

OmniUPF دليل تشغيل

جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. فهم بنية مستوى المستخدم في 5G
3. UPF مكونات
4. SMF وتكامل PCF بروتوكول
5. العمليات الشائعة
6. استكشاف الأخطاء وإصلاحها
7. وثائق إضافية
8. معجم

نظرة عامة

OmniUPF هي وظيفة مستوى مستخدم (eBPF وظيفة مستوى المستخدم المعتمدة على) 5G/LTE وإدارة، (QoS) عالية الأداء توفر توجيه حزم على مستوى الناقل، وإنفاذ جودة الخدمة 5G/LTE. مرشح حزم بيركلي) Linux eBPF حركة المرور لشبكات الهاتف المحمول. مبنية على تقنية البنية التحتية الأساسية لمعالجة الحزم OmniUPF ومعززة بقدرات إدارة شاملة، توفر (الموسع 5G NSA و5G SA المطلوبة لشبكات 5G).

ما هي وظيفة مستوى المستخدم؟

المسؤول عن معالجة GPP هي عنصر الشبكة المعتمد من 3 (UPF) وظيفة مستوى المستخدم المستخدم: توفر. 5G NSA و5G SA الحزم وتوجيهها في شبكات 5G.

- توجيه حزم عالي السرعة بين الأجهزة المحمولة وشبكات البيانات
- لأنواع حركة المرور المختلفة (QoS) إنفاذ جودة الخدمة
- اكتشاف حركة المرور وتوجيهها بناءً على مرشحات الحزم والقواعد
- تقرير الاستخدام للفوترة والتحليلات
- تخزين الحزم لسيناريوهات إدارة الحركة والجلسات
- دعم الاعتراض القانوني للامتثال التنظيمي

TS و (5G) TS 23.501 GPP كما هو محدد في 3 UPF بتنفيذ الوظائف الكاملة لـ OmniUPF تقوم Linux مما يوفر حلاً كاملاً جاهزاً للإنتاج لمستوى المستخدم باستخدام تقنية ، (LTE) 23.401 لتحقيق أقصى أداء kernel eBPF.

OmniUPF القدرات الرئيسية لـ

معالجة الحزم:

- GPP معالجة حزم مستوى المستخدم متوافقة بالكامل مع 3
- لأداء على مستوى النواة eBPF مسار بيانات معتمد على
- (GPRS بروتوكول نفق) GTP-U تغليف وفك تغليف
- لكل من الشبكات الوصول وبيانات IPv4 و IPv6 دعم
- لمعالجة ذات زمن تأخير منخفض للغاية (مسار البيانات السريع) XDP
- معالجة حزم متعددة الخيوط

QoS وإدارة حركة المرور:

- لإدارة النطاق الترددي (QoS (QER قواعد إنفاذ
- لتصنيف حركة المرور (PDR) قواعد اكتشاف الحزم
- لقرارات التوجيه (FAR) قواعد إجراء التوجيه
- للتوجيه الخاص بالتطبيق (SDF) تصفية تدفق بيانات الخدمة
- لتتبع الحجم والفوترة (URR) قواعد تقرير الاستخدام

التحكم والإدارة:

- إلى SMF/PGW-C (بروتوكول التحكم في توجيه الحزم) PCF واجهة
- للمراقبة والتشخيص API RESTful واجهة
- إحصائيات ومقاييس في الوقت الحقيقي
- eBPF مراقبة سعة خريطة
- لوحة تحكم قائمة على الويب

مميزات الأداء:

- eBPF معالجة حزم بدون نسخ عبر
- توجيه حزم على مستوى النواة (بدون عبء على مساحة المستخدم)
- قابلية التوسع متعددة النوى

- دعم التحميل لتسريع الأجهزة
- مُحسّن للنشر السحابي

للحصول على تفاصيل استخدام لوحة التحكم، انظر **عمليات واجهة الويب**.

فهم بنية مستوى المستخدم

G حلاً موحداً لمستوى المستخدم يوفر توجيه حزم على مستوى الناقل لشبكات 5 OmniUPF تعد **هو منتج واحد** يمكن أن يعمل في نفس **OmniUPF**. 4G LTE/EPC و 5G NSA و 5G (SA) المستقلة الوقت ك:

- **تحت السيطرة) G/NSA مستوى مستخدم 5 - (وظيفة مستوى المستخدم) UPF** عبر N4/PFCP من OmniSMF
- **تحت) إلى الشبكات الخارجية 4G EPC بوابة - (بوابة بيانات المستخدم) PGW-U** عبر Sxc/PFCP من OmniPGW-C السيطرة من
- **OmniSGW-C تحت السيطرة من) 4G EPC بوابة الخدمة - (بوابة الخدمة) SGW-U** عبر Sxb/PFCP

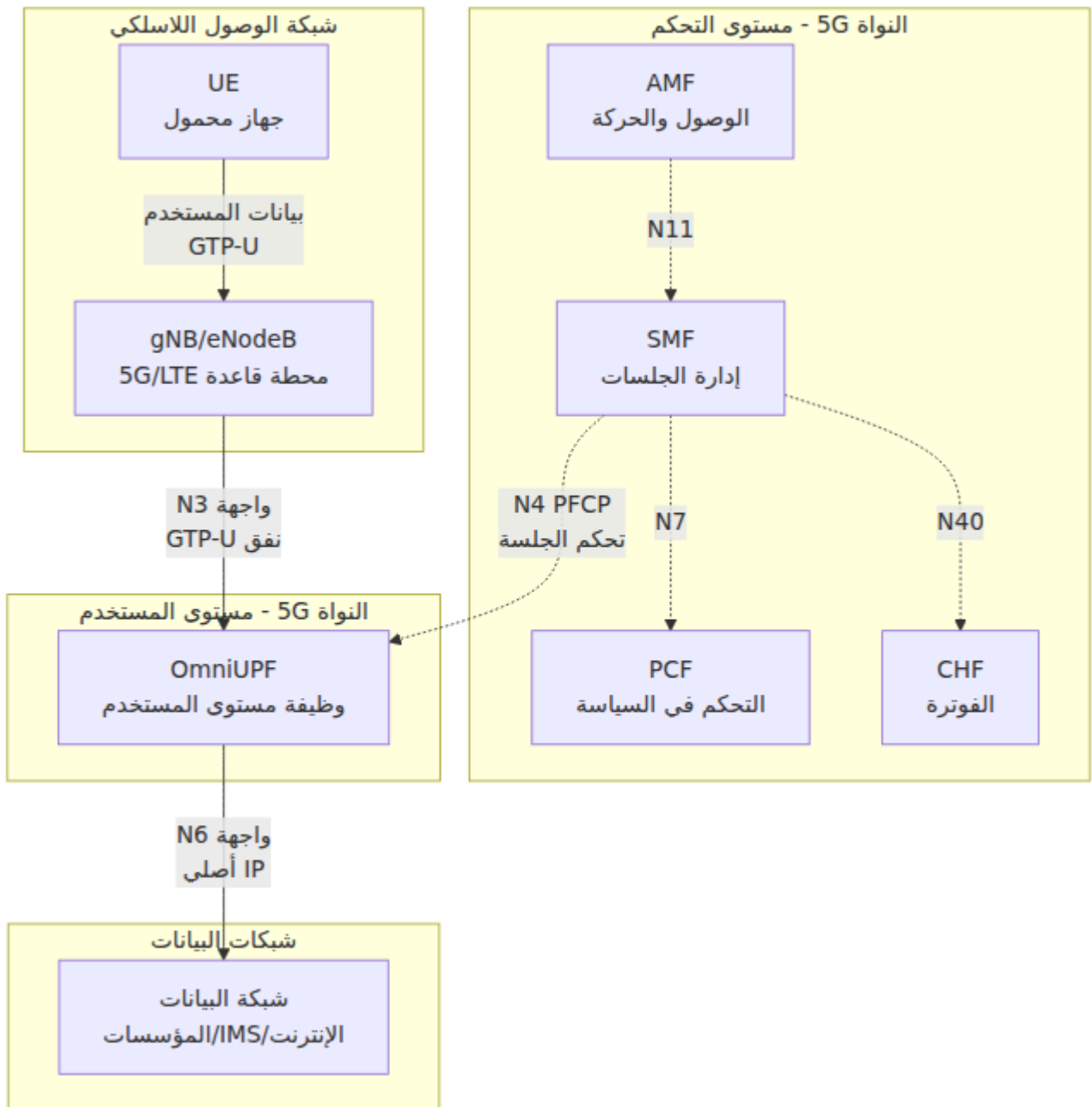
في أي مجموعة من هذه الأوضاع OmniUPF يمكن أن تعمل:

- **خالص G فقط: نشر 5 UPF**
- **PGW-U + SGW-U: 4** مجموعة G بوابة (نشر EPC نموذجي)
- **UPF + PGW-U + SGW-U: 4** دعم 5G و 4G

مما يوفر، PFCP و بروتوكول eBPF تستخدم جميع الأوضاع نفس محرك معالجة الحزم المعتمد على أو الثلاثة معاً أو SGW-U أو PGW-U أو UPF أداءً عاليًا متنسقًا سواء كانت تعمل ك

5 (SA وضع) G بنية شبكة

موفرةً طبقة توجيه حزم عالية السرعة، G في مستوى البيانات لشبكات 5 OmniUPF تجلس حل. تربط الأجهزة المحمولة بشبكات البيانات والخدمات.



4 LTE/EPC بنية شبكة

أو OmniPGW-U تعمل كـ (نواة الحزمة المتطورة) EPC و LTE G أيضاً نشرات 4 OmniUPF تدعم اعتمادًا على بنية الشبكة OmniSGW-U.

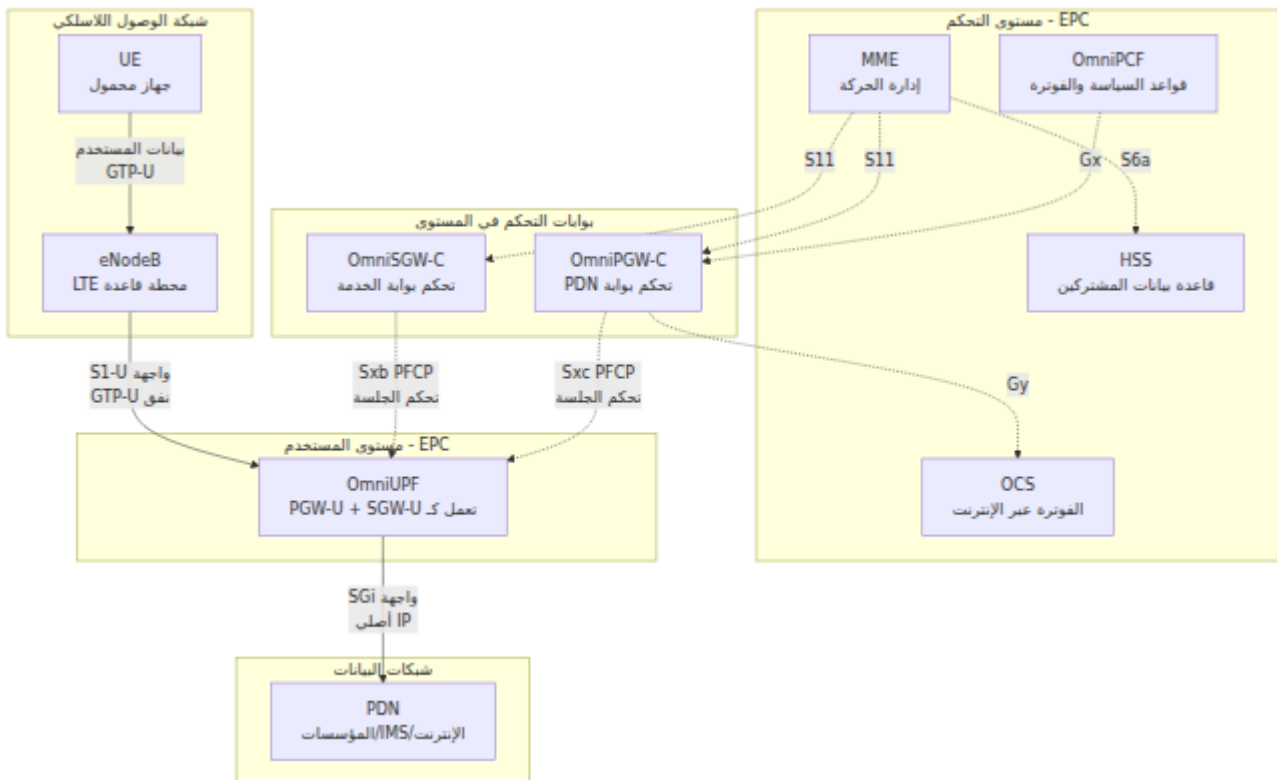
(نموذجي G نشر 4) المدمج PGW-U/SGW-U وضع

تحت السيطرة من وظائف التحكم، PGW-U و SGW-U كلاً من OmniUPF في هذا الوضع، تعمل في مستوى مختلف.



المنفصل (التجوال/مواقع متعددة) PGW-U و SGW-U وضع

واحدة ك - OmniUPF في نشرات التجوال أو المواقع المتعددة، يمكن نشر حالتين منفصلتين من PGW-U وواحدة ك SGW-U.



(واحدة SGWU+PGWU حالة) N9 Loopback وضع

على حالة PGWU و SGWU تشغيل كل من أدوار OmniUPF للنشر المبسط، يمكن لـ eBPF بالكامل في N9 loopback واحدة مع معالجة



الميزات الرئيسية:

- لا تلمس eBPF أقل من ميكروثانية - معالجة بالكامل في N9 زمن تأخير الشبكة
- مقابل حالتين منفصلتين XDP بنسبة 40-50% - تمريرة واحدة عبر CPU تخفيض
- نشر مبسط - حالة واحدة، ملف تكوين واحد
- يتم تمكين `n3_address = n9_address` اكتشاف تلقائي - عندما يكون loopback
- القياسية GTP-U و PFCP بروتوكولات - IGP امتثال كامل لـ 3

التكوين:

```
# /etc/omniupf/runtime.exs
xdp_interfaces = "eth0"
n3_address = "10.0.1.10"      # S1-U لواجهة IP عنوان
n9_address = n3_address       # N9 loopback IP يمكن نفس عنوان
pfcf_address = "10.0.1.10"    # تتصل هنا PGWU-C و SGWU-C كل من
pfcf_port = 8805
```

متى تستخدم:

- نشرات الحوسبة الطرفية (تقليل زمن التأخير)
- بيانات مقيدة من حيث التكلفة (خادم واحد)
- المختبر/الاختبار (إعداد مبسط)
- (مشاركين < 100K) نشرات صغيرة إلى متوسطة

متى لا تستخدم:

- (في مواقع مختلفة PGWU و SGWU) الحاجة إلى تكرار جغرافي
- متطلبات تنظيمية لفصل البوابات
- (مشاركين > 1M) نطاق ضخم

للحصول على تفاصيل كاملة، وأمثلة على التكوين، واستكشاف الأخطاء وإصلاحها، ومقاييس الأداء،
N9 Loopback انظر دليل عمليات.

كيف تعمل وظائف مستوى المستخدم في الشبكة

كطائرة توجيه (OmniSGW-U أو OmniPGW-U، OmniUPF) تعمل وظيفة مستوى المستخدم
تحت السيطرة من الطائرة التحكم المناسبة:

1. إنشاء الجلسة

- **5G** OmniUPF مع N4 عبر واجهة PFCP بإنشاء ارتباط OmniSMF يقوم
- **4G** عبر PFCP بإنشاء ارتباط OmniSGW-C أو OmniPGW-C يقوم
Sxb/Sxc مع OmniPGW-U/OmniSGW-U
- أو سياق (5G) PDU UE لكل جلسة PFCP تنشئ الطائرة التحكم جلسات
PDP (4G)

- PFCP عبر URR و QER و FAR و PDR تتلقى الطائرة المستخدم
- بقواعد التوجيه eBPF يتم ملء خرائط

2. معالجة حزم الرفع (UE → شبكة البيانات)

- GTP-U مع تغليف gNB من N3 تصل الحزم على واجهة: **5G**
- S5/S8 (PGW-U) أو واجهة (SGW-U) S1-U تصل الحزم على واجهة: **4G**
- GTP-U مع تغليف eNodeB من
- TEID الرفع بناءً على PDRs تطابق الطائرة المستخدم الحزم مع
- (تحديد المعدل، العلامة) QER eBPF يطبق برنامج
- إجراء التوجيه (التوجيه، الإسقاط، التخزين، التكرار) FAR تحدد
- SGi (4G) أو N6 (5G) ويتم توجيه الحزم إلى واجهة، GTP-U تتم إزالة نفق
- عدد الحزم والبايتات للفوترة URR تتبع

3. معالجة حزم النزول (UE ← شبكة البيانات)

- أصلي IP ك N6 تصل الحزم على واجهة: **5G**
- أصلي IP ك SGi تصل الحزم على واجهة: **4G**
- الخاص IP النزول بناءً على عنوان PDRs تطابق الطائرة المستخدم الحزم مع UE بـ
- حركة المرور بشكل إضافي حسب المنفذ أو SDF قد تصنف مرشحات البروتوكول أو التطبيق
- ومعلومات التوجيه GTP-U نفق FAR تحدد
- المناسب TEID مع GTP-U تتم إضافة تغليف
- gNB نحو N3 يتم توجيه الحزم إلى واجهة: **5G**
- نحو S5/S8 (PGW-U) أو S1-U (SGW-U) يتم توجيه الحزم إلى: **4G** eNodeB

4. الحركة والتبديل

- خلال سيناريوهات التبديل PDR/FAR بتحديث قواعد OmniSMF يقوم: **5G**
- بتحديث القواعد خلال OmniSGW-C/OmniPGW-C يقوم: **4G**
- (تحديث منطقة التتبع) TAU أو eNodeB التبديل بين
- قد تخزن الطائرة المستخدم الحزم خلال تبديل المسار
- انتقال سلس بين محطات القاعدة دون فقدان الحزم

(G و 5 4G) التكامل مع الطائرة التحكم

:القياسية GPP عبر واجهات 3 G و 4 G مع كل من وظائف الطائرة التحكم 5 OmniUPF يتكامل

G واجهات 5

الواجهة	من → إلى	الغرض	مواصفة 3GPP
N4	OmniSMF ↔ OmniUPF	PFCEP 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 (أصلي IP)	TS 23.501
N9	OmniUPF ↔ OmniUPF	للتجوال/الحافة UPF الاتصال بين	TS 23.501

G/EPC واجهات 4

الواجهة	من → إلى	الغرض	مواصفة 3GPP
Sxb	OmniSGW-C ↔ OmniUPF (وضع SGW-U)	للبوابة PFCP التحكم في جلسة الخدمة	TS 29.244
Sxc	OmniPGW-C ↔ OmniUPF (وضع PGW-U)	PFCP للتحكم في جلسة PDN للبوابة	TS 29.244
S1-U	eNodeB → OmniUPF (وضع SGW-U)	حركة مرور مستوى المستخدم من RAN (GTP-U)	TS 29.281
S5/S8	OmniUPF (SGW-U) ↔ OmniUPF (PGW-U)	مستوى المستخدم بين البوابات (GTP-U)	TS 29.281
SGi	OmniUPF (وضع PGW-U) → PDN	حركة مرور مستوى المستخدم (أصلي IP) إلى شبكة البيانات	TS 23.401

TS المحدد في PFCP تستخدم نفس بروتوكول PFCP (N4، Sxb، Sxc) **ملاحظة:** جميع واجهات 29.244. تختلف أسماء الواجهات ولكن البروتوكول وتنسيقات الرسائل متطابقة.

UPF مكونات

eBPF مسار بيانات

لتحقيق Linux هو محرك معالجة الحزم الأساسي الذي يعمل في نواة **eBPF مسار بيانات** أفضل أداء.

الوظائف الأساسية:

- **GTP-U** تغليف وفك تغليف أنفاق **GTP-U معالجة**
- الخاص بـ IP عنوان، TEID باستخدام **PDR تصنيف الحزم**: مطابقة الحزم مع قواعد SDF أو مرشحات UE
- QER تطبيق تحديد المعدل وعلامة الحزم وفقًا لقواعد **QoS إنفاذ**
- (التوجيه، الإسقاط، التخزين، التكرار، الإخطار) **FAR قرارات التوجيه**: تنفيذ إجراءات
- للفوترة المعتمدة على الحجم **URR تتبع الاستخدام**: زيادة عدادات

لتخزين (جداول التجزئة في ذاكرة النواة) eBPF يستخدم مسار البيانات خرائط **eBPF خرائط**: القواعد:

القيمة	المفتاح	العرض	اسم الخريطة
PDR (FAR ID, QER ID, URR IDs) معلومات	TEID (32 بت)	الرفع PDRs	uplink_pdr_map
PDR معلومات	IP عنوان UE الخاص بـ	النزول PDRs (IPv4)	downlink_pdr_map
PDR معلومات	IPv6 عنوان UE الخاص بـ	النزول PDRs (IPv6)	downlink_pdr_map_ip6
معلومات التوجيه (الإجراء، معلومات النفق)	FAR ID	قواعد التوجيه	far_map
QoS (MBR, GBR، العلامة) معلومات	QER ID	QoS قواعد	qer_map
عدادات الحجم (الرفع، النزول، الإجمالي)	URR ID	تتبع الاستخدام	urr_map
مرشحات التطبيقات (المنافذ، البروتوكولات)	PDR ID	مرشحات SDF	sdf_filter_map

خصائص الأداء:

- **بدون نسخ:** تتم معالجة الحزم بالكامل في مساحة النواة
- التعلق على مستوى برنامج تشغيل الشبكة لتحقيق زمن تأخير أقل من **XDP دعم** ميكروثانية
- CPU مع دعم خريطة لكل CPU **متعددة النوى**: تتوسع عبر نوى
- (محدودة بذاكرة النواة) eBPF في خرائط PDRs/FARs **السعة**: ملايين من

للحصول على مراقبة السعة، انظر **إدارة السعة**.

PFCP معالج واجهة

PGW-C أو SMF للتواصل مع 3GPP TS 29.244 **PFCP** واجهة implements ت

الوظائف الأساسية:

- وإعداد/إصدار الارتباط PFCP **إدارة الارتباط**: نبض
- PFCP **دورة حياة الجلسة**: إنشاء، تعديل، وحذف جلسات
- eBPF إلى إدخال خريطة PFCP **تثبيت القواعد**: ترجمة عناصر
- بعوامل الاستخدام، الأخطاء، أو أحداث الجلسة SMF **تقرير الأحداث**: إبلاغ

PFCP دعم رسائل:

الغرض	الاتجاه	نوع الرسالة
PFCP إنشاء ارتباط التحكم	SMF → UPF	إعداد الارتباط
PFCP إنهاء ارتباط	SMF → UPF	إصدار الارتباط
الحفاظ على الارتباط نشطًا	ثنائي الاتجاه	نبض
PDR/FAR/QR/URR جديدة مع PDU إنشاء جلسة	SMF → UPF	إنشاء الجلسة
QoS تحديث القواعد للحركة، تغييرات	SMF → UPF	تعديل الجلسة
إزالة الجلسة وجميع القواعد المرتبطة بها	SMF → UPF	حذف الجلسة
تقرير الاستخدام، الأخطاء، أو الأحداث	UPF → SMF	تقرير الجلسة

المدعومة (IE) عناصر المعلومات:

- PDR، FAR، QR، URR إنشاء
- PDR، FAR، QR، URR تحديث
- PDR، FAR، QR، URR إزالة
- SDF مرشح، UE، F-TEID، الخاص بـ IP عنوان) معلومات اكتشاف الحزم
- معلومات التوجيه (مثل الشبكة، إنشاء رأس خارجي)
- QoS (MBR، GBR، QFI) معلومات

- مشغلات تقرير الاستخدام (عتبة الحجم، عتبة الوقت)
-

API REST خادم

وعملياته UPF وصولاً برمجياً إلى حالة **API REST** يوفر

الوظائف الأساسية:

- النشطة والارتباطات PFCP **مراقبة الجلسات**: استعلام عن جلسات
- PDR, FAR, QER, URR **فحص القواعد**: عرض تكوينات
- XDP **الإحصائيات**: استرداد عدادات الحزم، إحصائيات المسار، إحصائيات
- **إدارة التخزين المؤقت**: عرض والتحكم في تخزين الحزم
- والسعة eBPF **معلومات الخريطة**: مراقبة استخدام خريطة

(نقطة نهاية إجمالية 34) **API نقاط نهاية**

الوصف	نقاط النهاية	الفئة
فحص الصحة والحالة	/health	الصحة
UPF تكوين	/config	التكوين
بيانات جلسة/ PFCP ارتباط	/pfcpsessions, /pfcpsessions	الجلسات
قواعد اكتشاف الحزم	/uplink_pdr_map, /downlink_pdr_map, /downlink_pdr_map_ip6, /uplink_pdr_map_ip6	PDRs
قواعد إجراء التوجيه	/far_map	FARs
QoS قواعد إنفاذ	/qer_map	QERs
قواعد تقرير الاستخدام	/urr_map	URRs
حالة التخزين المؤقت للحزم والتحكم	/buffer	Buffers
مقاييس الأداء	/packet_stats, /route_stats, /xdp_stats, /n3n6_stats	الإحصائيات
سعة واستخدام خريطة eBPF	/map_info	السعة
عناوين واجهات N3/N9	/dataplane_config	Dataplane

.واستخدامه، انظر **دليل المراقبة** API للحصول على تفاصيل

لوحة التحكم على الويب

UPF توفر لوحة التحكم على الويب لوحة معلومات في الوقت الحقيقي لمراقبة وإدارة

الميزات:

- UE، TEID، الخاص بـ IP النشطة مع عنوان PCFPC **عرض الجلسات**: تصفح جلسات وعدد القواعد
- عبر جميع الجلسات URRs، و PDRs، FARS، QERS، **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، المسار الوقت الحقيقي
- مع مؤشرات سعة ملونة eBPF **مراقبة السعة**: استخدام خريطة
- dataplane وعناوين UPF **عرض التكوين**: عرض تكوين
- **عارض السجلات**: بث السجلات الحية لاستكشاف الأخطاء وإصلاحها

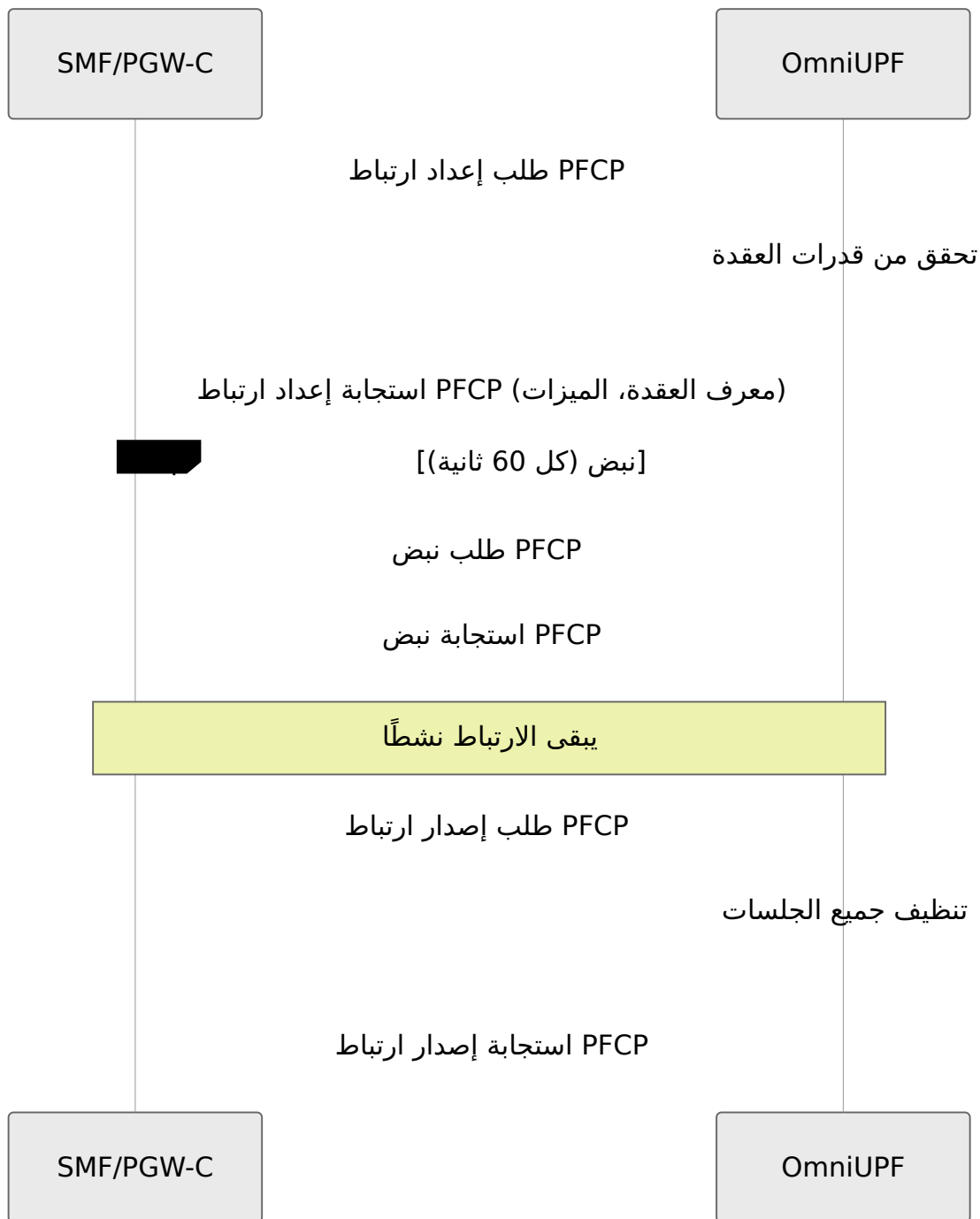
للحصول على عمليات واجهة المستخدم التفصيلية، انظر **دليل عمليات واجهة الويب**

SMF وتكامل PCFPC بروتوكول

PCFPC ارتباط

UPF مع PCFPC إنشاء ارتباط SMF قبل إنشاء الجلسات، يجب على

دورة حياة الارتباط:



النقاط الرئيسية:

- UPF بإنشاء ارتباط واحد مع SMF يقوم كل
- (IP أو عنوان FQDN) الارتباط بواسطة معرف العقدة UPF يتتبع
- تحافظ رسائل النبض على نشاط الارتباط
- يتم حذف جميع الجلسات تحت ارتباط إذا تم إصدار الارتباط

لرؤية الارتباطات، انظر عرض الجلسات

وتنظيف الجلسات اليتيمة SMF اكتشاف إعادة تشغيل

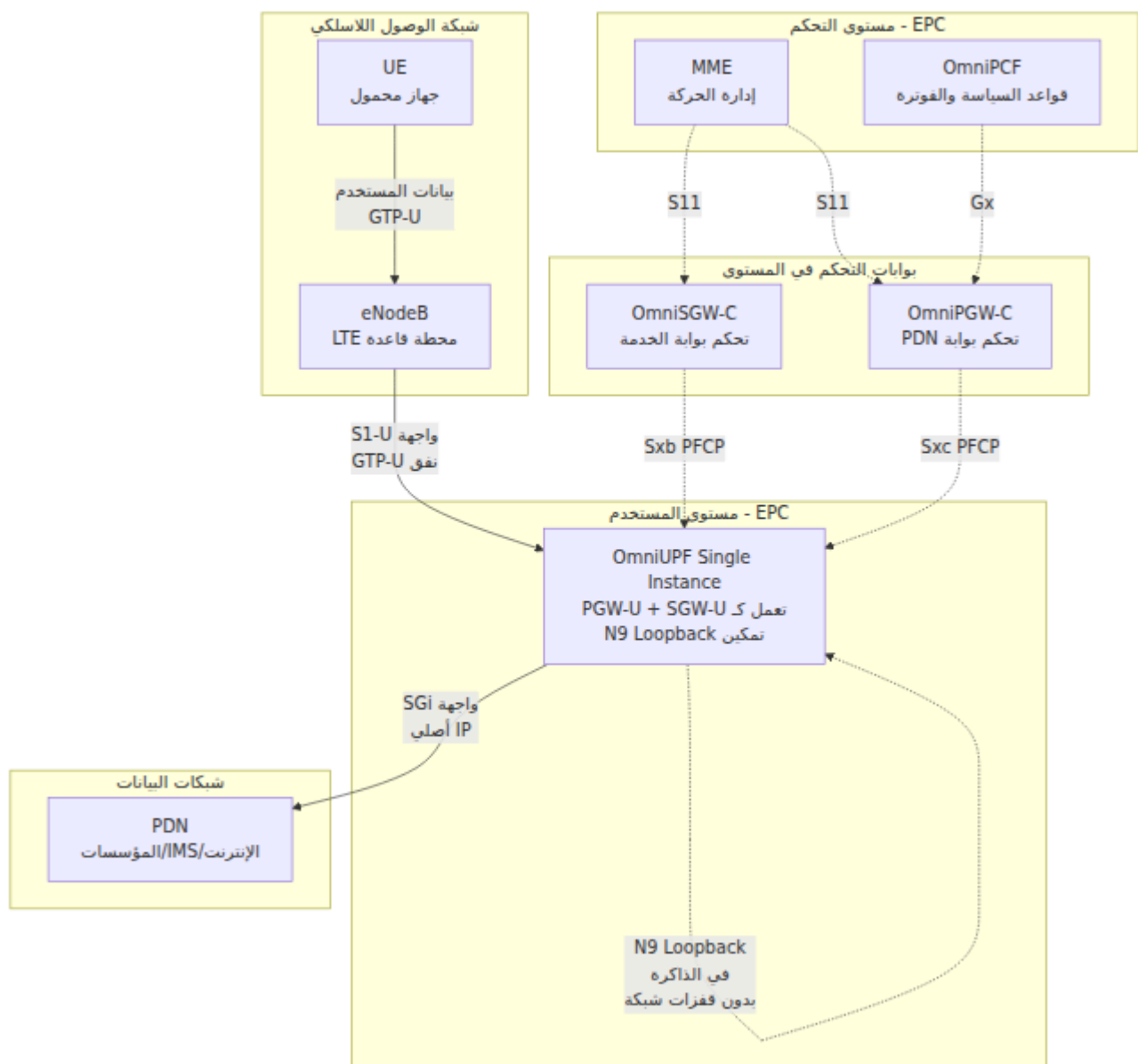
وتقوم بتنظيف الجلسات اليتيمة وفقًا SMF تلقائيًا عندما يتم إعادة تشغيل OmniUPF تكتشف GPP TS 29.244 لمواصفات 3

كيف يعمل:

فإنه يوفر **ختم الاسترداد** يشير إلى متى بدأ. تخزن PFCP بإنشاء ارتباط SMF عندما يقوم SMF هذا الختم لكل ارتباط. إذا أعيد تشغيل OmniUPF:

1. جميع حالة الجلسة في الذاكرة SMF يفقد
2. UPF مع PFCP إنشاء ارتباط SMF يعيد
3. **ختم استرداد جديد** (مختلف عن السابق) SMF يرسل
4. SMF تغيير الختم = تم إعادة تشغيل UPF تكتشف
5. القديمة SMF تلقائيًا **جميع الجلسات اليتيمة** من حالة UPF تحذف
6. جلسات جديدة للمشاركين النشطين SMF ينشئ

تدفق اكتشاف إعادة التشغيل:



مثال السجل:

ستري، SMF، عندما يتم إعادة تشغيل:

```

والعنوان: 192.168.1.10 موجود بالفعل NodeID: smf-1 الارتباط مع:
WARN: الجديد: T10:00:00Z، القديم: 15-01-2025 SMF تغير ختم استرداد
حذف 245 جلسة يتيمة، SMF تم إعادة تشغيل - (15-01-2025T10:30:15Z)
SMF بسبب إعادة تشغيل (LocalSEID) حذف الجلسة اليتيمة 2
INFO: SMF بسبب إعادة تشغيل (LocalSEID) حذف الجلسة اليتيمة 3
...
SMF بسبب إعادة تشغيل (LocalSEID) حذف الجلسة اليتيمة 246
  
```

ملاحظات هامة:

1. الأخرى SMF المعاد تشغيلها فقط. لا تتأثر ارتباطات SMF **العزل**: يتم حذف جلسات.
وجلساتها بأي شكل
2. تم إعادة) **مقارنة الختم**: إذا كان ختم الاسترداد **مطابقاً**، يتم الاحتفاظ بالجلسات
(دون إعادة التشغيل SMF الاتصال بـ
3. القسم 5.22.2 TS 29.244 GPP هذا السلوك مطلوب بموجب 3: **إمثال 3**

منذ آخر إعداد ارتباط، يجب أن تعتبر CP إذا تغير ختم وقت الاسترداد لوظيفة"
PFCP قد أعيد تشغيلها ويجب أن تحذف جميع جلسات CP أن وظيفة UP وظيفة
CP المرتبطة بتلك الوظيفة

للاستكشاف الأخطاء في الجلسات اليتيمة، انظر **اكتشاف الجلسات اليتيمة**

GTP-U معالجة إشارات خطأ

من الأقران السفليين GTP-U مع رسائل إشارات خطأ OmniUPF تتعامل (PGW-U، SGW-U، eNodeB، gNodeB) TS 29.281 GPP وفقاً لمواصفات 3.

ما هي إشارات الخطأ:

في نشر PGW-U، على سبيل المثال) إلى نظير بعيد GTP-U بتوجيه حزمة OmniUPF عندما تقوم
وهذا. (معرف نقطة النفق) TEID قد يرسل النظير **إشارة خطأ** إذا لم يتعرف على (SGW-U)،
يشير إلى:

- أن النظير البعيد قد أعيد تشغيله وفقد حالة النفق
- أن النفق لم يتم إنشاؤه أبداً على الجانب البعيد (عدم تطابق التكوين)
- أن النفق قد تم حذفه بالفعل على الجانب البعيد

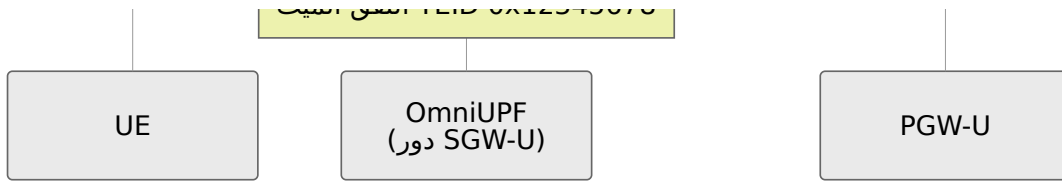
كيف يعمل:

1. إلى النظير البعيد (المنفذ X TEID مع GTP-U **توجيه الحزمة** → ترسل حزمة **UPF**
(2152
2. في جدول الأنفاق الخاص TEID يبحث عن → **TEID X النظير البعيد لا يتعرف على**
به، غير موجود
3. تحتوي على IE من النوع 26 مع GTP-U **النظير البعيد يرسل إشارة خطأ** → رسالة
الخاصة TEID
4. **TEID X تتلقى إشارة خطأ** → تقوم بتحليل الرسالة لاستخراج **UPF**

5. **UPF** التي توجه إلى FARs **تجد الجلسات المتأثرة** → تبحث عن جميع الجلسات للـ **UPF** TEID X
6. **UPF** وحالة eBPF **تُحذف الجلسات** → تزيل الجلسات من خرائط **UPF** PFCP
7. **UPF** للمراقبة Prometheus **تحديث المقاييس** → تزيد عدادات **UPF**

تدفق إشارة الخطأ:





(القسم 7.3.1 3GPP TS 29.281) تنسيق الحزمة:

GTP-U: إشارة خطأ

(بايت 12) GTP-U رأس	
32x العلامات	PT, 0, الإصدار
(0x1A) نوع الرسالة	26
الطول	9 بايت
(دائماً 0)	TEID
رقم التسلسل	متغير
0	رقم N-PDU
رأس الامتداد التالي	0
(بايت 5) TEID I بيانات IE:	
(0x10) النوع	16
الخاطئ	4 بايت TEID

متى تكون هذه الأمور مهمة:

GTP S5/S8 في بنية PGW-U السيناريو 1: إعادة تشغيل

- PGW-U إلى S5/S8 يوجه حركة (OmniUPF) SGW-U
- S5/S8 يعيد التشغيل ويفقد كل حالة النفق PGW-U
- القديمة TEIDs يستمر في توجيه الحزم إلى SGW-U
- يرسل إشارات خطأ PGW-U
- يتوقف تلقائيًا عن استخدام الأنفاق الميتة SGW-U

N9 النطير في بنية UPF السيناريو 2: إعادة تشغيل

- UPF-2 إلى N9 يوجه حركة (OmniUPF) UPF-1
- يعيد التشغيل UPF-2
- يتلقى إشارات خطأ UPF-1

- ينظف الجلسات UPF-1

مثال السجل:

عند تلقي إشارة خطأ:

```
WARN: TEID من 192.168.50.10:2152 لـ GTP-U تلقي إشارة خطأ: 0x12345678
TEID النظير البعيد لا يتعرف على هذا - 0x12345678
WARN: TEID توجه إلى FAR GlobalId=1 مع LocalSEID=42 وجدت جلسة
من النظير 192.168.50.10 0x12345678 الخاطئ
INFO: TEID لـ GTP-U بسبب إشارة خطأ LocalSEID=42 حذف الجلسة:
0x12345678 192.168.50.10 من
WARN: TEID 0x12345678 لـ GTP-U تم حذف 1 جلسة(ات) بسبب إشارة خطأ:
192.168.50.10 النظير
```

Prometheus مقاييس:

راقب نشاط إشارة الخطأ مع تفاصيل لكل نظير ولكل 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 TEIDs لـ) إشارات الخطأ المرسل
upf_buffer_listener_error_indications_sent_total{node_id="enodeb-1",peer_address="10.60.0.1"}
```

علامات المقاييس:

- `node_id`: معرف عقدة PFCP (هناك ارتباط) إذا لم يكن هناك ارتباط
- `peer_address`: للنظير البعيد IP عنوان

تساعد هذه المقاييس في تحديد الأقران المشكوك فيها وتتبع أنماط إشارات الخطأ لكل عقدة من الطائرة التحكم.

ملاحظات هامة:

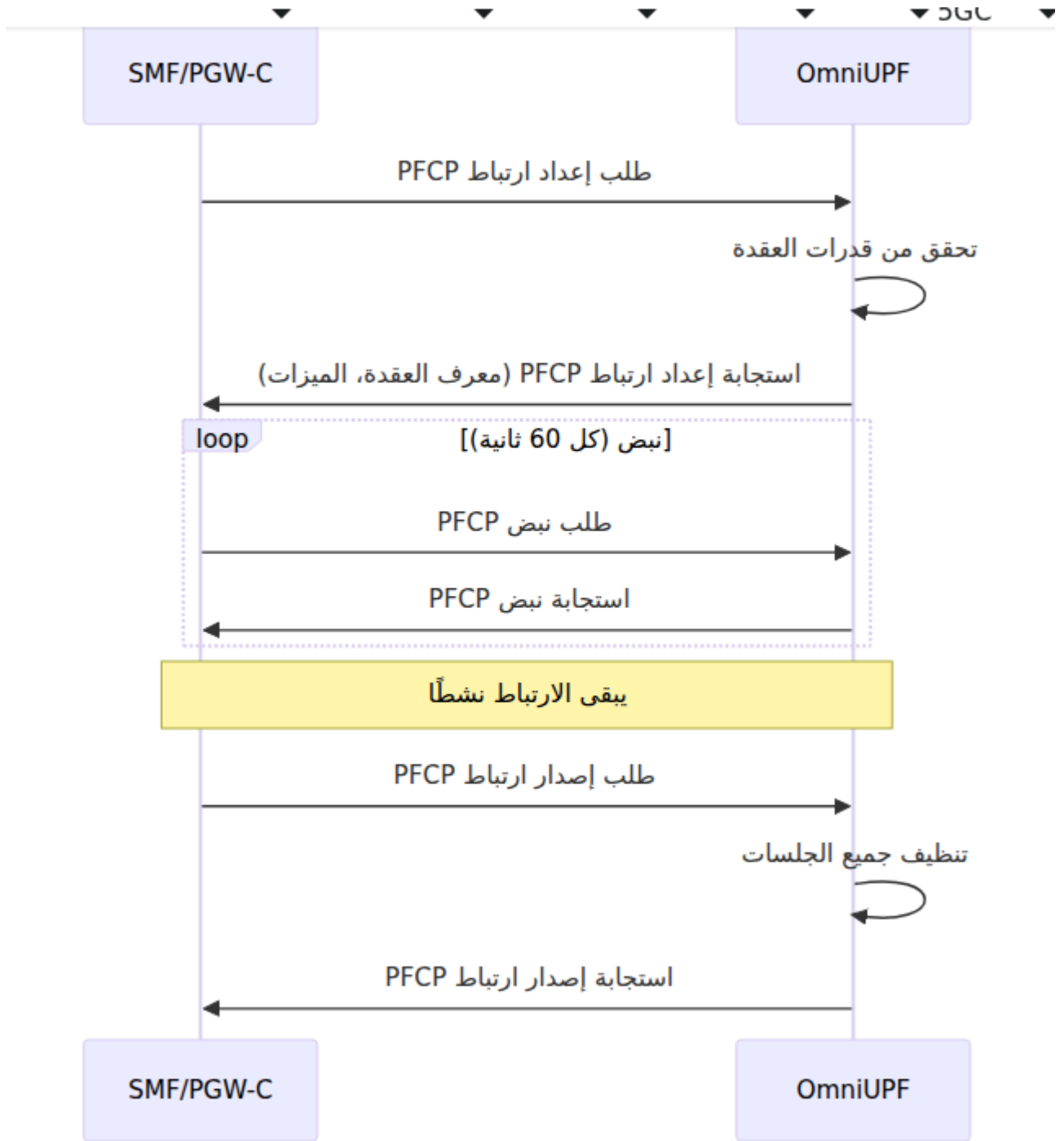
1. **التنظيف التلقائي:** لا حاجة لتدخل المشغل - يتم حذف الجلسات تلقائيًا.
2. TEID توجه إلى FARS يتم حذف الجلسات فقط التي تحتوي على **TEID مطابقة** الخاطئ بالضبط
3. **العزل لكل نظير:** تؤثر إشارات الخطأ من نظير واحد فقط على الجلسات التي توجه إلى ذلك النظير
4. الميت، يتم TEID **جلسات متعددة:** إذا كانت هناك جلسات متعددة توجه إلى نفس **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)

GTP-U للاستكشاف الأخطاء في إشارات الخطأ، انظر **استكشاف أخطاء إشارات**

PFCP إنشاء جلسة

PFCP بإنشاء جلسة SMF يقوم، (LTE) PDP أو سياق (5G) PDU بإنشاء جلسة UE عندما يقوم UPF في.

تدفق إنشاء الجلسة:



محتويات الجلسة النموذجية:

- **PDR** إلى N6 إلى FAR التوجيه عبر، TEID N3 **الرفع**: مطابقة على
- **PDR** مع N3 إلى FAR التوجيه عبر، UE الخاص بـ **النزول**: مطابقة على عنوان تغليف GTP-U
- **FAR**: معلومات التوجيه (إنشاء رأس خارجي، مثل الشبكة)
- **QER**: (QFI) وعلامة الحزم (QoS (MBR, GBR) حدود
- **URR**: تقرير الحجم للفوترة (اختياري)

PFCE تعديل جلسة

.أو تحديثات الخدمة QoS تعديل الجلسات لأحداث الحركة (التبديل)، تغييرات SMF يمكن لـ

:السيناريوهات الشائعة للتعديل

1. N2 مبني على) التبديل

- gNB (F-TEID) الرفع مع نقطة النفق الجديدة لـ FAR تحديث
- تخزين الحزم مؤقتًا خلال تبديل المسار
- تفريغ التخزين المؤقت إلى المسار الجديد عند الاستعداد

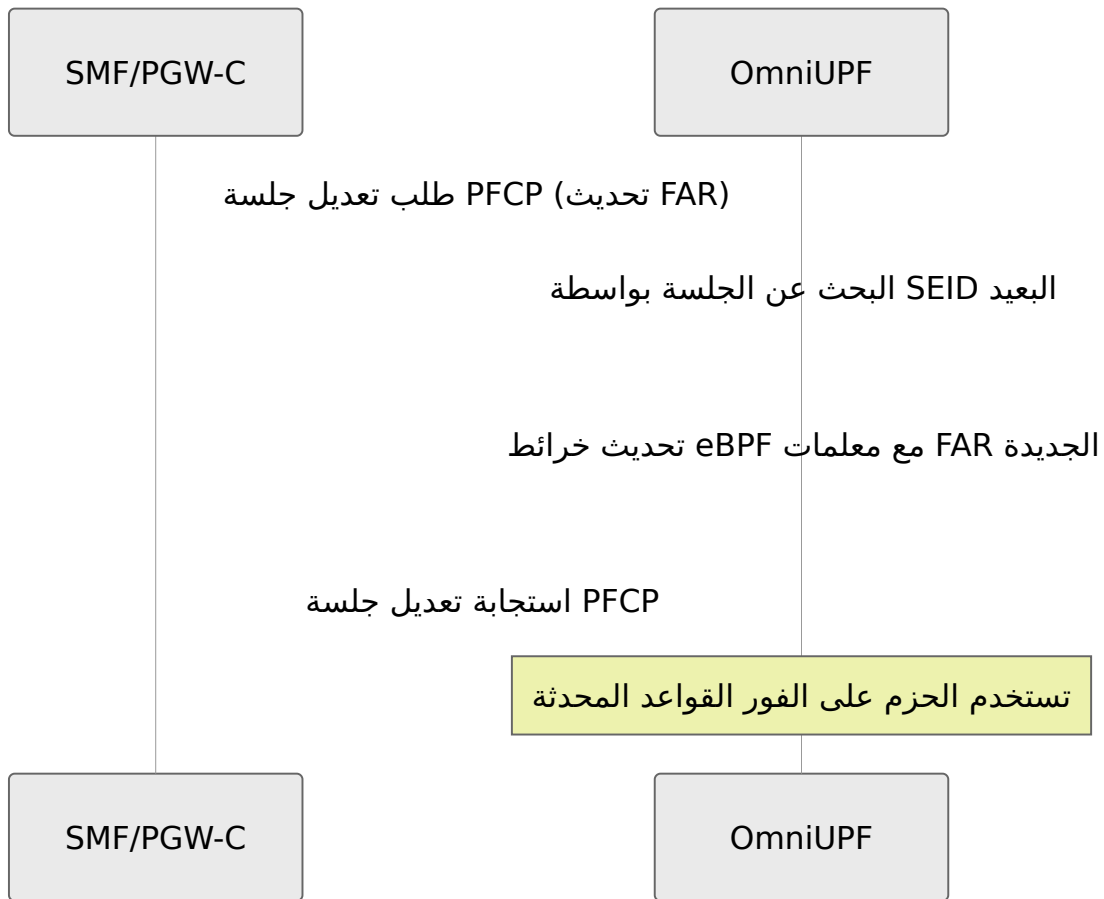
2. QoS تغيير

- MBR/GBR بقيم جديدة لـ QER تحديث
- الخاص بالتطبيق QoS لتحديد PDR في SDF قد تضيف/تزيل مرشحات

3. تحديث الخدمة

- جديدة لتدفقات حركة المرور  إضافية PDRs إضافة
- لتغييرات التوجيه FARS تعديل

:تدفق تعديل الجلسة

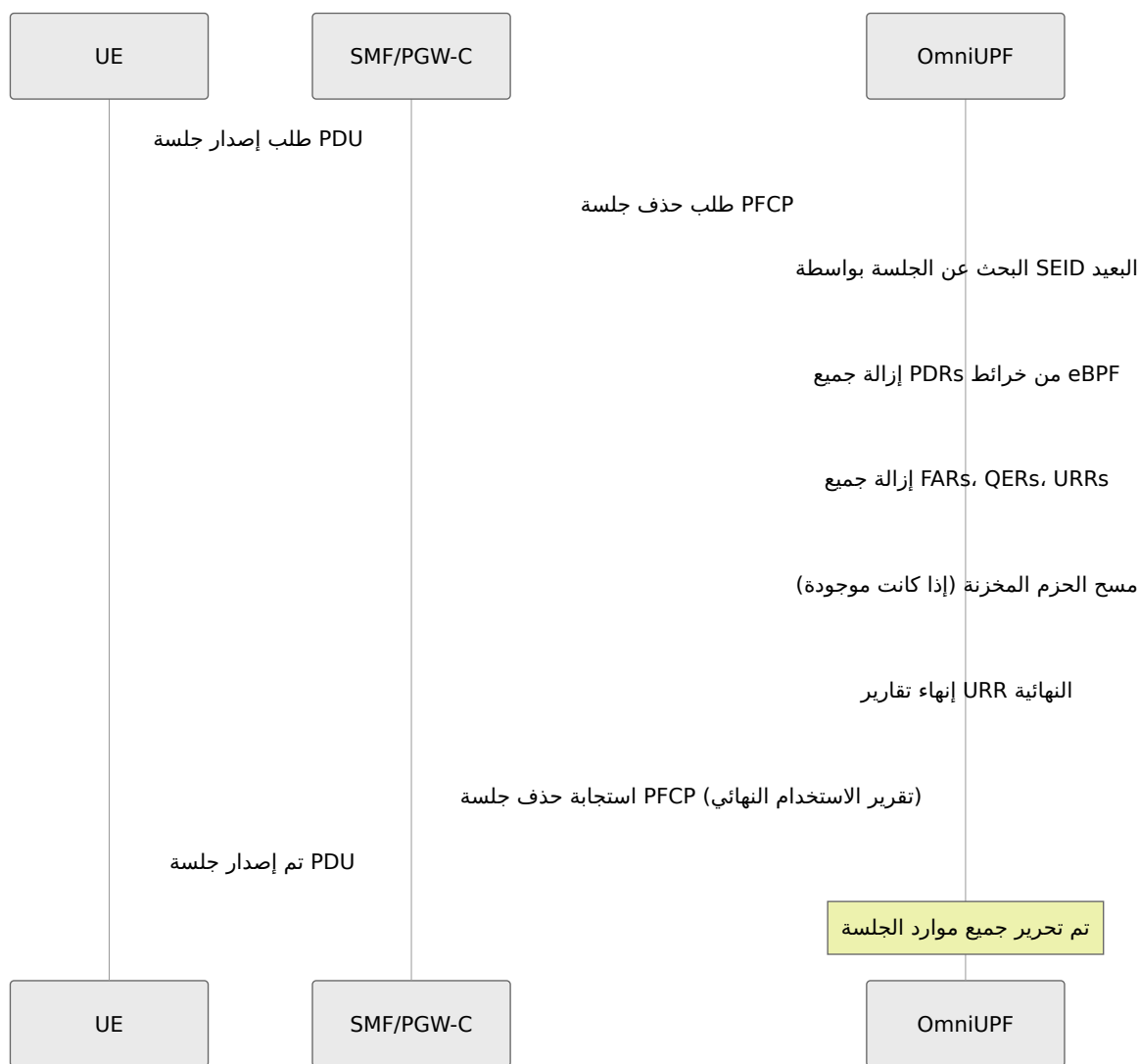


.لإدارة القواعد، انظر دليل إدارة القواعد

PFCP حذف جلسة

UPF في PFCP بحذف جلسة SMF يقوم ،PDU عندما يتم إصدار جلسة

:تدفق حذف الجلسة



:التنظيف المنفذ

- (الرفع والنزول) PDRs تتم إزالة جميع
- FARS و QERs و URRs تتم إزالة جميع
- يتم مسح التخزين المؤقت للحزم
- للفوترة SMF يتم إرسال تقرير الاستخدام النهائي إلى

العمليات الشائعة

API REST قدرات تشغيل شاملة من خلال لوحة التحكم المستندة إلى الويب و OmniUPF توفر. تغطي هذه القسم المهام التشغيلية الشائعة وأهميتها.

مراقبة الجلسات

PFCEP فهم جلسات

تحتوي كل جلسة . PDP (LTE) أو سياقات (5G) UE النشطة لـ PDU جلسات PFCEP تمثل جلسات على:

- المحلي والبعيد (معرفات نقطة الجلسة) SEIDs
- لتصنيف الحزم PDRs
- لقرارات التوجيه FARs
- (اختياري) QoS لإنفاذ QERs
- لتتبع الاستخدام (اختياري) URRs

العمليات الرئيسية للجلسة:

- وعدد القواعد ، TEIDs، UE الخاصة بـ IP عرض جميع الجلسات مع عناوين
- TEID أو IP تصفية الجلسات حسب عنوان
- الكاملة PDR/FAR/QER/URR فحص تفاصيل الجلسة بما في ذلك تكوينات
- PFCEP مراقبة عدد الجلسات لكل ارتباط

للحصول على إجراءات الجلسة التفصيلية، انظر عرض الجلسات

إدارة القواعد

(PDR): قواعد اكتشاف الحزم

:الحزم التي تطابق تدفقات حركة المرور المحددة. يمكن للمشغلين PDRs تحدد

- N3 من واجهة TEID الرفع المفاتيح بواسطة PDRs عرض
- UE الخاص بـ IP النزول المفاتيح بواسطة عنوان PDRs عرض
- لتصنيف حركة المرور الخاصة بالتطبيق SDF فحص مرشحات
- واستخدام السعة PDRs مراقبة عدد

(FAR): قواعد إجراء التوجيه

:ما يجب فعله مع الحزم المطابقة. يمكن للمشغلين FARs تحدد

- (التوجيه، الإسقاط، التخزين، التكرار، الإخطار) **FAR عرض إجراءات**
- **فحص معلومات التوجيه** (إنشاء رأس خارجي، الوجهة)
- **FAR مراقبة حالة التخزين المؤقت لكل**
- معينة أثناء استكشاف الأخطاء وإصلاحها FAR **تبديل التخزين المؤقت لقواعد**

QoS (QER) قواعد إنفاذ:

:حدود النطاق الترددي وعلامة الحزم. يمكن للمشغلين QERS تطبيق

- (علامات الحزم، GBR، MBR) **QoS عرض معلومات**
- **النشطة لكل جلسة QERS مراقبة**
- G في 5 QoS لتدفقات QFI **فحص علامات**

(URR) قواعد تقرير الاستخدام:

:أحجام البيانات للفوترة. يمكن للمشغلين URRs تتبع

- **عرض عدادات الحجم** (الرفع، النزول، الإجمالي)
- **مراقبة عتبات الاستخدام** ومشغلات التقرير
- **النشطة عبر جميع الجلسات URRs فحص**

.لإدارة القواعد، انظر **دليل إدارة القواعد**.

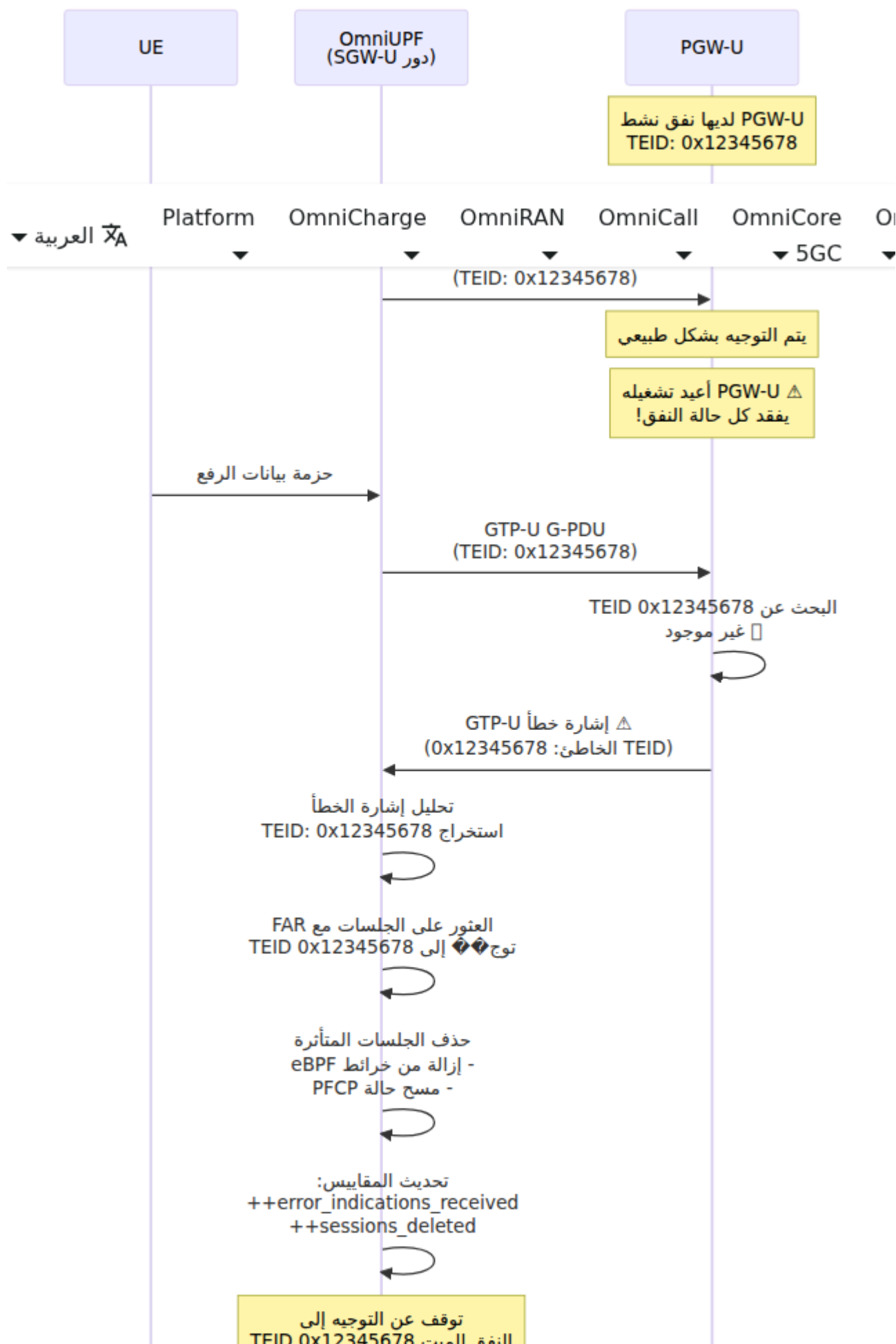
التخزين المؤقت للحزم

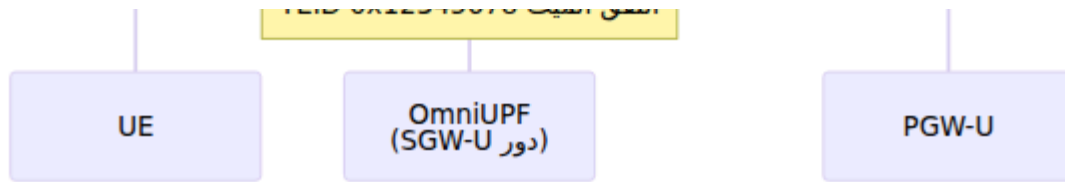
UPF لماذا يعد التخزين المؤقت أمرًا حيويًا لـ

لأنه يمنع فقدان الحزم أثناء **UPF يعد التخزين المؤقت للحزم واحدة من أهم وظائف** أحداث الحركة وإعادة تكوين الجلسات. بدون التخزين المؤقت، سيواجه المستخدمون المحمولون فقدانًا في الاتصالات، وانقطاعات في التنزيلات، وفشل في الاتصالات في الوقت الحقيقي في كل مرة ينتقلون فيها بين أبراج الخلايا أو عندما تتغير ظروف الشبكة.

المشكلة: فقدان الحزم أثناء الحركة

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 حرجية حيث تكون الحزم في الطيران ولكن المسار الجديد ليس جاهزًا بعد:





بدون التخزين المؤقت: ستفقد الحزم التي تصل خلال هذه النافذة الحرجة **, مما يتسبب في

- أو إعادة تعيينها (توقف تصفح الويب، انقطاعات التنزيل) **TCP توقف اتصالات**
- (Zoom، Teams، WhatsApp فشل مكالمات) **تجميد مكالمات الفيديو** أو انقطاعها
- **انقطاع جلسات الألعاب** (فشل الألعاب عبر الإنترنت، التطبيقات في الوقت الحقيقي)
- تمامًا (انقطاعات المكالمات) **VoIP فقدان مكالمات**
- **فشل التنزيلات** وضرورة إعادة التشغيل

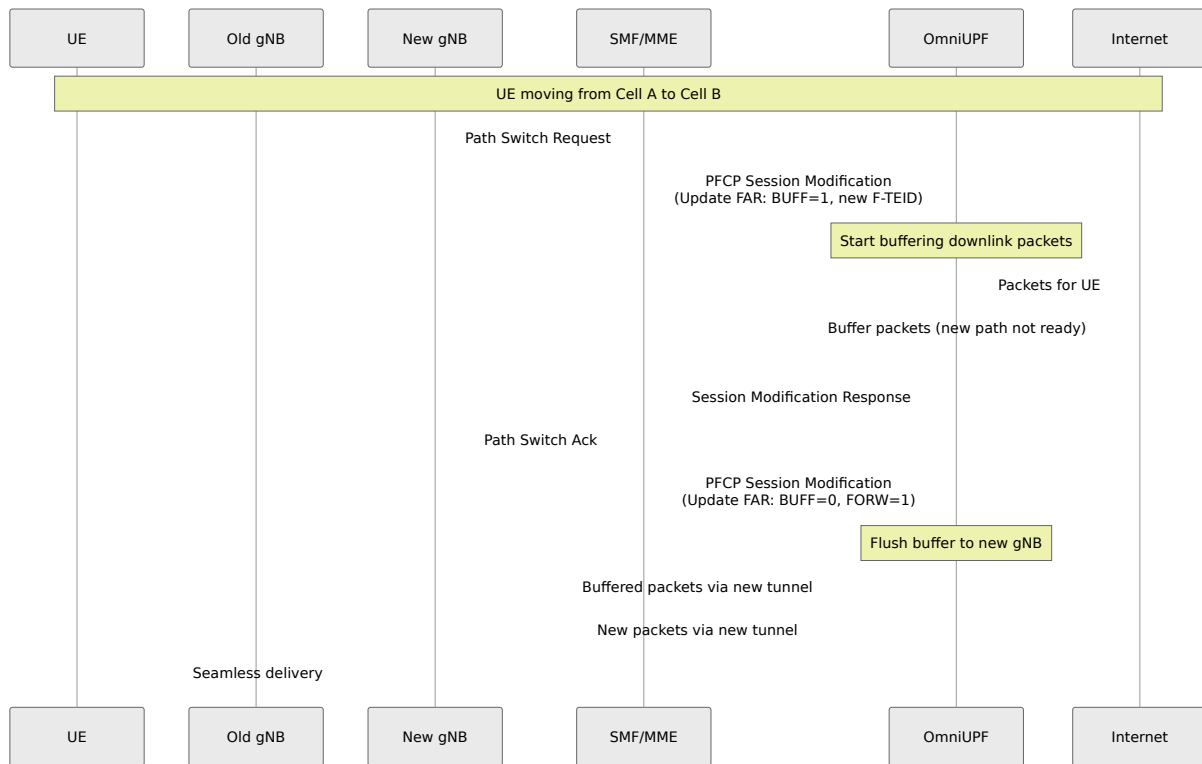
بالحزم مؤقتًا حتى يتم إنشاء المسار الجديد، ثم يوجهها OmniUPF **مع التخزين المؤقت:** يحتفظ بسلسلة. يختبر المستخدم **عدم وجود انقطاع**

متى يحدث التخزين المؤقت

:الحزم في هذه السيناريوهات الحرجة OmniUPF يخزن

1. X2 (4G) التبديل المبني على / N2 (5G) التبديل المبني على

:بين أبراج الخلايا UE عندما ينتقل



الجدول الزمني:

- **T+0ms:** لا يزال المسار القديم نشطاً
- **T+10ms:** بالتخزين المؤقت (المسار القديم يغلق، المسار الجديد SMF UPF يخبر ليس جاهزاً)
- **T+10-50ms:** نافذة التخزين المؤقت الحرجة - تصل الحزم ولكن لا يمكن توجيهها
- **T+50ms:** بالتوجيه SMF UPF المسار الجديد جاهز، يخبر
- **T+50ms+:** بتفريغ الحزم المخزنة إلى المسار الجديد، ثم يوجه الحزم UPF يقوم الجديدة على الفور

من الحزم (آلاف الحزم المحتملة) ستفقد **. مع التخزين ms بدون التخزين المؤقت: ~40
المؤقت: عدم فقدان الحزم، انتقال سلس

2. (تحديث المسار، QoS، تغيير) تعديل الجلسة

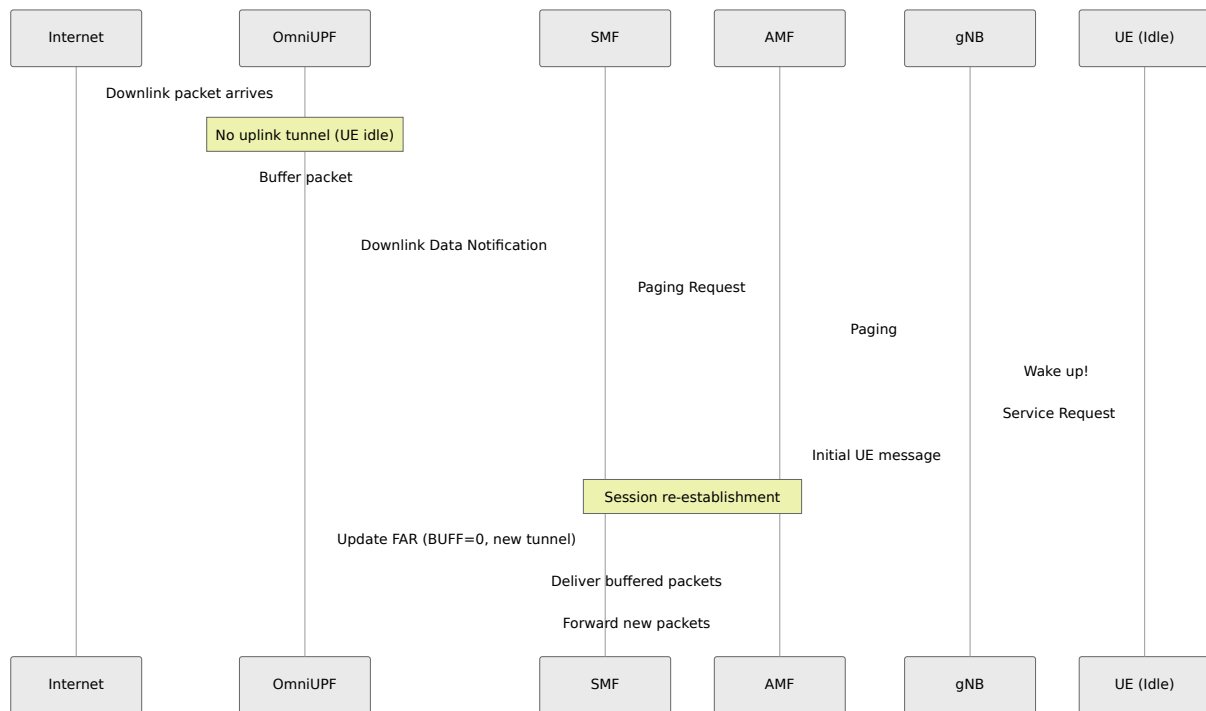
عندما تحتاج الشبكة إلى تغيير معلمات الجلسة

- (NSA وضع) إلى G 5 ينتقل المستخدم من تغطية 4 QoS: **ترقية/خفض**
- **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 التحكم إلى تحديث قواعد متعددة بشكل دوري. 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 البطارية) وتصل بيانات النزول UE عندما يكون:



بدون التخزين المؤقت: سيتم فقدان الحزمة الأولية التي أثارت الإشعار **, مما يتطلب من المرسل إعادة الإرسال (يضيف زمن التأخير). **مع التخزين المؤقت:** يتم تسليم الحزمة التي UE على الفور عند إعادة الاتصال بـ UE أيقظت.

4. RAT التبديل (4G ↔ 5G)

G و 5 بين UE 4 عندما ينتقل:

- تتغير البنية (eNodeB ↔ gNB)
- (مختلفة TEID تخصيص) تتغير نقاط النفق
- RAT يضمن التخزين المؤقت انتقالاً سلساً بين أنواع

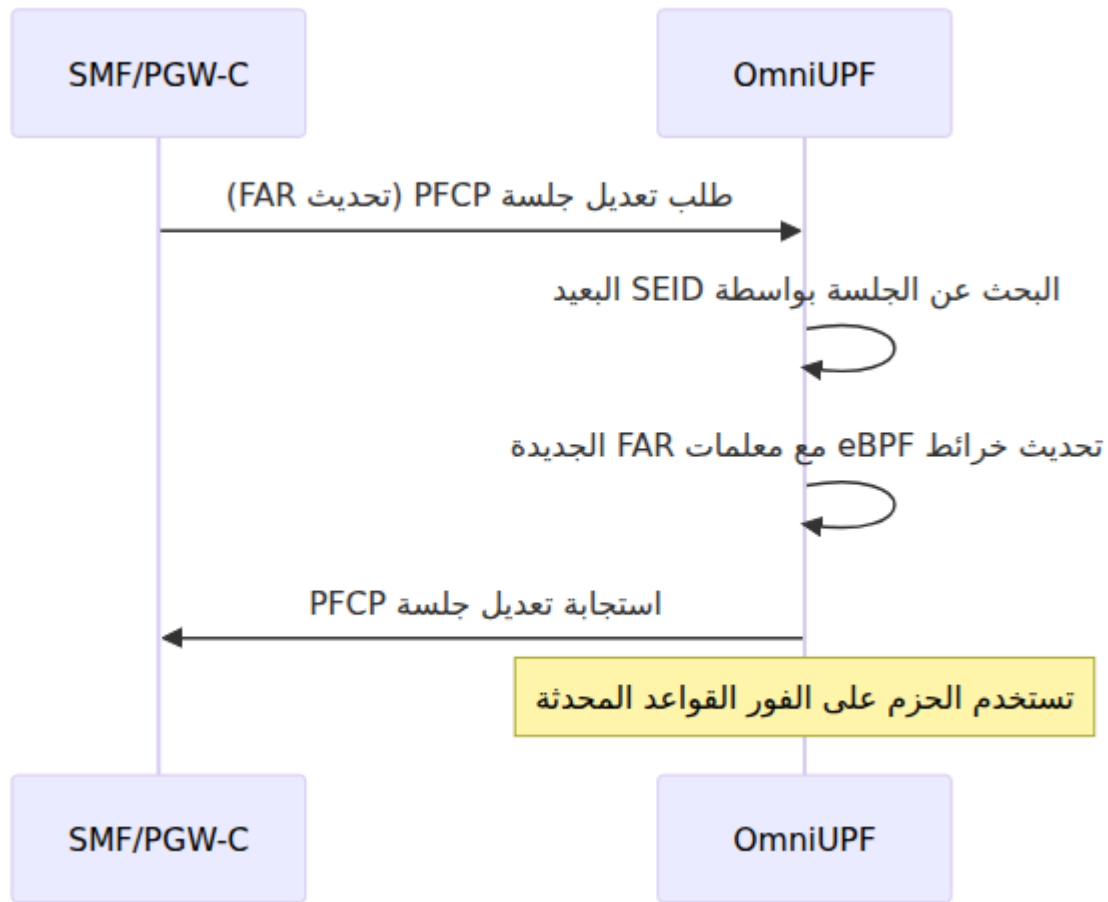
OmniUPF كيف يعمل التخزين المؤقت في

الآلية الفنية:

بنية تخزين مؤقت من مرحلتين OmniUPF تستخدم

1. تكشف عن الحزم التي تتطلب التخزين المؤقت بناءً على (النواة) **eBPF** مرحلة FAR أعلام إجراء
2. **مرحلة مساحة المستخدم:** تخزن وتدير الحزم المخزنة في الذاكرة.

عملية التخزين المؤقت:



تفاصيل رئيسية:

- إلى مساحة eBPF الحزم المرسل (من) UDP 22152 **منفذ التخزين المؤقت:** منفذ (المستخدم)
- TEID ك FAR ID مع GTP-U **التغليف:** يتم تغليف الحزم في
- مع بيانات التعريف (الطابع الزمني، FAR **التخزين:** تخزين الحزم في الذاكرة لكل الاتجاه، حجم الحزمة)
- **الحدود:**
 - حزمة (افتراضي) FAR: 10,000 حد لكل

- FARs حد عالمي: 100,000 حزمة عبر جميع
- TTL ثانية (افتراضي) - يتم حذف الحزم التي تتجاوز 30 TTL
- **التنظيف:** تقوم عملية خلفية بإزالة الحزم المنتهية كل 60 ثانية

:دورة حياة التخزين المؤقت

1. عبر تعديل (البند 2) FAR BUFF=1 إجراء SMF **تمكين التخزين المؤقت:** يحدد جلسة PFCP
2. تغلف الحزم، ترسل إلى المنفذ 22152، BUFF، عن علم eBPF **تخزين الحزم:** تكشف
3. FAR ID، **تخزين مساحة المستخدم:** يقوم مدير التخزين المؤقت بتخزين الحزم مع الطابع الزمني، الاتجاه
4. مع FAR FORW=1، BUFF=0 إجراء SMF **تعطيل التخزين** **ن المؤقت:** يحدد معلمات التوجيه الجديدة
5. **تفريغ التخزين المؤقت:** يقوم مساحة المستخدم بإعادة تشغيل الحزم المخزنة الجديدة (نقطة النفق الجديدة) 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

مع التخزين المؤقت	بدون التخزين المؤقت	السيناريو
سلس، لا يوجد انقطاع	تتجمد المكالمات لمدة 1-2 ثانية، قد تنقطع	مكالمة فيديو أثناء التبديل
يستمر التنزيل دون انقطاع	يفشل التنزيل، يجب إعادة البدء	تنزيل ملف عند حافة الخلية
لعبة سلسة، لا انقطاعات	تنقطع الاتصال، يتم طردك من اللعبة	لعب ألعاب عبر الإنترنت أثناء الحركة
واضحة تمامًا، لا انقطاعات	تنقطع المكالمات في كل تبديل	في السيارة VoIP مكالمة
تشغيل سلس	يتوقف الفيديو، تنخفض الجودة	بث فيديو على القطار
يتم الحفاظ على جميع الاتصالات	تفشل SSH، تتوقف جلسة مكالمة الفيديو	نقطة ساخنة محمولة للكمبيوتر المحمول

فوائد مشغل الشبكة:

- حيوي لجودة الشبكة KPI: (CDR) **تقليل معدل انقطاع المكالمات**
- **زيادة رضا العملاء:** لا يلاحظ المستخدمون التبدلات
- **خفض تكاليف الدعم:** عدد أقل من الشكاوى حول انقطاعات الاتصال
- **"ميزة تنافسية:** تسويق "أفضل شبكة للتغطية"

عمليات إدارة التخزين المؤقت

API: يمكن للمشغلين مراقبة والتحكم في التخزين المؤقت عبر واجهة الويب و

المراقبة:

- (العدد، البايتات، العمر) FAR ID **عرض الحزم المخزنة لكل**
- (عالمي، FAR لكل) **تتبع استخدام التخزين المؤقت** مقابل الحدود
- **تنبيه عند تجاوز التخزين المؤقت** أو مدة التخزين المؤقت المفرطة

- (TTL حزم مخزنة < عتبة) **تحديد التخزين المؤقت العالق**

عمليات التحكم:

- **تفريغ التخزين المؤقت:** تشغيل يدوي لتفريغ التخزين المؤقت (استكشاف الأخطاء وإصلاحها)
- **مسح التخزين المؤقت:** حذف الحزم المخزنة (تنظيف التخزين المؤقت العالق)
- **تغيير وقت انتهاء صلاحية الحزم: TTL تعديل**
- **أو عالمي FAR تعديل الحدود:** زيادة سعة التخزين المؤقت لكل

استكشاف الأخطاء:

- لتعطيل FAR قد أرسل تحديث SMF **التخزين المؤقت لا يتفريغ:** تحقق مما إذا كان التخزين المؤقت
- **تجاوز التخزين المؤقت:** زيادة الحدود أو التحقيق في سبب مدة التخزين المؤقت المفرطة
- FAR مرتفعًا جدًا، أو تأخر تحديث TTL **حزم قديمة في التخزين المؤقت:** قد يكون
- SMF **تخزين مؤقت مفرط:** قد يشير إلى مشكلات في الحركة أو مشاكل في

للحصول على عمليات التخزين المؤقت التفصيلية، انظر **دليل إدارة التخزين المؤقت**.

تكوين التخزين المؤقت

قم بتكوين سلوك التخزين المؤقت في `/etc/omniupf/runtime.exs`:

```
# إعدادات التخزين المؤقت
buffer_port = 22152                # للحزم المخزنة UDP منفذ
(افتراضي)
```

التوصيات:

- **الشبكات عالية الحركة** (الطرق السريعة، القطارات): زيادة `buffer_max_packets` إلى 20,000+
- **المناطق الحضرية الكثيفة** (التبديلات المتكررة): تقليل `buffer_packet_ttl` إلى 15s
- **التطبيقات ذات زمن التأخير المنخفض:** تعيين `buffer_packet_ttl` إلى 10s لمنع البيانات القديمة

- (حركة مرور أقل أثناء التبديل IoT تولد أجهزة) تقليل الحدود: **IoT شبكات**

للحصول على خيارات التكوين الكاملة، انظر **دليل التكوين**.

الإحصائيات والمراقبة

إحصائيات الحزم:

مقاييس معالجة الحزم في الوقت الحقيقي بما في ذلك:

- إجمالي الحزم المستلمة من جميع الواجهات: **RX حزم**
- إجمالي الحزم المرسل إلى جميع الواجهات: **TX حزم**
- **حزم مفقودة**: الحزم التي تم إسقاطها بسبب الأخطاء أو السياسة
- أعدادات الحزم الموجهة: **GTP-U حزم**

إحصائيات المسار:

مقاييس التوجيه لكل مسار:

- **ضربات المسار**: الحزم المطابقة لكل مسار
- **عدادات التوجيه**: النجاح/الفشل لكل وجهة
- غير معروفة IP غير صالحة، عناوين TEIDs: **عدادات الأخطاء**

XDP إحصائيات:

Express Data Path مقاييس أداء:

- **XDP المعالجة**: الحزم التي تم التعامل معها في طبقة **XDP**
- **المارة**: الحزم المرسل إلى كومة الشبكة **XDP**
- **XDP المفقودة**: الحزم التي تم إسقاطها في طبقة **XDP**
- **الملغاة**: أخطاء المعالجة **XDP**

N3/N6 إحصائيات واجهة:

عدادات حركة المرور لكل واجهة:

- **N3 RX/TX**: حركة المرور إلى/من RAN (gNB/eNodeB)
- **N6 RX/TX**: حركة المرور إلى/من شبكة البيانات

- إجمالي عدادات الحزم: إحصائيات واجهة مجمعة

للحصول على تفاصيل المراقبة، انظر 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
- eBPF عرض حدود السعة لكل خريطة
- تنبيهات ملونة:
 - أخضر (>50%): تشغيل طبيعي
 - أصفر (50-70%): حذر
 - كهرماني (70-90%): تحذير
 - أحمر (<90%): حرجة

:الخرائط الحرجة للمراقبة

- تصنيف حركة المرور الرفع: `uplink_pdr_map`
- تصنيف حركة المرور النزول: `downlink_pdr_map`
- قواعد التوجيه: `far_map`
- QoS قواعد: `qer_map`
- تتبع الاستخدام: `urr_map`

:تخطيط السعة

- إدخال خريطة واحدة (حجم المفتاح + حجم القيمة) PDR تستهلك كل
- (حد ذاكرة النواة) UPF يتم تكوين سعة الخريطة عند بدء
- يؤدي تجاوز السعة إلى فشل إنشاء الجلسات

للحصول على مراقبة السعة، انظر إدارة السعة

إدارة التكوين

UPF: تكوين

UPF: عرض والتحقق من معلمات التشغيل

- واجهة N3: عنوان IP للاتصال بـ RAN (GTP-U)
- واجهة N6: عنوان IP للاتصال بشبكة البيانات
- واجهة N9: عنوان IP للاتصال بين UPF (اختياري)
- واجهة PFCP: عنوان IP للاتصال بـ SMF
- للاستماع API REST API منفذ: API منفذ
- Prometheus نقطة نهاية المقاييس: منفذ مقاييس

dataplane: عرض تكوين

معلومات مسار البيانات النشطة:

- في الوقت الحقيقي N3 ربط واجهة: N3 العنوان النشط
- في الوقت الحقيقي (إذا تم تمكينه) N9 ربط واجهة: N9 العنوان النشط

للحصول على عرض التكوين، انظر **عرض التكوين**.

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

يغطي هذا القسم المشكلات التشغيلية الشائعة واستراتيجيات الحل.

فشل إنشاء الجلسات

إنشاء اتصال بيانات UE في الإنشاء، لا يمكن لـ PFCP الأعراس: تفشل جلسات

الأسباب الجذرية الشائعة:

1. PFCP لم يتم إنشاء ارتباط.

- المنفذ UPF الخاصة بـ PFCP إلى واجهة SMF تحقق من إمكانية وصول (8805)
- في عرض الجلسات PFCP تحقق من حالة ارتباط

- UPF و SMF تحقق من تكوين معرف العقدة يتطابق بين

2. استنفاد سعة خريطة eBPF

- تحقق من عرض السعة للخرائط الحمراء ($<90\%$)
- UPF في تكوين eBPF زيادة أحجام خريطة
- حذف الجلسات القديمة إذا كانت الخريطة ممتلئة

3. غير صالح PDR/FAR تكوين

- فريد وصالح UE الخاص بـ IP تحقق من أن عنوان
- TEID تحقق من عدم تعارض تخصيص
- تشير إلى مثيلات الشبكة الصالحة FAR تأكد من أن

4. مشكلات تكوين الواجهة

- gNB قابل للوصول من N3 تحقق من أن عنوان واجهة
- للاتصال بشبكة البيانات N6 تحقق من جداول التوجيه لـ
- بواسطة جدار الحماية GTP-U تأكد من عدم حظر حركة مرور

للحصول على استكشاف الأخطاء التفصيلية، انظر دليل استكشاف الأخطاء

فقدان الحزم أو مشكلات التوجيه

اتصالاً ولكن يعاني من فقدان الحزم أو عدم تدفق الحركة UE الأعراض: يمتلك

الأسباب الجذرية الشائعة:

1. غير صحيح PDR تكوين

- gNB المعين من TEID يتطابق مع TEID الرفع PDR تحقق من أن
- المعين IP يتطابق مع عنوان IP النزول عنوان PDR تحقق من أن
- لقواعد صارمة للغاية SDF تحقق من مرشحات

2. FAR مشكلات إجراء

- (BUFFER أو DROP ليس) FORWARD هو FAR تحقق من أن إجراء
- GTP-U تحقق من معلومات إنشاء الرأس الخارجي لـ

- تأكد من أن نقطة النهاية الوجهة صحيحة

3. QoS تجاوز حدود

- (معدل البت الأقصى) QER MBR تحقق من إعدادات
- (معدل البت المضمون) GBR تحقق من تخصيص
- راقب فقدان الحزم بسبب تحديد المعدل

4. للواجهة MTU مشكلات

- لا يسبب التجزئة (بايت 40-50) GTP-U تحقق من أن الحمل الزائد لـ
- N3/N6 للواجهة MTU تحقق من تكوين
- المطلوبة للـ ICMP راقب رسائل

OmniUPF دليل معمارية

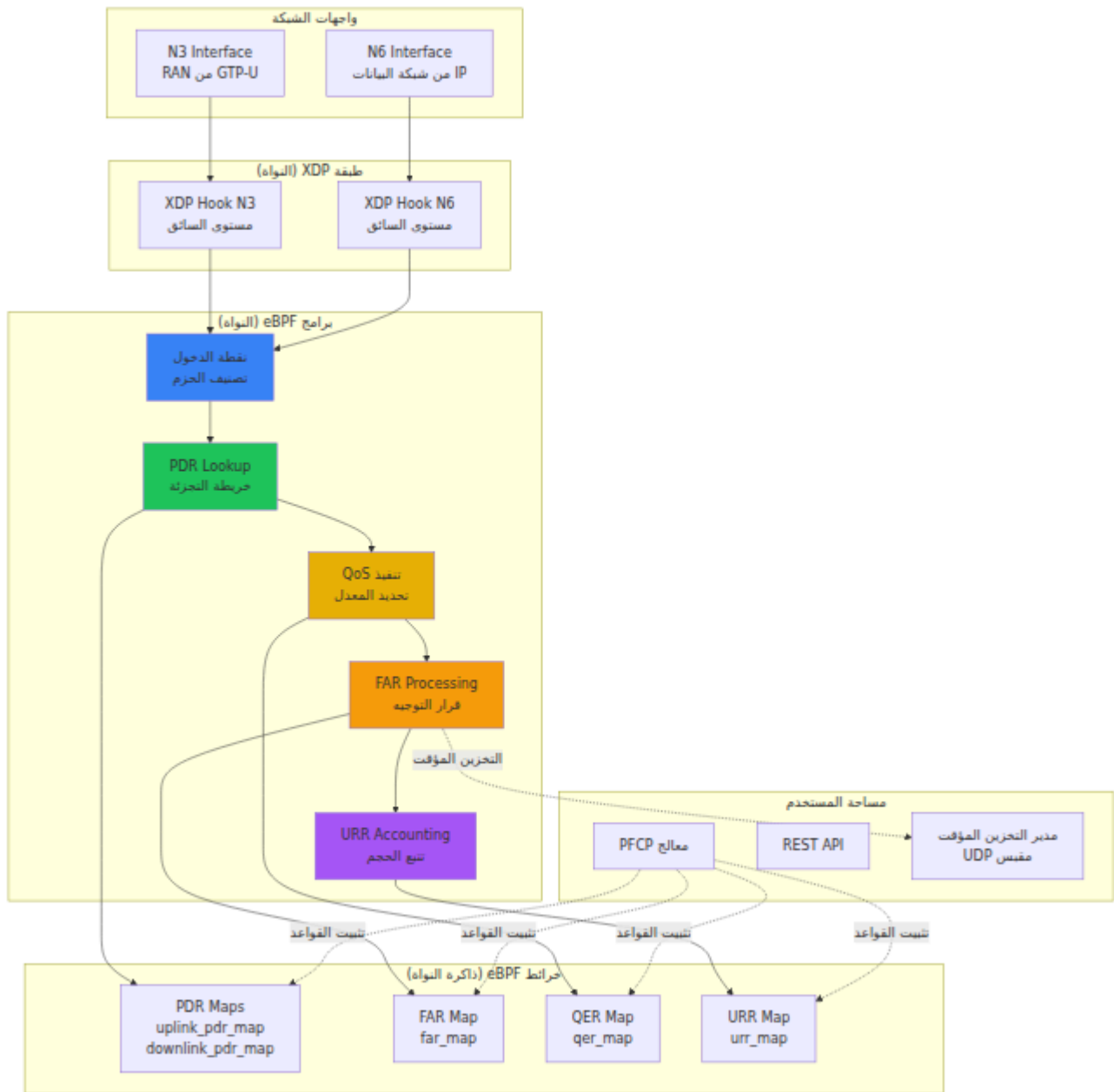
جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. eBPF أساسيات تقنية
3. XDP مسار بيانات
4. خط معالجة الحزم
5. eBPF معمارية خريطة
6. آلية التخزين المؤقت
7. QoS تنفيذ
8. خصائص الأداء
9. قابلية التوسع والضبط

نظرة عامة

(مسار البيانات السريع) XDP و (مرشح حزم بيركلي الموسع) eBPF من OmniUPF يستفيد من خلال تشغيل منطق معالجة الحزم مباشرة. G/LTE لتحقيق أداء بمستوى الناقل لمعالجة حزم 5 على عبء 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

هياكل بيانات خالية من القفل:

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

:جاهز لتحميل الأجهزة

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

eBPF أساسيات تقنية

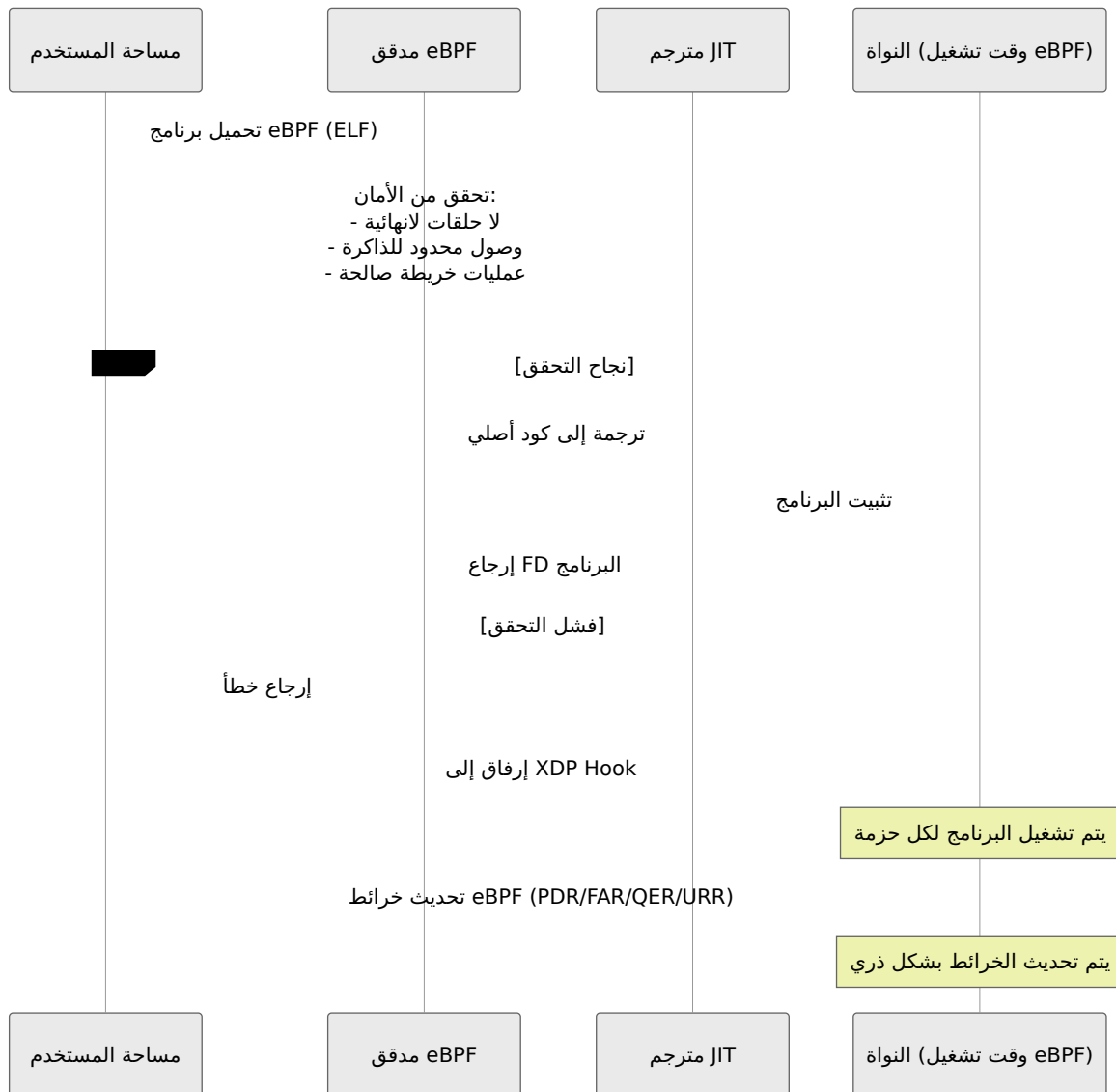
eBPF ما هو

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

:الميزات الرئيسية

- أن البرامج لا يمكن أن تتسبب 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

eBPF دورة حياة برنامج



eBPF خرائط

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

OmniUPF: أنواع الخرائط المستخدمة في

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

عمليات الخريطة:

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

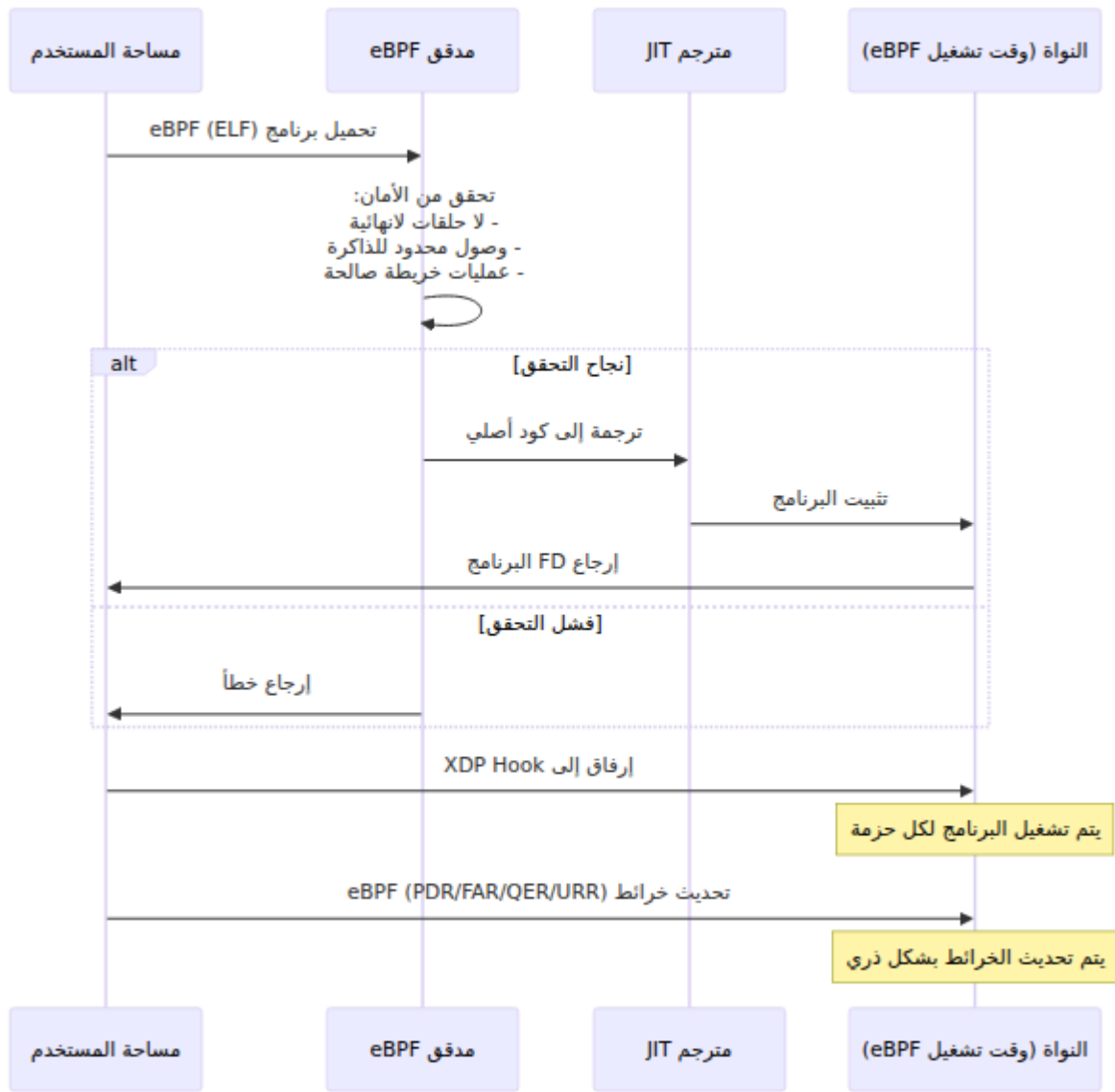
XDP مسار بيانات

XDP نظرة عامة على

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

XDP أوضاع إرفاق

كل منها له خصائص أداء وتوافق مختلفة، XDP ثلاثة أوضاع إرفاق OmniUPF يدعم.



1. وضع تحميل XDP

تنفيذ الأجهزة (أفضل أداء):

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

التكوين:

`xdp_attach_mode: offload`

القيود:

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

2. الأصلي (الافتراضي للإنتاج) XDP وضع

تنفيذ على مستوى السائق (أداء عالي)

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

التكوين:

```
xdp_attach_mode: native
```

المزايا:

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

السائقون المدعومون:

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

3. العام XDP وضع

محاكاة برمجية (التوافق)

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

التكوين:

```
xdp_attach_mode: generic
```

حالات الاستخدام:

- التطوير والاختبار
- (SR-IOV الآلات الافتراضية بدون) البيئات الافتراضية
- الأجهزة الشبكية القديمة
- اختبار واجهة الحلقة

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

XDP رموز إرجاع

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

رمز الإرجاع	المعنى	OmniUPF الاستخدام في
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 حاليًا
XDP_REDIRECT	إرسال الحزمة إلى واجهة مختلفة	(N3 ↔ N6) المسار الرئيسي للتوجيه
XDP_ABORTED	خطأ في المعالجة، إسقاط الحزمة وتسجيلها	eBPF أخطاء برنامج

خط معالجة الحزم

هيكل البرنامج

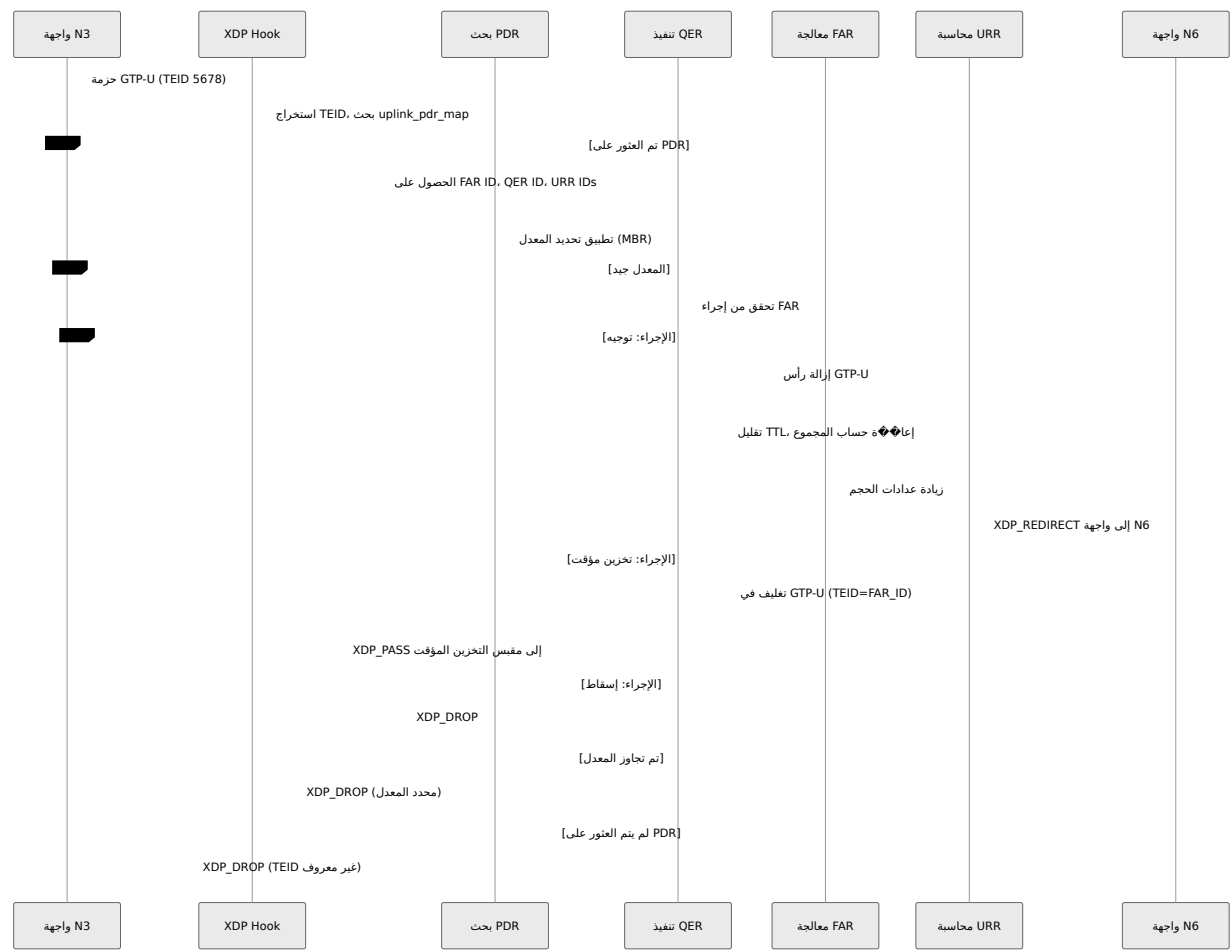
. لإنشاء خط معالجة حزم معياري eBPF استدعاءات ذيل OmniUPF يستخدم



استدعاءات الذيل:

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

معالجة حزم الرفع

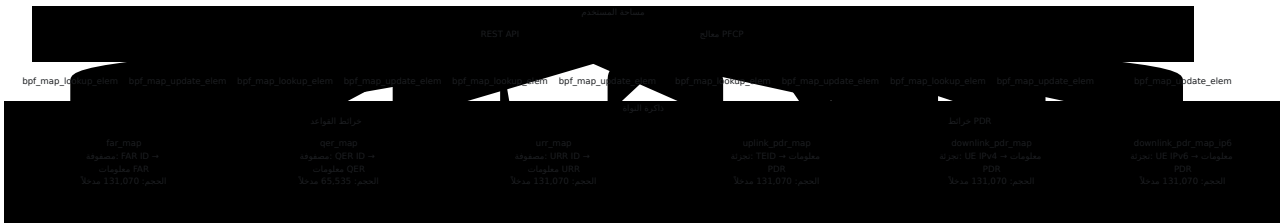


معالجة حزم النزول



eBPF معمارية خريطة

تخطيط ذاكرة الخريطة



حجم الخريطة

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

```
PDR = 2 × max_sessions (uplink + downlink)
FAR = 2 × max_sessions (uplink + downlink)
QER = 1 × max_sessions (مشاركة لكل جلسة)
URR = 3 × max_sessions (للكل جلسة URRs عدة)
```

مثال (`max_sessions = 65,535`):

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

إجمالي الذاكرة:

```
PDR: 3 × 131,070 × 212 ميغا بايت ~83 ب
FAR: 131,070 × 20 ميغا بايت ~2.6 ب
QER: 65,535 × 36 ميغا بايت ~2.3 ب
URR: 131,070 × 20 ميغا بايت ~2.6 ب
الإجمالي: ~91 ميغا بايت من ذاكرة النواة
```

آلية التخزين المؤقت

نظرة عامة على التخزين المؤقت

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

معمارية التخزين المؤقت

Parse error on line 4: ...r/>2. إضافة رأس UDP (المنفذ 22152)
3 -----
-----^ 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

eBPF يقوم برنامج (FAR 2 تم تعيين بت إجراء) عند تمكين التخزين المؤقت

1. حساب حجم الحزمة الأصلية:

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

2. توسيع رأس الحزمة:

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

3. الخارجي IP بناء رأس:

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

4. UDP بناء رأس:

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

5. GTP-U بناء رأس:

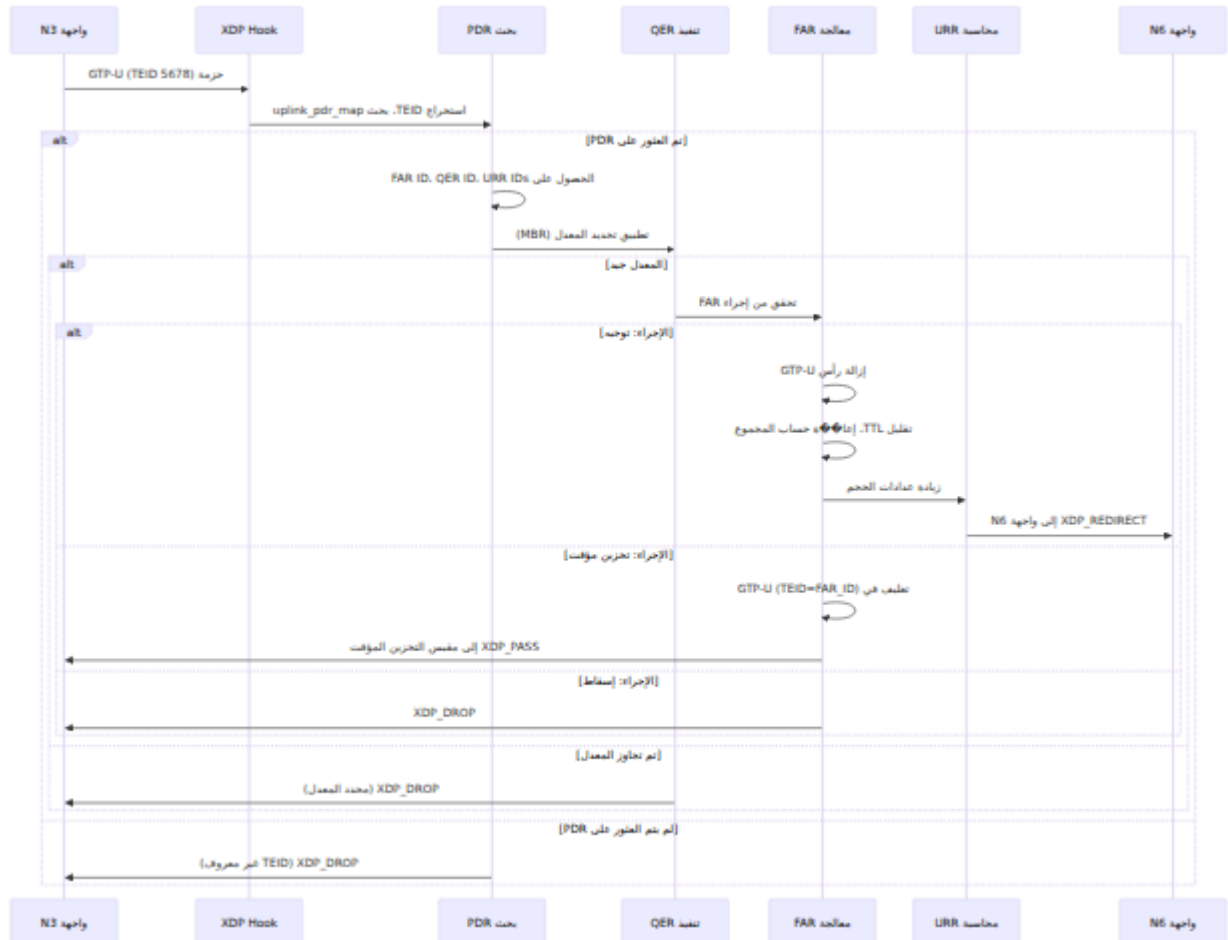
```
gtp->version = 1;
gtp->message_type = GTPU_G_PDU;
gtp->teid = htonl(far_id | (direction << 24)); // ترميز FAR ID والاتجاه
gtp->message_length = htons(orig_packet_len);
```

6. XDP_PASS إرجاع:

- المحلي على المنفذ UDP 22152 تسلم النواة الحزمة إلى مقبس
- يتلقى مدير التخزين المؤقت في مساحة المستخدم الحزمة ويخزنها

عملية تفريغ التخزين المؤقت

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



معلومات إدارة التخزين المؤقت

المعلمة	الافتراضي	الوصف
FAR الحد الأقصى لكل	حزمة 10,000	الحد الأقصى للحزم المخزنة لكل FAR
الحد الأقصى الكلي	100,000 حزمة	الحد الأقصى للحزم المخزنة الكلية
TTL للحزمة	ثانية 30	الوقت قبل انتهاء صلاحية الحزم المخزنة
منفذ التخزين المؤقت	22152	لتسليم التخزين المؤقت UDP منفذ
فترة تنظيف التخزين المؤقت	ثانية 60	مدى تكرار التحقق من الحزم المنتهية

QoS تنفيذ

خوارزمية تحديد المعدل

QoS. محدد معدل نافذة منزلقة لتطبيق OmniUPF ينفذ

```
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

(من qer.h) 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 مرت النافذة، أعد تعيينها
    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;
}

```

المعلومات الرئيسية:

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

QoS مثال حساب

ميغابت في الثانية، حجم الحزمة = 1500 بايت MBR = 100: السيناريو

1. وقت الإرسال:

بايت $\times 8$ بت/بايت $\times (1,000,000,000 \div 1500)$
نا نوثانية/ثانية $\div 100,000,000$ بت في الثانية)
نا نوثانية = $120 = 1500 \times 8 \times 10$ = 120,000
ميكروثانية

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)، $t=100\mu s$ ، إذا وصلت الحزمة عند
- يتم تمريرها (تمت ترقية النافذة)، $t=150\mu s$ ، إذا وصلت الحزمة عند

3. أقصى معدل للحزم:

1500 بايت = $8,333 \div (100 \div 8)$ PPS أقصى
حزمة في الثانية
الفجوة بين الحزم = 120 ميكروثانية

خصائص الأداء

معدل النقل

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

تحليل زمن الاستجابة

:(الأصلي XDP) إجمالي زمن معالجة الحزمة

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

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

استخدام وحدة المعالجة المركزية

قدرة المعالجة لكل نواة:

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

استخدام وحدة المعالجة المركزية حسب معدل الحزم

نسبة استخدام وحدة المعالجة المركزية $\approx$ (معدل الحزم / 10,000,000) × 100% لكل نواة

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

عرض النطاق الترددي للذاكرة

eBPF الوصول إلى خريطة:

- بحث التجزئة: 100~ نانوثانية (ضربة في الذاكرة المؤقتة)
- بحث التجزئة: 300~ نانوثانية (فشل في الذاكرة المؤقتة)
- بحث المصفوفة: 50~ نانوثانية (دائمًا ضربة في الذاكرة المؤقتة)

عرض النطاق الترددي المطلوب في الذاكرة:

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

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

قابلية التوسع والضبط

التوسع الأفقي

UPF عدة حالات

Setting SMF as parent of SMF would create a cycle

المحاولة مجددًا

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

التوسع العمودي

ضبط وحدة المعالجة المركزية:

XDP تمكين ارتباط وحدة المعالجة المركزية لمعالجة 1.

2. RX لتوزيع قوائم (توزيع جانب الاستقبال) RSS استخدام
3. على نوى محددة eBPF تثبيت برامج

NIC ضبط:

1. RX زيادة حجم مخزن حلقة
2. (RSS) متعددة القوائم NICs تمكين
3. استخدام موجه التدفق لتوجيه الحركة

ضبط النواة:

```
# eBPF زيادة حد الذاكرة المقفلة لخرائط
ulimit -l unlimited

# XDP للنوى IRQ تعطيل توازن
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

الصيغة:

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

مثال: (1 مليون جلسة، ذروة 20 جيجابايت)

- وحدة المعالجة المركزية: (20 جيجابايت ÷ 10 جيجابايت لكل نواة) × 1.5 = 3-4 نوى
- 100 ميغابايت ≈ 750 ميغابايت + (ب × 3 × 212 م): الذاكرة

- الشبكة: (20 جيجابت × 2) + 10 جيجابت = 50 جيجابت واجهات

الوثائق ذات الصلة

- العامة والنشر UPF عمليات - **UPF دليل عمليات**
- URR و QER و FAR و PDR **دليل إدارة القواعد** - تفاصيل
- **دليل المراقبة** - مراقبة الأداء والإحصائيات
- **دليل عمليات واجهة الويب** - استخدام لوحة التحكم
- **دليل استكشاف الأخطاء** - المشكلات الشائعة والتشخيصات

OmniUPF دليل تكوين

جدول المحتويات

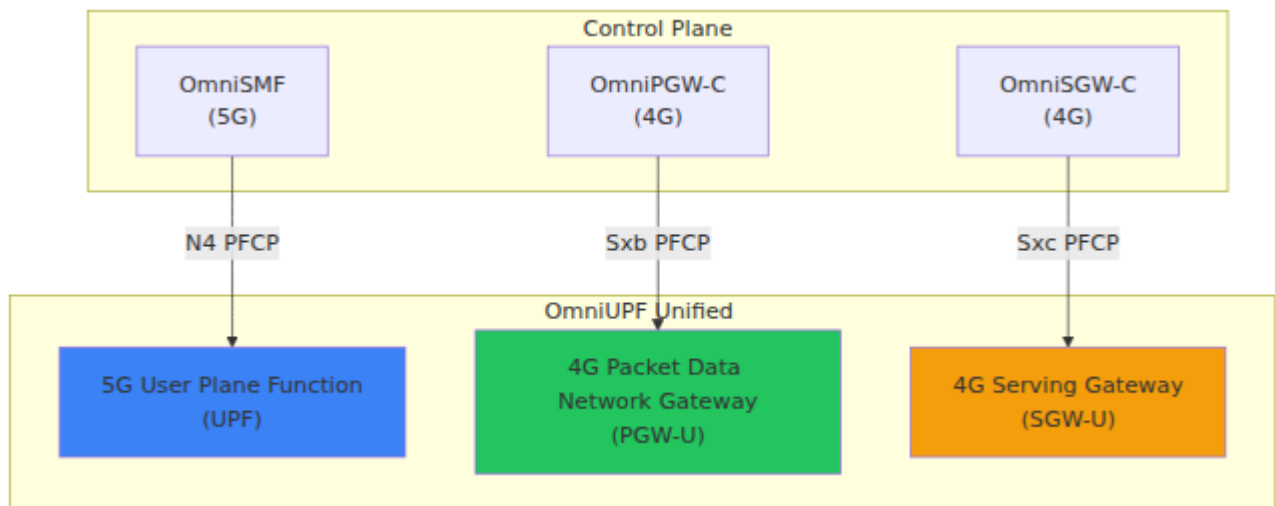
1. نظرة عامة
2. أنماط التشغيل
3. XDP أنماط إرفاق
4. معلمات التكوين
5. طرق التكوين
6. توافق المحاكيات
7. توافق NIC
8. أمثلة التكوين
9. تخطيط سعة الخريطة

نظرة عامة

هو وظيفة طائفة مستخدم متعددة الاستخدامات يمكن أن تعمل في أوضاع متعددة OmniUPF الأساسية. يتم إدارة التكوين من خلال ملفات تكوين 5G (EPC) لدعم كل من شبكات 4

أنماط التشغيل

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



تكوين الوضع

التي تقيم (SGW-C أو PGW-C، SMF) يتم تحديد وضع التشغيل بواسطة الطائرة التحكمية للتبديل بين الأوضاع OmniUPF لا يتطلب الأمر تكوينًا محددًا لـ OmniUPF مع PFCP ارتباطات.

التشغيل المتزامن:

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

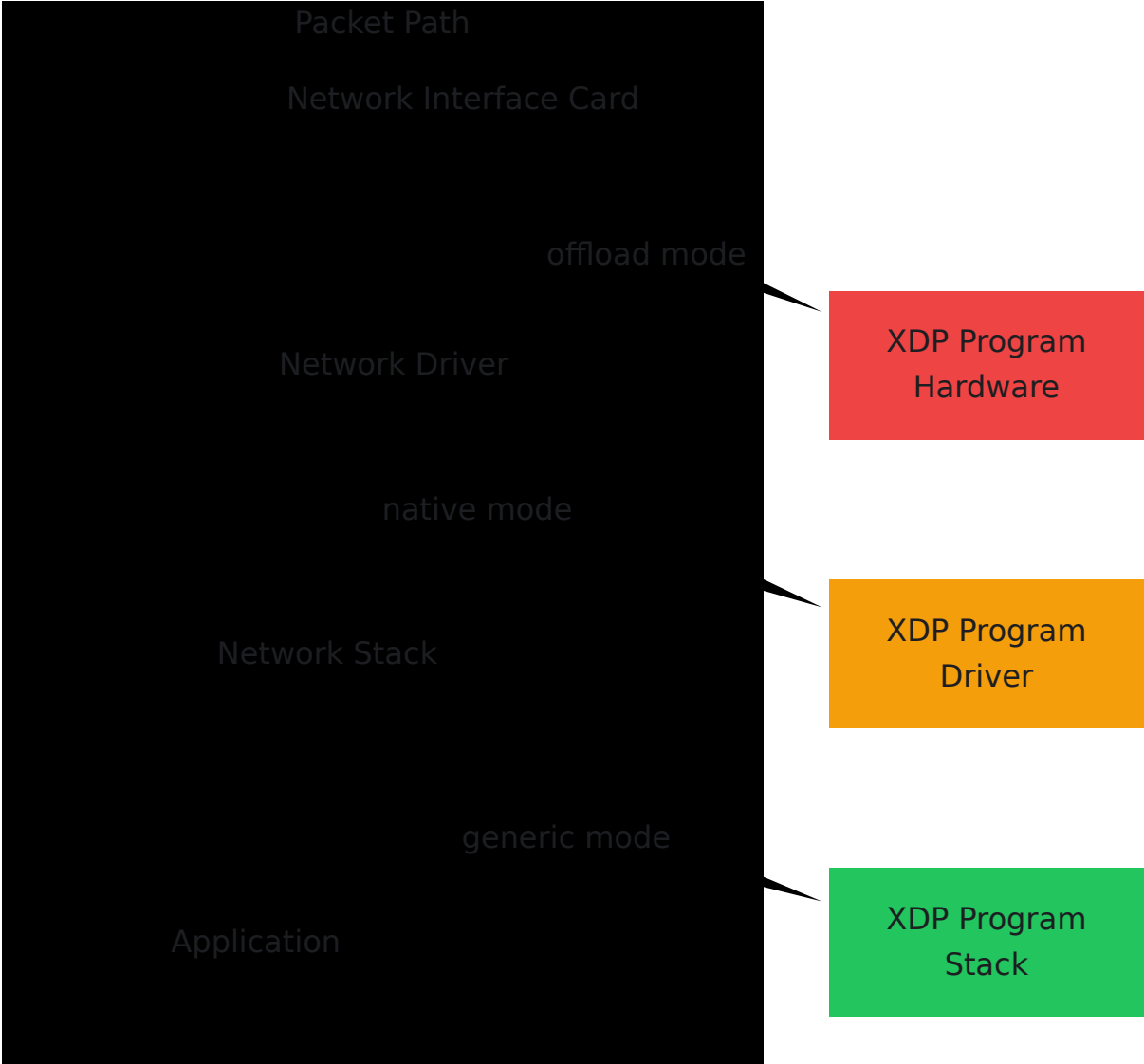
XDP أنماط إرفاق

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

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

مقارنة الأنماط

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



الوضع العام (افتراضي)

kernel في مكس الشبكة XDP الوصف: يعمل برنامج

المزايا:

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

العيوب:

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

التكوين:

```
xdp_attach_mode: generic
```

الأفضل لـ:

- SR-IOV الآلات الافتراضية بدون
- بيئات الاختبار والتحقق
- XDP بدون دعم برنامج تشغيل NICs
- VirtualBox وVMware وProxmox المحاكيات مثل

الوضع المحلي (موصى به)

على مستوى برنامج تشغيل الشبكة XDP الوصف: يعمل برنامج

المزايا:

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

- SR-IOV مع VMs يعمل على المعدن العاري و

العيوب:

- XDP يتطلب برنامج تشغيل شبكة يدعم
- المحلي XDP السائقين تدعم NICs ليست جميع

الكوين:

```
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.)

المتطلبات:

- (NIC راجع توافق) XDP برنامج تشغيل شبكة يدعم
- XDP مع دعم Linux 5.15+ نواة

وضع الإزاحة (أقصى أداء)

SmartNIC مباشرة على أجهزة XDP الوصف: يعمل برنامج

المزايا:

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

العيوب:

- باهظة الثمن SmartNIC يتطلب أجهزة
- SmartNIC توفر محدود لـ

- إعداد وتكوين معقد

التكوين:

```
xdp_attach_mode: offload
```

الأفضل لـ:

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

المتطلبات:

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

معلومات التكوين

واجهات الشبكة

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

مثال:

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

PFCP تكوين

المعلمة	الوصف	النوع	الافتراضي
pfcp_address	العنوان المحلي ل خادم PFCP (واجهة N4/Sxb/Sxc)	Host:Port	:8805
pfcp_node_id	معرف العقدة المحلية PFCP لبروتوكول	IP	127.0.0.1
pfcp_remote_node	البعيدة PFCP 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
```

والمراقبة API

المعلمة	الوصف	النوع	الافتراضي
api_address	REST API العنوان المحلي لخدم	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
```

GTP إدارة مسار

المعلمة	الوصف	النوع	الافتراضي
<code>gtp_peer</code>	لنبضات طلب GTP قائمة من أقران Echo	قائمة	<code>[]</code>
<code>gtp_echo_interval</code>	GTP Echo الفترة بين طلبات (ثواني)	عدد صحيح	<code>10</code>

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 تلقائيًا
<code>max_sessions</code>	الحد الأقصى لعدد الجلسات المتزامنة	عدد صحيح	<code>65535</code>	يستخدم لحساب أحجام الخرائط
<code>pdr_map_size</code>	حجم خريطة eBPF PDR	عدد صحيح	<code>0</code>	$\text{max\_sessions} \times 2$
<code>far_map_size</code>	حجم خريطة eBPF FAR	عدد صحيح	<code>0</code>	$\text{max\_sessions} \times 2$
<code>qer_map_size</code>	حجم خريطة eBPF QER	عدد صحيح	<code>0</code>	<code>max_sessions</code>
<code>urr_map_size</code>	حجم خريطة eBPF URR	عدد صحيح	<code>0</code>	$\text{max\_sessions} \times 2$

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 تلقائيًا:
# PDR: 200,000 إدخال
# FAR: 200,000 إدخال
# QER: 100,000 إدخال
# URR: 200,000 إدخال
```

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 من	عدد صحيح	22152
buffer_max_packets	الحد الأقصى للحزم لتخزينها FAR لكل	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

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

(UE لـ IP تخصيص عنوان) مثال:

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

(F-TEID تخصيص) مثال:

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

تكوين مدير المسار

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

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

مثال:

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

متى يتم التمكين:

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

طرق التكوين

(موصى به) YAML ملف تكوين

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
```

السعة

```
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

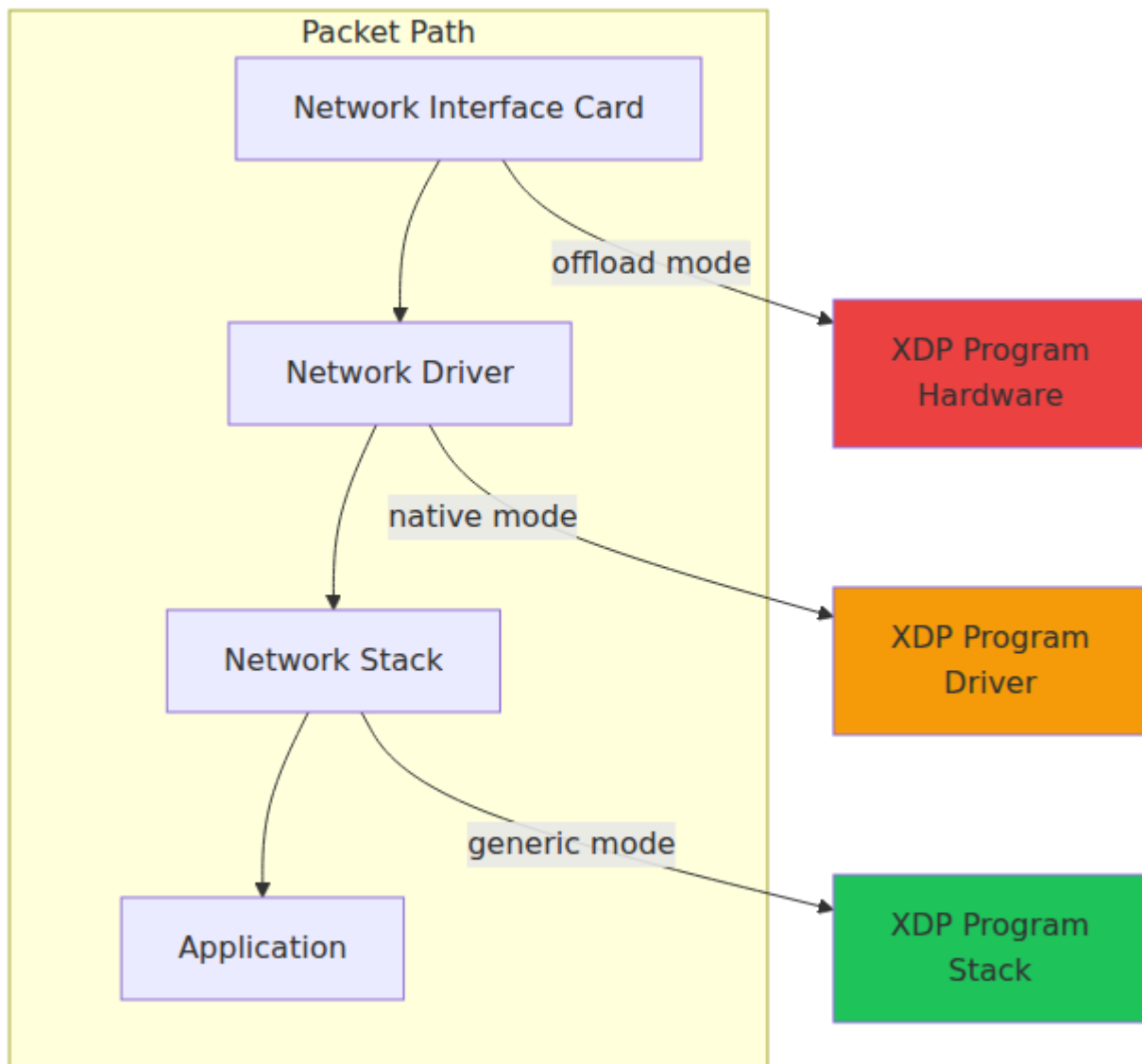
```
buffer_max_packets: 15000
buffer_packet_ttl: 45
```

توافق المحاكيات

نظرة عامة

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

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



Proxmox VE

التكوينات المدعومة:

1. (العام XDP) وضع الجسر.

حالة الاستخدام: الشبكات القياسية للآلة الافتراضية

التكوين:

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

VM Proxmox إعدادات:

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

OmniUPF تكوين:

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

2. (المحلي XDP) SR-IOV تمرير

حالة الاستخدام: إنتاج عالي الأداء

التكوين:

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

المتطلبات:

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

Proxmox على SR-IOV تمكين:

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

# GRUB_CMDLINE_LINUX_DEFAULT: أضف إلى
intel_iommu=on iommu=pt

# GRUB التشغيل تحديث وإعادة
update-grub
reboot

# (مثال: 4 وظائف افتراضية على) NIC على VFs تمكين (eth0)
echo 4 > /sys/class/net/eth0/device/sriov_numvfs

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

VM Proxmox إعدادات:

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

OmniUPF تكوين:

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

3. (المحلي XDP) PCI تمرير

مخصص لآلة افتراضية واحدة NIC : حالة الاستخدام

التكوين:

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

VM Proxmox إعدادات:

PCI الأجهزة → إضافة → جهاز
مادي (مثل، 0000:01:00.0) NIC : اختر
جميع الواجهات: نعم
أساسي: لا GPU
PCI-Express: نعم

OmniUPF تكوين:

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

KVM/QEMU

وضع الجسر:

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

SR-IOV تمرير:

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

VMware ESXi

vSwitch القياسي (XDP العام):

- محول الشبكة: VMXNET3
- وضع XDP: generic

SR-IOV (XDP المحلي):

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

Microsoft Hyper-V

(XDP العام) المفتاح الافتراضي:

- محول الشبكة: صناعي
- وضع XDP: generic

(XDP المحلي) SR-IOV:

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

VirtualBox

(العام فقط XDP) الجسر/NAT وضع

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

NIC توافق

مقابل السعة Mpps فهم

ليست متساوية مباشرة - العلاقة تعتمد (Gbps) والسعة (Mpps) عدد الحزم في الثانية تمامًا 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

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

(N3 واجهة) المغلفة GTP-U زيادة

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

(N3) GTP-U أدنى حزمة

- (IPv4) الداخلي: 20 بايت IP رأس
- الداخلي: 8 بايت UDP رأس
- الحمولة الدنيا: 1 بايت
- إجمالي الحزمة الداخلية: 29 بايت
- بايت 36: GTP-U بالإضافة إلى زيادة

- إجمالي حجم الحزمة: 65 بايت

GTP-U مع أدنى حزم Mpps السعة عند 1

$$\text{Mbps بت/بايت} = 520 \times 8 \times \text{pps بايت} \times 1,000,000 \times 65$$

GTP-U (N3 مع MTU 1500) أقصى حزمة

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

GTP-U مع أقصى حزم Mpps السعة عند 1

$$\text{Mbps بت/بايت} \approx 12.3 \text{ Gbps} = 12,288 \times 8 \times \text{pps بايت} \times 1,000,000 \times 1536$$

(N6 واجهة) الأصلية IP حزم

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

N6 أدنى حزمة

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

N6 مع أدنى حزم Mpps السعة عند 1

$$\text{Mbps بت/بايت} = 232 \times 8 \times \text{pps بايت} \times 1,000,000 \times 29$$

N6 (MTU 1500) أقصى حزمة

- بايت 1500: MTU IP
- الإجمالي: 1500 بايت

N6 مع أقصى حزم Mpps السعة عند 1

$$1500 \times 1,000,000 \times 8 \text{ pps} \times 12,000 \text{ بت/بايت} = 12 \text{ Gbps}$$

أمثلة الأداء في العالم الحقيقي

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

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

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

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

مع حركة مرور المحمول الحديثة (متوسط 1200 بايت)، توقع ~10 Mpps عند 10 Gbps و N3 و N6 سعة على كل من واجهتي Gbps.

لماذا يهم هذا لشبكات المحمول:

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

حجم الحزمة الداخلية (بيانات المستخدم الفعلية):

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

GTP-U تأثير زيادة:

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

تخطيط الأداء:

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

- زيادة) 1.0 Gbps ~: (حزم داخلية بحجم 100 بايت) **VoIP حركة مرور كثيفة من** (تهيمن GTP-U)
- Gbps **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

(GTP-U بدون زيادة) **N6 على واجهة**:

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

المحمولة UPF قاعدة عامة لشبكة:

- هو العامل المحدد - Mpps: (الإشارات، IoT، VoIP) **حركة مرور الحزم الصغيرة** 10 Gbps لكل 1-2 Mpps
- لكل Gbps **حركة مرور المحمول الحديثة** (متوسط 1200 بايت): خطط لـ ~9-10 سعة 10 Mpps
- لكل 10 Gbps **حركة مرور كثيفة من الفيديو** (بث، تنزيلات): خطط لـ ~10-12 سعة Mpps
- لا N6، GTP-U لديه زيادة N3 - **N6 و N3 دائمًا اعتبر كل من**

تخطيط السعة العملي:

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

سعة Mpps J NIC	N3 السعة على (GTP-U)	N6 (IP السعة على (الأصلية)	سيناريو النشر الواقعي
1 Mpps	~1.0 Gbps	~1.0 Gbps	موقع خلية صغيرة، بوابة IoT
5 Mpps	~4.9 Gbps	~4.8 Gbps	موقع خلية متوسطة، مؤسسة
10 Mpps	~9.9 Gbps	~9.6 Gbps	موقع خلية كبيرة، مدينة صغيرة
20 Mpps	~19.7 Gbps	~19.2 Gbps	منطقة حضرية، مدينة متوسطة
40 Mpps	~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. ستختلف السعة الفعلية بناءً على مزيج الحركة.

XDP برامج تشغيل الشبكة القابلة لـ

لأوضاع **المحلي والإزاحة**. يعمل الوضع XDP برامج تشغيل الشبكة التي تدعم OmniUPF تتطلب NIC العام مع أي.

NICs Intel

النموذج	السائق	XDP دعم	الوضع	الأداء
Intel X710	i40e	نعم	محلي	~10 Mpps
Intel XL710	i40e	نعم	محلي	~10 Mpps
Intel E810	ice	نعم	محلي	~15 Mpps
Intel 82599ES	ixgbe	نعم	محلي	~8 Mpps
Intel I350	igb	محدود	عام	~1 Mpps
Intel E1000	e1000	لا	عام فقط	~1 Mpps

NICs Mellanox/NVIDIA

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

NICs Broadcom

النموذج	السائق	XDP دعم	الوضع	الأداء
Broadcom BCM57xxx	bnxt_en	نعم	محلي	~8 Mpps
Broadcom NetXtreme II	bnx2x	لا	عام فقط	~1 Mpps

بائعون آخرون

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

NIC لـ XDP التحقق من دعم

XDP: تحقق مما إذا كان السائق يدعم

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

# في السائق XDP تحقق من دعم
modinfo <driver_name> | grep -i xdp

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

XDP: تحقق من إرفاق برنامج

```
# ملحقًا XDP تحقق 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)

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

تقديرات السعة:

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

- GTP-U بسبب عدم وجود زيادة (Mpps لكل 10 9.6~) أقل قليلاً N6 السعة على
- سعة VoIP الأداء الفعلي يختلف مع مزيج الحركة - ستشهد الشبكات التي تهيمن عليها أقل

موارد إضافية

:الرسمية XDP وثائق

- [XDP مشروع](#)
- [للنواة XDP وثائق](#)

:NIC قوائم توافق

- [Cilium لـ XDP قائمة دعم](#)
- [IO Visor لـ XDP سائقو](#)

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: NIC Intel X710 الإنتاجي على خادم المعدن العاري مع UPF

```
# تكوين المعدن العاري للإنتاج
interface_name: [ens1f0, ens1f1] # N3 على ens1f0, N6 على ens1f1
xdp_attach_mode: native
api_address: :8080
pfc_p_address: 10.100.50.241:8805
pfc_p_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
pfc_p_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
```

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

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

```
# تكوين Proxmox SR-IOV
interface_name: [ens1f0] # VF SR-IOV
xdp_attach_mode: native
api_address: :8080
pfcf_address: 192.168.100.10:8805
pfcf_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
pfcf_remote_node:
  - 192.168.100.20 # SMF
```

PGW-U (4G EPC) المثال 4: وضع

G EPC في شبكة 4 PGW-U تعمل كـ OmniUPF: السيناريو

```
# تكوين PGW-U
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: native
api_address: :8080
pfcf_address: 10.200.1.10:8805
pfcf_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
pfcf_remote_node:
  - 10.200.2.10 # OmniPGW-C (واجهة Sxb)
heartbeat_interval: 5
```

(في وقت واحد PGW-U + UPF) المثال 5: وضع متعدد

في وقت واحد 4G و 5G تستخدم كل من الشبكات 5 OmniUPF: 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
```

SmartNIC المثال 6: وضع إراحة

SmartNIC Netronome Agilio CX السيناريو: نشر عالي السعة للغاية مع

```
# الإزاحة SmartNIC تكوين
interface_name: [enp1s0np0] # 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 تلقائيًا OmniUPF ودع `max_sessions` قم بتعيين

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

جلسة K استخدام الذاكرة: ~91 ميغابايت لـ 100

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
urr_map_size: 200000
```

تقدير السعة

:احسب الحد الأقصى للجلسات

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

مثال:

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

Max Sessions = min(100,000, 100,000, 100,000) = **100,000**

متطلبات الذاكرة

:استخدام الذاكرة لكل جلسة

- PDR: 2×212 ب 424 = ب
- FAR: 2×20 ب 40 = ب
- QER: 1×36 ب 36 = ب
- URR: 2×20 ب 40 = ب
- **الإجمالي:** ~540 ب لكل جلسة

جلسة: ~52 ميغابايت من ذاكرة النواة JK 100

التوصية: تأكد من أن حد الذاكرة المقفلة يسمح باستخدام $\times 2$ 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
- URR و QER و FAR و PDR **دليل إدارة القواعد** - تكوين
- **دليل المراقبة** - الإحصائيات، مراقبة السعة، والتنبيهات
- Prometheus **مرجع المقاييس** - مرجع كامل لمقاييس
- **دليل واجهة الويب** - عمليات لوحة التحكم
- ونشرها UPF **دليل العمليات** - نظرة عامة على بنية

مرجع المقاييس

على نقطة النهاية OmniUPF المعروضة بواسطة Prometheus تصف هذه الوثيقة جميع مقاييس `/metrics`.

