

OmniUPF دليل عمليات

جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. فهم بنية مستوى المستخدم 5G
3. UPF مكونات
4. SMF وتكامل PFCP بروتوكول
5. عمليات شائعة
6. استكشاف الأخطاء وإصلاحها
7. وثائق إضافية
8. معجم

نظرة عامة

هي وظيفة مستوى مستخدم عالية (eBPF وظيفة مستوى المستخدم المعتمدة على) OmniUPF وإدارة حركة المرور، (QoS) توفر توجيه حزم بمستوى ناقل، وتطبيق جودة الخدمة IG/LTE الأداء 5 (مرشح الحزم الممتد من بيركلي) Linux eBPF شبكات الهاتف المحمول. مبنية على تقنية بنية تحتية أساسية لمعالجة الحزم المطلوبة OmniUPF ومعززة بقدرات إدارة شاملة، تقدم LTE و 5G NSA و 5G SA لشبكات 5.

ما هي وظيفة مستوى المستخدم؟

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

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

TS 23.401 و TS 23.501 (5G) GPP المحددة في 3 UPF بتنفيذ كامل وظائف OmniUPF تقوم Linux kernel مما يوفر حلاً كاملاً جاهزاً للإنتاج لوظيفة مستوى المستخدم باستخدام تقنية (LTE)، لتحقيق أقصى أداء eBPF.

OmniUPF القدرات الرئيسية لـ

معالجة الحزم:

- GPP معالجة حزم مستوى المستخدم متوافقة تمامًا 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

جودة الخدمة وإدارة حركة المرور:

- لإدارة النطاق الترددي (QER) قواعد تطبيق جودة الخدمة
- لتصنيف حركة المرور (PDR) قواعد اكتشاف الحزم
- لقرارات التوجيه (FAR) قواعد إجراء التوجيه
- للتوجيه المحدد للتطبيق (SDF) تصفية تدفق بيانات الخدمة
- لتتبع الحجم والشحن (URR) قواعد تقرير الاستخدام

التحكم والإدارة:

- إلى SMF/PGW-C (بروتوكول التحكم في توجيه الحزم) PFCP 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 تحميل على مساحة المستخدم)
- قابلية التوسع متعددة النواة

- دعم التحميل لتسريع الأجهزة
- مُحسّن للنشر السحابي

للاستخدام التفصيلي للوحة التحكم، انظر **عمليات واجهة الويب**.

فهم بنية مستوى المستخدم

G حلًا موحدًا لمستوى المستخدم يوفر توجيه حزم بمستوى ناقل لشبكات 5G 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 قبل OmniSMF
- **تحت) إلى الشبكات الخارجية 4G EPC بوابة - (بوابة بيانات المستخدم) PGW-U**
عبر Sxc/PFCP من قبل OmniPGW-C السيطرة من قبل
- **تحت) 4G EPC بوابة الخدمة - (بوابة الخدمة لمستوى المستخدم) SGW-U**
عبر Sxb/PFCP من قبل OmniSGW-C السيطرة من قبل

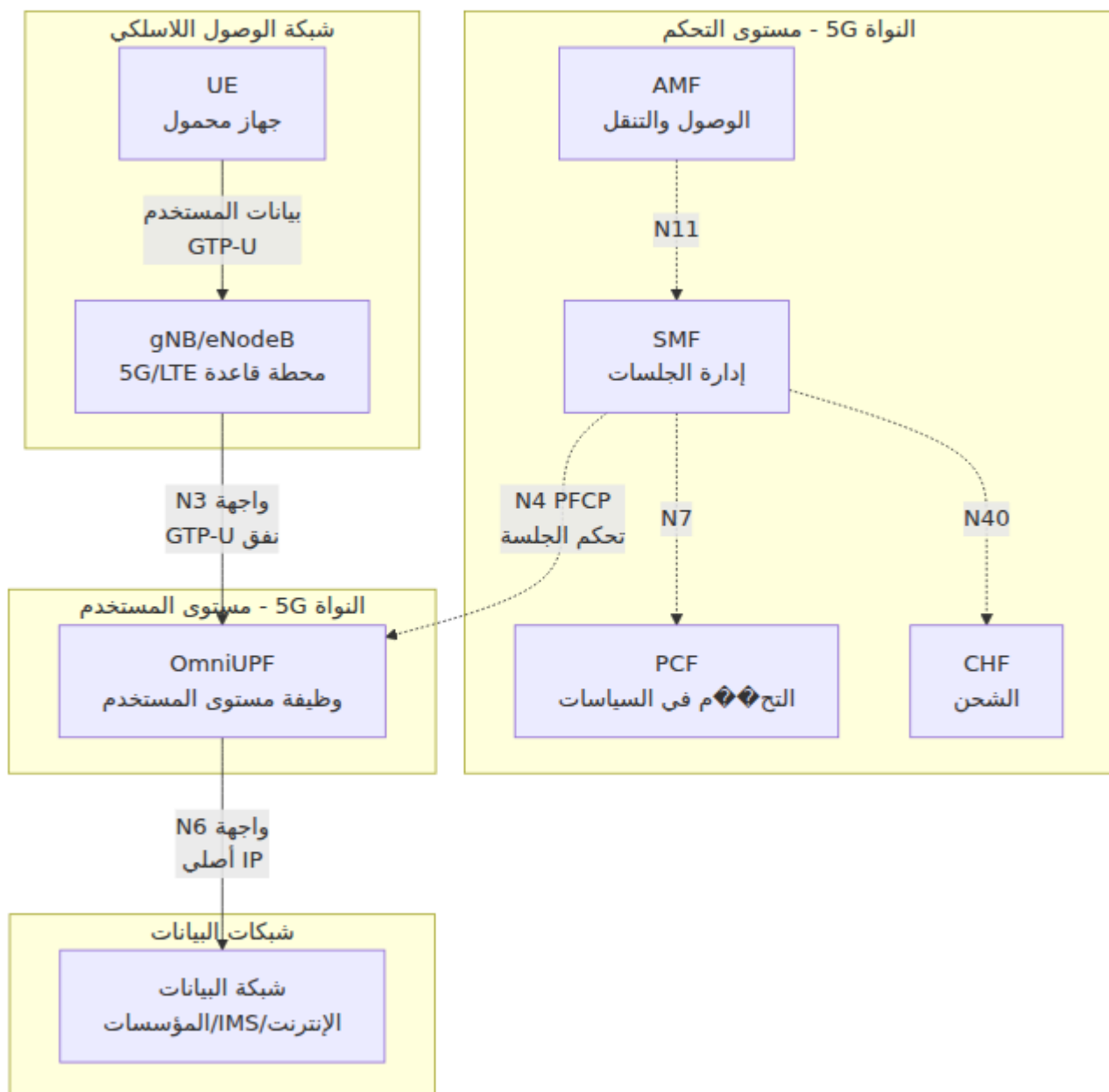
في أي مجموعة من هذه الأوضاع OmniUPF يمكن أن تعمل:

- **خالص G فقط: نشر 5 UPF**
- **(النموذجي EPC نشر) مجمعة G بوابة 4: PGW-U + SGW-U**
- **(سيناريو الهجرة) 5G و 4G دعم متزامن لـ 4: UPF + PGW-U + SGW-U**

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

5 (SA وضع) G بنية شبكة

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

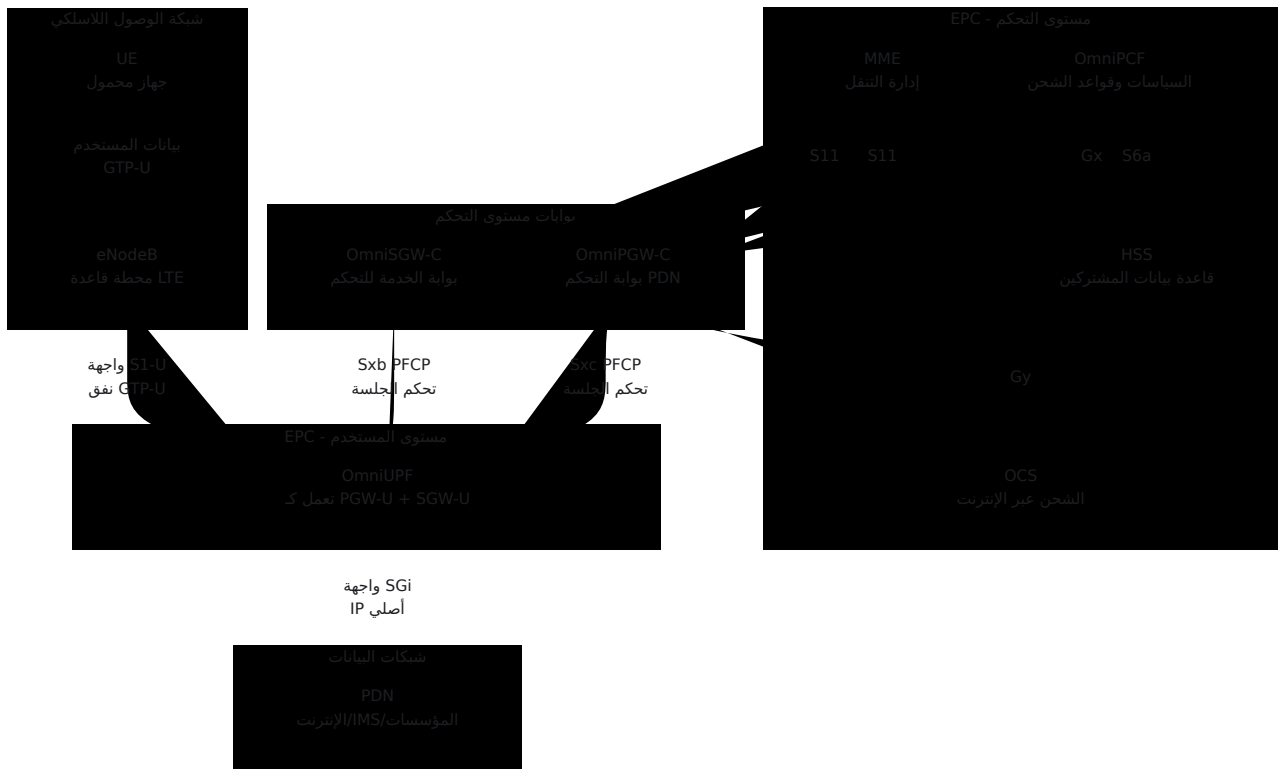


4 G LTE/EPC بنية شبكة

أو OmniPGW-U تعمل كـ، (النواة المطورة للحزم) EPC و LTE G أيضًا نشرات 4 OmniUPF تدعم اعتمادًا على بنية الشبكة OmniSGW-U.

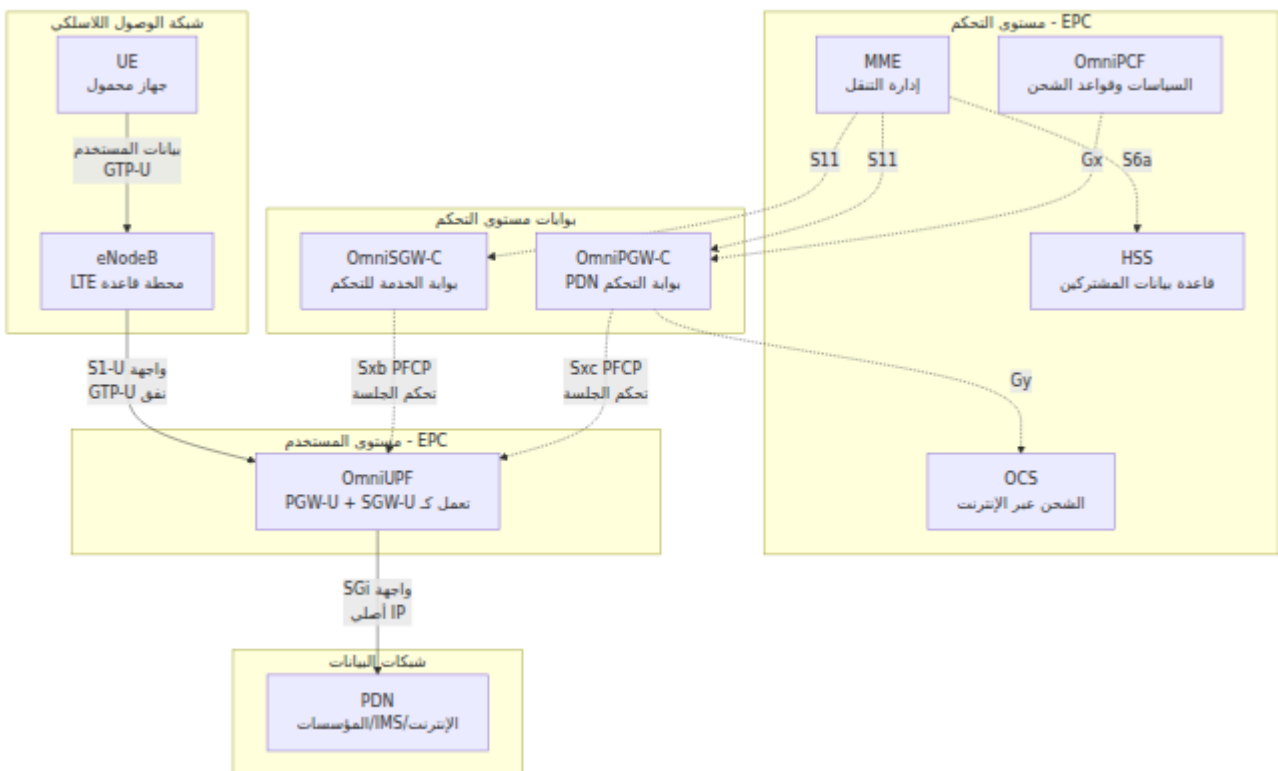
(النموذجي G نشر 4) المدمج PGW-U/SGW-U وضع

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



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 والأخرى ك SGW-U.



كيف تعمل وظائف مستوى المستخدم في الشبكة

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

1. إنشاء الجلسة

- OmniUPF مع N4 عبر واجهة PFPC بإنشاء ارتباط OmniSMF يقوم: **5G**
- عبر PFPC بإنشاء ارتباط OmniSGW-C أو OmniPGW-C يقوم: **4G** مع Sxb/Sxc OmniPGW-U/OmniSGW-U
- أو سياق (5G) UE ل PDU لكل جلسة PFPC تنشئ الطائرة التحكم جلسات PDP (4G)
- PFPC عبر URR و QER و FAR و PDR تتلقى الطائرة المستخدم قواعد 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 S1-U (SGW-U) تصل الحزم على واجهة: **4G** مع تغليف eNodeB من GTP-U
- TEID الرافعة بناءً على PDRs تطابق الطائرة المستخدم الحزم مع
- (تحديد المعدل، التمييز) QER بتطبيق eBPF يقوم برنامج
- إجراء التوجيه (توجيه، إسقاط، تخزين مؤقت، تكرار) FAR تحدد
- SGi (4G) أو N6 (5G) ويتم توجيه الحزم إلى واجهة GTP-U تتم إزالة نفق
- عدد الحزم والبكسلات للشحن URR تتبع

3. معالجة حزم النزول (شبكة البيانات → UE)

- أصلي IP ك N6 تصل الحزم على واجهة: **5G**
- أصلي IP ك SGi تصل الحزم على واجهة: **4G**
- UE ل IP النزول بناءً على عنوان PDRs تطابق الطائرة المستخدم الحزم مع
- 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 (PGW-U) S5/S8 أو (SGW-U) S1-U يتم توجيه الحزم إلى **4G** eNodeB

4. التنقل والتسليم

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

(4G و5G) التكامل مع الطائرة التحكم

القياسية 3GPP واجهات 3 و4G مع كل من وظائف الطائرة التحكم 5 OmniUPF يتكامل

5 واجهات 5G

الواجهة	من → إلى	الغرض	مواصفة 3GPP
N4	OmniSMF ↔ OmniUPF	تعديل، حذف، إنشاء جلسة PFCP	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 (أصلي IP) DN	TS 23.501
N9	OmniUPF ↔ OmniUPF	للتجوال/الحافة UPF الاتصال بين	TS 23.501

4 واجهات 4G/EPC

الواجهة	من → إلى	الغرض	مواصفة 3GPP
Sxb	OmniSGW-C ↔ OmniUPF (وضع SGW-U)	لل بوابة PFCP التحكم في جلسة الخدمة	TS 29.244
Sxc	OmniPGW-C ↔ OmniUPF (وضع PGW-U)	لل بوابة PFCP التحكم في جلسة PDN	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 نفس بروتوكول (Sxb و Sxc و N4) PFCP **ملاحظة:** تستخدم جميع واجهات 29.244. تختلف أسماء الواجهات ولكن البروتوكول وصيغ الرسائل متطابقة.

UPF مكونات

eBPF مسار بيانات

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

الوظائف الأساسية:

- **GTP-U** تغليف وفك تغليف أنفاق: **GTP-U معالجة**
- أو UE ل IP عنوان ، TEID باستخدام **PDR تصنيف الحزم**: مطابقة الحزم مع قواعد SDF مرشحات
- **QER تطبيق جودة الخدمة**: تطبيق تحديد المعدل وتمييز الحزم وفقًا لقواعد
- (توجيه، إسقاط، تخزين مؤقت، تكرار، إعلام) **FAR قرارات التوجيه**: تنفيذ إجراءات
- للشحن القائم على الحجم **URR تتبع الاستخدام**: زيادة عدادات

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

القيمة	الفتح	الغرض	اسم الخريطة
معرف (PDR معلومات FAR، معرف QER، URR معرفات)	TEID (32-bit)	PDRs الرافعة	uplink_pdr_map
PDR معلومات	ل IP عنوان UE	PDRs النزول (IPv4)	downlink_pdr_map
PDR معلومات	ل IPv6 عنوان UE	PDRs النزول (IPv6)	downlink_pdr_map_ip6
معلومات التوجيه (الإجراء، معلومات النفق)	FAR معرف	قواعد التوجيه	far_map
QoS معلومات (MBR، GBR، التمييز)	QER معرف	QoS قواعد	qer_map
عدادات الحجم (الرفع، النزول، الإجمالي)	URR معرف	تتبع الاستخدام	urr_map
مرشحات التطبيقات (المنافذ، البروتوكولات)	PDR معرف	مرشحات SDF	sdf_filter_map

خصائص الأداء:

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

رصد السعة، انظر **إدارة السعة**.

PFCP معالج واجهة

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

:الوظائف الأساسية

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

PFCP دعم رسائل

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

:المدعومة (IE) عناصر المعلومات

- PDR، FAR، QER، URR إنشاء
- PDR، FAR، QER، URR تحديث
- PDR، FAR، QER، URR إزالة
- SDF مرشح، F-TEID، UE ل IP عنوان) معلومات اكتشاف الحزم
- معلومات التوجيه (مثل الشبكة، إنشاء رأس خارجي)

- معلومات QoS (MBR, GBR, QFI)
 - محركات تقرير الاستخدام (عتبة الحجم، عتبة الوقت)
-

REST API خادم

.وعملياته UPF وصولاً برمجياً إلى حالة REST API يوفر

:الوظائف الأساسية

- النشطة والارتباطات PFCP **مراقبة الجلسات**: استعلام عن جلسات
- URR و QER و FAR و PDR **فحص القواعد**: عرض تكوينات
- XDP **الإحصائيات**: استرجاع 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 النهاية**

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

والاستخدام، 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:

- وعدد TEID و UE ل IP النشطة مع عنوان PFCP عرض الجلسات: تصفح جلسات القواعد
- عبر جميع الجلسات URRs و QERs و FARs و PDRs إدارة القواعد: عرض وإدارة
- مراقبة التخزين المؤقت: تتبع الحزم المخزنة والتحكم في التخزين المؤقت لكل FAR
- في الوقت N3/N6 وإحصائيات واجهة XDP لوحة إحصائيات: إحصائيات حزم وطرق و الحقيقي
- مع مؤشرات سعة ملونة eBPF مراقبة السعة: استخدام خريطة
- وعناوين مسار البيانات UPF عرض التكوين: عرض تكوين
- عارض السجلات: بث سجلات مباشرة لاستكشاف الأخطاء وإصلاحها

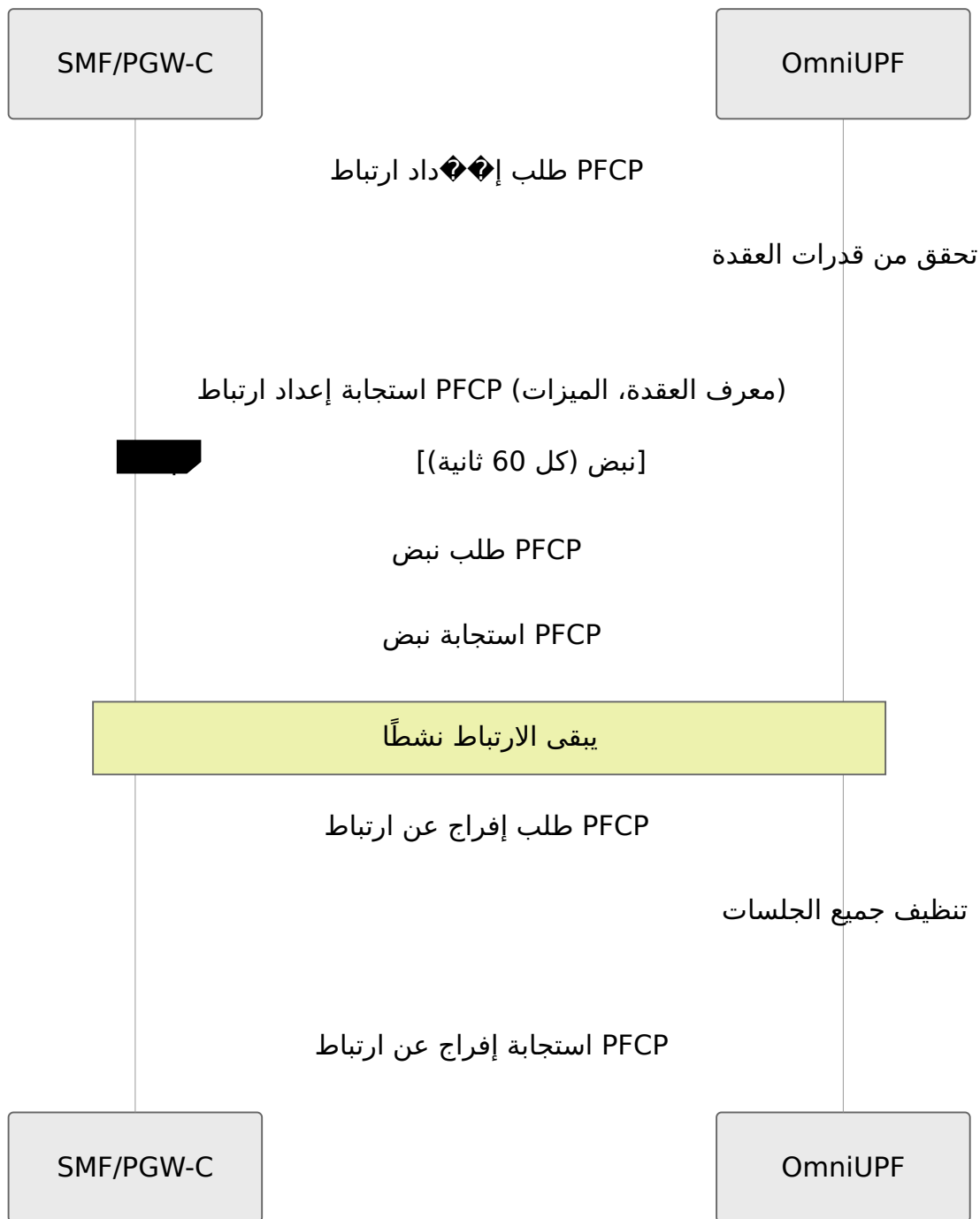
للحصول على عمليات واجهة المستخدم التفصيلية، انظر دليل عمليات واجهة الويب

SMF وتكامل PFCP بروتوكول

PFCP ارتباط

UPF مع PFCP 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 الإفراج عن 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

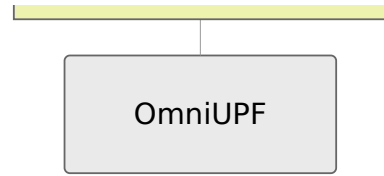
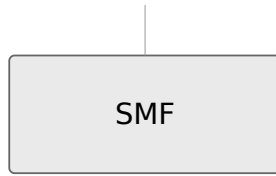
كيف يعمل ذلك:

فإنه يوفر ختم الاسترداد يشير إلى متى بدأ. تقوم PFPCP بإنشاء ارتباط SMF   عندما يقو SMF بتخزين هذا الختم لكل ارتباط. إذا أعيد تشغيل OmniUPF:

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

تدفق اكتشاف إعادة التشغيل:





مثال على السجل:

:سترى SMF، عندما يتم إعادة تشغيل

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

ملاحظات هامة:

1. الأخرى SMF المعاد تشغيلها فقط. لا تتأثر ارتباطات SMF **العزل**: يتم حذف جلسات. وجلساتها بأي شكل

مقارنة الطوابع الزمنية** : إذا كانت الطوابع الزمنية للاسترداد** 2. دون SMF تم إعادة الاتصال بـ) **متطابقة**، يتم الاحتفاظ** بالجلسات (إعادة التشغيل).

القسم 29.244 TS GPP هذا السلوك مفروض بموجب 3 : **GPP امتثال 3** 3. 5.22.2:

قد تغيرت منذ آخر CP إذا كانت طابع الاسترداد الزمني لوظيفة " > قد أعيد CP أن تعتبر أن وظيفة UP إعداد ارتباط، يجب على وظيفة CP. المرتبطة بتلك الوظيفة PCFPC تشغيلها ويجب عليها حذف جميع جلسات

لإصلاح جلسات اليتيمة، راجع [دليل استكشاف الأخطاء] ([./docs/TROUBLESHOOTING.md](https://docs.TROUBLESHOOTING.md)).

GTP-U معالجة إشارة خطأ

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

**: ما هي إشارات الخطأ

على سبيل) إلى نظير بعيد GTP-U بإعادة توجيه حزمة OmniUPF عندما يقوم قد يرسل النظير إشارة **خطأ** إذا لم (SGW-U في نشر PGW-U، المثال :وهذا يدل على (معرف نقطة نهاية النفق) TEID يتعرف على

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 TEID X مع GTP-U يعيد توجيه الحزمة** → يرسل حزمة UPF** النظير البعيد (المنفذ 2152)
2. في جدول TEID يبحث عن → **TEID X النظير البعيد لا يتعرف على** الأنفاق الخاص به، غير موجود
3. IE مع 26 GTP-U النظير البعيد يرسل إشارة خطأ** → نوع رسالة** خاطئ TEID تحتوي على
4. TEID X يستقبل إشارة خطأ** → يحلل الرسالة لاستخراج UPF** FARS يجد الجلسات المتأثرة** → يبحث في جميع الجلسات عن UPF** إلى
5. TEID X التي تعيد توجيهها إلى
6. PFPC وحالة eBPF يحذف الجلسات** → يزيل الجلسات من خرائط UPF** للمراقبة Prometheus يحدث المقاييس** → يزيد عدادات UPF** 7.

