجم:

- و B و KB و MB و GB و TB) يتم تنسيقه تلقائياً
- يتم تحديث العدادات في الوقت الحقيقي مع كل تحديث
- يستخدم للفوترة والتحليلات

#### التصفيقة:

- ذات الحجم غير الصفرى URRS يظهر فقط
- غير النشطة (جميع العدادات عند 0) لأغراض الأداء URRs يتم تصفيقها

## حالات الاستخدام

#### فحص تصفيف الحركة:

1. انتقل إلى القواعد → علامة تبويب PDR
2. محدد UE لـ IP أو عنوان TEID ابحث عن
3. الصحيحين QER و FAR يرتبط بـ PDR تحقق من أن

#### استكشاف مشكلات إعادة التوجيه:

1. انتقل إلى القواعد → علامة تبويب FAR
2. للجلسة FAR من PDR حدد معرف

3. تحقق من أن الإجراء هو FORWARD أو DROP (ليس BUFFER)
4. تتحقق من إنشاء الرأس الخارجي

### مراقبة تنفيذ QoS:

1. انتقل إلى القواعد → علامة تبوب 1. QER
2. تتطابق مع السياسة GBR و MBR تتحقق من أن قيم 2. لتدفقات 5 QFI تتحقق من علامة G
- 3.

### تبني استخدام البيانات:

1. انتقل إلى القواعد → علامة تبوب 1. URR
2. قم بفرز حسب الحجم الإجمالي للعثور على أعلى المستخدمين.
3. راقب نمو الحجم بمرور الوقت.
4. تتحقق من تكامل الفوترة.

## إدارة المخازن

الرابط: /buffers

## الميزات

أثناء أحداث التنقل أو تبديل المسارات UPF يعرض مخازن مخازن الحزم التي تحتفظ بها.

### إحصائيات الإجمالية

❖❖❖ تعرض لوحة المعلومات إحصائيات المخازن المجمع:

- إجمالي الحزم: عدد الحزم المخزنة عبر جميع FARs
- إجمالي البيانات: إجمالي حجم البيانات المخزنة
- التي تحتوي على حزم مخزنة FARs عدد: FARs إجمالي
- FAR الحد الأقصى للحزم المسموح بها لكل FAR الحد الأقصى لكل FAR
- الحد الأقصى الإجمالي: الحد الأقصى للحزم المخزنة
- الحرمة: الوقت حتى انتهاء صلاحية الحزم المخزنة (بالثواني) TTL

### FAR المخازن حسب

مع الحزم المخزنة FARs جدول لجميع:

| العمود              | الوصف                                  |
|---------------------|----------------------------------------|
| <b>FAR معرف</b>     | معرف قاعدة إجراء إعادة التوجيه         |
| <b>عدد الحزم</b>    | عدد الحزم المخزنة لهذا FAR             |
| <b>عدد البايتات</b> | إجمالي البايتات المخزنة لهذا FAR       |
| <b>أقدم حزمة</b>    | الطابع الزمني لأقدم حزمة مخزنة         |
| <b>أحدث حزمة</b>    | الطابع الزمني لأحدث حزمة مخزنة         |
| <b>الإجراءات</b>    | أزرار التحكم في المخازن (على شكل حبوب) |

### إجراءات التحكم في المخازن

مع حزم مخزنة، تتوفر الأزرار التالية على شكل حبوب FAR لكل FAR:

#### تحكم التخزين:

- FAR يحدث علامة إجراء FAR **تعطيل التخزين (أحمر)**: إيقاف التخزين لهذا FAR
- FAR تمكين التخزين (أرجواني): تشغيل التخزين لهذا FAR

#### عمليات المخازن:

- الحالية FAR **تفريغ (أزرق)**: إعادة تشغيل جميع الحزم المخزنة باستخدام قواعد
- **مسح (رمادي)**: حذف جميع الحزم المخزنة دون إعادة توجيه

#### مسح جميع المخازن:

- زر "مسح جميع" الأحمر في الرأس
- FARs يمسح المخازن لجميع FARs
- يتطلب تأكيد

## حالات الاستخدام

### مراقبة تخزين الانتقال:

1. أثناء الانتقال، تحقق من أن الحزم يتم تخزينها.
2. (يجب أن تكون مفعّلة) FAR تتحقق من حالة تخزين.
3. راقب عدد الحزم وعمرها.

### إكمال الانتقال:

1. بعد تبديل المسار، انقر على "تفريغ" لإعادة تشغيل الحزم المخزنة.
2. تتحقق من أن الحزم قد تم إعادة توجيهها إلى المسار الجديد.
3. انقر على "تعطيل التخزين" لإيقاف التخزين.

### مسح المخازن العالقة:

1. مع حزم مخزنة قديمة (تحقق من أقدم طابع زمني) FARS حدد.
2. انقر على "مسح" للتخلص من الحزم القديمة.
3. أو انقر على "تعطيل التخزين" لمنع المزيد من التخزين.

### استكشاف مشكلات تجاوز السعة:

1. تتحقق من إجمالي عدد الحزم مقابل الحد الأقصى الإجمالي.
2. مع تخزين مفرط FARS حدد.
3. قد أرسل تعديل الجلسة لتعطيل التخزين SMF تتحقق من أن.
4. SMF قم بتعطيل التخزين يدوياً إذا تم تفويت أمر.

## التحديات في الوقت الحقيقي

يقوم عرض المخازن بتحديث تلقائي كل 5 ثوانٍ لعرض حالة المخزن الحالية.

## لوحة إحصائيات

الرابط: /statistics

# الميزات

لمزيد من OmniUPF، يوفر عرض الإحصائيات مقاييس الأداء في الوقت الحقيقي من مسار بيانات راجع [مراجع المقاييس Prometheus](#)، المعلومات التفصيلية حول مقاييس Prometheus.

## إحصائيات الحزم

: عدادات معالجة الحزم المجمعة

- إجمالي الحزم المستلمة على جميع الواجهات RX حزم
- إجمالي الحزم المرسلة على جميع الواجهات TX حزم
- حزم تم إسقاطها: الحزم التي تم تجاهلها بسبب الأخطاء أو السياسة
- GTP-U حزم مع تغليف GTP-U

ومعدل إسقاط الحزم UPF الاستخدام: مراقبة الحمل العام لحركة مرور

## إحصائيات المسارات

: مقاييس إعادة التوجيه لكل مسار (إذا كانت متاحة)

- ضربات المسار: الحزم المطابقة لكل قاعدة توجيه
- نجاح إعادة التوجيه: عدد الحزم التي تم إعادة توجيهها بنجاح
- أخطاء إعادة التوجيه: محاولات إعادة التوجيه الفاشلة

الاستخدام: تحديد المسارات المزدحمة وأخطاء إعادة التوجيه

## إحصائيات XDP

أداء مقاييس eXpress Data Path:

- XDP المعالج: إجمالي الحزم المعالجة في طبقة XDP
- XDP المرسلة: الحزم المرسلة إلى كومة الشبكة
- XDP المرفوضة: الحزم المرفوضة في طبقة XDP
- XDP الملغاة: أخطاء المعالجة في برنامج XDP

واكتشاف أخطاء المعالجة XDP الاستخدام: مراقبة أداء

## XDP أسباب إسقاط

- تنسيق حزمة غير صالح
- eBPF فشل البحث في خريطة
- إسقاطات قائمة على السياسة
- استنفاد الموارد

### **N3/N6 واجهات إحصائيات**

: عدادات حركة المرور لكل واجهة

#### **RAN (اتصال) N3 واجهة**

- RX N3: gNB/eNodeB الحزم المستلمة من
- TX N3: gNB/eNodeB الحزم المرسلة إلى

#### **(اتصال الشبكة البيانات) N6 واجهة**

- RX N6: IMS/الإنترنت) الحزم المستلمة من الشبكة البيانات
- TX N6: الحزم المرسلة إلى الشبكة البيانات

**الإجمالي:** إجمالي عدد الحزم عبر الواجهات

**الاستخدام:** مراقبة توازن الحركة ومشكلات محددة بالواجهة

## **حالات الاستخدام**

### **مراقبة حمل الحركة**

1. للحزم RX/TX تحقق من معدلات
2. تتحقق من أن الحركة تتدفق في كلا الاتجاهين
3. (يجب أن تكون متساوية تقريرياً) N6 مقابل N3 قارن حركة

### **اكتشاف إسقاط الحزم**

1. تتحقق من عداد الحزم المعرفة
2. راجع عداد الحزم المعرفة XDP
3. تتحقق من السبب في السجلات إذا كانت الإسقاطات مرتفعة

### **تحليل الأداء**

1. راقب نسبة الحزم المعالجة إلى المرسلة XDP
2. (تشير إلى الأخطاء) XDP تحقق من إسقاطات
3. N3/N6 تتحقق من توزيع حركة المرور على واجهات

#### **تخطيط السعة:**

1. تتبع معدل الحزم بمرور الوقت
2. UPF قارن مع حدود سعة
3. خطط للتوسيع إذا اقتربت من الحدود

## **التحديثات في الوقت الحقيقي**

تقوم الإحصائيات بالتحديث تلقائياً كل 5 ثوانٍ.

## **مراقبة السعة**

**الرابط:** /capacity

## **الميزات**

وحدود السعة لجميع الخرائط في مسار بيانات eBPF يعرض عرض السعة استخدام خريطة UPF.

### **eBPF جدول استخدام خريطة**

مع معلومات الاستخدام eBPF جدول لجميع خرائط:

| العمود      | الوصف                                           |
|-------------|-------------------------------------------------|
| اسم الخريطة | eBPF (مثل) uplink_pdr_map , far_map ) اسم خريطة |
| المستخدم    | عدد الإدخالات الموجودة حالياً في الخريطة        |
| السعه       | الحد الأقصى للإدخالات المسموح بها في الخريطة    |
| الاستخدام   | شريط تقدم مرئي مع النسبة المئوية                |
| حجم المفتاح | حجم مفاتيح الخريطة بالبايتات                    |
| حجم القيمة  | حجم قيم الخريطة بالبايتات                       |

## مؤشرات الاستخدام الملونة

: يتم تلوين شريط تقدم الاستخدام بناءً على الاستخدام

- أخضر (<50%): تشغيل طبيعي، سعة كافية
- أصفر (50-70%): تحذير، راقب النمو
- كهروماني (70-90%): تحذير، خطط لزيادة السعة
- أحمر (>90%): حرج، يتطلب اتخاذ إجراء فوري

## الخرايط الحرجة للمراقبة

### uplink\_pdr\_map:

- الصاعدة المفاتيح بواسطة PDRs يخزن TEID
- إدخال واحد لكل تدفق حركة مرور صاعدة
- حرجة: الاستنفاد يمنع إنشاء جلسات جديدة

### downlink\_pdr\_map / downlink\_pdr\_map\_ip6:

- UE لـ IP النازلة المفاتيح بواسطة عنوان PDRs يخزن UE
- IPv4/IPv6 إدخال واحد لكل عنوان UE
- حرجة: الاستنفاد يمنع إنشاء جلسات جديدة

### **far\_map:**

- FAR يخزن قواعد إجراء إعادة التوجيه المفاتيح بواسطة معرف
- PDRs مشتركة عبر عدة
- **أولوية عالية:** تؤثر على قرارات إعادة التوجيه

### **qer\_map:**

- المفاتيح بواسطة معرف QoS يخزن قواعد تنفيذ
- ولكن ليس على الاتصال الأساسي QoS **أولوية متوسطة:** تؤثر على

### **urr\_map:**

- URR يخزن قواعد تقارير الاستخدام المفاتيح بواسطة معرف
- **أولوية منخفضة:** تؤثر على الفوترة ولكن ليس على الاتصال

## **حالات الاستخدام**

### **:تخطيط السعة**

1. راقب اتجاهات استخدام الخريطة بمرور الوقت
2. حدد أي الخرائط تنمو بسرعة أكبر
3. خطط لزيادة السعة قبل الوصول إلى الحدود

### **:منع فشل إنشاء الجلسات**

1. قبل زيادة حركة المرور المتوقعة PDR تحقق من استخدام خريطة
2. زيادة سعة الخريطة إذا اقتربت من الحدود
3. راقب بعد زيادة السعة للتحقق

### **:استكشاف مشكلات الجلسات**

1. عندما يفشل إنشاء الجلسة، تحقق من عرض السعة
2. حمراء (<90%)، فإن السعة مستنفدة PDR إذا كانت خرائط
3. زيادة سعة الخريطة أو مسح الجلسات القديمة

### **:تحسين تكوين الخريطة**

1. راجع أحجام المفاتيح والقيم

- احسب استخدام الذاكرة لكل خريطة .2
- تحسين أحجام الخرائط بناءً على أنماط الاستخدام الفعلية .3

## تكوين السعة

:القيم النموذجية UPF في ملف تكوين eBPF عند بدء تشغيل يتم تكوين ساعات خريطة

- نشر صغير: 10,000 - 100,000 إدخال لكل خريطة •
- نشر متوسط: 100,000 - 1,000,000 إدخال لكل خريطة •
- نشر كبير: +1,000,000 إدخال لكل خريطة •

:حساب الذاكرة

$$\text{ذاكرة الخريطة} = (\text{حجم المفتاح} + \text{حجم القيمة}) \times \text{السعة}$$

مع 1 مليون إدخال وقيم بحجم 64 بايت حوالي PDR على سبيل المثال، تستخدم خريطة ميجابايت من ذاكرة النواة.

## التحديات في الوقت الحقيقي

يقوم عرض السعة بتحديث تلقائي كل 10 ثوانٍ.

## عرض التكوين

الرابط: [/upf\\_config](#)

## الميزات

وتكوين مستوى البيانات UPF يعرض عرض التكوين معلمات تشغيل.

### تكوين UPF

:الثابت UPF يعرض تكوين

- SMF/PGW-C والمنفذ للاتصال بـ IP عنوان: **PFCP واجهة**
- RAN (gNB/eNodeB) لاتصال بـ IP عنوان: **N3 واجهة**

- للاتصال بالشبكة البيانات IP عنوان: **N6 واجهة**
- (اختياري) UPFs للتواصل بين IP عنوان: **N9 واجهة**
- REST منفذ استماع واجهة برمجة التطبيقات: **API منفذ**
- الإصدار: OmniUPF إصدار برنامج

### **(eBPF) تكوين مستوى البيانات**

: يعرض معلمات مستوى البيانات النشطة في وقت التشغيل

- في وقت التشغيل N3 النشط: ربط واجهة **N3 عنوان**
- في وقت التشغيل (إذا تم تمكينه) N9 النشط: ربط واجهة **N9 عنوان**

. الفعلي وقد تختلف عن التكوين الثابت إذا تم تغيير الواجهات eBPF تعكس هذه القيم تكوين مسار

## **حالات الاستخدام**

### **تحقق من اتصال UPF:**

1. gNB ينطابق مع تكوين N3 تحقق من أن عنوان واجهة.
2. يمكنها التوجيه إلى الشبكة البيانات N6 تتحقق من أن واجهة.
3. قابلة للوصول من PFCP تأكد من أن واجهة SMF

### **استئناف مشكلات الواجهة:**

1. قارن التكوين الثابت مع العنوانين النشطة في مستوى البيانات.
2. تتحقق من أن الواجهات مرتبطة بشكل صحيح.
3. تتحقق من تغييرات تكوين الواجهة.

### **التوثيق والتدقيق:**

1. للتوثيق UPF سجل تكوين
2. تتحقق من أن النشر ينطابق مع مواصفات التصميم
3. تدقيق تعينات الواجهة

## **عرض المسارات**

**الرابط:** /routes

# الميزات

وجلسات بروتوكول (UE) لمعدات المستخدم IP يوفر عرض المسارات مراقبة لمسارات (OSPF و BGP) التوجيه.

## نظرة عامة على حالة المسار

: تعرض لوحة المعلومات إحصائيات المسار المجمعة

- الحالة: تمكين أو تعطيل التوجيه
- UE لمعدات IP إجمالي المسارات: إجمالي عدد مسارات
- متزامن: عدد المسارات المتزامنة بنجاح
- فشل: عدد المسارات التي فشلت في التزامن

## النشطة UE IP مسارات

: النشطة لمعدات المستخدم IP جدول يعرض جميع مسارات

| العمود      | الوصف                           |
|-------------|---------------------------------|
| الفهرس      | رقم فهرس المسار                 |
| UE IP عنوان | UE المعين لـ IPv4 أو IPv6 عنوان |

: الغرض

- التي تم تكوين مسارات لها UE لـ IP عرض جميع عناوين
- التحقق من توزيع المسارات إلى بروتوكولات التوجيه
- مراقبة حالة تزامن المسارات

## جيран OSPF

: جدول لجيран بروتوكول OSPF (Open Shortest Path First):

| العمود             | الوصف                              |
|--------------------|------------------------------------|
| <b>معرف الجار</b>  | معرف جهاز توجيه OSPF               |
| <b>العنوان</b>     | عنوان IP لجار OSPF                 |
| <b>الواجهة</b>     | الواجهة المستخدمة لجوار OSPF       |
| <b>الحالة</b>      | (كاملة، أولية، إلخ) حالة جوار OSPF |
| <b>الأولوية</b>    | قيمة أولوية OSPF                   |
| <b>مدة التشغيل</b> | المدة التي كان فيها الجار نشطاً    |
| <b>مدة الموت</b>   | الوقت حتى يعتبر الجار ميتاً        |

### حالات OSPF:

- **كاملة** (أخضر): متجاورة بالكامل وتبادل معلومات التوجيه
- **حالات أخرى** (أصفر): تشكيل الجوار أو غير مكتمل

### أقران BGP

BGP (Border Gateway Protocol): جدول لأقران بروتوكول

| العمود                   | الوصف                               |
|--------------------------|-------------------------------------|
| <b>عنوان الجار</b>       | عنوان IP للجار BGP                  |
| <b>ASN</b>               | رقم النظام المستقل للجار            |
| <b>الحالة</b>            | (تأسست، خاملة، إلخ) حالة جلسة BGP   |
| <b>المدة</b>             | مدة الحالة الحالية                  |
| <b>البادئات المستلمة</b> | عدد بادئات المسار المستلمة من الجار |
| <b>الرسائل المرسلة</b>   | المرسلة إلى الجار BGP إجمالي رسائل  |
| <b>الرسائل المستلمة</b>  | المستلمة من الجار BGP إجمالي رسائل  |

#### **BGP حالات:**

- نشطة، تبادل المسارات BGP **تأسست** (أخضر): جلسة
- حالات أخرى** (أحمر): الجلسة متوقفة أو في مرحلة التأسيس

مكوًناً BGP عندما يكون ASN المحلي و BGP يعرض الرأس أيضًا معرف جهاز توجيه.

#### **OSPF المسارات المعاد توزيعها**

UE: للمسارات المعاد توزيعها لـ (إعلانات حالة الربط) OSPF الخارجية LSAs جدول يظهر

| العمود              | الوصف                                             |
|---------------------|---------------------------------------------------|
| معرف حالة الربط     | (عادةً عنوان الشبكة) LSA معرف                     |
| القناع              | قناع الشبكة للمسار                                |
| جهاز التوجيه المعلن | معرف جهاز التوجيه الذي يعلن عن هذا المسار الخارجي |
| نوع المقياس         | نوع مقاييس OSPF أو E1 أو E2                       |
| المقياس             | للمسار OSPF مقياس تكلفة                           |
| العمر               | (بالثواني) LSA الوقت منذ أن تم إنشاء              |
| رقم التسلسل         | للتحديثات LSA رقم تسلسل                           |

#### الغرض:

- يتم إعادة توزيعها في UE التحقق من أن مسارات OSPF
- مراقبة أي جهاز توجيه يعلن عن المسارات الخارجية
- والتحديثات LSA تتبع عمر

## إجراءات التحكم في المسارات

#### زر مزامنة المسارات:

- FRR (Free Range Routing) يحفز يدوياً مزامنة المسارات إلى
- UE يجبر تحديث بروتوكول التوجيه مع المسارات الحالية لـ
- مفید بعد تغييرات التكوين أو لاستعادة من فشل المزامنة

#### زر التحديث:

- يقوم بتحديث جميع معلومات المسار يدوياً
- وجدائل المسارات BGP ، أقران OSPF يحدث جiran

# حالات الاستخدام

## مراقبة صحة بروتوكول التوجيه:

1. انتقل إلى عرض المسارات.
2. ("يجب أن تكون "كاملة) OSPF تحقق من حالات جيران.
3. "تأسست" BGP تتحقق من أن أقران.
4. تأكد من العدد المتوقع من الجيران/الأقران.

## UE التحقق من توزيع مسارات:

1. محدد UE النشطة لـ IP تتحقق من جدول مسارات.
2. انتقل إلى قسم المسارات المعاد توزيعها OSPF.
3. الخارجية LSAs في UE تتحقق من ظهور مسار.
4. المتوقع UPF تأكد من أن جهاز التوجيه المعلن يتطابق مع.

## استكشاف مشكلات مزامنة المسارات:

1. تتحقق من العدادات المترافقية مقابل الفاصلة في نظرية الحالة.
2. "إذا كانت المسارات تفشل، انقر على زر "مزامنة المسارات.
3. راقب رسائل الخطأ في الشريط الأحمر إذا فشلت المزامنة.
4. في الأقسام المعنية OSPF/BGP تتحقق من رسائل الخطأ.

## UPF التحقق من نشر متعدد:

1. المختلفة من القائمة المنسدلة UPF حدد مثيلات.
2. قارن عدد المسارات عبر المثيلات.
3. يرون بعضهم البعض OSPF تتحقق من أن جiran.
4. BGP تتحقق من علاقات الاقتران.