فئات المقاييس

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

مرجع المقاييس

PFCP مقاييس رسائل

.وعقد التحكم UPF بين PFCP مقاييس لتتبع رسائل بروتوكول

الوصف	التسميات	النوع	اسم المقياس
العدد الإجمالي لرسائل المستلمة حسب PFCP نوع الرسالة والنظير	message_name , peer_address	عداد	upf_pfcpx
العدد الإجمالي لرسائل المرسله حسب نوع PFCP الرسالة والنظير	message_name , peer_address	عداد	upf_pfcpx
العدد الإجمالي لرسائل المرفوضة بسبب PFCP خطأ لكل نوع رسالة ونظير	message_name , cause_code , peer_address	عداد	upf_pfcpx_errors
PFCP مدة معالجة رسالة (p50، p90، p99) لكل نوع رسالة ونظير	message_type , peer_address	ملخص	upf_pfcpx_latency

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

XDP مقاييس إجراءات

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

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

مقاييس الحزم

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

الوصف	التسميات	النوع	اسم المقياس
العدد الإجمالي للحزم المستلمة حسب النوع	packet_type	عداد	upf_rx
العدد الإجمالي للحزم الموجهة حسب نتيجة البحث	packet_type	عداد	upf_route

upf_rx ل packet_type قيم

- 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 - GTP echo طلب/استجابة
- gtp-pdu - GTP-U PDU (بيانات المستخدم المغلفة)
- gtp-other - GTP أنواع رسائل
- gtp-unexp - غير متوقعة/معطوبة GTP حزم

قيم packet_type لـ upf_route:

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

والارتباطات PFCP مقاييس جلسات

.وعقد التحكم UPF والارتباطات بين PFCP مقاييس لتتبع جلسات

الوصف	التسميات	النوع	اسم المقياس
العدد الإجمالي لجلسات PFCP (جميع النظائر)	لا شيء	مقياس	upf_pfcpsessions
العدد الإجمالي للارتباطات PFCP الحالية لجلسات (جميع النظائر)	لا شيء	مقياس	upf_pfcpsociations
لكل PFCP حالة ارتباط نظير (1=مفعّل، 0=معطل)	node_id, address	مقياس	upf_pfcpsociationstatus
PFCP عدد جلسات النشطة لكل عقدة في خط التحكم	node_id, address	مقياس	upf_pfcpsessionspernode

(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 بالبايت لجميع الجلسات من هذا النظير	peer_address	مقياس	upf_urr_uplink_volume_bytes
إجمالي حجم حركة البيانات في الاتجاه النازل بالبايت لجميع الجلسات من هذا النظير	peer_address	مقياس	upf_urr_downlink_volume_bytes
إجمالي حجم الحركة بالبايت (الرفع + النزول) لجميع الجلسات من هذا النظير	peer_address	مقياس	upf_urr_total_volume_bytes

لتجنب مشاكل الكاردينالية العالية. الإحصائيات PFCP **ملاحظة:** يتم تجميع الأحجام لكل نظير على `/api/v1/urr_map` REST متاحة عبر واجهة برمجة التطبيقات URR الفردية لـ

مقاييس تخزين الحزم

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

ف	التسميات	النوع	اسم المقياس
عدد بالي حزم نافذة إلى نزين , مر (من)	لا شيء	عداد	upf_buffer_packets_total
عدد بالي حزم وصلة من نزين	reason	عداد	upf_buffer_packets_dropped
عدد بالي حزم , تم يغها من نزين	لا شيء	عداد	upf_buffer_packets_flushed
عدد بالي في نزين	لا شيء	مقياس	upf_buffer_packets_current
بالي تتات نافذة إلى نزين	لا شيء	عداد	upf_buffer_bytes_total

الف	التسميات	النوع	اسم المقياس
، مر (من)			
تات تالية في نزين	لا شيء	مقياس	upf_buffer_bytes_current
عدد ي ل FAF حزم نزنة	لا شيء	مقياس	upf_buffer_fars_active
عدد تالي حزم نلمة من تتمع نزين خط نات eBF	لا شيء	عداد	upf_buffer_listener_packets_received_total
عدد تالي حزم ، تم رئنها جاح بطة تتمع	لا شيء	عداد	upf_buffer_listener_packets_buffered_total
طاء في	type	عداد	upf_buffer_listener_errors_total

ف	التسميات	النوع	اسم المقياس
لجنة حزم تتمتع نزين			
لعدد بالي مائل مارة خطأ GTI سلة تديد TEI غير وافة بطة ظير بعيد	remote_peer	عداد	upf_buffer_listener_error_indications_sent_total
لعدد بالي يات سريع نزين جحة	لا شيء	عداد	upf_buffer_flush_success_total
لعدد بالي يات سريع نزين شلة	reason	عداد	upf_buffer_flush_errors_total
لعدد بالي	لا شيء	عداد	upf_buffer_flush_packets_sent_total

ف	التسميات	النوع	اسم المقياس
حزم سلة أثناء يات برغ			

قيم reason لـ upf_buffer_packets_dropped:

- expired - TTL حزم تم إسقاطها بسبب انتهاء صلاحية
- global_limit - تم إسقاطها بسبب الوصول إلى الحد الأقصى للتخزين الكلي
- far_limit - FAR تم إسقاطها بسبب الوصول إلى الحد الأقصى للتخزين لكل
- cleared - حزم تم مسحها يدويًا 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 - G-PDU غير GTP نوع رسالة
- unknown_teid - PDR/FAR لـ TEID لم يتم العثور على
- not_buffering_far - BUFF لا يحتوي على إجراء FAR
- 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 - eBPF من خريطة FAR فشل في البحث عن معلومات
- no_forw_action - محدد FORW لا يحتوي على إجراء FAR
- connection_failed - للتفريغ UDP فشل في إنشاء اتصال

مقاييس تقرير بيانات التنزيل (الإشعار)

المرسلة إلى خط التحكم عندما يتم تخزين الحزم. PCFDP 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 جمالي عبارات تقرير بيانات لتنزيل (DLD مرسلة S إلى
upf_dldr_send_errors	عداد	لا شيء	العدد جمالي أخطاء إرسال عبارات تقرير بيانات لتنزيل
upf_dldr_active_notifications	مقياس	لا شيء	العدد تالي لـ FARs عبارات DLDF لمة (لم يتم مسحها بعد)
upf_far_index_size	مقياس	لا شيء	العدد تالي لـ FARs سجلة في FarIn

صف	التسميات	النوع	اسم المقياس
معارات DLDF			
العدد جمالي جيلات FAR FarIn	لا شيء	عداد	upf_far_index_registrations_total
العدد جمالي لإلغاء سجل FARs FarIn	لا شيء	عداد	upf_far_index_unregistrations_total
ت بين إرسال إشعار DLDF وتفريغ الحزم مخزنة	pfcp_peer	هستوجرام	upf_buffer_notify_to_flush_duration_seconds

upf_buffer_notify_to_flush_duration_seconds:

- دلو الهستوجرام: 0.01، 0.05، 0.1، 0.5، 1.0، 2.0، 5.0، 10.0، 30.0، 60.0 ثانية
- تسمية pfcp_peer عنوان: SMF/PGW-C (10.100.50.241) (مثل،)
- بتعديل الجلسة لتفريغ SMF واستجابة SMF للإشعار إلى UPF يقيس الكمون بين إرسال الحزم
- مفيد لمراقبة استجابة خط التحكم أثناء الانتقالات من الخمول إلى الاتصال

GTP-U مقاييس إشارة خطأ

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

اسم المقياس	النوع	سميات
upf_buffer_listener_error_indications_sent_total	عداد	node_id peer_addr
upf_buffer_listener_error_indications_received_total	عداد	node_id peer_addr
upf_buffer_listener_error_indication_sessions_deleted_total	عداد	node_id peer_addr

تعريفات التسميات:

- `node_id`: معرف عقدة PFPCP (مثل، "pgw-u-1"، "smf-1"). يتم. موجود لذلك النظير PFPCP إذا لم يكن هناك ارتباط "unknown" تعيينه إلى
- `peer_address`: عنوان IP (مثل، "192.168.50.10")

عندما يتم إرسال إشارات الخطأ:

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

عندما يتم استلام إشارات الخطأ:

- (PGW-U، SGW-U، UPF) إلى نظير أسفل GTP-U إعادة توجيه حزمة UPF يقوم غير معروف TEID لتحديد
- الوجهة (مثل، أعيد تشغيل النظير وفقد حالة النفق) TEID لا يتعرف النظير البعيد على
- تلقائيًا 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_address}

# UPF غير معروفة إلى هذا TEIDs النظائر 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 لتتبع استخ  ام خريطة واكتشاف مشاكل السعة المحتملة.

الوصف	التسميات	النوع	اسم المقياس
eBPF السعة القصوى لخريطة	<code>map_name</code>	مقياس	<code>upf_ebpf_map_capacity</code>
العدد الحالي للإدخالات في خريطة eBPF	<code>map_name</code>	مقياس	<code>upf_ebpf_map_used</code>

الشائعة map_name قيم:

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

Prometheus استخدام مقاييس

الوصول إلى المقاييس

`metrics_address` في العنوان المحدد بواسطة `/metrics` تُعرض المقاييس على نقطة النهاية `metrics_address` في ملف التكوين (افتراضيًا: 9090):

```
# عرض المقاييس الخام
curl http://localhost:9090/metrics

# مثال على المخرجات
upf_pfcps_sessions 42
upf_pfcps_associations 2
upf_urr_total_volume_bytes{peer_address="10.100.50.241"}
1048576000
```

Prometheus تكوين

الخاص بك `prometheus.yml` إلى ملف OmniUPF أضيف هدف

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

Grafana لوحات معلومات

للتصور Grafana استورد المقاييس 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، والتنبيهات
- الأخرى UPF وخيارات `metrics_address` **دليل التكوين** - تكوين
- **دليل واجهة الويب** - عرض المقاييس في صفحة الإحصائيات
- وتحسين الأداء eBPF **دليل الهندسة المعمارية** - مسار بيانات
- PDR, FAR, QER, URR **دليل إدارة القواعد** - فهم مقاييس

- دليل ❖❖ استكشاف الأخطاء - استخدام المقاييس للتشخيص

دليل المراقبة

جدول المحتويات

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

نظرة عامة

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

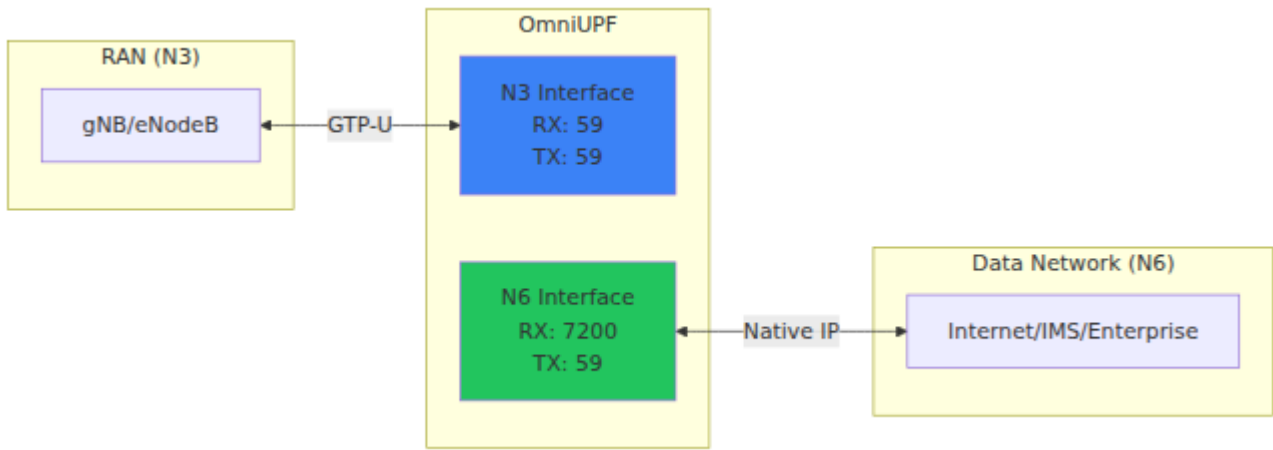
فئات المراقبة

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

مراقبة الإحصائيات

N3/N6 إحصائيات واجهة

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



المقاييس:

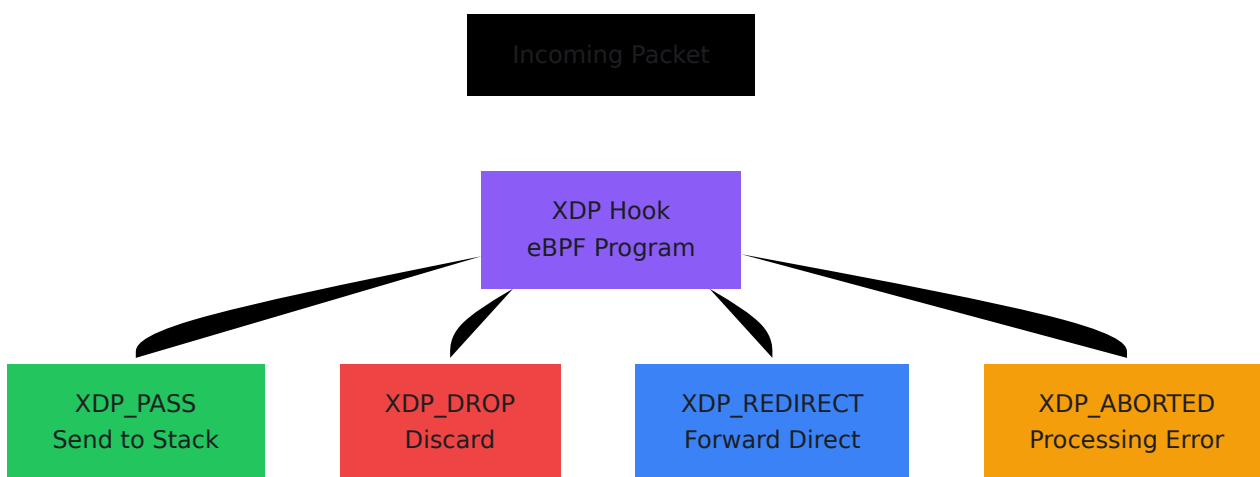
- **RX N3:** (الصاعدة حركة مرور) الحزم المستلمة من RAN
- **TX N3:** (النازلة حركة مرور) الحزم المرسلية إلى RAN
- **RX N6:** (الأصلي النازل IP) الحزم المستلمة من الشبكة البيانات
- **TX N6:** (الأصلي الصاعد IP) الحزم المرسلية إلى الشبكة البيانات
- **الإجمالي:** العدد الكلي للحزم عبر جميع الواجهات

السلوك المتوقع:

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

XDP إحصائيات

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



المقاييس:

- خطأ (يجب أن تكون دائمًا 0) XDP الملغاة: واجه برنامج
- XDP السقوط: الحزم التي تم إسقاطها عمدًا 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 المرسلَة عبر XDP

التفسير:

- أو توافق النواة eBPF **الملغاة** $0 <$: مشكلة حادة مع برنامج
- **السقوط** $0 <$: سقوط بناءً على السياسة أو حزم غير صالحة
- **المرور مرتفع:** تتم 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:** GTP-U Echo (keepalive) طلب/استجابة
- **RX GTP OTHER:** الأخرى رسائل التحكم
- **RX GTP PDU:** (الحركة الرئيسية) GTP-U بيانات المستخدم المغلفة بواسطة
- **RX GTP UNEXP:** غير المتوقعة GTP أنواع حزم
- **RX ICMP:** (الأخطاء, ping) بروتوكول رسائل التحكم في الإنترنت
- **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 **المستخدم الرئيسي: PDU GTP-U مراقبة عدد**
- **للاتصال:** اختبار وصول الشبكة **ICMP التحقق من**
- 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 بحث

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

FIB IPv6 بحث

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

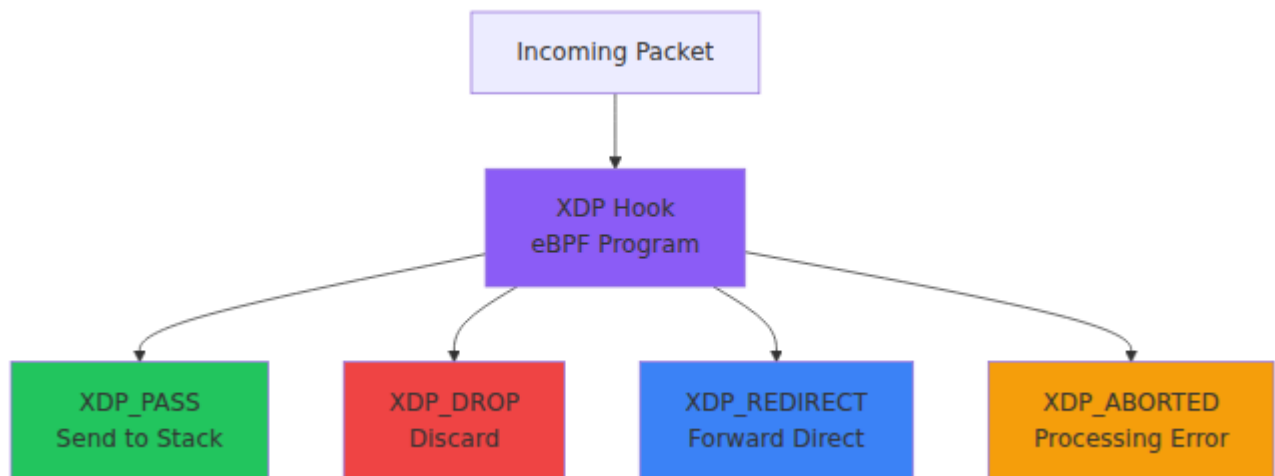
مؤشرات الأداء

- 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



الحرجة eBPF خرائط

far_map (قواعد إجراء التوجيه):

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

pdr_map_downlin (PDRs النازلة - IPv4):

- **السعة:** 131,070 إدخال
- **UE IPv4** (عنوان) **حجم المفتاح:** 4 ب
- **PDR** (معلومات) **حجم القيمة:** 208 ب
- **استخدام الذاكرة:** ~27 ميجابايت
- **الأهمية:** حرجية - تفشل إنشاء الجلسة إذا كانت ممثلة

pdr_map_downlin_ip6 (PDRs النازلة - IPv6):

- **السعة:** 131,070 إدخال
- **UE IPv6** (عنوان) **حجم المفتاح:** 16 ب
- **PDR** (معلومات) **حجم القيمة:** 208 ب
- **استخدام الذاكرة:** ~29 ميجابايت
- إذا كانت ممثلة IPv6 **الأهمية:** حرجية - تفشل إنشاء جلسة

pdr_map_teid_ip (الصاعدة PDRs):

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

qer_map (QoS قواعد تنفيذ):

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

urr_map (قواعد تقارير الاستخدام):

- **السعة:** 131,070 إدخال
- **حجم المفتاح:** 4 ب (URR معرف)
- **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% (كهرماني)	تحذير - جدولة زيادة السعة خلال أسبوع واحد
90-100% (أحمر)	حرجة - إجراء فوري مطلوب، ستفشل الجلسات الجديدة

إجراء زيادة السعة

قبل زيادة السعة:

- مراجعة اتجاهات الاستخدام الحالية.
- تقدير معدل النمو المستقبلي.

حساب السعة المطلوبة. 3.

خطوات زيادة سعة الخريطة:

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

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

مقاييس الأداء

OmniUPF، التي يكشف عنها Prometheus للحصول على معلومات تفصيلية حول جميع مقاييس، انظر **مرجع المقاييس**.

معدل معالجة الحزم

الحساب:

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

مثال:

- الأولية: RX 7,000 الحزم
- بعد 10 ثوانٍ: 17,000
- $\text{pps معدل الحزم} = 10 / (7,000 - 17,000) = 1,000$

أهداف الأداء:

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

مؤشرات الاختناق:

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

حساب الإنتاجية

الحساب:

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

مثال:

- الأولية: 500 ميغابايت RX البايت
- بعد 60 ثانية: 800 ميغابايت
- $40 = (1,000,000 \times 60) / (8 \times 300)$ = الإنتاجية Mbps

تخطيط السعة:

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

معدل السقوط

لحساب:

$100 \times (RX \text{ الحزم الساقطة} / \text{إجمالي الحزم}) = (\%) \text{ معدل السقوط}$

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: $1\% - 5\%$
- حرجية (مشكلة كبيرة في التوجيه أو السعة): $5\% >$

أسباب السقوط الشائعة:

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

التنبيهات والحدود

التنبيهات الموصى بها

التنبيهات الحرجة (تتطلب استجابة فورية)

- $eBPF > 90\%$ سعة خريطة
- $XDP > 0$ عدد الملغاة في
- $5 <$ معدل السقوط %
- UPF فشل فحص صحة

تنبيهات التحذير (استجابة خلال ساعة واحدة)

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

تنبيهات معلوماتية (راقب الاتجاهات)

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

- URR تجاوز حدود حجم

تكوين التنبيهات

يمكن تكوين التنبيهات عبر:

1. تصدير المقاييس للمراقبة الخارجية (انظر مرجع المقاييس: **Prometheus** مقاييس: للقائمة الكاملة)
2. لأنماط الأخطاء OmniUPF **مراقبة السجلات**: تحليل سجلات
3. **استعلام REST API**: استعلام دوري لنقاط النهاية: `/map_info`, `/packet_stats`
4. **مراقبة واجهة الويب**: المراقبة اليدوية عبر صفحات الإحصائيات والسعة

تخطيط السعة

تقدير سعة الجلسة

حساب الحد الأقصى للجلسات:

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

مثال:

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

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

سعة الذكاء كرهة

eBPF: حساب إجمالي ذاكرة خريطة

(سعة الخريطة × (حجم المفتاح + حجم القيمة)) = Σ الذاكرة

مثال على التكوين:

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

اعتبارات ذاكرة النواة:

- (`ulimit -l`) التأكد من وجود حد كافٍ للذاكرة المقفلة
- الاستخدام المقدر لهامش الأمان × حيز 2
- مراقبة توفر ذاكرة النواة

سعة الحركة

حساب سعة الإنتاجية المطلوبة:

1. تقدير متوسط إنتاجية الجلسة:

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

2. حساب الإنتاجية الإجمالية:

إجمالي الإنتاجية = الجلسات × متوسط إنتاجية الجلسة

3. إضافة مساحة إضافية:

السعة المطلوبة = إجمالي الإنتاجية × 2 # 100% مساحة إضافية

مثال:

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

أسابيع إلى السعة = (السعة - الاستخدام الحالي) / (معدل النمو الأسبوعي)

مثال:

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

الإجراء: التخطيط لترقية السعة خلال 12 أسبوعًا (مما يترك 5 أسابيع كاحتياطي)

استكشاف مشكلات الأداء

معدل سقوط الحزم المرتفع

الأعراض: معدل السقوط $< 1\%$ ، شكاوى المستخدمين من ضعف الاتصال

التشخيص:

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

الأسباب الشائعة:

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

الحل:

- إذا كان هناك تحديد معدل QER ل MBR زيادة
- الصحيحة PDRs قد أنشأ SMF تحقق من أن
- مسح المخازن المؤقتة إذا تم الكشف عن تجاوز

XDP أخطاء معالجة

الملغاة $XDP 0 <$: الأعراض

التشخيص:

1. XDP الانتقال إلى الإحصائيات → إحصائيات
2. تحقق من عداد الملغاة
3. eBPF لأخطاء OmniUPF مراجعة سجلات

الأسباب الشائعة:

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

الحل:

- OmniUPF إعادة تشغيل خدمة

- (Linux 5.4+) تحقق من أن إصدار النواة يلبي الحد الأدنى من المتطلبات
 - eBPF مراجعة سجلات برنامج
 - 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. تحقق مما إذا كانت الجلسات عالقة (لا يتم حذفها)

التخفيف الفوري:

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

الحل على المدى الطويل:

1. eBPF زيادة سعة خريطة
 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. تحقق 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 تحقق من استخدام واجهة

الأسباب الشائعة:

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

الحل:

- أفقيًا (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

- Prometheus **مرجع المقاييس** - مرجع كامل لمقاييس
- UPF الهندسة العامة وعمليات - **UPF دليل عمليات**
- PDR, FAR, QER, URR **دليل 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: تشغيل SGWU و PGWU على نفس المثل

نظرة عامة

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

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

باكتشاف حركة المرور OmniUPF يقوم N9 و N3 لكل من واجهتي IP عند تكوينه بنفس عنوان دون إرسال حزم إلى eBPF تلقائيًا ويعالجها تمامًا في PGWU و SGWU المتدفقة بين أدوار واجهة الشبكة.

كيف يعمل

النشر التقليدي (مثيلان)



تدفق الحزم:

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

4. PGWU: تفك التغليف، وتعيد توجيهها إلى الإنترنت ،(TEID=200) GTP تستقبل
5. **قفرة شبكة 1 + XDP الإجمالي: 2 تمريرات**

(مثيل واحد) N9 نشر حلقة



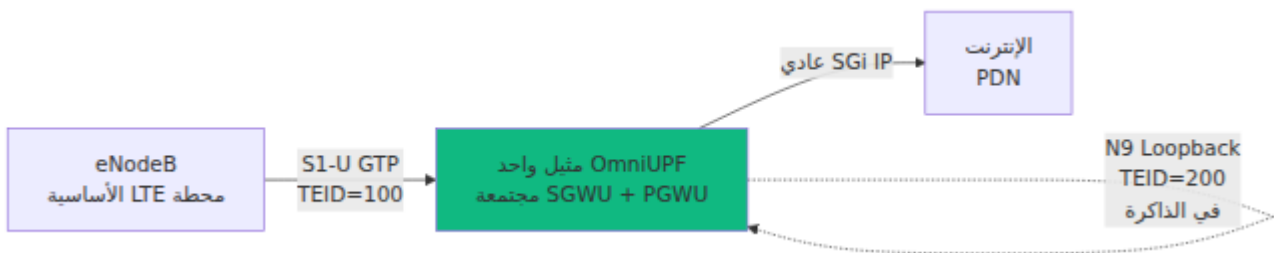
N9: تدفق الحزم مع حلقة

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

فائدة الأداء: توجيه داخلي دون ميكروثانية مقابل مللي ثانية لجولة الشبكة

تفاصيل معالجة الحزم

eNodeB → SGWU → PGWU → الإنترنت: تدفق الاتجاه الصاعد

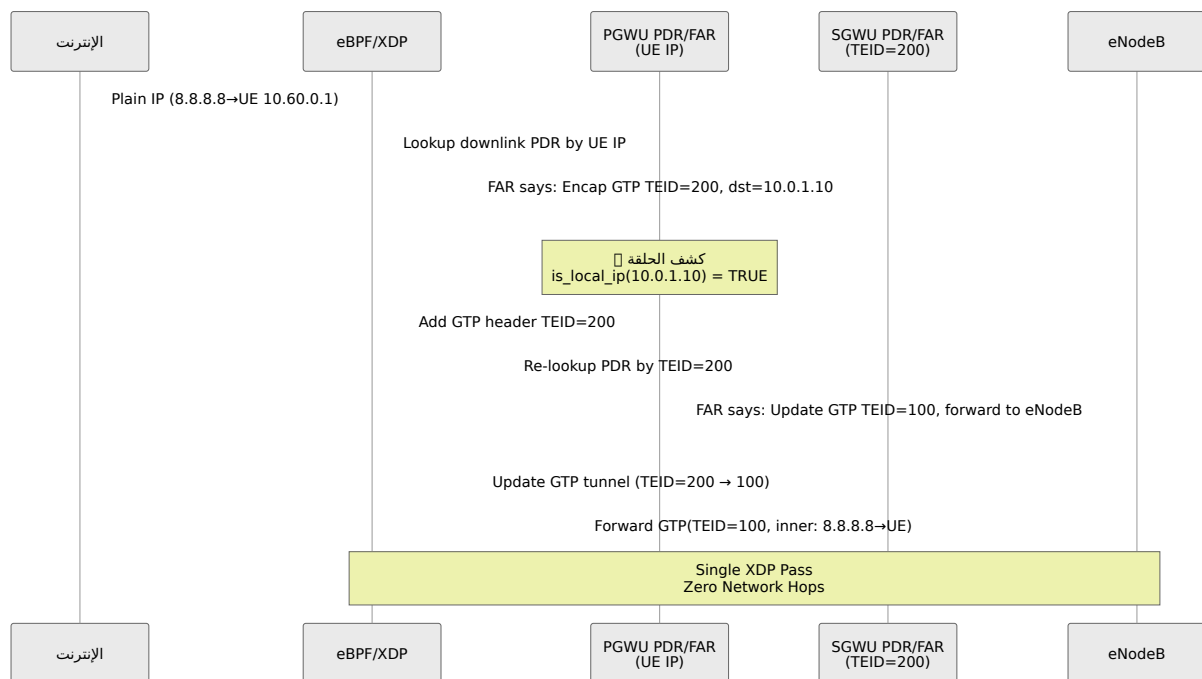


مسار الكود: `cmd/ebpf/xdp/n3n6_entrypoint.c` lines 349-403

الخطوات الرئيسية:

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

PGWU → SGWU → eNodeB → تدفق الاتجاه النازل: الإنترنت



مسار الكود: `cmd/ebpf/xdp/n3n6_entrpoint.c` lines 137-194 (IPv4), 265-322 (IPv6)

الخطوات الرئيسية:

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

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

التكوين

المتطلبات

الطبقة التحكمية

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

الشبكة

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

OmniUPF تكوين

config.yml:

# واجهات الشبكة	
interface_name: [eth0]	# S1-U و N9 واجهة واحدة لـ
xdp_attach_mode: native	# لأفضل أداء native استخدم
# واجهة PFCP	
pfcip_address: ":8805"	# الاستماع على جميع الواجهات، المنفذ
8805	
pfcip_node_id: "192.168.1.10"	# PFCP معرف عقدة لـ OmniUPF
# واجهات مستوى المستخدم	
n3_address: "10.0.1.10"	# S1-U/N3 لواجهة IP عنوان
n9_address: "10.0.1.10"	# N9 لواجهة IP عنوان (نفس عنوان N3)
# واجهات API	
api_address: ":8080"	# REST API واجهة
metrics_address: ":9090"	# Prometheus مقياس (انظر وثيقة)
(مرجع المقاييس)	
# تجميعات الموارد	
ueip_pool: "10.60.0.0/16"	# UE لـ IP تجمع عنوان
teid_pool: 65535	# TEID تجمع تخصيص
# السعة	
max_sessions: 100000	# المتزامنة UE الحد الأقصى لجلسات

التكوين الرئيسي:

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

تكوين الطبقة التحكمية

تكوين SGWU-C

```
# OmniUPF الخاصة بـ PFCP الإشارة إلى واجهة #
upf_pfcpc_address: "192.168.1.10:8805"

# OmniUPF الخاص بـ n3_address نفس عنوان S1-U واجهة #
sgwu_slu_address: "10.0.1.10"

# OmniUPF نفس عنوان PGWU لإعادة التوجيه إلى N9 واجهة #
sgwu_n9_address: "10.0.1.10"
```

PGWU-C تكوين

```
# OmniUPF الخاصة بـ PFCP الإشارة إلى نفس واجهة #
upf_pfcpc_address: "192.168.1.10:8805"

# SGWU تستقبل من N9 واجهة #
pgwu_n9_address: "10.0.1.10"

# للاتصال بالإنترنت SGi واجهة #
pgwu_sgi_address: "192.168.100.1"
```

مهم:

- **نفسها (8805: PFCP)** تتصل كلا الطبقتين التحكميتين بـ نقطة نهاية
- PGWU-C و SGWU-C منفصلة لـ **PFCP** 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 السيناريو: يتصل

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

المراقبة والتحقيق

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
```

REST API مراقبة الجلسات عبر واجهة

PFCP: قائمة جميعات

```
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
}
```

PGWU-C واحدة لـ SGWU-C واحدة لـ) تحقق من وجود جمعيتين منفصلتين

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
}
```

جلسات UE لكل

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

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 مكس الشبكة (يجب أن تكون صفراً لحركة مرور الحلقة)
- `xdp_redirect`: الحزم المعاد توجيهها عبر إعادة توجيه
- `xdp_tx`: الحزم المرسل (تستخدم حركة مرور الحلقة هذا)

N9: لحركة مرور حلقة

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

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

تذهب إلى الشبكة بدلاً من الحلقة N9 حركة مرور

العرض: الحزم تُرسل إلى واجهة الشبكة، تأخير مرتفع

السبب الجذري: `n3_address` $\neq$ `n9_address`

الحل:

```
# خاطئ:
n3_address: "10.0.1.10"
n9_address: "10.0.1.20" # مختلف، لا حلقة IP

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

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 السجلات تظهر

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

التشخيص:

1. PFCP تحقق من جلسات:

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

2. FAR تحقق من تكوين:

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

لإعادة التوجيه SGWU-C مطابق 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 مفردة eBPF **السبب الجذري:** برنامج

التشخيص:

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

الحل:

- إذا كانت الخريطة ممتلئة (تسبب فشل البحث) `max_sessions` زيادة
- لا يسبب فقدان وإعادة إرسال QER تحقق من أن تحديد معدل
- تحقق من وجود تخزين مفرط للحزم

فقدان الحزم أثناء الانتقال

eNodeB **العرض:** الحزم تُفقد أثناء انتقال

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

التكوين:

buffer_port: 22152

buffer_max_packets: 20000

buffer_max_total: 100000

buffer_packet_ttl: 30

زيادة للشبكات ذات الحركة العالية

ضبط بناءً على وقت الانتقال

التحقق:

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

N9 فوائد حلقة

الأداء

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

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
- **واحدة eBPF تسهيل استكشاف الأخطاء:** تتبع حزمة واحدة، مخرجات تصحيح

حالات الاستخدام

مثالي لـ:

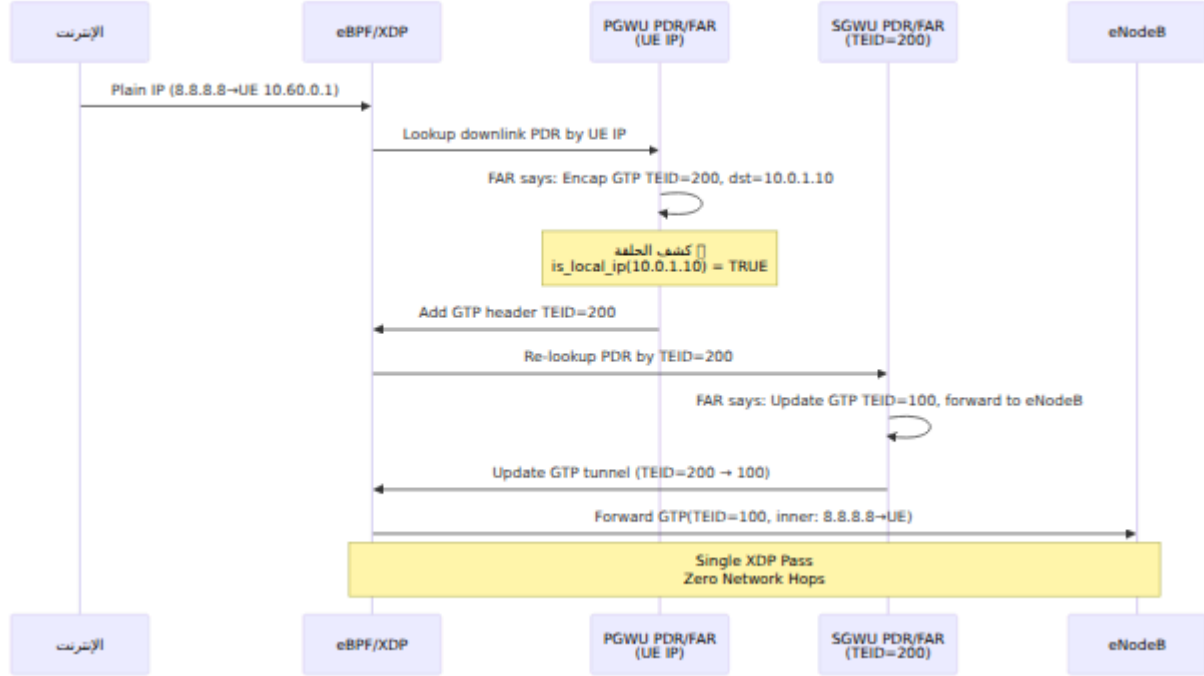
- **الحوسبة الطرفية:** تقليل التأخير للانفصال المحلي □
- مشترك K **نشر صغير/متوسط:** > 100 □
- واحد VM كامل على EPC **مختبر/اختبار:** مستوى مستخدم □
- **مقيد بالتكاليف:** ميزانية أجهزة محدودة □

غير موصى به لـ:

- في مراكز بيانات مختلفة PGWU و SGWU: **الاسترداد الجغرافي** □
 - مشتركين (فكر في التوسع الأفقي) M **مقياس ضخم:** < 1 □
 - PGW و SGW **متطلبات تنظيمية:** الفصل الإلزامي بين □
-

المقارنة مع أوضاع النشر الأخرى

مقابل مثيلات مفصولة (N9 حلقة) مثل واحد



الملخص

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

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

لا حاجة إلى علامات أو إعدادات خاصة. - `n3_address == n9_address` التكوين تلقائي عند ظروف الحلقة ويعالج الحزم في الخط OmniUPF الخاص بـ eBPF يكتشف مسرعة بيانات.

لمزيد من المعلومات:

- التكوين: CONFIGURATION.md
- الهندسة المعمارية: ARCHITECTURE.md
- مرجع 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 (PFCP) يستخدم بروتوكول التحكم في تحويل الحزم ومتى تحدث أثناء OmniUPF إلى نتيجة الطلبات. يصف هذا المستند رموز الأسباب المطبقة في PFCP معالجة رسائل.

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

مراقبة رموز الأسباب

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

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

يسمح ذلك بمراقبة:

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

PFCP. انظر **مرجع المقاييس** للحصول على الوثائق الكاملة لمقاييس

فئات رموز الأسباب

رموز النجاح

الرمز	الاسم	متى يحدث
1	RequestAccepted	تم معالجة الطلب بنجاح. جميع عناصر المعلومات الإلزامية موجودة وصحيحة. تم إنشاء/تعديل/حذف القواعد بنجاح.

رموز أخطاء العميل

الرمز	الاسم	متى يحدث
64	RequestRejected	رفض عام لأخطاء غير محددة. يستخدم عندما لا ينطبق رمز سبب محدد.
65	SessionContextNotFound	تم طلب تعديل أو حذف جلسة لغير معروف. الجلسة المحددة SEID UPF غير موجودة على هذا.
66	MandatoryIEMissing	عنصر المعلومات المطلوب مفقود. مفقود في إعداد NodeID: أمثلة مفقود في إنشاء F-SEID، الارتباط RecoveryTimeStamp، الجلسة مفقود.
67	ConditionalIEMissing	عنصر المعلومات المطلوب بشكل شرطي مفقود بناءً على عناصر المعلومات الأخرى الموجودة. يستخدم عندما تعتمد عناصر المعلومات على وجود بعضها البعض.
69	MandatoryIEIncorrect	عنصر المعلومات المطلوب موجود ولكنه يحتوي على بيانات غير NodeID صالحة. أمثلة: تنسيق قابل للتحليل، قيمة RecoveryTimeStamp غير مشوه F-SEID، صالحة.
72	NoEstablishedPFCEAssociation	تم محاولة إجراء عملية جلسة بدون ارتباط نشط. يجب إنشاء ارتباط PFCE قبل إنشاء الجلسات.
73	RuleCreationModificationFailure	FAR أو PDR خطأ في تطبيق قواعد على مسار بيانات URR أو QER أو

الرمز	الاسم	متى يحدث
		الأسباب المحتملة: امتلاء eBPF. معلومات قاعدة eBPF، سعة خريطة غير صالحة، فشل تخصيص الموارد.

رموز أخطاء الخادم/المورد

الرمز	الاسم	متى يحدث
74	PFCPEntityInCongestion	يعاني من حمل مرتفع أو استنفاد الموارد. UPF غير قادر مؤقتًا على معالجة الطلبات.
75	NoResourcesAvailable	موارد غير كافية لتلبية الطلب. أمثلة: امتلاء eBPF، فشل تخصيص الذاكرة، TEID. نفاد مجموعة.
77	SystemFailure	خطأ داخلي حرج يمنع معالجة الطلب. أمثلة: خطأ في واجهة النواة، eBPF فشل برنامج. تلف قاعدة البيانات.

رموز الميزات غير المدعومة

الرمز	الاسم	متى يحدث
68	InvalidLength	لا يتطابق مع الطول IE حقل طول الفعلي للبيانات. غير مستخدم حاليًا في OmniUPF.
70	InvalidForwardingPolicy	سياسة التوجيه غير مدعومة من قبل UPF. غير مستخدم حاليًا في OmniUPF.
71	InvalidFTEIDAllocationOption	غير مدعوم. غير F-TEID خيار تخصيص OmniUPF. مستخدم حاليًا في
76	ServiceNotSupported	الخدمة أو الميزة المطلوبة غير مطبقة. OmniUPF. غير مستخدم حاليًا في
78	RedirectionRequested	يطلب إعادة التوجيه إلى مثل UPF آخر. غير مستخدم حاليًا في UPF. OmniUPF.

السيناريوهات والأسباب الشائعة

فشل إعداد لارتباط

مفقود NodeID: السيناريو

```
SMF → UPF: Association Setup Request (no NodeID)
UPF → SMF: Association Setup Response (Cause: MandatoryIEMissing)
```

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

غير صالح NodeID السيناريو: تنسيق

```
SMF → UPF: Association Setup Request (NodeID="invalid")
UPF → SMF: Association Setup Response (Cause:
MandatoryIEIncorrect)
```

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

السيناريو: الطابع الزمني للاسترداد مفقود

```
SMF → UPF: Association Setup Request (no RecoveryTimeStamp)
UPF → SMF: Association Setup Response (Cause: MandatoryIEMissing)
```

في طلب إعداد الارتباط RecoveryTimeStamp **الحل**: تضمين

فشل إنشاء الجلسة

السيناريو: لا يوجد ارتباط تم إنشاؤه

```
SMF → UPF: Session Establishment Request
UPF → SMF: Session Establishment Response (Cause:
NoEstablishedPFCPAssociation)
```

قبل إنشاء الجلسات PFCP **الحل**: إنشاء ارتباط

السيناريو: فشل إنشاء القاعدة

```
SMF → UPF: Session Establishment Request
UPF processes FARs, QERs, URRs successfully
UPF fails to create PDR (eBPF map full)
UPF → SMF: Session Establishment Response (Cause:
RuleCreationModificationFailure)
```

الحل:

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

مفقود F-SEID: السيناريو

```
SMF → UPF: Session Establishment Request (no CP F-SEID)
UPF → SMF: Session Establishment Response (Cause:
MandatoryIEMissing)
```

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

فشل تعديل الجلسة

غير معروف SEID: السيناريو

```
SMF → UPF: Session Modification Request (SEID=12345)
UPF has no session with SEID 12345
UPF → SMF: Session Modification Response (Cause:
SessionContextNotFound)
```

الحل:

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

فشل حذف الجلسة

غير معروف SEID: السيناريو

```
SMF → UPF: Session Deletion Request (SEID=67890)
UPF has no session with SEID 67890
UPF → SMF: Session Deletion Response (Cause:
SessionContextNotFound)
```

قد تم حذفه بالفعل أو لم يكن موجودًا أبدًا SEID **الحل**: قد يكون

استكشاف الأخطاء باستخدام رموز الأسباب

Prometheus استخدام مقاييس

لتحديد أنماط الأخطاء Prometheus استعمال

```
# معدل الأخطاء 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))

# SMF الأخطاء حسب نظير
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:

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

انتقل إلى صفحة **السعة** لتشخيص:

- (سبب الجذر لفشل إنشاء ال❖❖إعدة) eBPF استخدام خريطة
- مؤشرات استنفاد الموارد

انظر **دليل واجهة الويب** للحصول على تعليمات المراقبة التفصيلية.

خطوات تصحيح الأخطاء الشائعة

MandatoryIEMissing: معدل مرتفع من

1. لعناصر المعلومات المطلوبة SMF تحقق من تكوين
2. PFCP تحقق من توافق إصدار مكتبة
3. لأخطاء بناء عناصر المعلومات SMF راجع سجلات

RuleCreationModificationFailure: فشل متكرر في

1. eBPF: تحقق من سعة خريطة: `GET /api/v1/map_info`
2. راقب استخدام الخريطة: `upf_ebpf_map_used / upf_ebpf_map_capacity`
3. زيادة أحجام الخرائط في التكوين إذا كانت $< 70\%$ مستخدمة
4. انظر [تخطيط السعة](#)

NoEstablishedPFCPAssociation: أخطاء

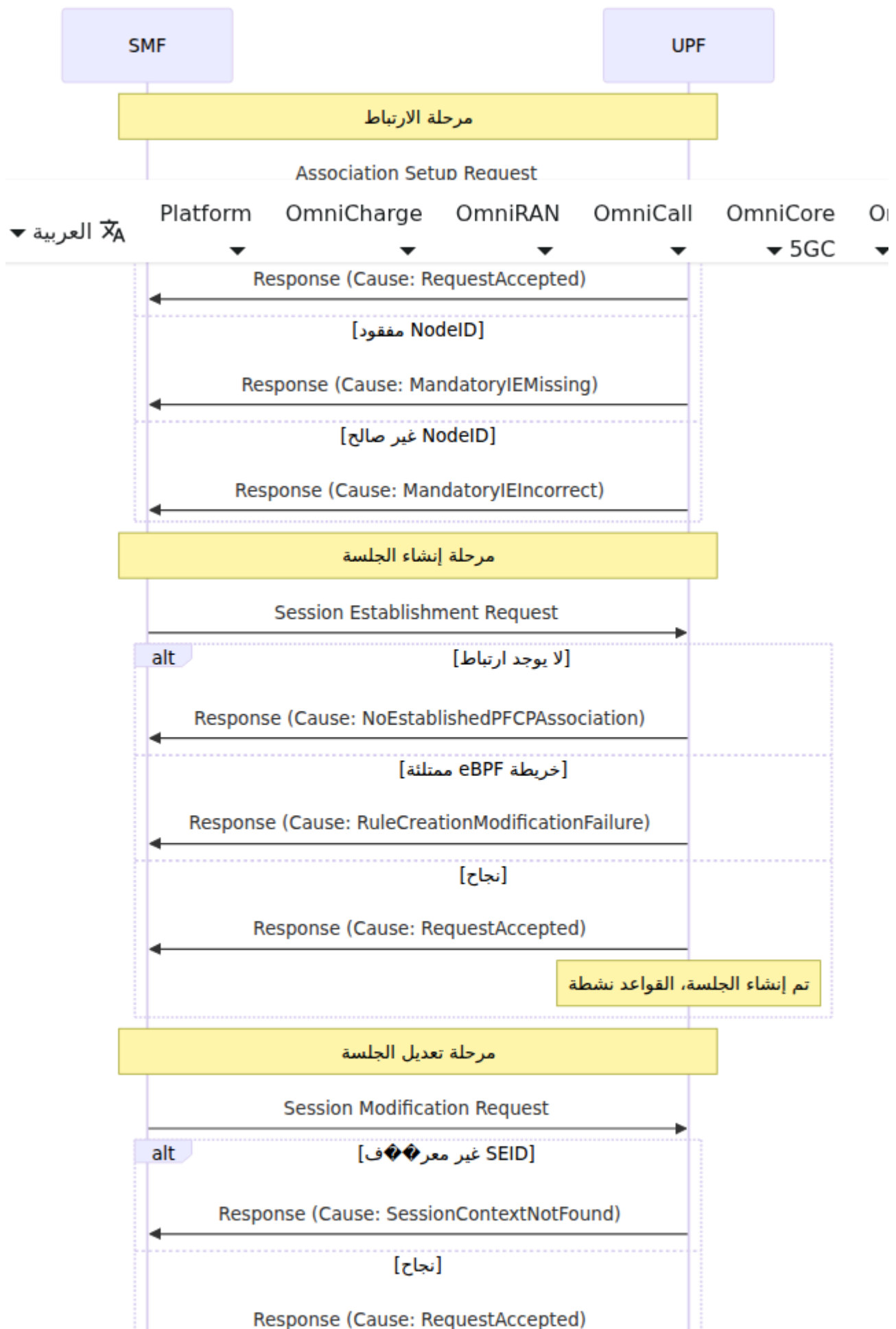
1. تحقق من وجود الارتباط: `GET /api/v1/pfcp_associations`
2. تحقق من تكوين مهلة نبضات القلب
3. راجع سجلات إعداد الارتباط
4. يمكنهما الوصول إلى بعضهما البعض UPF و SMF تأكد من أن

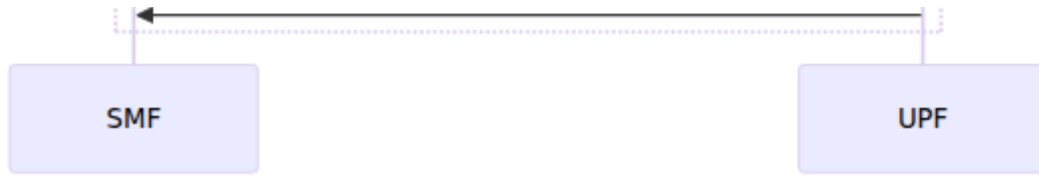
SessionContextNotFound: عند التعديل

1. من استجابة إنشاء الجلسة SEID تحقق من
2. تحقق مما إذا كانت الجلسة قد حذفت
3. الصحيحة UPF تأكد من استخدام نقطة نهاية: N9 بالنسبة لحلقة
4. استعلام الجلسات النشطة: `GET /api/v1/pfcp_sessions`

تأثير رمز السبب على العمليات

دورة حياة الجلسة





المقاييس والتنبيه

التنبيهات الموصى بها

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

```
# تحذير: مشكلات السرعة
- alert: PfcpruleCreationFailures
  expr: |

  rate(upf_pfcprx_errors{cause_code="RuleCreationModificationFailure"}[5m]) > 0
  annotations:
    summary: "PFCP تم الكشف عن فشل إنشاء قواعد"
```

```
# تحذير: مشكلات الارتباط
- alert: PfcprNoAssociation
  expr: |

  rate(upf_pfcprx_errors{cause_code="NoEstablishedPFCPAssociation"}[5m]) > 0
  annotations:
    summary: "بدون ارتباط PFCP تمت محاولة جلسات"
```

3IGPP الامتثال لمعايير

رموز الأسباب وفقًا لـ OmniUPF تنفذ

- PFCP مواصفة - 3GPP TS 129.244 v16.4.0
- السبب IE القسم 8.2.1 - تعريف

- **القسم 8.19 - جدول قيم الأسباب**

الوثائق ذات الصلة

- **PFCP تكامل بروتوكول** - وتعامل الرسائل PFCP بنية
- **مرجع المقاييس** - وثائق مقياس upf_pfcp_rx_errors
- **دليل المراقبة** - مراقبة السعة والتنبيه
- **دليل استكشاف الأخطاء** - مشكلات ارتباط
- **دليل واجهة الويب** - مراقبة الجلسات والارتباطات

دليل إدارة القواعد

جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. قواعد اكتشاف الحزم (PDR)
3. قواعد إجراءات التوجيه (FAR)
4. قواعد تنفيذ جودة الخدمة (QER)
5. قواعد تقارير الاستخدام (URR)
6. علاقات القواعد
7. العمليات الشائعة
8. 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 لمعالجة الحزم عالية الأداء. فهم هذه القواعد وعلاقاتها أمر حيوي لتشغيل واستكشاف الأخطاء في UPF.