****تدفق إشارة الخطأ**:**

```mermaid

sequenceDiagram

participant UE as UE

participant SGW\_U as OmniUPF<br/>(دور SGW-U)

participant PGW\_U as PGW-U

Note over PGW\_U: PGW-U لديه نفق نشط <br/>TEID: 0x12345678

UE->>SGW\_U: حزمة بيانات صاعدة

SGW\_U->>PGW\_U: GTP-U G-PDU<br/>(TEID: 0x12345678)

Note over PGW\_U: يعيد التوجيه بشكل طبيعي

Note over PGW\_U: △ PGW-U يعيد التشغيل <br/>يفقد جميع حالة  
النفق!

UE->>SGW\_U: حزمة بيانات صاعدة

SGW\_U->>PGW\_U: GTP-U G-PDU<br/>(TEID: 0x12345678)

PGW\_U->>PGW\_U: غير موجود □ TEID 0x12345678 بحث عن

PGW\_U->>SGW\_U: △ إشارة خطأ <br/>GTP-U (TEID 0 خاطئ: 0x12345678)

SGW\_U->>SGW\_U: استخراج <br/>استخراج TEID: 0x12345678

SGW\_U->>SGW\_U: FAR العثور على الجلسات مع <br/>تعيد توجيهها إلى  
TEID 0x12345678

SGW\_U->>SGW\_U: الإزالة من خرائط - <br/>حذف الجلسات المتأثرة  
eBPF<br/>- مسح حالة PFCP

SGW\_U->>SGW\_U: تحديث المقاييس:  
<br/>error\_indications\_received++<br/>sessions\_deleted++

Note over SGW\_U: النفق الميت <br/>توقف عن إعادة توجيه إلى  
TEID 0x12345678

**تنسيق الحزمة (القسم 7.3.1 29.281 3GPP TS):**

#### GTP-U Error Indication:

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| GTP-U Header (12 bytes)   |            |
| Version, PT, Flags        | 0x32       |
| Message Type              | 26 (0x1A)  |
| Length                    | 9 bytes    |
| TEID                      | 0 (دائماً) |
| Sequence Number           | يتغير      |
| N-PDU Number              | 0          |
| Next Extension Header     | 0          |
| IE: TEID Data I (5 bytes) |            |
| Type                      | 16 (0x10)  |
| Erroneous TEID            | 4 bytes    |

:متى يكون هذا مهماً

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

- SGW-U (OmniUPF) يعيد توجيه حركة المرور
- PGW-U يعيد التشغيل ويفقد جميع حالة النفق
- القديمة TEIDs يستمر في إعادة التوجيه إلى SGW-U
- يرسل إشارات خطأ PGW-U
- يتوقف تلقائياً عن استخدام الأنفاق الميتة SGW-U

#### N9 النظير في بنية UPF السيناريو 2: إعادة تشغيل

- UPF-2 إلى N9 يعيد توجيه حركة مرور (OmniUPF) UPF-1
- يعيد التشغيل UPF-2
- يستقبل إشارات خطأ UPF-1
- ينظف الجلسات UPF-1

:مثال على السجل

:عند استلام إشارة خطأ



```
WARN: Received GTP-U Error Indication from 192.168.50.10:2152 for
TEID 0x12345678 - remote peer doesn't recognize this TEID
WARN: Found session LocalSEID=42 with FAR GlobalId=1 forwarding to
erroneous TEID 0x12345678 from peer 192.168.50.10
INFO: Deleting session LocalSEID=42 due to GTP-U Error Indication
for TEID 0x12345678 from 192.168.50.10
WARN: Deleted 1 session(s) due to GTP-U Error Indication for TEID
0x12345678 from peer 192.168.50.10
```

## مقاييس Prometheus:

راقب نشاط إشارة الخطأ بدقة لكل نظير ولكل عقدة

```
إجمالي إشارات الخطأ المستلمة من الأقران
upf_buffer_listener_error_indications_received_total{node_id="pg
1",peer_address="192.168.50.10"}

الجلسات المحذوفة بسبب إشارات الخطأ
upf_buffer_listener_error_indication_sessions_deleted_total{node
u-1",peer_address="192.168.50.10"}

الواردة غير المعروفة TEIDs (إشارات الخطأ المرسله)
upf_buffer_listener_error_indications_sent_total{node_id="enodeb
1",peer_address="10.60.0.1"}
```

## تسميات المقاييس:

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

تساعد هذه المقاييس في تحديد الأقران المشكوك فيها وتتبع أنماط إشارة الخطأ لكل عقدة في مستوى التحكم.

## ملاحظات مهمة:

1. **التنظيف التلقائي:** لا حاجة لتدخل المشغل - يتم حذف الجلسات تلقائيًا.
2. **TEID التي تعيد توجيهها إلى FARS** يتم حذف الجلسات فقط مع **TEID مطابقة** الخاطئ بالخطأ ط

3. **عزل لكل نظير:** تؤثر إشارات الخطأ من نظير واحد فقط على الجلسات التي تعيد توجيهها إلى ذلك النظير
4. الميت، TEID **جلسات متعددة:** إذا كانت هناك جلسات متعددة تعيد توجيهها إلى نفس **يتم حذف جميعها**
5. **تكامل مع طابع الاسترداد الزمني:**
- اكتشاف طابع الاسترداد الزمني = استباقي (يكتشف إعادة التشغيل أثناء إعداد الارتباط)
  - معالجة إشارة الخطأ = تفاعلي (يكتشف الأنفاق الميتة عندما تتدفق الحركة)
6. **معالجة الحزم غير الصحيحة:** يتم تسجيل إشارات الخطأ غير الصحيحة وتجاهلها (لا يتم حذف أي جلسات)

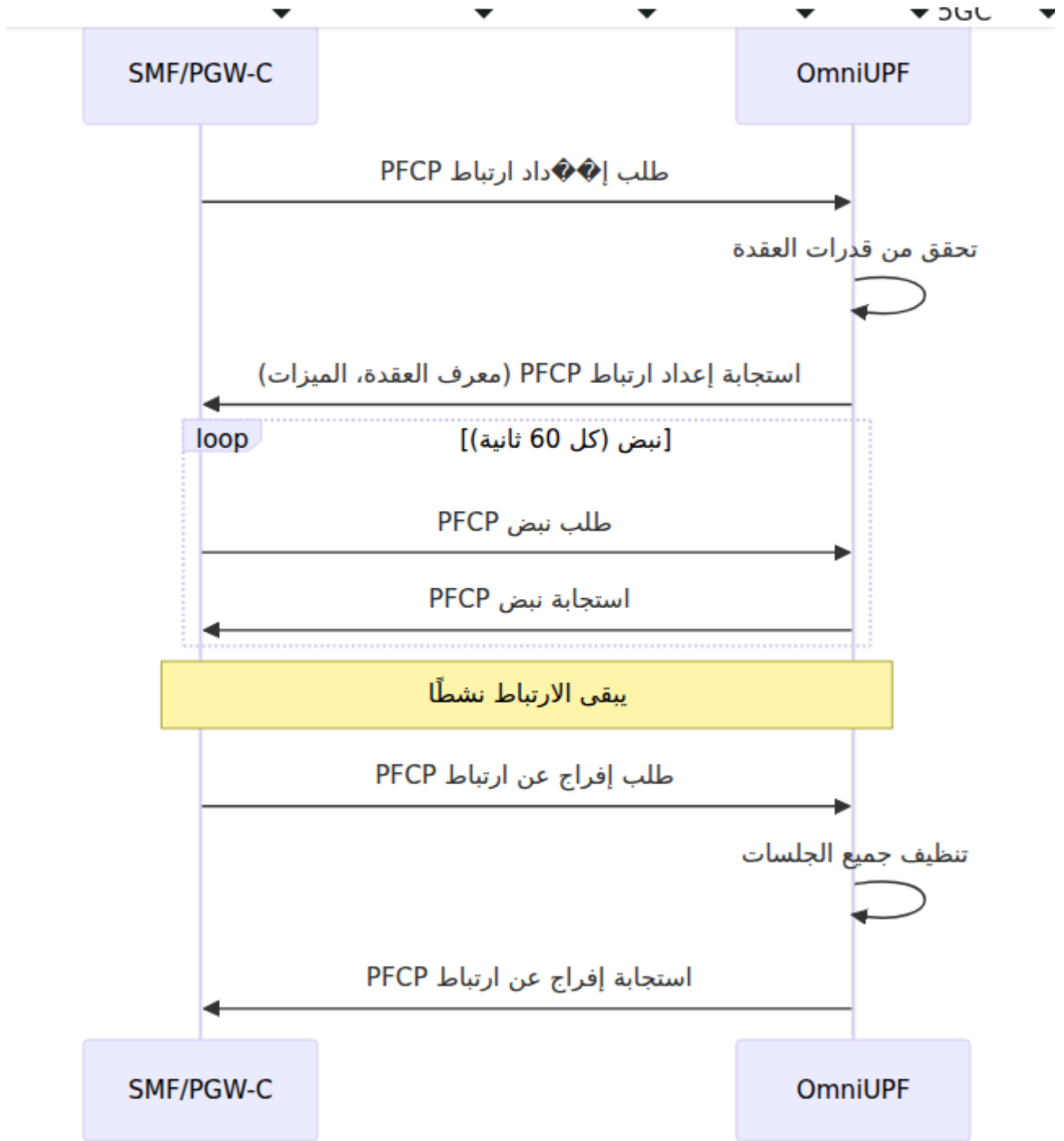
لإصلاح إشارات الخطأ، راجع **دليل استكشاف الأخطاء**

---

## PFCP إنشاء جلسة

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

**تدفق إنشاء الجلسة:**



#### محتويات الجلسة النموذجية:

- **PDR** إلى N6 إعادة التوجيه عبر TEID N3 **صاعدة**: مطابقة على
- **PDR** مع تغليف N3 إلى FAR إعادة التوجيه عبر UE لـ IP **هابطة**: مطابقة على عنوان GTP-U
- **FAR**: معلومات إعادة التوجيه (إنشاء رأس خارجي، مثل الشبكة)
- **QER**: (QFI) وعلامة الحزمة (MBR، GBR) QoS حدود
- **URR**: تقارير الحجم للشحن (اختياري)

# **PFCP تعديل جلسة**

.أو تحديثات الخدمة QoS، تعديل الجلسات لأحداث التنقل (تبديل)، تغييرات SMF يمكن لـ

**:سيناريوهات التعديل الشائعة**

## **1. (N2 مبني على) تبدل**

- الجديدة gNB صاعدة مع نقطة نهاية نفق FAR تحديث
- يمكن تخزين الحزم مؤقتًا أثناء تبدل المسار
- تفريغ المخزن إلى المسار الجديد عند الاستعداد

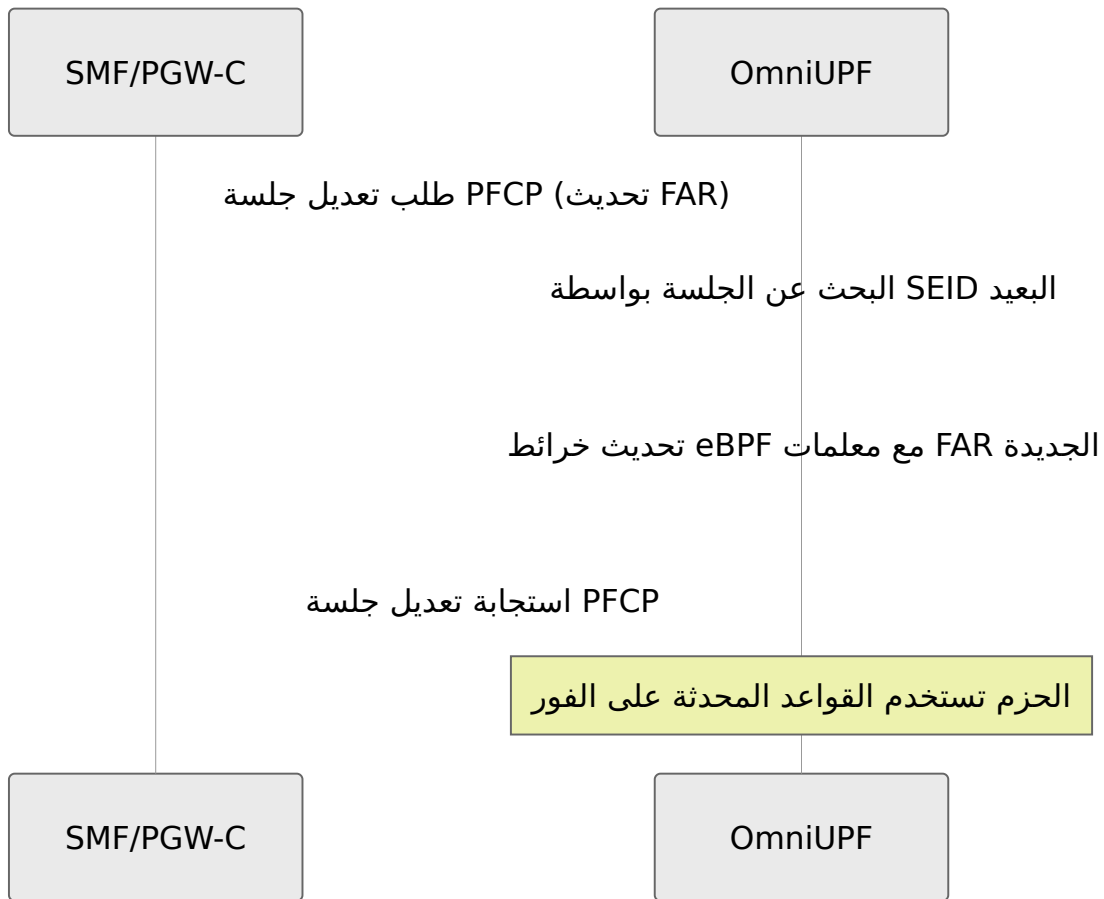
## **2. QoS تغيير**

- الجديدة MBR/GBR مع قيم QER تحديث
- محدد للتطبيق QoS من أجل PDR في SDF قد يتم إضافة/إزالة مرشحات

## **3. تحديث الخدمة**

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

**:تدفق تعديل الجلسة**

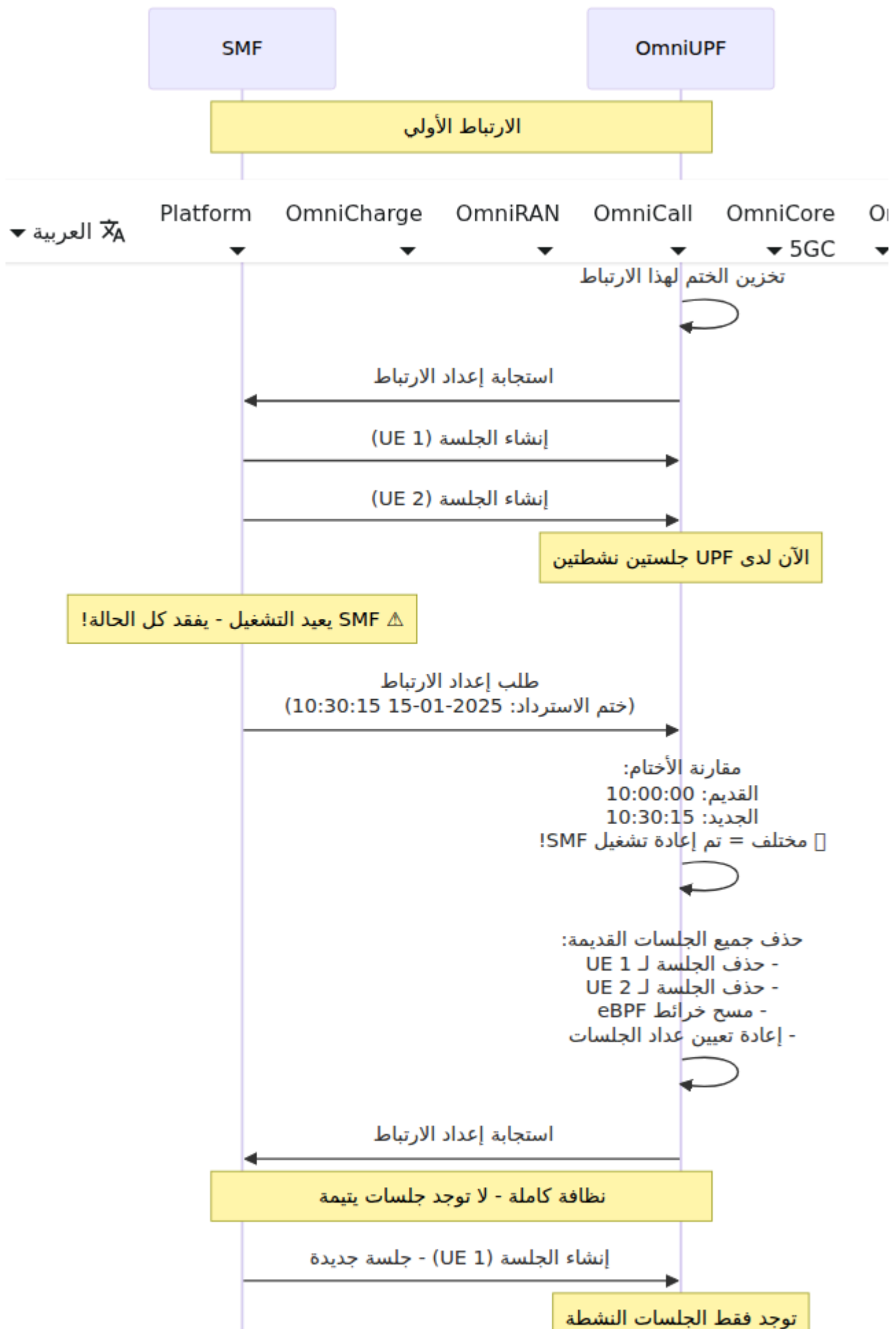


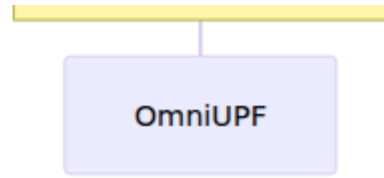
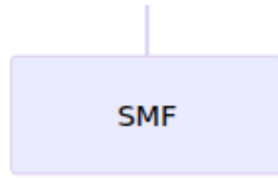
لإدارة القواعد، راجع دليل إدارة القواعد.

## PFCP حذف جلسة

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

تدفق حذف الجلسة:





### :التنظيف المنفذ

- (صاعدة وهابطة) إزالة PDRs جميع
- FARS, QERs, URRs إزالة جميع
- مسح المخازن الحزم
- للشحن SMF إرسال تقرير الاستخدام النهائي إلى

## ❓❓ عمليات الشائعة

قدرات تشغيل شاملة من خلال لوحة التحكم المستندة إلى الويب وواجهة برمجة OmniUPF يوفر. تغطي هذه القسم المهام التشغيلية الشائعة وأهميتها. REST التطبيقات

## مراقبة الجلسة

### :PFCE فهم جلسات

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

- المحلية والبعيدة (معارف نقطة نهاية الجلسة) SEIDs
- لتصنيف الحزم PDRs
- لقرارات إعادة التوجيه FARS
- (اختياري) QoS لتطبيق QERs
- لتتبع الاستخدام (اختياري) URRs

### :العمليات الرئيسية للجلسة

- وعدد القواعد, TEIDs, UE لـ 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
- PFCE مراقبة عدد الجلسات لكل ارتباط

## إدارة القواعد

### (PDR) قواعد كشف الحزم

لحزم التي تتطابق مع تدفقات حركة المرور المحددة. يمكن للمشغلين PDRs تحدد

- N3 من واجهة TEID **المساعدة** المفاتيح بواسطة PDRs عرض
- UE (IPv4 و IPv6) IP **الهبط** المفاتيح بواسطة عنوان PDRs عرض
- SDF **فحص مرشحات** للتصنيف المحدد للتطبيق
- PDRs **مراقبة عدد** واستخدام السعة

### (FAR) قواعد إجراءات إعادة التوجيه

ما يجب القيام به مع الحزم المطابقة. يمكن للمشغلين FARs تحدد

- FAR (FORWARD, DROP, BUFFER, DUPLICATE, NOTIFY) **عرض إجراءات**
- **فحص معلمات إعادة التوجيه** (إنشاء رأس خارجي، وجهة)
- FAR **مراقبة حالة التخزين المؤقت** لكل
- FAR **تبدل التخزين المؤقت** لقواعد محددة أثناء استكشاف الأخطاء

### QoS (QER) قواعد تطبيق

حدود النطاق الترددي وعلامات الحزم. يمكن للمشغلين QERs تطبق

- QoS (MBR, GBR, **ميزانية تأخير الحزمة**) **عرض معلمات**
- QERs **النشطة** لكل جلسة **مراقبة**
- QoS 5G **لتدفقات QFI** **فحص علامات**

### (URR) قواعد تقارير الاستخدام

أحجام البيانات للشحن. يمكن للمشغلين URRs تبع

- **عرض عدادات الحجم** (الرفع، التنزيل، إجمالي البايتات)
- **مراقبة حدود الاستخدام** ومحفزات التقارير
- **النشطة** عبر جميع الجلسات **URRs** **فحص**



## التخزين المؤقت للحزم

### UPF لماذا يعتبر التخزين المؤقت أمرًا حيويًا لـ

لأنه يمنع فقدان الحزم أثناء UPF يعد التخزين المؤقت للحزم واحدة من أهم وظائف أحداث التنقل وإعادة تكوين الجلسة. بدون التخزين المؤقت، سيواجه المستخدمون المتنقلون انقطاعات في الاتصال، وتنزيلات متقطعة، وفشل في الاتصالات في الوقت الحقيقي في كل مرة ينتقلون فيها بين أبراج الخلايا أو عندما تتغير ظروف الشبكة.

### المشكلة: فقدان الحزم أثناء التنقل

في الشبكات المتنقلة، يتحرك المستخدمون باستمرار. عندما ينتقل جهاز من برج خلية إلى آخر (تبدل)، أو عندما تحتاج الشبكة إلى إعادة تكوين مسار البيانات، هناك نافذة حرجية حيث تكون الحزم في الطيران ولكن المسار الجديد ليس جاهزًا بعد:

بعد التبديل

OmniUPF

GTP-U Tunnel  
TEID: 67890

New gNB  
Cell Tower B

أثناء التبديل - نافذة حرجة

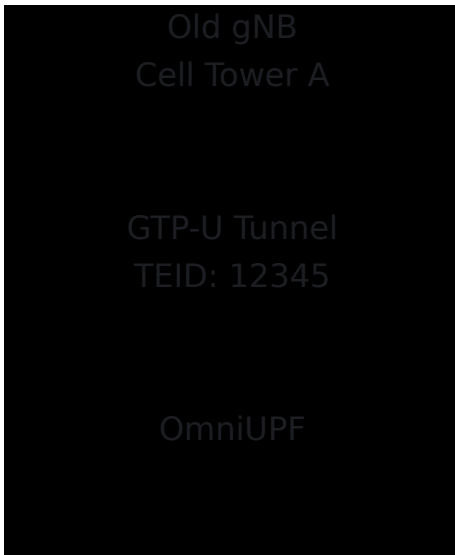
Downlink Packets  
arriving for UE

OmniUPF

❑ Can't send

Where to send?  
Old path closing  
New path not ready

قبل التبديل



**بدون التخزين المؤقت:** الحزم التي تصل خلال هذه النافذة الحرجة سَتُعتبر **مفقودة**، مما يتسبب في:

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

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

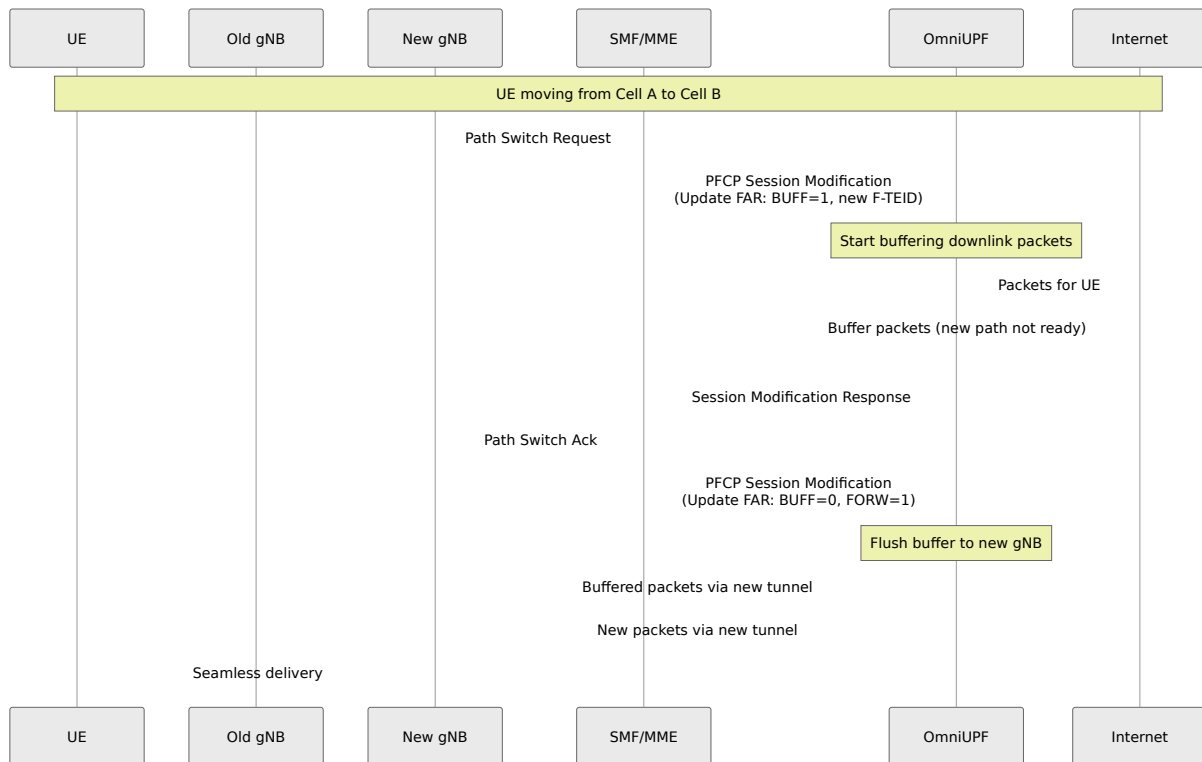
---

### متى يحدث التخزين المؤقت

:يتخزين الحزم في هذه السيناريوهات الحرجة OmniUPF يقوم

#### **(4G) X2 تبديل مبني على / (5G) N2 تبديل مبني على 1.**

:بين أبراج الخلايا UE عندما يتحرك



### الجدول الزمني:

- **T+0ms:** المسار القديم لا يزال نشطًا
- **T+10ms:** بالتخزين المؤقت (المسار القديم يغلق، المسار الجديد UPF يخبر SMF ليس جاهزًا)
- **T+10-50ms:** نافذة التخزين المؤقت الحرجة - تصل الحزم ولكن لا يمكن إعادة توجيهها
- **T+50ms:** بإعادة التوجيه UPF يخبر SMF، المسار الجديد جاهز
- **T+50ms+:** يفرغ الحزم المخزنة إلى المسار الجديد، ثم يعيد توجيه الحزم UPF الجديدة بشكل طبيعي

من الحزم (قد تكون آلاف) ستعتبر مفقودة. مع التخزين ms بدون التخزين المؤقت: ~40  
المؤقت: عدم فقدان الحزم، تبديل سلس

## 2. تحديث الم (QoS، تغيير) تعديل الجلسة

عندما تحتاج الشبكة إلى تغيير معلمات الجلسة

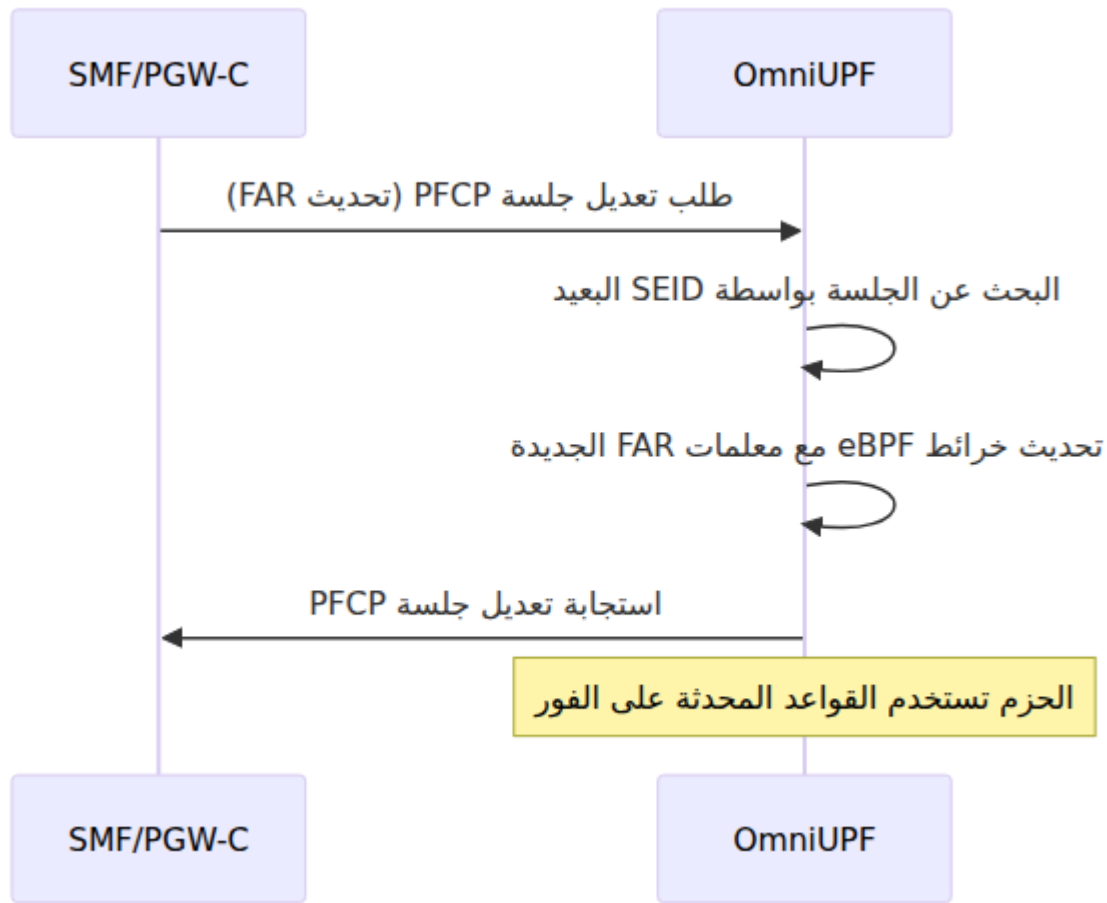
- **QoS: ترقية/خفض** (NSA وضع) إلى G 5 ينتقل المستخدم من تغطية 4
- **تغيير السياسة:** يدخل المستخدم المؤسسي إلى الحرم الجامعي (تغييرات توجيه الحركة)

- (ULCL تحديث) أقرب UPF **تحسين الشبكة**: تعيد الشبكة الأساسية توجيه الحركة إلى

أثناء التعديل، قد تحتاج وحدة التحكم إلى تحديث قواعد متعددة بشكل ذري. يضمن التخزين المؤقت عدم إعادة توجيه الحزم مع مجموعات قواعد جزئية/غير متسقة.

### 3. إشعار بيانات هابطة (استعادة الوضع الخامل)

:في وضع الخمول (الشاشة مطفأة، توفير الطاقة) وتصل بيانات هابطة UE عندما يكون



**بدون التخزين المؤقت**: ستعتبر الحزمة الأولية التي أثارت الإشعار **مفقودة**، مما يتطلب من المرسل إعادة الإرسال (يضيف تأخيرًا). **مع التخزين المؤقت**: يتم تسليم الحزمة التي أيقظت الاتصال UE على الفور عندما يعيد UE

### 4. تبديل RAT (4G ↔ 5G)

G5 وG4 بين تغطية UE عندما يتحرك

- (eNodeB ↔ gNB) تغيير البنية

- (مختلفة TEID تخصيص) تتغير نقاط نهاية النفق
- RAT يضمن التخزين المؤقت انتقالاً سلساً بين أنواع

## OmniUPF كيف يعمل التخزين المؤقت في

### الآلية الفنية:

بنية تخزين مؤقت من مرحلتين OmniUPF يستخدم

1. تكشف عن الحزم التي تتطلب التخزين المؤقت بناءً على: **مرحلة eBPF (النواة)** FAR علامات إجراءات
2. **مرحلة المستخدم:** تخزين وتدير الحزم المخزنة في الذاكرة.

### عملية التخزين المؤقت:

Lexical error on line 3. Unrecognized text. ... N6] PDR\_MATCH&fl°°123¶PDR Match?&fl° -----^

المحاولة مجدداً

### تفاصيل رئيسية:

- إلى eBPF الحزم المرسل (من) UDP 22152 **منفذ التخزين المؤقت:** منفذ (المستخدم)
- TEID ك FAR مع معرف GTP-U **التغليف:** الحزم مغلفة في
- مع بيانات التعريف (الطابع الزمني، الاتجاه، FAR **التخزين:** حزم في الذاكرة لكل   جم الحزمة)
- **الحدود:**
  - حزمة (افتراضي) FAR: 10,000 حد لكل
  - FARs حد عالمي: 100,000 حزمة عبر جميع
  - يتم التخلص منها TTL ثانية (افتراضي) - الحزم التي تزيد عن TTL: 30
- **التنظيف:** عملية خلفية تزيل الحزم المنتهية كل 60 ثانية

### دورة حياة التخزين المؤقت:

1. عبر تعديل (البند 2) FAR BUFF=1 يحدد إجراء SMF: **التخزين المؤقت مفعّل** عبر جلسة PFCP

2. يغلف الحزم، يرسل إلى المنفذ، BUFF يكشف عن علامة eBPF: **تخزين الحزم** 22152
3. الطابع الزمني، الاتجاه، FAR **تخزين المستخدم**: مدير التخزين يخزن الحزم مع معرف
4. مع معلمات FAR FORW=1، BUFF=0 يحدد إجراء SMF: **التخزين المؤقت معطل** إعادة التوجيه الجديدة
5. الجديدة FAR **تفريغ المخزن**: يعيد المستخدم تشغيل الحزم المخزنة باستخدام قواعد (نقطة نهاية النفق الجديدة)
6. **استئناف الوضع الطبيعي**: يتم إعادة 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 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           |
| لعب سلس، لا انقطاعات          | تنقطع الاتصال، يتم طردك من اللعبة        | ألعاب عبر الإنترنت أثناء الحركة     |
| واضحة تمامًا، لا انقطاعات     | تنقطع المكالمات في كل تبديل              | في السيارة VoIP مكالمات             |
| تشغيل سلس                     | يتوقف الفيديو، تنخفض الجودة              | بث الفيديو على القطار               |
| يتم الحفاظ على جميع الاتصالات | يفشل SSH، تنقطع جلسة مكالمة الفيديو      | نقطة اتصال متنقلة للكمبيوتر المحمول |

**\*\*فوائد مشغل الشبكة\*\*:**

- حاسم لجودة الشبكة KPI: **\*\*المنخفض (CDR) معدل انخفاض المكالمات\*\***
- زيادة رضا العملاء: **\*\*لا يلاحظ المستخدمون الانتقالات\*\***
- خفض تكاليف الدعم: **\*\*شكاوى أقل حول الاتصالات المقطوعة\*\***
- "ميزة تنافسية": **\*\*تسويق "أفضل شبكة للتغطية\*\***

---

### ##### عمليات إدارة الذاكرة المؤقتة

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

**\*\*المراقبة\*\*:**

- (العدد، البايتات، FAR عرض الحزم المخزنة مؤقتًا لكل معرف (العمر عالمي، FAR لكل) تتبع استخدام الذاكرة المؤقتة مقابل الحدود
- تنبيه عند تجاوز الذاكرة المؤقتة أو مدة التخزين المؤقت
- المفردة (TTL الحزم المخزنة مؤقتًا < عتبة) تحديد الذاكرات العالقة

**\*\*عمليات التحكم\*\*:**

- تفريغ الذاكرة المؤقتة: تفعيل إعادة تشغيل الذاكرة المؤقتة يدويًا (استكشاف الأخطاء وإصلاحها)
- مسح الذاكرة المؤقتة: التخلص من الحزم المخزنة مؤقتًا (تنظيف الذاكرات العالقة)
- تغيير وقت انتهاء صلاحية الحزمة: TTL تعديل
- أو عالمي FAR تعديل الحدود: زيادة سعة الذاكرة المؤقتة لكل

**\*\*استكشاف الأخطاء وإصلاحها\*\*:**

- قد أرسل تحديث SMF الذاكرة المؤقتة لا تتفريغ: تحقق مما إذا كان لتعطيل التخزين المؤقت FAR
- تجاوز الذاكرة المؤقتة: زيادة الحدود أو التحقيق في سبب طول مدة التخزين المؤقت مرتفعًا جدًا، أو TTL حزم قديمة في الذاكرة المؤقتة: قد يكون
- FAR تأخر تحديث SMF تخزين مؤقت مفرط: قد يشير إلى مشاكل في التنقل أو مشاكل في

للحصول على تفاصيل عمليات الذاكرة المؤقتة، راجع [دليل إدارة الذاكرة (./docs/WEB\_UI.md#buffer-management) المؤقتة].



---

#### تكوين الذاكرة المؤقتة

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