## مراقبة توسيع المسارات:

1. UE تتبع العدد الإجمالي للمسارات مع زيادة جلسات.
2. تتحقق من توزيع المسارات إلى بروتوكولات التوجيه.
3. راقب نمو عدد LSAs OSPF.
4. المستلمة من الأقران BGP تتحقق من عدد بادئات.

## التحديثات في الوقت الحقيقي

يقوم عرض المسارات بتحديث تلقائي كل 10 ثوانٍ لعرض حالة بروتوكول التوجيه الحالية ومسارات UE.

## تكامل التوجيه

يتكامل عرض المسارات مع UPF الذي يعمل على (FRR Free Range Routing):

- **OSPF:** خارجية من النوع 2 LSAs يتم إعادة توزيع المسارات كـ
- **BGP:** المكونة BGP يتم الإعلان عن المسارات إلى أقران
- **آلية المزامنة:** تستدعي مكالمات واجهة برمجة التطبيقات FRR لتحديث vtysh أوامر REST

## XDP عرض قدرات

الرابط: [/xdp\\_capabilities](#)

## الميزات

وقدرات الأداء وحسابات eXpress Data Path (XDP) يعرض وضع XDP عرض قدرات UPF الإنتاجية لمسار بيانات.

## تكوين الواجهة

يعرض معلومات واجهة الشبكة والسائل:

| الحقل                 | الوصف                                             |
|-----------------------|---------------------------------------------------|
| اسم الواجهة           | XDP (مثل) eth0, ens1f0) واجهة الشبكة المستخدمة لـ |
| السائق                | (مثل) اسم سائق الشبكة i40e, ixgbe, virtio_net)    |
| إصدار السائق          | سلسلة إصدار السائق                                |
| الوضع الحالي          | (DRV أو SKB أو NONE) وضع XDP النشط                |
| عدد الطوابير المتعددة | المعالجة المتوازية NIC عدد أزواج طوابير           |

## أوضاع XDP

مع حالة دعمها وخصائص الأداء XDP يعرض العرض جميع أوضاع:

### XDP\_DRV (وضع السائق):

- (ملايين الحزم في الثانية) Mpps **الأداء:** ~ 10-5
- الأصلي في السائق، أعلى أداء XDP **الوصف:** دعم
- (إلخ، mlx5، ixgbe، i40e) الأصلي XDP مع دعم NIC يتطلب: سائق
- **الحالة:** مدعوم إذا كان لدى السائق خطافات
- حمراء (X) إذا لم يكن **المؤشر:** علامة تحقق خضراء (✓) إذا كان مدعومًا، علامة كذلك

### XDP\_SKB (الوضع العام):

- 2-1 Mpps **الأداء:** ~
- **الوصف:** وضع احتياطي يستخدم كومة الشبكة في النواة
- **يتطلب:** أي واجهة شبكة
- **الحالة:** مدعوم دائمًا
- (✓) **المؤشر:** علامة تتحقق خضراء

### :مؤشر الوضع الحالي

- النشط حالياً XDP نقطة زرقاء بجوار وضع
- يظهر أي وضع قيد الاستخدام فعلياً

## **أسباب عدم دعم الوضع**

- إذا كان الوضع غير مدعوم، يوضح حقل "السبب" السبب
- عدم توافق نوع الواجهة ، XDP الأسباب الشائعة: السائق، يفتقر إلى دعم

Mpps يظهر تكوين الواجهة، الأوضاع المدعومة، وحاسبة الإنتاجية التفاعلية XDP عرض قدرات

## **التوصيات**

يعرض العرض شريط توصية ملون بناءً على التكوين الحالي

### **أخضر (مثال)**

- "مع دعم السائق الأصلي XDP\_DRV مثال: تم تمكين وضع ✓"
- الوضع الأعلى أداءً نشط

### **أصفر (تحذير)**

- "للحصول على أداء أفضل XDP\_DRV يعتبر الترقية إلى وضع ▲"
- يعلم في الوضع العام عندما يكون وضع السائق متاحاً
- "غير مدعوم من قبل هذا ❓ لسائق XDP\_DRV تحذير: وضع ▲"

- القيود على الأجهزة تمنع الأداء الأمثل

### أزرق (معلومات):

- معلومات عامة حول تكوين XDP

## أداء حاسبة Mpps

إلى الإنتاجية (Mpps) حاسبة تفاعلية لتحويل معدل الحزم (Gbps):

### معلومات الإدخال

#### (Mpps) معدل الحزم:

- النطاق: 0.1 - 100 Mpps
- الحالي XDP لوضع Mpps الافتراضي: الحد الأقصى لـ
- يمثل ملايين الحزم المعالجة في الثانية

#### متوسط حجم الحزمة (بايت):

- النطاق: 64 - 9000 بايت
- (نموذجية GTP حزمة) الافتراضي: 1200 بايت
- يتضمن الحزمة الكاملة مع تغليف GTP

### أزرار الإعداد السريع:

- Ethernet الحد الأدنى لحجم إطار (الحد الأدنى) **64B**
- حزم صغيرة: **128B**
- مستوى التحكم أو الإشارات: **256B**
- حزم متوسطة الحجم: **512B**
- حزم كبيرة: **1024B**
- بدون إطارات ضخمة Ethernet الحد الأقصى لحجم إطار (الحد الأقصى) **1518B**

### نتائج الحساب

#### (Gbps) إجمالي الإنتاجية:

- الإنتاجية بمعدل السلك بما في ذلك جميع الرؤوس
- $$\text{Gbps} = \text{Mpps} \times \text{Packet\_Size} \times 8 / 1000$$
: الصيغة

- يتضمن رؤوس Ethernet و UDP و IP و GTP

### **(Gbps) معدل بيانات المستخدم:**

- الإنتاجية الفعلية للحمولة المستخدم
- يستبعد ~ 50 بايت من تكلفة تغليف GTP
- الصيغة:  $Gbps = Mpps \times (Packet\_Size - 50) / 1000$

### **معدل الحزم:**

- والحزم/الثانية مع فاصل الآلاف Mpps يعرض
- حزمة/ثانية Mpps = 10,000,000 مثل: 10

### **عرض الصيغة:**

- يظهر تفاصيل الحساب خطوة بخطوة
- مثال:  $10 \text{ Mpps} \times 1200 \text{ بت/بايت} \div 1000 = 96 \text{ Gbps}$

## **Mpps فهم**

يتضمن العرض قسم تفسير يغطي:

### **ما هو Mpps:**

- ملايين الحزم في الثانية
- مقياس رئيسي لأداء معالجة الحزم
- مستقل عن حجم الحزمة

### **العلاقة بالإنتاجية:**

- أعلى Gbps = مع حزم أكبر Mpps نفس
- أقل Gbps = مع حزم أصغر Mpps نفس
- تعتمد الإنتاجية على كل من المعدل وحجم الحزمة

### **تكلفة تغليف GTP:**

- بايت Ethernet: 14 رأس
- بايت IPv4 (IP) أو 40 بايت IPv6 (رأس)

- بait 8: UDP رأس
- بait (الحد الأدنى) 8: GTP رأس
- إجمالي التكلفة النموذجية: ~ 50 بait لكل حزمة

## حالات الاستخدام

### تقييم أداء XDP:

1. انتقل إلى عرض قدرات XDP (للحصول على أفضل أداء DRV يجب أن يكون) الحالي XDP تحقق من وضع لاحظ نطاق أداء Mpps
2. راجع شريط التوصية.

### حساب الإنتاجية المتوقعة:

1. أدخل معدل الحزمة المتوقعة في Mpps
2. أدخل متوسط حجم الحزمة لملف حركة المرور الخاص بك
3. راجع الإنتاجية المحسوبة في Gbps
4. قارن مع سعة الرابط أو متطلبات الأداء

### XDP تحسين تكوين:

1. مدعوماً ولكن غير نشط XDP\_DRV تحقق مما إذا كان وضع مدعوماً ولكن غير نشط XDP\_DRV تتحقق مما إذا كان وضع
2. راجع إصدار السائق والتوافق
3. اتبع التوصية لترقية الوضع إلى وضع السائق إذا كان متاحاً
4. تحقق من أن عدد الطوابير المتعددة يتوافق مع أنواع CPU

### تخطيط السعة:

1. المطلوب للإنتاجية المستهدفة Mpps استخدام الحاسبة لتحديد
2. الحالى XDP قارن مع قدرات وضع
3. حدد ما إذا كانت هناك حاجة لترقية الأجهزة
4. خطط لاختيار الواجهة والسائق للنور الجديد

### استكشاف مشكلات الأداء:

1. وليس DRV هو XDP تتحقق من أن وضع SKB
2. تتحقق من إصدار السائق لأية مشكلات أداء معروفة

3. تحقق من أن عدد الطوابير المتعددة كافٍ
4. احسب ما إذا كان الوضع الحالي يدعم الإنتاجية المطلوبة

## نصائح لتحسين الأداء

### (XDP\_DRV) وضع السائق:

- الأصلي XDP (Intel i40e/ixgbe, Mellanox mlx5) مع دعم NICs استخدم
- إلى أحدث إصدار NIC تحديث ببرامج تشغيل
- للمعالجة المتوازية (RSS) تمكين الطوابير المتعددة
- NIC ضبط أحجام مخازن

### (XDP\_SKB) الوضع العام:

- مقبول للتطوير والاختبار
- غير موصى به للإنتاج عالي الإنتاجية
- النظر في ترقية الأجهزة للنشر الإنتاجي

### تكوين الطوابير المتعددة:

- CPU يجب أن يتطابق عدد الطوابير مع أو يتجاوز عدد أنوية
- يمكن المعالجة المتوازية للحزم عبر الأنوية
- (توزيع الحمل على جانب الاستقبال) RSS يوزع الحمل عبر

## التحديات في الوقت الحقيقي

بالتحديث كل 30 ثانية لتحديث حالة الواجهة ومعلومات الوضع XDP يقوم عرض قدرات.

## عارض السجلات

الرابط: /logs

## الميزات

في الوقت الحقيقي من لوحة التحكم OmniUPF عرض سجلات تطبيق.

## الميزات:

- بث سجلات حية عبر Phoenix LiveView
- تحديثات في الوقت الحقيقي عند إنشاء السجلات
- تاريخ سجلات قابل للتمرير
- مفيد لاستكشاف الأخطاء وإصلاحها أثناء الجلسات النشطة

## مستويات السجل

القياسية في Elixir: Logger تستخدم سجلات OmniUPF مستويات

- **DEBUG:** معلومات تشخيصية مفصلة
- **INFO:** رسائل معلومات عامة (افتراضي)
- **WARNING:** رسائل تحذير لمشكلات غير حرجة
- **ERROR:** رسائل خطأ للفشل

## حالات الاستخدام

### استكشاف مشكلات إنشاء الجلسة

1. افتح عرض السجلات
2. ابدأ إنشاء الجلسة من SMF
3. وأي أخطاء PFCP راقب سجلات رسائل

### PFCP مراقبة الاتصال:

1. PFCP عرض رسائل إعداد ارتباط
2. تتبع إنشاء/تعديل/حذف الجلسات
3. تحقق من رسائل نبض القلب

### تصحيح مشكلات إعادة التوجيه

1. ابحث عن أخطاء معالجة الحزم
2. eBPF تحقق من سجلات تشغيل خريطة FAR/PDR
3. حدد مشكلات تكوين

# أفضل الممارسات

## إرشادات التشغيل

### :المراقبة

- تحقق بانتظام من عرض السعة لمنع استنفاد الخريطة
- راقب الإحصائيات للأنماط غير العادية أو الإسقاطات
- تتبع نمو عدد الجلسات بمرور الوقت
- راقب أخطاء معالجة XDP

### :إدارة المخازن

- راقب المخازن أثناء سيناريوهات الانتقال
- TTL امسح المخازن العالقة إذا تجاوزت الحزم
- تحقق من تعطيل التخزين بعد إكمال الانتقال
- استخدم "تفريغ" بدلاً من "مسح" لتجنب فقدان الحزم

### :إدارة الجلسات

- محددة UE استخدم الفلاتر للعثور بسرعة على جلسات
- قم بتوسيع الجلسات للتحقق من تكوين القاعدة
- UPF قارن الجلسات عبر عدة مثيلات
- تحقق من مؤشر الصحة قبل استكشاف الأخطاء

### :استكشاف الأخطاء

- استخدم السجلات لاستكشاف الأخطاء في الوقت الحقيقي
- UE تحقق من عرض الجلسات للتحقق من اتصال
- تحقق من تكوين القواعد لتدفقات الحركة
- راقب الإحصائيات لإسقاط الحزم أو أخطاء إعادة التوجيه

## الأداء

- يتم تحديث لوحة التحكم تلقائياً كل 5-10 ثوانٍ حسب العرض
- قد تستغرق قوائم الجلسات الكبيرة وقتاً للتحميل

- حجوم غير صفرية (L) يقوم عرض القواعد بتصفيه الإدخالات النشطة فقط
- المحدد UPF يتم تنفيذ عمليات المخازن على الفور على

## الوثائق ذات الصلة

- URR و QER و FAR و PDR و **دليل إدارة القواعد** - تكوين
- **دليل المراقبة** - الإحصائيات والمقاييس وتحطيط السعة
- **مرجع المقاييس Prometheus** - مرجع كامل لمقاييس
- وتشخيص الجلسات PFCP رموز أخطاء - **PFCP رموز أسباب**
- والتصفح REST **توثيق واجهة برمجة التطبيقات** - مرجع واجهة برمجة التطبيقات
- وتكامل UE **دليل المسارات FRR** - تفاصيل توجيه
- ومعلومات eBPF XDP توثيق مفصل لوضع - **XDP دليل أوضاع**
- **دليل استكشاف الأخطاء** - مشكلات شائعة وتشخيصات
- العامة والهندسة المعمارية UPF عمليات - **UPF دليل عمليات**

# لـ XDP أوضاع إرافق OmniUPF

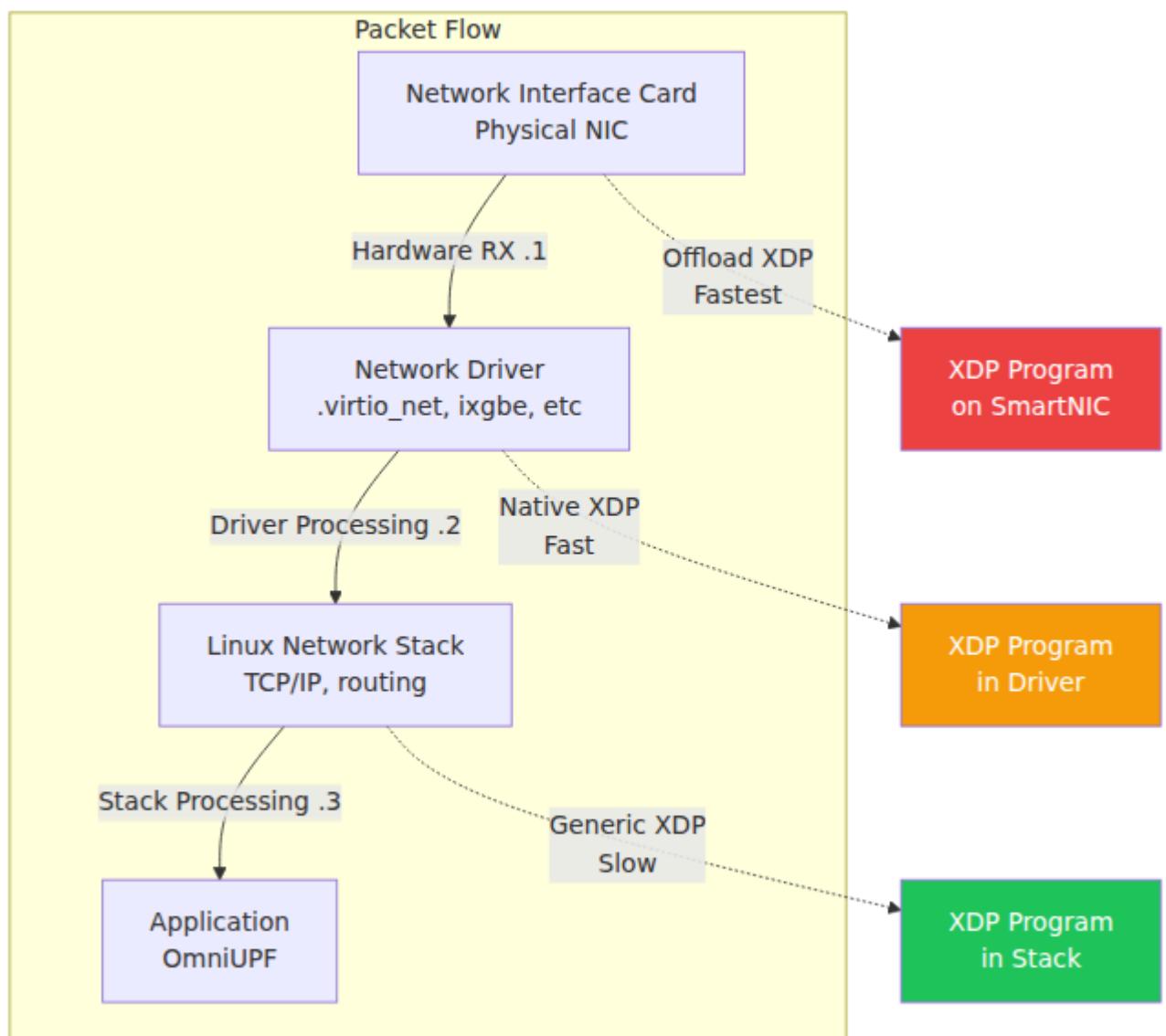
## جدول المحتويات

- نظرة عامة.
- مقارنة أوضاع XDP
- الوضع العام (افتراضي).
- الوضع الأصلي (موصى به للإنتاج)
- (SmartNIC) وضع التحميل.
- الأصلي على Proxmox VE تمكين XDP
- الأخرى Hypervisors على XDP تمكين
- XDP التحقق من وضع
- XDP استكشاف مشكلات.

## نظرة عامة

هي تقنية XDP . لمعالجة الحزم عالية الأداء (**مسار البيانات السريع**) OmniUPF يستخدم بالتشغيل في أقرب نقطة ممكنة في كومة (eBPF) نواة لينكس تسمح لبرامج معالجة الحزم الشبكة، مما يوفر زمن انتقال بمستوى микروثانية ومعدل نقل يصل إلى ملايين الحزم في الثانية.

في مسار الحزمة eBPF أين يتم تنفيذ برنامج XDP يحدد وضع إرافق:



ويحدد ما إذا كنت تستطيع تحقيق OmniUPF الصحيح بشكل كبير على أداء XDP يؤثر اختيار وضع معالجة حزم بمستوى الإنتاج.

# XDP مقارنة أوضاع

| الجانب                         | الوضع العام                           | الوضع الأصلي                         | وضع التحميل                           |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| نقطة الإرافق                   | كومة الشبكة في لينكس                  | ❖❖ برنامج التشغيل الشبكي             | NIC أجهزة                             |
| الأداء                         | ~1-2 Mpps                             | ~5-10 Mpps                           | ~10-40 Mpps                           |
| زمن الانتقال                   | ~100 μs                               | ~10 μs                               | ~1 μs                                 |
| استخدام وحدة المعالجة المركزية | مرتفع                                 | متوسط                                | منخفض                                 |
| متطلبات NIC                    | NIC أي                                | برنامج تشغيل يدعم XDP                | مع دعم SmartNIC XDP                   |
| دعم Hypervisor                 | Hypervisors جميع                      | معظمها (يتطلب تعدد الطوابير)         | (PCI) نادر passthrough                |
| حالة الاستخدام                 | الاختبار، التطوير                     | الإنتاج (موصى به)                    | موقع الحافة ذات النطاق الترددي العالي |
| التكوين                        | <code>xdp_attach_mode: generic</code> | <code>xdp_attach_mode: native</code> | <code>xdp_attach_mode: offload</code> |

التحذيق: استخدم **الوضع الأصلي** للنشر في الإنتاج. الوضع العام مناسب فقط للاختبار.

# الوضع العام (افتراضي)

## الوصف

في كومة الشبكة في لينكس بعد أن يقوم ببرنامج eBPF العام على تشغيل برنامج XDP يعمل ولكنها يعمل مع أي واجهة شبكة XDP التشغيل بمعالجة الحزمة. هذا هو أبطأ وضع.

## خصائص الأداء

- **معدل النقل:** ~2-1 مليون حزمة في الثانية (Mpps)
- **زمن الانتقال:** ~100 ميكروثانية لكل حزمة
- **XDP** الحزمة تنسخ إلى كومة النواة قبل عبء وحدة المعالجة المركزية: مرتفع

## متى تستخدم

- **التطوير والاختبار فقط**
- **بيانات المختبر** حيث لا تهم الأداء
- **البشر الأولي** للتحقق من الوظائف قبل تحسينها

## التكوين

```
config.yaml
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: generic # الوضع الافتراضي
```

تحذير: الوضع العام غير مناسب للإنتاج. سيصبح عنق الزجاجة عند معدلات الحزم العالية ويهدى موارد وحدة المعالجة المركزية.

# الوضع الأصلي (موصى به للإنتاج)

## الوصف

داخل برنامج التشغيل الشبكي، قبل أن تصل eBPF الأصلي على تشغيل برنامج XDP يعمل الحزم إلى كومة الشبكة في لينكس. يوفر هذا أداءً قريباً من الأجهزة مع الحفاظ على مرونة مستوى النواة.