أنواع القواعد

المثبت بواسطة	الحقل الرئيسي	الغرض	نوع القاعدة
عبر إنشاء / SMF تعديل جلسة PFCP	IP أو عنوان TEID الخاص بالمستخدم	تصنيف الحزم إلى تدفقات	قاعدة (PDR اكتشاف الحزم)
عبر إنشاء / SMF تعديل جلسة PFCP	FAR ID	تحديد إجراء التوجيه	قاعدة إجراء (FAR التوجيه)
عبر إنشاء / SMF تعديل جلسة PFCP	QER ID	تطبيق حدود النطاق التردد والتوسيم	قاعدة تنفيذ (QER جودة الخدمة)
عبر إنشاء / SMF تعديل جلسة PFCP	URR ID	تتبع أحجام البيانات للفترة	قاعدة تقارير (URR الاستخدام)

تدفق معالجة القواعد



(PDR) قواعد اكتشاف الحزم

الغرض

الحزم ال؟؟؟اردة إلى تدفقات حركة المرور. إنها نقطة الدخول لجميع معالجة الحزم PDRs تصنف في UPF.

PDR هيكل

النزول PDR

الخاص IP المفتاح: عنوان
بالمستخدم
IPv4 أو IPv6

FAR ID
QER ID
URR IDs
SDF وضع
SDF مرشحات

الرفع PDR

TEID: المفتاح
عدد صحيح 32 بت

FAR ID
QER ID
URR IDs
إزالة الرأس الخارجي

الرفع PDRs

RAN من N3 الرفع الحزم التي تصل إلى واجهة PDRs تطابق

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

- عدد صحيح غير موقع 32 بت
- gNB ويتم الإشارة إليه إلى SMF يتم تعيينه 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)
- GTP-U **إزالة الرأس الخارجي:** علامة لإزالة الت♦♦ ليف

عملية البحث:

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

مثال:

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

النزول PDRs

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

الخاص بالمستخدم IP **الحقل الرئيسي**: عنوان

- (بت 128) IPv6 أو عنوان (بت 32) IPv4 عنوان
- PDU أثناء إنشاء جلسة SMF يتم تعيينه بواسطة
- 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)
- **SDF وضع** وضع مرشح تدفق البيانات الخدمة
 - لا تصفية، جميع الحركة تتطابق: SDF لا
 - فقط: يتم توجيه الحركة المطابقة فقط SDF

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

:عملية البحث

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

:مثال

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

(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 التصفية

- البروتوكول: TCP, UDP, ICMP
- نطاق المنافذ: المنافذ الوجهة (مثل 443 لـ HTTPS, 5060 لـ SIP)
- الشبكات الوجهة المحددة: IP نطاق عنوان
- GPP وصف التدفق: قوالب التدفق المحددة من 3

SDF: مثال على تكوين

PDR ID: 10

الخاص بالمستخدم: IP 10.45.0.1 عنوان

وضع SDF: فقط SDF

مرشحات SDF:

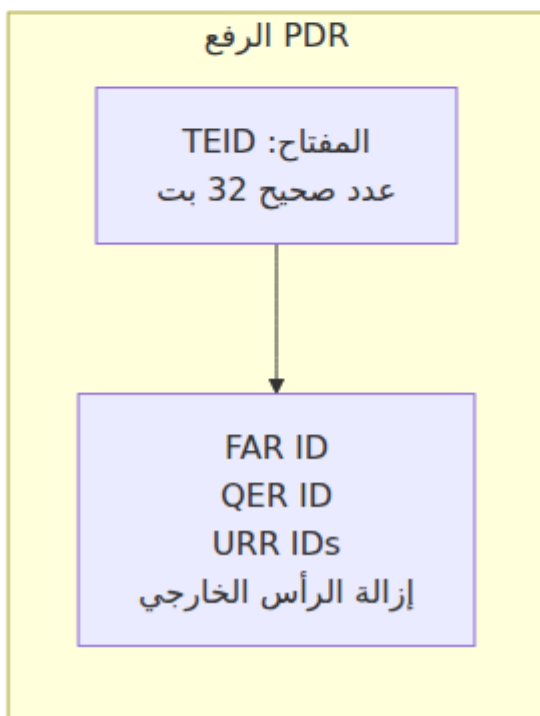
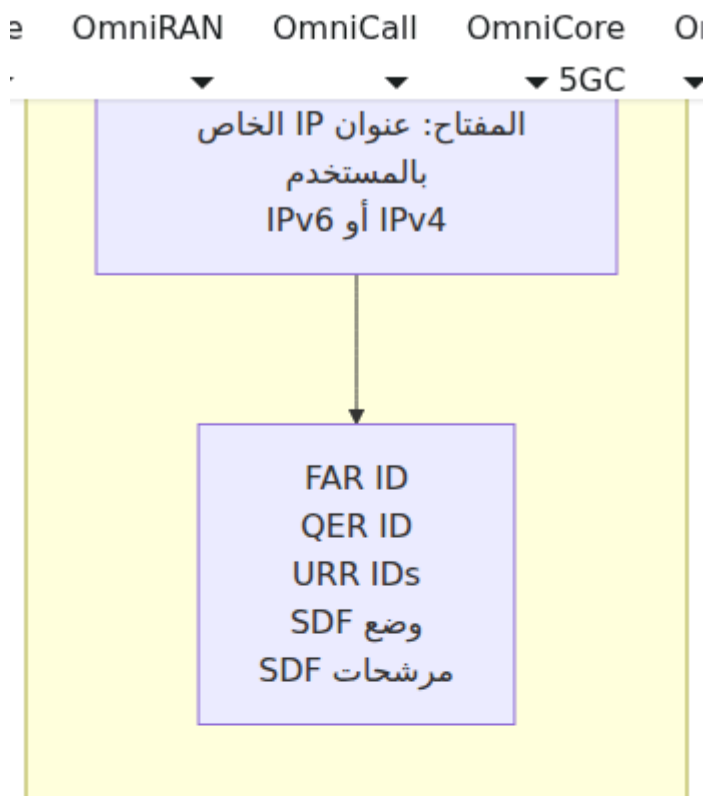
- البروتوكول: UDP, 5061-5060 المنافذ: FAR ID 5 (FAR VoIP)
- البروتوكول: TCP, 443 المنفذ: FAR ID 1 (FAR الافتراضي)

(FAR) قواعد إجراءات التوجيه

الغرض

تحدد إجراءات التوجيه، ومعلومات PDR. ما يجب القيام به مع الحزم التي تتطابق مع FARs تحدد ونقاط النهاية الوجهة، GTP-U تغليف.

FAR هيكل



أعلام الإجراء

أعلام بتية يمكن دمجها FAR تكون إجراءات

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

تركيبات الإجراء الشائعة

- الإجراء : 2 (توجيه) - توجيه عادي (الأكثر شيوعًا)
- 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 التنق. يعتبر التخزين ميزة حيوية (بت 2) BUFFER تتحكم علامة UE. تمنع فقدان الحزم أثناء انتقالات حالة UPF في

متى يتم استخدام التخزين

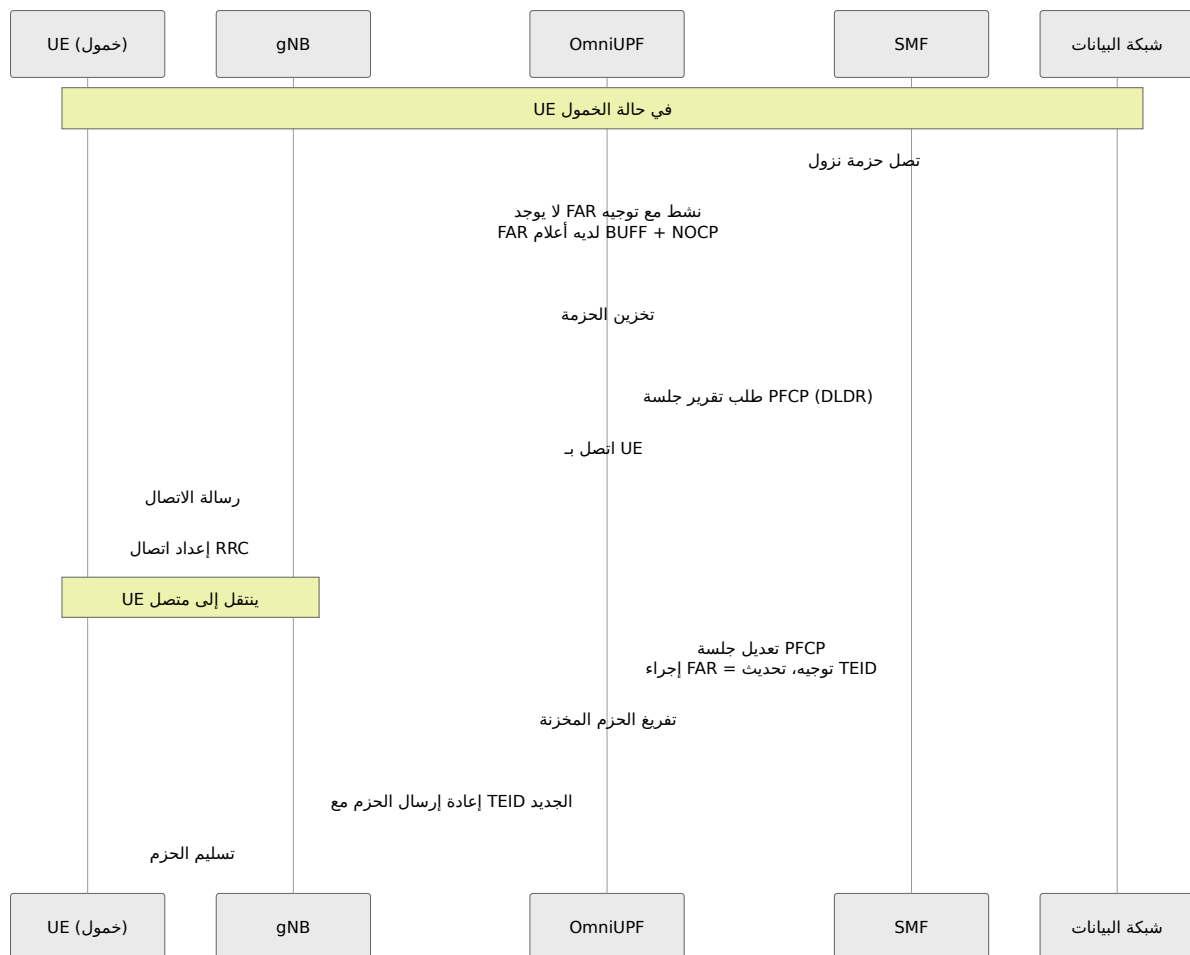
غير) في حالة الخمول UE الانتقال من الخمول إلى الاتصال: عندما تصل حزم النزول إلى UPF يقوم، (gNB متصل بـ

- بتخزين الحزم
- SMF إلى (DLDR) بإرسال إشعار بيانات النزول
- لايقاطه والاتصال UE بالاتصال بـ SMF يقوم
- بإجراء التوجيه FAR بتحديث SMF بمجرد الاتصال، يقوم

5. UE بتفريغ الحزم المخزنة إلى UPF يقوم

مؤقتًا بتخزين الحزم UPF يقوم، gNB إلى gNB الانتقال (متصل إلى متصل): أثناء الانتقال من لمنع الفقد:

1. gNB يتم إسقاط الاتصال القديم بـ
2. إلى التخزين FAR بتعيين إجراء SMF يقوم
3. تتراكم 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



سعة التخزين والحدود

الحدود العالمية للتخزين:

- أقصى عدد للحزم: 100,000 (قابل للتكوين)
- أقصى عدد للبكسل: بناءً على الذاكرة المتاحة

- 60 ثانية (قابل للتكوين): (مدة الحياة) TTL
- يتم إسقاطها تلقائيًا: TTL الحزم التي تتجاوز

FAR: الحدود لكل

- (قابل للتكوين) FAR: 10,000 أقصى عدد للحزم لكل
- واحد من استنفاد سعة التخزين FAR الغرض: منع

:سلوك تجاوز التخزين

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

(DLDR) إشعار بيانات النزول

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

DLDR: محتويات

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

DLDR على SMF إجراءات

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

DLDR: المقاييس لـ

- upf_dldr_sent_total: المرسل DLDRs إجمالي
- upf_dldr_send_errors: الفاشلة DLDRs

- `upf_buffer_notify_to_flush_duration_seconds`: زمن الانتظار من DLDR إلى التفريغ

.انظر مرجع المقاييس للحصول على القائمة الكاملة

عمليات التخزين

(BUFF تعيين علامة) تمكين التخزين:

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

(FORW بدون BUFF) وضع التخزين فقط:

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

(BUFF مسح علامة) تعطيل التخزين:

- (مسح بت 2) `FAR &= ~0x04` إجراء
- (FORW) الإجراء : 2 → (FORW+BUFF) مثال: الإجراء : 6
- 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
- `reason="cleared"` تتعقب المقاييس مع

مراقبة الحزم المخزنة

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

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

المؤشرات الرئيسية:

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

Prometheus مقاييس:

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

انظر **مرجع المقاييس** للحصول على المقاييس الكاملة للتخزين.

سيناريوهات التخزين الشائعة

في حالة الخمول UE السيناريو 1: بيانات النزول لـ

الحالة الأولية:

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

وصول البيانات:

1. حزمة نزول DN ترسل
2. FAR وتطبق ، PDR مع UPF تتطابق
3. تم تخزين الحزمة → BUFF لديه علم FAR
4. SMF إلى DLDR UPF ترسل
5. UE بالاتصال بـ SMF يقوم
6. gNB بـ UE يتصل
7. (توجيه) 0x02الإجراء = 0 FAR بتعديل SMF يقوم
8. الجديد TEID بتفريغ الحزم المخزنة مع UPF تقوم

السيناريو 2: التحضير للانتقال

الحالة الأولية:

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

عملية الانتقال:

1. (توجيه + تخزين) 0x06الإجراء = 0 FAR بتعديل SMF يقوم
2. وتخزينها gNB-1 يتم توجيه الحزم إلى
3. gNB-2 إلى UE يتبدل
4. (توجيه) 0x02الإجراء = 0 ، TEID = 5678 FAR بتعديل SMF يقوم
5. الجديد TEID مع 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) 0x04الإجراء = 0 FAR بتعديل SMF يقوم
2. يتم تخزين جميع الحزم الواردة (لا يتم توجيهها)
3. يعيد الشبكة تكوين المسار
4. وجهة جديدة ، (توجيه) 0x02الإجراء = 0 FAR بتعديل SMF يقوم
5. بتفريغ جميع الحزم المخزنة إلى المسار الجديد UPF تقوم

إنشاء الرأس الخارجي

GTP-U يحدد ما إذا كان يجب إضافة تغليف

FAR الرفع (N3 → N6):

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

FAR النزول (N6 → N3):

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

في واجهة الويب FAR بحث

ID حسب FAR توفر صفحة إدارة القواعد بحث

الخطوات:

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

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 وتوسيم الحزم.

QER هيكل

QER معلومات

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

(معرف تدفق جودة الخدمة) QFI:

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

:حالة البوابة

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

(MBR) أقصى معدل بت

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

(GBR) معدل البت المضمون

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

أنواع تدفقات جودة الخدمة

(GBR = 0) تدفقات الجهد الأفضل

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

تدفقات مضمونة (GBR > 0):

QER ID: 2

QFI: 1

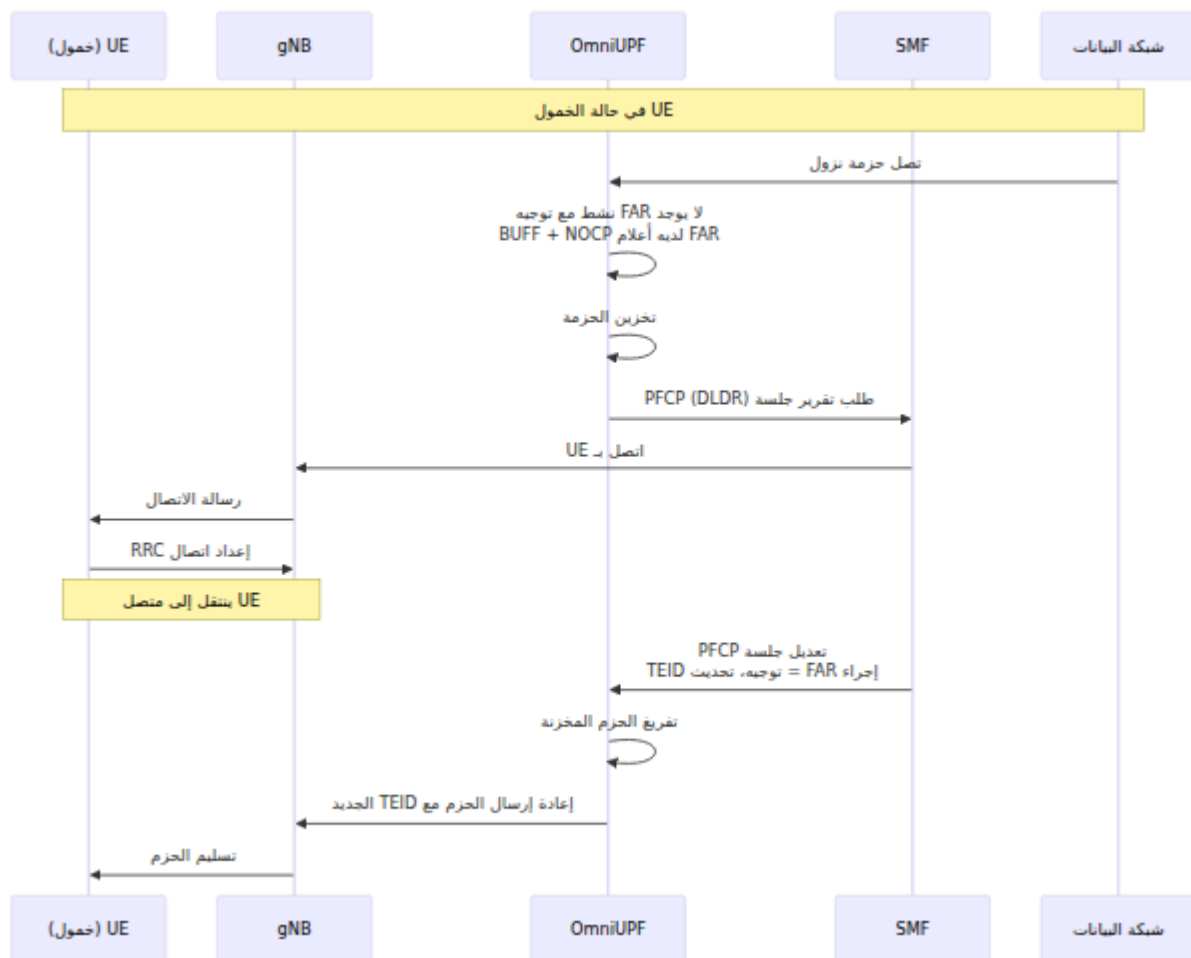
MBR 10000 :الرفع kbps (10 Mbps)

MBR 10000 :النزول kbps (10 Mbps)

GBR 5000 :الرفع kbps (5 Mbps)

GBR 5000 :النزول kbps (5 Mbps)

خوارزمية تنفيذ جودة الخدمة



MBR آلية تنفيذ

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

کیف عمل

الخوارزمية: تحديد معدل النافذة المنزلقة

يُجرى الفحوصات التالية UPF لكل حزمة، تقوم

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

3. حساب زمن الإرسال:

```
tx_time = (packet_size_bytes × 8) × (1,000,000,000 ns/sec) / MBR_kbps
```

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

5. **تقدم النافذة:** `tx_time` إذا تم السماح بالحزمة، يتم تقديم النافذة بواسطة

مثال على الحساب:

افتراض:

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

Mbps الخطوة 1: حساب زمن الإرسال عند 100

```
tx_time = (1500 بايت × 8 بت/بايت) × (1,000,000,000 ns/sec) / 100,000,000 bps  
= 12,000,000,000 / 100,000,000  
= 120 ns
```

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 (ستجاوز حد المعدل)
```

الخطوة 3: إذا تم السماح، تقدم النافذة

```
window_start = window_start + 120 ns
```

تمرير الحزمة

سلوك النافذة المنزلقة

حجم النافذة 5 مللي ثانية:

- تستخدم الخوارزمية نافذة منزلقة بحجم 5 مللي ثانية
- يتم إعادة تعيين النافذة تلقائيًا إذا كانت غير نشطة لأكثر من 5 مللي ثانية
- تمنع تجويع الانفجارات أثناء فرض المعدل المتوسط

التعامل مع الانفجارات:

- يتم السماح بانفجارات صغيرة ضمن نافذة 5 مللي ثانية
- MBR يتم تحديد معدل حركة المرور المستدامة فوق
- 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

الرفع (N3 → N6):

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

النزول (N6 → N3):

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

حلقة N9 (SGWU ↔ PGWU):

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

مقابل الإنتاجية الملحوظة MBR

MBR: لماذا قد تختلف الإنتاجية الملحوظة عن

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

مثال:

Mbps المكون: MBR 100

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

كيفية التحقق من تحديد المعدل:

1. `upf_urr*_volume_bytes`: بمرور الوقت URR تحقق من عدادات حجم
2. احسب الإنتاجية: $(\text{volume\_delta\_bytes} \times 8) / \text{time\_delta\_seconds} / 1000 = \text{kbps}$
3. QER المكون في MBR قارن مع

GBR (معدل البت المضمون)

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

GBR سلوك:

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

تحسين مستقبلي:

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

قواعد تقارير الاستخدام (URR)

الغرض

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

URR هيكل

URR عدادات	
حجم الرفع UE بايت من	
حجم النزول UE بايت إلى	
URR ID معرف فريد	إجمالي الحجم رفع + نزول
	حزم الرفع عدد الحزم
	حزم النزول عدد الحزم

تتبع الحجم

حجم الرفع:

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

حجم النزول:

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

إجمالي الحجم:

- مجموع أحجام الرفع والنزول
- يستخدم للإبلاغ عن الاستخدام الكلي

مشغلات تقارير الاستخدام

إلى تقارير بناءً على URRs يمكن أن تؤدي

عتبة الحجم:

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

عتبة الوقت:

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

استنادًا إلى الحدث:

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

تنسيق عرض الحجم

تقوم واجهة الويب تلقائيًا بتنسيق الحجم في وحدات قاطعة للقراءة البشرية

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

مثال:

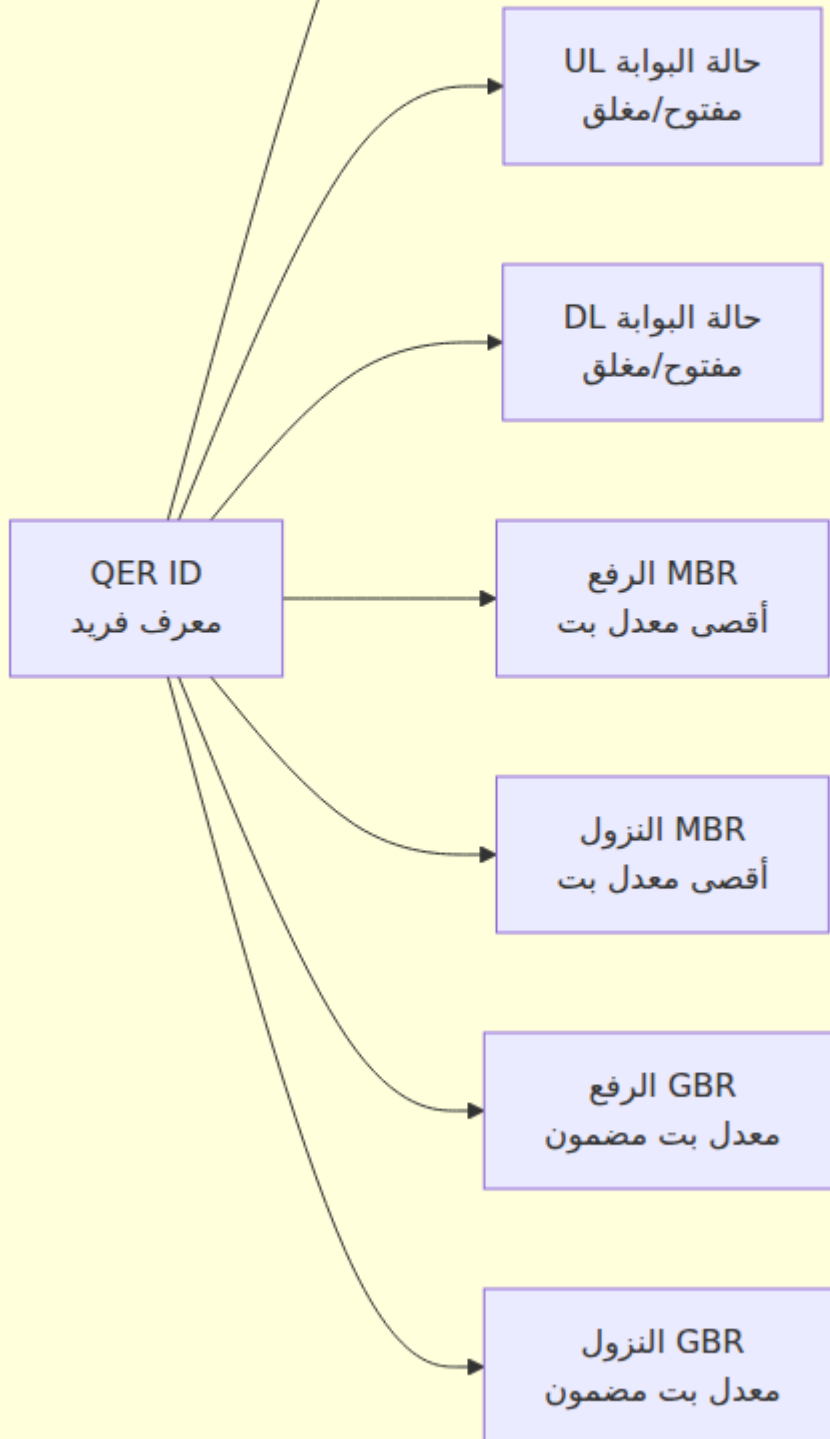
URR ID: 0
حجم الرفع: 12.3 ك ب
حجم النزول: 9.0 ك ب
إجمالي الحجم: 21.3 ك ب

URR تدفق تقارير

معلومات QER

QER

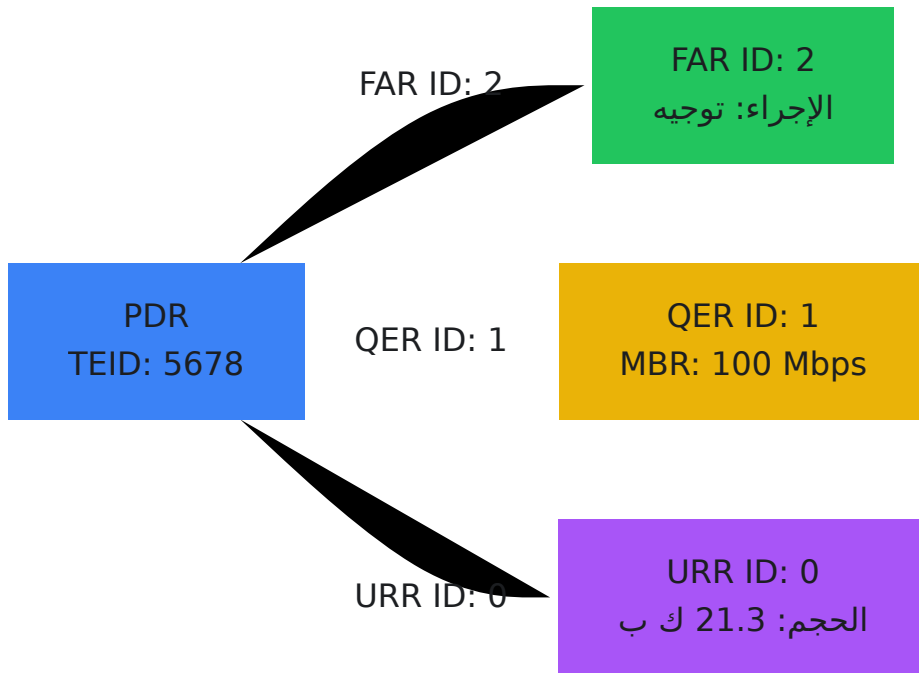
Platform OmniCharge OmniRAN OmniCall OmniCore OmniCore 5GC



علاقات القواعد

سلسلة PDR → FAR → QER → URR

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



مثال على تكوين الجلسة

الرفع PDR:

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

النزول PDR:

الخاص بالمستخدم: 10.45.0.1 IP 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: 200.198.5.10 IP عنوان
TEID: 5678

FAR ID 2 (الرفع):

الإجراء: 2 (توجيه)
إنشاء الرأس الخارجي: خطأ

QER ID 1:

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

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

:عبر صفحة القواعد

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

تمكين/تعطيل التخزين

السيناريو: أثناء الانتقال، قم بتخزين الحزم لمنع الفقد

:الخطوات

1. FARs → انتقل إلى القواعد
2. في حقل البحث FAR ID أدخل
3. "انقر على "بحث"
4. "إذا كان التخزين مغلقًا، انقر على "تمكين التخزين"
5. (تزداد 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. QERs → انتقل إلى القواعد
2. UE المرتبطة بجلسة QER ID ابحث عن
3. النزول IMBR الرفع و MBR لاحظ قيم
4. URR قارن مع معدل نمو حجم

احسب متوسط الإنتاجية

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

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

تتبع استخدام البيانات

URR راقب أحجام

1. URRs → انتقل إلى القواعد
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

PDR تحقق من

1. الخاص بالمستخ  م (النزول) IP أو عنوان (الرفع) TEID ل PDR تحقق من وجود.
2. صالح FAR ID تأكد من أن
3. لا تحظر الحركة SDF تحقق من أن مرشحات

FAR: تحقق من

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

QER: تحقق من

1. تحقق من أن حالة البوابة مفتوحة (0)
2. ليس صارمًا جدًا MBR تحقق من أن

إسقاط الحزم

QER: تحقق من تحديد معدل

1. QERs → انتقل إلى القواعد
2. كافٍ لحمل الحركة MBR تحقق من أن
3. يتطابق مع الإنتاجية المتوقعة URR تحقق من أن نمو حجم

FAR: تحقق من إجراء

1. FARs → انتقل إلى القواعد
2. تحقق من أن الإجراء هو توجيه، وليس إسقاط
3. تحقق من أن التخزين ليس عالقًا في وضع التخزين فقط

مشكلات التخزين

:الحزم عالقة في التخزين

1. انتقل إلى صفحة التخزين
2. تحقق من الطابع الزمني لأقدم حزمة
3. إذا كانت < 30 ثانية، قد يكون الانتقال قد فشل
4. م بتفريغ أو مسح التخزين يدويًا  

FAR تعطيل التخزين على 5.

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 تحقق من الحزم لكل.
3. امسح التخزين إذا كان ممتلئًا.
4. تحقق من سبب عدم تعطيل التخزين.

لا تتبع URR

عدادات الحجم عند الصفر:

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

SMF: الحجم لا يتم الإبلاغ عنه إلى

1. PFCP تحقق من تكوين طلب تقرير جلسة.
2. (عتبات الحجم/الوقت) URR تحقق 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 الق❖❖اعد
- **دليل المراقبة** - الإحصائيات ومراقبة السعة
- **دليل استكشاف الأخطاء وإصلاحها** - المشكلات الشائعة والتشخيصات

دليل استكشاف أخطاء OmniUPF

جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. أدوات التشخيص
3. مشاكل التثبيت
4. مشاكل التكوين
5. PFCP مشاكل ارتباط
6. مشاكل معالجة الحزم
7. eBPF و XDP مشاكل
8. مشاكل الأداء
9. مشاكل محددة بالهايبيرفايزر
10. والسائق NIC مشاكل
11. فشل إنشاء الجلسة
12. 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. تحقق من ارتباط PFCP
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_pipeline

# 3. تحقق من تحميل خرائط eBPF
ls /sys/fs/bpf/

# 4. تحقق من ارتباط برنامج XDP
ip link show | grep -i xdp

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

أدوات التشخيص

OmniUPF REST واجهة برمجة تطبيقات

UPF: تحقق من حالة

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

PFCP: تحقق من ارتباطات

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

تحقق من عدد الجلسات:

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

eBPF: تحقق من سعة خريطة

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

تحقق من إحصائيات الحزم:

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

XDP تحقق من إحصائيات:

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

eBPF فحص خريطة

eBPF قائمة 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:"
```

XDP فحص برنامج

مرتبطاً XDP تحقق مما إذا كان برنامج

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

XDP: قائمة جميع برامج

```
bpftool net list
```

XDP: عرض تفاصيل برنامج

```
bpftool prog show
```

XDP: تفريغ إحصائيات

```
bpftool prog dump xlated name xdp_upf_func
```

استكشاف الشبكة

:(خطة التحكم) N4 على PFCP التقاط حركة مرور

```
# PFCP لا تتم معالجته بواسطة XDP، tcpdump يعمل بشكل طبيعي  
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  
# XDP! المعالجة بواسطة  
# . قبل أن ترى حزم النواة GTP-U بمعالجة XDP تقوم
```

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

```
# (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
```

ARP: تحقق من جدول

```
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:

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

# (أضف إلى /etc/fstab) اجعلها دائمة
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

# تحقق من النواة الجديدة
uname -r # 5.15.0 => يجب أن تكون
```

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

# تحقق 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:

```
# YAML 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)
# - الفواصل المفقودة بعد المفاتيح
# - سلاسل غير مشفرة تحتوي على أحرف خاصة
# - عناصر القائمة بدون شروط

# الصحيح YAML مثال على:
cat > config.yml <<EOF
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: generic
api_address: :8080
pfc_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

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

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

المشكلة: المنفذ مستخدم بالفعل

الأعراض:

```
ERR0[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

# إنهاء 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:

```
ERR0[0000] invalid pfcf_node_id: must be valid IPv4 address
```

صالحًا IPv4 ليس عنوان PFCP **السبب**: معرف عقدة

الحل:

```
# (ليس اسم المضيف) IP صحيح: استخدم عنوان
```

```
pfcf_node_id: 10.100.50.241
```

```
# غير صحيح:
```

```
# pfcf_node_id: localhost
```

```
# pfcf_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:

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

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

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

# 4. عبر واجهة برمجة التطبيقات PFCP تحقق من ارتباطات
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_pipeline
```

الأسباب الشائعة والحلول:

PFCP جدار الحماية يحظر

الحل:

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

خاطئ PFCP معرف عقدة

الحل:

```
# N4 الصحيح لواجهة IP إلى عنوان PFCP تعيين معرف عقدة
pfcpc_node_id: 10.100.50.241 # N4 على شبكة IP يجب أن يتطابق مع
```

SMF الشبكة غير قابلة للوصول إلى

الحل:

```
# SMF اختبار الاتصال بـ
ping <SMF_IP>

# SMF تحقق من التوجيه إلى
ip route get <SMF_IP>

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

خاطئ UPF مكون بعنوان SMF

الحل:

- UPF لعنوان SMF تحقق من تكوين
- UPF الخاص بـ `pfcp_node_id` IP يحتوي على SMF تأكد من أن
- UPF الخاصة بـ N4 يمكنه التوجيه إلى شبكة SMF تحقق من أن

PFCP المشكلة: فشل نبض

الأعراض:

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

التشخيص:

```
# PFCP تحقق من إحصائيات
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:

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

# إذا كان الفقد مرتفعًا ، تحقق من الشبكة
# تحقق من حالة الرابط -
# تحقق من صحة التبديل / الموجه -
# تحقق من الازدحام -
```

فترة نبض القلب عدوانية 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

# تحقق من أن الواجهة نشطة 2.
ip link show eth0

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

الحلول:

غير مرتبط XDP برنامج

الحل:

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

# تحقق 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

# تحقق من حالة الرابط
ethtool eth0 | grep "Link detected"

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

الواجهة المكونة خاطئة

الحل:

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

المشكلة: 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'

# تحقق 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) PDR لا يوجد تطابق

الحل:

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

# إذا لم تكن هناك جلسات، تحقق من:
# PFCP تم إنشاء ارتباط -
# قد أنشأ جلسات SMF -
# كان إنشاء الجلسة ناجحًا -

# PDR تحقق من إدخالات خريطة
bpftool map dump name pdr_map_teid_ip | grep -c key
bpftool map dump name pdr_map_downlin | grep -c key
```

فشل التوجيه

الحل:

```
# FIB تحقق من فشل البحث في
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 # N6 إلى UE توجيه مجموعة
```

QER تحديد معدل

الأعراض:

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

التشخيص:

1. المكون للجلسة MBR تحقق من:

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

# لـ QER ابحث عن تكوين
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 $\approx 95\%-98\%$ من (البروتوكول)
- تحقق من اختناقات أخرى، MBR، إذا كان معدل النقل أقل بكثير من
- فإن تحديد المعدل يعمل كما هو MBR، إذا كان معدل النقل يتطابق تمامًا مع متوقع

الحل:

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

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

MBR: فهم تنفيذ

eBPF. بدقة نانو ثانية في مسار MBR خوارزمية نافذة منزلقة لفرض حدود OmniUPF يستخدم 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 مللي 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 $10-5 \sim = 1080p$)
- حركة مرور انفجارية: يسمح بانفجارات صغيرة ضمن نافذة 5 مللي ثانية، يتم تحديد معدل الحركة المستدامة

المشكلة: حركة مرور أحادية الاتجاه (الرفع يعمل، الهبوط لا يعمل)

الأعراض:

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

التشخيص:

```
# (XDP طريقة مدركة لـ) N3/N6 تحقق من إحصائيات واجهة #
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 tcpdump :ملاحظة
# بواسطة XDP
# لتحليل الحركة xdpdump استخدم واجهة برمجة التطبيقات للإحصائيات أو
# للحصول على التفاصيل "XDP انظر قسم" التقاط الحزم باستخدام
```

(RX N3، لا TX N6): فشل الرفع

N6 أو مشكلة توجيه إلى FAR **السبب**: لا يوجد إجراء

الحل:

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

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

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

(RX N6، لا TX N3): فشل الهبوط

GTP هابط أو عدم وجود تغليف PDR **السبب**: لا يوجد

الحل:

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

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

# gNB تحقق من إمكانية الوصول إلى
ping <GNB_N3_IP>
```

eBPF و XDP مشاكل

واختيار الوضع، واستكشاف الأخطاء، انظر دليل، XDP للحصول على تفاصيل تكوين XDP. أوضاع

XDP المشكلة: فشل تحميل برنامج

الأعراض:

```
ERR0[0000] failed to load XDP program: invalid argument
```

التشخيص:

```
# XDP تحقق 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 dmesg تحقق من
dmesg | grep -i bpf
```

الأسباب والحلول:

XDP النواة تفتقر إلى دعم

الحل:

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

XDP فشل التحقق من برنامج

الحل:

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

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

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

XDP المشكلة: زيادة عدد الأجهزة في

الأعراض:

- aborted > 0 تظهر XDP إحصائيات
- زيادة إسقاط الحزم

التشخيص:

```
# XDP تحقق من عدد الأجهزة في
curl http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats | jq '.aborted'

# XDP مراقبة إحصائيات
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

# eBPF لإعادة تحميل برنامج OmniUPF أعد تشغيل
sudo systemctl restart omniupf

# (يتطلب إعادة بناء) eBPF إذا استمرت المشكلة، قم بتمكين تسجيل
# BPF_ENABLE_LOG=1 مع OmniUPF بناء
```

ممتلئة (استهلاك السعة) eBPF المشكلة: خريطة

الأعراض:

- فشل إنشاء الجلسة
- %سعة الخريطة عند 100

التشخيص:

```
# تحقق 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)'
```

التخفيف الفوري:

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

# 2. حذف الجلسات القديمة SMF اطلب من
# (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 من زيادة

# أو تعيين أحجام الخرائط الفردية
pdr_map_size: 400000
far_map_size: 400000
qer_map_size: 200000
```

و. يسمح 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'

# تحقق من إحصائيات NIC
ethtool -S eth0 | grep -i drop

# تحقق من وضع XDP
ip link show eth0 | grep xdp
```

الحلول:

العام استخدام وضع XDP

الحل:

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

احتناق أحادي النواة

الحل:

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

# RSS تحقق من تمكين
ethtool -l eth0

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

ازدهار التخزين المؤقت

الحل:

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

المشكلة: الكمون العالي

الأعراض:

- مللي ثانية 50 > ping كمون
- تدهور تجربة المستخدم

التشخيص:

```
# UE اختبار الكمون إلى  
ping -c 100 <UE_IP> | grep avg  
  
# تحقق من الحزم المخزنة  
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_buffer_info | jq  
'total_packets_buffered'  
  
# تحقق من أداء ذاكرة التخزين المؤقت للتوجيه  
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats | jq '.route_stats'
```

الحلول:

الحزم المخزنة بشكل مفرط

الحل:

```
# تحقق 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 عاليًا  
# (FAR لتطبيق PFCEP أو تحفيز تعديل جلسة OmniUPF إعادة تشغيل)
```

FIB كمون بحث

الحل:

```
# تأكد من تمكين ذاكرة التخزين المؤقت للتوجيه (خيار وقت البناء)
# BPF_ENABLE_ROUTE_CACHE=1 مع البناء

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

المشكلة: إسقاط الحزم تحت الحمل

الأعراض:

- معدل الإسقاط يزيد مع الحركة
- NIC على RX أخطاء

التشخيص:

```
# NIC تحقق من أخطاء
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:

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

# TX زيادة حجم حلقة
ethtool -G eth0 tx 4096

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

مشاكل محددة بالهايبرفايزر

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

VM لا يعمل في XDP Proxmox

الأعراض:

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

SR-IOV تستخدم الشبكة الموصلة بدون VM: **السبب**

الحل:

الخيار 1: استخدم الوضع العام (الأبسط)

```
xdp_attach_mode: generic
```

SR-IOV الخيار 2: تكوين تمرير

```
# Proxmox على مضيف:
# 1. تمكين IOMMU
nano /etc/default/grub
# أضيف: intel_iommu=on iommu=pt
update-grub
reboot

# 2. إنشاء VFs
echo 4 > /sys/class/net/eth0/device/sriov_numvfs

# Proxmox في واجهة VM إلى VF تخصيص 3.
# VF تحديد → PCI الأجهزة → إضافة → جهاز
# VM:
interface_name: [ens1f0] # SR-IOV VF
xdp_attach_mode: native
```

مطلوب promiscuous وضع VMware:

الأعراض:

- OmniUPF الحزم لا يتم استلامها بواسطة

السبب: vSwitch يمنع عناوين MAC غير المطابقة

الحل:

```
# (في vSphere Client) vSwitch على promiscuous تمكين وضع:
# تحرير الإعدادات → vSwitch 1. اختر
# 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

السبب: VirtualBox لا تدعم SR-IOV أو XDP الأصلي

الحل:

```
# استخدم الوضع العام (الخيار الوحيد)
xdp_attach_mode: generic

# VirtualBox تحسين إعدادات:
# (إذا كان متاحًا) VirtIO-Net استخدم محول -
# promiscuous تمكين "السماح للجميع" في وضع -
# لآلة الافتراضية CPU تخصيص المزيد من النوى -
# NAT استخدم الشبكة الموصلة بدلاً من -

# للحصول على أداء أفضل KVM/Proxmox ضع في اعتبارك الانتقال إلى
```

والسائق NIC مشاكل

XDP لا يدعم NIC المشكلة: سائق

الأعراض:

```
ERROR[0000] failed to attach XDP program: operation not supported
```

التشخيص:

```
# NIC تحقق من سائق
ethtool -i eth0 | grep driver

# XDP تحقق مما إذا كان السائق يدعم
modinfo <driver_name> | grep -i xdp

# XDP قائمة الواجهات القابلة لـ
ip link show | grep -B 1 "xdpgeneric\|xdpdrv\|xdpoffload"
```

الحل:

الخيار 1: استخدم الوضع العام

```
xdp_attach_mode: generic
```

NIC الخيار 2: تحديث سائق

```
# (Ubuntu) تحقق من تحديثات السائق
sudo apt update
sudo apt install linux-modules-extra-$(uname -r)

# أو تثبيت سائق محدد من البائع
# Intel: مثال لـ
# تحميل من https://downloadcenter.intel.com/
```

NIC الخيار 3: استبدال


```
# XDP يدعم NIC استخدم:
# - Intel X710, E810
# - Mellanox ConnectX-5, ConnectX-6
# - Broadcom BCM57xxx (bnxt_en driver)
```

المشكلة: سائق يتعطل أو يتسبب في ذبذبة النواة

الأعراض:

- XDP ذبذبة النواة بعد ربط
- يتوقف عن الاستجابة NIC

التشخيص:

```
# تحقق من سجلات النواة
dmesg | tail -100

# تحقق من أخطاء السائق
journalctl -k | grep -E "BUG:|panic:"
```

الحل:

```
# 1. تحديث النواة والسائقين
sudo apt update
sudo apt upgrade
sudo reboot

# 2. تعطيل XDP offload (استخدم الأصلي فقط)
xdp_attach_mode: native

# 3. استخدم الوضع العام كحل بديل
xdp_attach_mode: generic

# 4. Linux أو فريق نواة NIC الإبلاغ عن خطأ إلى بائع
```

فشل إنشاء الجلسة

المشكلة: فشل إنشاء الجلسة

الأعراض:

- يبلغ عن فشل إنشاء الجلسة SMF
- PDU لا يمكنه إنشاء جلسة UE

للسيناريوهات الشائعة للفشل والحلول PFCP انظر مرجع رموز سبب

التشخيص:

```
# لأخطاء الجلسة OmniUPF تحقق من سجلات
journalctl -u omniupf | grep -i "session establishment"

# PFCP تحقق من عدد جلسات
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:

```
# تحقق من استخدام الخريطة
curl http://localhost:8080/api/v1/map_info | jq '.[[] |
select(.usage_percent > 90)]'

# (ممتلئة أعلاه eBPF انظر قسم خريطة) زيادة السعة
```

غير صالحة PDR/FAR معلومات

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  
# - PDR مفقود لـ FAR  
# - غير صالح FAR إجراء  
  
# ومعلومات الجلسة SMF تحقق من تكوين
```

(UEIP/FTUP) ميزة غير مدعومة

الحل:

```
# تمكين الميزات المطلوبة إذا لزم الأمر  
feature_ueip: true # بواسطة UE لـ IP تخصيص  
ueip_pool: 10.60.0.0/16  
  
feature_ftup: true # بواسطة F-TEID تخصيص  
teid_pool: 100000
```

مشاكل التخزين المؤقت

المشكلة: حزم عالقة في التخزين المؤقت

الأعراض:

- زيادة عدد الحزم المخزنة
- الحزم لا يتم تسليمها بعد النقل

التشخيص:

```
# 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:

FORWARD لم يتم تحديثه أبدًا إلى FAR

FAR لتطبيق PFCP تعديل جلسة SMF **السبب**: لم ترسل

الحل:

```
# FAR تحقق من حالة
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq '.[].fars[] | {far_id, applied_action}'

# (التخزين المؤقت) BUFF = 1 الإجراء
# (إعادة التوجيه) FORW = 2 الإجراء

# SMF اطلب من BUFF، إذا كان عالقًا في حالة:
# - PFCP إرسال طلب تعديل جلسة
# - FORW بإجراء FAR تحديث
```

للتخزين المؤقت TTL انتهاء صلاحية

FAR **السبب**: الحزم انتهت صلاحيتها قبل تحديث

الحل:

```
# للتخزين المؤقت TTL زيادة
buffer_packet_ttl: 60 # زيادة من 30 إلى 60 ثانية
```

تجاوز التخزين المؤقت

FAR السبب: عدد كبير جدًا من الحزم المخزنة لكل

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 OmniUPF إعادة تشغيل
sudo systemctl restart omniupf
```

```
# مراقبة السجلات في الوقت الحقيقي
journalctl -u omniupf -f --output cat
```

eBPF تتبع برنامج

```
# eBPF (يتطلب bpftrace) تتبع تنفيذ برنامج
sudo bpftrace -e 'tracepoint:xdp:* { @[probe] = count(); }'
```

```
# تتبع عمليات الخريطة
sudo bpftrace -e 'tracepoint:bpf:bpf_map_lookup_elem {
printf("%s\n", str(args->map_name)); }'
```

XDP التقاط الحزم باستخدام

XDP: فهم قيود التقاط الحزم باستخدام

القياسي لا يمكنه tcpdump بمعالجة الحزم قبل كومة الشبكة في النواة، لذا فإن XDP تقوم (UDP 2152 منفذ) GTP-U يتم معالجة حزم. **XDP رؤية حركة المرور المعالجة بواسطة** UPF. على مضيف tcpdump ولن تظهر في XDP بواسطة N3 على

:طرق موصى بها لتحليل الحركة

```
# الطريقة 1: استخدم واجهة برمجة التطبيقات للإحصائيات 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

# XDP غير متأثرة بـ) PFCP الطريقة 2: التقاط حركة مرور
tcpdump -i any -n udp port 8085 -w /tmp/pfcp.pcap

# GTP-U موصى بها لـ) الطريقة 3: التقاط الحزم خارج النطاق
# الشبكة أو نسخ منفذ التبديل للتقاط الحركة TAP استخدم
# أمثلة:
# - UPF و gNB فيزيائي بين TAP -
# - إلى المحلل N3 لنسخ حركة مرور SPAN نسخ منفذ التبديل -
# - نسخ منفذ التبديل الافتراضي في الهايبرفايزر -
#
# (UPF ليس) على مضيف الالتقاط:
# tcpdump -i <mirror_interface> -n udp port 2152 -w
/tmp/n3_mirror.pcap
```

:أمثلة إعداد الالتقاط خارج النطاق

:الشبكة الفيزيائية

```
# الشبكة أو قم بتكوين نسخ منفذ التبديل TAP استخدم
# Cisco على مفتاح SPAN 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
```

(إلخ، KVM، VMware) البيئة الافتراضية:

```
# VM إلى UPF تكوين نسخ منفذ التبديل الافتراضي لإرسال حركة مرور
المحلل
# مختلف VM على tcpdump مع Linux مثال: جسر
# إلى واجهة UPF الخاصة بـ N3 على الهايبرفايزر، قم بنسخ واجهة
المحلل

# المحلل VM على:
tcpdump -i eth1 -n udp port 2152 -w /tmp/n3_virtual.pcap
```

لماذا يلزم الالتقاط خارج النطاق:

- يتجاوز كومة الشبكة في النواة تمامًا XDP تقوم
- أو الأجهزة NIC تتم معالجة الحزم في سائق
- (متأخر جدًا) XDP المستند إلى المضيف الحزم بعد معالجة tcpdump يرى
- UPF يرى الالتقاط خارج النطاق حركة المرور الخام قبل م◆◆الجهة

UPF: ما يمكنك التقاطه على مضيف

- XDP خطة التحكم، غير معالجة بواسطة - (UDP 8805) PFCP حركة مرور □
- استجابات واجهة برمجة التطبيقات والإحصائيات □
- XDP خطة البيانات، معالجة بواسطة - (UDP 2152) GTP-U 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 والسعة والتنبيه
- لاستكشاف الأخطاء Prometheus **مرجع المقاييس** - مقاييس

- واستكشاف الأخطاء PFCP رموز خطأ - **PFCP رموز سبب**
- URR و QER و FAR و PDR **دليل إدارة القواعد** - مفاهيم
- ونظرة عامة UPF **دليل العمليات** - عمارة

حديقة مسورة / OmniUPF إعادة توجيه خارج الرصيد

جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. العمارة
3. PFCP تدفق إشارات
4. كشف البوابة الأسرية
5. التكوين
6. إدارة القائمة البيضاء
7. روابط إعادة التوجيه لكل جلسة
8. API
9. مقاييس بروميثيوس
10. استكشاف الأخطاء وإصلاحها

نظرة عامة

UPF، مما يلغي، ميزة الحديقة المسورة تطبيق خارج الرصيد بشكل أصلي مباشرة في (DNAT، قواعد المانجل، Mikrotik قوائم عناوين) الحاجة إلى أنظمة تطبيق خارجية.

يحتوي على FAR مع PFCP تعديل جلسة SMF عندما ينفذ رصيد المشترك، يرسل `redirect_information` باعتراض كل حركة المرور لتلك الجلسة في OmniUPF يقوم. مساحة المستخدم ويطبق تجربة بوابة أسرية:

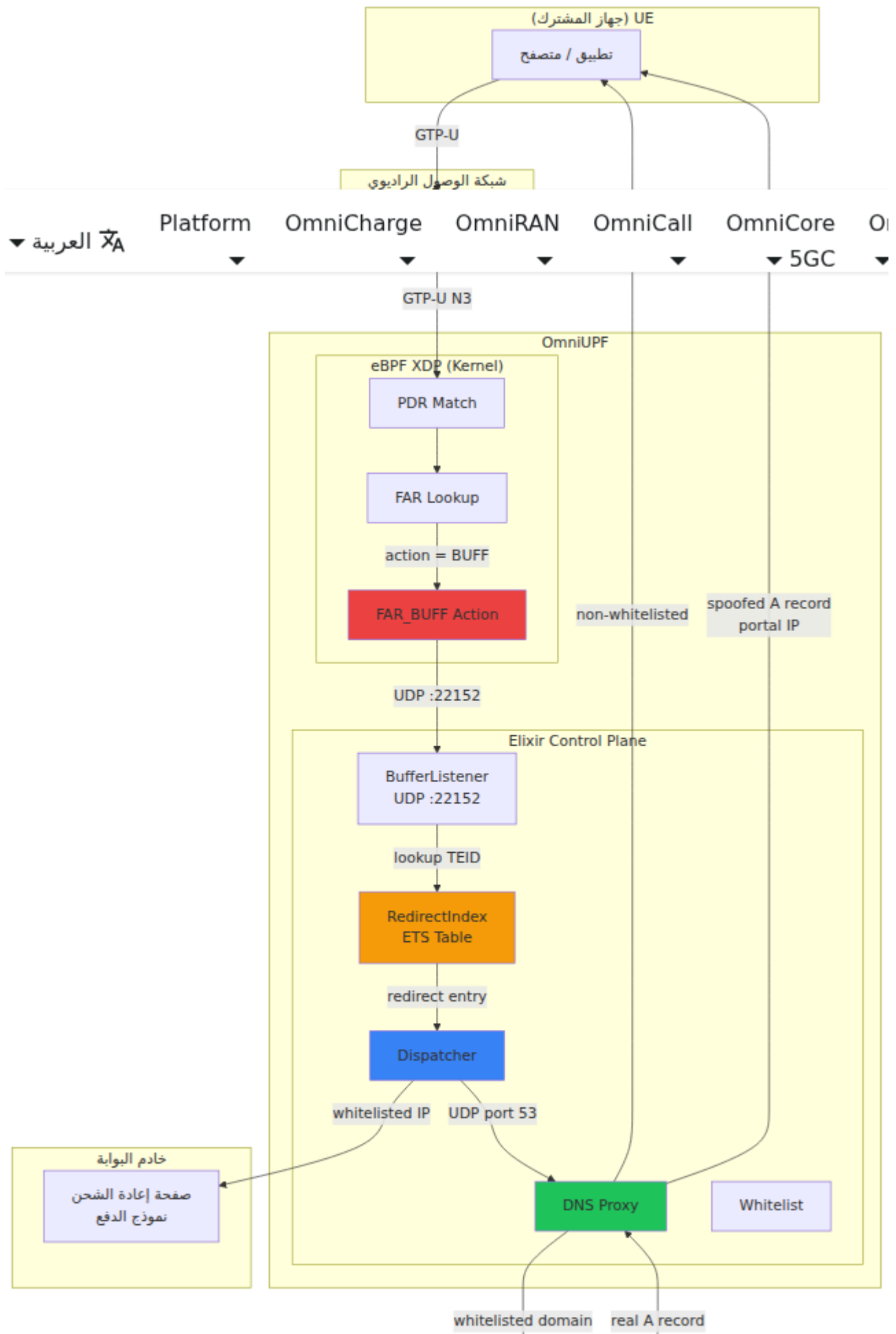
- لخدم البوابة، مما يؤدي إلى كشف IP لإرجاع عنوان DNS يتم تزوير استعلامات (Apple، Android، Windows) البوابة الأسرية على جميع الأجهزة الرئيسية
- المدرجة في القائمة البيضاء IP يتم توجيه الحركة إلى البوابة وعناوين بشكل طبيعي حتى يتمكن المشترك من إعادة (CAPTCHA معالجات الدفع، خدمات) شحن رصيده
- تُسقط جميع الحركة الأخرى بصمت

يرى المشترك موجه بوابة أسرية ويتم توجيهه إلى صفحة إعادة الشحن/الدفع. بمجرد استعادة وتستأنف عملية التوجيه العادية على FORW مرة أخرى إلى FAR بتحديث SMF الرصيد، يقوم الفور.

نقاط التصميم الرئيسية

- الحالي لإعادة توجيه FAR_BUFF يعيد استخدام إجراء -- eBPF لا حاجة لتغييرات الحزم إلى مساحة المستخدم
 - مختلف للبوابة IP إعادة توجيه لكل جلسة -- يمكن أن تحتوي كل جلسة على عنوان SMF في redirect_information IE ورابط إعادة توجيه، يتم تحديده بواسطة
 - فقط "إعادة توجيه هذه الجلسة"؛ SMF يقول -- UPF تعيش القائمة البيضاء على ما هي الحركة التي يُسمح لها بالمرور UPF يقرر
 - حتى تصل FORW في الاتجاه الهابط FAR اعتراض فقط على الرفع -- تبقى العادي GTP عبر مسار UE استجابات البوابة إلى
-

العمارة





تدفق الحزم

1. UPF إلى GTP-U عبر (إلخ، HTTP طلب، DNS استعمال) **حزمة رفع UE يرسل**
2. FAR المطابق، ويبحث عن PDR يجد **eBPF PDR تطابق**
3. -- (عندما يكون إعادة التوجيه نشطاً FORW تم تجاوزها من) **BUFF هو FAR إجراء** UDP 22152 على منفذ BufferListener الحزمة إلى eBPF ترسل
4. RedirectIndex ETS ويتحقق من جدول، TEID يستخرج **BufferListener**
5. الداخلية IP يعالج حزمة **Dispatcher** RedirectIndex: في TEID إذا كان
6. **شجرة القرار:**
 - مع A **لنطاق غير مدرج في القائمة البيضاء:** تزوير سج DNS استعمال للبوابة IP عنوان
 - **لنطاق مدرج في القائمة البيضاء:** توجيه إلى المحلل الحقيقي، DNS استعمال المحلولة IP تخزين عناوين
 - المدرج في القائمة البيضاء: IP للبوابة أو عنوان IP حركة المرور إلى عنوان توجيه عبر مقبس خام
 - كل شيء آخر: إسقاط بصمت
7. مغلفة) الهابط GTP-U عبر مسار UE تُرسل مرة أخرى إلى **DNS/GTP-U استجابات** (gNB وإرسالها إلى DL TEID مع

(مزدوجة PGW + SGW جلسة) N9 معالجة حلقة

في نفس الوقت على **PGW-U و SGW-U** غالبًا ك OmnipUPF يعمل، EPC 4G في نشرات N9 على SGW منفصلة. تحتوي جلسة PCF بإنشاء جلسة PGW-C و SGW-C نفس العقدة. يقوم تقوم جلسة. (N3 حلقة عبر واجهة) PGW الرفع لجلسة TEID التي تعيد توجيه الحزم إلى FAR بتنفيذ تطبيق سياسة المشترك الفعلي PGW.

تكتشف منطق التفعيل، `POST /v1/walled_garden` عند تفعيل إعادة توجيه حديقة مسورة عبر هذه الطوبولوجيا تلقائيًا:

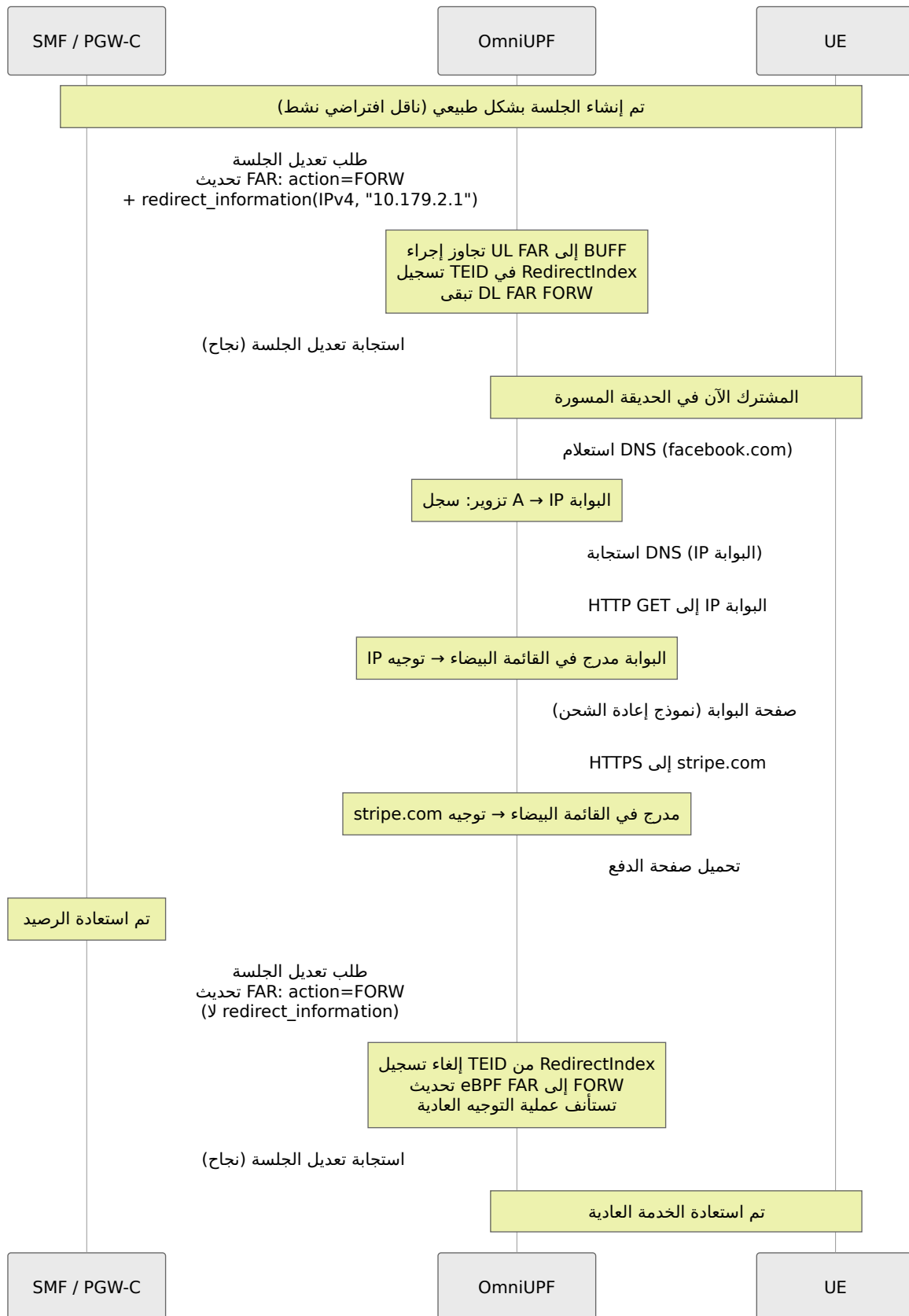
1. المستهدف SEID الرفع لـ PDRs من **PGW جلسة TEID** يتم تحديد.
2. تحتوي (SGW جلسة) للعثور على جلسة PCF **وم الكود بفحص جميع جلسات** ولديها PGW UL PDRs الخاص بها مطابقًا لأحد `teid` يكون FAR على

التي تشير FAR forward N9 هي FAR مضبوطة. تلك outer_header_creation إلى PGW.

3. في BUFF يتم تجاوزها إلى SGW لـ gNB التي تواجه UL FARs و UL PGW FARs **كلا**. TEID مع eNB يرى الحزمة كما تصل من eBPF هذا ضروري لأن برنامج eBPF خريطة SGW، وليس TEID PGW.
4. RedirectIndex في **SGW لـ gNB التي تواجه UL PDRs** يتم تسجيل **فقط**. في الحزمة eBPF هو ما سيراه SGW لـ UL PDR TEID. (UL PDRs وليس) eNB الواردة من.
5. Dispatcher يستخدم، (UE إرسال الاستجابات مرة أخرى إلى) **DL** بالنسبة لـ **مسار DL FAR لجلسة SGW** (=remoteip مع، eNB الذي يوجه نحو FAR) (n3_address). يتم gNB لـ IP الحالي وعنوان eNB TEID على FAR تحتوي هذه. (n3_address) مباشرة من حالة الجلسة في وقت الاستجابة، وليس مخزنة في DL TEID البحث عن بواسطة تعديل eNB TEID وقت التفعيل — هذا يتعامل مع الحالة التي يتم فيها تعيين الجلسة اللاحق بعد تفعيل إعادة التوجيه.

FARs يتم استخدام، (UPF يتحدث مباشرة إلى SMF، SGW لا) **مباشرة UPF في طوبولوجيا** UL PDRs أي شيء وتُسجل SGW الخاصة بالجلسة فقط — لا يجد كود اكتشاف UL TEIDs و للجلسة الرئيسية مباشرة.

PFCP تدفق إشارات



المعنية PFCP عناصر

في `redirect_information` إعادة التوجيه عن طريق تضمين SMF يحفز `forwarding_parameters` ل FAR:

IE	الوصف
<code>apply_action</code>	يتجاوز إلى SMF (UPF بواسطة FORW يتم تعيينه إلى BUFF داخليًا)
<code>redirect_information</code>	يحتوي على نوع إعادة التوجيه والعنوان
<code>forwarding_parameters</code>	و <code>redirect_information</code> يحتوي على <code>outer_header_creation</code>

(الجدول 1-8.2.20 GPP TS 29.244 وفقًا ل 3) أنواع معلومات إعادة التوجيه

النوع	القيمة	UPF سلوك
IPv4	0	للبوابة IP المقدمة كعنوان IPv4 استخدم سلسلة عنوان
IPv6	1	للبوابة IP المقدمة كعنوان IPv6 استخدم سلسلة عنوان
URL	2	للبوابة. لا IP ؛ استخدم ذلك كعنوان IP إلى URL حل اسم المضيف للرؤية فقط. يتحمل API يتم تخزينه في -- URL مسار UPF تستخدم خادم الويب الخاص بالبوابة مسؤولية التعامل مع أي توجيه يعتمد على المسار.
SIP URI	3	غير مدعوم حاليًا

كشف البوابة الأسرية

تقوم الحديقة المسورة بتحفيز **كشف تلقائي للبوابة الأسرية** على جميع منصات الأجهزة عندما يتصل جهاز ويحاول التحقق من الاتصال. DNS الرئيسية عن طريق تزوير استجابات

المزورة بإعادة توجيه هذه DNS بالإنترنت، يقوم بالاستعلام عن نطاقات معروفة. تقوم استجابة للبوابة، الذي يفسره الجهاز على أنه بوابة أسرية IP الفحوصات إلى عنوان

نطاقات كشف المنصة

المنصة	نطاق الكشف	الاستجابة المتوقعة
Apple (iOS/macOS)	<code>captive.apple.com</code>	مع HTTP 200 <HTML><HEAD><title>نجاح</HEAD><BODY></BODY></HTML>
Android	<code>connectivitycheck.gstatic.com</code>	HTTP 204
Windows	<code>www.msftconnecttest.com</code>	مع HTTP 200 Microsoft
Samsung	<code>connectivitycheck.samsung.com</code>	HTTP 200

للبوابة بدلاً من عناوينها الحقيقية، يكشف الجهاز عن بوابة IP عندما تحل هذه النطاقات إلى عنوان: أسرية ويعرض صفحة البوابة للمستخدم إما كـ

- (iOS، Android) إشعار/منبثق
- (Windows) إعادة توجيه تلقائية في المتصفح

للبوابة المكونة استجابات مناسبة لهذه عناوين الكشف ثم IP يجب أن يقدم خادم البوابة عند عنوان. يعيد التوجيه إلى صفحة إعادة الشحن/الدفع.

التكوين

(.deb) يعيش تكوين الحديقة المسورة في ملف التكوين أثناء التشغيل. في تثبيت الإنتاج يتحقق نص بدء التشغيل. /etc/omniupf/runtime.exs يكون ملف التكوين في (package)، من هذا الملف وإذا كان موجودًا، يقوم بتعيين (rel/env.sh) للإصدار هذا بدلاً من Erlang بحيث يستخدم إصدار RELEASE_CONFIG_DIR=/etc/omniupf config/runtime.exs بعد تغييرات التكوين UPF المدمج. يجب إعادة تشغيل

```
#
```

```
=====
```

```
# حديقة مسورة / إعادة توجيه خارج الرصيد
```

```
#
```

```
=====
```

```
# تمكين تطبيق إعادة توجيه الحديقة المسورة
```

```
walled_garden_enabled = true
```

```
# ل خادم البوابة (بوابة أسرية / صفحة إعادة الشحن) عنوان IP
```

```
walled_garden_portal_ip = "10.179.2.1"
```

```
# العلوي لاستعلامات المناطق المدرجة في القائمة البيضاء DNS محلل
```

```
walled_garden_dns_resolver = "8.8.8.8"
```

```
# ملاقات المدرجة في القائمة البيضاء (يمكن للمشاركين الوصول إليها أثناء إعادة التوجيه)
```

```
# "api.stripe.com" يتطابق مع "*.stripe.com" : يدعم الأحرف البديلة
```

```
walled_garden_whitelist = [
```

```
    "stripe.com",
```

```
    "*.stripe.com",
```

```
    "js.stripe.com",
```

```
    "hcaptcha.com",
```

```
    "*.hcaptcha.com",
```

```
    "newassets.hcaptcha.com",
```

```
]
```

المعلومات

المعلومة	النوع	مطلوب	الافتراضي	
walled_garden_enabled	Boolean	لا	false	يستخدم لوظيفة البروز. عندما false يكون redirection في FARS.
walled_garden_portal_ip	String (IPv4)	نعم (إذا تم تمكينه)	10.179.2.1	IP / عنوان ن. هذا هو IP عنوان ما لا يمكن المضيف ل redirection SMF، التوجيه هو أنواع. URI. IPv4/IPv6 لعنوان من النسبة لنوع في وقت إنشاء FAR
walled_garden_dns_resolver	String (IPv4)	لا	8.8.8.8	DNS محلل عند توجيه للنطاقات معالجة البيضاء. استعلامات مدرجة في ط إلى هذا زوير جميع خرى محليًا
walled_garden_whitelist	قائمة من السلاسل	لا	[]	التي يمكن وصول إليها

المعلمة	النوع	مطلوب	الافتراضي	
				في الحقيقة أرة القائمة وب النمط

إدارة القائمة البيضاء

التي يمكن للمشاركين (المحلولة الخاصة بها IP وعناوين) تتحكم القائمة البيضاء في النطاقات فقط SMF يقوم -- SMF وليس على UPF الوصول إليها أثناء إعادة التوجيه. يتم تكوين ذلك على بتحفيز إعادة التوجيه.

بناء الجملة النمطية

النمط	يتطابق	لا يتطابق
stripe.com	stripe.com, api.stripe.com, js.stripe.com	evilstripe.com, notstripe.com
*.stripe.com	api.stripe.com, js.stripe.com, dashboard.stripe.com	stripe.com (بالضبط), evilstripe.com
hcaptcha.com	hcaptcha.com, newassets.hcaptcha.com	evihcaptcha.com

يتطابق مع النطاق نفسه وأي نطاق stripe.com: تستخدم الأنماط تثبيت النطاق الفرعي ولكن ليس النطاقات التي تحتوي فقط على السلسلة (foo.stripe.com) فرعي المطابقة غير حساسة لحالة الأحرف (evilstripe.com).

IP تخزين

بإعادة توجيه استعلام لنطاق مدرج في القائمة البيضاء، يتم تخزين DNS عندما يقوم وكيل
المحلولة تلقائيًا في القائمة البيضاء. هذا يعني IP عناوين

1. يقوم المشترك بالاستعلام عن `api.stripe.com`
2. بإعادة توجيه إلى المحلل الحقيقي، ويعود بـ `104.18.7.25` DNS يقوم وكيل
3. المدرجة في القائمة IP يتم إضافة `104.18.7.25` إلى ذاكرة التخزين المؤقت لعناوين البيضاء
4. اللاحقة إلى `104.18.7.25` (لا يتم إسقاطها) HTTP/HTTPS يتم توجيه حركة

للبوابة في القائمة البيضاء بغض النظر عن التكوين IP يتم دائمًا إدراج عنوان

النطاقات الموصى بها للقائمة البيضاء

hCaptcha و Stripe لصفحة إعادة شحن نموذجية مع معالجة الدفع عبر

```
walled_garden_whitelist = [  
  # معالج الدفع  
  "stripe.com",  
  "*.stripe.com",  
  
  # خدمة CAPTCHA  
  "hcaptcha.com",  
  "*.hcaptcha.com",  
  
  # (إذا كانت البوابة تستخدمها) Google خطوط  
  "fonts.googleapis.com",  
  "fonts.gstatic.com",  
  
  # موارد البوابة (إذا كانت مستضافة خارجيًا) CDN  
  "cdn.example.com",  
]
```

روابط إعادة التوجيه لكل جلسة

IE في ذلك عبر SMF على هدف إعادة توجيه مختلف. يتحكم PFCEP يمكن أن تحتوي كل جلسة `redirect_information` في FAR:

- للبوابة لتلك الجلسة IP المقدمة واستخدامها كعنوان IP يتم تحليل سلسلة: **IPv4 نوع**
- للبوابة لتلك IP المقدمة واستخدامها كعنوان IPv6 يتم تحليل سلسلة: **IPv6 نوع** الجلسة

- **URL نوع** يتم FAR. في وقت إنشاء DNS يتم استخراج اسم المضيف ويتم حله عبر **URL** نوع يتم -- URL مسار UPF للبوابة. لا تستخدم IP المحلول كعنوان IP استخدام عنوان فقط API تخزينه للرؤية في.

أو خطط ، MVNOS، هذا يمكن السيناريوهات التي تقوم فيها مستويات مختلفة من المشتركين الخدمة بإعادة التوجيه إلى بوابات مختلفة:

الجلسة	SMF redirect_information	IP عنوان المستخدم	
الجلسة A	IPv4: 10.179.2.1	10.179.2.1	10.179.2.
الجلسة B	IPv6: 2001:db8::1	2001:db8::1	2001:db8:
الجلسة C	URL: https://topup.mvno.com/recharge	المحلول لـ IP عنوان topup.mvno.com	https://t

API. للبوابة ورابط إعادة التوجيه لكل جلسة، والتي يمكن رؤيتها عبر IP عنوان UPF يخزن

API

لا يوجد بادئة) /v1/walled_garden مسار القاعدة لجميع نقاط نهاية الحديقة المسورة هو المكون api_port على HTTP Phoenix يتم تقديم هذه النقاط النهائية بواسطة خادم (/api). (الافتراضي: 8080).

GET /v1/walled_garden

المدرجة في القائمة IP يعيد جميع جلسات إعادة التوجيه النشطة في الحديقة المسورة، وعناوين المخزنة، وتفاصيل الجلسة CIDR البيضاء، ونطاقات

الاستجابة:

```
{
  "redirect_count": 2,
  "redirects": [
    {
      "teid": "0x4000",
      "session_seid": 1,
      "portal_ip": "10.179.2.1",
      "redirect_url": null,
      "ue_ip": "10.60.0.1",
      "gnb_ip": "10.179.1.21",
      "dl_teid": "0x5000",
      "far_global_id": 42
    },
    {
      "teid": "0x4001",
      "session_seid": 2,
      "portal_ip": "10.179.2.2",
      "redirect_url": "https://topup.mvno.com",
      "ue_ip": "10.60.0.2",
      "gnb_ip": "10.179.1.21",
      "dl_teid": "0x5001",
      "far_global_id": 43
    }
  ],
  "whitelisted_ips": [
    {"ip": "10.179.2.1", "type": "portal"},
    {"ip": "104.18.7.25", "type": "resolved"},
    {"ip": "104.18.6.25", "type": "resolved"}
  ],
  "whitelisted_cidrs": ["192.168.0.0/24"]
}
```

:حقوق الاستجابة

الوصف	الحقل
عدد جلسات الحديقة المسورة النشطة	<code>redirect_count</code>
(hex) الرفع الذي يتم اعتراضه TEID	<code>redirects[].teid</code>
SEID جلسة PCFP	<code>redirects[].session_seid</code>
للبوابة لهذه الجلسة المحددة IP عنوان	<code>redirects[].portal_ip</code>
(URL، إذا كان من نوع) SMF رابط إعادة التوجيه من null أو	<code>redirects[].redirect_url</code>
UE ل IP عنوان	<code>redirects[].ue_ip</code>
GTP-U لاستجابات gNB ل IP عنوان	<code>redirects[].gnb_ip</code>
GTP-U الهابط لتغليف TEID	<code>redirects[].dl_teid</code>
العالمي الداخلي FAR معرف	<code>redirects[].far_global_id</code>
البوابة (+) الحالية في القائمة البيضاء IP جميع عناوين (المخزنة DNS حلول)	<code>whitelisted_ips</code>
القائمة البيضاء API المضافة عبر CIDR نطاقات	<code>whitelisted_cidrs</code>

POST /v1/walled_garden

هذا هو المسار SEID موجودة بواسطة PCFP تفعيل إعادة توجيه الحديقة المسورة على جلسة مع PCFP المسار العادي هو عبر تعديل جلسة — API/الذي يتم تحفيزه بواسطة المشغل مفيدًا للاختبار وللمشغلين الذين يحتاجون API يعد مسار FAR. في `redirect_information` SMF. إلى إعادة توجيه جلسة يدويًا دون تدخل

جسم الطلب:

```
{
  "seid": 1,
  "url": "http://10.179.2.1/"
}
```

الوصف	مطلوب	النوع	الحقل
إعادة التوجيه PFCP المحلي لجلسة SEID	نعم	عدد صحيح	seid
إذا تم URL أو IPv4/IPv6 هدف إعادة التوجيه — عنوان IP يتم حل اسم المضيف ويستخدم عنوان URL إعطاء URL للبواب. يتم تخزين سلسلة IP الناتج كعنوان API. الكاملة للرؤية في	نعم	سلسلة	url

الاستجابة (200 OK):

```
{
  "status": "redirect activated",
  "info": {
    "seid": 1,
    "sgw_seid": 7,
    "portal_ip": "10.179.2.1",
    "ue_ip": "10.60.0.1",
    "gnb_ip": "10.179.1.21",
    "ul_teids": ["0x4000", "0x4006"]
  }
}
```

وتم أيضًا (SGW+PGW جلسة مزدوجة) N9 ليس فارغًا عندما يتم اكتشاف حلقة sgw_seid حقل الرفع التي تم تسجيلها في فهرس TEIDs جميع ul_teids تسرد. BUFF الرفع إلى TEID تعيين إعادة التوجيه.

استجابات الخطأ:

الحالة	المعنى
404	(نشطة PFCP لا يتطابق مع أي جلسة SEID) لم يتم العثور على الجلسة
400	معلومات مطلوبة مفقودة

DELETE /v1/walled_garden/:seid

FARs إلغاء تفعيل إعادة توجيه الحديقة المسورة لجلسة، واستعادة التوجيه العادي. يتم تعيين جميع مرة أخرى إلى (N9 المزدوجة في طوبولوجيا حلقة SGW لجلسة FARs بما في ذلك) الرفع للجلسة من فهرس إعادة توجيه TEIDs ويتم إلغاء تسجيل eBPF، في خريطة `action=FORW`.

المحلي للجلسة التي سيتم إلغاء تفعيلها SEID — `:seid`: معامل المسار

الاستجابة (200 OK):

```
{"status": "redirect removed", "info": {"seid": 1}}
```

استجابات الخطأ:

الحالة	المعنى
404	لم يتم العثور على الجلسة

GET /v1/walled_garden/whitelist

المحلولة عبر IP للبوابه وعناوين IP عنوان) الفردية المخزنة IP يعيد القائمة البيضاء الحالية: عناوين API. تمت إضافتها عبر CIDR وأي نطاقات DNS.

الاستجابة:

```
{
  "ips": [
    {"ip": "10.179.2.1", "type": "portal"},
    {"ip": "104.18.7.25", "type": "resolved"}
  ],
  "cidrs": ["192.168.100.0/24"]
}
```

POST /v1/walled_garden/whitelist

UPF إلى القائمة البيضاء أثناء التشغيل، دون إعادة تشغيل CIDR أو نطاق IP إضافة عنوان التغييرات تكون في الذاكرة فقط ولا تستمر عبر إعادة التشغيل — أضف إدخالات دائمة إلى `walled_garden_whitelist` في `runtime.exs`.

الطلب (إضافة IP):

```
{"ip": "203.0.113.10"}
```

الطلب (إضافة نطاق CIDR):

```
{"cidr": "192.168.100.0/24"}
```

أن أي حركة مرور CIDR موجودًا. يعني إضافة نطاق `cidr` أو `ip` يجب أن يكون واحد فقط من ضمن هذا النطاق يتم توجيهها بواسطة الموزع دون الحاجة إلى إدخال ذاكرة تخزين IP إلى عناوين IP لكل DNS مؤقت.

الاستجابة (IP تم إضافة — 200 OK):

```
{"status": "added", "ip": "203.0.113.10"}
```

الاستجابة (CIDR تم إضافة — 200 OK):

```
{"status": "added", "cidr": "192.168.100.0/24"}
```

استجابات الخطأ:

الحالة	المعنى
400	غير صالح، أو حقول الجسم مفقودة CIDR، غير صالح IP

مقاييس بروميثيوس

مقاييس قياس

الوصف: عدد Gauge **النوع:** upf_walled_garden_active_redirects **المقياس:** الجلسات الحالية في حالة إعادة توجيه الحديقة المسورة

استعلامات المثال

```
# عدد إعادة التوجيه الحالي  
upf_walled_garden_active_redirects
```

العدادات

الوصف: إجمالي الحزم المعترضة بواسطة الحديقة المسورة (كل حركة المرور الرفع من الجلسات المعاد توجيهها) **النوع:** Counter **المقياس:** upf_walled_garden_packets_intercepted_total

الوصف: Counter **النوع:** upf_walled_garden_packets_dropped_total **المقياس:** حركة المرور غير المدرجة في القائمة) إجمالي الحزم التي تم إسقاطها بواسطة الحديقة المسورة (DNS البيضاء، حركة المرور غير

الوصف: Counter **النوع:** upf_walled_garden_packets_forwarded_total **المقياس:** التسميات:

- الوجهة للحزمة المعاد توجيهها **الوصف:** الحزم التي تم توجيهها IP عنوان - dst_ip IP عبر الحديقة المسورة إلى الوجهات المدرجة في القائمة البيضاء. مُعلمة حسب عنوان الوجهة لرؤية لكل وجهة

النوع: Counter **المقياس:** upf_walled_garden_bytes_forwarded_total **التسميات:**

- **الوصف:** بايتات تم توجيهها عبر الحديقة IP عنوان - dst_ip وجهة. استخدم هذا لتحديد الخدمات المدرجة في القائمة IP المسورة لكل عنوان البيضاء التي يصل إليها المشتركون أثناء إعادة التوجيه.

النوع: Counter **المقياس:** upf_walled_garden_dns_spoofed_total **التسميات:**

- **الوصف:** استعلامات - domain التي تم تزويرها بواسطة DNS النطاق الذي تم تزويره الحديقة المسورة. مُعلمة حسب النطاق المستعلم عنه.

النوع: Counter **المقياس:** upf_walled_garden_dns_forwarded_total **التسميات:**

- **الوصف:** استعلامات - domain النطاق المدرج في القائمة البيضاء الذي تم توجيهه DNS التي تم توجيهها إلى المحلل الحقيقي (النطاقات المدرجة في القائمة البيضاء). مُعلمة حسب النطاق.

استعلامات المثال

```
# جلسات الحديقة المسورة النشطة
upf_walled_garden_active_redirects

# معدل الاعتراض (حزم/ثانية)
rate(upf_walled_garden_packets_intercepted_total[5m])

# معدل الإسقاط (يجب أن يكون غالبية المعترضين)
rate(upf_walled_garden_packets_dropped_total[5m])

# حركة المرور المعاد توجيهها حسب الوجهة (بايت/ثانية)
sum by (dst_ip)
(rate(upf_walled_garden_bytes_forwarded_total[5m]))

# أعلى 5 وجهات مدرجة في القائمة البيضاء حسب حجم الحركة
topk(5, sum by (dst_ip)
(rate(upf_walled_garden_bytes_forwarded_total[5m])))

# أكثر النطاقات المزورة استعلامًا
topk(10, sum by (domain)
(rate(upf_walled_garden_dns_spoofed_total[5m])))

# معدل البحث عن النطاق المدرج في القائمة البيضاء
sum by (domain) (rate(upf_walled_garden_dns_forwarded_total[5m]))

# نسبة الحزم المفقودة مقابل المعاد توجيهها
sum(rate(upf_walled_garden_packets_dropped_total[5m]))
/ sum(rate(upf_walled_garden_packets_intercepted_total[5m]))
```

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

عدم ظهور بوابة الأسرية على الجهاز

ولكن الجهاز لا يظهر موجه بوابة أسرية (API مرئي في) **الأعراض**: يتم إعادة توجيه المشترك

الأسباب المحتملة:

- المكون IP خادم البوابة لا يستجيب على عنوان
- خادم البوابة لا يتعامل مع عناوين الكشف الخاصة بالمنصة
- (GTP-U تحقق من مسار) UE لا تصل إلى DNS استجابة

الحل:

1. تحقق من أن خادم البوابة يمكن الوصول إليه `curl http://<portal_ip>/`
2. (على سبيل المثال) تأكد من أن البوابة تتعامل مع عناوين الكشف `GET /hotspot-detect.html` (Apple J)
3. لتأكيد تسجيل الجلسة `GET /v1/walled_garden` تحقق من
4. تحقق من مقاييس بروميثيوس: يجب أن تزداد `upf_walled_garden_dns_spoofed_total`
5. (FORW في DL FAR يجب أن تبقى) الهابط يعمل GTP-U تحقق من أن مسار

عدم تحميل صفحة الدفع

(إلخ، Stripe) **الأعراض:** يرى المشترك بوابة أسرية ولكنه لا يمكنه الوصول إلى صفحة الدفع

الأسباب المحتملة:

- نطاق معالج الدفع ليس في القائمة البيضاء
- لم يتم تخزينه IP CDN يستخدم معالج الدفع عنوان
- نمط القائمة البيضاء لا يتطابق مع النطاقات الفرعية بشكل صحيح

الحل:

1. تشمل `whitelisted_ips` تحقق من أن `GET /v1/walled_garden` تحقق من لمعالجات الدفع IP عناوين
2. تحقق من بروميثيوس: يجب أن تظهر `upf_walled_garden_dns_forwarded_total{domain="stripe.com"}` عمليات البحث
3. أضف النطاقات المفقودة إلى القائمة البيضاء (شائعة: `js.stripe.com`, `m.stripe.network`)
4. حسب `dst_ip` `upf_walled_garden_bytes_forwarded_total` تحقق من لرؤية ما هي الحركة التي تتدفق فعليًا

عدم تفعيل إعادة التوجيه

ولكن حركة مرور `redirect_information` تعديل الجلسة مع SMF **الأعراض**: يرسل المشترك لا يتم اعتراضها.

الأسباب المحتملة:

- `walled_garden_enabled` هو `false`
- **(الرفع FAR يجب أن يكون في) غير صحيح FAR** في `redirect_information` IE
- BUFF إلى FAR لم يتم تجاوز إجراء

الحل:

1. `walled_garden_enabled = true`: تحقق من التكوين
2. للجلسة. يجب أن FAR انظر إلى إجراء — `GET /v1/pfcp_sessions` تحقق من (BUFF) `04x` الرفع الإجراء FAR 0 يظهر
3. للجلسة في قائمة TEID يجب أن يظهر — `GET /v1/walled_garden` تحقق من إعادة التوجيه
4. أثناء تعديل الجلسة `redirect_info` للرسائل UPF تحقق من سجلات

عدم مسح إعادة التوجيه بعد إعادة الشحن

الأعراض: قام المشترك بإعادة شحن رصيده ولكن الحركة لا تزال معترضة.

الأسباب المحتملة:

- تعديل الجلسة لإزالة إعادة التوجيه SMF لم يرسل
- FORW إلى BUFF لم يتم اكتشاف الانتقال من

الحل:

1. هل لا تزال الجلسة مدرجة؟ — `GET /v1/walled_garden` تحقق من
2. قد تم تحديثه مرة FAR تحقق من أن إجراء — `GET /v1/pfcp_sessions` تحقق من (FORW) `02x` أخرى إلى 0
3. لتأكيد أنه أرسل تعديل الجلسة SMF تحقق من سجلات
4. للرسالة "تمت إزالة إعادة التوجيه، إلغاء تسجيل الحديقة UPF تحقق من سجلات المسورة"

الهابط غير صحيح (قديم بعد تعديل الجلسة) TEID

؛ يتم إرسال حزم UE المزورة أو الحركة المعاد توجيهها لا تصل إلى DNS **الأعراض**: استجابات غير معروف TEID يسقطها ك eNB ولكن gNB الصحيح ل IP إلى عنوان GTP-U.

صفرًا أو SGW ل FAR DL في eNB TEID قد يكون ،IG/SGW+PGW **السبب**: في طوبولوجيات 4 على سبيل المثال،) عنصر نائب في الوقت الذي يتم فيه تفعيل إعادة توجيه الحديقة المسورة TEID بتخصيص eNB عندما يقوم .(بعد إنشاء الجلسة Initial Context Setup يحدث تبادل ولكن — SGW في جلسة FAR DL الخاص به ويرسله مرة أخرى عبر تعديل الجلسة، يتم تحديث غير الصحيح TEID إذا كان الموزع قد خزّن القيمة القديمة، فسوف يستخدم

الحالي FAR DL حيا في وقت الاستجابة من خلال البحث في DL TEID **الحل**: يقوم الموزع بحل !=remoteip مضبوطة و outer_header_creation مع FAR) SGW لجلسة إنه يتراجع فقط إلى القيمة المخزنة في وقت التفعيل إذا فشلت عملية البحث عن .(n3_address أو المعاد DNS القديم نفسه بمجرد إرسال الاستجابة التالية TEID الجلسة. لذلك، يجب أن يصحح :غير صحيح TEID توجيهها. إذا كنت لا تزال ترى

1. في إدخال إعادة dl_teid تحقق من أن — GET /v1/walled_garden تحقق من .التوجيه يبدو معقولاً (غير صفر).
2. SGW؛ لجلسة FAR انظر إلى إدخالات — GET /v1/pfcp_sessions تحقق من .الحاليين remoteip و teid على gNB التي تواجه FAR يجب أن تحتوي.
3. ستبقى إدخال إعادة ،(على سبيل المثال، تسليم أو تحرير) SGW إذا تم حذف جلسة .ولكن البحث الحي سيفشل. في هذه الحالة، استخدم RedirectIndex التوجيه في SMF لتنظيف الإدخال القديم والسماح ل DELETE /v1/walled_garden/:seid بإعادة الإنشاء.

تعيد البوابة 304 غير معدلة

الأعراض: يظهر متصفح المشترك صفحة فارغة أو يتم تحميل صفحة البوابة الأسرية مرة واحدة ولكن الزيارات اللاحقة تظهر فارغة.