````elixir`

إعدادات الذاكرة المؤقتة

`buffer_port = 22152`

للحزم المخزنة مؤقتًا UDP منفذ

(افتراضي)

التوصيات:

- **الشبكات ذات الحركة العالية** (الطرق السريعة، القطارات): زيادة `buffer_max_packets` إلى 20,000 +
- **المناطق الحضرية الكثيفة** (`buffer_packet_ttl`) (الانتقالات المتكررة): تقليل `buffer_packet_ttl` إلى 15 ثانية
- **التطبيقات ذات الكمون المنخفض**: تعيين `buffer_packet_ttl` إلى 10 ثوانٍ لمنع البيانات القديمة
- **IoT أجهزة** (تقليل الحدود: **IoT شبكات**) (تنتج حركة مرور أقل أثناء الانتقال IoT أجهزة) تقليل الحدود

للحصول على خيارات التكوين الكاملة، راجع [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**
- **الحزم المفقودة**: الحزم التي تم التخلص منها بسبب الأخطاء أو السياسات
- عدد الحزم المعبأة: **GTP-U حزم**

إحصائيات المسار

مقاييس التوجيه لكل مسار

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

XDP: إحصائيات

eXpress Data Path: مقاييس أداء

- XDP **المعالجة:** الحزم التي تم التعامل معها في طبقة XDP
- **المرسلة:** الحزم المرسلة إلى كومة الشبكة XDP
- XDP **المفقودة:** الحزم المفقودة 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 عدد الحزم:** إحصائيات الواجهة المجمعة

للحصول على تفاصيل المراقبة، راجع **دليل المراقبة**.

إدارة السعة

eBPF: مراقبة سعة خريطة

يمكن للمشغلين eBPF على سعة خريطة UPF يعتمد أداء

- **مراقبة استخدام الخريطة** مع مؤشرات النسبة المئوية في الوقت الحقيقي
- eBPF **عرض حدود السعة** لكل خريطة
- **تنبيهات ملونة:**
 - أخضر (>50%): عادي
 - أصفر (50-70%): حذر
 - كهرماني (70-90%): تحذير
 - أحمر (<90%): حرج

الخرائط الحرجة للمراقبة:

- `uplink_pdr_map`: تصنيف حركة المرور الصاعدة
- `downlink_pdr_map`: تصنيف حركة مرور الهابطة IPv4
- `far_map`: قواعد التوجيه
- `qer_map`: قواعد QoS
- `urr_map`: تتبع الاستخدام

تخطيط السعة:

- يستهلك إدخال خريطة واحد (حجم المفتاح + حجم القيمة) PDR كل
- (حد ذاكرة النواة) UPF يتم تكوين سعة الخريطة عند بدء تشغيل
- تجاوز السعة يتسبب في فشل إنشاء الجلسات

للحصول على مراقبة السعة، راجع [إدارة السعة](#).

إدارة التكوين

UPF تكوين:

UPF عرض والتحقق من معلمات تشغيل

- **N3 واجهة** (GTP-U) RAN للاتصال بـ IP عنوان
- **N6 واجهة** للاتصال بشبكة البيانات IP عنوان
- **N9 واجهة** (اختياري) UPFs للتواصل بين IP عنوان
- **PFCEP واجهة** SMF للاتصال بـ IP عنوان
- **API منفذ** REST API منفذ الاستماع لـ
- Prometheus **نقطة نهاية المقاييس**: منفذ مقاييس

تكوين بيانات الطائرة:

النشطة eBPF معلمات

- في وقت التشغيل **N3 النشاط**: ربط واجهة **N3 عنوان**
- في وقت التشغيل (إذا كان مفعلاً) **N9 النشاط**: ربط واجهة **N9 عنوان**

للحصول على عرض التكوين، راجع [عرض التكوين](#).

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

.تتناول هذه القسم المشكلات التشغيلية الشائعة واستراتيجيات حلها

فشل إنشاء الجلسات

لا يمكنه إنشاء اتصال بيانات UE ، في الإنشاء PFCP الأعراض: فشل جلسات

الأسباب الجذرية الشائعة:

1. PFCP لم يتم إنشاء ارتباط

- المنفذ (UPF لـ PFCP يمكنه الوصول إلى واجهة SMF تحقق مما إذا كان (8805)
- في عرض الجلسات PFCP تحقق من حالة ارتباط
- UPF و SMF تحقق من تطابق تكوين معرف العقدة بين

2. eBPF استنفاد سعة خريطة

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

3. غير صالح PDR/FAR تكوين

- فريد وصالح UE لـ IP تحقق من أن عنوان
- لا يتعارض TEID تحقق من أن تخصيص
- تشير إلى مثيلات الشبكة الصالحة FAR تأكد من أن

4. مشكلات تكوين الواجهة

- gNB يمكن الوصول إليه من N3 تحقق من أن عنوان واجهة
- N6 تحقق من جداول التوجيه من أجل الاتصال بشبكة البيانات
- غير محجوبة بواسطة جدار الحماية GTP-U تأكد من أن حركة مرور

.للحصول على استكشاف الأخطاء وإصلاحها بالتفصيل، راجع دليل استكشاف الأخطاء وإصلاحها

مشاكل فقدان الحزم أو التوجيه

لديه اتصال ولكنه يعاني من فقدان الحزم أو عدم وجود تدفق حركة المرور UE: الأعراض

الأسباب الجذرية الشائعة:

1. غير صحيح PDR تكوين

- gNB المعين من TEID الصاعدة يتطابق مع TEID PDR تحقق من أن
- المعين IP يتطابق مع UE الهابطة لـ IP PDR تحقق من أن
- لقواعد صارمة للغاية SDF فحص مرشحات

2. FAR مشكلات إجراء

- (BUFFER أو DROP ليس) FORWARD هو FAR تحقق من أن إجراء
- GTP-U تحقق من معلمات إنشاء الرأس الخارجي لـ
- تأكد من أن نقطة النهاية الوجهة صحيحة

3. QoS تجاوز حدود

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

4. للواجهة MTU مشكلات

- لا يتسبب في التجزئة (بايت 40-50) GTP-U تحقق من أن الحمل الزائد لـ
- N3/N6 لواجهات MTU تحقق من تكوين
- التي تحتاج إلى التجزئة ICMP راقب رسائل

مشاكل متعلقة بالذاكرة المؤقتة

الأعراض: حزم مخزنة مؤقتًا إلى أجل غير مسمى، تجاوز الذاكرة المؤقتة

الأسباب الجذرية الشائعة:

1. عدم تعطيل التخزين المؤقت بعد الانتقال

- (البند 2) FAR تحقق من علامة تخزين
- قد أرسل تعديل الجلسة لتعطيل التخزين المؤقت SMF تحقق مما إذا كان
- تعطيل التخزين المؤقت يدويًا عبر لوحة التحكم إذا كانت عالقة

2. للذاكرة المؤقتة TTL انتهاء صلاحية

- تحقق من عمر الحزمة في عرض الذاكرة المؤقتة
- للذاكرة المؤقتة (قد يكون الافتراضي طويلًا جدًا) TTL تحقق من تكوين
- مسح الذاكرات المؤقتة المنتهية يدويًا

3. استنفاد سعة الذاكرة المؤقتة

- FAR مراقبة إجمالي استخدام الذاكرة المؤقتة وحدود كل
- تحقق من القواعد غير المكونة بشكل صحيح التي تسبب تخزين مؤقت مفرط
- والحد الأقصى الكلي FAR تعديل الحدود القصوى للذاكرة المؤقتة لكل

للحصول على استكشاف الأخطاء وإصلاحها المتعلقة بالذاكرة المؤقتة، راجع **عمليات الذاكرة المؤقتة**.

شذوذ الإحصائي؟؟؟

الأعراض: عدادات الحزم غير المتوقعة، إحصائيات مفقودة

الأسباب الجذرية الشائعة

1. تجاوز العداد

- عدادات 64 بت (يجب ألا تتجاوز) eBPF تستخدم خرائط
- تحقق من أحداث إعادة تعيين العداد في السجلات
- يعمل URR تحقق من أن تقرير

2. إحصائيات المسار لا تتحدث

- متصل بالواجهات eBPF تحقق من أن برنامج
- المطلوبة eBPF تحقق من أن إصدار النواة يدعم ميزات
- لأخطاء المعالجة XDP مراجعة إحصائيات

3. عدم تطابق إحصائيات الواجهة

- مع عدادات واجهة النواة N3/N6 قارن إحصائيات
- (مثل التوجيه المحلي) eBPF تحقق من حركة المرور التي تتجاوز
- XDP تحقق من أن كل حركة المرور تمر عبر خطافات

تدهور الأداء

الأعراض: زمن انتقال مرتفع، إنتاجية منخفضة، تشبع وحدة المعالجة المركزية

التشخيص:

1. أو الإلغاءات XDP تحقق من فقدان **XDP مراقبة إحصائيات**
2. يجب أن تكون عمليات البحث عن التجزئة: **eBPF تحقق من زمن وصول خريطة** أقل من ميكروثانية
3. عبر النوى eBPF **مراجعة استخدام وحدة المعالجة المركزية:** يجب أن يتم توزيع
4. XDP يدعم تحميل NIC **تحليل واجهة الشبكة:** تحقق من أن

اعتبارات القابلية للتوسع:

- حزمة في الثانية لكل نواة +10M **XDP أداء**
- مقيدة فقط بذاكرة النواة PDRs ملايين **PDR سعة**
- **UPF عدد الجلسات:** آلاف الجلسات المتزامنة لكل مثيل
- المناسب NIC **الإنتاجية:** إنتاجية متعددة الجيجابت مع تحميل

لتحسين الأداء، راجع **دليل الهندسة المعمارية**.

الوثائق الإضافية

أدلة عمليات محددة للمكونات

UPF للحصول على عمليات مفصلة واستكشاف الأخطاء وإصلاحها لكل مكون من مكونات

دليل التكوين

مرجع تكوين كامل بما في ذلك:

- (متغيرات البيئة، CLI، YAML) معلمات التكوين

- أوضاع التشغيل (UPF/PGW-U/SGW-U)
- نظرة عامة على أوضاع إرفاق XDP
- توافق المحاكيات (Proxmox, VMware, KVM, Hyper-V, VirtualBox)
- XDP ودعم برنامج تشغيل NIC توافق
- أمثلة على التكوين لسيناريوهات مختلفة
- حجم الخريطة وتخطيط السعة

XDP دليل أوضاع

:التفصيلي والتحسين بما في ذلك XDP تكوين

- (عام/محلي/تحميل) XDP شرح أوضاع إرفاق
- مقارنة الأداء والمعايير
- خطوة بخطوة Proxmox VE المحلي على XDP إعداد
- تكوين متعدد الطوابير لأفضل أداء
- Hyper-V و KVM و VMware ESXi على XDP إعداد
- واستكشاف الأخطاء وإصلاحها XDP التحقق من
- XDP اختيار الأجهزة لأداء

دليل الهندسة المعمارية

:غوص تقني عميق بما في ذلك

- ودورة حياة البرنامج eBPF أساس تقنية
- مع استدعاءات ذيل XDP خط أنابيب معالجة حزم
- PFCEP تنفيذ بروتوكول
- (إلى المنفذ 22152 GTP-U تغليف) بنية التخزين المؤقت
- (نافذة 5 مللي ثانية) QoS تحديد معدل نافذة
- (10 Mpps/core، 3.5 μ s زمن انتقال) خصائص الأداء

دليل إدارة القواعد

:بما في ذلك PFCEP مرجع قواعد

- تصنيف الحركة - (PDR) قواعد اكتشاف الحزم
- قرارات التوجيه مع علامات الإجراء - (FAR) قواعد إجراء التوجيه
- (MBR/GBR) إدارة النطاق الترددي - (QER) QoS قواعد تنفيذ

- تتبع الحجم والتقارير - (URR) قواعد تقرير الاستخدام
- مخططات تدفق الحزم الصاعدة والهابطة
- منطق معالجة القواعد والأسبقية

دليل المراقبة

الإحصائيات وإدارة السعة بما في ذلك:

- وتوزيع الحركة N3/N6 إحصائيات واجهة
- (تمرير/فقدان/إعادة توجيه/إلغاء) XDP إحصائيات معالجة
- مع مناطق ملونة eBPF مراقبة سعة خريطة
- مقاييس الأداء (معدل الحزم، الإنتاجية، معدل الفقد)
- صيغ تخطيط السعة وتقدير الجلسات
- عتبات التنبيه وأفضل الممارسات

دليل عمليات واجهة الويب

استخدام لوحة التحكم بما في ذلك:

- نظرة عامة على لوحة المعلومات والتنقل
- مراقبة الجلسات (حالات صحية/غير صحية)
- (PDR، FAR، QER، URR تفاصيل) فحص القواعد
- مراقبة الذاكرة المؤقتة وحالة تخزين الحزم
- لوحة معلومات إحصائيات في الوقت الحقيقي
- eBPF تصور سعة خريطة
- عرض التكوين

API توثيق

بما في ذلك REST API مرجع كامل لـ

- التفاعلي OpenAPI/Swagger توثيق
- (استنادًا إلى الصفحة واستنادًا إلى الإزاحة) API ترقيم
- والارتباطات PFCE نقاط نهاية جلسات
- IPv4 و IPv6 - (PDR) قواعد اكتشاف الحزم
- (FAR) قواعد إجراء التوجيه
- QoS (QER) قواعد تنفيذ

- (URR) قواعد تقرير الاستخدام
- إدارة الذاكرة المؤقتة للحزم
- نقاط نهاية الإحصائيات والمراقبة
- FRR إدارة المسار ودمج
- eBPF معلومات خريطة
- إدارة التكوين
- إرشادات المصادقة والأمان
- وأمثلة API سير العمل الشائعة لـ

مرجع المقاييس

بما في ذلك Prometheus توثيق مقاييس:

- (عدادات، زمن الانتقال، الأخطاء لكل نظير) PFCP مقاييس رسائل
- (أحكام بيانات الطائرة) XDP مقاييس إجراءات
- (packet_type عدادات على مستوى البروتوكول مع تسميات) مقاييس الحزم
- والارتباطات (لكل عقدة في مستوى التحكم) PFCP مقاييس جلسات
- (PFCP حجم الحركة لكل نظير) URR مقاييس
- مقاييس تخزين الحزم (حالة التخزين، السعة، الإنتاجية)
- (DLDR) مقاييس إشعار تقرير البيانات الهابطة
- (استخدام الموارد) eBPF مقاييس سعة خريطة
- Prometheus أمثلة على تكوين
- Grafana توصيات لوحة معلومات

PFCP مرجع رموز سبب

بما في ذلك PFCP توثيق رموز خطأ:

- (TS 129.244)GPP تعريفات رموز السبب والتوافق مع 3
- متى تحدث كل رمز سبب (نجاح، أخطاء العميل، أخطاء الخادم)
- سيناريوهات الفشل الشائعة مع الحلول
- Prometheus استكشاف الأخطاء باستخدام مقاييس
- إعداد الارتباط وفشل دورة حياة الجلسة
- خطوات تصحيح الأخطاء لمعدلات الرفض العالية
- توصيات التنبيه لرموز السبب

UE دليل إداري مسارات

:بما في ذلك FRR دمج توجيه

- والعمارة (التوجيه الحر) FRR نظرة عامة على
- UE دورة حياة مزامنة مسار
- مزامنة المسار التلقائية مع خادم التوجيه
- BGP و OSPF إعلان المسار عبر
- OSPF مراقبة جيران
- OSPF External LSA التحقق من قاعدة بيانات
- BGP إدارة جلسات نظير
- واجهة مراقبة المسار في واجهة الويب
- عمليات مزامنة المسار اليدوية
- لتدفق المسار والعمارة Mermaid مخططات

IPv6 / Dual-Stack دليل

:IPv4v6 و PDN IPv6 في مستوى المستخدم لجلسات IPv6 تشغيل

- (والتوجيه IPv6 تفعيل) المتطلبات الأساسية للنواة
- UE لـ IPv6 تكوين مجموعة عناوين
- UE لمسارات مضيف OSPFv3 إعلان /128
- IPv6 سلوك بيانات الطائرة الهابطة/الصاعدة لـ
- وإعلان المسار IPv6 استكشاف أخطاء توجيه

دليل استكشاف الأخطاء وإصلاحها

:تشخيص شامل للمشاكل بما في ذلك

- قائمة فحص تشخيصية سريعة والأدوات
- مشكلات التثبيت والتكوين
- PFCP فشل ارتباط
- مشاكل معالجة الحزم
- XDP و eBPF أخطاء
- تدهور الأداء
- مشكلات محددة بالحاكي (Proxmox, VMware, VirtualBox)

- وبرامج التشغيل NIC مشكلات
 - إجراءات حل خطوة بخطوة
-

الوثائق حسب حالة الاستخدام

OmniUPF تثبيت وتكوين

1. ابدأ مع هذا الدليل للحصول على نظرة عامة.
2. دليل التكوين لمعلومات الإعداد.
3. دليل واجهة الويب للوصول إلى لوحة التحكم.

Proxmox النشر على

1. ابدأ هنا للأداء - Proxmox المحلي على XDP إعداد - XDP دليل أوضاع
2. دليل التكوين - توافق المحاكى
3. Proxmox SR-IOV دليل التكوين - إعداد
4. Proxmox استكشاف الأخطاء وإصلاحها - مشكلات

تحسين الأداء

1. المحلي للحصول على زيادة في الأداء XDP قم بتمكين - XDP دليل أوضاع من 5-10 مرات
2. دليل الهندسة المعمارية - تحسين الأداء
3. XDP دليل التكوين - أوضاع
4. دليل المراقبة - مقاييس الأداء
5. استكشاف الأخطاء وإصلاحها - مشكلات الأداء

فهم معالجة الحزم

1. دليل الهندسة المعمارية - خط أنابيب معالجة الحزم
2. دليل إدارة القواعد
3. دليل المراقبة - الإحصائيات

تخطيط السعة

1. دليل التكوين - حجم الخريطة
2. دليل المراقبة - تخطيط السعة

دليل المراقبة - تقدير سعة الجلسات 3.

FRR ودمج UE إدارة مسارات

1. دليل تكامل التوجيه الكامل - UE دليل إدارة مسارات
2. للمسار API إدارة المسار - نقاط نهاية - API توثيق
3. دليل واجهة الويب - عمليات صفحة المسارات
4. OSPF LSA التحقق من - FRR التحقق من - UE إدارة مسار

REST API استخدام

1. كامل API مرجع - API توثيق
2. التفاعلي API مستكشف - Swagger واجهة - API توثيق
3. API أمثلة على استخدام - API ميزات - API توثيق
4. مثال API دليل واجهة الويب - واجهة الويب كعميل

استكشاف المشكلات

1. دليل استكشاف الأخطاء وإصلاحها - ابدأ هنا
2. دليل المراقبة - تحقق من الإحصائيات والسعة
3. دليل واجهة الويب - استخدم تشخيصات لوحة التحكم

مرجع سريع

الشائعة API نقاط نهاية

:للمراقبة والإدارة REST واجهة برمجة تطبيقات OmniUPF يوفر

```

# الحالة والصحة
GET http://localhost:8080/api/v1/upf_status

# ارتباطات PFCP
GET http://localhost:8080/api/v1/upf_pipeline

# الجلسات
GET http://localhost:8080/api/v1/sessions

# الإحصائيات
GET http://localhost:8080/api/v1/packet_stats
GET http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats

# مراقبة السعة
GET http://localhost:8080/api/v1/map_info

# إحصائيات الذاكرة المؤقتة
GET http://localhost:8080/api/v1/upf_buffer_info

```

على Swagger الكامل، الوصول إلى واجهة API للحصول على توثيق <http://<upf-ip>:8080/swagger/index.html>

معلومات التكوين الأساسية

| | |
|---------------------------------|----------------------------|
| # /etc/omniupf/runtime.exs | |
| xdp_interfaces = "eth0" | # الواجهات لحركة مرور |
| N3/N6/N9 | |
| xdp_attach_mode = "native" | # "عام" "محلي" "تحميل" |
| n3_address = "10.100.50.233" | # لواجهة IP عنوان N3 |
| pfcip_address = "10.100.50.241" | # عنوان الاستماع لـ PFCP |
| pfcip_port = 8805 | # منفذ PFCP |
| node_id = "10.100.50.241" | # معرف العقدة لـ PFCP |
|
السعة | |
| max_sessions = 100_000 | # الحد الأقصى للجلسات |
| المتزامنة | |
|
API | |
| api_port = 8080 | # منفذ REST API |

عتبات المراقبة الهامة

- تشغيل عادي: $eBPF < 70\%$ سعة خريطة
- خطط لزيادة السعة خلال أسبوع واحد: $eBPF 70-90\%$ سعة خريطة
- حرج - يتطلب إجراء فوري: $eBPF > 90\%$ سعة خريطة
- معدل فقدان الحزم $> 0.1\%$: ممتاز
- معدل فقدان الحزم $0.1-1\%$: جيد - مشاكل طفيفة
- معدل فقدان الحزم $< 5\%$: حرج - تحقق على الفور
- $eBPF$ الملغاة < 0 : مشكلة حرجية مع برنامج XDP

GPP مرجع معايير 3

GPP: المواصفات التالية من 3 OmniUPF يطبق

| المواصفة | العنوان | الصلة |
|--------------|--|------------------------------|
| TS
23.501 | G (5GS) بنية النظام لنظام 5 | G في 5 UPF بنية
والواجهات |
| TS
23.401 | للولصول (GPRS) تحسينات خدمة الحزمة العامة
إلى E-UTRAN | LTE في UPF بنية
(PGW-U) |
| TS
29.244 | الواجهة بين عقد التحكم وعقد بيانات المستخدم
(PFCP) | PFCEP N4 بروتوكول |
| TS
29.281 | (GTPv1-U) بروتوكول نفق خدمة الحزمة العامة | GTP-U تغليف |
| TS
23.503 | G إطار التحكم في السياسة والفوترة لنظام 5
(5GS) | والفوترة QoS |
| TS
29.212 | (PCC) التحكم في السياسة والفوترة | QoS تنفيذ |

المعجم

G مصطلحات بنية 5

- مشروع الشراكة للجيل الثالث - هيئة المعايير للاتصالات المتنقلة: **3GPP**
- وظيفة إدارة الوصول والتنقل - عنصر شبكة الجيل الخامس للتحكم في الوصول: **AMF**
- وظيفة الفوترة - نظام الفوترة في الجيل الخامس: **CHF**
- (المؤسسات، IMS، الإنترنت) شبكة البيانات - شبكة خارجية: **DN**
- **eNodeB**: LTE محطة قاعدة - B العقدة المتطورة
- IP مع عنوان GTP-U معرف نقطة النهاية للنفق المؤهل بالكامل - معرف نفق: **F-TEID**
- **gNB**: G محطة قاعدة 5 - B العقدة التالية
- بروتوكول نفق خدمة الحزمة العامة - بروتوكول النفق لبيانات المستخدم: **GTP-U**
- للنطاق الترددي الأقصى المسموح به QoS الحد الأقصى لمعدل البت - معلمة: **MBR**
- للنطاق الترددي الأدنى المضمن QoS معدل البت المضمن - معلمة: **GBR**
- (حركة مرور بيانات المستخدم) UPF و RAN الواجهة بين: **N3**
- (PFCP تحكم) UPF و SMF الواجهة بين: **N4**
- وشبكة البيانات (حركة مرور بيانات المستخدم) UPF الواجهة بين: **N6**
- (UPFs حركة مرور بيانات المستخدم بين) UPFs الواجهة بين: **N9**
- وظيفة التحكم في السياسة - خادم السياسة في الجيل الخامس: **PCF**
- وحدة بيانات البروتوكول - جلسة بيانات في الجيل الخامس: **PDU**
- **PGW-C**: SMF لـ LTE لطبقة التحكم - نظير PDN بوابة
- **PGW-U**: (UPF مكافئ) LTE لطبقة المستخدم - بيانات PDN بوابة
- في الجيل الخامس QoS تمييز تدفق - QoS معرف تدفق: **QFI**
- جودة الخدمة - أولوية الحركة وإدارة النطاق الترددي: **QoS**
- **RAN**: (gNB/eNodeB) شبكة الوصول الراديوي - شبكة محطة القاعدة
- PFCP معرف نقطة نهاية الجلسة - معرف جلسة: **SEID**
- وظيفة إدارة الجلسة - عنصر شبكة الجيل الخامس للتحكم في الجلسة: **SMF**
- GTP-U معرف نقطة نهاية النفق - معرف نفق: **TEID**
- **UE**: معدات المستخدم - جهاز محمول
- وظيفة بيانات المستخدم - عنصر شبكة توجيه الحزم في الجيل الخامس: **UPF**