## خصائص الأداء

- لكل نواة (Mpps) معدل النقل: ~10-5 مليون حزمة في الثانية
- زمن الانتقال: ~10 ميكروثانية لكل حزمة
- عباء وحدة المعالجة المركزية: منخفض (الحزمة تعالج على مستوى برنامج التشغيل)
- NIC التوسيع: توسيع خطي مع أنوية وحدة المعالجة المركزية وطوابير

## متى تستخدم

- نشر الإنتاج (موصى به)
- الشبكات ذات الدرجة الناقلة التي تتطلب نطاق تردد عالي
- سيناريوهات الحوسبة الحافحة مع متطلبات الأداء
- أي نشر حيث تهم الأداء

## NIC متطلبات تشغيل برنامج

:الأصلي XDP الحديثة NICs تدعم معظم الأصلي برنامج تشغيل شبكة مع دعم XDP يتطلب

**NICs الفيزيائية (bare metal):**

- Intel: `ixgbe` (10G), `i40e` (40G), `ice` (100G)
- Broadcom: `bnxt_en`
- Mellanox: `mlx4_en`, `mlx5_core`
- Netronome: `nfp` (مع دعم التحميل)
- Marvell: `mvneta`, `mvpp2`

**NICs الافتراضية (hypervisors):**

- VirtIO: `virtio_net` (KVM, Proxmox, OpenStack) ✓
- VMware: `vmxnet3` ✓
- Microsoft: `hv_netvsc` (Hyper-V) ✓
- Amazon: `ena` (AWS) ✓
- SR-IOV: `ixgbevf`, `i40evf` (PCI passthrough) ✓

**الأصلية** (استخدم الوضع العام فقط) **XDP** لا يدعم **VirtualBox**: ملاحظة.

## التكوين

```
config.yaml
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: native
```

NICs متطلبات تعدد الطوابير: للحصول على أداء مثالي، قم بتمكين تعدد الطوابير على (أدنى Proxmox انظر قسم) الافتراضية.

## وضع التحميل (SmartNIC)

### الوصف

**NIC** (SmartNIC)، eBPF المحمول على تشغيل برنامج XDP يعمل **NIC** مباشرة على أجهزة مجاوراً وحدة المعالجة المركزية تماماً لمعالجة الحزم. يوفر هذا أعلى أداء ولكنه يتطلب أجهزة متخصصة.

### خصائص الأداء

- **معدل النقل:** ~40-100 مليون حزمة في الثانية (Mpps)
- **زمن الانتقال:** ~1 ميكروثانية لكل حزمة
- **ال المعالجة على NIC**: قريب من الصفر

### متى تستخدم

- نشر ذو نطاق ترددي فائق (UPF) لكل مثيل 10G+

- **موقع الحافة مع تسريع الأجهزة**
- **نشر حساس للتكلفة** (تقليل متطلبات وحدة المعالجة المركزية)

## متطلبات الأجهزة

المحمل XDP حالياً تدعم فقط SmartNICs Agilio من Netronome:

- Netronome Agilio CX 10G/25G/40G/100G

غير متاح في تكوينات - **bare metal أو PCI passthrough ملاحظة**: يتطلب وضع التحميل VM القياسية.

## التكوين

```
config.yaml
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: offload
```

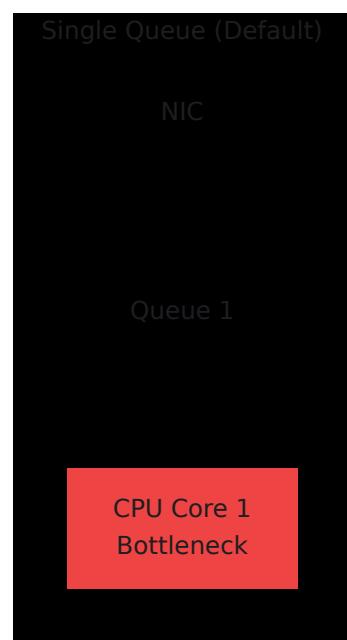
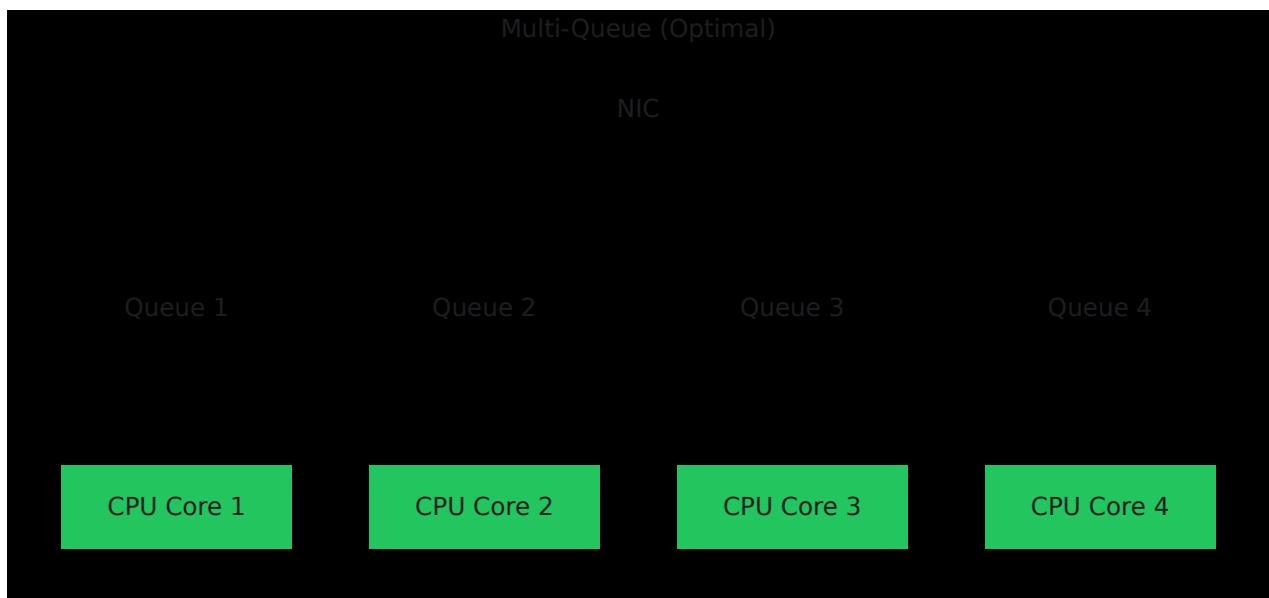
## XDP الأصلي على Proxmox VE تمكين

الأصلي عبر برنامج XDP والتي تدعم VMs لـ **VirtIO** أجهزة الشبكة يستخدم. ومع ذلك، يجب عليك تمكين **تعدد الطوابير** للحصول على أداء مثالي. `virtio_net` التشغيل.

### الخطوة 1: فهم المتطلبات

**لماذا تهم تعدد الطوابير**:

- **طابور واحد** (افتراضي): تتم معالجة جميع حركة المرور الشبكية بواسطة نواة وحدة معالجة مركزية واحدة → عنق الزجاجة
- **تعدد الطوابير**: يتم توزيع الحركة عبر عدة أنوية وحدة معالجة مركزية → توسيع خطى



## الخطوة 2: تمكين تعدد المطوابير في Proxmox

**الخيار أ: عبر واجهة Web**

تماماً (ليس فقط إعادة التشغيل) VM قم بإيقاف تشغيل 1.

- الخاص بك في واجهة VM حدد Proxmox

- انقر على إيقاف التشغيل

تحرير جهاز الشبكة 2.

- انقل إلى علامة التبويب **الأجهزة**
- انقر على جهاز الشبكة الخاص بك **net0**)
- انقر على تحرير

### تعيين تعداد الطوابير 3.

- ابحث عن حقل "تعدد الطوابير"
- (الخاص بك، بحد أقصى 16 vCPU أو تطابق عدد) اضبطه على **8**
- انقر على **موافق**

### 4. بـدء VM

- انقر على بـدء

## الخيار ب: عبر سطر أوامر Proxmox

```
SSH إلى مضيف Proxmox
الخاص بك VM ابحث عن معرف #
qm list

(الخاص بك VM بمعرف XXX استبدل) تعيين تعداد الطوابير
qm set XXX -net0 virtio=XX:XX:XX:XX:XX,bridge=vmbr0,queues=8

VM 191 مع MAC BC:24:11:1D:BA:00
qm set 191 -net0 virtio=BC:24:11:1D:BA:00,bridge=vmbr0,queues=8

قم بإيقاف تشغيل VM
qm shutdown XXX

انتظر حتى يتم إيقاف التشغيل، ثم ابدأ
qm start XXX
```

## توصيات تعداد الطوابير:

- **4 طوابير:** الحد الأدنى للإنتاج VCPU VMs)
- **8-4 طوابير:** موصى به لمعظم النشر VCPU VMs)
- **16 طابور:** الحد الأقصى للأداء العالي VCPU VMs)

## الخطوة 3: تحقق من تعدد الطوابير داخل VM

وتحقق VM إلى SSH قم بتسجيل الدخول عبر VM بعد إعادة تشغيل:

```
تحقق من تكوين الطابور #
ethtool -l eth0
```

```
المخرجات المتوقعة :
Channel parameters for eth0:
Combined: 8 <-- يجب أن تتطابق مع القيمة التي قمت بتكوينها
```

```
احسب الطوابير الفعلية
ls -1d /sys/class/net/eth0/queues/rx-* | wc -l
ls -1d /sys/class/net/eth0/queues/tx-* | wc -l
```

```
يجب أن تظهر كلاهما 8 (أو القيمة التي قمت بتكوينها) #
```

## الخطوة 4: تمكين OmniUPF الأصلي في XDP

قم بتحرير تكوين OmniUPF:

```
تحرير ملف التكوين
sudo nano /config.yaml
```

قم بتحريك وضع XDP:

```
قبل
xdp_attach_mode: generic

بعد
xdp_attach_mode: native
```

أعد تشغيل OmniUPF:

```
sudo systemctl restart omniupf
```

## الأصلي نشط XDP الخطوة 5: تحقق من أن

تحقق من السجلات:

```
عرض سجلات بدء التشغيل
journalctl -u omniupf --since "1 minute ago" | grep -i
"xdp\|attach"
```

```
المخرجات المتوقعة :
xdp_attach_mode:native
XDPAttachMode:native
Attached XDP program to iface "eth0" (index 2)
```

تحقق عبر API:

```
استعلام التكوين
curl -s http://localhost:8080/api/v1/config | grep xdp_attach_mode
```

```
المخرجات المتوقعة :
"xdp_attach_mode": "native",
```

## الشائعة Proxmox مشكلات

**المشكلة:** "فشل في إرفاق برنامج XDP"

الحل:

- تتحقق من تمكين تعدد الطوابير (ethtool -l eth0)
- يجب أن يكون ≤ 5.15 (uname -r): تتحقق من إصدار النواة
- تأكد من تحميل برنامج تشغيل VirtIO: lsmod | grep virtio\_net

**المشكلة:** طابور واحد فقط على الرغم من التكوين

الحل:

- مغلقاً تماماً (ليس معاد تشغيله) لتعديلات الطابور VM يجب أن يكون
- استخدم qm shutdown XXX && sleep 5 && qm start XXX
- تتحقق في تكوين Proxmox: grep net0 /etc/pve/qemu-server/XXX.conf

**المشكلة:** الأداء لا يتحسن مع الوضع الأصلي

**الحل:**

- تحقق من تثبيت وحدة المعالجة المركزية (تجنب الإفراط في الاشتراك)
  - يجب أن ينتشر استخدام وحدة المعالجة المركزية عبر الأنوية - `top` راقب
  - تحقق من إحصائيات XDP: `curl`  
`http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats`
- 

## XDP على الأصلي تمكين Hypervisors الأخرى

### VMware ESXi / vSphere

الأصلي XDP الذي يدعم `vmxnet3` برنامج التشغيل VMware تستخدم.

**المطلبات:**

- أو أحدث ESXi 6.7
- في VM إصدار `vmxnet3` 1.4.16+
- أو أحدث VM 14 إصدار الأجهزة

**تمكين تعدد الطوابير:**

1. قم بإيقاف تشغيل VM

2. تحرير إعدادات VM:

- تحرير الإعدادات → انقر بزر الماوس الأيمن على
- محول الشبكة → متقدم
- اصبِط تمكين توزيع جانب الاستقبال على مفعل

3. (اختياري، لمزيد من الطوابير) تحرير ملف `vmx`:

```
ethernet0.pnicFeatures = "4"
ethernet0.multiqueue = "8"
```

#### 4. وتحقق VM أبداً:

```
ethtool -l ens192 # تحقق من عدد الطوابير
```

#### تكوين OmniUPF:

```
interface_name: [ens192] # عادة VMware تستخدم ens192
xdp_attach_mode: native
```

## KVM / libvirt (Raw)

#### تمكين تعدد الطوابير عبر virsh:

```
تحرير تكوين VM
virsh edit your-vm-name
```

#### أضف إلى قسم واجهة الشبكة:

```
<interface type='network'>
 <source network='default' />
 <model type='virtio' />
 <driver name='vhost' queues='8' />
</interface>
```

#### وتحقق VM أعد تشغيل:

```
ethtool -l eth0
```

## Microsoft Hyper-V

الأصلي XDP الذي يدعم Hyper-V برنامج التشغيل hv\_netvsc تستخدم.

## المطلبات:

- Windows Server 2016 أو أحدث
- خدمات تكامل لينكس 4.3+ في VM
- من الجيل الثاني VM

## تمكين تعدد الطوابير:

PowerShell على مضيف Hyper-V:

```
Hyper-V تعدد الطوابير في - (طابور الآلة الافتراضية) VMQ تعين
Set-VMNetworkAdapter -VMName "YourVM" -VrssEnabled $true -
VmEqEnabled $true
```

## تكوين OmniUPF:

```
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: native
```

## VirtualBox

الأصلي VirtualBox XDP تحذير: لا يدعم.

السبب: لا تقوم ببرامج تشغيل الشبكة في VirtualBox (e1000, virtio-net) بتنفيذ روابط XDP.

الحل: استخدم الوضع العام فقط

```
xdp_attach_mode: generic # الخيار الوحيد لـ VirtualBox
```

## XDP التحقق من وضع

الأصلي، تتحقق من أنه يعمل بشكل صحيح XDP بعد تكوين:

## 1. تحقق من سجلات OmniUPF

```
عرض السجلات الأخيرة
journalctl -u omniupf --since "5 minutes ago" | grep -i xdp

أبحث عن :
✓ "xdp_attach_mode:native"
✓ "Attached XDP program to iface"
✗ "Failed to attach" أو "falling back to generic"
```

## 2. تتحقق عبر API

```
استعلام نقطة النهاية للتكوين
curl -s http://localhost:8080/api/v1/config | jq .xdp_attach_mode

المخرجات المتوقعة :
"native"
```

## 3. تتحقق من إحصائيات XDP

```
عرض إحصائيات معالجة XDP
curl -s http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats | jq

مثال على المخرجات :
{
 "xdp_aborted": 0, # يجب أن تكون 0 (أخطاء)
 "xdp_drop": 1234, # الحزم المفقودة
 "xdp_pass": 5678, # الحزم المرسلة إلى الكومنة
 "xdp_redirect": 9012, # الحزم المعاد توجيهها
 "xdp_tx": 3456 # الحزم المرسلة
```

## تحقق من دعم برنامج التشغيل 4.

```
تحقق مما إذا كان برنامج التشغيل يدعم XDP
ethtool -i eth0 | grep driver

يجب أن يظهر Proxmox/KVM: "virtio_net"
يجب أن يظهر VMware: "vmxnet3"
يجب أن يظهر Hyper-V: "hv_netvsc"
```

## اختبار الأداء 5.

قارن معالجة الحزم قبل وبعد:

```
راقب معدل الحزم
watch -n 1 'curl -s http://localhost:8080/api/v1/packet_stats | jq
 .rx_packets'

الوضع العام: ~2-1 Mpps
(تحسين 10-5 Mpps) الوضع الأصلي:
```

## استكشاف XDP مشكلات

### عند بدء "XDP المشكلة": "فشل في إرفاق برنامج التشغيل

الأعراض:

فشل في إرفاق برنامج XDP على الواجهة eth0 خطأ:

التشخيص:

تحقق من دعم برنامج التشغيل 1.

```
ethtool -i eth0 | grep driver
إذا لم يكن برنامج التشغيل هو #
virtio_net/vmxnet3/hv_netvsc، فلن يعمل XDP الأصلي
```

## 2. تحقق من إصدار النواة:

```
uname -r
بشكل موثوق XDP يجب أن يكون ≤ 5.15 لدعم #
```

## 3. موجودة XDP تتحقق من وجود برامح:

```
ip link show eth0 | grep xdp
آخر متصل، قم بإلغاء تحميله أولاً إذا كان هناك برنامج #
ip link set dev eth0 xdp off
```

## الحل:

- قم بتحديث النواة إلى 5.15+ إذا كانت أقدم
- تأكد من تحميل برنامج تشغيل virtio\_net: `modprobe virtio_net`
- الأصلي XDP الرجوع إلى الوضع العام إذا لم يدعم برنامج التشغيل

## المشكلة: الوضع الأصلي يتراجع إلى الوضع العام

### الأعراض:

العام XDP تحذير: يتراجع إلى وضع

### التخخيص:

لأخطاء برنامج التشغيل `dmesg` تتحقق من:

```
dmesg | grep -i xdp | tail -20
```

## الأسباب الشائعة:

### الأصلي XDP برنامج التشغيل لا يدعم 1.

- الأصلي XDP لا دعم لـ VirtualBox برامح تشغيل
- القديمة NICs برامح تشغيل

### تعدد الطوابير غير مفعل 2.

- تحقق ethtool -l eth0
- يجب أن يظهر > 1 طابور مشترك

### في نواة لينكس معطل XDP دعم 3.

```
مفعلاً في النواة XDP تحقق مما إذا كان
grep XDP /boot/config-$(uname -r)
```

```
يجب أن يظهر :
CONFIG_XDP_SOCKETS=y
CONFIG_BPF=y
```

## الحل:

- انظر قسم Proxmox) قم بتمكين تعدد الطوابير
- قم بتحديث برنامج التشغيل المدعوم
- إذا لزم الأمر XDP إعادة بناء النواة مع دعم

## المشكلة: الأداء لا يتحسن مع الوضع الأصلي

الأعراض: تم تمكين الوضع الأصلي ولكن معدل الحزم هو نفسه الوضع العام

## التخمين:

### تحقق من توزيع تعدد الطوابير 1.

```
تحقق من إحصائيات كل طابور #
ethtool -S eth0 | grep rx_queue
```

يجب أن يتم توزيع الحركة عبر عدة طوابير #

## تحقق من استخدام وحدة المعالجة المركزية 2:

```
مراقب استخدام وحدة المعالجة المركزية لكل نواة #
mpstat -P ALL 1
```

يجب أن ترى الحمل موزعاً عبر عدة أنوية #

## يُعمل فعلياً في الوضع الأصلي XDP تتحقق من أن 3:

```
(إذا كان متاحاً) bpftrace تتحقق من #
sudo bpftrace net list
```

متصلًا بالواجهة XDP يجب أن يظهر #

## الحل:

- زيادة عدد الطوابير (16-8 طابور)
- تمكين تشبيت وحدة المعالجة المركزية لتجنب هجرة النواة
- تحقق من الإفراط في الاشتراك في وحدة المعالجة المركزية على hypervisor

## XDP (xdp\_aborted > 0) المشكلة: تم إلغاء برنامج

### الأعراض:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats
{
 "xdp_aborted": 1234, # غير صفر يدل على الأخطاء ...
}
```

### التخخيص:

واجه خطأ أثناء التنفيذ eBPF أن برنامج XDP يعني إلغاء.

### 1. تحقق من سجلات المدقق eBPF:

```
dmesg | grep -i bpf | tail -20
```

### 2. تتحقق من حدود حجم الخريطة:

```
مماثلة eBPF ق ٦٠ تكون خرائط #
curl http://localhost:8080/api/v1/map_info
| بحث عن الخرائط عند 100 % من السعة #
```

### الحل:

- في التكوين eBPF زيادة أحجام خريطة
- eBPF تتحقق من الحزم التالفة التي تسبب أخطاء
- في نواة لينكس كامل eBPF تتحقق من أن دعم

## المشكلة: تعدد الطوابير لا يعمل على Proxmox

يظهر طابور واحد فقط على الرغم من التكوين `ethtool -l eth0` للأعراض:

### التشخيص:

### 1. تتحقق من تكوين VM في Proxmox:

```
على مضيف Proxmox
grep net0 /etc/pve/qemu-server/YOUR_VM_ID.conf
queues=8 : يجب أن يظهر #
```

### 2. كان مغلقاً تماماً VM تتحقق من أن:

```
على مضيف Proxmox
qm status YOUR_VM_ID

قبل البدء "status: stopped" يجب أن يظهر #
```

## الحل:

```
على مضيف Proxmox
قم بإيقاف التشغيل بالقوة وأعد التشغيل #
qm shutdown YOUR_VM_ID
sleep 10
qm start YOUR_VM_ID

ثم تحقق داخل VM
ethtool -l eth0
```

بالكامل، وليس مجرد إعادة VM مهم: تتطلب تغييرات عدد الطوابير إيقاف تشغيل VM التسغيل من داخل VM.

## XDP المشكلة: تم رفض الإذن عند إرفاق

### الأعراض:

XDP خطأ: تم رفض الإذن عند إرفاق برنامج

### التخمين:

قدرات XDP تتطلب عمليات CAP\_NET\_ADMIN و CAP\_SYS\_ADMIN.

## الحل:

1. قم بتشغيل OmniUPF ك root (أو مع القدرات):

```
sudo systemctl restart omniupf
```

2. تحقق من أن ملف الخدمة يحتوي على القدرات، إذا كنت تستخدم systemctl.