عندما يكون لدى المتصفح إصدار مخزن (غير معدلة) HTTP 304 **السبب**: يتم إرسال استجابات من الصفحة ويؤكد الخادم أنه لم يتغير شيء. بالنسبة لتدفقات البوابة الأسرية، ترسل بعض خوادم (/hotspot-detect.html)، الويب الخاصة بالبوابة 304 استجابة لطلبات الكشف عن المنصة If-None- أو If-Modified-Since إذا أرسل المتصفح رؤوس (إلخ ،/generate_204 Match. ترسل بعض تطبيقات البوابة الأسرية أيضًا 304 لصفحة إعادة توجيه نفسها.

الحل:

1. من خادم البوابة بشكل شفاف — لا يعدل HTTP بإعادة توجيه استجابات UPF يقوم .رموز الاستجابة. المشكلة في تكوين خادم الويب الخاص بالبوابة
2. على خادم البوابة، تأكد من أن نقاط نهاية الكشف عن المنصة تعيد الحالة الصحيحة .(200، وليس 304) مع محتوى الجسم المتوقع (انظر **كشف البوابة الأسرية**)
3. وترك رؤوس `Cache-Control: no-store` قم بتكوين خادم البوابة لإرسال `ETag/Last-Modified` على نقاط نهاية الكشف حتى لا يقوم المتصفحات بتخزينها
4. يجب أن تكون الاستجابة — `curl -v -H "If-None-Match: foo" http://<portal_ip>/hotspot-detect.html` :تحقق باستخدام 200، وليس 304.

توجيه مقبس خام

مدرج في القائمة البيضاء، فإنه يستخدم IP عندما يقوم الموزع بإعادة توجيه حزمة إلى عنوان يتم فتح Erlang. في `socket` عبر وحدة (رقم البروتوكول 255، `IPPROTO_RAW`) **مقبس خام** (eBPF كما تم استلامها من) مقبس خام جديد لكل حزمة، ويتم إرسال الحزمة الداخلية الكاملة .ويتم إغلاق المقبس على الفور، `sendto` باستخدام

صالح مع عنوان IP بالفعل على رأس GTP-U **كيف يعمل هذا**: تحتوي الحزمة الداخلية من حمولة كمصدر وعنوان خادم الوجهة كوجهة. من خلال حقن هذه الحزمة عبر مقبس خام UE ل IP يقوم النواة بتوجيهها بناءً على عنوان الوجهة باستخدام `IPPROTO_RAW` باستخدام على مسار إلى خادم البوابة/الوجهة المدرجة UPF الخاصة بـ N6 المضيف. يجب أن تحتوي واجهة في القائمة البيضاء لكي يعمل هذا

المشاكل الشائعة:

الحل	السبب المحتمل	العرض
يعمل كجذر أو لديه OmniUPF تأكد من أن القدرة CAP_NET_RAW	يتطلب — EPERM المقبس الخام الجذر أو CAP_NET_RAW	فشل التوجيه بصمت
أضف مسارًا إلى الشبكة الفرعية للبوابة على UPF مضيف	إلى البوابة N6 مسار مفقود	تم توجيه الحزم ولكن لا تصل UE استجابة إلى
systemd تحقق من خدمة AmbientCapabilities=CAP_NET_RAW	قدرة مفقودة أو قيود نواة	Walled garden: raw socket open failed في السجلات
يتم IP UE تأكد من أن استجابات البوابة إلى UPF توجيهها مرة أخرى عبر	يعيد N6 على NAT كتابة المصدر	يعمل التوجيه UE ولكن يحصل خاطئ IP على كمصدر

raw و Walled garden forward failed للحصول على رسائل UPF تحقق من سجلات استخدم مقاييس بروميثيوس. raw socket open failed. و upf_walled_garden_packets_forwarded_total و upf_walled_garden_bytes_forwarded_total لتأكيد تدفق الحركة.

تحذير من الكاردينالية العالية لبروميثيوس

على مقاييس الحديقة المسورة إلى إنتاج domain و dst_ip ملاحظة: يمكن أن تؤدي التسميات كاردينالية عالية إذا تم استعلام العديد من الوجهات أو النطاقات الفريدة. في النشر الكبير، ضع في اعتبارك استخدام قواعد التسجيل لتجميع هذه المقاييس:

```
# الفردي IP قاعدة تسجيل لتجميع حسب الشبكة الفرعية 24/ بدلاً من  
sum by (dst_subnet) (  
  label_replace(  
    rate(upf_walled_garden_bytes_forwarded_total[5m]),  
    "dst_subnet", "$1.0/24", "dst_ip", "(\d+\.\d+\.\d+)\.\d+"  
  )  
)
```

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. XDP عرض قدرات
11. عارض السجلات

نظرة عامة

لوحة تحكم شاملة للمراقبة والإدارة في OmniUPF توفر واجهة المستخدم على الويب الخاصة بـ Phoenix LiveView الوقت الحقيقي لوظيفة مستوى المستخدم. تم بناء الواجهة على

- النشطة PDU و اتصالات PFCP **رؤية في الوقت الحقيقي** لجلسات
- عبر جميع الجلسات URR و QER و FAR و PDR **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

الهيكلة

الخاصة REST عبر واجهة برمجة التطبيقات OmniUPF تتواصل لوحة التحكم مع عدة مثيلات من بها 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

OmniUPF على خادم إدارة HTTPS تكون لوحة التحكم متاحة عبر

```
https://<upf-server>:443/
```

(مع شهادة موقعة ذاتيًا HTTPS) **المنفذ الافتراضي: 443**

التكوين

OmniUPF في `config/config.exs` تتطلب لوحة التحكم تكوين مضيف

: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**
- URR و QER و FAR و PDR فحص قواعد - `/rules` - **القواعد**

- مراقبة الحزم والتحكم - /buffers - **المخازن**
- والواجهات XDP إحصائيات الحزم والمسارات و - /statistics - **الإحصائيات**
- ومراقبة السعة eBPF استخدام خرائط - /capacity - **السعة**
- وعناوين 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

(SMF/PGW-C اتصالات التحكم من) النشطة PFCP يعرض جميع ارتباطات

الوصف	العمود
معرف عقدة	معرف عقدة SMF أو PGW-C (FQDN أو IP)
العنوان	PFCP للتواصل عبر SMF/PGW-C ل IP عنوان
المتاحة التالية لهذا الارتباط	معرف جلسة PFCP

العرض:

- UPF بـ SMF التحقق من اتصال
- مراقبة عدد اتصالات مستوى التحكم
- تتبع تخصيص معرف الجلسة لكل ارتباط

جدول الجلسات النشطة

UE: النشطة لـ PDU التي تمثل جلسات PFCE يعرض جميع جلسات

الوصف	العمود
UPF معرف نقطة نهاية الجلسة المعنية من	المحلي SEID
SMF معرف نقطة نهاية الجلسة المعنية من	البعيد SEID
لمعدات المستخدم IPv4 أو IPv6 عنوان	UE عنوان
لحركة المرور الصاعدة GTP-U معرف نقطة نهاية نفق	TEID
عدد قواعد اكتشاف الحزم في الجلسة	PDRs
عدد قواعد إجراء إعادة التوجيه في الجلسة	FARs
في الجلسة QoS عدد قواعد تنفيذ	QERs
عدد قواعد تقارير الاستخدام في الجلسة	URRs
زر التوسيع لعرض معلومات القاعدة التفصيلية	الإجراءات

:الميزات

- UE محدد لـ IP العنود على الجلسات لعنوان: **IP تصفية بواسطة**
- العنود 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

- FAR، معرف UE، عنوان TEID، كامل مع JSON: **(PDRs) قواعد اكتشاف الحزم**
SDF مرشحات، معرف QER،
 - **قابلة للنقر** - انقر للتنقل إلى علامة التبويب القواعد **PDR معرفات**
الكاملة PDR وعرض تفاصيل
 - الصاعدة PDR بالبحث عن (TEID ≠ 0) الصاعدة PDRs ترتبط

- النازلة PDR بالبحث عن (IPv4) النازلة PDRs ترتبط
- IPv6 النازلة PDR بالبحث عن (IPv6) النازلة PDRs ترتبط
- **أعلام الإجراءات، إنشاء رأس خارجي، نقاط: (FARs) قواعد إجراء إعادة التوجيه**
النهاية الوجهة
- **الأخرى QoS ومعلومات QFI و GBR و MBR: QoS (QERS) قواعد تنفيذ**
- **عدادات الحجم (الصاعدة والنازلة وإجمالي: (URRs) قواعد تقارير الاستخدام**
(البايتات)

لجلسة معينة QERS و FARs و PDRs عرض الجلسة الموسعة يظهر تفاصيل

حالات الاستخدام

UE تحقق من اتصال

1. انتقل إلى عرض الجلسات
2. في الفلتر UE لـ IP أدخل عنوان
3. الصحيح TEID تأكد من وجود الجلسة مع
4. PDR/FAR قم بالتوسيع للتحقق من تكوين

مراقبة عدد الجلسات:

- تحقق من إجمالي عدد الجلسات في الرأس
- UPF قارن 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
- FAR تحقق من معلومات إعادة توجيه
- QoS لـ QER تحقق من إعدادات

التحديثات في الوقت الحقيقي

UPF: يقوم عرض الجلسات بتحديث تلقائي كل 10 ثوانٍ. يظهر مؤشر صحة حالة اتصال

- قابل للوصول ويستجيب UPF: **صحي** (أخضر)
- غير قابل للوصول أو لا يستجيب UPF: **غير صحي** (أحمر)
- **غير معروف** (رمادي): حالة الصحة لم تحدد بعد

إدارة القواعد

الرابط: </rules>

وتقارير QoS يوفر عرض القواعد فحصًا شاملاً لجميع قواعد اكتشاف الحزم وإعادة التوجيه و الاستخدام عبر جميع الجلسات.

قواعد اكتشاف الحزم - PDR علامة تبويب

:مع نماذج البحث و التنقل القابل للنقر UPF في PDRs عرض وفحص جميع

:PDRs المساعدة (N3 → N6):

- المساعدة المحددة PDR لعرض تفاصيل TEID **نموذج البحث**: البحث بواسطة
- (قابل للنقر - ينتقل إلى البحث) gNB من GTP-U معرف نقطة نهاية نفق: **TEID**

- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة) قاعدة إجراء إعادة التوجيه المرتبطة: **FAR معرف** (FAR تبويب)
- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة تبويب) المرتبطة QoS **QER معرف** (قاعدة تنفي QER)
- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة) قواعد تقارير الاستخدام المرتبطة: **URR معرفات** (URR تبويب)
- **GTP-U إزالة الرأس الخارجي**: علامة إزالة التفكيك
- **SDF مرشحات**: قواعد تصنيف تدفق البيانات الخدمية

PDRs النازلة (N6 → N3):

- النازلة PDR لعرض تفاصيل UE لـ IPv4 **نموذج البحث**: البحث بواسطة عنوان المحددة
- لمعدات المستخدم (معروض في نتائج البحث) IPv4 عنوان: **UE عنوان**
- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة) قاعدة إجراء إعادة التوجيه المرتبطة: **FAR معرف** (FAR تبويب)
- (QER قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة تبويب) المرتبطة QoS قاعدة تنفيذ: **QER معرف**
- قابلة للنقر - تنتقل إلى علامة) قواعد تقارير الاستخدام المرتبطة: **URR معرفات** (URR تبويب)
- (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 النازلة IPv6:

- IPv6 النازلة PDRs تدعم واجهة برمجة التطبيقات التصفح لـ
- IPv6 ولكن مفاتيح بواسطة عناوين IPv4 نفس الهيكل مثل
- يمكن إضافة علامة تبويب واجهة المستخدم الكاملة إذا لزم الأمر

قواعد إجراء إعادة التوجيه - FAR علامة تبويب

:مع إجراءاتها ومعلوماتها FARs عرض جميع

الميزات:

- المحددة FAR لعرض تفاصيل FAR **نموذج البحث**: البحث بواسطة معرف
- يملأ البحث تلقائيًا PDR من تفاصيل FAR **البحث التلقائي**: انقر على معرفات

- حالة التخزين الحالية FAR **التحديثات في الوقت الحقيقي**: تعكس حالة

الوصف	العمود
معرف قاعدة إعادة التوجيه الفريد	معرف FAR
و BUFFER و DROP و FORWARD) أعلام إجراءات إعادة التوجيه (DUPLICATE و NOTIFY)	الإجراء
حالة التخزين الحالية (مفعّل/معطل)	التخزين
(IP عنوان، TEID) معلمات إنشاء الرأس الخارجي	الوجهة

FAR أعلام إجراء:

- **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

QoS قواعد تنفيذ - QER علامة تبويب

:المطبقة على تدفقات الحركة QoS عرض قواعد

:الميزات

- للتنقل وتبسيط PDR من تفاصيل QER **التنقل القابل للنقر**: انقر على معرفات محدد QER الضوء على
- PDR عند التنقل من QER **التبسيط التلقائي**: يتم تبسيط الضوء على صف

- مع عناصر التحكم في الصفحات (افتراضي 100 لكل صفحة، QERS **التصفح**: تصفح الحد الأقصى 1000)

الوصف	العمود
(PDRs قابل للنقر عند الإشارة إليه من) الفريد QoS معرف قاعدة	QER معرف
(kbps) الحد الأقصى لمعدل البت لحركة المرور الصاعدة	(الصاعدة) MBR
(kbps) الحد الأقصى لمعدل البت لحركة المرور النازلة	(النازلة) MBR
(kbps) معدل البت المضمون لحركة المرور الصاعدة	(الصاعدة) GBR
(kbps) معدل البت المضمون لحركة المرور النازلة	(النازلة) GBR
(G علامة 5) QoS معرف تدفق	QFI

QoS: تفسير

- 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 وتبسيط الضوء URR للعثور على URR **نموذج البحث**: البحث بواسطة معرف عليه
- للتنقل وتبسيط PDR من تفاصيل URR **التنقل القابل للنقر**: انقر على معرفات محدّد URR الضوء على
- باللون الأزرق عند التنقل من URR **التبسيط التلقائي**: يتم تبسيط الضوء على صف أو البحث عبر البحث PDR
- مع عناصر التحكم في الصفحات (افتراضي 100 لكل صفحة، URRs **التصفح**: تصفح الحد الأقصى 1000)

الوصف	العمود
قابل للنقر عند الإشارة إليه من) معرف قاعدة تقارير الاستخدام الفريد (PDRs)	URR معرف
إلى الشبكة البيانات UE بايتات أرسلت من	حجم الصاعدة
UE بايتات أرسلت من الشبكة البيانات إلى	حجم النازلة
إجمالي البايتات في كلا الاتجاهين	إجمالي الحجم
URR زر الحذف لإعادة تعيين العدادات لهذه	الإجراءات

عرض الحجم:

- (TB و GB و MB و KB و B) يتم تنسيقه تلقائيًا
- يتم تحديث العدادات في الوقت الحقيقي مع كل تحديث
- يستخدم للفوترة والتحليلات

التصفية:

- ذات الحجم غير الصفري URRs يظهر فقط
- غير النشطة (جميع العدادات عند 0) لأغراض الأداء URRs يتم تصفية

حالات الاستخدام

فحص تصنيف الحركة:

1. PDR انتقل إلى القواعد → علامة تبويب
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. FAR انتقل إلى القواعد → علامة تبويب
2. للجلسة PDR من FAR حدد معرف

3. FORWARD تحقق من أن الإجراء هو (DROP ليس) BUFFER أو
4. تحقق من معلمات إنشاء الرأس الخارجي

QoS: مراقبة تنفيذ

1. QER انتقل إلى القواعد → علامة تبويب
2. تتطابق مع السياسة GBR و MBR تحقق من أن قيم
3. G لتدفقات 5 QFI تحقق من علامة

تتبع استخدام البيانات

1. URR انتقل إلى القواعد → علامة تبويب
2. قم بفرز حسب الحجم الإجمالي للعثور على أعلى المستخدمين
3. راقب نمو الحجم بمرور الوقت
4. تحقق من تكامل الفوترة

إدارة المخازن

الرابط: </buffers>

الميزات

أثناء أحداث التنقل أو تبديل المسارات UPF يعرض عرض المخازن مخازن الحزم التي تحتفظ بها.

الإحصائيات الإجمالية

💡💡: تعرض لوحة المعلومات إحصائيات المخازن المجمع

- FARS إجمالي الحزم: عدد الحزم المخزنة عبر جميع
- إجمالي البايتات: إجمالي حجم البيانات المخزنة
- التي تحتوي على حزم مخزنة FARS عدد: FARS إجمالي
- FAR الحد الأقصى للحزم المسموح بها لكل FAR الحد الأقصى لكل
- الحد الأقصى الإجمالي: الحد الأقصى للحزم المخزنة
- الحزمة: الوقت حتى انتهاء صلاحية الحزم المخزنة (بالثواني) TTL

FAR المخازن حسب

مع الحزم المخزنة FARS جدول لجميع

الوصف	العمود
معرف قاعدة إجراء إعادة التوجيه	FAR معرف
FAR عدد الحزم المخزنة لهذا	عدد الحزم
FAR إجمالي البايتات المخزنة لهذا	عدد البايتات
الطابع الزمني لأقدم حزمة مخزنة	أقدم حزمة
الطابع الزمني لأحدث حزمة مخزنة	أحدث حزمة
أزرار التحكم في المخزن (على شكل حبوب)	الإجراءات

إجراءات التحكم في المخازن

مع حزم مخزنة، تتوفر الأزرار التالية على شكل حبوب FAR لكل

تحكم التخزين

- FAR (يحدث علامة إجراء) FAR **تعطيل التخزين** (أحمر): إيقاف التخزين لهذا
- FAR **تمكين التخزين** (أرجواني): تشغيل التخزين لهذا

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
- يتطلب تأكيد

حالات الاستخدام

مراقبة تخزين الانتقال:

1. أثناء الانتقال، تحقق من أن الحزم يتم تخزينها.
2. (يجب أن تكون مفعلة) FAR تحقق من حالة تخزين.
3. راقب عدد الحزم وعمرها.

إكمال الانتقال:

1. بعد تبديل المسار، انقر على "تفريغ" لإعادة تشغيل الحزم المخزنة.
2. تحقق 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. تحقق من إجمالي عدد الحزم مقابل الحد الأقصى الإجمالي.
2. مع تخزين مفرط FARS حدد.
3. قد أرسل تعديل الجلسة لتعطيل التخزين SMF تحقق من أن.
4. SMF قم بتعطيل التخزين يدويًا إذا تم تفويت أمر.

التحديثات 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 مرجع المقاييس Prometheus، المعلومات التفصيلية حول مقاييس

إحصائيات الحزم

عدادات معالجة الحزم المجمعة:

- إجمالي الحزم المستلمة على ج♦♦ يع الواجهات: **RX حزم**
- إجمالي الحزم المرسل على جميع الواجهات: **TX حزم**
- **حزم تم إسقاطها:** الحزم التي تم تجاهلها بسبب الأخطاء أو السياسة
- GTP-U الحزم المعالجة مع تغليف: **GTP-U حزم**

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

XDP إحصائيات

eXpress Data Path مقاييس أداء:

- **XDP المعالج:** إجمالي الحزم المعالجة في طبقة **XDP**
- **المرسلة:** الحزم المرسل إلى كومة الشبكة **XDP**
- **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
- فشل البحث في خريطة
- إسقاطات قائمة على السياسة
- استنفاد الموارد

N3/N6 إحصائيات واجهة

عدادات حركة المرور لكل واجهة

N3 (اتصال RAN) واجهة

- **RX N3**: الحزم المستلمة من gNB/eNodeB
- **TX N3**: الحزم المرسل إلى gNB/eNodeB

N6 (اتصال الشبكة البيانات) واجهة

- **RX N6**: الحزم المستلمة من الشبكة البيانات (IMS/الإنترنت)
- **TX N6**: الحزم المرسل 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. تحقق من أن الحركة تتدفق في كلا الاتجاهين
3. (يجب أن تكون متساوية تقريبًا) N6 مقابل N3 قارن حركة

اكتشاف إسقاط الحزم:

1. تحقق من عداد الحزم المرفوضة
2. XDP راجع عداد الحزم المرفوضة
3. تحقق من السبب في السجلات إذا كانت الإسقاطات مرتفعة

تحليل الأداء:

1. XDP راقب نسبة الحزم المعالجة إلى المرسلة
2. (تشير إلى الأخطاء) XDP تحقق من إسقاطات
3. N3/N6 تحقق من توزيع حركة المرور على واجهات

تخطيط السعة:

1. تتبع معدل الحزم بمرور الوقت
2. UPF قارن مع حدود سعة
3. خطط للتوسع إذا اقتربت من الحدود

التحديثات في الوقت الحقيقي

تقوم الإحصائيات بالتحديث تلقائيًا كل 5 ثوانٍ.

مراقبة السعة

الرابط: </capacity>

الميزات

UPF وحدود السعة لجميع الخرائط في مسار بيانات eBPF يعرض عرض السعة استخدام خريطة

eBPF جدول استخدام خريطة

مع معلومات الاستخدام eBPF جدول لجميع خرائط

الوصف	العمود
اسم الخريطة	اسم خريطة (مثل uplink_pdr_map, far_map) eBPF
المستخدم	عدد الإدخالات الموجودة حاليًا في الخريطة
السعة	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
- كهرماني (70-90%): تحذير، خطط لزيادة السعة
- أحمر (<90%): حرجة، يتطلب اتخاذ إجراء فوري

الخرائط الحرجة للمراقبة

uplink_pdr_map:

- TEID الصاعدة المفاتيح بواسطة PDRS يخزن
- إدخال واحد لكل تدفق حركة مرور صاعدة
- حرجة: الاستنفاد يمنع إنشاء جلسات جديدة

downlink_pdr_map / downlink_pdr_map_ip6:

- UE ل IP النازلة المفاتيح بواسطة عنوان PDRS يخزن
- UE ل IPv4/IPv6 إدخال واحد لكل عنوان
- 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:

- QER 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.
- تحسين أحجام الخرائط بناءً على أنماط الاستخدام الفعلية.

تكوين السعة

:القيم النموذجية. UPF في ملف تكوين UPF عند بدء تشغيل eBPF 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

ذاكرة الخريطة = (حجم المفتاح + حجم القيمة) × السعة

مع 1 مليون إدخال وقيم بحجم 64 بايت حوالي 64 PDR على سبيل المثال، تستخدم خريطة ميجابايت من ذاكرة النواة.

التحديثات 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

UPF تكوين

:الثابت UPF يعرض تكوين

- SMF/PGW-C والمنفذ للاتصال بـ IP عنوان: **PF** **واجهة**
- RAN (gNB/eNodeB) للاتصال 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**
- OmniUPF **الإصدار**: إصدار برنامج

(eBPF) تكوين مستوى البيانات

:يعرض معلومات 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

UPF: تحقق من اتصال

1. gNB يتطابق مع تكوين N3 تحقق من أن عنوان واجهة
2. يمكنها التوجيه إلى الشبكة البيانات N6 تحقق من أن واجهة
3. SMF قابلة للوصول من PFCP تأكد من أن واجهة

است: شاف مشكلات الواجهة:

1. قارن التكوين الثابت مع العناوين النشطة في مستوى البيانات
2. تحقق من أن الواجهات مرتبطة بشكل صحيح
3. تحقق من تغييرات تكوين الواجهة

:التوثيق والتدقيق

1. للتوثيق UPF سجل تكوين
2. تحقق من أن النشر يتطابق مع مواصفات التصميم
3. تدقيق تعيينات الواجهة

عرض المسارات

الرابط: /routes

الميزات

وجلسات بروتوكول (UE) لمعدات المستخدم IP يوفر عرض المسارات مراقبة شاملة لمسارات (BGP و OSPF) 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

الوصف	العمود
رقم فهرس المسار	الفهرس
UE المعين لـ IPv6 أو IPv4 عنوان	UE IP عنوان

:الغرض

- التي تم تكوين مسارات لها UE لـ IP عرض جميع عناوين
- التحقق من توزيع المسارات إلى بروتوكولات التوجيه
- مراقبة حالة تزامن المسارات

OSPF جيران

:OSPF (Open Shortest Path First) جدول لجيران بروتوكول

الوصف	العمود
OSPF معرف جهاز توجيه	معرف الجار
OSPF لجار IP عنوان	العنوان
OSPF الواجهة المستخدمة لجوار	الواجهة
(كاملة، أولية، إلخ) OSPF حالة جوار	الحالة
OSPF قيمة أولوية	الأولوية
المدة التي كان فيها الجار نشطًا	مدة التشغيل
الوقت حتى يعتبر الجار ميتًا	مدة الموت

OSPF حالات:

- **كاملة** (أخضر): متجاورة بالكامل وتبادل معلومات التوجيه
- **حالات أخرى** (أصفر): تشكيل الجوار أو غير مكتمل

BGP أقران

BGP (Border Gateway Protocol) جدول لأقران بروتوكول:

الوصف	العمود
BGP للجار IP عنوان	عنوان الجار
رقم النظام المستقل للجار	ASN
(تأسست، خاملة، إلخ) BGP حالة جلسة	الحالة
مدة الحالة الحالية	المدة
عدد بادئات المسار المستلمة من الجار	البادئات المستلمة
المرسلة إلى الجار BGP إجمالي رسائل	الرسائل المرسلة
المستلمة من الجار BGP إجمالي رسائل	الرسائل المستلمة

BGP حالات:

- نشطة، تتبادل المسارات BGP **تأسست** (أخضر): جلسة
- **حالات أخرى** (أحمر): الجلسة متوقفة أو في مرحلة التأسيس

.مكوّنًا 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

الوصف	العمود
(عادةً عنوان الشبكة) LSA معرف	معرف حالة الربط
قناع الشبكة للمسار	القناع
معرف جهاز التوجيه الذي يعلن عن هذا المسار الخارجي	جهاز التوجيه المعلن
(E1 أو E2) الخارجي OSPF نوع مقياس	نوع المقياس
للمسار OSPF مقياس تكلفة	المقياس
(بالثواني) LSA الوقت منذ أن تم إنشاء	العمر
للتحديثات LSA رقم تسلسل	رقم التسلسل

الغرض:

- OSPF يتم إعادة توزيعها في UE التحقق من أن مسارات
- مراقبة أي جهاز توجيه يعلن عن المسارات الخارجية
- والتحديثات LSA تتبع عمر

إجراءات التحكم في المسارات

زُر مزامنة المسارات

- FRR (Free Range Routing) يحفز يدويًا مزامنة المسارات إلى
- UE يجبر تحديث بروتوكول التوجيه مع المسارات الحالية لـ
- مفيد بعد تغييرات التكوين أو لاستعادة من فشل المزامنة

زُر التحديث

- يقوم بتحديث جميع معلومات المسار يدويًا
- وجداول المسارات، BGP أقران، OSPF يحدث جيران

حالات الاستخدام

مراقبة صحة بروتوكول التوجيه:

1. انتقل إلى عرض المسارات
2. ("يجب أن تكون" كاملة) OSPF تحقق من حالات جيران
3. "تأسست" BGP تحقق من أن أقران
4. تأكد من العدد المتوقع من الجيران/الأقران

UE: التحقق من توزيع مسارات

1. محدد UE النشطة لـ UE IP تحقق من جدول مسارات
2. OSPF انتقل إلى قسم المسارات المعاد توزيعها
3. الخارجية LSAs في UE تحقق من ظهور مسار
4. المتوقع UPF تأكد من أن جهاز التوجيه المعلن يتطابق مع

استكشاف مشكلات مزامنة المسارات

1. تحقق من العدادات المتزامنة مقابل الفاشلة في نظرة 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 تحقق 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 تحقق من أن جيران
4. BGP تحقق من علاقات الاقتران

مراقبة توسيع المسارات

1. UE تتبع العدد الإجمالي للمسارات مع زيادة جلسات
2. تحقق من توزيع المسارات إلى بروتوكولات التوجيه
3. LSAs OSPF راقب نمو عدد
4. المستلمة من الأقران BGP تحقق من عدد بادئات

التحديثات في الوقت الحقيقي

يقوم عرض المسارات بتحديث تلقائي كل 10 ثوانٍ لعرض حالة بروتوكول التوجيه الحالية ومسارات UE.

تكامل التوجيه

UPF الذي يعمل على FRR (Free Range Routing) يتكامل عرض المسارات مع

- **OSPF**: خارجية من النوع 2 LSAs يتم إعادة توزيع المسارات كـ
- **BGP**: المكونة BGP يتم الإعلان عن المسارات إلى أقران
- لتحديث vtysh أوامر REST **آلية المزامنة**: تستدعي مكالمات واجهة برمجة التطبيقات FRR

XDP عرض قدرات

الرابط: `/xdp_capabilities`

الميزات

وقدرات الأداء وحسابات eXpress Data Path (XDP) دعم وضع XDP يعرض عرض قدرات UPF الإنتاجية لمسار بيانات

تكوين الواجهة

:يعرض معلومات واجهة الشبكة والسائق

الوصف	الحقل
(مثل eth0، ens1f0) XDP واجهة الشبكة المستخدمة لـ	اسم الواجهة
(مثل i40e، ixgbe، virtio_net) اسم سائق الشبكة	السائق
سلسلة إصدار السائق	إصدار السائق
(NONE أو SKB أو DRV) النمط XDP وضع	الوضع الحالي
للمعالجة المتوازية NIC عدد أزواج طوابير	عدد الطوابير المتعددة

XDP أوضاع

:مع حالة دعمها وخصائص الأداء XDP يعرض العرض جميع أوضاع

XDP_DRV (وضع السائق):

- (ملايين الحزم في الثانية) Mpps الأداء: ~5-10
- الأصلي في السائق، أعلى أداء XDP **الوصف**: دعم
- (إلخ، mlx5، ixgbe، i40e) الأصلي XDP مع دعم NIC **يتطلب**: سائق
- XDP **الحالة**: مدعوم إذا كان لدى السائق خطافات
- حمراء (X) إذا لم يكن X **المؤشر**: علامة تحقق خضراء (✓) إذا كان مدعومًا، علامة كذلك

XDP_SKB (الوضع العام):

- Mpps الأداء: ~1-2
- **الوصف**: وضع احتياطي يستخدم كومة الشبكة في النواة
- **يتطلب**: أي واجهة شبكة
- **الحالة**: مدعوم دائمًا
- (✓) **المؤشر**: علامة تحقق خضراء

:مؤشر الوضع الحالي

- النمط حاليًا XDP نقطة زرقاء بجوار وضع
- يظهر أي وضع قيد الاستخدام فعليًا

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 (مثالي):

- "مع دعم السائق الأصلي XDP_DRV مثالي: تم تمكين وضع ✓"
- الوضع الأعلى أداءً نشط

أصفر (تحذير):

- "للحصول على أداء أفضل XDP_DRV يُعتبر الترقية إلى وضع △"
- يعمل في الوضع العام عندما يكون وضع السائق متاحًا
- "غير مدعوم من قبل هذا ⚠️⚠️ لسائق XDP_DRV تحذير: وضع △"

- القيود على الأجهزة تمنع الأداء الأمثل

أزرق (معلومات)

- XDP معلومات عامة حول تكوين

Mpps حاسبة أداء

(Gbps) إلى الإنتاجية (Mpps) حاسبة تفاعلية لتحويل معدل الحزم

معلومات الإدخال

(Mpps) معدل الحزم

- Mpps النطاق: 0.1 - 100
- 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
- GTP يتضمن الحزمة الكاملة مع تغليف

أزرار الإعداد السريع

- Ethernet الحد الأدنى لحجم إطار: **64B (الحد الأدنى)**
- **128B** حزم صغيرة
- **256B** مستوى التحكم أو الإشارات
- **512B** حزم متوسطة الحجم
- **1024B** حزم كبيرة
- بدون إطارات ضخمة Ethernet الحد الأقصى لحجم إطار: **1518B (الحد الأقصى)**

نتائج الحساب

(Gbps) إجمالي الإنتاجية

- الإنتاجية بمعدل السلك بما في ذلك جميع الرؤوس
- الصيغة:
$$\text{Gbps} = \text{Mpps} \times \text{Packet\_Size} \times 8 / 1000$$

- Ethernet و IP و UDP و GTP يتضمن رؤوس

(Gbps) معدل بيانات المستخدم:

- الإنتاجية الفعلية للحمولة المستخدم
- GTP يستبعد ~50 بايت من تكلفة تغليف
- الصيغة: $Gbps = Mpps \times (Packet\_Size - 50) / 1000$

معدل الحزم:

- والحزم/الثانية مع فاصل الآلاف Mpps يعرض
- حزمة/ثانية $Mpps = 10,000,000$ مثال: 10

عرض الصيغة:

- يظهر تفاصيل الحساب خطوة بخطوة
- $Gbps \text{ بايت} \times 8 \text{ بت/بايت} \div 1000 = 96 \times 1200 \text{ Mpps}$ مثال: 10

Mpps فهم

:يتضمن العرض قسم تفسير يغطي

Mpps ما هو:

- 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

GTP تكلفة تغليف:

- بايت 14 Ethernet: رأس
- (IPv6) أو 40 بايت (IPv4) بايت 20 IP: رأس

- بايت 8 UDP: رأس
- بايت (الحد الأدنى) 8 GTP: رأس
- إجمالي التكلفة النموذجية: ~50 بايت لكل حزمة

حالات الاستخدام

XDP: تقييم أداء

1. XDP انتقل إلى عرض قدرات
2. (للحصول على أفضل أداء DRV يجب أن يكون) الحالي XDP تحقق من وضع
3. Mpps لاحظ نطاق أداء
4. راجع شريط التوصية

:حساب الإنتاجية المتوقعة

1. Mpps أدخل معدل الحزمة المتوقع في
2. أدخل متوسط حجم الحزمة لملف حركة المرور الخاص بك
3. Gbps راجع الإنتاجية المحسوبة في
4. قارن مع سعة الرابط أو متطلبات الأداء

XDP: تحسين تكوين

1. مدعومًا ولكن غير نشط XDP_DRV تحقق مما إذا كان وضع
2. راجع إصدار السائق والتوافق
3. اتبع التوصية لترقية الوضع إلى وضع السائق إذا كان متاحًا
4. CPU تحقق من أن عدد الطواوير المتعددة يتوافق مع أنوية

:تخطيط السعة

1. المطلوب للإنتاجية المستهدفة Mpps استخدم الحاسبة لتحديد
2. الحالي XDP قارن مع قدرات وضع
3. حدد ما إذا كانت هناك حاجة لترقية الأجهزة
4. خطط لاختيار الواجهة والسائق للنموذج الجديد

:استكشاف مشكلات الأداء

1. SKB وليس DRV، هو XDP تحقق من أن وضع
2. تحقق من إصدار السائق لأية مشكلات أداء معروفة

- تحقق من أن عدد الطوابير المتعددة كافٍ 3.
- احسب ما إذا كان الوضع الحالي يدعم الإنتاجية المطلوبة 4.

نصائح لتحسين الأداء

(XDP_DRV) وضع السائق:

- (Intel i40e/ixgbe, Mellanox mlx5) الأصلي XDP مع دعم NICs استخدم
- إلى أحدث إصدار NIC تحديث برامج 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

التحديثات 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:

- Phoenix LiveView بث سجلات حية عبر
- تحديثات في الوقت الحقيقي عند إنشاء السجلات
- تاريخ سجلات قابل للتمرير
- مفيد لاستكشاف الأخطاء وإصلاحها أثناء الجلسات النشطة

مستويات السجل

Elixir القياسية في Logger مستويات OmniUPF تستخدم سجلات

- **DEBUG:** معلومات تشخيصية مفصلة
- **INFO:** رسائل معلومات عامة (افتراضي)
- **WARNING:** رسائل تحذير لمشكلات غير حرجية
- **ERROR:** رسائل خطأ للفشل

حالات الاستخدام

استكشاف مشكلات إنشاء الجلسة:

1. افتح عرض السجلات
2. SMF ابدأ إنشاء الجلسة من
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
3. FAR/PDR 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
- XDP راقب أخطاء معالجة

: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 تلقائيًا كل 5-10 ثوانٍ حسب العرض
- قد تستغرق قوائم الجلسات الكبيرة وقتًا للتحميل

- (URRs حجوم غير صفرية ل) يقوم عرض القواعد بتصفية الإدخالات النشطة فقط
- المحدد UPF يتم تنفيذ عمليات المخازن على الفور على

الوثائق ذات الصلة

- URR و QER و FAR و PDR **دليل إدارة القواعد** - تكوين
- **دليل المراقبة** - الإحصائيات والمقاييس وتخطيط السعة
- Prometheus **مرجع المقاييس** - مرجع كامل لمقاييس
- وتشخيص الجلسات PFCP رموز أخطاء - **PFCP رموز أسباب**
- والتصفح REST **توثيق واجهة برمجة التطبيقات** - مرجع واجهة برمجة التطبيقات
- FRR وتكامل UE **دليل المس** - تفاصيل توجيه
- eBPF ومعلومات XDP توثيق مفصل لوضع - **XDP دليل أوضاع**
- **دليل استكشاف الأخطاء** - مشكلات شائعة وتشخيصات
- العامة والهندسة المعمارية UPF عمليات - **UPF دليل عمليات**

لـ XDP أوضاع إرفاق OmniUPF

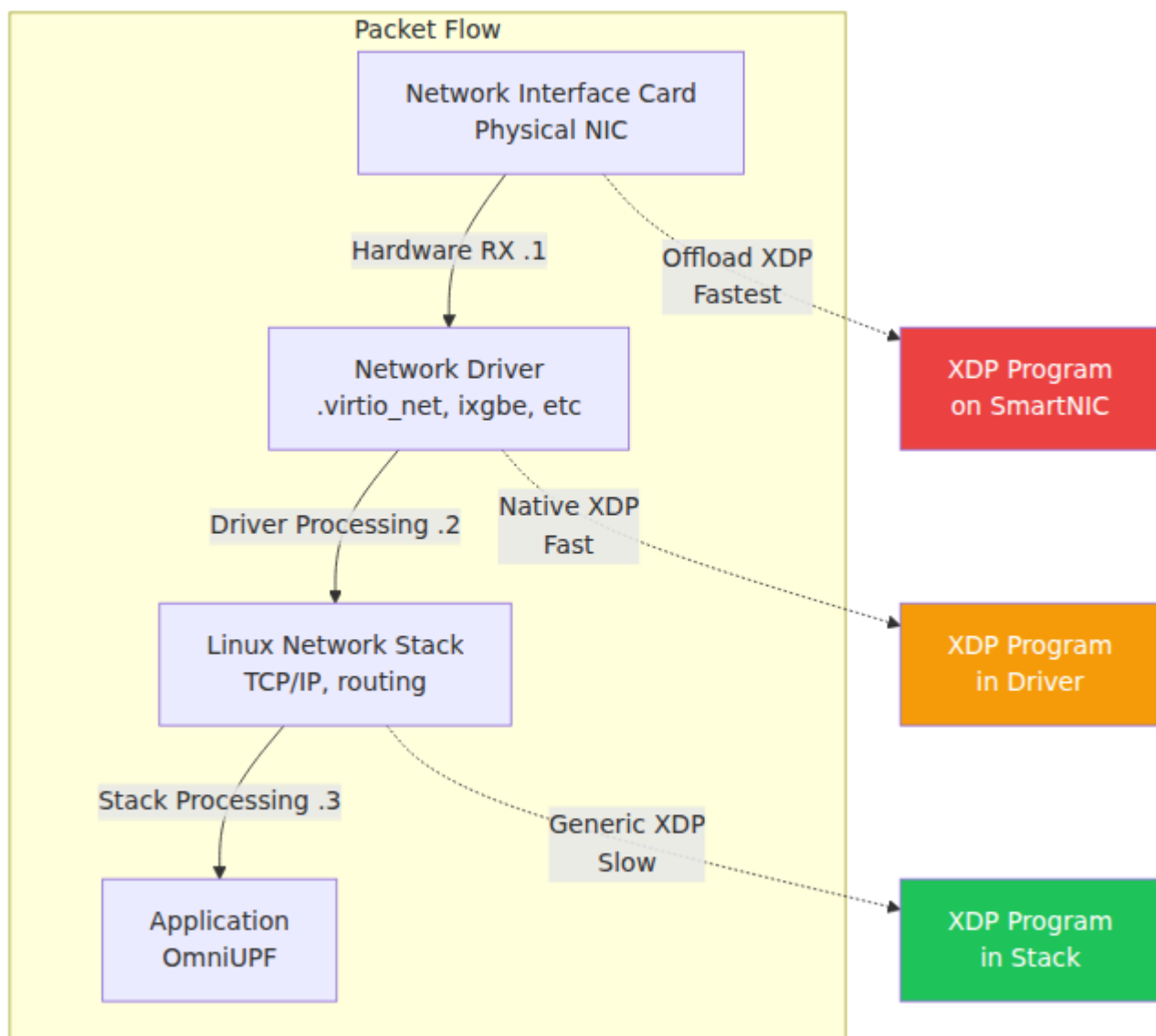
جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. XDP مقارنة أوضاع
3. الوضع العام (افتراضي)
4. الوضع الأصلي (موصى به للإنتاج)
5. وضع التحميل (SmartNIC)
6. Proxmox VE الأصلي على XDP تمكين
7. الأخرى Hypervisors الأصلي على XDP تمكين
8. XDP التحقق من وضع
9. XDP استكشاف مشكلات

نظرة عامة

هي تقنية XDP. لمعالجة الحزم عالية الأداء (مسار البيانات السريع) XDP OmniUPF يستخدم بالتشغيل في أقرب نقطة ممكنة في كومة (eBPF) نواة لينكس تسمح لبرامج معالجة الحزم الشبكة، مما يوفر زمن انتقال بمستوى الميكروثانية ومعدل نقل يصل إلى ملايين الحزم في الثانية.

:في مسار الحزمة eBPF أين يتم تنفيذ برنامج XDP يحدد وضع إرفاق



ويحدد ما إذا كنت تستطيع تحقيق OmniUPF الصحيح بشكل كبير على أداء XDP يؤثر اختيار وضع معالجة حزم بمستوى الإنتاج.

XDP مقارنة أوضاع

وضع التحميل	الوضع الأصلي	الوضع العام	الجانب
NIC أجهزة	برنامج التشغيل الشبكي	كومة الشبكة في لينكس	نقطة الإرفاق
~10-40 Mpps	~5-10 Mpps	~1-2 Mpps	الأداء
~1 μs	~10 μs	~100 μs	زمن الانتقال
منخفض	متوسط	مرتفع	استخدام وحدة المعالجة المركزية
مع دعم SmartNIC XDP	برنامج تشغيل يدعم XDP	NIC أي	متطلبات NIC
نادر (PCI passthrough)	معظمها (يتطلب تعدد الطوابير)	Hypervisors جميع	دعم Hypervisor
مواقع الحافة ذات النطاق الترددي العالي	الإنتاج (موصى به)	الاختبار، التطوير	حالة الاستخدام
xdp_attach_mode: offload	xdp_attach_mode: native	xdp_attach_mode: generic	التكوين

التوصية: استخدم الوضع الأصلي للنشر في الإنتاج. الوضع العام مناسب فقط للاختبار.

الوضع العام (افتراضي)

الوصف

في كومة الشبكة في لينكس بعد أن يقوم برنامج eBPF العام على تشغيل برنامج XDP يعمل ولكنه يعمل مع أي واجهة شبكة XDP التشغيل بمعالجة الحزمة. هذا هو أبسط وضع

خصائص الأداء

- (Mpps) معدل النقل: ~1-2 مليون حزمة في الثانية
- زمن الانتقال: ~100 ميكروثانية لكل حزمة
- (XDP الحزمة تُنسخ إلى كومة النواة قبل) عبء وحدة المعالجة المركزية: مرتفع

متى تستخدم

- التطوير والاختبار فقط
- بيئات المختبر حيث لا تهم الأداء
- النشر 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 ويهدر 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**: ~5-10 مليون حزمة في الثانية
- **زمن الانتقال**: ~10 ميكروثانية لكل حزمة
- **عبء وحدة المعالجة المركزية**: منخفض (الحزمة تُعالج على مستوى برنامج التشغيل)
- **NIC التوسع**: توسيع خطي مع أنوية وحدة المعالجة المركزية وطوابير

متى تستخدم

- **نشر الإنتاج** (موصى به)
- **الشبكات ذات الدرجة الناقلة** التي تتطلب نطاق ترددي عالي
- **سيناريوهات الحوسبة الحافة** مع متطلبات الأداء
- **أي نشر** حيث تهتم الأداء

NIC متطلبات برنامج تشغيل

الأصلي XDP الحديثة NICs تدعم معظم XDP 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) ✓

الأصلي (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 (أدناه Proxmox انظر قسم) الافتراضية.

(SmartNIC) وضع التحميل

الوصف

(SmartNIC) **NIC مباشرة على أجهزة eBPF** المحمل على تشغيل برنامج XDP يعمل متجاوزًا وحدة المعالجة المركزية تمامًا لمعالجة الحزم. يوفر هذا أعلى أداء ولكنه يتطلب أجهزة متخصصة.

خصائص الأداء

- (Mpps) **معدل النقل**: ~10-40 مليون حزمة في الثانية
- **زمن الانتقال**: ~1 ميكروثانية لكل حزمة
- (NIC المعالجة على) **عبء وحدة المعالجة المركزية**: قريب من الصفر

متى تستخدم

- (UPF لكل مثيل +10G) **نشر ذو نطاق ترددي فائق**

- مواقع الحافة مع تسريع الأجهزة
- نشر حساس للتكلفة (تقليل متطلبات وحدة المعالجة المركزية)

متطلبات الأجهزة

المحمل XDP حاليًا Netronome من SmartNICs Agilio تدعم فقط

- Netronome Agilio CX 10G/25G/40G/100G

غير متاح في تكوينات - **PCI passthrough** أو **bare metal** ملاحظة: يتطلب وضع التحميل القياسية VM.