PFCEP مصطلحات بروتوكول

- **Association:** SMF و UPF العلاقة التحكيمية بين
- **FAR:** قاعدة إجراء التوجيه - تحدد سلوك توجيه الحزم
- **IE:** PFCEP عنصر المعلومات - مكون رسالة
- **Node ID:** (IP أو عنوان FQDN) SMF أو UPF معرف
- **PDR:** قاعدة اكتشاف الحزم - تصنف الحزم إلى تدفقات
- **PFCEP:** N4 بروتوكول التحكم في توجيه الحزم - بروتوكول التحكم
- **QER:** قاعدة فرض جودة الخدمة - تطبق حدود النطاق الترددي والتوسيم
- **SDF:** تدفق بيانات الخدمة - فلترة حركة المرور الخاص بالتطبيق
- **Session:** PDP أو سياق UE لـ PDU تمثل جلسة PFCEP جلسة
- **URR:** قاعدة تقرير الاستخدام - تتبع أحجام البيانات للفوترة

ونواة لينكس eBPF مصطلحات

- **BPF:** فلترة الحزم من بيركلي - تقنية تصفية الحزم في النواة
- **eBPF:** الموسع - مسار بيانات النواة القابل للبرمجة BPF
- **Hash Map:** للبحث السريع eBPF مخزن القيم المفتاحية
- **XDP:** مسار البيانات السريع - معالجة الحزم في النواة على مستوى السائق
- **Verifier:** eBPF مكون النواة الذي يتحقق من سلامة برامج
- **Map:** مشترك بين النواة وفضاء المستخدم eBPF هيكل بيانات
- **Zero-copy:** معالجة الحزم دون النسخ إلى فضاء المستخدم

OmniUPF مصطلحات منتج

- **OmniUPF:** (هذا المنتج) eBPF وظيفة مستوى المستخدم المعتمدة على
- **Datapath:** (eBPF برامج) محرك معالجة الحزم
- **Control Plane:** وإدارة الجلسات PFCEP معالج
- **REST API:** للمراقبة والإدارة HTTP واجهة برمجة التطبيقات
- **Web UI:** لوحة تحكم قائمة على المتصفح

OmniUPF دليل معمارية

جدول المحتويات

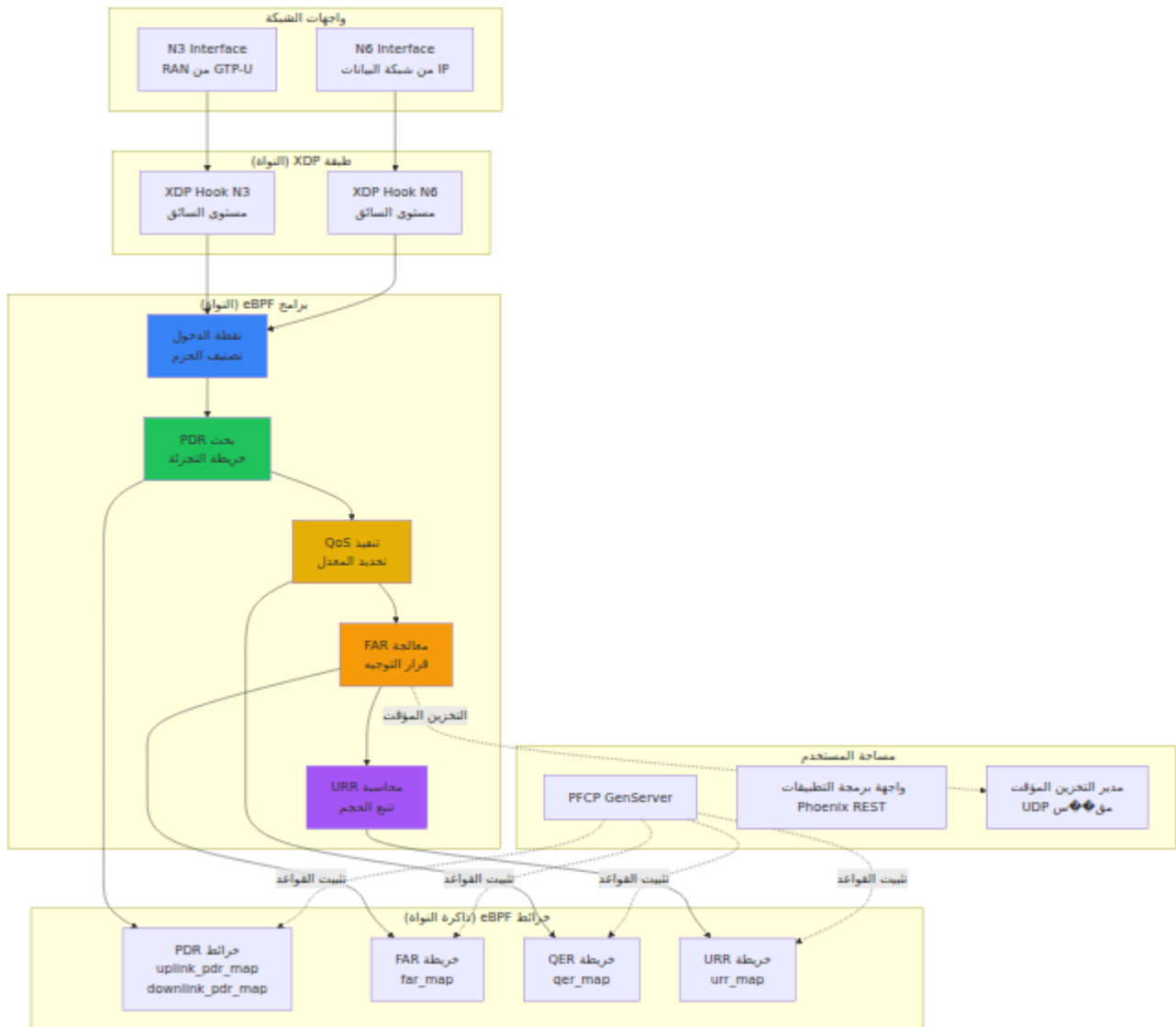
1. نظرة عامة
2. eBPF أساسيات تقنية
3. XDP مسار بيانات
4. خط معالجة الحزم
5. eBPF معمارية خريطة
6. آلية التخزين المؤقت
7. QoS تنفيذ
8. خصائص الأداء
9. قابلية التوسع والضبط

نظرة عامة

(مسار البيانات السريع) XDP و (مرشح الحزم بيركلي الموسع) eBPF من OmniUPF تستفيد Elixir/OTP يتم تنفيذ مستوى التحكم في G/LTE لتحقيق أداء من الدرجة الناقلة لمعالجة حزم 5 بينما يعمل مستوى البيانات على GenServer، المعتمدة على PFCP باستخدام إدارة جلسات هذه الفجوة تقضي على عبء معالجة الحزم في Linux مباشرة في نواة eBPF تشغيل برامج مساحة المستخدم وتحقق من خلال ذلك إنتاجية متعددة الجيجابت مع زمن استجابة بالميكروثانية.

(`ebpf/xdp/` في دليل) C من مصدر (`ipentrypoint_bpf.o`) eBPF يتم تجميع ملف كائن libbpf إلى NIF عبر روابط Elixir ويتم تحميله في وقت التشغيل بواسطة مستوى التحكم في

طبقات المعمارية



المبادئ الأساسية للتصميم

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 يدعم تنفيذ XDP وضع تحميل
- XDP متوافق مع بطاقات الشبكة التي تدعم
- العودة إلى أوضاع السائق الأصلية أو العامة

eBPF أساسيات تقنية

eBPF ما هو

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

الميزات الرئيسية:

- أن البرامج لا يمكن أن تتسبب في تعطل النواة eBPF **السلامة**: يضمن مدقق
- **الأداء**: تعمل بسرعة النواة الأصلية (بدون عبء تفسير)
- **المرونة**: يمكن تحديثها في وقت التشغيل دون إعادة تشغيل النواة
- **قابلية المراقبة**: 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
TEID أو UE IP | جدول تجزئة مع أزواج مفتاح-قيمة | BPF_MAP_TYPE_HASH |
| بواسطة QER، FAR،
ID بواسطة URR بحث | 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 (ج ♠♠) ول تجزئة
(استخدامًا مؤخرًا) | BPF_MAP_TYPE_LRU_HASH |

عمليات الخريطة:

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

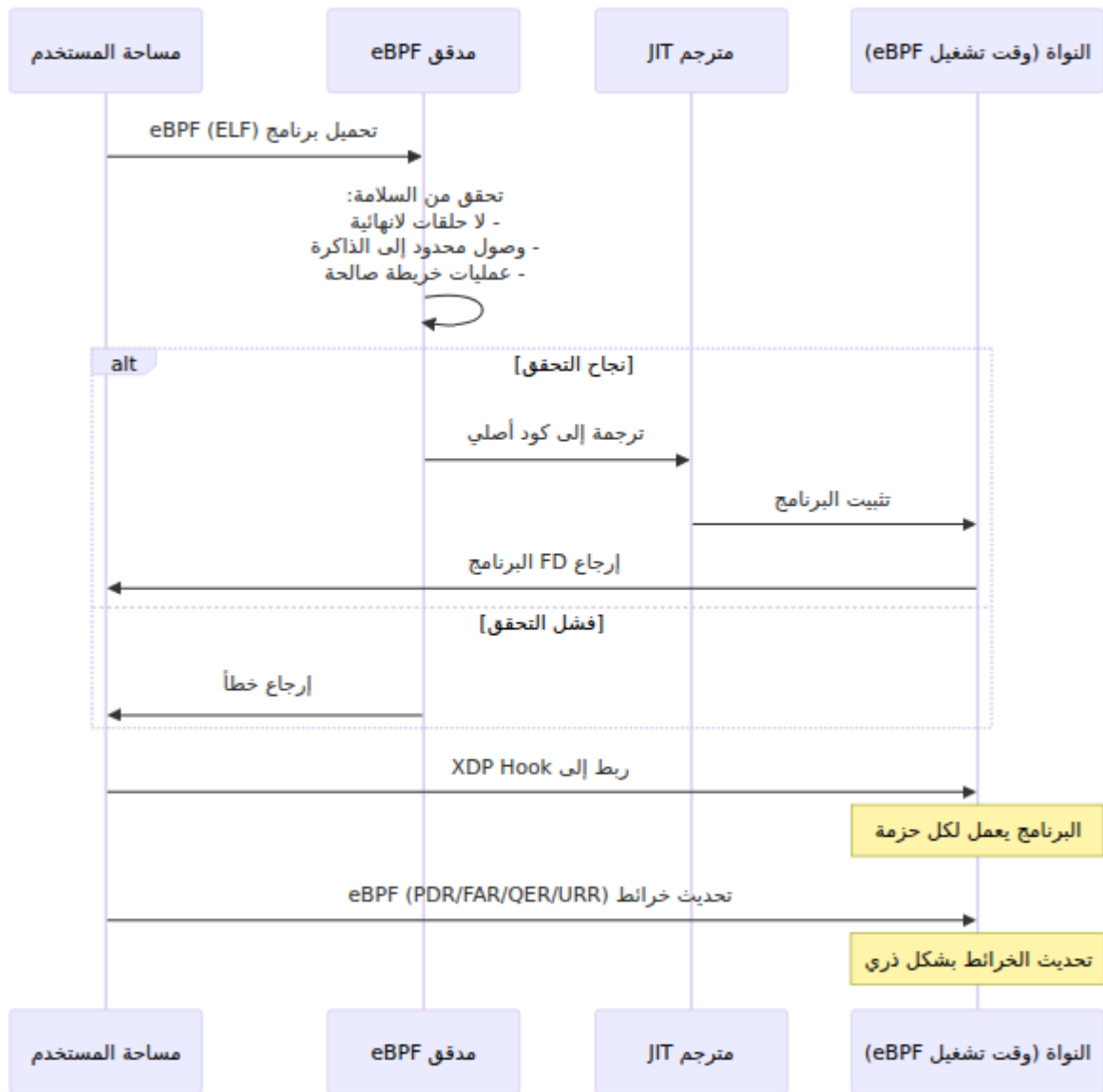
XDP مسار بيانات

XDP نظرة عامة على

بمعالجة الحزم في eBPF يسمح لبرامج Linux هو خطاف في نواة (مسار البيانات السريع) XDP أقرب نقطة ممكنة - مباشرة بعد استلامها بواسطة برنامج تشغيل الشبكة، قبل كومة الشبكة في النواة.

XDP أوضاع ربط

كل منها له خصائص أداء وتوافق مختلفة، XDP ثلاثة أوضاع ربط OmniUPF تدعم.



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 إنتاجية تزيد عن 100 جيجابت في الثانية
- يتطلب SmartNIC متوافق (Netronome, Mellanox ConnectX-6)

التكوين (في runtime.exs):

```
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 مستوى السائق (أداء عالي)

- في سياق برنامج تشغيل الشبكة eBPF يعمل برنامج
- (مخزن المقيس) SKB تتم معالجة الحزم قبل تخصيص
- يحقق 10-40 جيجابايت في الثانية لكل نواة
- (معظم برامج التشغيل الحديثة) XDP يتطلب برنامج تشغيل يدعم

التكوين (في `runtime.exs`):

```
xdp_attach_mode = "native"
```

المزايا:

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

برامج التشغيل المدعومة:

- Intel: i40e, ice, ixgbe, igb
- Mellanox: mlx4, mlx5
- Broadcom: bnxt
- Amazon: ena
- G+معظم بطاقات الشبكة 10

3. العام XDP وضع

محاكاة برمجية (توافق):

- SKB بعد تخصيص النواة لـ eBPF يعمل برنامج
- XDP محاكاة برمجية لسلوك
- يعمل على أي واجهه  شبكة
- مفيد للاختبار والتطوير

التكوين (في runtime.exs):

```
xdp_attach_mode = "generic"
```

حالات الاستخدام:

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

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

XDP رموز إرجاع

لإخبار النواة بما يجب فعله بالحزم 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) مسار التوجيه الرئيسي |
| XDP_ABORTED | خطأ في المعالجة، إسقاط الحزمة وتسجيلها | eBPF أخطاء برنامج |

خط معالجة الحزم

هيكل البرنامج

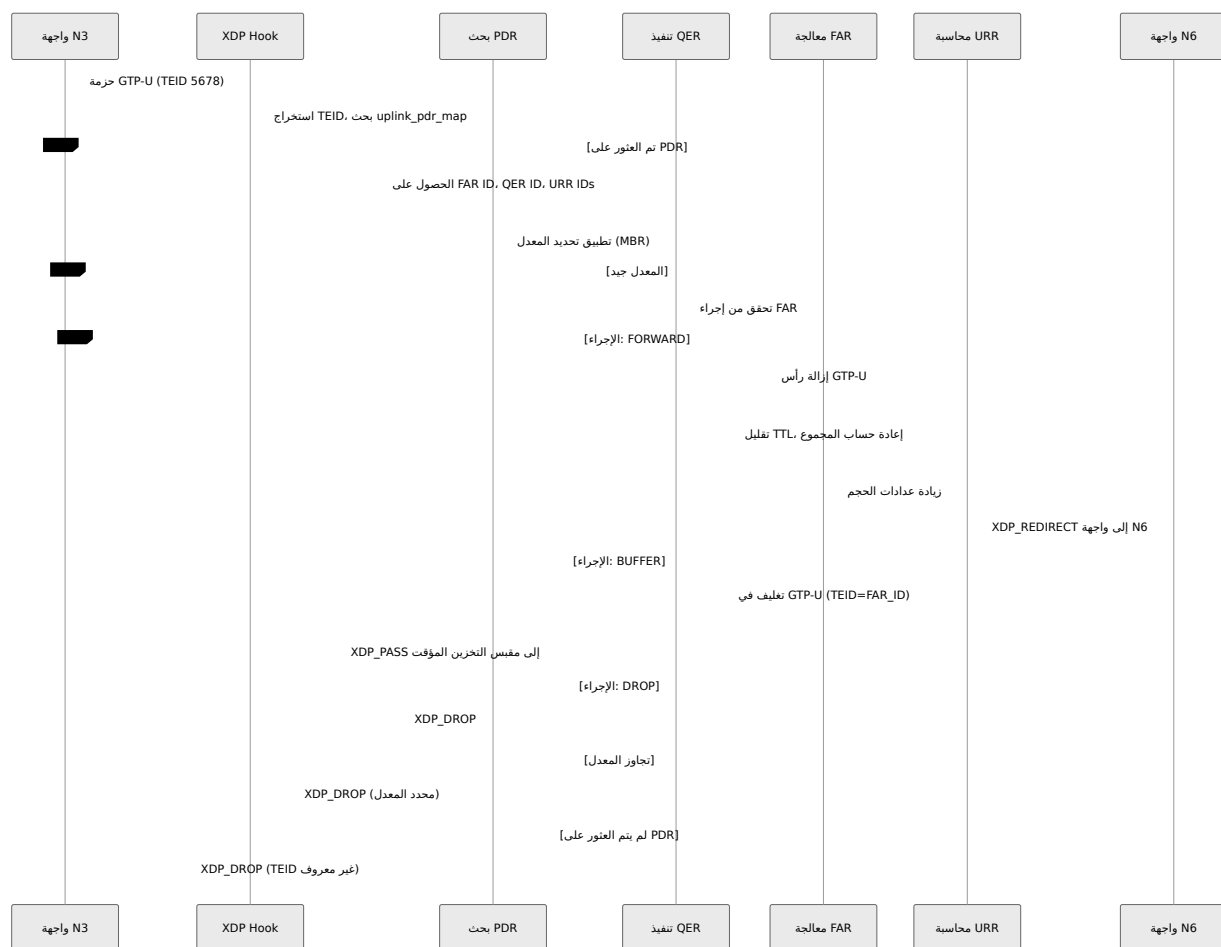
. لإنشاء خط معالجة حزم معياري eBPF استدعاءات ذيل OmniUPF تستخدم



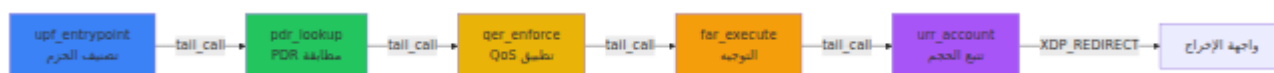
استدعاءات الذيل:

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

معالجة الحزم الصاعدة

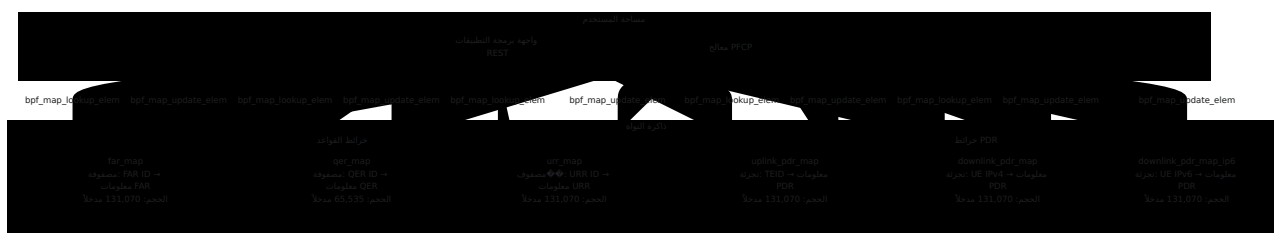


معالجة الحزم النازلة



eBPF معمارية خريطة

تخطيط ذاكرة الخريطة



حجم الخريطة

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

PDR = 2 × max_sessions (صاعدة + نازلة) خرائط
FAR = 2 × max_sessions (صاعدة + نازلة) خرائط
QER = 1 × max_sessions (مشاركة لكل جلسة) خرائط
URR = 3 × max_sessions (لكل جلسة URRs عدة) خرائط

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:

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

آلية التخزين المؤقت

نظرة عامة على التخزين المؤقت

GTP-U تخزين الحزم في سيناريوهات التحويل عن طريق تغليف الحزم في OmniUPF تنفذ UDP. وإرسالها 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) عندما يتم تمكين التخزين المؤقت

1. حساب حجم الحزمة الأصلية:

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

2. توسيع رأس الحزمة:

```
// إضافة مساحة لرأس 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 مارتين  
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:

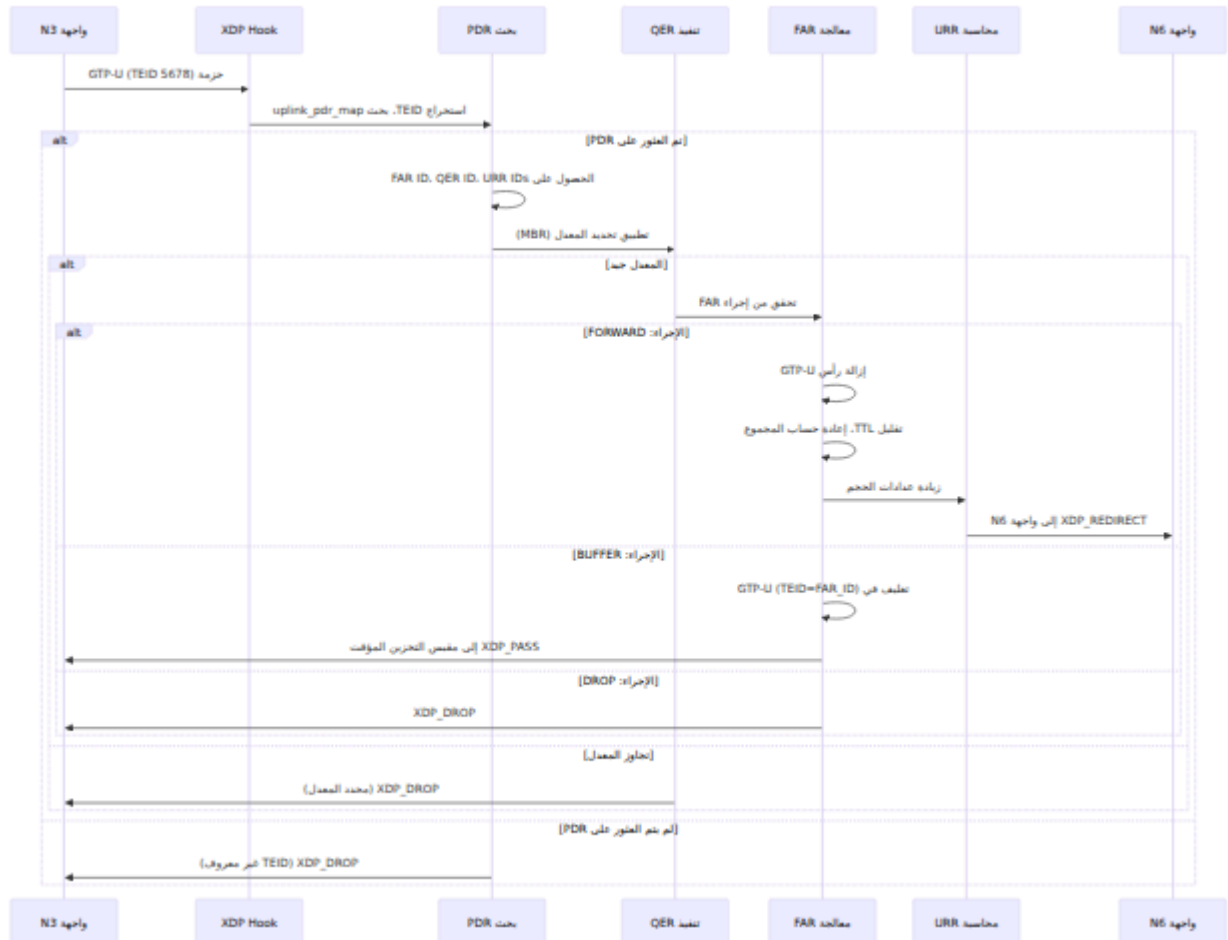
```
gtp->version = 1;
gtp->message_type = GTPU_G_PDU;
gtp->teid = htonl(far_id | (direction << 24)); // ترميز FAR ID والاتجاه
gtp->message_length = htons(orig_packet_len);
```

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 لمسح علامة FAR بتحديث SMF عند اكتمال التحويل، 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 تنفذ

```
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; // 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 لتشمل هذه الحزمة
    *window_start = start + tx_time;
    return XDP_PASS;
}

```

المعلومات الرئيسية:

- **حجم النافذة:** 5 مللي ثانية (5,000,000 نانوثانية)
- **لكل اتجاه:** نوافذ منفصلة للصاعدة والنازلة
- **تحديثات ذرية:** تستخدم مؤشرات متقلبة للوصول المتزامن
- **MBR = 0:** تعتبر 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 $\times (1,000,000,000 \div 100,000,000)$ نا نو ثانية/ثانية
نا نو ثانية = $120,000 \div 1000 = 120$ ميكرو ثانية
 $tx_time = 1500 \times 8 \times 10 = 120,000$

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 إرسالها (تمت ترقية النافذة)، $t=150\mu s$ إذا وصلت الحزمة عند

3. أقصى معدل حزم:

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

خصائص الأداء

الإنتاجية

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

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 |
| GTP-U تغليف/فك تغليف | ميكروثانية 0.8 | ميكروثانية 2.5 |
| XDP_REDIRECT | ميكروثانية 0.5 | ميكروثانية 3.0 |
| NIC TX | ميكروثانية 0.5 | ميكروثانية 3.5 |

(NIC الأصلي، XDP 10) 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 تمكين الخيوط المتوازية: 12-15 مليون حزمة في الثانية
- توسيع النوى المتعددة: تقريبًا خطي 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 ذاكرة مؤقتة)
- بحث التجزئة: 300~ نانوثانية (فقدان ذاكرة مؤقتة)
- بحث المصفوفة: 50~ نانوثانية (دائمًا ضربة ذاكرة مؤقتة)

عرض النطاق الترددي المطلوب للذاكرة:

عرض النطاق الترددي = معدل الحزم × (حجم الحزمة المتوسطة + عمليات البحث في الخرائط × 64 بايت)

مثال: حركة مرور 10 مليون حزمة في الثانية × (1500 بايت + 3 عمليات بحث × 64 بايت) ≈ 160 جيجابايت في الثانية 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
- (بدون حالة) UPF لا حاجة للتواصل بين

التوسع الرأسي

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
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 (50% × (المتوقع ÷ 10,000,000 PPS معدل) = عدد النوى المطلوبة
(احتياطي)
الذاكرة المطلوبة = (الحد الأقصى للجلسات × 212 ب × 3) + 100 ميغابايت
(النفقات العامة + eBPF خرائط)
الشبكة المطلوبة = (ذروة الإنتاجية × 2) + 10 جيجابايت في الثانية
(احتياطي)

مثال (1 مليون جلسة، 20 جيجابايت ذروة)

- وحدة المعالجة المركزية: (20 جيجابايت في الثانية ÷ 10 جيجابايت لكل نواة) × 1.5 = 3-4 نوى

- 100 ميغابايت $\approx$ 750 ميغابايت + (ب $\times$ 3 212 $\times$ 1M): الذاكرة
- الشبكة: (20 جيجابايت في الثانية $\times$ 2) + 10 جيجابايت في الثانية = 50 جيجابايت من الواجهات

الوثائق ذات الصلة

- والنشر UPF العمليات العامة ل - **UPF دليل عمليات**
- PDR, FAR, QER, URR **دليل إدارة القواعد** - تفاصيل
- **دليل المراقبة** - مراقبة الأداء والإحصائيات
- **دليل عمليات واجهة الويب** - استخدام لوحة التحكم
- **دليل استكشاف الأخطاء وإصلاحها** - المشكلات الشائعة والتشخيصات
- **BUFF دليل الحديقة المسورة** - إعادة التوجيه عند نفاد الرصيد باستخدام آلية لاعتراض حزم مساحة المستخدم

OmniUPF دليل تكوين

جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. أوضاع التشغيل
3. XDP أوضاع إرفاق
4. معلمات التكوين
5. ملف التكوين
6. توافق المحاكيات
7. توافق NIC
8. أمثلة على التكوين
9. تخطيط حجم الخريطة والقدرة