```
/lib/systemd/system/omniupf.service
[Service]
CapabilityBoundingSet=CAP_NET_ADMIN CAP_SYS_ADMIN
CAP_NET_RAW
AmbientCapabilities=CAP_NET_ADMIN CAP_SYS_ADMIN
CAP_NET_RAW
```

3. قم بالتشغيل مع `--privileged` إذا كنت تستخدم Docker:

```
docker run --privileged -v /sys/fs/bpf:/sys/fs/bpf ...
```

## ملخص تأثير الأداء

مقارنة الأداء في العالم الحقيقي لمعالجة الحزم في OmniUPF:

| السيناريو                               | الوضع العام      | الوضع الأصلي     | التحسين              |
|-----------------------------------------|------------------|------------------|----------------------|
| معدل الحزم                              | 1.5 Mpps         | 8.2 Mpps         | <b>5.5x أسرع</b>     |
| زمن الانتقال                            | 95 μs            | 12 μs            | <b>8x أفل</b>        |
| استخدام وحدة المعالجة المركزية (1 Gbps) | نواة (واحدة) 85% | نواة (موزعة) 15% | <b>أكثر كفاءة 5x</b> |
| الحد الأقصى للنطاق التردد               | ~1.2 Gbps        | ~10 Gbps         | <b>أعلى 8x</b>       |

التوصية: استخدم دائمًا الوضع الأصلي مع تمكين تعدد الطوابير للنشر في الإنتاج.

# XDP توصيات الأجهزة لـ

للتأكد من توافقها 100% مع أي أجهزة Omnitouch، استشر دعم △ مع تكوينك ومتطلبات النشر المحددة.

## الأصلي XDP المعروفة الجيدة لـ NICs

الأصلي مع XDP تم التحقق من دعمها لوضع NICs هذه OmniUPF:

### NICs موصى بها (Bare Metal) من Intel

| النموذج    | السرعة   | برنامج التشغيل | دعم XDP               | الملاحظات                              |
|------------|----------|----------------|-----------------------|----------------------------------------|
| Intel X520 | 10GbE    | ixgbe          | ✓ أصلي                | مثبت، متاح على نطاق واسع، سعر/أداء جيد |
| Intel X710 | 10/40GbE | i40e           | ✓ أصلي                | دعم ممتاز لتعدد الطوابير               |
| Intel E810 | 100GbE   | ice            | ✓ أصلي                | الجيل الأحدث، أفضل أداء                |
| Intel i350 | 1GbE     | igb            | أصلي ✓ (النواة +5.10) | جيد لاحتياجات النطاق الترددية المنخفض  |

### (أداء عالي) من Mellanox/NVIDIA NICs

| النوع              | السرعة        | برنامج التشغيل | دعم XDP | الملاحظات                               |
|--------------------|---------------|----------------|---------|-----------------------------------------|
| <b>ConnectX-4</b>  | 25/50/100GbE  | mlx5           | أصلي ✓  | نطاق تردد عالي، جيد للحوسبة الحافة      |
| <b>ConnectX-5</b>  | 25/50/100GbE  | mlx5           | أصلي ✓  | أداء ممتاز، تسريع الأجهزة               |
| <b>ConnectX-6</b>  | 50/100/200GbE | mlx5           | أصلي ✓  | الجيل الأحدث، أفضل للنطاق التردد الفائق |
| <b>BlueField-2</b> | 100/200GbE    | mlx5           | أصلي ✓  | مع قدرات SmartNIC DPU                   |

### NICs من Broadcom

| النوع                  | السرعة      | برنامج التشغيل | دعم XDP | الملاحظات             |
|------------------------|-------------|----------------|---------|-----------------------|
| <b>BCM57xxx series</b> | 10/25/50GbE | bnxt_en        | ✓ أصلي  | شائع في خوادم Dell/HP |

### NICs نشر (افتراضية VMs)

| المنصة             | نوع NIC   | برنامج التشغيل | دعم XDP | تعدد المطوابير     | الملاحظات            |
|--------------------|-----------|----------------|---------|--------------------|----------------------|
| <b>Proxmox/KVM</b> | VirtIO    | virtio_net     | أصلي ✓  | نعم (قابل للتكوين) | <b>أفضل ل VMs</b>    |
| <b>VMware ESXi</b> | vmxnet3   | vmxnet3        | أصلي ✓  | نعم                | يتطلب ESXi 6.7+      |
| <b>Hyper-V</b>     | NIC صناعي | hv_netvsc      | أصلي ✓  | نعم                | Windows Server 2016+ |
| <b>AWS</b>         | ENA       | ena            | أصلي ✓  | نعم                | EC2 metal instances  |
| <b>VirtualBox</b>  | أي        | مختلف          | فقط عام | لا                 | غير موصى به للإنتاج  |

## مع دعم التحميل للأجهزة NICs

يعمل على NIC (eBPF) التحميل الحقيقي لـ:

| البائع           | النموذج        | السرعة | الملاحظات                         |
|------------------|----------------|--------|-----------------------------------|
| <b>Netronome</b> | Agilio CX 10G  | 10GbE  | المحمل XDP الدعم الوحيد المؤكد لـ |
| <b>Netronome</b> | Agilio CX 25G  | 25GbE  | يتطلب برنامج ثابت خاص             |
| <b>Netronome</b> | Agilio CX 40G  | 40GbE  | باهظ الثمن جدًا (~5,000-2,500\$)  |
| <b>Netronome</b> | Agilio CX 100G | 100GbE | فقط للدرجة المؤسسية               |

يجب bare metal. مع التحميل للأجهزة نادرة، باهظة الثمن، وتتطلب نشرًا على NICs: **ملاحظة** الأصلي بدلاً من ذلك XDP أن تستخدم معظم النشر

# التكوينات المختبرة

في الإنتاج تم التحقق من هذه التكوينات مع OmniUPF:

## 10-1 Gbps خيار الميزانية

- **NIC:** Intel X520 (10GbE) مزدوج المنفذ
- **الأصلي:** XDP **الوضع:**
- **معدل النقل:** ~10-8 Gbps لكل مثيل UPF
- **التكلفة:** ~100-200\$ (مستعمل/معاد تجديده)

## 50-10 Gbps النطاق المتوسط

- **NIC:** Intel X710 (40GbE) أو Mellanox ConnectX-4 (25GbE)
- **الأصلي:** XDP **الوضع:**
- **معدل النقل:** ~40-25 Gbps لكل مثيل UPF
- **التكلفة:** ~800-300\$

## 100-50+ Gbps عالي الأداء

- **NIC:** Mellanox ConnectX-5/6 (100GbE)
- **الأصلي:** XDP **الوضع:**
- **معدل النقل:** ~100-80 Gbps لكل مثيل UPF
- **التكلفة:** ~2,500-1,000\$

## نشر VMs (Proxmox/KVM)

- **NIC:** VirtIO مع 8 طابور
- **الأصلي:** XDP **الوضع:**
- **معدل النقل:** ~5-10 Gbps لكل مثيل UPF
- **التكلفة:** لا تكلفة إضافية على الأجهزة

## ما يجب عدم شرائه

في الإنتاج تم تجنب هذه للأجهزة OmniUPF:

| المنصة/NIC              | السبب                                 | البديل                                   |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|
| NICs من Realtek         | برامج XDP لا دعم لـ تشغيل لينكس ضعيفة | أو أفضل Intel i350                       |
| VirtualBox              | الأداة XDP لا دعم لـ                  | الانتقال إلى Proxmox/KVM                 |
| من الدرجة الاستهلاكية   | دعم محدود للطوابير، غير موثوق         | من الدرجة الخادمة من NICs Intel/Mellanox |
| NICs قديمة جدًا (2014+) | XDP لا دعم لـ برنامج تشغيل            | أو أحدث Intel X520                       |

## قائمة التحقق قبل الشراء

: قبل شراء الأجهزة، تحقق من

1. دعم برنامج التشغيل: تتحقق مما إذا كان برنامج تشغيل لينكس يدعم XDP

```
على نظام مشابه #
modinfo <driver_name> | grep -i xdp
```

2. بشكل موثوق XDP إصدار النواة: تأكد من أن النواة ≤ 5.15 لدعم XDP

```
uname -r
```

3. (RSS/VMDq) يدعم الطوابير المتعددة NIC تعدد الطوابير: تتحقق مما إذا كان

4. PCI عرض: تأكد من أن فتحة PCIe تحتوي على عدد كافٍ من الخطوط PCIe

- الحد الأدنى 10GbE: PCIe 2.0 x4
- الحد الأدنى 40GbE: PCIe 3.0 x8
- 100GbE أو PCIe 3.0 x16 PCIe 4.0 x8

5. نوع النشر:

- الفيزيائية NIC يتطلب Bare metal:
- مطلوب VirtIO أو SR-IOV دعم VM:
- المضيف NIC حاوية: يتم وراثة تكوين

⚠ أولاً Omnitouch لا تشتري الأجهزة بناءً على هذا الدليل فقط - تأكد دائمًا مع دعم!

---

## موارد إضافية

- مرجع تكوين كامل - دليل التكوين [CONFIGURATION.md](#)
  - تشخيص شامل - دليل استكشاف الأخطاء [TROUBLESHOOTING.md](#) للمشكلات
  - تفاصيل عمارة eBPF و XDP - دليل العمارة [ARCHITECTURE.md](#)
  - مراقبة الأداء والإحصائيات - دليل المراقبة [MONITORING.md](#)
- 

## مرجع سريع

### إعدادات XDP الأصلية على Proxmox (TL;DR)

```
على مضيف Proxmox:
qm set <VM_ID> -net0 virtio=<MAC>,bridge=vmbr0,queues=8
qm shutdown <VM_ID> && sleep 10 && qm start <VM_ID>

داخل VM:
ethtool -l eth0 # تحقق من 8 طوابير
sudo nano /etc/omniupf/config.yaml # : تعين xdp_attach_mode:
native
sudo systemctl restart omniupf
journalctl -u omniupf --since "1 min ago" | grep xdp #
الوضع الأصلي
```

## نশط XDP تحقق من أن وضع

```
تحقق من التكوين
curl -s http://localhost:8080/api/v1/config | grep xdp_attach_mode

تتحقق من الإحصائيات
curl -s http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats | jq

تتحقق من الطوابير
ethtool -l eth0
```

# دليل عمليات OmniUPF

## جدول المحتويات

1. نظرة عامة.
2. فهم بنية مستوى المستخدم في 5G
3. مكونات UPF
4. وتكامل PFCP وبروتوكول SMF
5. العمليات الشائعة
6. استكشاف الأخطاء وإصلاحها
7. وثائق إضافية
8. مسرد المصطلحات

## نظرة عامة

هي وظيفة مستوى مستخدم عالية (eBPF) وظيفة مستوى المستخدم المعتمدة على (OmniUPF) وإدارة QoS) تقدم توجيه حزم على مستوى الناقل، وفرض جودة الخدمة 5G/LTE والأداء لشبكات على (مرشح حزم بيركلي الموسع) eBPF حركة المرور لشبكات الهاتف المحمول. مبنية على تقنية البنية التحتية الأساسية لمعالجة OmniUPF ومعززة بقدرات إدارة IP، تقدم نظام Linux نظام 5G SA و 5G NSA والحرم المطلوبة لشبكات LTE.

## ما هي وظيفة مستوى المستخدم؟

المسؤول عن معالجة GPP هي العنصر الشبكي المعتمد من 3 (UPF) وظيفة مستوى المستخدم 5G/LTE: توفر 5G الحرم وتوجيهها في شبكات LTE.

- توجيه حزم عالي السرعة بين الأجهزة المحمولة وشبكات البيانات
- لأنواع حركة المرور المختلفة (QoS) فرض جودة الخدمة
- كشف حركة المرور وتوجيهها بناءً على مرشحات الحزم والقواعد
- تقرير الاستخدام لأغراض الفوترة والتحليلات
- تخزين الحزم لسيناريوهات إدارة التنقل والجلسات
- دعم الاعتراض القانوني للامتثال التنظيمي

TS و (5G) GPP TS 23.501 كما هو محدد في 3 UPF الوظائف الكاملة لـ OmniUPF تطبق في eBPF مما يوفر حلًّا كاملاً جاهزاً للإنتاج لمستوى المستخدم باستخدام تقنية ، 23.401 (LTE) في Linux نواة لتحقيق أقصى أداء.

## القدرات الرئيسية لـ OmniUPF

### معالجة الحزم:

- بالكامل GPP معالجة حزم مستوى المستخدم المتتوافق مع 3
- لأداء على مستوى النواة eBPF مسار بيانات معتمد على
- GPRS) بروتوكول نفق (GTP-U تغليف وفك تغليف
- لكل من شبكات الوصول والبيانات IPv6 أو IPv4 دعم
- لمعالجة ذات زمن انتقال منخفض للغاية (مسار البيانات السريع) XDP
- معالجة حزم متعددة الخيوط

### جودة الخدمة وإدارة حركة المرور:

- لإدارة النطاق التردد (QER) قواعد فرض جودة الخدمة
- لتصنيف حركة المرور (PDR) قواعد كشف الحزم
- لقرارات التوجيه (FAR) قواعد إجراءات التوجيه
- للتوجيه المحدد للتطبيق (SDF) تصفية تدفق بيانات الخدمة
- لتنبيح الحجم والفوتة (URR) قواعد تقرير الاستخدام

### التحكم والإدارة:

- إلى (بروتوكول التحكم في توجيه الحزم) PFCP واجهة SMF/PGW-C
- للمراقبة والتشخيص API RESTful واجهة
- إحصائيات وقياسات في الوقت الحقيقي
- eBPF مراقبة سعة خريطة
- لوحة تحكم قائمة على الويب

### مميزات الأداء:

- معالجة حزم بدون نسخ عبر eBPF
- توجيه حزم على مستوى النواة (بدون تحميل على مساحة المستخدم)
- قابلية التوسيع متعددة النوى

- دعم التحميل لأغراض تسريع الأجهزة
- مُحسّن للنشر السحابي

للحصول على تفاصيل استخدام لوحة التحكم، راجع [عمليات واجهة الويب](#).

## G فهم بنية مستوى المستخدم في 5

G حلاًًا موحداً لمستوى المستخدم يوفر توجيه حزم على مستوى النافل لشبكات 5G OmniUPF تعتبر هو منتج واحد يمكن أن يعمل في (SA) المستقلة 5G و4G LTE/EPC. OmniUPF المستقلة يمكن أن يعمل في (SA) المستقلة 5G و4G LTE/EPC.

الوقت نفسه كـ:

- **UPF** (وظيفة مستوى المستخدم) تحت السيطرة (NSA/G) من قبل OmniSMF عبر N4/PFCP
- **PGW-U** بوابة (لمستوى المستخدم PDN بوابة) إلى الشبكات 4G EPC عبر OmniPGW-C Sxv/PFCP تحت السيطرة من قبل الخارجية
- **SGW-U** بوابة الخدمة (بوابة الخدمة لمستوى المستخدم) تحت (EPC 4G) بوابة OmniSGW-C Sxb/PFCP السيطرة من قبل

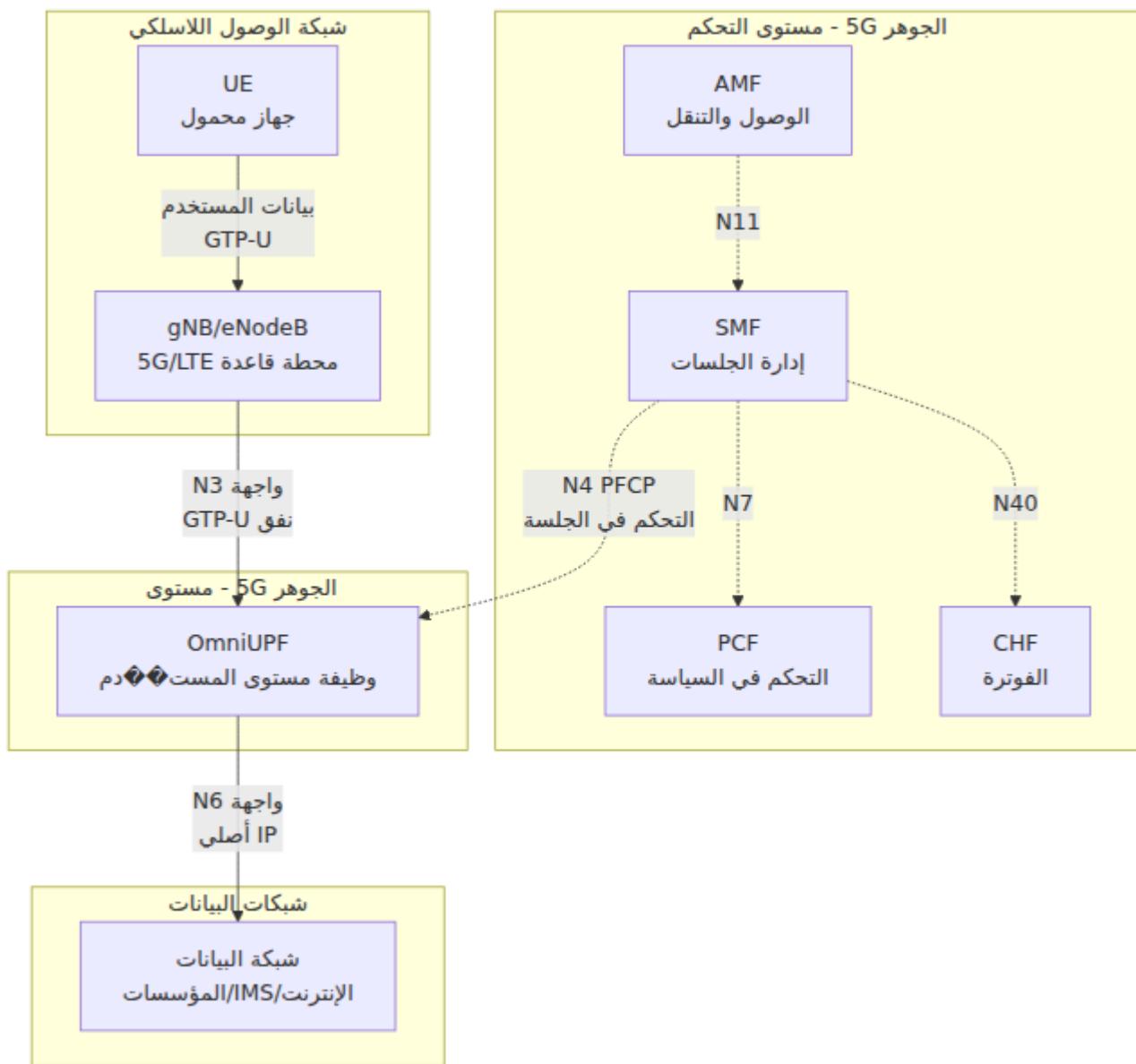
في أي مجموعة من هذه الأوضاع يمكن أن تعمل OmniUPF:

- **UPF فقط**: نشر 5G خالص
- **PGW-U + SGW-U**: (نموذج EPC نشر) مجموعة بوابة 4G
- **UPF + PGW-U + SGW-U**: (سيناريو ترحيل) دعم متزامن لـ 4G و5G

مما يوفر PFCP، وبروتوكول eBPF تستخدم جميع الأوضاع نفس محرك معالجة الحزم المعتمد على أو جميعها في نفس الوقت U SGW-U أو PGW-U أو UPF أداءً عاليًا متسقًا سواء كانت تعمل كـ.

## G وضعيّة شبكة SA (بنية شبّكة 5)

حيث توفر طبقة توجيه الحزم عالية، في مستوى البيانات لشبكات 5G OmniUPF حل السرعة التي تربط الأجهزة المحمولة بشبكات البيانات والخدمات.

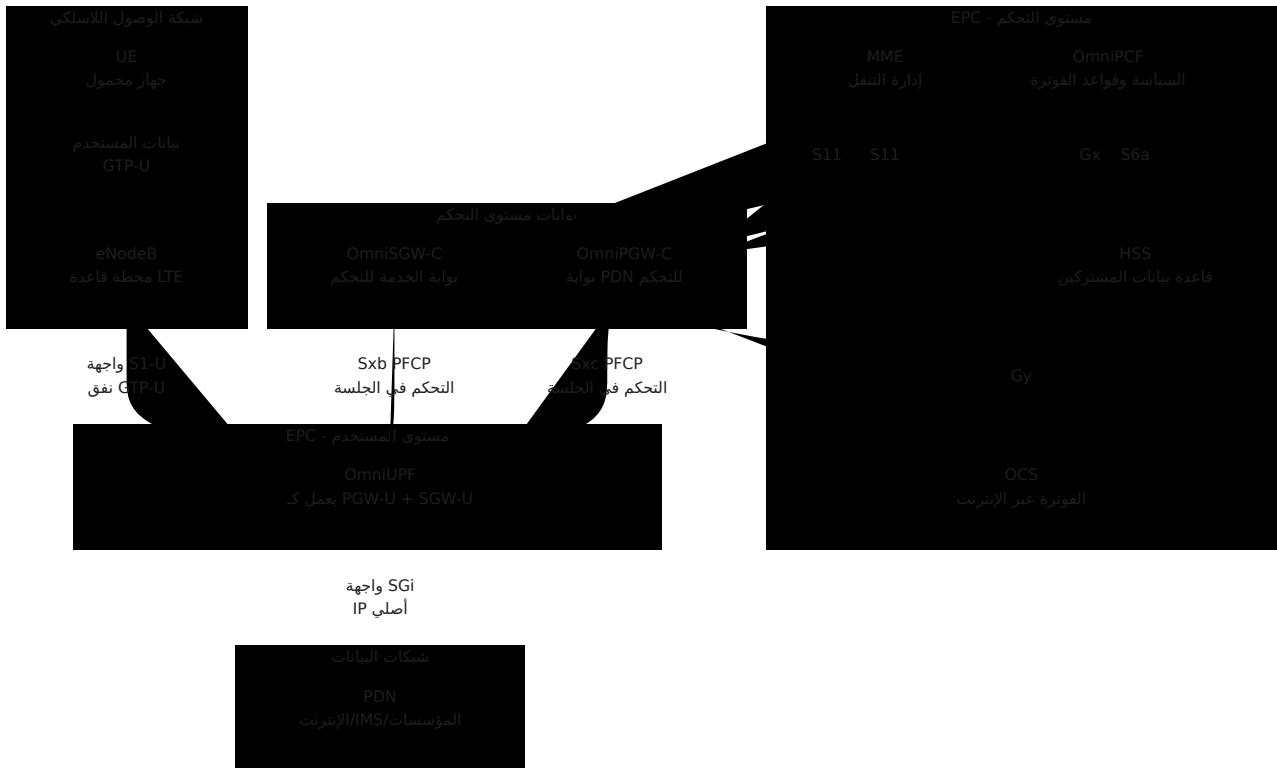


## 4G LTE/EPC بنية شبكة

حيث تعمل كـ (النواة المتطورة للحزم) 5G EPC و 4G LTE PGW-U وأيضاً نشرات OmniUPF تدعم اعتماداً على بنية الشبكة U أو OmniSGW-U أو OmniPGW-U.

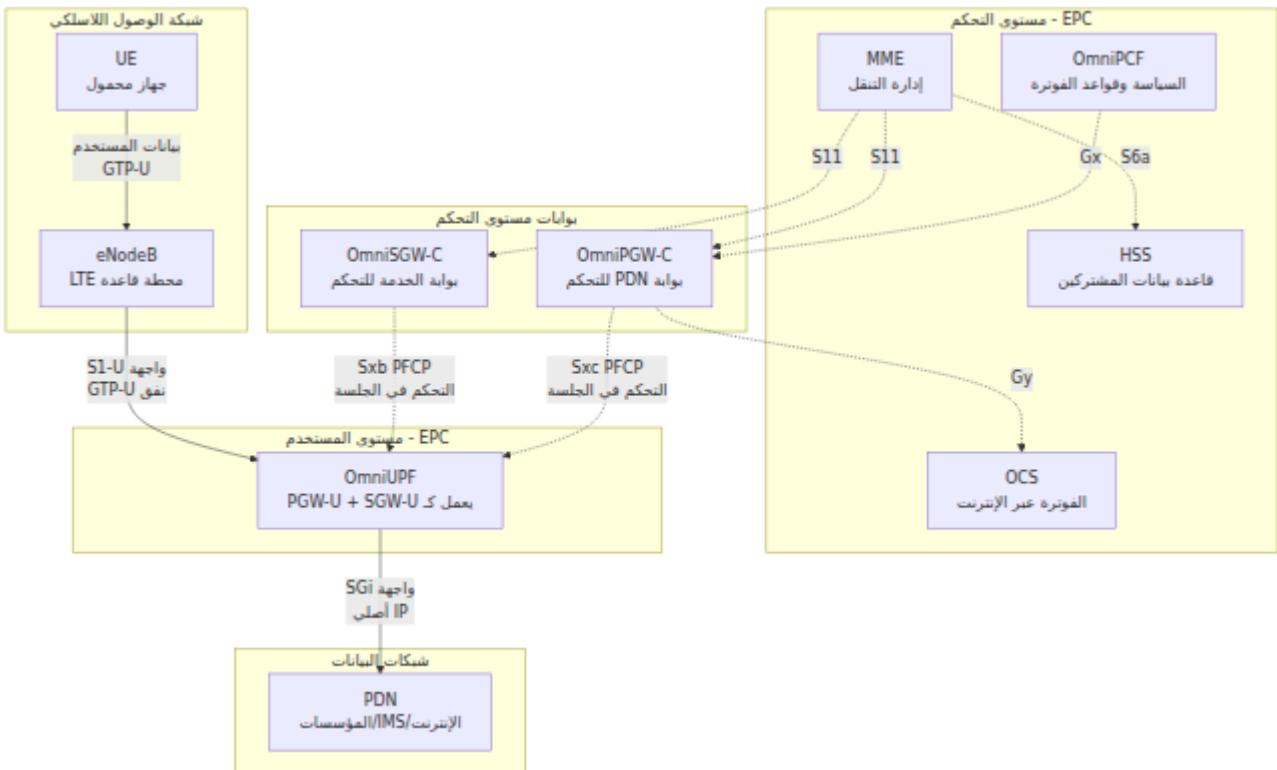
### (نموذج 4G نشر 4) المدمج PGW-U/SGW-U وضع

تحت السيطرة من وظائف مستوى ،U-PGW و SGW-U كلّاً من OmniUPF في هذا الوضع، تعمل التحكم المنفصلة.



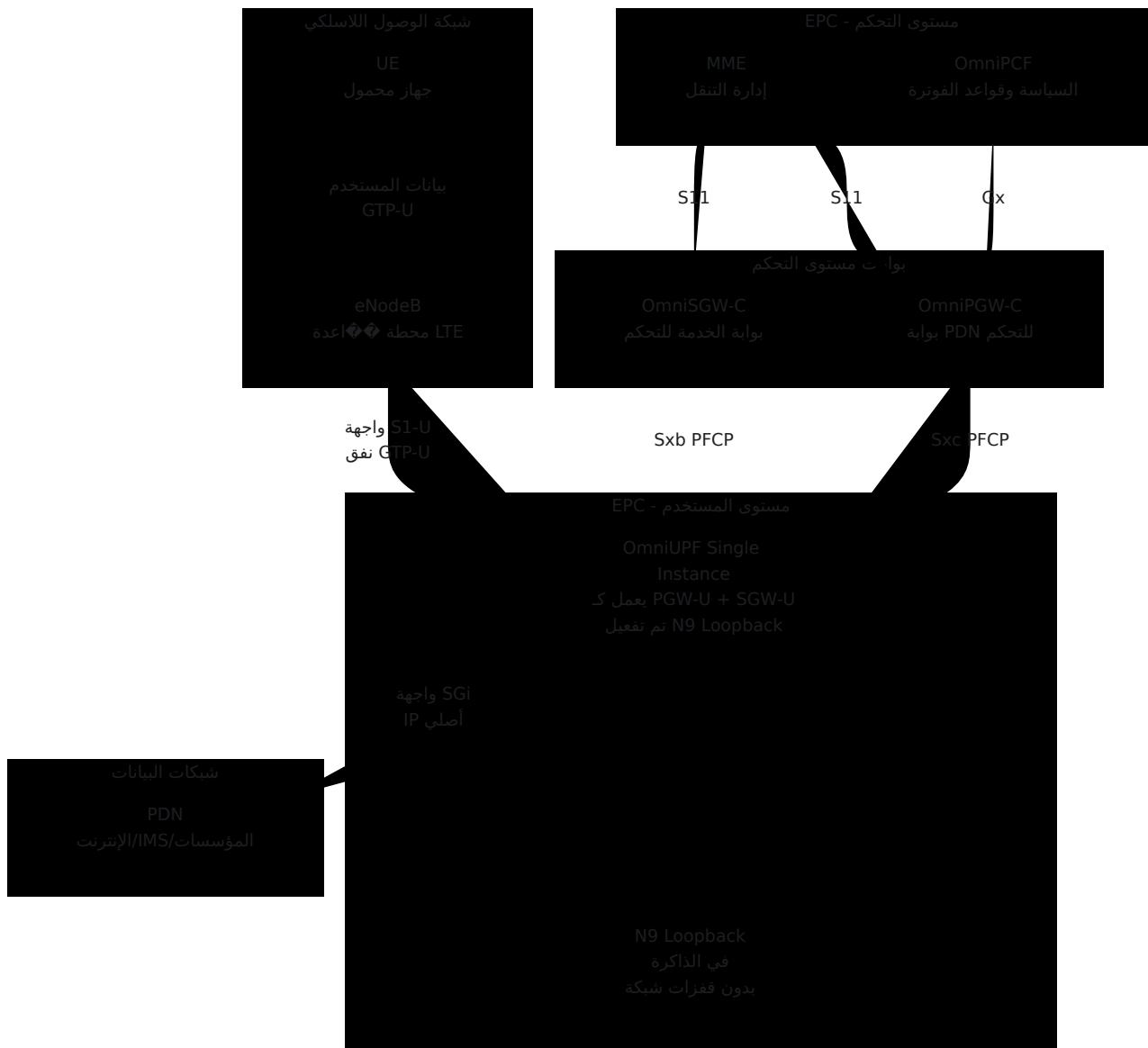
## المنفصل (التجوال/الموقع المتعددة) U و PGW-U و SGW-U وضع

واحدة كـ OmniUPF في نشرات التجوال أو الموقع المتعددة، يمكن نشر هاتين منفصلتين من SGW-U والأخرى كـ PGW-U.



## على مثيل واحد N9 Loopback (SGWU+PGWU) وضع

على مثيل SGWU و PGWU تشغيل كلًا من أدوار OmniUPF للنشرات المبسطة، يمكن لـ N9 Loopback في eBPF بالكامل مع معالجة.



### الميزات الرئيسية:

- لا يلمس eBPF ، دون ميكروثانية - تتم معالجته بالكامل في N9 زمن انتقال الشبكة
- مقابل مثيلين XDP بنسبة 40-50% - تمريرة واحدة عبر CPU تقليل استخدام منفصلين
- نشر مبسط - مثيل واحد، ملف إعداد واحد
- يتم تفعيل الكشف التلقائي - عندما يكون loopback

- القياسية U-GTP و PFCP بروتوكولات - IGPP مثال كامل لـ 3

## الإعداد:

```
عداد /OmniUPF config.yml
interface_name: [eth0]
n3_address: "10.0.1.10" # IP واجهة S1-U
n9_address: "10.0.1.10" # IP نفس N9 يتيح loopback
pfcp_address: ":8805" # كل من SGWU-C و PGWU-C تتصل هنا
```

## متى تستخدم:

- نشرات الحوسبة الطرفية (تقليل زمن الانتقال)
- بيئات محدودة التكلفة (خادم واحد)
- المختبر/الاختبار (إعداد مبسط)
- (مشتركين 100K <) نشرات صغيرة إلى متوسطة

## متى لا تستخدم:

- في مواقع مختلفة SGWU و PGWU (الحالات إلى تكرار جغرافي)
- متطلبات تنظيمية لبوابات منفصلة
- (مشتركين 1M >) نطاق ضخم

للحصول على تفاصيل كاملة، وأمثلة على الإعداد، واستكشاف الأخطاء وإصلاحها، وقياسات الأداء،  
تحت سيطرة الطائرة التحكمية المعنية **راجع دليل عمليات N9 Loopback**.

## كيف تعمل وظائف مستوى المستخدم في الشبكة

كتائرة توجيه (OmniUPF أو OmniPGW-U أو OmniSGW-U) ت العمل وظيفة مستوى المستخدم تحت سيطرة الطائرة التحكمية المعنية:

### إنشاء الجلسة 1.

- 5G: يقوم OmniUPF بـ إنشاء ارتباط PFCP عبر واجهة N4 مع OmniSMF
- 4G: يقوم OmniPGW-C أو OmniSGW-C بـ إنشاء ارتباط PFCP عبر Sxb/Sxc مع OmniPGW-U/OmniSGW-U

- أو (5G) PDU UE لكل جلسة PFCP تقوم الطائرة التحكيمية بإنشاء جلسات PDP سياق (4G)
- PFCP عبر URR و QER و FAR و PDR تتلقى الطائرة المستخدم قواعد بقواعد التوجيه eBPF يتم ملء خرائط

## 2. (شبكة البيانات → UE) معالجة حزم الرفع

- 5G ؟ تغليف gNB من N3 تصل الحزم على واجهة GTP-U
- 4G أو واجهة S1-U (SGW-U) أو S5/S8 (PGW-U) تصل الحزم على واجهة eNodeB مع تغليف GTP-U
- الرافعه بناءً على PDRs تطابق الطائرة المستخدم الحزم مع TEID
- (تحديد المعدل، التوسيم) eBPF QER يطبق برنامج
- إجراء التوجيه (التوجيه، الإسقاط، التخزين المؤقت، التكرار) FAR تحدد
- (4G) SGI أو (5G) N6 ويتم توجيه الحزم إلى واجهة GTP-U، يتم إزالة نفق
- عدد الحزم والبيانات لأغراض الفوترة URR تتبع

## 3. (UE → شبكة البيانات) معالجة حزم النزول

- أصلي IP ك N6 تصل الحزم على واجهة 5G
- أصلي IP ك SGI تصل الحزم على واجهة 4G
- UE للـ IP النزول بناءً على عنوان PDRs تطابق الطائرة المستخدم الحزم مع بمزيد من تصنيف حركة المرور حسب المنفذ أو SDF قد تقوم مرسحات البروتوكول أو التطبيق
- ومعلمات التوجيه GTP-U نفق FAR تحدد
- المناسب TEID مع U تم إضافة تغليف
- 5G نحو gNB نحو N3 يتم توجيه الحزم إلى واجهة
- 4G نحو S1-U (SGW-U) أو S5/S8 (PGW-U) يتم توجيه الحزم إلى eNodeB

## 4. التنقل والتبديل

- خلال سيناريوهات التبدل OmniSMF يقوم بتحديث قواعد PDR/FAR
- 4G: OmniSGW-C/OmniPGW-C يقوم بتحديث القواعد خلال التبدل بين eNodeB أو TAU أو تحديث منطقة التابع
- قد تقوم الطائرة المستخدم بتخزين الحزم خلال تبدل المسار
- انتقال سلس بين محطات القاعدة دون فقدان الحزم

## (4G و 5G) التكامل مع الطائرة التحكمية

GPP عبر واجهات 3G و 4G مع كل من وظائف الطائرة التحكمية في OmniUPF 5G تتكامل: القياسية:

### 5G واجهات

| الواجهة | من → إلى                | الغرض                                       | مواصفة 3GPP |
|---------|-------------------------|---------------------------------------------|-------------|
| N4      | OmniSMF ↔ OmniUPF       | PFCP إنشاء، تعديل، حذف جلسة                 | TS 29.244   |
| N3      | gNB → OmniUPF           | حركة مرور مستوى المستخدم من RAN (GTP-U)     | TS 29.281   |
| N6      | OmniUPF → شبكة البيانات | حركة مرور مستوى المستخدم إلى DN (IP) (أصلي) | TS 23.501   |
| N9      | OmniUPF ↔ OmniUPF       | للتجوال/الحافة UPF الاتصال بين              | TS 23.501   |

### 4G/EPC واجهات

| الواجهة | من → إلى                             | العرض                                                | مواصفة<br>3GPP |
|---------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------|
| Sxb     | OmniSGW-C ↔<br>OmniUPF (وضع SGW-U)   | لبوابة PFCP التحكم في جلسة الخدمة                    | TS 29.244      |
| Sxc     | OmniPGW-C ↔<br>OmniUPF (وضع PGW-U)   | لبوابة PFCP التحكم في جلسة PDN                       | TS 29.244      |
| S1-U    | eNodeB → OmniUPF<br>(وضع SGW-U)      | حركة مرور مستوى المستخدم من RAN (GTP-U)              | TS 29.281      |
| S5/S8   | OmniUPF (SGW-U) ↔<br>OmniUPF (PGW-U) | حركة مرور مستوى المستخدم بين البوابات (GTP-U)        | TS 29.281      |
| SGi     | OmniUPF (PGW-U)<br>→ PDN             | حركة مرور مستوى المستخدم (أصلي IP) إلى شبكة البيانات | TS 23.401      |

TS المحدد في PFCP نفس بروتوكول (N4) ملاحظة: تستخدم جميع واجهات PFCP (Sxb و Sxc) ملحوظة: تختلف أسماء الواجهات ولكن البروتوكول وصيغ الرسائل متطابقة .29.244.

## مكونات UPF

### مسار eBPF

لتحقيق أقصى أداء Linux هو محرك معالجة الحزم الأساسي الذي يعمل في نواة eBPF مسار.

#### الوظائف الأساسية:

- GTP-U تغليف وفك تغليف أنفاق: **GTP-U معالجة**
- أو UE لـ IP أو عنوان TEID باستخدام PDR **تصنيف الحزم**: مطابقة الحزم مع قواعد مرحشات SDF
- **فرض جودة الخدمة**: تطبيق تحديد المعدل وتوسيم الحزم وفقاً لقواعد QoS
- **قرارات التوجيه**: تنفيذ إجراءات (الإخطار، الإسقاط، التخزين المؤقت، التكرار، FAR)
- **لأغراض الفوترة المستندة إلى الحجم URR تتبع الاستخدام**: زيادة عدادات

لتخزين القواعد (جداول التجزئة في ذاكرة النواة) eBPF يستخدم المسار خرائط eBPF:

| اسم الخريطة          | الغرض                    | المفتاح             | القيمة                                       |
|----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------------------------|
| uplink_pdr_map       | PDRs<br>الرافعة          | TEID (32<br>بت)     | معرف PDR معلومات<br>FAR, معرف QER,<br>URR)   |
| downlink_pdr_map     | PDRs<br>النزول<br>(IPv4) | لـ IP عنوان<br>UE   | PDR معلومات                                  |
| downlink_pdr_map_ip6 | PDRs<br>النزول<br>(IPv6) | IPv6<br>عنوان لـ UE | PDR معلومات                                  |
| far_map              | قواعد التوجيه            | FAR معرف            | معلومات التوجيه (الإجراء،<br>معلومات النفقة) |
| qer_map              | قواعد QoS                | QoS معرف<br>QER     | معلومات QoS (MBR،<br>التوسيم، GBR)           |
| urr_map              | تبعد<br>الاستخدام        | URR معرف            | عدادات الحجم (الرفع،<br>النحوء، الإجمالي)    |
| sdf_filter_map       | مرشحات<br>SDF            | PDR معرف            | مرشحات التطبيقات<br>(المنافذ، البروتوكولات)  |

### خصائص الأداء:

- بدون نسخ: تتم معالجة الحزم بالكامل في مساحة النواة
- التعلق على مستوى برنامج تشغيل الشبكة لتحقيق زمن انتقال دون XDP دعم ميكروثانية
- مع دعم خريطة لكل CPU متعددة النوى: تتسع عبر نوى CPU
- محدودة بذاكرة النواة eBPF السعة: ملايين

للحصول على مراقبة السعة، راجع إدارة السعة.

# معالج واجهة PFCP

أو SMF للتواصل مع GPP من 3 TS 29.244 بتنفيذ PFCP تقوم واجهة.

## الوظائف الأساسية:

- وإعداد/إصدار الارتباط **ادارة الارتباط**: نبض
- **دورة حياة الجلسة**: إنشاء وتعديل وحذف جلسات PFCP
- eBPF إلى إدخالات خريطة PFCP **ثبيت القواعد**: تحويل عناصر المعلومات
- عن عتبات الاستخدام أو الأخطاء أو أحداث الجلسة **تقرير الأحداث**: إبلاغ

## المدعومة PFCP رسائل:

| نوع الرسالة    | الاتجاه       | الغرض                                     |
|----------------|---------------|-------------------------------------------|
| إعداد الارتباط | SMF → UPF     | PFCP إنشاء ارتباط التحكم                  |
| إصدار الارتباط | SMF → UPF     | PFCP إنهاء ارتباط                         |
| نبض            | ثنائي الاتجاه | الحفاظ على الارتباط نشطاً                 |
| إنشاء الجلسة   | SMF → UPF     | PDU جديدة مع PDR/FAR/QER/URR إنشاء جلسة   |
| تعديل الجلسة   | SMF → UPF     | QoS تحديث القواعد للتنقل، تغييرات         |
| حذف الجلسة     | SMF → UPF     | إزالة الجلسة وجميع القواعد المرتبطة بها   |
| تقرير الجلسة   | UPF → SMF     | الإبلاغ عن الاستخدام، الأخطاء، أو الأحداث |

## المدعومة (IE) عناصر المعلومات:

- إنشاء PDR, FAR, QER, URR
- تحديث PDR, FAR, QER, URR
- إزالة PDR, FAR, QER, URR
- مرشح IP للـ UE, F-TEID, SDF) معلومات كشف الحزم
- معلمات التوجيه (مثال الشبكة، إنشاء رأس خارجي)
- QoS (MBR, GBR, QFI) معلمات

- مشغلات تقرير الاستخدام (عتبة الحجم، عتبة الوقت)
- 

## API REST خادم

و عملياته UPF وصولاً برمجياً إلى حالة API REST يوفر.

### الوظائف الأساسية:

- النشطة والارتباطات PFCP **مراقبة الجلسات**: استعلام عن جلسات
- FAR و QER و PDR **فحص القواعد**: عرض تكوينات URR
- XDP **الإحصائيات**: استرداد عدادات الحزم، إحصائيات التوجيه، إحصائيات
- **إدارة التخزين المؤقت**: عرض والتحكم في تخزين الحزم
- **eBPF معلومات الخريطة**: مراقبة استخدام خريطة والسعفة

(نقطة نهاية إجمالية 34) API نقاط النهاية

| الفئة          | نقاط النهاية                                                                         | الوصف                               |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| الصحة          | /health                                                                              | فحص الصحة والحالة                   |
| التكوين        | /config                                                                              | تكوين UPF                           |
| الجلسات        | /pfcp_sessions, /pfcp_associations                                                   | بيانات جلسة/ ارتباط PFCP            |
| PDRs           | /uplink_pdr_map, /downlink_pdr_map,<br>/downlink_pdr_map_ip6,<br>/uplink_pdr_map_ip6 | قواعد كشف الحزم                     |
| FARs           | /far_map                                                                             | قواعد إجراءات التوجيه               |
| QERs           | /qer_map                                                                             | قواعد فرض QoS                       |
| URRs           | /urr_map                                                                             | قواعد تقرير الاستخدام               |
| التخزين المؤقت | /buffer                                                                              | حالة التحكم في التخزين المؤقت للحزم |
| الإحصائيات     | /packet_stats, /route_stats,<br>/xdp_stats, /n3n6_stats                              | قياسات الأداء                       |
| السعه          | /map_info                                                                            | سعة واستخدام خريطة eBPF             |
| المطانرة       | /dataplane_config                                                                    | عناوين واجهات N3/N9                 |

واستخدامها، راجع دليل المراقبة API للحصول على تفاصيل.

## لوحة التحكم على الويب

توفر لوحة التحكم على الويب لوحة معلومات في الوقت الحقيقي لمراقبة وإدارة UPF.

### الميزات:

- عدد TEID و UE لـ IP النشطة مع عنوان PFCP عرض الجلسات: تصفح جلسات القواعد
- عبر جميع الجلسات URRs و QERs و FDRs إدارة القواعد: عرض وإدارة
- **مراقبة التخزين المؤقت:** تتبع الحزم المخزنة والتحكم في التخزين المؤقت لكل FAR
- في N3/N6 وإحصائيات واجهة XDP لوحة إحصائيات: إحصائيات الحزم، والتوجيه، والوقت الحقيقي
- مع مؤشرات سعة ملونة eBPF مراقبة السعة: استخدام خريطة
- وعنواين الطائرة UPF عرض التكوين: عرض تكوين
- **عارض السجلات:** بث السجلات المباشرة لاستكشاف الأخطاء وإصلاحها

للحصول على عمليات واجهة المستخدم المفصلة، راجع دليل عمليات واجهة الويب.

## بروتوكول SMF وتكامل PFCP

### ارتباط PFCP

مع PFCP إنشاء ارتباط SMF قبل أن يمكن إنشاء الجلسات، يجب على UPF.

### دورة حياة الارتباط:



### النقاط الرئيسية:

- UPF بإنشاء ارتباط واحد مع SMF يقوم كل
- IP أو عنوان FQDN) الارتباط بواسطة معرف العقدة (IP)
- تحافظ رسائل النبض على حيوية الارتباط
- يتم حذف جميع الجلسات تحت ارتباط إذا تم إصدار الارتباط

لرؤية الارتباطات، راجع [عرض الجلسات](#).

## **وتنظيف الجلسات اليتيمة SMF اكتشاف إعادة تشغيل**

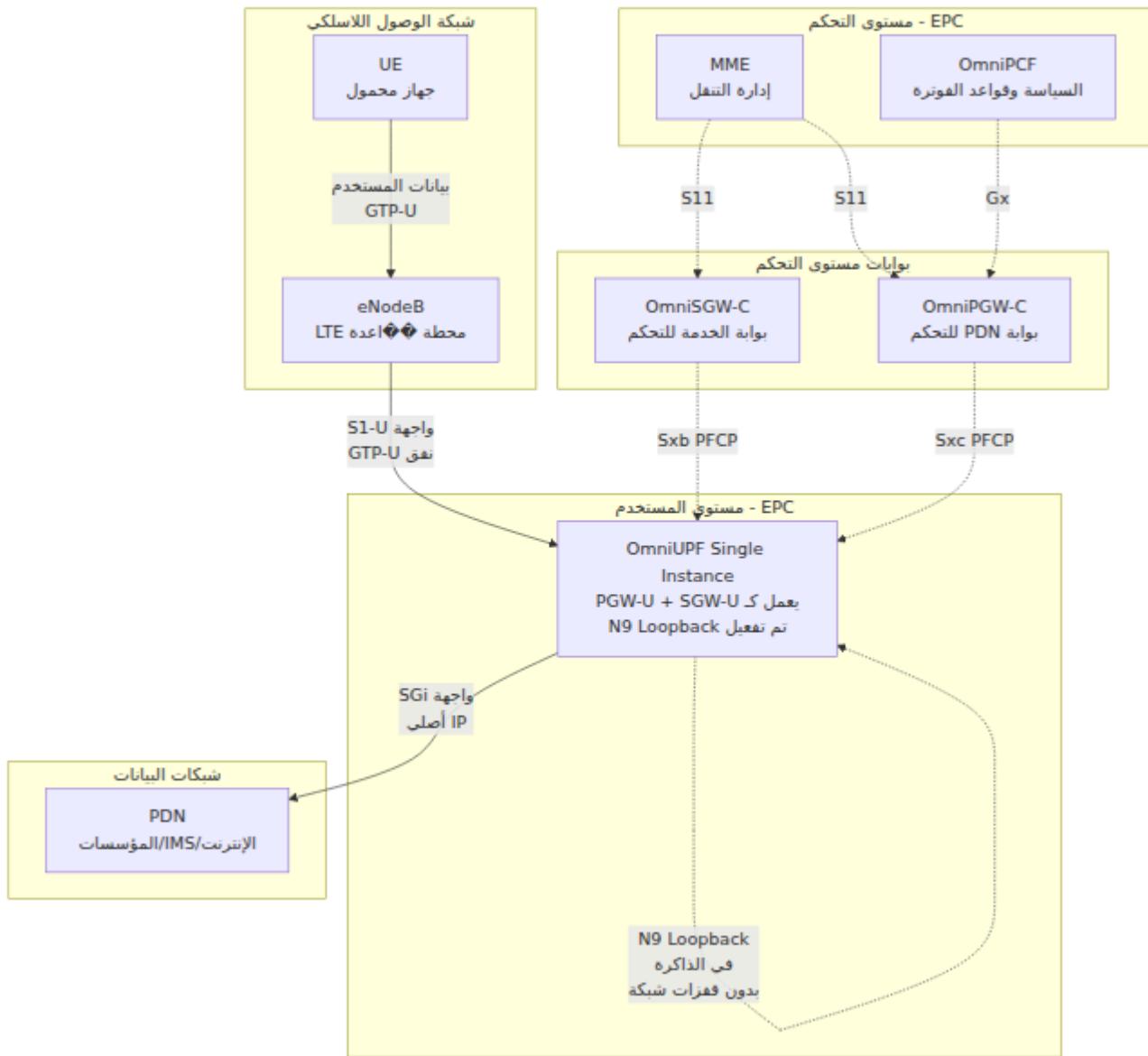
وتقوم بتنظيف الجلسات اليتيمة وفقاً SMF تلقائياً متى يتم إعادة تشغيل OmniUPF تكتشف 3GPP TS 29.244.

### **كيف يعمل:**

فإنه يوفر ختم الاسترداد يشير إلى متى بدأ تخزن، PFCP بإنشاء ارتباط SMF عندما يقوم OmniUPF هذا الختم لكل ارتباط. إذا أعيد تشغيل SMF:

1. كل حالة الجلسة في الذاكرة SMF يفقد
2. مع PFCP إنشاء ارتباط UPF يعيده
3. ختم استرداد جديد (مختلف عن السابق) SMF يرسل
4. تغيير الختم = تم إعادة تشغيل UPF تكتشف
5. القديم SMF تلقائياً جميع الجلسات اليتيمة من مثيل UPF تحذف
6. جلسات جديدة للمشترين النشطين SMF ينشئ

### **:تدفق اكتشاف إعادة التشغيل**



## مثال السجل:

سترى SMF عندما يتم إعادة تشغيل:

```

WARN: 192.168.1.10 موجود بالفعل NodeID: smf-1 الارتباط مع
الجديد: T10:00:00Z القديم: 15-01-2025 SMF تغير ختم استرداد:
15-01-2025T10:30:15Z (Z) حذف 245 جلسة يتيمة، SMF تم إعادة تشغيل - (LocalSEID)
INFO: 2 بسبب إعادة تشغيل LocalSEID) حذف الجلسة يتيمة
INFO: 3 بسبب إعادة تشغيل LocalSEID) حذف الجلسة يتيمة
...
INFO: 246 بسبب إعادة تشغيل LocalSEID) حذف الجلسة يتيمة SMF

```

## ملاحظات هامة:

- الأخرى SMF المعاد تشغيلها فقط. لا تتأثر ارتباطات SMF العزل: يتم حذف جلسات . وجلساتها بشكل مباشر.
- تم إعادة) مقارنة الأختام: إذا كان ختم الاسترداد مطابقاً، يتم الاحتفاظ بالجلسات . (دون إعادة التشغيل SMF الاتصال بـ).
- GPP TS 29.244 هذا السلوك مطلوب بموجب قسم 5.22.2 من 3: IGPP أمثلال 3.

منذ آخر إعداد ارتباط، يجب أن تعتبر CP إذا تغير ختم وقت الاسترداد لوظيفة " قد أعيد تشغيلها ويجب أن تحذف جميع جلسات CP أن وظيفة UP وظيفة المرتبطة بتلك الوظيفة CP."

لإصلاح الجلسات اليتيمة، راجع [اكتشاف الجلسات اليتيمة](#).

## GTP-U معالجة إشارة خطأ

PGW-U, SGW-U, eNodeB, gNodeB) وفقاً لمواصفات 3GPP TS 29.281. (PGW-U, SGW-U, OmniUPF مع رسائل إشارة خطأ GTP-U من الأقران السفليين TEID قد يرسل النظير إشارة خطأ إذا لم يتعرف على ، يشير هذا . (معرف نقطة النفق) TEID إلى نظير بعيد GTP-U على سبيل المثال) إلى نظير بعيد GTP-U بتوجيه حزمة OmniUPF عندما تقوم

### ما هي إشارات الأخطاء:

في نشر PGW-U ، على سبيل المثال) إلى نظير بعيد GTP-U بتوجيه حزمة OmniUPF عندما تقوم SGW-U، TEID قد يرسل النظير إشارة خطأ إذا لم يتعرف على ، (معرف نقطة النفق) TEID إلى نظير بعيد GTP-U على سبيل المثال) إلى نظير بعيد GTP-U بتوجيه حزمة OmniUPF عندما تقوم

- أن النظير البعيد قد أعيد تشغيله وقد حالة النفق
- أن النفق لم يتم إنشاؤه أبداً على الجانب البعيد (عدم تطابق التكوين)
- أن النفق قد تم حذفه بالفعل على الجانب البعيد

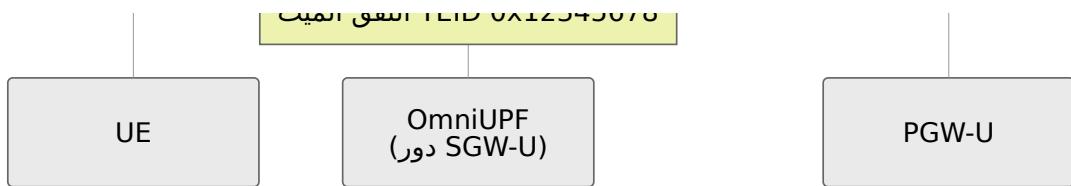
### كيف يعمل:

- إلى النظير البعيد (المنفذ X مع TEID GTP-U يوجه الحزمة → يرسل حزرة (2152)
- في جدول الأنفاق الخاص TEID يبحث عن → X النظير البعيد لا يتعرف على به، لا يوجد
- تحتوي على IE من النوع 26 مع TEID GTP-U النظير البعيد يرسل إشارة خطأ → رسالة TEID الخطأ
- TEID X يتلقي إشارة خطأ → يحلل الرسالة لاستخراج UPF

5. التي توجه إلى FARS **يجد الجلسات المتأثرة** → يبحث عن جميع الجلسات لـ **UPF** TEID X
6. وحالة eBPF **يحذف الجلسات** → يزيل الجلسات من خرائط **PFCP**
7. **يحدث القياسات** → يزيد عدادات **UPF** للمراقبة Prometheus

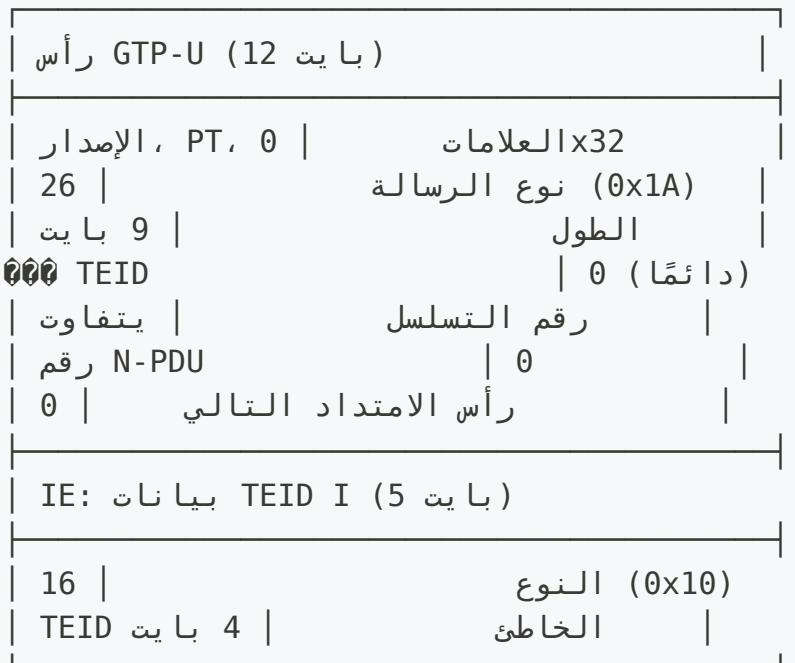
**تدفق إشارة الخطأ:**





القسم 7.3.1 من (3) تنسيق الحزمة (GPP TS 29.281):

إشارات خطأ GTP-U:



متى تكون هذه الأمور مهمة:

### 1: إعادة تشغيل PGW-U في بنيّة GTP S5/S8

- SGW-U (OmniUPF) إلى S5/S8 يوجه حركة PGW-U
- PGW-U يعيد التشغيل وي فقد كل حالة النفق S5/S8
- القديمة TEIDs يستمر في التوجيه إلى SGW-U
- PGW-U يرسل إشارات خطأ PGW-U
- يتوقف تلقائياً عن استخدام الأنفاق الميتة SGW-U

### 2: إعادة تشغيل UPF في بنيّة N9

- UPF-1 (OmniUPF) إلى N9 يوجه حركة UPF-2
- UPF-2 يعيد التشغيل
- UPF-1 يتلقى إشارات خطأ

- UPF-1 ينطوي على الجلسات

### مثال السجل:

:عند تلقي إشارة خطأ

```

WARN: TEID من 2152 لـ GTP-U تلقي إشارة خطأ TEID
0x12345678 النظير البعيد لا يتعرف على هذا -
WARN: التوجيه إلى 1 FAR GlobalId=42 مع LocalSEID=42 وجدت الجلسة
من النظير 192.168.50.10 192.168.50.10x12345678 الخطأ
INFO: TEID لـ GTP-U بسبب إشارة خطأ LocalSEID=42 حذف الجلسة
0x12345678 192.168.50.10 من
WARN: تم حذف 1 جلسة(ات) بسبب إشارة خطأ
النظير 192.168.50.10

```

### مؤشرات Prometheus:

:راقب نشاط إشارة الخطأ مع تفاصيل لكل نظير وكل عقدة

```

إجمالي إشارات الخطأ المستلمة من الأقران
upf_buffer_listener_error_indications_received_total{node_id="pgw-u-1",peer_address="192.168.50.10"}

الجلسات المحذوفة بسبب إشارات الخطأ
upf_buffer_listener_error_indication_sessions_deleted_total{node_id='u-1',peer_address="192.168.50.10"}