التكوين

```
# config.yaml
interface_name: [eth0]
xdp_attach_mode: offload
```

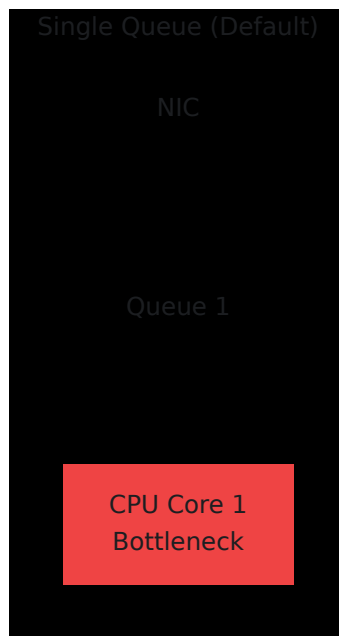
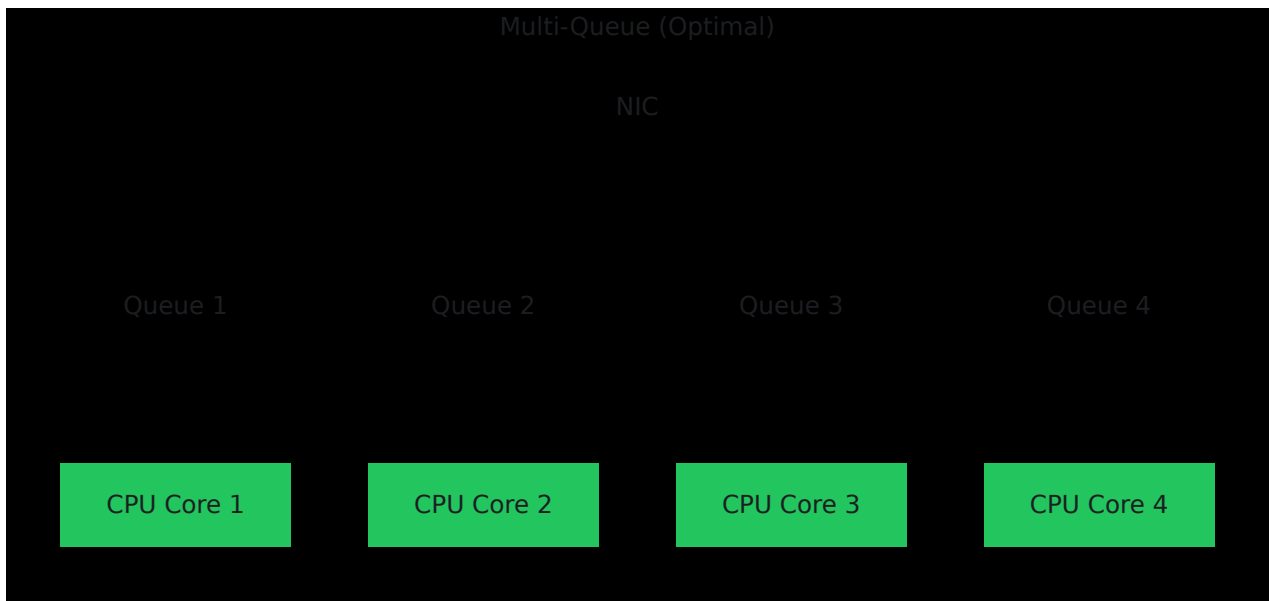
Proxmox VE الأصلي على XDP تمكين

الأصلي عبر برنامج XDP والتي تدعم، VMs، للـ **VirtIO** أجهزة الشبكة Proxmox VE 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 خطي



Proxmox الخطوة 2: تمكين تعدد الطوابير في

Proxmox الخيار أ: عبر واجهة ويب

1. **تمامًا** (ليس فقط إعادة التشغيل) **VM قم بإيقاف تشغيل**

- Proxmox الخاص بك في واجهة VM حدد
- انقر على **إيقاف التشغيل**

2. **تحرير جهاز الشبكة**

- انتقل إلى علامة التبويب **الأجهزة**
- انقر على جهاز الشبكة الخاص بك (مثل net0)
- انقر على **تحرير**

3. تعيين تعدد الطوابير

- "ابحث عن حقل **"تعدد الطوابير"**
- (الخاص بك، بحد أقصى 16 vCPU أو تطابق عدد) اضبطه على **8**
- انقر على **موافق**

4. بدء VM

- انقر على **بدء**

Proxmox الخيار ب: عبر سطر أوامر

```
# الخاص بك Proxmox إلى مضيف SSH

# الخاص بك VM ابحث عن معرف
qm list

# (الخاص بك VM بمعرف XXX استبدل) تعيين تعدد الطوابير
qm set XXX -net0 virtio=XX:XX:XX:XX:XX:XX,bridge=vmbr0,queues=8

# VM 191 مع MAC BC:24:11:1D:BA:00 مثال لـ
qm set 191 -net0 virtio=BC:24:11:1D:BA:00,bridge=vmbr0,queues=8

# VM قم بإيقاف تشغيل
qm shutdown XXX

# انتظر حتى يتم إيقاف التشغيل، ثم ابدأ
qm start XXX
```

توصيات عدد الطوابير:

- (VCPUs VMs جيد لـ 2-4) **طوابير**: الحد الأدنى للإنتاج **4**
- (VCPUs VMs 4-8) **طوابير**: موصى به لمعظم النشر **8**
- (VCPUs VMs 8+) **طوابير**: الحد الأقصى للأداء العالي **16**

VM الخطوة 3: تحقق من تعدد الطوابير داخل

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      <-- القيمة التي قمت
بتكوينها

# احسب الطوابير الفعلية
ls -ld /sys/class/net/eth0/queues/rx-* | wc -l
ls -ld /sys/class/net/eth0/queues/tx-* | wc -l

# يجب أن تظهر كلاهما 8 (أو القيمة التي قمت بتكوينها)
```

OmniUPF الأصلي في XDP الخطوة 4: تمكين

OmniUPF: قم بتحرير تكوين

```
# تحرير ملف التكوين
sudo nano /config.yaml
```

XDP: قم بتغيير وضع

```
# قبل
xdp_attach_mode: generic

# بعد
xdp_attach_mode: native
```

OmniUPF: أعد تشغيل

```
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
# XDPAAttachMode:native
# Attached XDP program to iface "eth0" (index 2)
```

API تحقق عبر

```
# استعلام التكوين
curl -s http://localhost:8080/api/v1/config | grep xdp_attach_mode

# المخرجات المتوقعة:
# "xdp_attach_mode": "native",
```

الشائعة Proxmox مشكلات

"XDP المشكلة: فشل في إرفاق برنامج

الحل:

- (ethtool -l eth0) تحقق من تمكين تعدد الطوابير
- (يجب أن يكون $5.15 \leq$) uname -r: تحقق من إصدار النواة
- VirtIO: تأكد من تحميل برنامج تشغيل lsmod | grep virtio_net

المشكلة: طابور واحد فقط على الرغم من التكوين

الحل:

- **مغلقًا تمامًا** (ليس معاد تشغيله) لتغييرات الطابور VM يجب أن يكون
- استخدم qm shutdown XXX && sleep 5 && qm start XXX
- Proxmox: تحقق في تكوين 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`

Hypervisors الأصلي على XDP تمكين الأخرى

VMware ESXi / vSphere

الأصلي XDP الذي يدعم `vmxnet3` برنامج التشغيل VMware تستخدم

المتطلبات:

- أو أحدث ESXi 6.7
- VM في +1.4.16 vmxnet3 إصدار برنامج تشغيل
- أو أحدث VM 14 إصدار الأجهزة

تمكين تعدد الطوابير:

1. VM قم بإيقاف تشغيل

2. VM: تحرير إعدادات

- تحرير الإعدادات → VM انقر بزر الماوس الأيمن على
- محول الشبكة → متقدم
- اضبط تمكين توزيع جانب الاستقبال على **مفعل**

3. (اختياري، لمزيد من الطوابير) `vmx`. تحرير ملف

```
ethernet0.pnicFeatures = "4"  
ethernet0.multiqueue = "8"
```

4. وتحقق VM ابدأ:

```
ethtool -l ens192 # تحقق من عدد الطوابير
```

تكوين OmniUPF:

```
interface_name: [ens192] # عادة VMware تستخدم ens192  
xdp_attach_mode: native
```

KVM / libvirt (Raw)

virsh تمكين تعدد الطوابير عبر:

```
# تحرير 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 hv_netvsc برنامج التشغيل Hyper-V تستخدم

المتطلبات:

- Windows Server 2016 أو أحدث
- VM خدمات تكامل لينكس 4.3+ في
- من الجيل الثاني VM

تمكين تعدد الطوابير:

Hyper-V على مضيف PowerShell:

```
# Hyper-V تعدد الطوابير في - (مطابور الآلة الافتراضية) VMQ تعيين #  
Set-VMNetworkAdapter -VMName "YourVM" -VrssEnabled $true -  
VmmqEnabled $true
```

OmniUPF تكوين:

```
interface_name: [eth0]  
xdp_attach_mode: native
```

VirtualBox

الأصلي XDP VirtualBox تحذير: لا يدعم.

XDP بتنفيذ روابط (e1000, virtio-net) VirtualBox **السبب**: لا تقوم برامج تشغيل الشبكة في

الحل: استخدم الوضع العام فقط:

```
xdp_attach_mode: generic # VirtualBox الخيار الوحيد لـ
```

XDP التحقق من وضع

الأصلي، تحقق من أنه يعمل بشكل صحيح XDP بعد تكوين

1. OmniUPF تحقق من سجلات

```
# عرض السجلات الأخيرة
journalctl -u omniupf --since "5 minutes ago" | grep -i xdp

# البحث عن:
# ✓ "xdp_attach_mode:native"
# ✓ "Attached XDP program to iface"
# ✗ "Failed to attach" أو "falling back to generic"
```

2. API تحقق عبر

```
# استعلام نقطة النهاية للتكوين
curl -s http://localhost:8080/api/v1/config | jq .xdp_attach_mode

# المخرجات المتوقعة:
# "native"
```

3. XDP ت??ق من إحصائيات

```
# XDP عرض إحصائيات معالجة
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 المرسله إلى الكومة
  "xdp_redirect": 9012, # الحزم المعاد توجيهها
  "xdp_tx": 3456        # الحزم المرسله
}
```

4. تحقق من دعم برنامج التشغيل

```
# XDP تحقق مما إذا كان برنامج التشغيل يدعم
ethtool -i eth0 | grep driver

# "virtio_net" يجب أن يظهر: Proxmox/KVM بالنسبة لـ
# "vmxnet3" يجب أن يظهر: VMware بالنسبة لـ
# "hv_netvsc" يجب أن يظهر: Hyper-V بالنسبة لـ
```

5. اختبار الأداء

قارن معالجة الحزم قبل وبعد

```
# راقب معدل الحزم
watch -n 1 'curl -s http://localhost:8080/api/v1/packet_stats | jq
.rx_packets'

# Mpps الوضع العام: ~2-1
# Mpps الوضع الأصلي: ~5-10 (تحسين 5-10)
```

XDP استكشاف مشكلات

عند بدء "XDP المشكلة: فشل في إرفاق برنامج التشغيل

الأعراض:

```
eth0 على الواجهة XDP خطأ: فشل في إرفاق برنامج
```

التشخيص:

1. تحقق من دعم برنامج التشغيل:


```
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. موجود XDP تحقق من وجود برامج:

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

آخر متصل، قم بإلغاء تحميله أولاً XDP إذا كان هناك برنامج
ip link set dev eth0 xdp off

الحل:

- قم بتحديث النواة إلى 5.15+ إذا كانت أقدم
- virtio_net: تأكد من تحميل برنامج تشغيل `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

التشخيص:

لأخطاء برنامج التشغيل `dmesg` تحقق من

```
dmesg | grep -i xdp | tail -20
```

الأسباب الشائعة:

1. الأصلي XDP برنامج التشغيل لا يدعم:

- (الأصلي XDP لا دعم ل) VirtualBox برامج تشغيل
- القديمة NICs برامج تشغيل

2. تعدد الطوابير غير مفعل:

- تحقق: `ethtool -l eth0`
- يجب أن يظهر < 1 طابور مشترك

3. في نواة لينكس معطل XDP دعم:

```
# 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:

- (Proxmox انظر قسم) 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

التشخيص:

1. تحقق من توزيع تعدد الطوابير:

```
# تحقق من إحصائيات كل طابور  
ethtool -S eth0 | grep rx_queue
```

يجب أن يتم توزيع الحركة عبر عدة طوابير

2. تحقق من استخدام وحدة المعالجة المركزية:

```
# راقب استخدام وحدة المعالجة المركزية لكل نواة  
mpstat -P ALL 1
```

يجب أن ترى الحمل موزعًا عبر عدة أنوية

3. يعمل فعليًا في الوضع الأصلي XDP تحقق من أن:

```
# (إذا كان متاحًا) bpftool تحقق من  
sudo bpftool net list
```

متصلًا بالواجهة XDP يجب أن يظهر

الحل:

- زيادة عدد الطوابير (8-16 طابور)
- تمكين تثبيت وحدة المعالجة المركزية لتجنب هجرة النواة
- hypervisor تحقق من الإفراط في الاشتراك في وحدة المعالجة المركزية على

(xdp_aborted > 0) المشكلة: تم إلغاء برنامج

الأعراض:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats  
{  
  "xdp_aborted": 1234, # غير صفر يدل على الأخطاء  
  ...  
}
```

التشخيص:

واجه خطأ أثناء التنفيذ eBPF أن برنامج XDP يعني إلغاء

1. eBPF تحقق من سجلات المدقق:

```
dmesg | grep -i bpf | tail -20
```

2. تحقق من حدود حجم الخريطة:

```
# ممتلئة eBPF ق00 تكون خرائط  
curl http://localhost:8080/api/v1/map_info  
  
# ابحث عن الخرائط عند 100% من السعة
```

الحل:

- في التكوين eBPF زيادة أحجام خريطة
- eBPF تحقق من الحزم التالفة التي تسبب أخطاء
- في نواة لينكس كامل eBPF تحقق من أن دعم

Proxmox المشكلة: تعدد الطوابير لا يعمل على

يظهر طابور واحد فقط على الرغم من التكوين `ethtool -l eth0`: الأعراض

التشخيص:

1. Proxmox في VM تحقق من تكوين:

```
# Proxmox على مضيف  
grep net0 /etc/pve/qemu-server/YOUR_VM_ID.conf  
  
# queues=8 : يجب أن يظهر
```

2. كان مغلقًا تمامًا VM تحقق من أن:

```
# Proxmox على مضيف
qm status YOUR_VM_ID

# قبل البدء "status: stopped" يجب أن يظهر
```

الحل:

```
# Proxmox على مضيف
# قم بإيقاف التشغيل بالقوة وأعد التشغيل
qm shutdown YOUR_VM_ID
sleep 10
qm start YOUR_VM_ID

# VM ثم تحقق داخل
ethtool -l eth0
```

بالكامل، وليس مجرد ❗❗ **إعادة VM مهم:** تتطلب تغييرات عدد الطوابير **إيقاف تشغيل** VM. التشغيل من داخل

XDP المشكلة: تم رفض الإذن عند إرفاق

الأعراض:

XDP خطأ: تم رفض الإذن عند إرفاق برنامج

التشخيص:

. CAP_NET_ADMIN و CAP_SYS_ADMIN قدرات XDP تتطلب عمليات

الحل:

1. (أو مع القدرات) **OmniUPF كم root** بتشغيل:

```
sudo systemctl restart omniupf
```

2. تحقق من أن ملف الخدمة يحتوي على القدرات، **systemd** إذا كنت تستخدم.

```
# /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

OmniUPF: مقارنة الأداء في العالم الحقيقي لمعالجة الحزم في

التحسين	الوضع الأصلي	الوضع العام	السيناريو
أسرع 5.5x	8.2 Mpps	1.5 Mpps	معدل الحزم
أقل 8x	12 μ s	95 μ s	زمن الانتقال
أكثر 5x كفاءة	15% (موزعة)	85% (نواة واحدة)	استخدام وحدة المعالجة المركزية (1 Gbps)
أعلى 8x	~10 Gbps	~1.2 Gbps	الحد الأقصى للنطاق الترددي

التوصية: استخدم دائمًا **الوضع الأصلي** مع تمكين تعدد الطوابير للنشر في الإنتاج.

XDP توصيات الأجهزة لـ

للتأكد من توافقها 100% Omnitouch مهم: قبل شراء أي أجهزة، استشر دعم [⚠] مع تكوينك ومتطلبات النشر المحددة.

الأصلي XDP المعروفة الجيدة لـ NICs

OmniUPF الأصلي مع XDP تم التحقق من دعمها لوضع NICs هذه

(Bare Metal موصى بها لـ) Intel من NICs

الملاحظات	XDP دعم	برنامج التشغيل	السرعة	النموذج
مثبت، متاح على نطاق واسع، سعر/أداء جيد	✓ أصلي	ixgbe	10GbE	Intel X520
دعم ممتاز لتعدد الطوابير	✓ أصلي	i40e	10/40GbE	Intel X710
الجيل الأحدث، أفضل أداء	✓ أصلي	ice	100GbE	Intel E810
جيد لاحتياجات النطاق الترددي المنخفض	✓ أصلي (النواة +5.10)	igb	1GbE	Intel i350

(أداء عالي) Mellanox/NVIDIA من NICs

الملاحظات	دعم XDP	برنامج التشغيل	السرعة	النموذج
نطاق ترددي عالي، جيد للحوسبة الحافة	أصلي ✓	mlx5	25/50/100GbE	ConnectX-4
أداء ممتاز، تسريع الأجهزة	أصلي ✓	mlx5	25/50/100GbE	ConnectX-5
الجيل الأحدث، أفضل للنطاق الترددي الفائق	أصلي ✓	mlx5	50/100/200GbE	ConnectX-6
مع قدرات SmartNIC DPU	أصلي ✓	mlx5	100/200GbE	BlueField-2

NICs من Broadcom

الملاحظات	دعم XDP	برنامج التشغيل	السرعة	النموذج
شائع في خوادم Dell/HP	✓ أصلي	bnxt_en	10/25/50GbE	BCM57xxx series

NICs افتراضية (VMs نشر) الافتراضية

الملاحظات	تعدد الطوابير	دعم XDP	برنامج التشغيل	NIC نوع	المنصة
أفضل لـ VMs	نعم (قابل للتكوين)	أصلي ✓	virtio_net	VirtIO	Proxmox/KVM
ESXi يتطلب 6.7+	نعم	أصلي ✓	vmxnet3	vmxnet3	VMware ESXi
Windows Server 2016+	نعم	أصلي ✓	hv_netvsc	NIC صناعي	Hyper-V
EC2 metal instances	نعم	أصلي ✓	ena	ENA	AWS
غير موصى به للإنتاج	لا	فقط عام	مختلف	أي	VirtualBox

مع دعم التحميل للأجهزة NICs

(NIC يعمل على eBPF) XDP التحميل الحقيقي لـ

الملاحظات	السرعة	النموذج	البائع
المحمل XDP الدعم الوحيد المؤكد لـ	10GbE	Agilio CX 10G	Netronome
يتطلب برنامج ثابت خاص	25GbE	Agilio CX 25G	Netronome
باهظ الثمن جدًا (~\$2,500-5,000)	40GbE	Agilio CX 40G	Netronome
فقط للدرجة المؤسسية	100GbE	Agilio CX 100G	Netronome

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 OmniUPF تم التحقق من هذه التكوينات مع

(10-1 Gbps) خيار الميزانية

- **NIC:** Intel X520 (10GbE المنفذ مزدوج)
- **الوضع:** XDP الأصلي
- UPF لكل مثيل Gbps **معدل النقل:** ~8-10
- **التكلفة:** ~\$100-200 (مستعمل/معاد تجديده)

(50-10 Gbps) النطاق المتوسط

- **NIC:** Intel X710 (40GbE) أو Mellanox ConnectX-4 (25GbE)
- **الوضع:** XDP الأصلي
- UPF لكل مثيل Gbps **معدل النقل:** ~25-40
- **التكلفة:** ~\$300-800

(100-50+ Gbps) عالي الأداء

- **NIC:** Mellanox ConnectX-5/6 (100GbE)
- **الوضع:** XDP الأصلي
- UPF لكل مثيل Gbps **معدل النقل:** ~80-100
- **التكلفة:** ~\$1,000-2,500

VMs (Proxmox/KVM) نشر

- **NIC:** مع 8-16 طابور VirtIO
- **الوضع:** XDP الأصلي
- UPF لكل مثيل Gbps **معدل النقل:** ~5-10
- **التكلفة:** لا تكلفة إضافية على الأجهزة

ما يجب عدم شرائه

في الإنتاج OmniUPF تجنب هذه للأجهزة

البديل	السبب	المنصة/NIC
أو أفضل Intel i350	برامج، XDP لا دعم ل تشغيل لينكس ضعيفة	Realtek من NICs
Proxmox/KVM الانتقال إلى	الأ❖❖لي XDP لا دعم ل	VirtualBox
من الدرجة الخادمة من NICs Intel/Mellanox	دعم محدود للطواوير، غير موثوق	من الدرجة NICs الاستهلاكية
أو أحدث Intel X520	XDP لا دعم لبرنامج تشغيل	القديمة جدًا NICs (>2014)

قائمة التحقق قبل الشراء

قبل شراء الأجهزة، تحقق من:

1. XDP دعم برنامج التشغيل: تحقق مما إذا كان برنامج تشغيل لينكس يدعم ❑.

```
# على نظام مشابه
modinfo <driver_name> | grep -i xdp
```

2. بشكل موثوق XDP إصدار النواة: تأكد من أن النواة $5.15 \leq$ لدعم ❑.

```
uname -r
```

3. (RSS/VMDq) يدعم الطواوير المتعددة NIC تعدد الطواوير: تحقق مما إذا كان ❑.

4. تحتوي على عدد كافٍ من الخطوط PCIe تأكد من أن فتحة: PCI عرض ❑.

- الحد الأدنى 10GbE: PCIe 2.0 x4
- الحد الأدنى 40GbE: PCIe 3.0 x8
- 100GbE: PCIe 3.0 x16 أو PCIe 4.0 x8

5. نوع النشر: ❑.

- Bare metal: يتطلب NIC الفيزيائية
- VM: مطلوب SR-IOV أو VirtIO دعم
- المضيف NIC حاوية: يتم وراثته تكوين

⚠ أولاً Omnitouch لا تشتت الأجهزة بناءً على هذا الدليل فقط - تأكد دائماً مع دعم

موارد إضافية

- مرجع تكوين كامل - [CONFIGURATION.md](#): دليل التكوين
- تشخيص شامل - [TROUBLESHOOTING.md](#): دليل استكشاف الأخطاء للمشكلات
- XDP و eBPF تفاصيل عمارة - [ARCHITECTURE.md](#): دليل العمارة
- مراقبة الأداء والإحصائيات - [MONITORING.md](#): دليل المراقبة

مرجع سريع

Proxmox (TL;DR) الأصلي على XDP إعداد

```
# Proxmox على مضيف:
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 # تعيين: xdp_attach_mode:
native
sudo systemctl restart omniupf
journalctl -u omniupf --since "1 min ago" | grep xdp # تحقق من
الوضع الأصلي
```

نشط XDP تحقق من أن وضع

تحقق من التكوين

```
curl -s http://localhost:8080/api/v1/config | grep xdp_attach_mode
```

تحقق من الإحصائيات

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

تحقق من الطوابير

```
ethtool -l eth0
```

وثائق واجهة برمجة OmniUPF تطبيقات

نظرة عامة

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

قدرات واجهة برمجة التطبيقات

إدارة الجلسات

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

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**
- QoS مراقبة تحديد المعدل وسياسات: **(QER) QoS قواعد تنفيذ**
- تتبع عدادات حجم البيانات لكل جلسة: **(URR) قواعد تقارير الاستخدام**

تخزين الحزم

- FAR **حالة التخزين**: عرض الحزم المخزنة لكل (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 الإشعارات**: عرض حالة إشعار (GET /buffer/notifications)

المراقبة والإحصائيات:

- **إحصائيات الحزم:** (GTP, IP, TCP, UDP, ICMP, ARP) عدادات الحزم في الوقت الحقيقي حسب البروتوكول
- **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:

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

التكوين:

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

تكمّل واجهة المستخدم على الويب

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

Swagger وثائق واجهة برمجة التطبيقات

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

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

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

Swagger الوصول إلى واجهة

على Swagger تتوفر 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 نهاية واجهة برمجة التطبيقات بـ

```
/api/v1
```


ميزات واجهة برمجة التطبيقات

الترقيم

الترقيم لنقاط النهاية التي تعي 00 OmniUPF تدعم واجهة برمجة تطبيقات مجموعات بيانات كبيرة. يمنع الترقيم انتهاء المهلة ويقلل من استخدام URRs، أو PDRs، الذاكرة عند الاستعلام عن آلاف الجلسات.

****أنماط الترقيم المدعومة**:**

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

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

2. ****الترقيم القائم على الإزاحة****:

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

****طلبات المثال****:

```
```bash
```

```
الترقيم القائم على الصفحات: الحصول على الصفحة الثانية مع 50
عنصرًا 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:

```

 {
 "data": [
 { /* session object */ },
 { /* session object */ },
 ...
],
 "pagination": {
 "total": 5432,
 "page": 2,
 "page_size": 50,
 "total_pages": 109
 }
}

```

### نقاط النهاية المرقمة:

- /api/v1/pfcp\_sessions - قائمة جلسات PFCP
- /api/v1/pfcp\_associations - قائمة جمعيات PFCP
- /api/v1/routes - طرق UE IP
- /api/v1/uplink\_pdr\_map - PDRs (معلومات أساسية) في الاتجاه الصاعد
- /api/v1/uplink\_pdr\_map/full - PDRs مع تفاصيل فلترة SDF الكاملة في الاتجاه الصاعد
- /api/v1/downlink\_pdr\_map - PDRs (معلومات أساسية) في الاتجاه الهابط IPv4
- /api/v1/downlink\_pdr\_map/full - PDRs مع تفاصيل فلترة SDF الكاملة في الاتجاه الهابط IPv4
- /api/v1/downlink\_pdr\_map\_ip6 - PDRs (معلومات أساسية) في الاتجاه الهابط IPv6
- /api/v1/downlink\_pdr\_map\_ip6/full - PDRs مع تفاصيل فلترة SDF الكاملة في الاتجاه الهابط IPv6
- /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 - محدد FAR الحصول على حالة التخزين لـ

- GET /api/v1/buffer/notifications - DLDR قائمة بحالة إشعارات
- 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 - يدويًا DLDR إرسال إشعار

### نقاط نهاية التكوين:

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

### نقاط نهاية تكامل التوجيه:

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

### أفضل الممارسات:

- لعرض واجهة المستخدم على الويب page\_size=100 استخدم
- للتصدير الكبيرة (الحد الأقصى) page\_size=1000 استخدم
- لتحديد عدد التكرارات pagination.total\_pages استعلام
- لتحسين أداء واجهة برمجة التطبيقات (طلبات أقل) page\_size زيادة

## 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. 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
- XDP أحكام إجراء
- إحصائيات التخزين
- eBPF استخدام سعة خريطة
- URR تتبع حجم

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

## الوثائق ذات الصلة

- [دليل واجهة المستخ](#) [م على الويب](#) - لوحة معلومات تفاعلية مبنية على هذه الواجهة
- Prometheus [مرجع المقاييس](#) - وثائق مقاييس
- واستكشاف الأخطاء وإصلاحها PFCP رموز أخطاء - [PFCP رموز أسباب](#)
- PDR، FAR، QER، URR [دليل إدارة القواعد](#) - تكوين
- UE وتوجيه FRR [دليل إدارة الطرق](#) - تكامل
- [دليل المراقبة](#) - مراقبة الإحصائيات وتخطيط السعة
- UPF [دليل التكوين](#) - خيارات تكوين
- [Swagger UI](#) (استبدل `localhost`) وثائق واجهة برمجة التطبيقات التفاعلية - [Swagger UI](#) (الخاص بك UPF بمضيف)

# UE إدارة مسارات

## الوثائق ذات الصلة:

- الكامل بما في ذلك نقاط نهاية إدارة المسارات API مرجع - **API وثائق**
- دليل العمليات** - عمليات واجهة المستخدم على الويب والمراقبة

## نظرة عامة

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

## FRR؟ ما هو

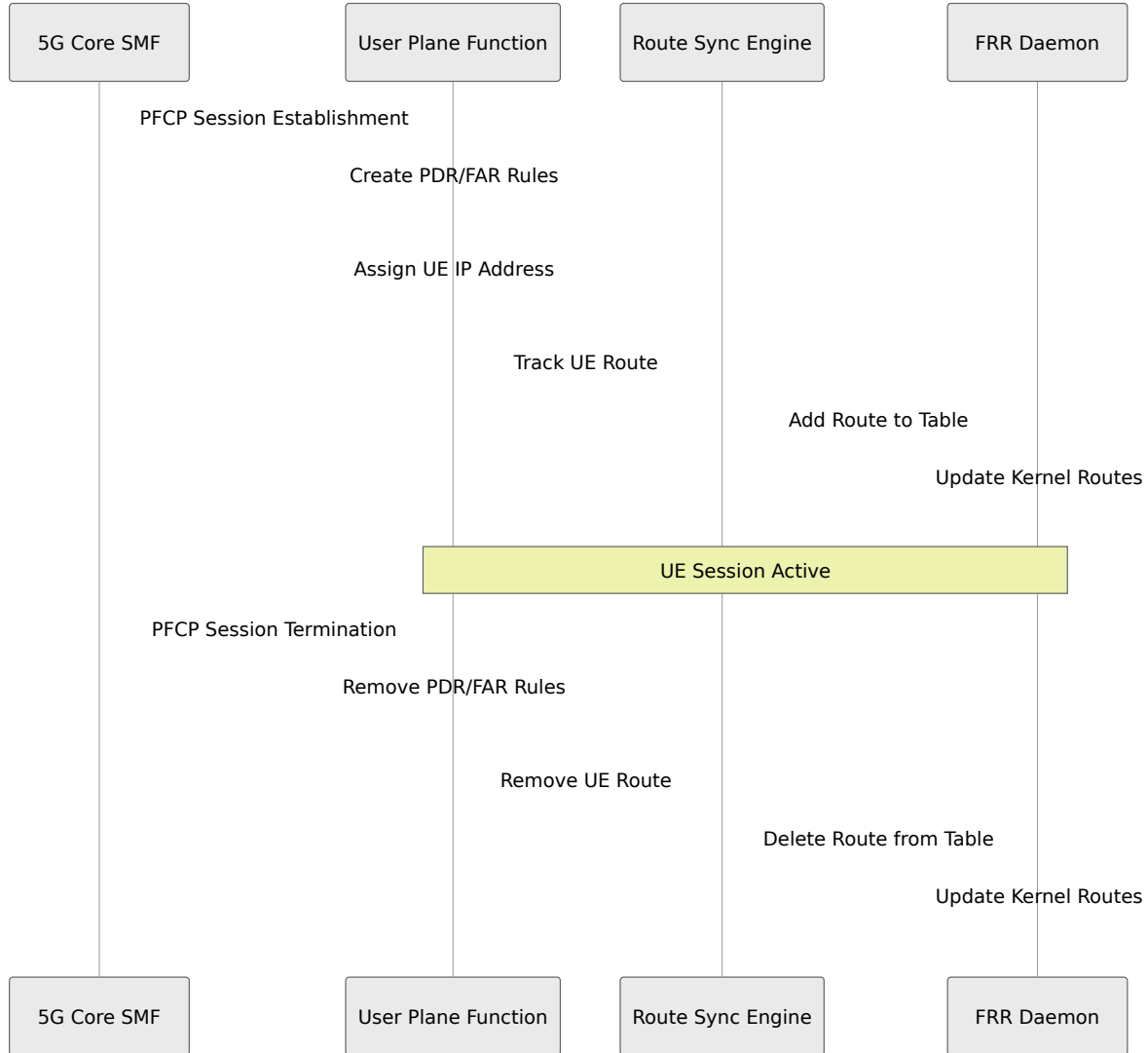
Linux هو مجموعة بروتوكولات توجيه قوية ومفتوحة المصدر لأنظمة **(التوجيه الحر) FRR** و❖❖يرها. في RIP و OSPF و BGP يقوم بتنفيذ بروتوكولات توجيه مختلفة بما في ذلك Unix. كخادم توجيه يحافظ على جدول توجيه النواة ويمكنه إعادة توزيع المسارات إلى FRR نشرنا، يعمل عناصر الشبكة الأخرى.

## الهيكلية



# كيف تعمل مزامنة المسارات

## دورة حياة المسار



## المزامنة التلقائية

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

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

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

## FRR إعداد

### التكوين

لتحديد معلمات التوجيه الأساسية. تقوم بتعريف **Ansible** وتكوينه باستخدام **قوالب FRR** يتم نشر **Ansible** الخاص بك، وتقوم **Ansible** في كتاب تشغيل **Jinja2** مرة واحدة كقالب **FRR** تكوين الخاصة بك أثناء النشر **UPF** تلقائيًا بنشره إلى جميع مثيلات.

:النموذجي **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 static
 network {{ hostvars[inventory_hostname]['ansible_default_ipv4']
['network'] }}/{{ mask_cidr }} area 0
 area 0 authentication message-digest
!
line vty
!
end
```

:نموذج النشر

1. على الخاص بك Ansible في دور FRR Jinja2 **تعريف مرة واحدة**: إنشاء قالب (roles/frr/templates/frr.conf.j2)، سبيل المثال
2. UPF الخاص بك لكل مضيف Ansible **تكوين المعلومات**: تعيين المتغيرات في جرد
3. إلى جميع عقد FRR لنشر تكوين Ansible **نشر في كل مكان**: تشغيل كتاب تشغيل UPF
4. معرفات (IP عناوين) المتغيرات الخاصة بالمضيف Ansible **تخصيص تلقائي**: تستخدم UPF لكل FRR لتخصيص تكوين (الموجه، إلخ)

Jinja2: **المعلومات 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 المسارات**: أي المسارات لإعادة توزيعها (redistribute static لمسارات UE)
- **تصفية المسارات**: خرائط المسار، قوائم البادئات، قوائم الوصول
- OSPF/BGP **إعدادات الواجهة**: معلومات واجهة

ديناميكياً عناوين UPF يضيف، UPF الأساسي إلى كل مثيل FRR بمجرد نشر تكوين: **UPF تكامل** FRR vtysh عبر واجهة (IPv6 ل 128، IPv4 ل 32) لمعدات المستخدم ك **مسارات مضيف** IP: النشطة. ثم يتم PFCP بناءً على جلسات

1. عبر UPF بواسطة محرك مزامنة المسار **FRR إضافتها كمسارات ثابتة في** (vtysh)
2. **redistribute static** عبر توجيه **FRR التقاطها بواسطة**
3. الخاص بك FRR وفقاً لتكوين (OSPF، BGP) **الإعلان عنها لبروتوكولات التوجيه**
4. UPF إلى هذا المثل من UE **نشرها إلى الشبكة** بحيث يمكن توجيه حركة مرور

مما يجعلها مسارات FRR، الخاصة بـ vtysh المسارات من خلال واجهة UPF **مهم**: يضيف **redistribute static** يجب عليك استخدام (وليس مسارات نواة) FRR **ثابتة** في **redistribute kernel** الخاص بك، وليس OSPF/BGP في تكوين

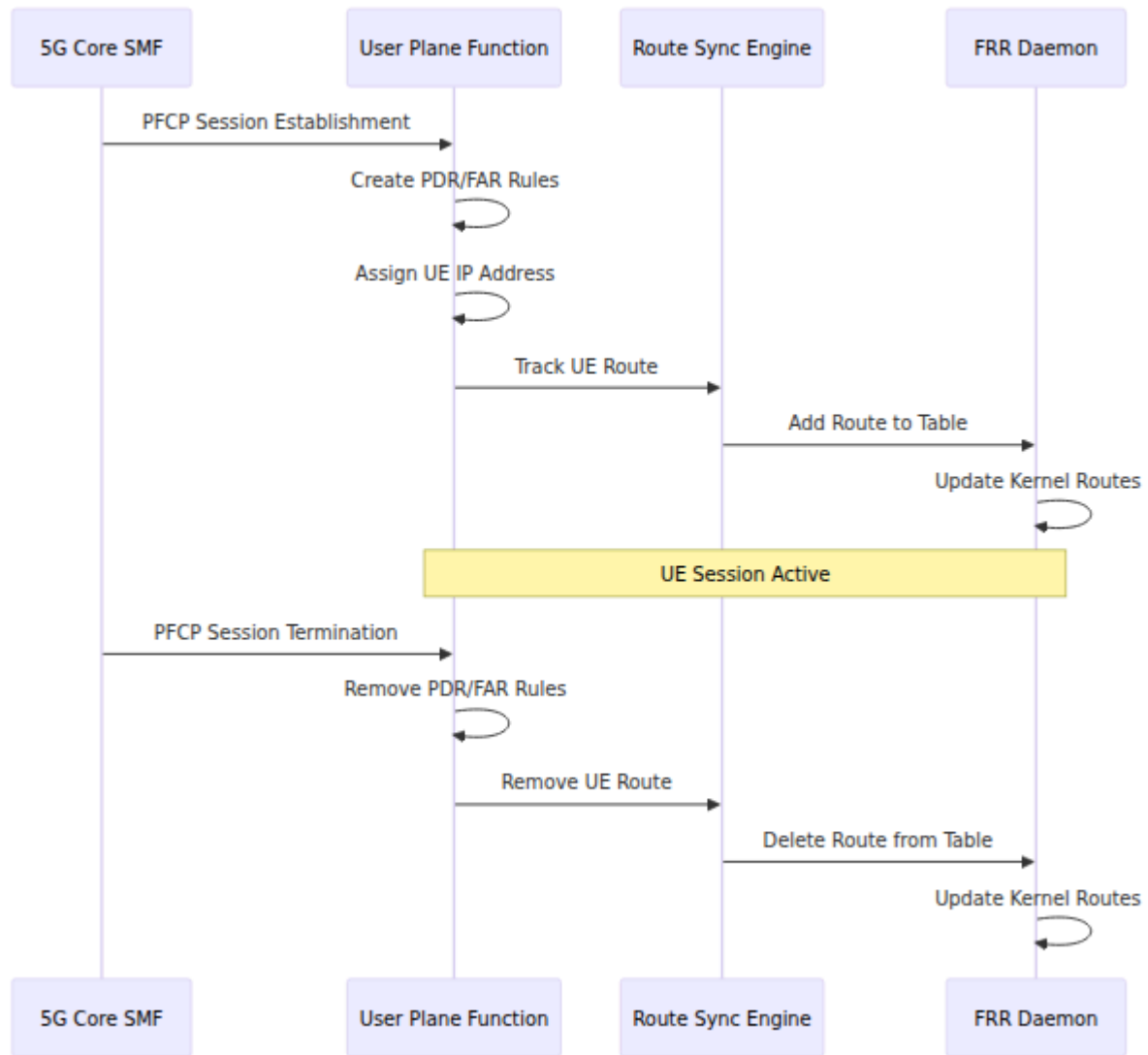
**نقاط رئيسية**:

- مرة واحدة FRR Jinja2 **تحديد مرة واحدة**، **نشر في كل مكان**: قم بتعريف قالب UPF وسيتم نشره تلقائياً إلى جميع مثيلات Ansible، في
- بإعداد جميع معلومات Jinja2 **مع التكوين الثابت**: يقوم قالب **Ansible تتعامل** (المصادقة، سياسات المسار، إلخ، BGP جيران، OSPF مناطق) بروتوكول التوجيه



- ديناميكيًا فقط UPF مع المسارات الديناميكية: يدير كل مثل UPF يتعامل  
النشطة PFCP بناءً على جلسات UE IP /32 مسارات
- إعادة توزيع المسارات UPF على كل FRR الإعلان التلقائي عن المسارات: يقوم  
المحلية لمعدات المستخدم تلقائيًا وفقًا لسياساتك المكونة
- إعادة تشغيل كتاب التشغيل لتغيير تكوين Ansible إدارة مركزية: تحديث قالب  
في وقت واحد UPFs التوجيه عبر جميع

## الإعلان عن المسارات



# المراقبة والإدارة

## تكامل واجهة المستخدم على الويب

صفحة المسارات التي تعرض UPF يوفر لوحة تحكم

- **حالة المسار:** ما إذا كانت مزامنة المسار مفعلة أو معطلة
- لمعدات 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 بجميع عناوين الموجودة حاليًا في جدول التوجيه
- مع تفاصيل الجيران OSPF حالة حية للجوار: **OSPF جيران**
- وإحصائيات البادئات (عند التكوين) BGP حالة جلسة: **BGP أقران**
- الخارجية التي توضح LSAs عرض كامل لـ **OSPF المسارات المعاد توزيعها من** UE كيف يتم الإعلان عن مسارات

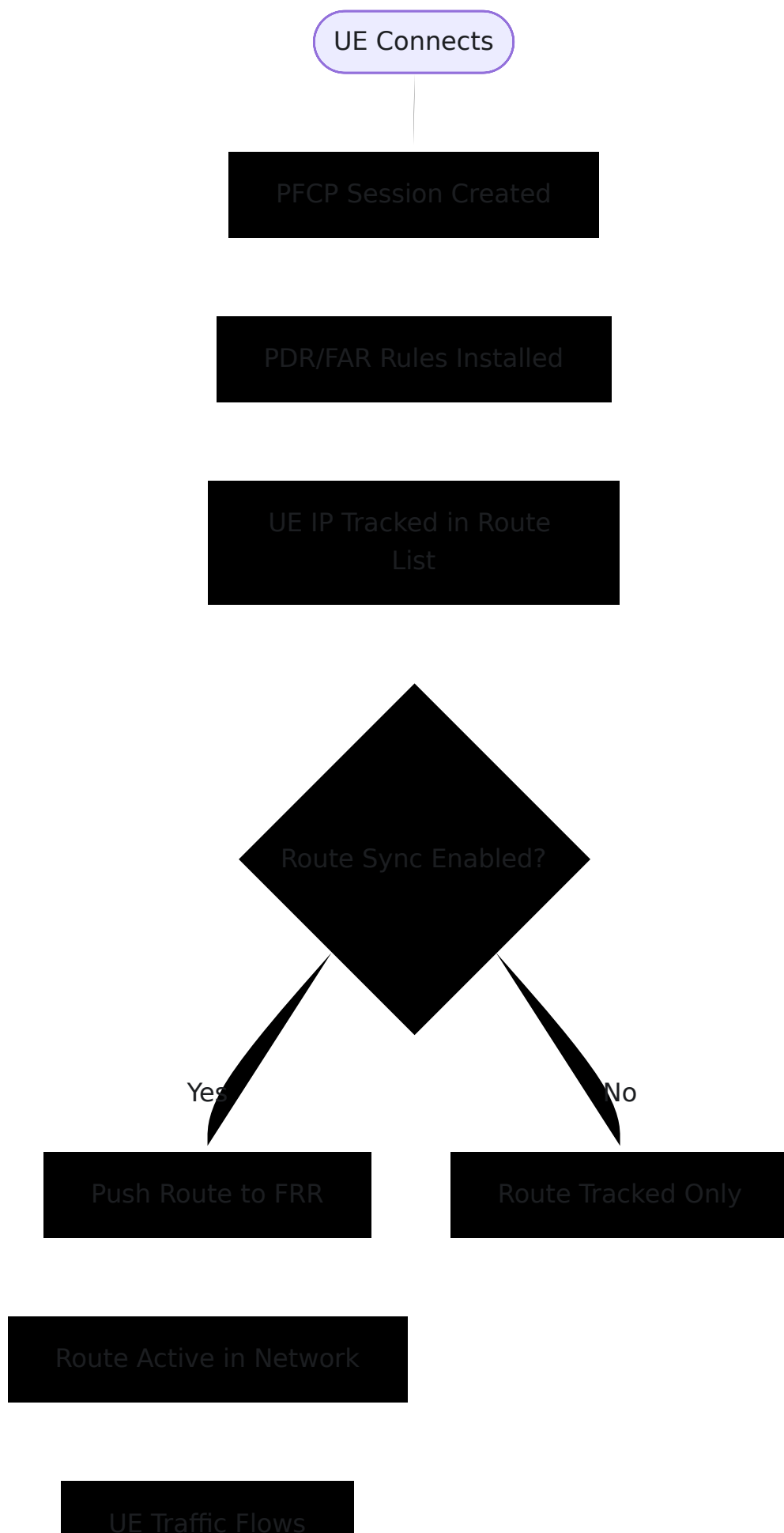
وجيران بروتوكول التوجيه، وإعلانات UE، توفر صفحة المسارات رؤية شاملة لمزامنة مسارات المسارات المعاد توزيعها.

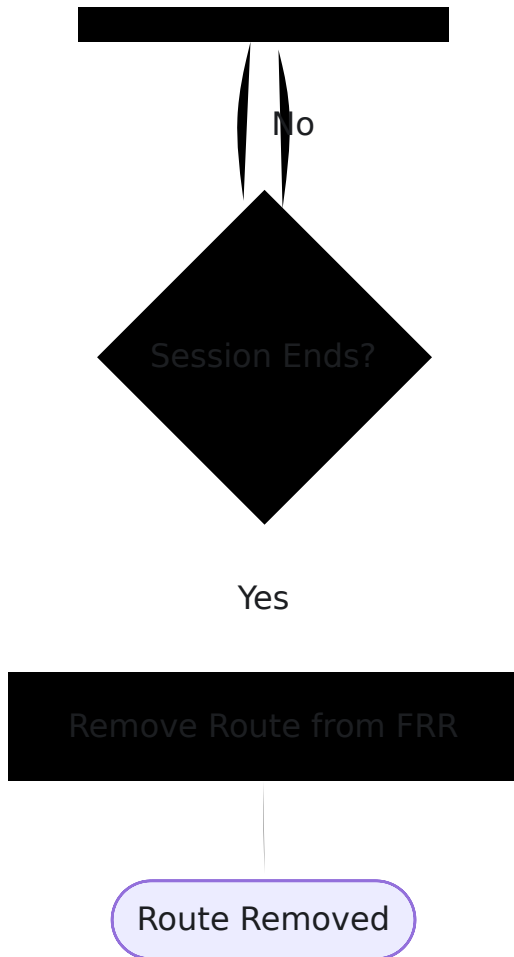
## عملية المزامنة اليدوية

يمكن للمسؤولين تشغيل مزامنة المسار اليدوية من خلال واجهة المستخدم على الويب باستخدام زر **مزامنة المسارات**. تقوم هذه العملية بـ

1. UPF النشطة من UE إعادة قراءة القائمة الحالية لجلسات
2. FRR المقارنة مع جدول توجيه
3. إضافة أي مسارات مفقودة
4. إزالة أي مسارات قديمة
5. إرجاع إحصائيات المزامنة المحدثة

# تدفق المسار





## الفوائد

- **توفير بدون لمس:** يتم إدارة المسارات تلقائيًا دون تدخل يدوي
- **وتغييرات UE التكيف الديناميكي:** يتكيف توجيه الشبكة في الوقت الحقيقي مع تنقل الجلسة
- **قابلية التوسع:** يدعم آلاف المسارات المتزامنة لمعدات المستخدم
- **المرونة:** يتم تتبع عمليات المزامنة الفاشلة ويمكن إعادة المحاولة
- **الرؤية:** رؤية كاملة لحالة المسار من خلال واجهة المستخدم على الويب

## التفاصيل الفنية

### API نقاط نهاية

نقاط نهاية إدارة المسارات التالية UPF يعرض:

- `GET /api/v1/routes` - المتابعة دون المزامنة UE قائمة بجميع مسارات -

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

إدارة المسارات للحصول على تفاصيل كاملة عن النقاط النهائية - API انظر أيضًا: وثائق والأمثلة

## تنسيق المسار

بسيطة (على سبيل المثال، 100.64.18.5). يتعامل خادم IP يتم تخزين وإدارة المسارات كعناوين التوجيه مع تفاصيل إدخال المسار الكامل بما في ذلك:

- بادئة الوجهة/القناع
- البوابة/الخطوة التالية
- ربط الوجهة
- المقياس والمسافة الإدارية

## IPv6 دعم

IPv6 و IPv4 UE يدعم مدير المسار كل من عناوين:

| نوع العنوان | طول البادئة | مثال            |
|-------------|-------------|-----------------|
| IPv4        | /32         | 100.64.18.5/32  |
| IPv6        | /128        | 2001:db8::1/128 |

BGP IPv6 أو OSPFv3 الخاص بك يتضمن إعادة توزيع FRR تأكد من أن تكوين IPv6 بالنسبة لـ المناسبة:

```
router ospf6
 redistribute static
```

BGP: أو بالنسبة لـ

```
router bgp <asn>
 address-family ipv6 unicast
 redistribute static
```

## FRR تحقق من

### الخارجية OSPF LSA قاعدة بيانات

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

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

في المثال أعلاه، يمكنك رؤية:

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

يؤكد هذا التحقق أن

لمعدات المستخدم IP يتتبع بنجاح عنوان 1. UPF



2. FRR لقد دفع محرك مزامنة المسار المسار إلى
3. OSPF توزيع المسار في FRR لقد أعاد
4. إعلانات المسار OSPF يتلقى جيران