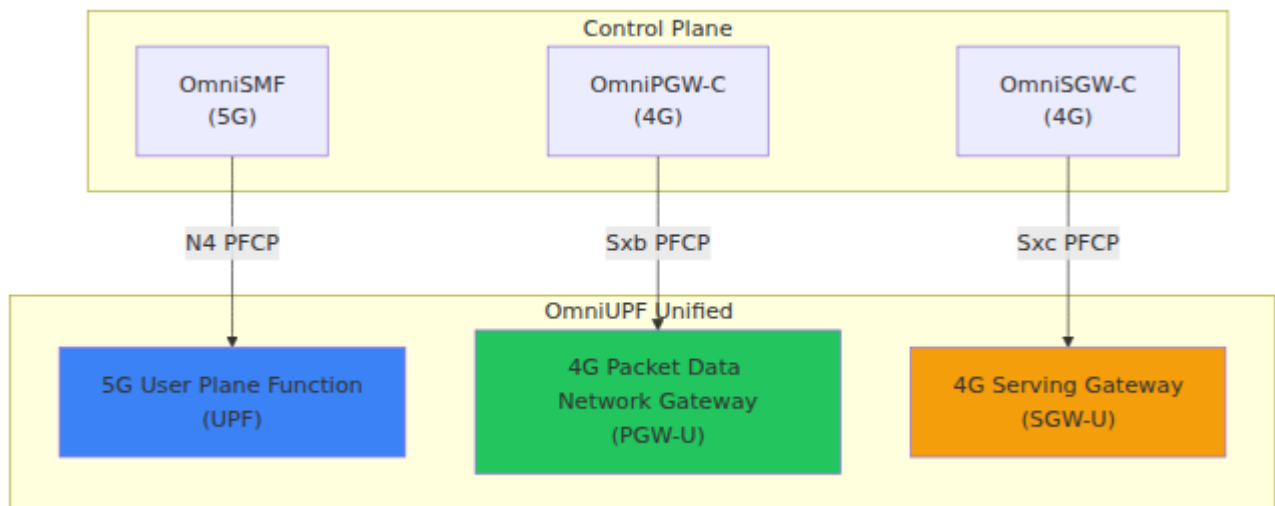
نظرة عامة

هو وظيفة طائفة مستخدم متعددة الاستخدامات يمكن أن تعمل في أوضاع متعددة OmniUPF و Elixir/OTP، يتم تنفيذ خطة التحكم في 5G (EPC) لدعم كل من الشبكات الأساسية 4 (runtime.exs). إدارة التكوين من خلال ملف تكوين

ويتم الحفاظ عليه `/etc/omniupf/runtime.exs` عند تثبيت الحزمة، يتم وضع ملف التكوين في بعد تغييرات التكوين UPF عبر التحديثات. يجب إعادة تشغيل

أوضاع التشغيل

:هو منصة موحدة يمكن أن تعمل في نفس الوقت كـ OmniUPF



تكوين الوضع

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

التشغيل المتزامن:

- من عدة خطط 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 وإدارة الجلسات من خطط التحكم المختلفة بشكل مستقل

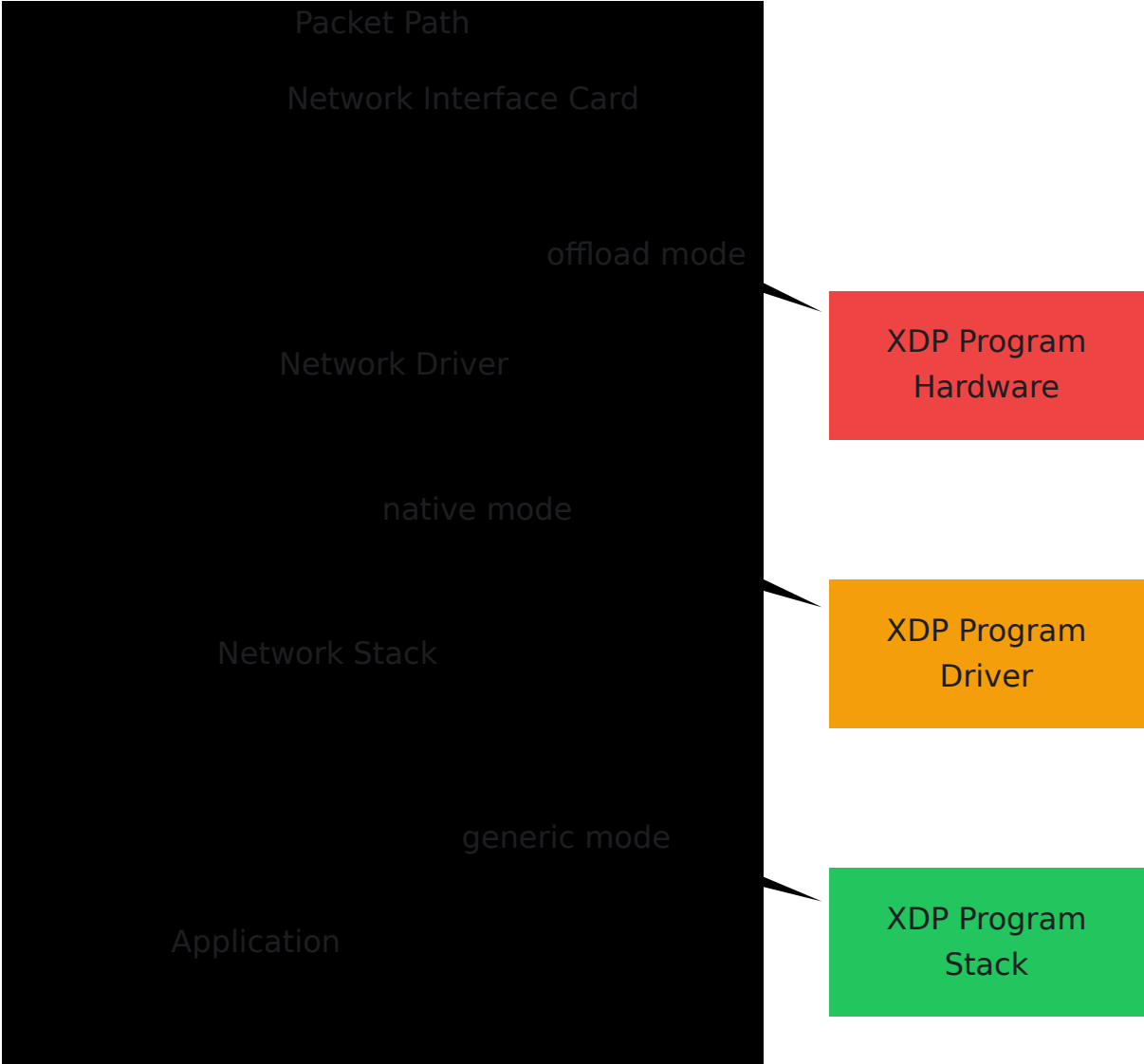
XDP أوضاع إرفاق

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

والمحاكيات Proxmox التفصيلية، خاصة لـ XDP للحصول على تعليمات إعداد XDP. الأخرى، راجع دليل أوضاع

مقارنة الأوضاع

| NIC متطلبات | حالة الاستخدام | الأداء | نقطة الإرفاق | الوضع |
|--------------------------|--|----------------|---------------------------------|-------|
| NIC أي | الاختبار، التطوير،
التوافق | ~1-2
Mpps | مكدس الشبكة
(kernel) | عام |
| برنامج تشغيل
XDP يدعم | ،العتاد الفعلي) الإنتاج
VM مع SR-IOV) | ~5-10
Mpps | برنامج تشغيل
الشبكة (kernel) | محلي |
| مع SmartNIC
XDP إفراز | إنتاج عالي السعة | ~10-40
Mpps | NIC عتاد
(SmartNIC) | إفراز |



الوضع العام (افتراضي)

kernel في مكس الشبكة XDP الوصف: يعمل برنامج

المزايا:

- يعمل مع أي واجهة شبكة
- لا متطلبات خاصة للسائق أو العتاد
- 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

runtime.exs): (في التكوين

```
xdp_attach_mode = "generic"
```

الأفضل لـ:

- SR-IOV الآلات الافتراضية بدون
- بيئات الاختبار والتحقق
- XDP بدون دعم سائق NICs
- VirtualBox و VMware و Proxmox 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 العتاد الفعلي و

العيوب:

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

التكوين (في runtime.exs):

```
xdp_attach_mode = "native"
```

الأفضل لـ

- نشرات الإنتاج على العتاد الفعلي
- VMs مع تمرير SR-IOV
- NICs مع برامج تشغيل تدعم XDP (Intel, Mellanox, إلخ.)

المتطلبات:

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

وضع الإفراز (أقصى أداء)

SmartNIC مباشرة على عتاد 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 خطة التحكم

العيوب:

- مكلف SmartNIC يتطلب عتاد
- SmartNIC توفر محدود لـ

- إعداد وتكوين معقد

التكوين (في `runtime.exs`):

```
xdp_attach_mode = "offload"
```

الأفضل لـ

- نشرات إنتاج عالية السعة للغاية
- الحوسبة الطرفية مع متطلبات زمن وصول صارمة
- البيئات التي تكون فيها موارد وحدة المعالجة المركزية محدودة

المتطلبات:

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

واجهات الشبكة

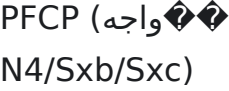
مثال (فی runtime.exs):

منفصلة، قم بتسمية كل NICs عبر SGi و GTP-U عندما تمر **NIC. تقسيم مسار البيانات لكل**
فقط على GTP-U) NIC ذو غرض واحد لكل XDP منها بحيث يقوم المحمل بإرفاق برنامج

بدلاً من البرنامج المدمج "على عصا". (sgi_interface) أسفل فقط على (gtpu_interface) اترك كلاهما غير محددتين (الافتراضي) لإرفاق xdp_interfaces. يجب أن تظهر كلاهما أيضًا في البرنامج المدمج إلى كل واجهة.

```
xdp_interfaces = "eth1,eth2"  
gtpu_interface = "eth1"    # كل GTP-U (N3/N9/S5-S8)  
sgi_interface  = "eth2"    # SGI/N6 IP عادي
```

PFCP تكوين

| المعلمة | الوصف | النوع | الافتراضي |
|--|--|------------------|-------------|
| <code>pfcp_address</code> | العنوان المحلي ل خادم PFCP (واجه ) | IP String | "127.0.0.1" |
| <code>pfcp_port</code> | PFCP منفذ | عدد صحيح | 8805 |
| <code>node_id</code> | معرف العقدة المحلي لبروتوكول PFCP | IP String | "127.0.0.1" |
| <code>heartbeat_interval_ms</code> | PFCP فترة نبض (بالمللي ثانية) | عدد صحيح | 5000 |
| <code>heartbeat_timeout_ms</code> | PFCP مهلة نبض (بالمللي ثانية) | عدد صحيح | 5000 |
| <code>heartbeat_retries</code> | عدد محاولات نبض القلب قبل إعلان نظير ميت | عدد صحيح | 3 |
| <code>association_setup_timeout</code> | المهلة في انتظار استجابة إعداد ارتباط PFCP عندما يبدأ UPF ارتباطاً (بالمللي ثانية) | عدد صحيح | 5000 |
| <code>pfcp_remote_nodes</code> | قائمة بسلاسل الخاصة IP عناوين بخطة التحكم التي بإعداد UPF يقوم ارتباطات معها بنشاط عند بدء التشغيل | قائمة من السلاسل | [] |

| المعلمة | الوصف | النوع | الافتراضي |
|---------|---|-------|-----------|
| | يعني (UPF مبادرة) يقبل UPF فارغ أن فقط الارتباطات التي تبدأها خطة التحكم. | | |

مثال (في runtime.exs):

```
pfcip_address = "10.100.50.241"
pfcip_port = 8805
node_id = "10.100.50.241"
heartbeat_interval_ms = 10_000
heartbeat_retries = 5
association_setup_timeout = 5_000
pfcip_remote_nodes = []
["10.100.50.22" , "10.100.50.20"]
```

أو على سبيل المثال #

والمراقبة API

| المعلمة | الوصف | النوع | الافتراضي |
|-----------|---|----------|-----------|
| api_port | REST API (Phoenix) المنفذ المحلي لخدم | عدد صحيح | 8080 |
| log_level | مستوى التسجيل (:debug, :info, :warning, :error) | ذرة | :info |

مثال (في runtime.exs):

```
api_port = 8080
log_level = :debug
```


GTP إدارة مسار

| المعلمة | الوصف | النوع | الافتراضي |
|--------------------------------|---|----------|-------------------|
| <code>gtpu_port</code> | GTP-U منفذ | عدد صحيح | <code>2152</code> |
| <code>gtp_echo_interval</code> | فترة الصدى الافتراضية بالثواني | عدد صحيح | <code>10</code> |
| <code>gtp_echo_retries</code> | الحد الأقصى من الصدى المفقود قبل فشل المسار | عدد صحيح | <code>3</code> |
| <code>gtp_peers</code> | لطلبات صدى GTP قائمة من أقران إبقاء الحياة | قائمة | <code>[]</code> |

مثال (في `runtime.exs`):

```
gtp_echo_interval = 15
gtp_echo_retries = 3
gtp_peers = [
  %{address: parse_ip("10.100.50.50"), echo: true, echo_interval: 10},
  %{address: parse_ip("10.100.50.60"), echo: false},
]
```

eBPF سعة خريطة

| المعلمة | الوصف | النوع | الافتراضي |
|---------------------------|------------------------------------|----------|------------------------|
| <code>max_sessions</code> | الحد الأقصى لعدد الجلسات المتزامنة | عدد صحيح | <code>1_000_000</code> |
| <code>far_map_size</code> | FAR eBPF حجم خريطة | عدد صحيح | <code>131_070</code> |
| <code>qer_map_size</code> | QER eBPF حجم خريطة | عدد صحيح | <code>65_535</code> |
| <code>urr_map_size</code> | URR eBPF حجم خريطة | عدد صحيح | <code>65_535</code> |

مثال (في `runtime.exe`):

```
max_sessions = 100_000
far_map_size = 131_070
qer_map_size = 65_535
urr_map_size = 131_070
```

تكوين المؤقتات

تحدد UE في حالة الخمول، ثم يتم تفريغها عندما يتم طلب UE يتم تخزين الحزم السفلية أثناء كون هذه المعلومات مقدار ما يتم الاحتفاظ به ومدة الاحتفاظ به.

| الافتراضي | النوع | الوصف | المعلمة |
|-----------|----------|--|----------------------------|
| 22152 | عدد صحيح | للحزم المخزنة UDP منفذ eBPF من | buffer_port |
| 10_000 | عدد صحيح | الحد الأقصى للحزم FARs المخزنة عبر جميع (حد عالمي) | buffer_max_total |
| 100 | عدد صحيح | الحد الأقصى للحزم FAR المخزنة لكل | buffer_max_per_far |
| 30_000 | عدد صحيح | الوقت الذي يتم فيه الاحتفاظ بحزمة مخزنة قبل إسقاطها (بالمللي ثانية) | buffer_ttl_ms |
| 5_000 | عدد صحيح | الفترة الزمنية التي يتم فيها تنظيف الحزم المخزنة منتهية الصلاحية (بالمللي ثانية) | buffer_cleanup_interval_ms |

مثال (في runtime.exs):

```
buffer_port = 22152
buffer_max_total = 10_000
buffer_max_per_far = 100
buffer_ttl_ms = 30_000
buffer_cleanup_interval_ms = 5_000
```

upf_buffer_packets_dropped_total تُحسب السقوط الناتجة عن هذه الحدود بواسطة انظر مرجع القياسات. (global_limit, far_limit, expired) التسميات

علامات الميزات

| الافتراضي | النوع | الوصف | المعلمة |
|----------------|---------------|---|-----------------|
| false | بولياني | UE لـ IP تمكين تخصيص
OmniUPF بواسطة | feature_ueip |
| "10.60.0.0/24" | سلسلة
CIDR | UE لـ IP لتخصيص IP مجموعة
(feature_ueip يتطلب) | ueip_pool |
| true | بولياني | F-TEID تمكين تخصيص
OmniUPF بواسطة | feature_ftup |
| 1 | عدد
صحيح | TEID بداية نطاق تخصيص | teid_pool_start |
| 10_000_000 | عدد
صحيح | TEID نهاية نطاق تخصيص | teid_pool_end |

مثال (UE لـ IP تخصيص) runtime.exs (في):

```
feature_ueip = true
ueip_pool = "10.45.0.0/16"
```

مثال (F-TEID تخصيص) runtime.exs (في):

```
feature_ftup = true
teid_pool_start = 1
teid_pool_end = 1_000_000
```

تكوين مدير المسار

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

| المتغير | النوع | الوصف | المعلمة |
|--------------------------------|-------------|---|---------|
| route_manager_enabled | بولياني | تمكين التزامن التلقائي
لـ UE لمسار | true |
| route_manager_type | سلسلة | نوع خادم التوجيه
("frr" أو "static") | "frr" |
| route_manager_nexthop | سلسلة | عنوان النقطة التالية
المحقونة لـ UE لطرق
(فارغ = متصل مباشرة) | " " |
| route_manager_vtysh_path | سلسلة | مسار ثنائي FRR vtysh
يستخدم عند كون
route_manager_type
هو "frr") | "/usr/ |
| route_manager_sync_interval_ms | عدد
صحيح | فترة التوفيق الكاملة بين
الطرق المتعقبة وخادم
التوجيه (بالمللي ثانية) | 600_000 |
| route_batch_interval_ms | عدد
صحيح | نافذة التوقف لتجميع
عمليات إضافة/إزالة
الطرق التدريجية (بالمللي
ثانية) | 1_000 |

مثال (في runtime.exs):

```
route_manager_enabled = true
route_manager_type = "frr"
route_manager_nexthop = ""
route_manager_vtysh_path = "/usr/bin/vtysh"
route_manager_sync_interval_ms = 600_000
route_batch_interval_ms = 1_000
```

متى يجب التمكين:

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

eBPF / XDP تكوين

| المعلمة | الوصف | النوع | الافتراضي |
|------------------------------|---|-------|--|
| <code>xdp_interfaces</code> | قائمة مفصلة
بفواصل من
الواجهات لـ
XDP، أو
<code>"auto"</code>
لجميع غير
الحلقة | سلسلة | <code>"auto"</code> |
| <code>xdp_attach_mode</code> | XDP وضع:
<code>"generic"</code> ،
<code>"native"</code> ،
أو
<code>"offload"</code> | سلسلة | <code>"generic"</code> |
| <code>ebpf_pin_path</code> | مسار نظام
الملفات BPF | سلسلة | <code>"/sys/fs/bpf/upf_pipeline"</code> |
| <code>xdp_obj_path</code> | مسار كائن
eBPF
المترجم | سلسلة | <code>"/etc/omniupf/ipentrypoint_bpf"</code> |
| <code>ebpf_backend</code> | واجهة خريطة
مسار
البيانات:
<code>:nif</code> (NIF
مباشر،
الافتراضي)،
<code>:port</code>
عملية منفذ)
أو، (خارجية
في) <code>:mock</code>
الذاكرة، | ذرة | <code>:nif</code> |

| المعلمة | الوصف | النوع | الافتراضي |
|---------|-----------------------|-------|-----------|
| | للاختبارات بدون eBPF) | | |

مثال (في runtime.exs):

```
xdp_interfaces = "auto" # لواجهات "eth0,eth1" أو محددة
xdp_attach_mode = "native"
ebpf_pin_path = "/sys/fs/bpf/upf_pipeline"
xdp_obj_path = "/etc/omniupf/ipentrypoint_bpf.o"
ebpf_backend = :nif
```

ملف التكوين

Elixir (runtime.exs) ملف تكوين

الملف: /etc/omniupf/runtime.exs

مع تعيينات متغيرة بسيطة لسهولة القراءة. يتم تطبيق Elixir يستخدم ملف التكوين بناء جملة config :upf_ex, ... المتغيرات على تكوين التطبيق في أسفل الملف عبر


```

import Config

parse_ip = fn str ->
  {:ok, addr} = :inet.parse_address(String.to_charlist(str))
  addr
end

#
=====
# PFCP (N4/Sx) Configuration
#
=====
pfcip_address = "10.100.50.241"      # IP address to listen for PFCP
pfcip_port = 8805                    # PFCP port (standard: 8805)
node_id = "10.100.50.241"          # Node ID advertised in Association
Setup

#
=====
# GTP-U Data Plane Configuration
#
=====
n3_address = "10.100.50.233"        # N3 interface IP (GTP-U toward
n9_address = n3_address              # N9 interface IP (defaults to
gtpu_port = 2152                    # GTP-U port (standard: 2152)
buffer_port = 22152                 # Buffer listener port

#
=====
# eBPF / XDP Configuration
#
=====
xdp_interfaces = "auto"              # "auto" for all non-loopback, c
separated list
xdp_attach_mode = "native"           # XDP mode: "generic", "native",
"offload"
ebpf_pin_path = "/sys/fs/bpf/upf_pipeline"
xdp_obj_path = "/etc/omniupf/ipentrypoint_bpf.o"

#
=====
# Session & Resource Pool Configuration
#

```

```

=====
max_sessions = 100_000
teid_pool_start = 1
teid_pool_end = 10_000_000
far_map_size = 131_070
qer_map_size = 65_535
urr_map_size = 65_535

#
=====
# Feature Flags
#
=====
feature_ueip = true
feature_ftup = true
ueip_pool = "10.45.0.0/16"

#
=====
# Route Management
#
=====
route_manager_enabled = true
route_manager_type = "frr"

#
=====
# Heartbeat Configuration
#
=====
heartbeat_interval_ms = 10_000
heartbeat_timeout_ms = 5_000
heartbeat_retries = 5

#
=====
# GTP-U Peer Echo Monitoring
#
=====
gtp_echo_interval = 10
gtp_echo_retries = 3
gtp_peers = [
    %{address: parse_ip("10.100.50.50"), echo: true, echo_interval: 10
]

```

```

#
=====
# HTTP API and Logging
#
=====
api_port = 8080
log_level = :info

#
=====
# Apply Configuration (do not edit below this line)
#
=====
config :upf_ex,
  pfcp_address: parse_ip.(pfcp_address),
  pfcp_port: pfcp_port,
  n3_address: parse_ip.(n3_address),
  n9_address: parse_ip.(n9_address),
  node_id: parse_ip.(node_id),
  api_port: api_port,
  ebpf_pin_path: ebpf_pin_path,
  xdp_obj_path: xdp_obj_path,
  interface_names: String.split(xdp_interfaces, ","),
  xdp_attach_mode: xdp_attach_mode,
  feature_ueip: feature_ueip,
  feature_ftup: feature_ftup,
  ueip_pool: ueip_pool,
  teid_pool_start: teid_pool_start,
  teid_pool_end: teid_pool_end,
  far_map_size: far_map_size,
  qer_map_size: qer_map_size,
  urr_map_size: urr_map_size,
  max_sessions: max_sessions,
  route_manager_enabled: route_manager_enabled,
  route_manager_type: route_manager_type,
  buffer_port: buffer_port,
  gtpu_port: gtpu_port,
  heartbeat_interval_ms: heartbeat_interval_ms,
  heartbeat_timeout_ms: heartbeat_timeout_ms,
  heartbeat_retries: heartbeat_retries,
  gtp_echo_interval: gtp_echo_interval,
  gtp_echo_retries: gtp_echo_retries,
  gtp_peers: gtp_peers

```

```
config :logger, level: log_level
```

إدارة الخدمة

```
# بدء UPF
sudo systemctl start omniupf

# إيقاف UPF
sudo systemctl stop omniupf

# إعادة التشغيل بعد تغييرات التكوين
sudo systemctl restart omniupf

# تحقق من الحالة
sudo systemctl status omniupf

# عرض السجلات
sudo journalctl -u omniupf -f

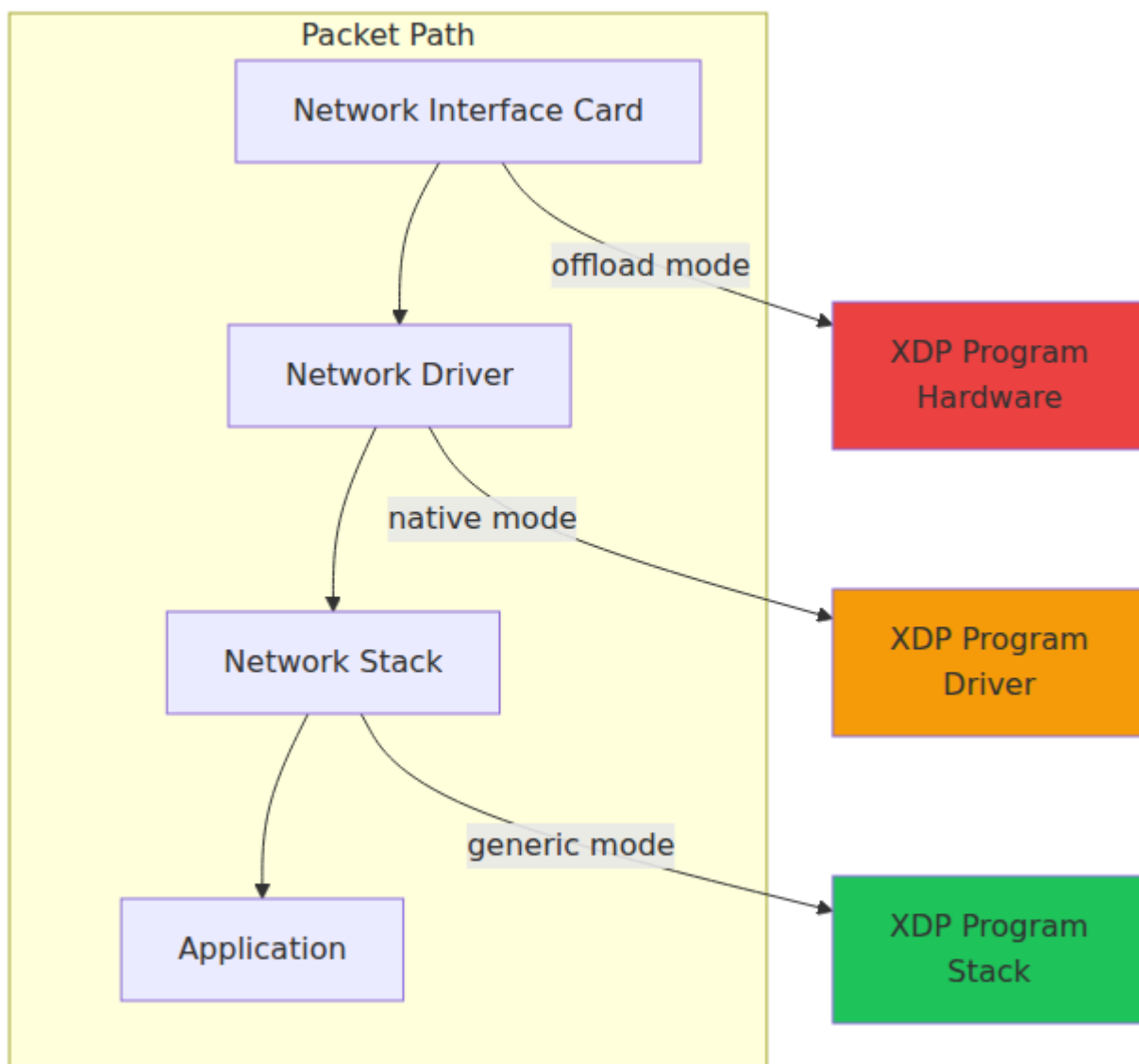
# أو استخدم الثنائي مباشرة
sudo /opt/omniupf/bin/upf_ex start
sudo /opt/omniupf/bin/upf_ex stop
sudo /opt/omniupf/bin/upf_ex daemon # بدء كخدمة في الخلفية
```

توافق المحاكيات

نظرة عامة

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

Proxmox المحلي على XDP للحصول على تعليمات خطوة بخطوة حول تمكين XDP. والمحاكيات الأخرى، راجع دليل أوضاع



Proxmox VE

التكوينات المدعومة:

1. (العام XDP) وضع الجسر

حالة الاستخدام: الشبكات القياسية للآلة الافتراضية

التكوين:

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

إعدادات VM Proxmox:

```
جهاز الشبكة: net0  
(مُعزِر): VirtIO :النموذج  
الجسر: vmbro
```

OmniUPF تكوين (في runtime.exs):

```
xdp_interfaces = "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
- الأداء: ~5-10 Mpps

المتطلبات:

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

Proxmox على SR-IOV تمكين:

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

# GRUB_CMDLINE_LINUX_DEFAULT: إضافة إلى
intel_iommu=on iommu=pt

# وإعادة التشغيل GRUB تحديث
update-grub
reboot

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

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

إعدادات VM Proxmox:

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

OmniUPF (في runtime.exs) تكوين:

```
xdp_interfaces = "ens1f0"      # اسم VF SR-IOV
xdp_attach_mode = "native"
```

3. (المحلي XDP) PCI تمرير

مخصص لآلة افتراضية واحدة NIC: حالة الاستخدام

التكوين:

- VM فعلي بالكامل إلى NIC تمرير

- وضع XDP: `native` أو `offload` (إذا كان SmartNIC)
- NIC (مد على Mpps الأداء: 40-5)

إعدادات VM Proxmox:

PCI الأجهزة - إضافة -> جهاز
فعلي (على سبيل المثال، 0000:01:00.0) NIC: اختر
جميع الواجهات: نعم
الرئيسية: لا GPU
PCI-Express: نعم

OmniUPF تكوين (في `runtime.exs`):