(الواردة غير المعروفة لـ) إشارات الخطأ المرسلة
upf_buffer_listener_error_indications_sent_total{node_id="enodeb-1",peer_address="10.60.0.1"}

```

### علامات القياس:

- `node_id`: معرف عقدة (أو "غير معروف" إذا لم يكن هناك ارتباط PFCP)
- `peer_address`: عنوان IP للنظير البعيد

تساعد هذه القياسات في تحديد الأقران المشكلة وتتبع أنماط إشارات الخطأ لكل عقدة في الطائرة التحكمية.

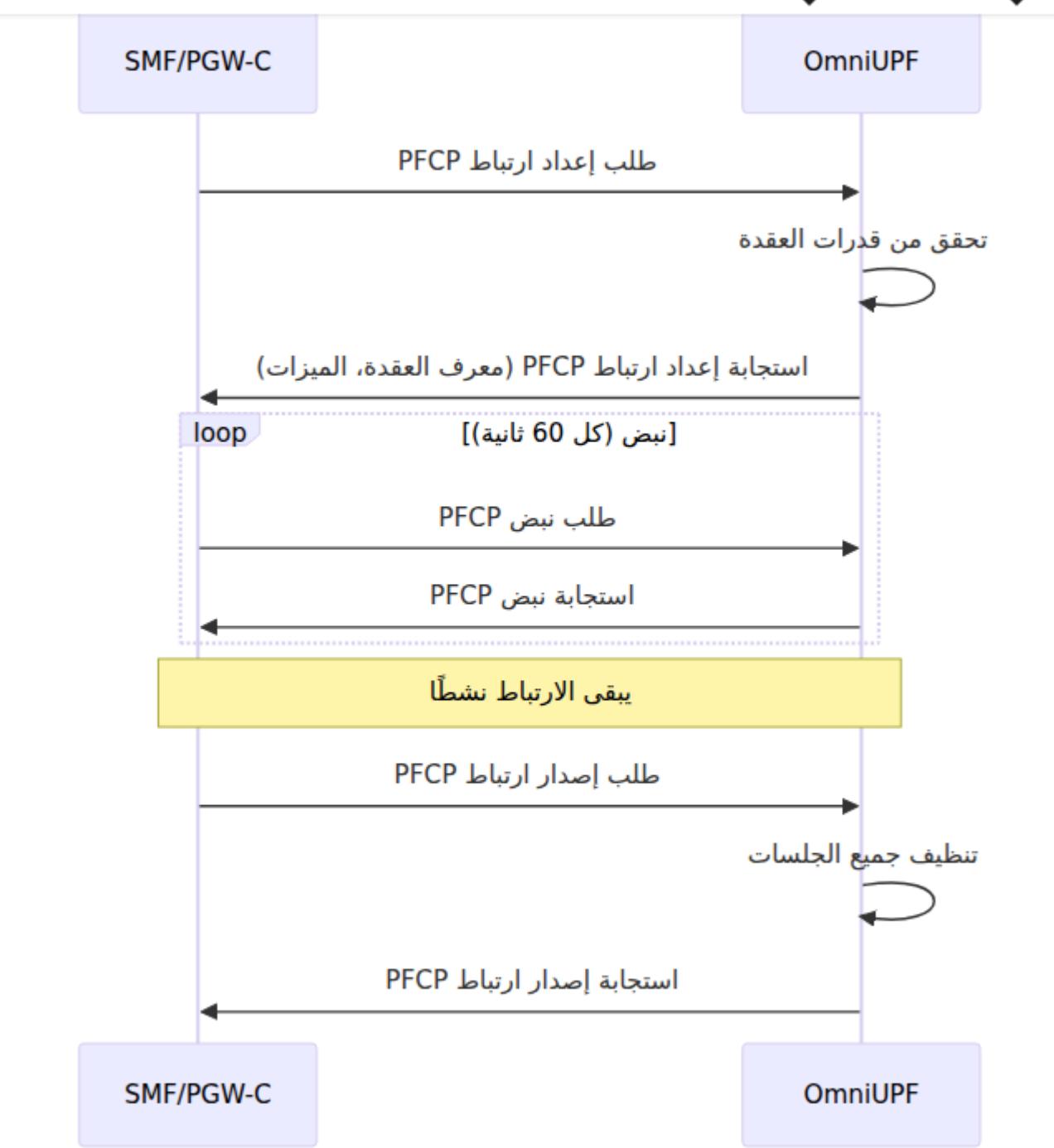
### ملاحظات هامة:

1. تنظيف تلقائي: لا حاجة لتدخل المشغل - يتم حذف الجلسات تلقائياً.
  2. الخاطئ TEID التي توجه إلى FARS يتم حذف الجلسات فقط مع TEID مطابقة بالضبط
  3. العزل بين الأقران: تؤثر إشارات الخطأ من نظير واحد فقط على الجلسات التي توجه إلى ذلك النظير
  4. الميت، يتم TEID جلسات متعددة: إذا كانت هناك جلسات متعددة توجه إلى نفس الميت، يتم حذف جميعها
  5. تكامل مع ختم الاسترداد:
- اكتشاف ختم الاسترداد = استباقي (يكتشف إعادة التشغيل أثناء إعداد الارتباط)
  - معالجة إشارة الخطأ = تفاعلي (يكتشف الأنفاق الميتة عندما تتدفق حركة المرور)
6. معالجة الحزم غير الصالحة: يتم تسجيل إشارات الخطأ غير الصالحة وتجاهلها (لا يتم حذف أي جلسات)
- لإصلاح إشارات الخطأ، راجع استكشاف الأخطاء في إشارات GTP-U.
- 

## PFCP إنشاء جلسة

PFCP بإنشاء جلسة SMF يقوم ، PDU (LTE) أو سياق (5G) بإنشاء جلسة UE عندما يقوم UPF.

### تدفق إنشاء الجلسة



### محتويات الجلسة النموذجية:

- **PDR** إلى FAR التوجيه عبر TEID N3، مطابقة على N6 للرفع: مطابقة على TEID N3، مع تغليف FAR إلى IP للنزول: مطابقة على عنوان UE، لـ GTP-U
- **FAR**: معلومات التوجيه (إنشاء رأس خارجي، مثيل الشبكة)
- **QER**: QoS (MBR, GBR) حدود (QFI)
- **URR**: تقرير الحجم لأغراض الفوترة (اختياري)

# **PFCP تعديل جلسة**

أو تحداثيات الخدمة ، QoS تعديل الجلسات لأحداث التنقل (التبديل)، أو تغييرات SMF يمكن لـ

## **:سيناريوهات التعديل الشائعة**

### **1. استناداً إلى) التبديل N2)**

- gNB الرافعه مع نقطة النهاية الجديدة لمحطة FAR تحديث F-TEID)
- تخزين الحزم مؤقتاً خلال تبديل المسار
- تفريغ التخزين المؤقت إلى المسار الجديد عند الاستعداد

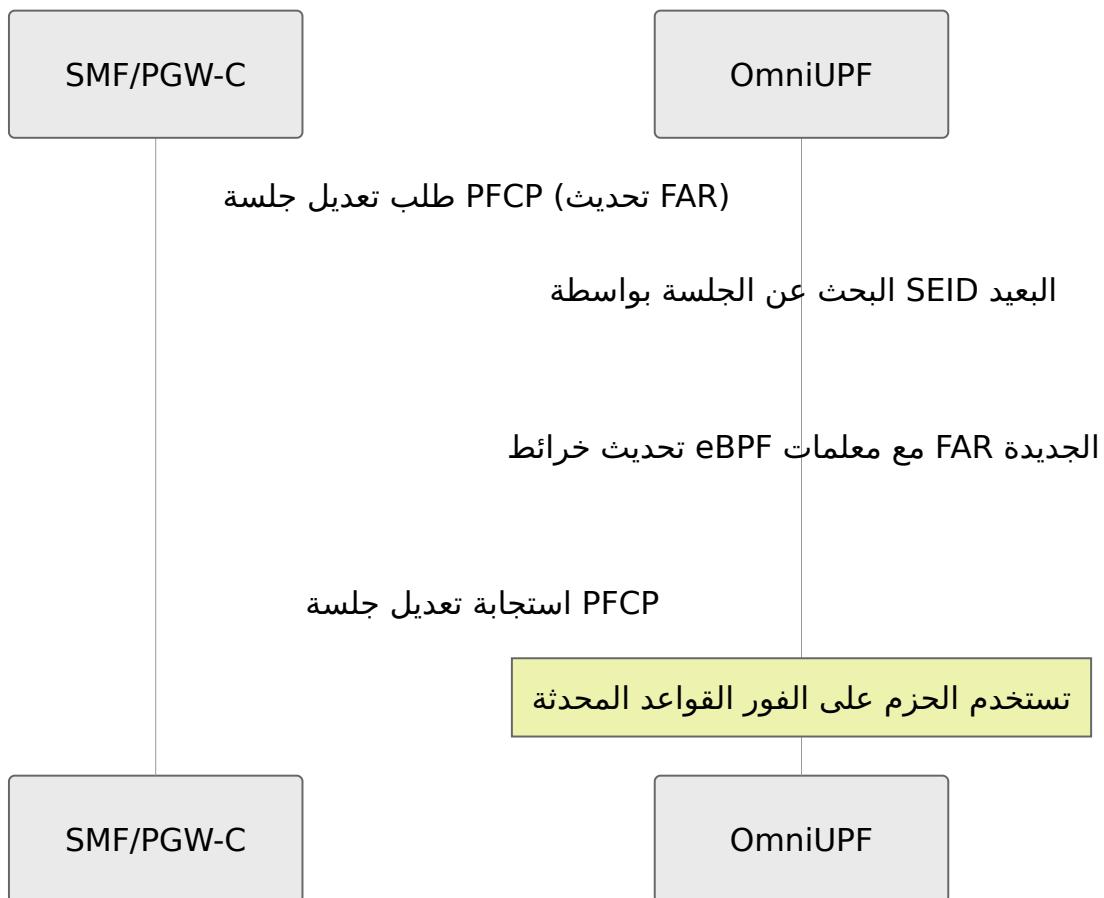
### **2. تغيير QoS**

- الجديدة MBR/GBR مع قيم QER تحديث
- المحدد QoS لتطبيق PDR في SDF قد يتم إضافة/إزالة مرشحات

### **3. تحديث الخدمة.**

- جديدة لتدفقات حركة المرور الإضافية PDRs إضافة
- لتغييرات التوجيه FARs تعديل

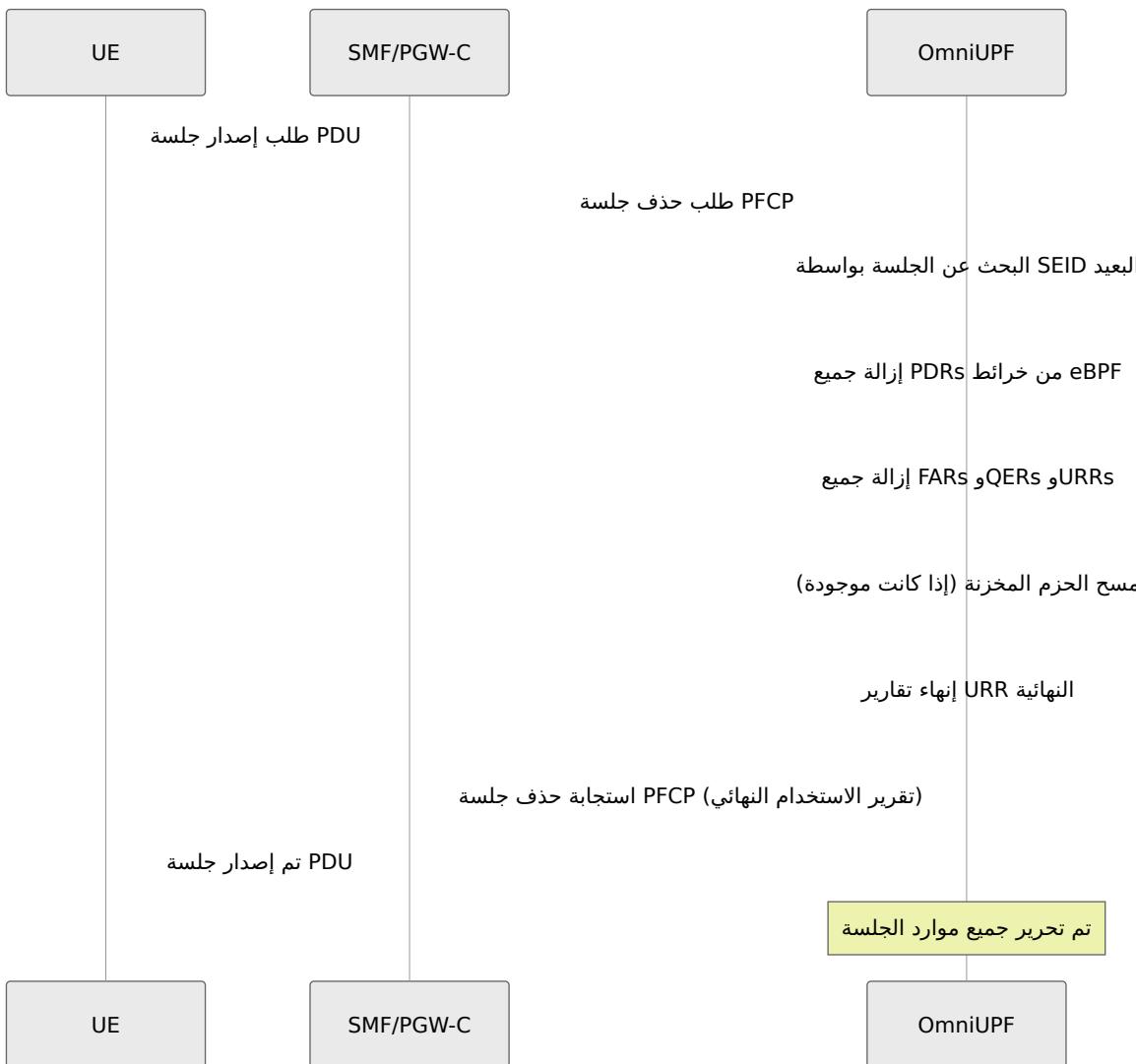
## **:تدفق تعديل الجلسة**



## حذف جلسة PFCP

في PFCP بحذف جلسة SMF يقوم UPF، عندما يتم إصدار جلسة PDU.

**تدفق حذف الجلسة:**



### التنظيم المنجز:

- (الرفع والنزول) PDRs تم إزالة جميع
- FARS وQERs وURRs تم إزالة جميع
- يتم مسح التخزين المؤقت للحزم
- لأغراض الفوترة SMF يتم إرسال تقرير الاستخدام النهائي إلى

## العمليات الشائعة

API قدرات تشغيل شاملة من خلال لوحة التحكم المستندة إلى الويب وواجهة OmniUPF تقدم REST. تغطي هذه القسم المهام التشغيلية الشائعة وأهميتها.

# مراقبة الجلسات

## فهم جلسات PFCP:

تحتوي كل جلسة PDP (LTE) أو سياقات (5G) UE النشطة لـ PDU جلسات PFCP تمثل جلسات على:

- SEIDs محلية وبعيدة (معرفات نقطة نهاية الجلسة)
- PDRs لتصنيف الحزم
- FARs لقرارات التوجيه
- QERs (اختياري) لفرض QoS
- URRs لتبني الاستخدام (اختياري)

## العمليات الرئيسية للجلسة:

- عرض جميع الجلسات مع عنوانين TEIDs و عدد القواعد
- TEID أو IP تصفية الجلسات حسب عنوان
- فحص تفاصيل الجلسة بما في ذلك تكوينات PDR/FAR/QER/URR الكاملة
- مراقبة عدد الجلسات لكل ربط PFCP

للحصول على إجراءات الجلسة التفصيلية، راجع [عرض الجلسات](#).

---

# إدارة القواعد

## (PDR) قواعد كشف الحزم:

: الحزم التي تتطابق مع تدفقات حركة المرور المحددة. يمكن للمشغلين PDRs تحديد

- عرض TEID N3 من واجهة المفاتيح بواسطة PDRs
- عرض IP (IPv4 أو IPv6) UE لـ IP النزول المفاتيح بواسطة عنوان PDRs
- فحص مرسحات SDF لتصنيف التطبيقات المحددة
- واستخدام السعة PDRs مراقبة عدد

## (FAR) قواعد إجراءات التوجيه:

: ما يجب فعله مع الحزم المطابقة. يمكن للمشغلين FARs تحديد

- (التوجيه، الإسقاط، التخزين المؤقت، التكرار، الإخطار) **FAR** عرض إجراءات
- **فحص معلمات التوجيه** (إنشاء رأس خارجي، الوجهة)
- **FAR مراقبة حالة التخزين المؤقت لكل**
- المحددة أثناء استكشاف الأخطاء وإصلاحها **FAR تبديل التخزين المؤقت لقواعد**

#### **(QER) قواعد فرض جودة الخدمة:**

حدود النطاق  $\diamond$  التردد وتوسيم الحزم. يمكن للمشغلين QERs تطبق:

- (التوسيم **QoS** (MBR, GBR) عرض معلمات)
- **النشطة لكل جلسة QERs مراقبة**
- **في 5 QoS لتدفقات QFI فحص علامات**

#### **(URR) قواعد تقرير الاستخدام:**

أحجام البيانات لأغراض الفوترة. يمكن للمشغلين URRs تتبع:

- **عرض عدادات الحجم** (الرفع، النزول، إجمالي البيانات)
- **مراقبة عتوبات الاستخدام** ومشغلات التقرير
- **النشطة عبر جميع الجلسات URRs فحص**

لإدارة القواعد، راجع دليل إدارة القواعد.

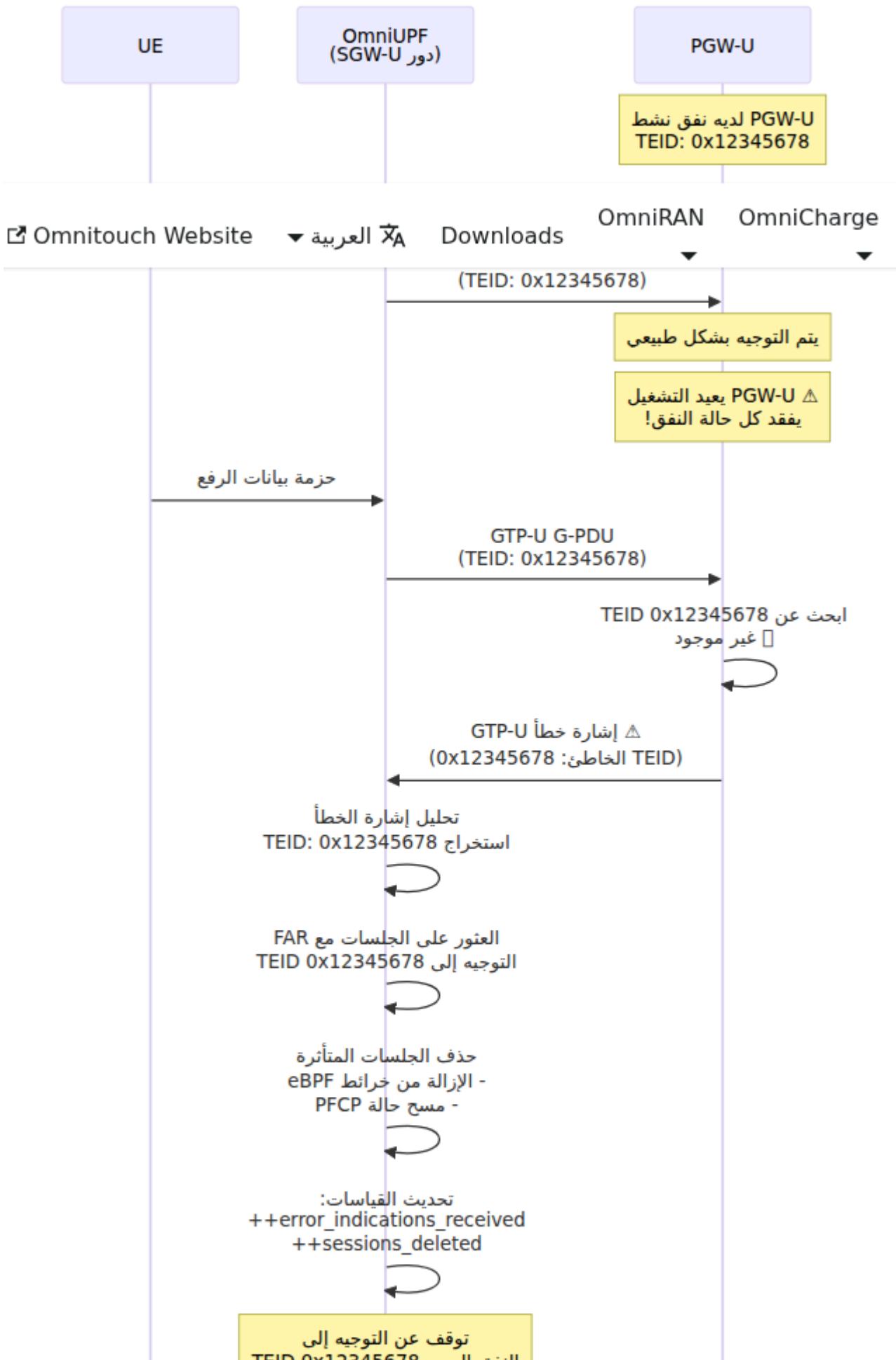
## **تخزين الحزم**

### **UPF لماذا يعتبر التخزين مؤقتاً أمراً حيوياً لـ**

لأنه يمنع فقدان الحزم خلال أحداث التنقل **UPF** يعتبر تخزين الحزم واحدة من أهم وظائف وإعادة تكوين الجلسات. بدون التخزين المؤقت، سيختبر المستخدمون فقدان الاتصال، وانقطاعات التنزيل، وفشل الاتصالات في الوقت الحقيقي في كل مرة ينتقلون فيها بين أبراج الخلايا أو عندما تتغير ظروف الشبكة.

### **المشكلة: فقدان الحزم أثناء التنقل**

في الشبكات المحمولة، يتحرك المستخدمون باستمرار. عندما ينتقل جهاز من برج خلية إلى آخر (التبديل)، أو عندما يحتاج الشبكة إلى إعادة تكوين مسار البيانات، هناك نافذة حرجة حيث تكون الحزم في الطيران ولكن المسار الجديد ليس جاهزاً بعد:





**بدون التخزين المؤقت:** ستفقد الحزم التي تصل خلال هذه النافذة الحرجة ، مما يؤدي إلى

- أو إعادة تعينها (توقف تصفح الويب، انقطاعات التنزيل) **TCP توقف اتصالات**
- و Zoom و WhatsApp (فشل مكالمات الفيديو أو انقطاعها) **تجمد مكالمات الفيديو**
- **انقطاع جلسات الألعاب** (فشل التطبيقات في الوقت الحقيقي)
- أو انقطاعها تماماً (انقطاعات المكالمات الهاتفية) **VoIP فقدان مكالمات**
- **فشل التنزيلات** و ضرورة إعادة البدء

مؤقتاً بالحزم حتى يتم إنشاء المسار الجديد، ثم **OmniUPF مع التخزين المؤقت**: تحفظ توجيهها بسلامة. يختبر المستخدم عدم انقطاع

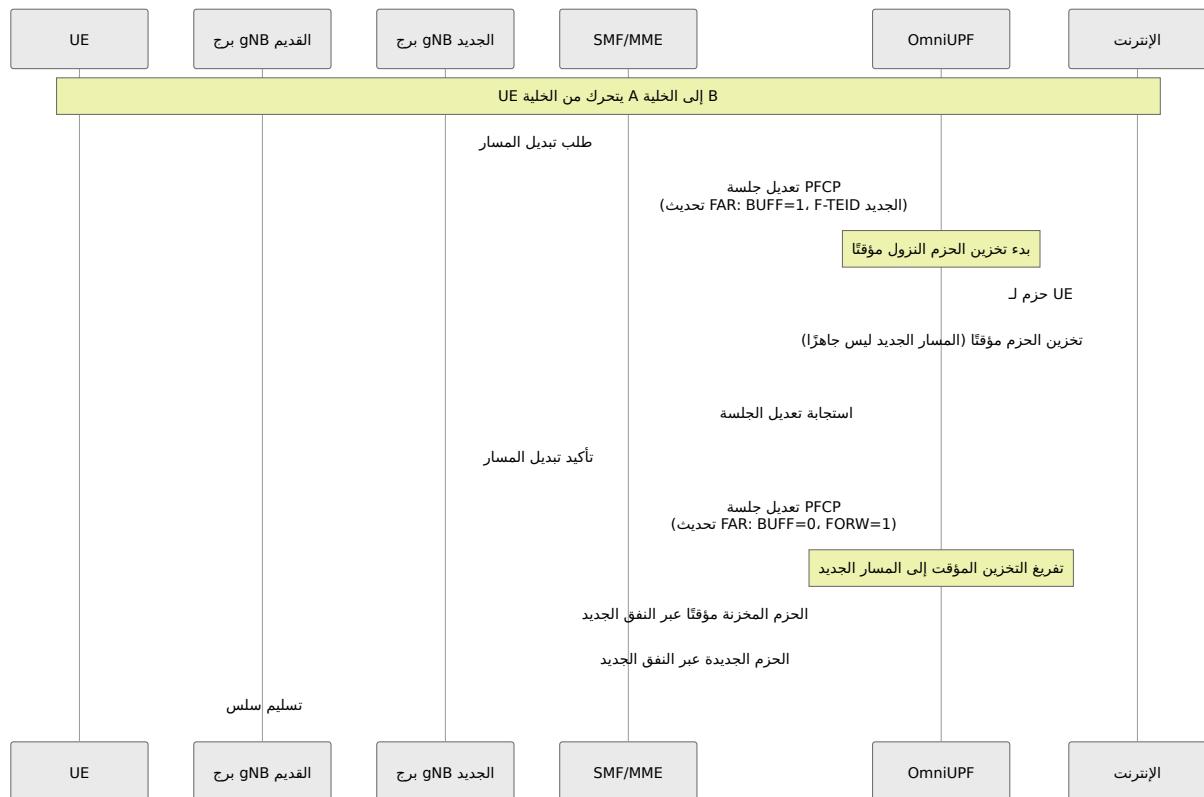
---

### متى يحدث التخزين المؤقت

**بنخزين الحزم مؤقتاً في هذه السيناريوهات الحرجة OmniUPF تقوم**

**1. X2 التبديل القائم على / (5G) N2 التبديل القائم على .**

**بين أبراج الخلايا UE عندما ينتقل**



## الجدول الزمني:

- المسار القديم لا يزال نشطاً **T+0ms**
- بالتخزين المؤقت (المسار القديم يغلق، المسار الجديد UPF يخبر SMF الجديدة مؤقتاً) **T+10ms**: SMF يخبر UPF (المسار الجديد ليس جاهزاً)
- **T+10-50ms**: نافذة التخزين الحرجة - تصل الحزم ولكن لا يمكن توجيهها
- **T+50ms**: بالتوجيه UPF يخبر SMF ، المسار الجديد جاهز
- **T+50ms+**: يفرغ الحزم المخزنة مؤقتاً إلى المسار الجديد، ثم يوجه الحزم UPF الجديدة على الفور

من الحزم (آلاف الحزم المحتملة) ستفقد \*\*. مع التخزين بدون التخزين المؤقت: ~40ms.

**المؤقت:** عدم فقدان الحزم، تبديل سلس

## 2. (تحديث المسار، QoS تغيير) تعديل الجلسة

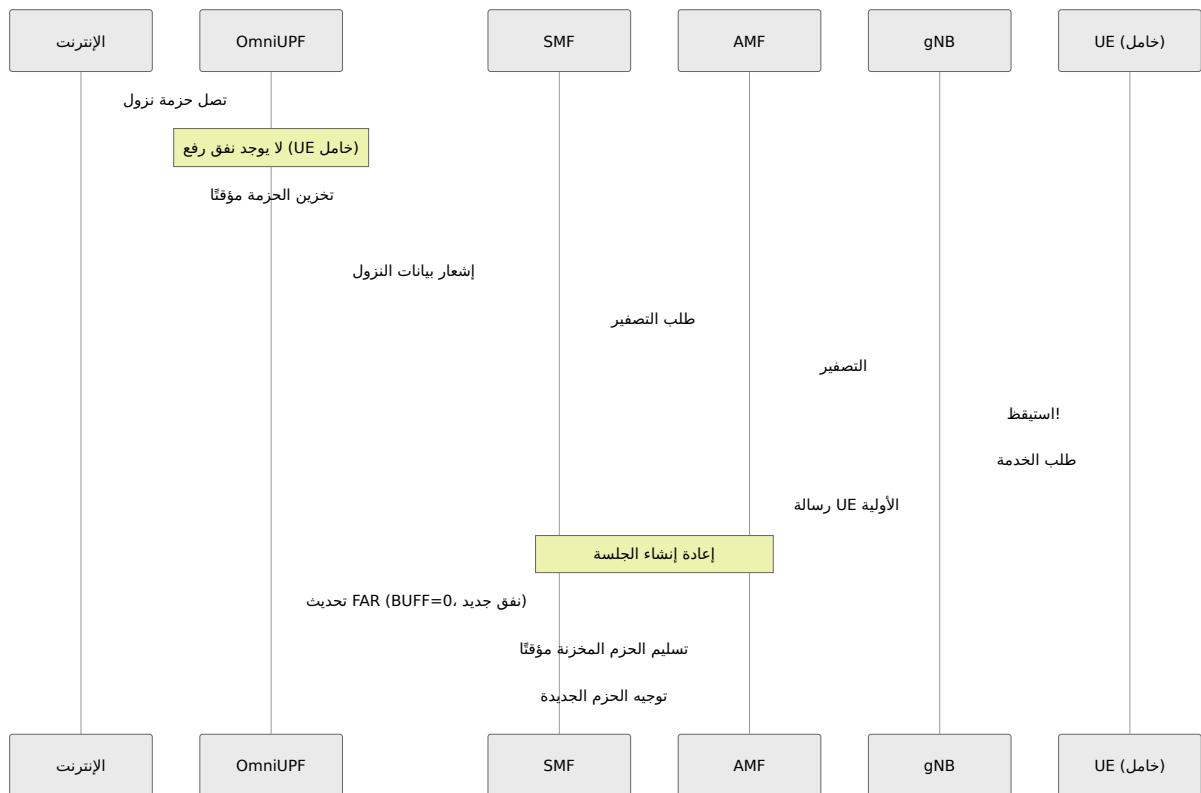
عندما تحتاج الشبكة إلى تغيير معلمات الجلسة

- وضع **QoS** 4 ترقية/خفض إلى 5G يتحرك المستخدم من تغطية **NSA**
- **تغيير السياسة:** يدخل المستخدم المؤسسي الحرم الجامعي (تغييرات توجيه الحركة)
- (**ULCL** تحديث) أقرب UPF تحسين الشبكة: يعيد توجيه الشبكة الأساسية الحركة إلى

خلال التعديل، قد تحتاج الطائرة التحكيمية إلى تحديث عدة قواعد بشكل ذري. يضمن التخزين المؤقت عدم توجيه الحزم مع مجموعات قواعد جزئية/غير متسقة.

### 3. إشعار بيانات النزول (استعادة وضع الخمول)

في وضع الخمول (إيقاف الشاشة، توفير الطاقة) وتصل بيانات النزول UE عندما يكون



**بدون التخزين المؤقت:** ستفقد الحزمة الأولية التي أثارت الإشعار \*\*، مما يتطلب من المرسل UE إعادة الإرسال (يضيف زمن انتقال). **مع التخزين المؤقت:** يتم تسليم الحزمة التي أيقظت على الفور عند إعادة الاتصال بـ UE.

### 4. التبديل RAT (4G ↔ 5G)

وG بين تغطية 4G و5G عندما ينتقل UE:

- (eNodeB ↔ gNB) تغيير البنية
- (مختلف TEID تخصيص) تغيير نقاط نهاية النفقات
- RAT يضمن التخزين المؤقت انتقالاً سلساً بين أنواع

### كيف يعمل التخزين المؤقت في OmniUPF

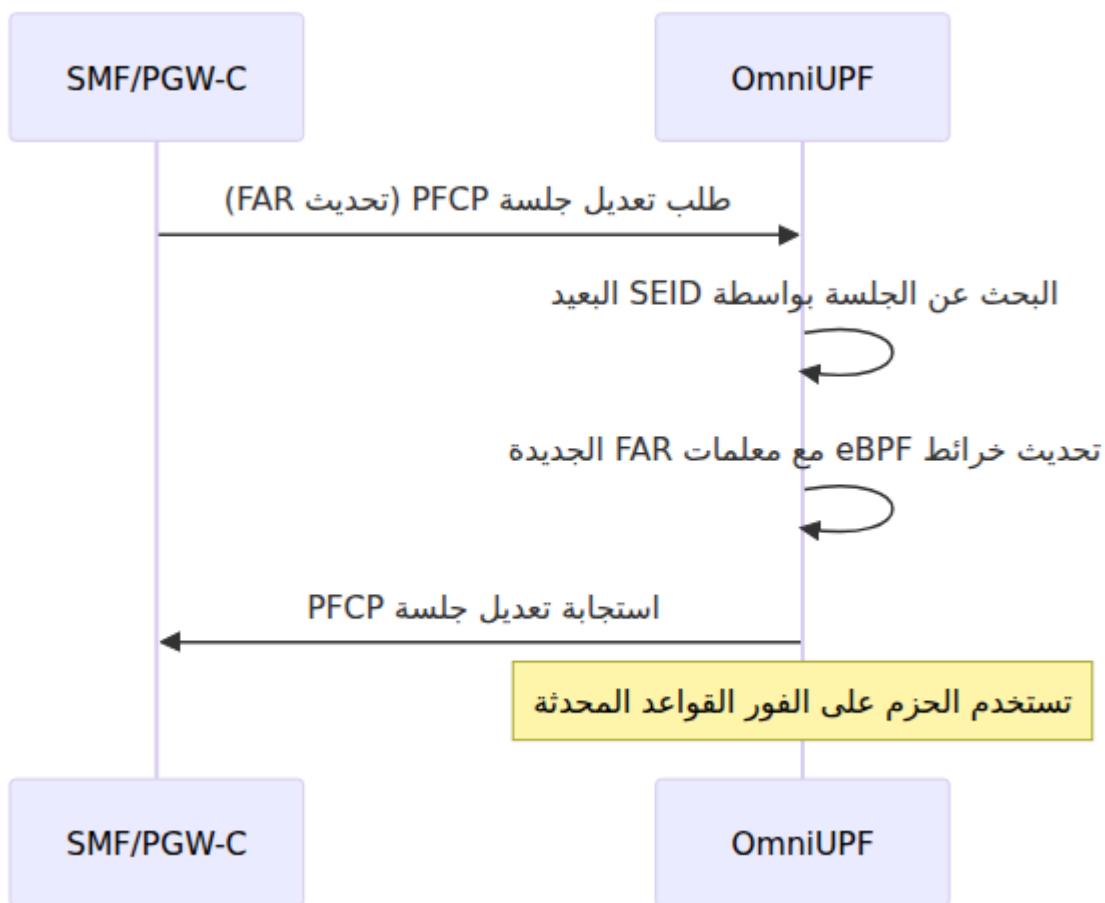
## آلية تقنية:

بنية تخزين مؤقت من مرحلتين OmniUPF تستخدم:

1. تكشف عن الحزم التي تتطلب التخزين المؤقت بناءً على: (النواة) eBPF مرحلة أعلام إجراء FAR

مرحلة مساحة المستخدم: تخزن وتدير الحزم المخزنة مؤقتاً في الذاكرة.

## عملية التخزين المؤقت:



## تفاصيل رئيسية:

- إلى مساحة eBPF الحزم المرسلة من (22152 UDP منفذ التخزين المؤقت: منفذ المستخدم)
- ـ التغليف FAR مع معرف TEID GTP-U: يتم تغليف الحزم في
- ـ مع بيانات التعريف (الطابع الزمني، الاتجاه، FAR التخزين: تخزين في الذاكرة لكل حجم الحزمة)
- ـ الحدود:
  - ـ حزمة (افتراضي) FAR: 10,000 حد لكل

- حد إجمالي: 100,000 حزمة عبر جميع FARs
- TTL ثانية (افتراضي) - يتم إسقاط الحزم التي تتجاوز 30: TTL
- **التنظيف:** عملية خلفية تزيل الحزم المنتهية كل 60 ثانية

### **دورة حياة التخزين المؤقت:**

1. عبر (بت 2) FAR BUFF=1 تعيين إجراء SMF تم تفعيل التخزين المؤقت: يقوم PFCP تعديل جلسة eBPF
  2. يغلف الحزم، يرسل إلى المنفذ، العلم eBPF تخزين الحزم مؤقتاً: يكتشف 22152
  3. تخزين مساحة المستخدم: يقوم مدير التخزين المؤقت بتخزين الحزم مع معرف الطابع الزمني، الاتجاه، FAR
  4. تعيين إجراء SMF FAR FORW=1, BUFF=0 تم تعطيل التخزين المؤقت: يقوم مع معلمات التوجيه الجديدة
  5. تفريغ التخزين المؤقت: يقوم مساحة المستخدم بإعادة تشغيل الحزم المخزنة مؤقتاً الجديدة (نقطة النهاية الجديدة للنفق) FAR باستخدام قواعد
  6. استئناف الوضع الطبيعي: يتم توجيه الحزم الجديدة على الفور عبر المسار الجديد
- 

### **لماذا يهم هذا لتجربة المستخدم**

### **التأثير في العالم الحقيقي:**

| السيناريو                                    | بدون التخزين المؤقت                    | مع التخزين المؤقت             |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|
| <b>مكالمة فيديو أثناء التبديل</b>            | تجمد المكالمة لمدة 1-2 ثانية، قد تنقطع | سلس، لا انقطاع                |
| <b>تنزيل ملف عند حافة الخلية</b>             | يفشل التنزيل، يجب إعادة البدء          | يستمر التنزيل دون انقطاع      |
| <b>لعب الألعاب عبر الإنترنت أثناء الحركة</b> | تنقطع الاتصال، يتم طردك من اللعبة      | لعب سلس، لا انقطاعات          |
| <b>في السيارة VoIP مكالمة</b>                | تنقطع المكالمة في كل تبديل             | واضحة تماماً، لا انقطاعات     |
| <b>بث الفيديو في القطار</b>                  | يتوقف الفيديو، تنخفض الجودة            | تشغيل سلس                     |
| <b>نقطة اتصال محمولة للكمبيوتر المحمول</b>   | تفشل SSH، تنقطع جلسة مكالمة الفيديو    | يتم الحفاظ على جميع الاتصالات |

**:فوائد مشغل الشبكة**

- حيوي لجودة الشبكة KPI: CDR (CDR) تقليل معدل انقطاع المكالمات
- زيادة رضا العملاء: لا يلاحظ المستخدمون التبدلات
- تقليل تكاليف الدعم: شكاوى أقل حول الاتصالات المفقودة
- "ميزة تنافسية": تسويق "أفضل شبكة للتغطية"

## عمليات إدارة التخزين المؤقت

API يمكن للمشغلين مراقبة والتحكم في التخزين المؤقت عبر واجهة الويب وواجهة

**:المراقبة**

- (العدد، البيانات، العمر) FAR عرض الحزم المخزنة مؤقتاً لكل معرف
- (إجمالي، FAR لكل) تتبع استخدام التخزين المؤقت مقابل الحدود
- تنبيه عند تجاوز التخزين المؤقت أو مدة التخزين المؤقت المفرطة

- TTL الحزم المخزنة مؤقتاً < عتبة) تحديد التخزين المؤقت العالق

### عمليات التحكم:

- تفريغ التخزين المؤقت: تشغيل تفريغ التخزين المؤقت يدوياً (استكشاف الأخطاء وإصلاحها)
- مسح التخزين المؤقت: إسقاط الحزم المخزنة مؤقتاً (تنظيف التخزين المؤقت العالق)
- تغيير وقت انتهاء صلاحية الحزم: TTL تعديل
- أو إجمالي FAR تعديل الحدود: زيادة سعة التخزين المؤقت لكل

### استكشاف الأخطاء وإصلاحها:

- لتعطيل FAR قد أرسل تحديث SMF التخزين المؤقت لا يتغير: تحقق مما إذا كان التخزين المؤقت
- تجاوز التخزين المؤقت: زيادة الحدود أو التحقيق في سبب مدة التخزين المؤقت المفرطة
- FAR مرتفعاً جدًا، أو تأخر تحديث TTL حزم قديمة في التخزين المؤقت: قد يكون
- SMF تخزين مؤقت مفرط: قد يشير إلى مشكلات في التنقل أو مشكلات في

للحصول على عمليات التخزين المؤقت التفصيلية، راجع دليل إدارة التخزين المؤقت.

### تكوين التخزين المؤقت

قم بتكوين سلوك التخزين المؤقت في config.yml:

```
إعدادات التخزين المؤقت
buffer_port: 22152 # للحزم المخزنة مؤقتاً UDP منفذ
(افتراضي)
buffer_max_packets: 10000 # منع) FAR الحد الأقصى للحزم لكل
(استنفاد الذاكرة
buffer_max_total: 100000 # الحد الأقصى الإجمالي للحزم عبر جميع
FARs
buffer_packet_ttl: 30 # بالثواني (إسقاط الحزم القديمة) TTL
buffer_cleanup_interval: 60 # فترة التنظيف بالثواني
```

### التوصيات:

- **الشبكات ذات الحركة العالية** (طرق سريعة، قطارات): زيادة `buffer_max_packets` إلى 20,000+
- **المناطق الحضرية الكثيفة** (تبديلات متكررة): تقليل `buffer_packet_ttl` إلى 15s
- **التطبيقات ذات زمن الانتقال المنخفض**: تعيين `buffer_packet_ttl` إلى 10s لمنع البيانات القديمة (حركة مرور أقل أثناء التبديل T0 تولد أجهزة) تقليل الحدود: **IoT شبكات**

للحصول على خيارات التكوين الكاملة، راجع [دليل التكوين](#).

---

## الإحصائيات والمراقبة

### إحصائيات الحزم:

قياسات معالجة الحزم في الوقت الحقيقي بما في ذلك:

- إجمالي الحزم المستلمة من جميع الواجهات: **RX حزم**
- إجمالي الحزم المرسلة إلى جميع الواجهات: **TX حزم**
- **حزم مفقودة**: الحزم التي تم إسقاطها بسبب الأخطاء أو السياسات
- عدادات الحزم المغلفة: **GTP-U حزم**

### إحصائيات التوجيه:

قياسات التوجيه لكل مسار:

- **ضربات المسار**: الحزم المطابقة لكل مسار
- **عدادات التوجيه**: النجاح/الفشل لكل وجهة
- غير معروفة UE غير صالحة، عناوين TEIDs: **عدادات الأخطاء**

### إحصائيات XDP:

قياسات أداء eXpress Data Path:

- **XDP المعالجة**: الحزم التي تم التعامل معها على مستوى **XDP**
- **XDP المرسلة**: الحزم المرسلة إلى مكبس الشبكة
- **XDP المفقودة**: الحزم التي تم إسقاطها على مستوى **XDP**
- **XDP الملغاة**: أخطاء المعالجة

## **N3/N6: إحصائيات واجهة**

: عدادات حركة المرور لكل واجهة

- **N3 RX/TX:** حركة المرور من RAN (gNB/eNodeB) إلى
- **N6 RX/TX:** حركة المرور من شبكة البيانات إلى
- **إجمالي عدادات الحزم:** إحصائيات واجهة مجمعة

للحصول على تفاصيل المراقبة، راجع [دليل المراقبة](#).

---

## **إدارة السعة**

**eBPF مراقبة سعة خريطة:**

: يمكن للمشغلين eBPF على سعة خريطة UPF يعتمد أداء

- **مراقبة استخدام الخريطة مع مؤشرات النسبة في الوقت الحقيقي**
- **عرض حدود السعة لكل خريطة eBPF**
- **تبنيهات ملونة:**
  - أخضر (<50%): تشغيل طبيعي
  - أصفر (50-70%): حذر
  - كهرماني (70-90%): تحذير
  - أحمر (>90%): حرجة

**: الخرائط الحرجة للمراقبة**

- **uplink\_pdr\_map:** تصنيف حركة المرور الارتفاع
- **downlink\_pdr\_map:** IPv4 تصنيف حركة المرور النزول
- **far\_map:** قواعد التوجيه
- **qer\_map:** QoS قواعد
- **urr\_map:** تتبع الاستخدام

**: تخطيط السعة**

- إدخال خريطة واحد (حجم المفتاح + حجم القيمة) PDR تستهلك كل
- (حدود ذاكرة النواة) UPF يتم تكوين سعة الخريطة عند بدء

- يؤدي تجاوز السعة إلى فشل إنشاء الجلسات

للحصول على مراقبة السعة، راجع [إدارة السعة](#).

---

## إدارة التكوين

### تكوين UPF:

UPF عرض والتحقق من معلمات التشغيل الخاصة بـ:

- RAN (GTP-U) لاتصال بـ IP عنوان: **N3 واجهة**
- لاتصال بشبكة البيانات IP عنوان: **N6 واجهة**
- (اختياري) UPFs لاتصال بين IP عنوان: **N9 واجهة**
- لاتصال بـ IP عنوان **SMF واجهة**
- REST API منفذ واجهة: **API منفذ**
- **نقطة نهاية القياسات**: منفذ قياسات Prometheus

### تكوين الطائرة:

النشطة eBPF معلمات مسار:

- في وقت التشغيل N3 ربط واجهة: **N3 العنوان النشط**
- في وقت التشغيل (إذا تم تمكينه) N9 ربط واجهة: **N9 العنوان النشط**

للحصول على عرض التكوين، راجع [عرض التكوين](#).

## استكشاف الأخطاء وإصلاحها

يغطي هذا القسم المشكلات التشغيلية الشائعة واستراتيجيات الحل.

## فشل إنشاء الجلسات

على إنشاء اتصال بيانات UE في الإنشاء، عدم قدرة PFCP **الأعراض**: فشل جلسات

### الأسباب الجذرية الشائعة:

## 1. لم يتم إنشاء ارتباط PFCP

- UPF الخاصة بـ PFCP يمكنه الوصول إلى واجهة SMF تحقق مما إذا كان (المنفذ 8805)
- في عرض الجلسات PFCP تتحقق من حالة ارتباط
- تتحقق من تطابق تكوين معرف العقدة بين UPF و SMF

## 2. استنفاد سعة خريطة eBPF

- تتحقق من عرض السعة للخرائط الحمراء (<90%)
- في تكوين eBPF زيادة أحجام خريطة UPF
- حذف الجلسات القديمة إذا كانت الخريطة مماثلة

## 3. غير صالح PDR/FAR تكوين

- فريد وصالح UE للـ IP تتحقق من أن عنوان
- TEID تتحقق من عدم تعارض تخصيص
- تشير إلى مثيلات الشبكة الصالحة FAR تأكيد من أن

## 4. مشكلات تكوين الواجهة

- وقابل للوصول من N3 تتحقق من أن عنوان واجهة NB
- إلى شبكة البيانات N6 تتحقق من جداول التوجيه لتوصيل
- غير ممحوقة بواسطة جدار الحماية U-GTP تأكيد من أن حركة مرور

للحصول على استكشاف الأخطاء التفصيلي، راجع [دليل استكشاف الأخطاء](#).

---

## فقدان الحزم أو مشكلات التوجيه

اتصال ولكن يعاني من فقدان الحزم أو عدم تدفق الحركة UE **الأعراض:** لدى

الأسباب الجذر\*\*