```
xdp_interfaces = "ens1f0"
xdp_attach_mode = "native"      # أو "offload" لـ SmartNIC
```

KVM/QEMU

وضع الجسر:

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

تمرير SR-IOV:

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


VMware ESXi

vSwitch (العام XDP القياسي):

- محول الشبكة: VMXNET3
- وضع XDP: generic

SR-IOV (المحلي XDP):

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

Microsoft Hyper-V

(العام XDP مفتاح افتراضي):

- محول الشبكة: صناعي
- وضع XDP: generic

SR-IOV (المحلي XDP):

- Hyper-V في إدارة SR-IOV تمكين
 - على محول الشبكة الافتراضي 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 - تعتمد العلاقة (Gbps) والسعة (Mpps) عدد الحزم في الثانية تمامًا على حجم الحزمة. تختلف حركة مرور الشبكة المحمولة بشكل كبير في حجم الحزمة، من الصغيرة 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) GTP-U زيادة تحميل:

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

(N3) GTP-U أقل حزمة:

- (IPv4) الداخلي: 20 بايت IP رأس
- الداخلي: 8 بايت UDP رأس
- الحمولة الدنيا: 1 بايت
- الإجمالي الداخلي: 29 بايت
- بايت 36: GTP-U بالإضافة إلى زيادة تحميل
- إجمالي حجم الحزمة: 65 بايت

GTP-U مع أقل حزم Mpps السعة عند 1:

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

(MTU 1500 مع N3) GTP-U أقصى حزمة:

- (الداخلية الكاملة IP حزمة) الداخلي: 1500 بايت MTU IP
- بايت 36: GTP-U بالإضافة إلى زيادة تحميل

- إجمالي حجم الحزمة: 1536 بايت

GTP-U مع أقصى حزم Mpps السعة عند 1

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

(N6 واجهة) الأصلية IP حزم:

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

N6 أقل حزمة:

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

N6 مع أقل حزم Mpps السعة عند 1

$$29 \text{ بايت} \times 1,000,000 \text{ pps} \times 8 = 232 \text{ بت/بايت} \sim 1.856 \text{ Gbps}$$

(MTU 1500) N6 أقصى حزمة:

- بايت 1500: MTU IP
- إجمالي: 1500 بايت

N6 مع أقصى حزم Mpps السعة عند 1

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

أمثلة الأداء في العالم الحقيقي

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

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

(GTP-U الأصلية، بدون IP) N6 على واجهة

حالة الاستخدام النموذجية	السعة عند 10 Mpps	حجم الحزمة	نمط الحركة
Voice RTP streams	0.5-1.2 Gbps	بايت 65-150	VoIP حزم
HTTP requests	3.2-4.8 Gbps	بايت 400-600	ويب خفيف
حركة مرور نموذجية لعام 2024	9.6 Gbps	بايت 1200	محمول حديث
Video downloads	11.2-11.6 Gbps	بايت 1400-1450	بث الفيديو
نقل الملفات الكبيرة	12.0 Gbps	بايت 1500	MTU أقصى

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

تخطيط القدرة العملية:

:مع حجم حزمة متوسط 1200 بايت (نموذجي للشبكات المحمولة الحديثة مع بث الفيديو)

نشر واقعي	N6 (IP الأصلية) سعة	N3 سعة (GTP-U)	NIC سعة Mpps
موقع خلية صغيرة، بوابة IoT	~1.0 Gbps	~1.0 Gbps	1 Mpps
موقع خلية متوسطة، مؤسسة	~4.8 Gbps	~4.9 Gbps	5 Mpps
موقع خلية كبيرة، مدينة صغيرة	~9.6 Gbps	~9.9 Gbps	10 Mpps
منطقة حضرية، مدينة متوسطة	~19.2 Gbps	~19.7 Gbps	20 Mpps
منطقة حضرية كبيرة، مركز إقليمي	~38.4 Gbps	~39.4 Gbps	40 Mpps

XDP برامج تشغيل الشبكة القابلة لـ

للأوضاع المحلية و الإفراز. يعمل XDP برامج تشغيل الشبكة التي تدعم OmniUPF يتطلب NIC. الوضع 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 + إفراز	~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	إفراز	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

XDP لـ NIC 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

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

XDP تحقق من إرفاق برنامج

```
# مرفقًا XDP تحقق مما إذا كان برنامج
ip link show eth0 | grep -i xdp

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

الموصى بها حسب حالة الاستخدام NICs

:مع حجم حزمة متوسط 1200 بايت (حركة   رور محمولة حديثة)

سيناريو النشر	سعة (N3)	سعة Mpps	الوضع	الموصى بها NIC	حالة الاستخدام
اختبار مختبري، إثبات المفهوم	1-2 Gbps	1-2 Mpps	عام	NIC (VirtIO, E1000)	الاختبار/ التطوير
خليفة ريفية، مؤسسة	5-10 Gbps	5-10 Mpps	محلي	Intel X710, Mellanox CX-5	موقع خليفة صغيرة
خليفة حضرية، مدينة صغيرة	10-20 Gbps	10-20 Mpps	محلي	Intel E810, Mellanox CX-6	خليفة حضرية/ متوسطة
منطقة حضرية، مدينة متوسطة	20-40 Gbps	20-40 Mpps	محلي	Mellanox CX-6, Intel E810 (ثنائي)	منطقة حضرية كبيرة
تجميع إقليمي	40+ Gbps	40+ Mpps	إفراز	Mellanox BlueField, Netronome Agilio	مركز إقليمي
للاختبار فقط	1-2 Gbps	1-2 Mpps	عام	VirtIO	VM Proxmox (الجسر)
الإنتاج VM	5-10 Gbps	5-10 Mpps	محلي	Intel X710/E810 VF, Mellanox CX-5 VF	VM Proxmox (SR-IOV)

موارد إضافية

الرسمية XDP وثائق:

- [XDP مشروع](#)
- [في النواة XDP وثائق](#)

NIC قوائم توافق:

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

أمثلة على التكوين

المثال 1: بيئة تطوير (الوضع العام)

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

```
# تكوين التطوير (/etc/omniupf/runtime.exs)
xdp_interfaces = "eth0"
xdp_attach_mode = "generic"
api_port = 8080
pfcp_address = "127.0.0.1"
pfcp_port = 8805
node_id = "127.0.0.1"
n3_address = "127.0.0.1"
log_level = :debug
max_sessions = 1_000
```

المثال 2: الإنتاج على العتاد الفعلي (الوضع المحلي)

NIC Intel X710 الإنتاج على خادم العتاد الفعلي مع UPF: السيناريو

```
# تكوين الإنتاج على العتاد الفعلي (/etc/omniupf/runtime.exs)
xdp_interfaces = "ens1f0,ens1f1"      # N3 على ens1f0, N6 على ens1f1
xdp_attach_mode = "native"
api_port = 8080
pfcp_address = "10.100.50.241"
pfcp_port = 8805
node_id = "10.100.50.241"
n3_address = "10.100.50.233"
n9_address = "10.100.50.234"
log_level = :info
max_sessions = 500_000
gtp_echo_interval = 30
gtp_peers = [
  %{address: parse_ip("10.100.50.10"), echo: true, echo_interval:
30},
  %{address: parse_ip("10.100.50.11"), echo: true, echo_interval:
30},
]
heartbeat_interval_ms = 10_000
feature_ueip = true
ueip_pool = "10.45.0.0/16"
```

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

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

```
# تكوين Proxmox SR-IOV (/etc/omniupf/runtime.exs)
xdp_interfaces = "ens1f0"           # VF SR-IOV
xdp_attach_mode = "native"
api_port = 8080
pfcp_address = "192.168.100.10"
pfcp_port = 8805
node_id = "192.168.100.10"
n3_address = "192.168.100.10"
log_level = :info
max_sessions = 100_000
gtp_echo_interval = 15
gtp_peers = [
  %{address: parse_ip("192.168.100.50"), echo: true},
]
```

PGW-U (EPC 4G) المثال 4: وضع

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

```
# تكوين PGW-U (/etc/omniupf/runtime.exs)
xdp_interfaces = "eth0"
xdp_attach_mode = "native"
api_port = 8080
pfcp_address = "10.200.1.10"
pfcp_port = 8805
node_id = "10.200.1.10"
n3_address = "10.200.1.10"           # واجهة S5/S8 (GTP-U)
log_level = :info
max_sessions = 200_000
gtp_echo_interval = 20
gtp_peers = [
  %{address: parse_ip("10.200.1.50"), echo: true, echo_interval:
20},
]
heartbeat_interval_ms = 5_000
```

في نفس الوقت G و 4G يخدم كل من الشبكات 5 OmniUPF: وضع متعدد (الوقت)

في نفس الوقت G و 4G يخدم كل من الشبكات 5 OmniUPF: السيناريو

```
# تكوين الوضع المتعدد (/etc/omniupf/runtime.exs)
xdp_interfaces = "eth0,eth1"
xdp_attach_mode = "native"
api_port = 8080
pfcip_address = "10.50.1.100"
pfcip_port = 8805
node_id = "10.50.1.100"
n3_address = "10.50.1.100"
n9_address = "10.50.1.101"
log_level = :info
max_sessions = 300_000
gtp_echo_interval = 15
gtp_peers = [
  %{address: parse_ip("10.50.2.10"), echo: true, echo_interval: 15},
  %{address: parse_ip("10.50.2.20"), echo: true, echo_interval: 15},
]
heartbeat_interval_ms = 10_000
feature_ueip = true
ueip_pool = "10.60.0.0/16"
```

SmartNIC المثال 6: وضع الإفراز لـ

SmartNIC Netronome Agilio CX السيناريو: نشر عالي السعة للغاية مع

```
# تكوين الإفرار لـ SmartNIC (/etc/omniupf/runtime.exs)
xdp_interfaces = "enpls0np0"           # واجهة SmartNIC
xdp_attach_mode = "offload"
api_port = 8080
pfcp_address = "10.10.1.50"
pfcp_port = 8805
node_id = "10.10.1.50"
n3_address = "10.10.1.50"
log_level = :warning
max_sessions = 1_000_000
far_map_size = 2_000_000
qer_map_size = 1_000_000
gtp_echo_interval = 30
gtp_peers = [
  %{address: parse_ip("10.10.2.10"), echo: true},
  %{address: parse_ip("10.10.2.20"), echo: true},
  %{address: parse_ip("10.10.2.30"), echo: true},
]
heartbeat_interval_ms = 15_000
```

تخطيط حجم الخريطة والقدرة

تعيين أحجام الخرائط

وتكوين أحجام الخرائط لنشر الخاص بك `max_sessions` قم بتعيين

```
max_sessions = 100_000
far_map_size = 131_070
qer_map_size = 65_535
urr_map_size = 65_535
```

جلسة JK 100 MB استخدام الذاكرة: ~91

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: $2 \times 212 \text{ B} = 424 \text{ B}$
- FAR: $2 \times 20 \text{ B} = 40 \text{ B}$
- QER: $1 \times 36 \text{ B} = 36 \text{ B}$
- URR: $2 \times 20 \text{ B} = 40 \text{ B}$
- لكل جلسة B الإجمالي: ~540

ذاكرة نواة MB جلسة: ~52 JK 100

التقدير x التوصية: تأكد من أن حد الذاكرة المقفلة يسمح باستخدام 2

```
# 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 فنية لـ
- URR و QER و FAR و PDR **دليل إدارة القواعد** - تكوين
- **دليل المراقبة** - الإحصائيات، مراقبة السعة، والتنبيه
- Prometheus **مرجع القياسات** - مرجع كامل لمقاييس
- **دليل واجهة الويب** - عمليات لوحة التحكم
- UPF **دليل العمليات** - نظرة عامة على العمارة والنشر لـ
- **دليل الحديقة المسورة** - إعادة التوجيه خارج الرصيد، بوابة الأسر، وتكوين القوائم البيضاء

على IPv6 / Dual-Stack مستوى المستخدم

متطلبات: IPv4v6 و PDN IPv6 لجلسات IPv6 مع حركة مرور المستخدم OmniUPF كيف يتعامل UE وإعلان مسارات مضيف، PFCP السفلي من IPv6 برمجة رابط، UE النواة، مجموعة عناوين OSPFv3 إلى الشبكة عبر.

التفاوض) تتناول هذه الصفحة مسؤوليات **مستوى المستخدم**. يتم التعامل مع مستوى التحكم SMF/PGW- بواسطة PFCP عبر UPF إلى UE للـ IPv6 وإشارة عنوان، PAA، GX، PDN على نوع C. انظر أيضًا **إدارة المسارات** و **دليل التكوين**.

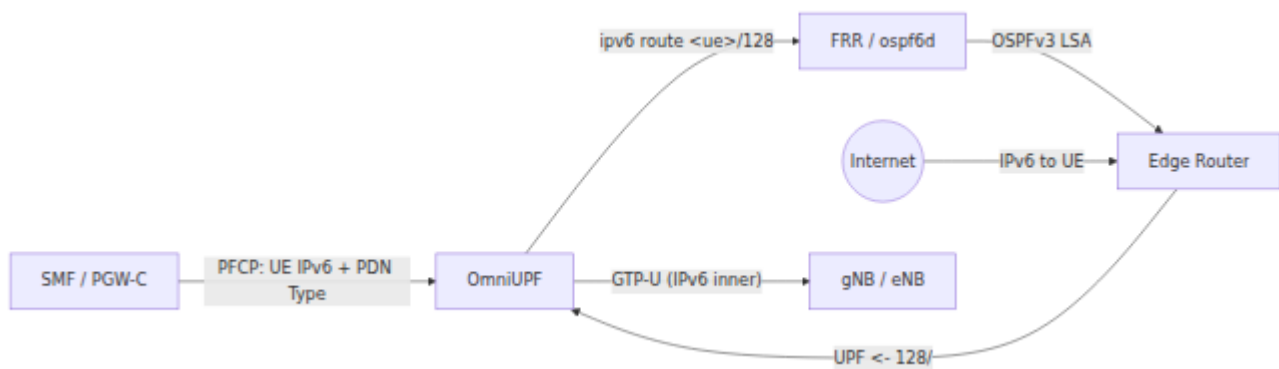
جدول المحتويات

- نظرة عامة
- متطلبات النواة
- UE IPv6 مجموعة عناوين
- OSPFv3 إعلان مسار
- سلوك مستوى البيانات
- ستكشف الأخطاء وإصلاحها

نظرة عامة

ونوع UE للـ IPv6 بإرسال عنوان SMF/PGW-C يقوم، (أو IPv4v6) PDN IPv6 عند إنشاء جلسة بـ UPF ثم يقوم PFCP عبر UPF إلى PDN

1. ونفقتها UE **السفلي** بحيث يتم مطابقة الحزم الموجهة إلى **IPv6** برمجة **بحث رابط**.
2. وإعلانه إلى جهاز التوجيه الطرفي عبر UE إضافة **مسار مضيف 128/** لعنوان UPF. بحيث يتم جذب حركة المرور السفلية إلى هذا، **OSPFv3**.
3. GTP-U فك تغليف الرفع، تغليف) توجيه حركة مرور المستخدم في كلا الاتجاهين. الداخلية IPv6 لحزم (السفلي).



متطلبات النواة

sysctl drop-in وتفعيل التوجيه على مستوى المضيف. يتم تطبيق ذلك عبر IPv6 يجب تمكين (/etc/sysctl.d/ على سبيل المثال، تحت).

الوصف	القيمة المطلوبة	الإعداد
يحتاج IPv6. يجب تمكين إلى UPF واجهة بيانات عالمي للعبور عنوان IPv6 والتوجيه.	0	<code>net.ipv6.conf.all.disable_ipv6</code>
مفعلاً IPv6 يضمن بقاء على الواجهات التي تظهر حديثاً.	0	<code>net.ipv6.conf.default.disable_ipv6</code>
بحيث IPv6 يمكن توجيه تخرج حركة مرور الرفع للـ ويتم توجيه حركة UE المرور السفلية إلى مستوى البيانات.	1	<code>net.ipv6.conf.all.forwarding</code>

عالمي على الجزء العابر (نحو جهاز التوجيه IPv6 تحتاج واجهة مستوى البيانات أيضاً إلى عنوان. وتبادل المسارات OSPFv3 الطرفي) لتشكيل جيرة.

UE IPv6 مجموعة عناوين

في IPv6 قم بتعيين مجموعة (SMF بدلاً من تلقيها من) UE لعناوين UPF عند تخصيص runtime.exs. يتم استخدام هذا العنوان عبر PFCP، UE بتزويد عنوان SMF/PGW-C عندما يقوم . مباشرة ولا يتم استشارة هذه المجموعة للجلسة.

```
# /etc/omniupf/runtime.exs
config :upf_ex,
  ueip_pool: "2001:db8:6f85:70::/64"
```

الوصف	الافتراضي	مطلوب	النوع	المعامل
المستخدمة UE للـ IP مجموعة بأداء تخصيص UPF عندما يقوم أو IPv4 CIDR العنوان. تقبل ؛ يتم اكتشاف عائلة العنوان IPv6 من السلسلة.	-	لا	سلسلة (CIDR)	ueip_pool

OSPFv3 إعلان مسار

كمسار مضيف /128 ويتم الإعلان عنه إلى جهاز التوجيه UE نشط للـ IPv6 يتم تثبيت كل عنوان يتم إدارة المسارات بواسطة مدير المسار وإعادة توزيعها. /32 IPv4 الطرفي، مما يعكس سلوك FRR بواسطة OSPF إلى.

```
# /etc/omniupf/runtime.exs
config :upf_ex,
  route_manager_enabled: true,
  route_manager_type: "frr"
```

المعامل	النوع	مطلوب	الافتراضي	الوصف
route_manager_enabled	بولياني	لا	false	يمكن إدارة مسار يجب أن UE. مضيف للإعلان true يكون عن مسارات UE.
route_manager_type	سلسلة	لا	-	خلفية المسار. "frr" تقوم بحقق المسارات عبر FRR/vtysh! الخلفية الثابتة تستخدم أوامر ip/ipv6 المسار مباشرة. استخدم للإعلان عن "frr" OSPFv3.

على واجهة العبور وإعادة توزيع المسارات الثابتة، (ospf6d) **OSPFv3** FRR يجب أن تعمل مثل إلى جهاز التوجيه الطرفي. يتم إضافة مسارات مضيف /128 UE بحيث يتم إغراق مسارات مضيف لا يقبل IPv4 الخاص بـ ip route أمر - ipv6 route <addr>/128 باستخدام أمر IPv6. انظر **إدارة المسارات** لدورة حياة مدير المسار. IPv6 بادئات

سلوك مستوى البيانات

الاتجاه	السلوك
السفلية (→ الشبكة) (UE)	السفلي المبرمج من IPv6 ضد جدول IPv6 يتم مطابقة الوجهة الداخلية أو (gNB/eNB نحو GTP-U ؛ يتم تغليف الحزم المطابقة بتغليف PFCEP جلسة (أو BUFF) تخزينها إذا كانت إجراء القاعدة هو).
الرفع (UE → الشبكة)	N6 الداخلية عبر واجهة IPv6 ويتم توجيه حزمة GTP-U يتم فك تغليف (الخاص بالتوجيه sysctl لذا فإن) للنواة IPv6 FIB باستخدام.
التخزين المؤقت (BUFF)	السفلية المخزنة إلى مستمع  لتخزين المؤقت في IPv6 يتم تسليم حزم IPv4. مساحة المستخدم ويتم تفريغها عند الانتقال إلى التوجيه، مثل.

تصفية المسار العكسي في الإصدارات الحالية؛ / `accept_local` لا يتطلب أي استرخاء ل martians. يستخدم مسار التخزين المؤقت مصدر خارجي غير محلي بحيث لا يتم إسقاط الحزم ك

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

UE السفلية لا تصل إلى IPv6 حركة مرور

UE. **الأعراض:** تم إنشاء الجلسة وتعمل الرفع، ولكن يتم إسقاط حركة المرور من الشبكة إلى

الأسباب المحتملة:

- غير قيد OSPFv3 مدير المسار معطل، أو (128/ UE لم يتم الإعلان عن مسار مضيف (UPF التشغيل على).
- جهاز التوجيه الطرفي UPF بين OSPFv3 لم يتم إنشاء جيرة.
- لم يتم جهاز التوجيه الطرفي بعد بثبيت 128/ (تأخير التقارب).

الحل:

1. `route_manager_enabled: true` و `route_manager_type: "frr"` تأكد من.
2. على واجهة العبور ويعيد توزيع OSPFv3 يعمل UPF الخاص بـ FRR تحقق من أن مثل. المسارات الثابتة.

التي /128 UE كاملة وأن جهاز التوجيه الطرفي يظهر OSPFv3 تأكد م♦♦ أن جيرة 3. OSPF. تم تعلمها عبر

لا يتم توجيهها على IPv6 حركة مرور المستخدم الإطلاق

في الرفع أو السفلية، حتى مع وجود المسارات IPv6 **الأعراض**: لا يعمل

الأسباب المحتملة:

- على المضيف، أو التوجيه غير مفعّل IPv6 تم تعطيل.
- عالمي IPv6 لا تحتوي واجهة مستوى البيانات على عنوان.

الحل:

1. (disable_ipv6=0, forwarding=1) تحقق من **متطلبات النواة**.
2. عالمي على الجزء العابر IPv6 تأكد من أن واجهة مستوى البيانات تحتوي على عنوان.

مرجع المقاييس

على نقطة النهاية OmniUPF التي يعرضها Prometheus تصف هذه الوثيقة جميع مقاييس (/api/metrics الافتراضي 8080 , api_port على HTTP تعمل واجهة برمجة التطبيقات) .
تحتها API يتم تقديم كل مسار - /api لاحظ بادئة

OmniUPF. تعكس أسماء المقاييس، الأنواع، والعلامات أدناه المقاييس التي يعرضها

فئات المقاييس

1. رسائل التحكم، الجمعيات، الجلسات، وعدد الأخطاء - **PFCP مقاييس**
2. **مقاييس دورة حياة الجلسة** - عدد إنشاء/حذف/تعديل الجلسات ومدة التأسيس
3. **مقاييس المسار البطيء في مساحة المستخدم والتخزين المؤقت** - عدد الحزم الموجهة للتخزين المؤقت في الاتجاه الهابط، الحديقة المسورة، وإشارات الخطأ غير المعروفة TEID
4. إشعارات طلب تقرير - **(DLDR) مقاييس تقرير البيانات في الاتجاه الهابط** FAR وتتبع فهرس PFCP جلسة
5. استجابات الصدى وعدد إشارات الخطأ - **GTP-U مقاييس**
6. النشطة URR عدد تقارير الاستخدام ومؤقتات - **URR مقاييس**
7. مقاييس إدخال خريطة بيانات الطائرة - **eBPF مقاييس خريطة**
8. مقيدة بـ (N3/N6) لكل اتجاه total_ **عرض بيانات الطائرة** - عدادات /api/v1/xdp_stats ؛ أيضًا عند الطلب عبر (#57) expose_xdp_metrics
9. UE ومقاييس مسارات TEID/FAR-ID **مقاييس الموارد / التوجيه** - مقاييس تجمع
10. **مقاييس الحديقة المسورة** - اعتراض البوابة الأسرية، التوجيه، وعدد عمليات التزوير DNS

PFCP مقاييس

PFCP (SMF / PGW-C / SGW-C) ونظرائه UPF عدادات بروتوكول التحكم بين

اسم المقياس	النوع	العلامات	الوصف
upf_pfcf_associations	Gauge	none	ت النشطة حاليًا (جميع الأقران)
upf_pfcf_sessions	Gauge	none	ت النشطة حاليًا (الأقران)
upf_pfcf_peer_restarts_total	Counter	peer	ة تشغيل النظير مني للاسترداد)
upf_pfcf_duplicate_requests_total	Counter	none	طلبات المكررة وتم قمعها
upf_orphaned_sessions_deleted_total	Counter	none	فة نتيجة لإعادة تشغيل نظير
upf_pfcf_messages_rx_total	Counter	type, peer	ع PFCF رسائل رسالة ونظير
upf_pfcf_messages_tx_total	Counter	type, peer	ع PFCF رسائل رسالة ونظير
upf_pfcf_errors_total	Counter	type	PF رفض طلبات (سبب الرفض session_con mandatory_i

مقاييس دورة حياة الجلسة

العلامات	النوع	اسم المقياس
none	Counter	upf_sessions_created_total
none	Counter	upf_sessions_deleted_total
none	Counter	upf_sessions_modified_total
none	Histogram	upf_session_establishment_duration_microseconds

مقاييس المسار البطيء في مساحة المستخدم والتخزين المؤقت

، 22152 UDP منفذ) بتوجيه الحزم إلى المسار البطيء في مساحة المستخدم eBPF تقوم غير نشط UE لثلاث مهام متميزة: تخزين مؤقت في الاتجاه الهابط عندما يكون (الافتراضي TEID إعادة توجيه الحديقة المسورة، والرد على (UE يتم الاحتفاظ به حتى يتم استدعاء) فقط المقاييس GTP-U غير معروف في الاتجاه الصاعد بإشارة خطأ أدناه تصف التخزين المؤقت الصحيح؛ الحديقة المسورة لها buffered/flushed/current

غير المعروف يتم احتسابه كـ TEID و `upf_walled_garden_*` مقاييسها الخاصة
`upf_gtpu_error_indications_sent_total`.

الوصف	العلامات	النوع	اسم المقياس
جميع الحزم الموجهة إلى المسار البطيء في مساحة المستخدم (التخزين المؤقت + الحديقة + المسورة غير TEID (المعروف)	none	Counter	upf_userspace_punt_received_total
الحزم التي تمت إضافتها بنجاح إلى التخزين المؤقت	none	Counter	upf_buffer_packets_buffered_total
الحزم التي تم تفريغها من التخزين المؤقت	none	Counter	upf_buffer_packets_flushed_total
الحزم التي تم إسقاطها من / لم يتم قبولها في التخزين المؤقت	reason	Counter	upf_buffer_packets_dropped_total
الحزم المحتفظ بها حاليًا في	none	Gauge	upf_buffer_packets_current

الوصف	العلامات	النوع	اسم المقياس
التخزين المؤقت			
عمليات تفريغ التخزين المؤقت لكل (الناجحة FAR) تفريغ	none	Counter	upf_buffer_flush_operations_total
الحزم المرسلة خلال عمليات التفريغ	none	Counter	upf_buffer_flush_packets_sent_total
عمليات تفريغ التخزين المؤقت الفاشلة	reason	Counter	upf_buffer_flush_errors_total

من إسقاطات إضافة التخزين) **upf_buffer_packets_dropped_total** لـ **reason** قيم (المؤقت وأخطاء مستمع التخزين المؤقت):

- **global_limit** - تم الوصول إلى سعة التخزين المؤقت الكلية - (**buffer_max_total**)
- **far_limit** - FAR تم الوصول إلى حد التخزين المؤقت لكل - (**buffer_max_per_far**)
- **expired** - قبل التفريغ (**buffer_ttl_ms**) TTL تم تجاوز -
- **read_error** - خطأ في القراءة من مقبس التخزين المؤقت -
- **too_small** - GTP الحزمة صغيرة جدًا لرأس -
- **invalid_gtp_type** - G-PDU غير GTP نوع رسالة -
- **not_buffering_far** - BUFF على إجراء FAR لا يحتوي -
- **error_indication_failed** - لـ GTP-U لم يكن من الممكن إرسال إشارة خطأ - غير معروف في الاتجاه الصاعد TEID

غير المعروف في الاتجاه الصاعد **ليس** إسقاط تخزين مؤقت: يتم الرد عليه بإشارة TEID `upf_gtpu_error_indications_sent_total` ويتم احتسابه بواسطة GTP-U خطأ (استجابة صحيحة للمسار البطيء، وليس فقدان حزمة).

قيم `reason` لـ `upf_buffer_flush_errors_total`:

- `far_lookup_failed` - من خريطة FAR لم يكن من الممكن البحث عن معلومات eBPF
- `no_forw_action` - محدد FORW على إجراء FAR لا يحتوي
- `connection_failed` - للتفريغ UDP فشل في فتح مقبس

مقاييس تقرير البيانات في الاتجاه الهابط (DLDR)

المرسلة إلى مستوى التحكم عند تخزين الحزم في PFCP مقاييس لإشعارات طلب تقرير جلسة UE لاستدعاء SMF/PGW-C الاتجاه الهابط. تعمل هذه الإشعارات على تحفيز

الوصف	العلامات	النوع	اسم المقياس
تقارير البيانات في الاتجاه الهابط المرسلة، مصنفة حسب عنوان SMF/PGW-C	peer	Counter	<code>upf_dldr_sent_total</code>
DLDR أخطاء ترميز / إرسال	none	Counter	<code>upf_dldr_errors_total</code>
التي تم تخطيها لأن DLDRs تم إخطاره بالفعل FAR	none	Counter	<code>upf_dldr_skipped_total</code>
FarIndex المسجلة في FARs DLDR لإشعار	none	Gauge	<code>upf_far_index_size</code>

GTP-U مقاييس

وإشارات الخطأ. يتم تبادل إشارات الخطأ عندما يتلقى نظير حزمًا GTP-U عدادات إدارة مسار غير معروف (عادةً بعد إعادة التشغيل) TEID لتحديد.

اسم المقياس	النوع	العلامات	مف
upf_gtpu_echo_responses_tx_total	Counter	none	إجابات GTP Ech بصلة
upf_gtpu_error_indications_sent_total	Counter	none	رات خطأ GTP بصلة (TEID إاردة غير روفة
upf_gtpu_error_indications_rx_total	Counter	none	رات خطأ GTP تلمة من فران
upf_error_indication_sessions_deleted_total	Counter	none	سات ذوفة تية لنقي شارة خطأ

غير موجود (مثل TEID لتحديد GTP-U حزمة UPF عندما يتم إرسال إشارات الخطأ: يتلقى بعد إعادة التشغيل، أو تم حذف الجلسة بالفعل)، ويبلغ المرسل بالتوقف.

الذي قام TEID عندما يتم استلام إشارات الخطأ: لا يتعرف نظير في الاتجاه السفلي على .يحذف الجلسة المتأثرة للتوقف عن إعادة التوجيه إلى نفق ميت UPF بإعادة توجيهه؛ يقوم UPF

قاعدة تقارير الاستخدام URR مقاييس

الوصف	العلامات	النوع	اسم المقياس
URR تقارير استخدام المرسل، مصنفة حسب مشغل التقرير	trigger	Counter	upf_urr_reports_sent_total
أخطاء ترميز / إرسال URR تقرير	none	Counter	upf_urr_report_errors_total
النشطة URR مؤقتات (دورية / عتبة زمنية / صلاحية الحصة)	none	Gauge	upf_urr_active_timers

periodic (PERIO)، الذي تم تفعيله - على سبيل المثال URR يعكس مشغل تقرير trigger، volume_threshold (VOLTH)، time_threshold (TIMTH)، quota_validity (QUVTI).

اقرأ .(لتجنب الكاردينالية العالية) Prometheus لا يتم تصديرها كمقاييس URR عدادات البايت لكل /api/v1/urr_map على REST الفردية عبر واجهة برمجة التطبيقات URR إحصائيات

eBPF مقاييس خريطة

مقاييس لاستخدام خريطة بيانات الطائرة، يتم تحديثها في كل عملية سحب.

الوصف	العلامات	النوع	اسم المقياس
في FAR إدخالات eBPF خريطة	none	Gauge	upf_ebpf_far_entries
في PDR إدخالات الاتجاه الصاعد في eBPF خريطة (PDRs مع TEID)	none	Gauge	upf_ebpf_pdr_uplink_entries
في PDR إدخالات الاتجاه الهابط في eBPF خريطة (PDRs مفاتيحها UE ل IP عنوان)	none	Gauge	upf_ebpf_pdr_downlink_entries

(upf_far_ids_allocated) المخصص FAR يعكس تجمع معرف upf_ebpf_far_entries من حالة PDR مخصص. يتم تجمع مقاييس FAR بإدخال واحد لكل معرف far_map حيث تحتفظ ((O(total sessions) التكلفة هي) الجلسة الحية في كل عملية سحب

(N3/N6) عرض بيانات الطائرة

gNB/eNB: نحو GTP-U جانب = **N3** عدادات الحزم والبايت لكل اتجاه لحركة مرور المستخدم
 eBPF upf_ext_stat percpu تأتي من خريطة (نحو شبكة البيانات SGi جانب = **N6**

الوصف	العلامات	النوع	اسم المقياس
N3 (GTP-U) حزم الداخلية / الخارجة من XDP مسار بيانات	none	Counter	<code>upf_n3_rx_packets_total</code> / <code>upf_n3_tx_packets_total</code>
N6 (SGi) حزم الداخلية / الخارجة من XDP مسار بيانات	none	Counter	<code>upf_n6_rx_packets_total</code> / <code>upf_n6_tx_packets_total</code>
N3 (GTP-U) بايت الداخلية / الخارجة	none	Counter	<code>upf_n3_rx_bytes_total</code> / <code>upf_n3_tx_bytes_total</code>
N6 (SGi) بايت الداخلية / الخارجة	none	Counter	<code>upf_n6_rx_bytes_total</code> / <code>upf_n6_tx_bytes_total</code>

على مسار `upf_ext_stat` قراءة. **(المشكلة #57) `expose_xdp_metrics` مقيدة بـ**
TX-ring wedge ثبت أنها تؤدي إلى حدوث (Prometheus لكل عملية سحب) الطلب
تنطبق تدابير تخفيف: يتم إجراء القراءة خارج مسار الطلب. `virtio_net` generic-XDP J
`config` في الخلفية (على فترات ثابتة، وليس أثناء السحب)، وهي مقيدة بـ `Sampler` بواسطة
عند تعطيلها، لا يتم إعلان هذه العدادات أو. `upf_ex, expose_xdp_metrics: true`.
تصديرها.

مثبتة، لذا فهي تبقى بعد `upf_ext_stat` **التراكمية**. خريطة `_total` ه ه هي عدادات
؛ يقوم المجمع بترجمة قيمتها. `eBPF` ولكن يتم تصفيرها عند إعادة نشر `omniupf` إعادة تشغيل
صحيحة عبر كلاهما. لا تقرأ هذه `rate()` المطلقة إلى زيادات عداد أحادي الاتجاه بحيث تظل
`rate()` كمقاييس. استخدم.

إلا `eBPF` يعيد نفس الحقول ولا يتعامل مع `GET /api/v1/xdp_stats` : **عند الطلب JSON**
(حزم) `rx_n3 / tx_n3 / rx_n6 / tx_n6` : عند استدعائك له صراحة. الحقول
و `rx_n3_bytes / tx_n3_bytes / rx_n6_bytes / tx_n6_bytes`.

مقاييس الموارد / التوجيه

الوصف	العلامات	النوع	اسم المقياس
المتعقبة حاليًا UE لـ IP مسارات بواسطة مدير المسار	none	Gauge	upf_routes_total
المخصصة حاليًا من التجمع TEIDs	none	Gauge	upf_teid_allocated
المخصصة حاليًا من FAR معرفات التجمع	none	Gauge	upf_far_ids_allocated

مقاييس الحديقة المسورة

.عدادات لحديقة البوابة الأسرية / عدم وجود رصيد. راجع دليل الحديقة المسورة للسلوك

اسم المقياس	النوع	العلامات	بف
upf_walled_garden_active_redirects	Gauge	none	مات عادة وجيه ديقة سورة نطة
upf_walled_garden_packets_intercepted_total	Counter	none	حزم ي تم اضها سطة ديقة سورة
upf_walled_garden_packets_dropped_total	Counter	none	حزم ي تم اطها سطة ديقة سورة
upf_walled_garden_packets_forwarded_total	Counter	dst_ip	حزم موج التي عادة يها، سب نوان جهة
upf_walled_garden_bytes_forwarded_total	Counter	dst_ip	يتات موج التي عادة يها،

اسم المقياس	النوع	العلامات	وصف
			سبب نوان وجهة
upf_walled_garden_dns_spoofed_total	Counter	domain	مات DNS رورة إلى وابة، سبب جال
upf_walled_garden_dns_forwarded_total	Counter	domain	مات DNS معاد نيهها الات موح بها، سبب جال

غير محدودة. حافظ على قائمة domain و dst_ip ملاحظة حول الكاردينالية. العلامات السماح ضيقة، وقم بتجميع هذه العلامات في قواعد التسجيل إذا كنت تسحب حديقة مسورة مشغولة.

Prometheus استخدام مقاييس

الوصول إلى المقاييس

الذي HTTP، لخدم واجهة برمجة التطبيقات /api/metrics تُعرض المقاييس على نقطة النهاية تحتها API يتم تقديم كل مسار - /api لاحظ بادئة. (الافتراضي 8080) api_port يستمع على

```
# عرض المقاييس الخام
curl http://localhost:8080/api/metrics

# مثال على الإخراج
upf_pfcps_sessions 42
upf_pfcps_associations 2
upf_dldr_sent_total{peer="10.100.50.241"} 17
```

Prometheus تكوين

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

```
scrape_configs:
  - job_name: 'omniupf'
    metrics_path: /api/metrics
    static_configs:
      - targets: ['localhost:8080']
```

Grafana لوحات معلومات

لوحات مفيدة يمكن بناؤها من هذه المقاييس:

- `upf_pfcps_sessions`, `upf_pfcps_associations` (عدد الجلسات والجمعيات)
- تمت إزالته `/api/v1/xdp_stats` لكل اتجاه متاح عند الطلب عبر N3/N6 عرض (من السحب، انظر #57)
- معدل الإسقاط حسب `upf_buffer_packets_current` (ضغط التخزين المؤقت `reason`)
- `rate(upf_dldr_sent_total[5m])` استدعاء / DLDR نشاط
- معدلات إشارات الخطأ وإعادة تشغيل التنظير لتنبيه صحة النفق

الوثائق ذات الصلة

- **دليل المراقبة** - مراقبة الإحصائيات، تخطيط السعة، والتنبيه
- الأخرى UPF ضبط التخزين المؤقت، وخيارات `api_port` **دليل التكوين** - تكوين
- **دليل واجهة الويب** - عرض المقاييس في صفحة الإحصائيات

- وتحسين الأداء eBPF **دليل الهندسة المعمارية** - مسار
- PDR, FAR, QER, URR **دليل إدارة القواعد** - فهم مقاييس
- **دليل الحديقة المسورة** - سلوك إعادة توجيه البوابة الأسرية وقائمة السماح
- **دليل استكشاف الأخطاء وإصلاحها** - 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 مشاكل 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 مشاكل الأداء. يوفر REST API الويب و

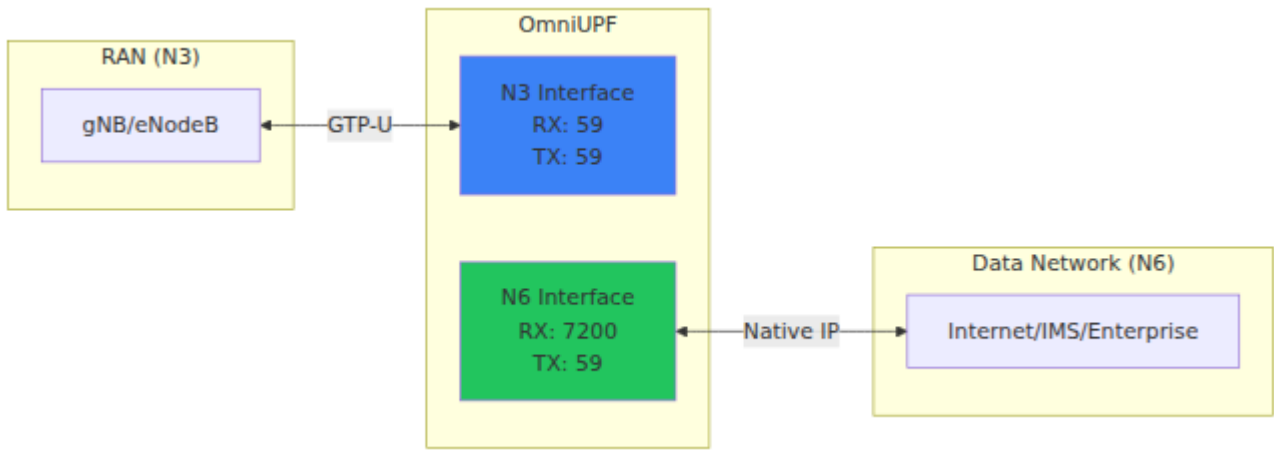
فئات المراقبة

المقاييس الرئيسية	تكرار التحديث	الغرض	الفئة
الفقد، تحليل RX/TX، حزم البروتوكولات	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، الملغاة	في الوقت الحقيقي	تتبع أداء مسار البيانات في النواة	XDP إحصائيات
الضربات، FIB، عمليات بحث الإخفاقات في 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
الحزم المخزنة، عمر المخزن FAR المؤقت، عدد	كل 5 ثوانٍ	تتبع تخزين الحزم أثناء التنقل	إحصائيات المخزن المؤقت

مراقبة الإحصائيات

N3/N6 إحصائيات واجهة

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



المقاييس:

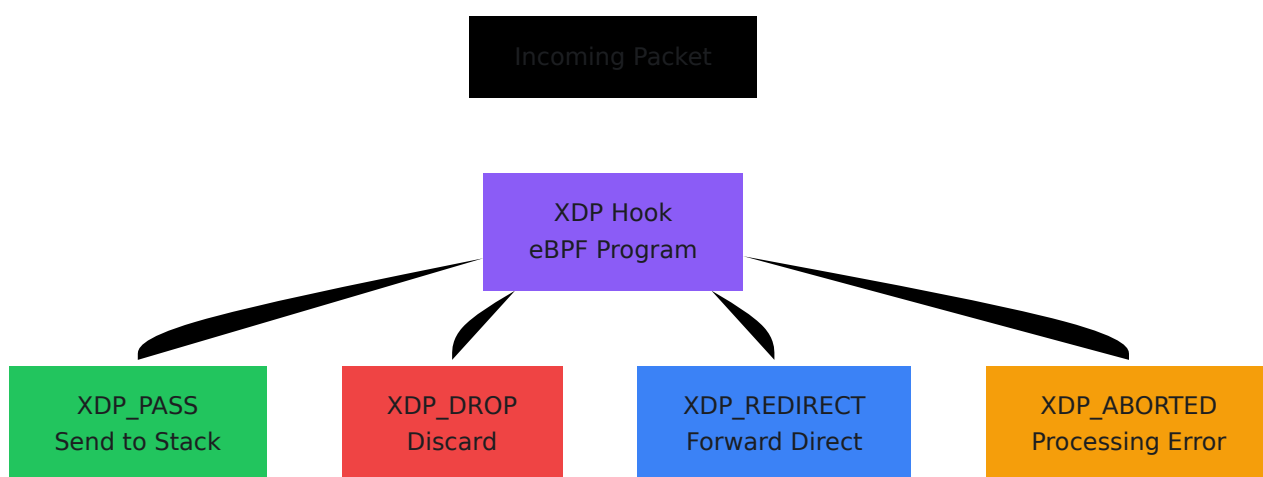
- **RX N3:** (الصاعدة GTP-U حركة مرور) الحزم المستلمة من RAN
- **TX N3:** (النازلة GTP-U حركة مرور) الحزم المرسلية إلى RAN
- **RX N6:** (الأصلي النازل IP) الحزم المستلمة من شبكة البيانات
- **TX N6:** (الأصلي الصاعد IP) الحزم المرسلية إلى شبكة البيانات
- **الإجمالي:** العدد الإجمالي للحزم عبر جميع الواجهات

السلوك المتوقع:

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

XDP إحصائيات

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



المقاييس:

- خطأ (يجب أن تكون دائمًا 0) XDP المُلغاة: واجه برنامج
- XDP المفقودة: الحزم التي تم إسقاطها عمدًا بواسطة برنامج

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

التفسير:

- أو توافق النواة eBPF **المُلغاة** $0 <$: مشكلة حرجة مع برنامج
- **المفقودة** $0 <$: إسقاطات قائمة على السياسة أو حزم غير صالحة
- **المارة مرتفعة:** معظم الحزم تمت معالجتها في كومة الشبكة (عادي)
- **إعادة التوجيه مرتفعة:** الحزم تم توجيهها مباشرة (أداء مثالي)

إحصائيات الحزم

تفصيل تحليل البروتوكول للحزم وعدد المعالجة

عدادات البروتوكول:

- **RX ARP:** حزم بروتوكول حل العناوين
- **RX GTP ECHO:** GTP-U Echo (keepalive) طلب/استجابة
- **RX GTP OTHER:** GTP رسائل تحكم الأخرى
- **RX GTP PDU:** (الحركة الرئيسية) GTP-U بيانات المستخدم المغلفة بـ
- **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 رئيسي لحركة م  ور المستخدم **GTP-U PDU** مراقبة عدد
- **الاتصال:** اختبار إمكانية الوصول إلى الشبكة **ICMP** التحقق من
- أنماط حركة مرور التطبيقات **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

- **ذاكرة مؤقتة:** عمليات بحث التوجيه المخبأة (مسار سريع)
- عمليات بحث التوجيه الناجحة: **OK**

FIB IPv6 بحث

- المخبأة IPv6 **ذاكرة مؤقتة:** عمليات بحث التوجيه
- الناجحة IPv6 عمليات بحث التوجيه: **OK**

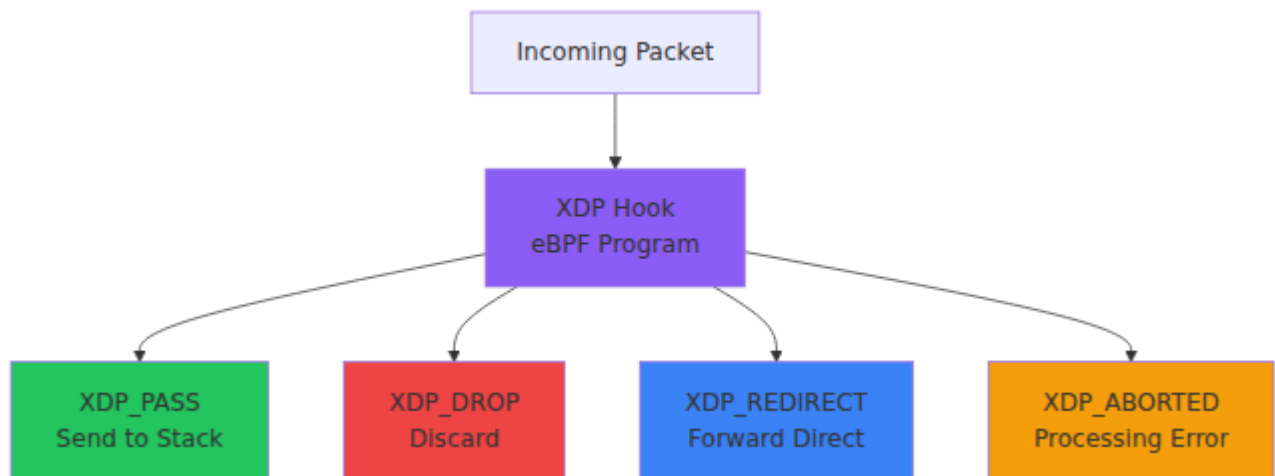
مؤشرات الأداء

- **معدل ضربات الذاكرة المؤقتة المرتفع:** يشير إلى أداء جيد لذاكرة التوجيه المؤقتة
 - **المرتفع:** يؤكد أن جداول التوجيه تم تكوينها بشكل صحيح **OK عدد**
 - **عمليات البحث المنخفضة أو الصفرية:** 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 - مستخدمة 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 - يفشل 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 - يفشل إنشاء الجلسة

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 ممثلة

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 فقط على الفوترة

حدود السعة

الحد	الإجراء المطلوب
0-50% (أخضر)	عملية طبيعية - لا حاجة لإجراء
50-70% (أصفر)	تحذير - راقب اتجاهات النمو، خطط لزيادة السعة
70-90% (برتقالي)	تحذير - جدول 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. OmniUPF إيقاف خدمة
2. بأحجام الخريطة الجديدة UPF تحديث ملف تكوين
3. OmniUPF إعادة تشغيل خدمة
4. التحقق من السعة الجديدة في عرض السعة
5. مراقبة   شاء الجلسات بنجاح

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

مقاييس الأداء

راجع، OmniUPF التي يوفرها Prometheus للحصول على معلومات مفصلة حول جميع مقاييس **مرجع المقاييس**.

معدل معالجة الحزم

الحساب:

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

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:

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

حساب الإنتاجية

الحساب:

فرق الوقت بالثواني (×) / (فرق عدد البايتات × 8) = الإنتاجية (Mbps)
(1,000,000)

مثال:

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

هو N3. `expose_xdp_metrics` عند تمكين (N6 مكافئات `upf_n3_rx_packets_total`, `_total` `upf_n3_rx_bytes_total`, ... الإنتاجية لكل اتجاه يتم تصديرها كعدادات من مسار `upf_ext_stat` يتم قراءة. (شبكة البيانات) SGi هو جانب N6، GTP-U (gNB) جانب `virtio_net` كانت القراءة لكل سحب محفّرًا مثبّتًا لـ) في الخلفية `Sampler` السحب بواسطة ومغلّقًا خلف العلم. نفس الحقول متاحة أيضًا عند الطلب، (المشكلة #57، TX-ring-wedge، راجع مرجع المقاييس للحصول على التفاصيل. `/api/v1/xdp_stats` على JSON بتنسيق

تخطيط السعة:

- راقب أوقات ذروة الإنتاجية (مثل ساعات المساء)
- (N3/N6 سرعات واجهة) قارن بسعة الرابط
- الإنتاجية القصوى لتوفير مساحة إضافية X خطط لزيادة السعة بمقدار 2

معدل الفقد

الحساب:

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

لحدود المقبولة:

- ممتاز (فقدان الحزم العادي بسبب الأخطاء): $0.1\% <$
- جيد (مشكلات طفيفة أو تحديد المعدل): $0.1\% - 1\%$
- (أو السعة QoS استكشف مشكلات) ضعيف: $1\% - 5\%$
- حرجية (مشكلة كبيرة في التوجيه أو السعة): $5\% >$

أسباب الفقد الشائعة:

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

التنبيهات والحدود

التنبيهات الموصى بها

التنبيهات الحرجة (مطلوب استجابة فورية)

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

تنبيهات التحذير (استجابة خلال ساعة واحدة)

- $eBPF > 70\%$ سعة خريطة

- %معدل الفقد < 1
- معدل الحزم يقترب من سعة الرابط
- للمخزن 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 (راجع **مرجع المقاييس** Prometheus **مقاييس** للحصول على القائمة 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 الجلسات

احسب الحد الأقصى للجلسات:

```
Max Sessions = min(
    النازلة + الصاعدة لكل جلسة PDRs / 2, # سعة خريطة
    النازلة + الصاعدة لكل جلسة FARs / 2, # سعة خريطة
    واحد لكل جلسة QER , اختياري # سعة خريطة
)
```

مثال:

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

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

سعة الذاكرة

eBPF احسب إجمالي ذاكرة خريطة:

(سعة الخريطة $\times$ (حجم المفتاح + حجم القيمة)) Σ = الذاكرة

مثال على التكوين:

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

اعتبارات ذاكرة النواة:

- (ulimit -l) تأكد من وجود حد كافٍ للذاكرة المقفلة
- من الاستخدام المقدر لهامش الأمان $\times$ احتفظ بمقدار 2
- راقب توافر ذاكرة النواة

سعة الحركة

احسب سعة الإنتاجية المطلوبة:

1. تقدير متوسط إنتاجية الجلسة:

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

2. احسب الإنتاجية الإجمالية:

إجمالي الإنتاجية = الجلسات × متوسط إنتاجية الجلسة

3. أضف مساحة إضافية:

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

مثال:

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

تخطيط النمو

تحليل الاتجاهات:

1. سجل عدد الجلسات القصوى اليومية
2. احسب معدل النمو الأسبوعي
3. استنتج إلى حد السعة

صيغة معدل النمو:

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

مثال:

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

الإجراء: خطط لترقية السعة في 12 أسبوعًا (مما يترك 5 أسابيع كاحتياطي)

استكشاف مشاكل الأداء

معدل فقد الحزم المرتفع

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

التشخيص:

1. تحقق من الإحصائيات → إحصائيات الحزم
2. حدد ما إذا كانت الفقدان خاصة بالبروتوكول
3. مقابل الملغاة XDP لفقدان XDP راجع إحصائيات

الأسباب الشائعة:

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

الحل:

- إذا كان هناك تحديد للمعدل QER لـ MBR زيادة
- الصحيحة PDRs قد أنشأ SMF تحقق من أن
- مسح المخازن المؤقتة إذا تم اكتشاف فائض

XDP أخطاء معالجة

الملغاة < 0 XDP: الأعراض

التشخيص:

1. XDP انتقل إلى الإحصائيات → إحصائيات
2. تحقق من عداد الملغاة
3. eBPF لأخطاء OmniUPF راجع 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 راجع سجلات برنامج
- اتصل بالدعم إذا است❖❖رت المشكلة

استنفاد السعة

%الأعراض: فشل إنشاء الجلسات، سعة الخريطة عند 100

التشخيص:

1. انتقل إلى صفحة السعة
2. %حدد أي خريطة عند 100
3. تحقق مما إذا كانت الجلسات عالقة (لا يتم حذفها)

التخفيف الفوري:

1. حدد الجلسات القديمة (تحقق من صفحة الجلسات)
2. حذف الجلسات القديمة SMF اطلب من
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 القاعدة التاريخية
2. لتأخيرات المعالجة XDP راجع إحصائيات
3. UPF راقب 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 الحالات) UPF توسيع
- (توزيع جانب الاستلام) 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 الهيكل العام 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 الهيكلية** - مسار بيانات

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	NoEstablishedPFCPAssociation	تم محاولة إجراء عملية جلسة بدون ارتباط نشط. يجب إنشاء ارتباط PFCP 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. معلمات 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_pfcpx_errors{cause_code!="RequestAccepted"}[5m])

# الأسباب الرئيسية للرفض
topk(5, sum by (cause_code) (upf_pfcpx_errors))

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

# فشل إنشاء الجلسات
upf_pfcpx_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

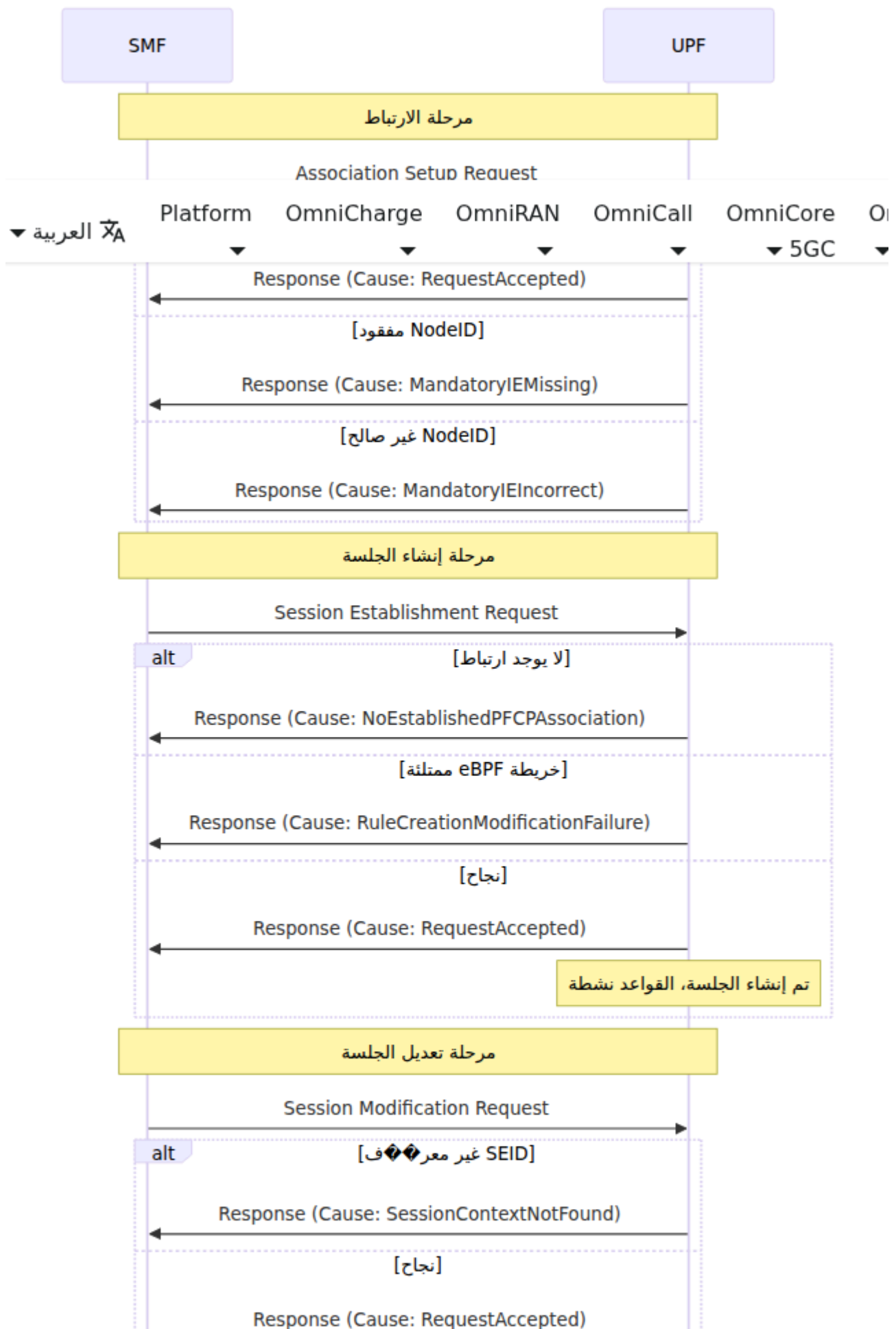
1. تحقق من وجود الارتباط: GET /api/v1/pfcp_associations
2. تحقق من تكوين مهلة نبضات القلب
3. راجع سجلات إعداد الارتباط
4. يمكنهما الوصول إلى بعضهما البعض UPF و SMF تأكد من أن

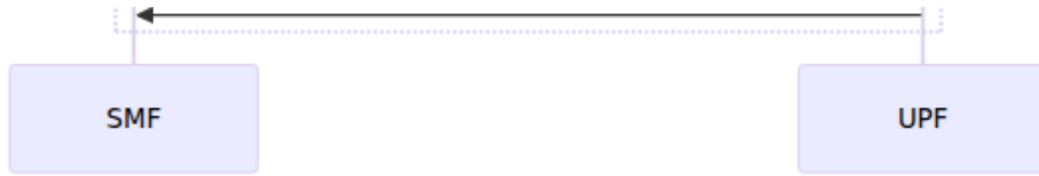
SessionContextNotFound: عند التعديل

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_pfcpx_errors{cause_code!="RequestAccepted"}[5m]) > 0.1
  annotations:
    summary: "مرتفع معدل PFCP رفض: {{ $value }}/s"
```

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

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

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

rate(upf_pfcpx_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_pfcpx_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 إجراء التوجيه (FAR)
4. قواعد فرض جودة الخدمة (QER)
5. قواعد تقارير الاستخدام (URR)
6. علاقات القواعد
7. العمليات الشائعة
8. استكشاف الأخطاء وإصلاحها

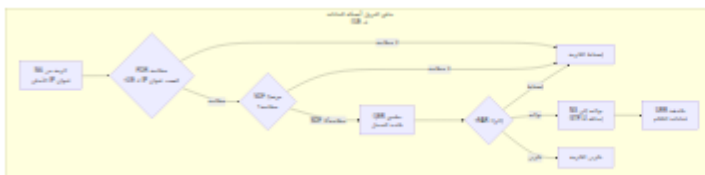
نظرة عامة

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 بالغ الأهمية لتشغيل واستكشاف الأخطاء في UPF.

أنواع القواعد

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

تدفق معالجة القواعد



(PDR) قواعد اكتشاف الحزم

الغرض

بتصنيف الحزم الواردة إلى تدفقات حركة مرور. إنها نقطة الدخول لجميع معالجة PDRs تقوم UPF. الحزم في

PDR هيكل



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 وإشعاره إلى SMF يتم تعيينه بواسطة
- UE فريد لكل تدفق حركة مرور

: **حقول القيمة**

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

: **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، استرجع
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

UE لـ IP **الحقل الرئيسي**: عنوان

- (بت 128) IPv6 أو عنوان (بت 32) IPv4 عنوان
- PDU أثناء إنشاء جلسة SMF يتم تعيينه بواسطة
- UE فريد لكل

:حقول القيمة

- **FAR ID**: مرجع لقواعد إجراء التوجيه
- **QER ID**: مرجع لقواعد فرض 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 المتطابقة فقط SDF

- قواعد محددة، بينما SDF افتراضي: تستخدم الحركة المتطابقة + SDF
- الافتراضي FAR تستخدم 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 استرجع
5. إذا لم توجد مطابقة، إسقاط الحزمة

مثال:

UE: 10.45.0.1 لـ 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 مختلف على QoS تطبيق
- توجيه تطبيقات معينة 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 المعرفة بواسطة 3

SDF: مثال على تكوين

PDR ID: 10

UE: 10.45.0.1 لـ IP عنوان

SDF وضع: فقط SDF

SDF مرشحات:

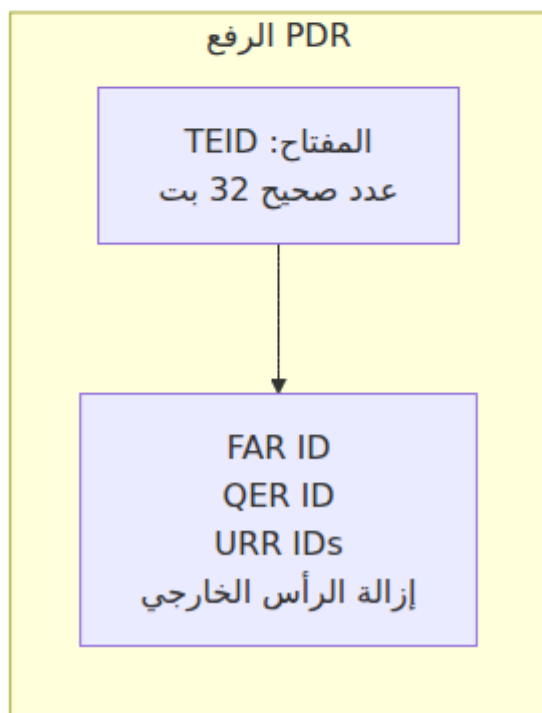
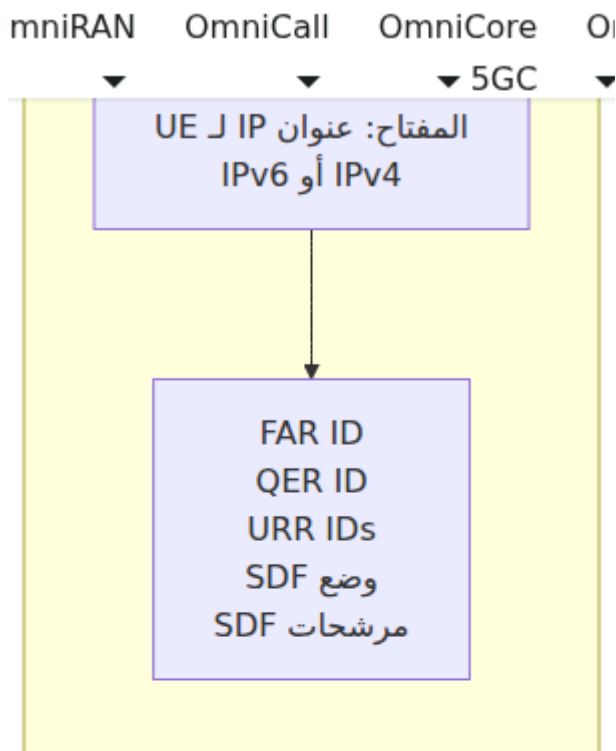
- البروتوكول: UDP, 5061-5060: المنافذ: FAR ID 5 (FAR VoIP) →
- البروتوكول: TCP, 443: المنفذ: FAR ID 1 (FAR الافتراضي) →

(FAR) قواعد إجراء التوجيه

الغرض

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

FAR هيكل



أعلام الإجراء

أعلام بتية يمكن دمجها FAR تعتبر إجراءات

الوصف	القيمة	البت	العلم
توجيه الحزمة إلى الوجهة	2	1	FORWARD
تخزين الحزمة في المخزن	4	2	BUFFER
تجاهل الحزمة	1	0	DROP
إرسال إشعار إلى مستوى التحكم	8	3	NOTIFY
تكرار الحزمة إلى وجهات متعددة	16	4	DUPLICATE

تركيبات الإجراءات الشائعة:

- توجيه عادي (الأكثر شيوعًا) - (FORWARD) الإجراءات : 2
- توجيه وتخزين أثناء الانتقال - (FORWARD + BUFFER) الإجراءات : 6
- تخزين فقط (أثناء تبديل المسار) - (BUFFER) الإجراءات : 4
- إسقاط الحزمة (نادرًا، عادةً لفرض السياسة) - (DROP) الإجراءات : 1

التحكم في التخزين

في تخزين الحزم أثناء الأحداث المتنقلة. يعتبر التخزين ميزة حيوية (بت 2) BUFFER تتحكم علامة UE. تمنع فقدان الحزم أثناء انتقالات حالة UPF في

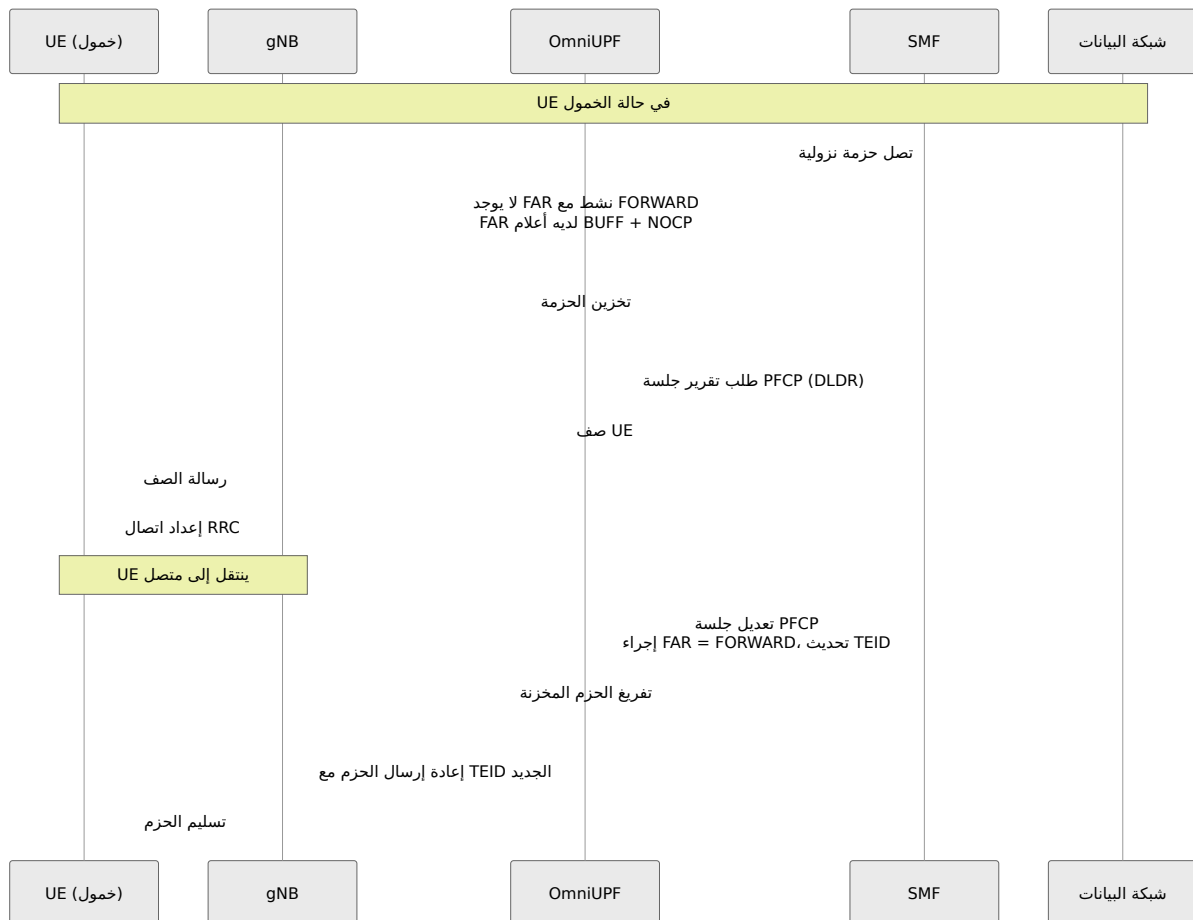
متى يتم استخدام التخزين

غير) في حالة الخمول UE الانتقال من الخمول إلى الاتصال: عندما تصل الحزم النزولية إلى UPF، يقوم gNB، متصل بـ

1. تخزين الحزم
2. SMF إلى (DLDR) بإرسال إشعار بيانات النزول
3. للاستيقاظ والاتصال UE بصف SMF يقوم
4. FORWARD بإجراء 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 لـ
2. BUFFER إلى FAR بتعيين إجراء SMF يقوم
3. تتجمع الحزم أثناء تبديل المسار
4. الجديد gNB بـ UE يتصل
5. FORWARD جديد وإجراء TEID مع FAR بتحديث SMF يقوم
6. الجديد gNB بتفريغ الحزم إلى UPF



سعة التخزين والحدود

الحدود العالمية للتخزين:

- الحد الأقصى لعدد الحزم الكلي: 100,000 (قابل للتكوين)
- الحد الأقصى لعدد البايتات الكلي: بناءً على الذاكرة المتاحة
- 60 ثانية (قابل للتكوين): (مدة الحياة) TTL
- يتم إسقاطها تلقائيًا: TTL الحزم التي تتجاوز

FAR حدود لكل

- **FAR: 10,000 الحد الأقصى لعدد الحزم لكل** (قابل للتكوين)
- واحد من استنفاد سعة التخزين FAR **الغرض:** منع

سلوك تجاوز التخزين:

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

(DLDR) إشعار بيانات النزول

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

DLDR: محتويات

- (DLDR) **نوع التقرير:** تقرير بيانات النزول
- **FAR ID:** FAR الذي أدى إلى التخزين
- **معلومات خدمة بيانات النزول:** QFI مؤشر سياسة الصف

DLDR على SMF إجراءات

1. AMF → gNB عبر UE صف
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`: DLDRs الفاشلة
- `upf_buffer_notify_to_flush_duration_seconds`: DLDR زمن الانتقال من إلى التفريغ

راجع مرجع المقاييس للحصول على القائمة الكاملة.

عمليات التخزين

- 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 الصف
- **الحزم < 30 ثوانٍ قديمة:** فشل محتمل في الصف، امسح المخزن
- **عدد الحزم العالي:** تحقق من الجلسات العالقة أو فشل الصف

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

راجع مرجع المقاييس للحصول على المقاييس الكاملة للمخزن.

سيناريوهات التخزين الشائعة

في حالة الخمول UE السيناريو 1: بيانات النزول لـ

الحالة الأولية:

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

وصول البيانات:

1. حزمة نزولية DN ترسل
2. FAR تطبق، UPF PDR تطابق
3. تم تخزين الحزمة → BUFF لديه علامة FAR
4. SMF إلى UPF DLDR ترسل
5. UE بصف SMF يقوم
6. gNB بـ UE يتصل
7. (FORW) 0x02 إجراء = FAR: 0 بتعديل SMF يقوم
8. الجديد TEID بتفريغ الحزم المخزنة مع UPF يقوم

السيناريو 2: التحضير للانتقال

الحالة الأولى:

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

عملية الانتقال:

1. FAR: 0 = 0x06 إجراء (FORW+BUFF) بتعديل SMF يقوم
2. وتخزينها gNB-1 يتم توجيه الحزم إلى
3. gNB-2 إلى UE يتحول
4. FAR: TEID = 5678، 0 = 0x02 إجراء (FORW) بتعديل SMF يقوم
5. الجديد TEID مع gNB-2 بتفريغ الحزم المخزنة إلى UPF يقوم
6. لا يوجد فقد للحزم أثناء الانتقال

السيناريو 3: تبديل المسار

الحالة الأولى:

- متصل، تدفق بيانات نشط UE

تبديل المسار:

1. (فقط BUFF) 0x04 إجراء = 0 FAR: بتعديل SMF يقوم
2. يتم تخزين جميع الحزم الواردة (لا يتم توجيهها)
3. يعيد الشبكة تكوين المسار
4. وجهة جديدة، 0x02 إجراء = 0 FAR: بتعديل SMF يقوم
5. بتفريغ جميع الحزم المخزنة إلى المسار الجديد UPF يقوم

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 198.51.100.10) 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
- تحديد المستوى الناقل

(QER) قواعد فرض جودة الخدمة

الغرض

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

QER هيكل

QER معلمات

QFI

QoS معرف تدفق

UL حالة البوابة

مفتوح/مغلق

DL حالة البوابة

مفتوح/مغلق

QER ID

معرف فريد

الرفع MBR

الحد الأقصى لمعدل البت

النزول MBR

الحد الأقصى لمعدل البت

الرفع GBR

معدل البت المضمون

النزول GBR

معدل البت المضمون

QoS معلمات

QoS معرف تدفق (QFI):

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

:حالة البوابة

- **مفتوح (0):** مسموح بحركة المرور
- **مغلق (غير صفري):** محجوز حركة المرور

(MBR): الحد الأقصى لمعدل البت

- الحد الأقصى للنطاق الترددي المسموح به لتدفق حركة المرور
- محدد بالكيلوبت في الثانية
- لا حد للمعدل (غير محدود): **MBR = 0**
- MBR يتم إسقاط الحركة التي تتجاوز

(GBR): معدل البت المضمون

- الحد الأدنى للنطاق الترددي المضمون لتدفق حركة المرور
- محدد بالكيلوبت في الثانية
- جهد أفضل (لا ضمان): **GBR = 0**
- تدفق ذو أولوية مع نطاق ترددي مضمون: **GBR > 0**

QoS أنواع تدفقات

(GBR = 0): تدفقات الجهد الأفضل

QER ID: 1

QFI: 9

الرفع: 100000 كيلوبت في الثانية (100 ميغابت في الثانية) MBR

النزول: 100000 كيلوبت في الثانية (100 ميغابت في الثانية) MBR

الرفع: 0 كيلوبت في الثانية GBR

النزول: 0 كيلوبت في الثانية GBR

التدفقات المضمونة (GBR > 0):

QER ID: 2

QFI: 1

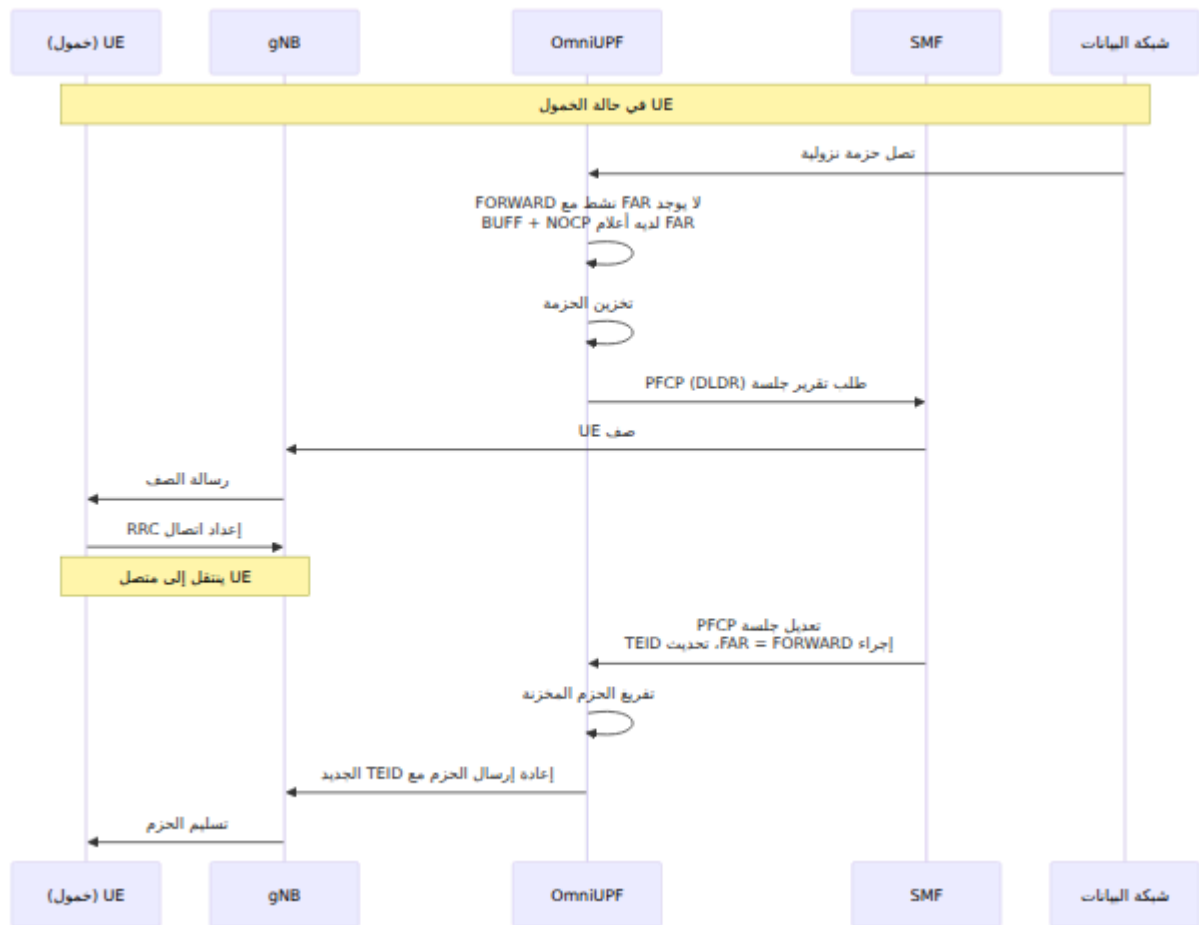
الرفع: 10000 كيلوبت في الثانية (10 ميغابت في الثانية) MBR

النزول: 10000 كيلوبت في الثانية (10 ميغابت في الثانية) MBR

الرفع: 5000 كيلوبت في الثانية (5 ميغابت في الثانية) GBR

النزول: 5000 كيلوبت في الثانية (5 ميغابت في الثانية) GBR

QoS خوارزمية فرض



MBR آلية فرض

باستخدام **معدل نافذة منزلة** (الحد الأقصى لمعدل البت) MBR حدود OmniUPF تفرض مما XDP، تعمل هذه الخوارزمية بدقة نانو ثانية مباشرة في طبقة eBPF. يتم تنفيذه في مسار. يتضمن أداء بمعدل خط دون تبديلات سياق النواة.

كيف تعمل

الخوارزمية: تحديد معدل النافذة المنزلة

بإجراء الفحوصات التالية UPF لكل حزمة، تقوم:

1. **تحقق من حالة البوابة:** إذا كانت حالة البوابة **مغلقة** (غير صفرية)، يتم إسقاط الحزمة على الفور
2. **تحقق من MBR:** 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:** إذا كانت الحزمة مسموح بها، يتم تقديم النافذة بمقدار tx_time

مثال على الحساب:

افتراض:

- كيلوبت في الثانية (100 ميغابت في الثانية) MBR = 100,000
- حجم الحزمة = 1500 بايت
- حجم النافذة = 5,000,000 نانو ثانية (5 مللي ثانية)

الخطوة 1: حساب زمن الإرسال عند 100 ميغابت في الثانية
$$tx_time = (1500 \text{ بايت} \times 8 \text{ بت/بايت}) \times (1,000,000,000 \text{ نانو ثانية/})$$
$$= 100,000,000 \text{ بت في الثانية} / 100,000,000$$
$$= 12,000,000,000 / 100,000,000$$
$$= 120 \text{ نانو ثانية}$$

الخطوة 2: تحقق مما إذا كانت الحزمة تناسب النافذة
current_time = 1000000000 نانو ثانية
window_start = 999990000 نانو ثانية
if (window_start + tx_time > current_time):
إسقاط الحزمة (سيتجاوز حد المعدل)

الخطوة 3: إذا كانت مسموح بها، تقدم النافذة
window_start = window_start + 120 نانو ثانية
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

معالجة الانفجارات:

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

تحديد المعدل لكل اتجاه:

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

نقاط فرض تحديد المعدل

الرفع (N3 → N6):

1. (من gNB) N3 تصل حزمة 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 حزمة على واجهة
2. UE ل 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 و PGWU بشكل مستقل عند حدود QER يتم التحقق من كل

مقابل الإنتاجية الملاحظة MBR

MBR: لماذا قد تختلف الإنتاجية الملاحظة عن

- حوالي 50-60 بايت لكل حزمة IP و UDP و GTP-U **زيادة البروتوكول**: تضيف رؤوس
- **تباين حجم الحزمة**: الحزم الأصغر = المزيد من الزيادة، كفاءة أقل
- **دقة تحديد المعدل**: يتم فرضه لكل حزمة، وليس لكل بايت
- **سلوك إعادة تعيين النافذة**: تسمح الفترات الخاملة البالغة 5 مللي ثانية بانفجارات MBR قصيرة فوق

مثال:

المكون: 100 ميغابت في الثانية MBR
GTP- (بسبب زيادة) الإنتاجية الملاحظة: ~95-98 ميغابت في الثانية
U/UDP/IP)

كيفية التحقق من تحديد المعدل:

1. `upf_urr*_volume_bytes`: على مدار الزمن URR تحقق من عدادات حجم
2. احسب الإنتاجية: $(\text{volume_delta_bytes} \times 8) / \text{time_delta_seconds} / 1000$ = كيلوبت في الثانية
3. QER المكون في MBR قارن مع

GBR (معدل البت المضمون)

ولكن لا يتم QER في GBR يتم تخزين GBR. حاليًا بفرض الحد الأدنى لـ OmniUPF **مهم**: لا تقوم استخدامه لتحديد أولويات حركة المرور أو التحكم في القبول.

GBR: سلوك

- PFCP عبر SMF من GBR يتم قبول قيم
- API ويمكن رؤيتها عبر QER في خريطة GBR يتم تخزين
- GBR **لا توجد حيز للنطاق الترددي** أو تحديد أولويات حركة المرور بناءً على
- كبيانات وصفية لتتبع نوع التدفق (جهد أفضل مقابل مضمون) GBR يُستخدم

تحسين مستقبلي:

- جدولة حركة المرور أو تصنيف وزني GBR يتطلب فرض
- في الإصدارات المستقبلية eBPF في QoS قد يتم تنفيذ ذلك باستخدام قدرات

قواعد تقارير الاستخدام (URR)

الغرض

أحجام البيانات للرسوم، والتحليلات، وفرض السياسات. تحتفظ بعدادات الحزم والبايتات URRs تتبع لسجلات الرسوم 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 البايتات المرسله من
- GTP-U يتم قياسها بعد إزالة تغليف
- والحمولة IP تشمل رأس

:حجم النزول

- UE البايتات المرسله من شبكة البيانات إلى
- GTP-U يتم قياسها 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 المحدد
- مثال: الإبلاغ عن كل 1 جيجابايت من الاستخدام

:عتبة الوقت

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

:استنادًا إلى الأحداث

- الإبلاغ عند إنهاء الجلسة
- QoS الإبلاغ عند تغيير
- الإبلاغ عند الانتقال

تنسيق عرض الحجم

تقوم واجهة ال❖❖يب تلقائيًا بتنسيق الحجم في وحدات قابلة للقراءة البشرية

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

مثال:

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

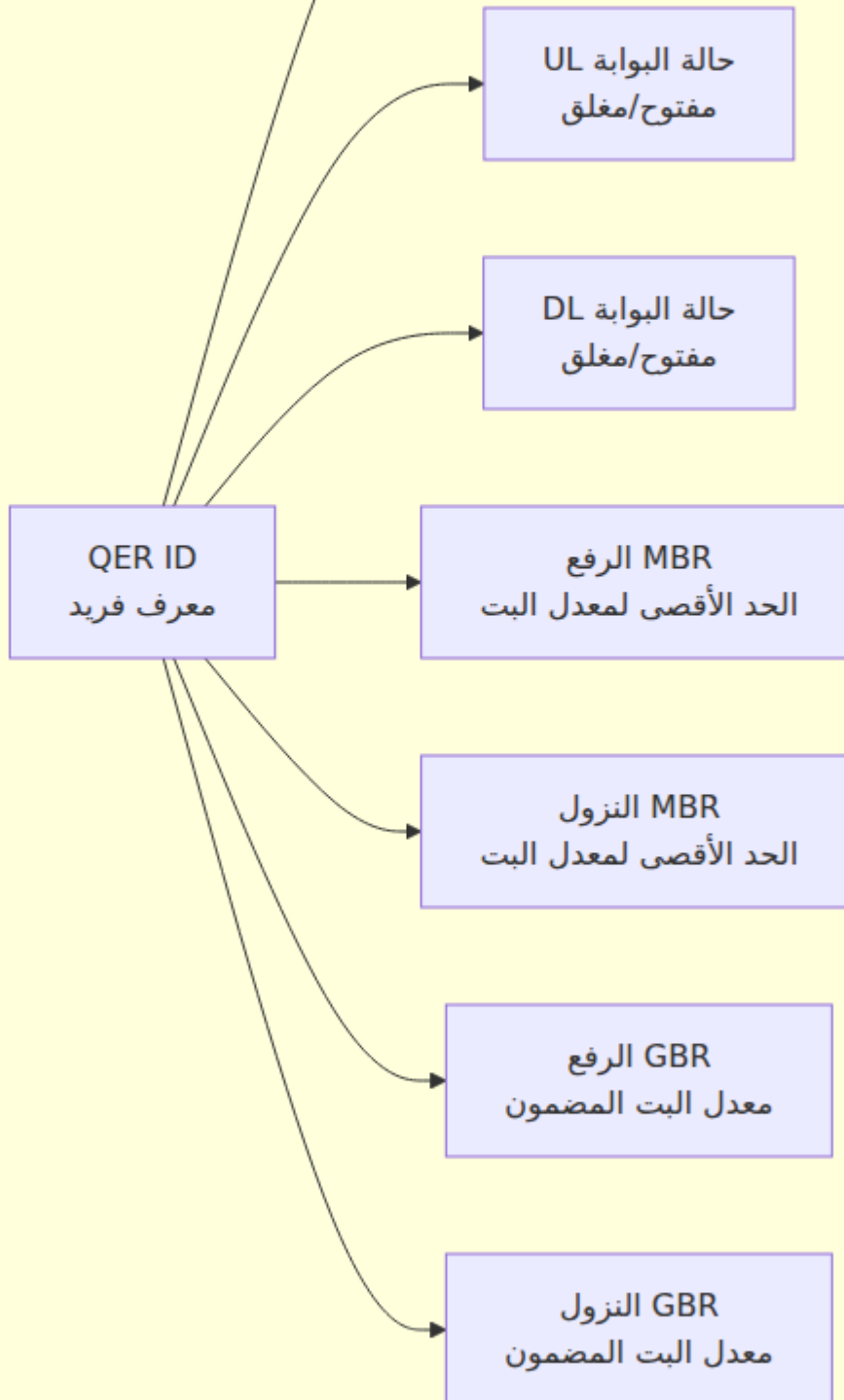
URR تدفق تقارير

معلومات QER

QER

Platform OmniCharge OmniRAN OmniCall OmniCore Omni

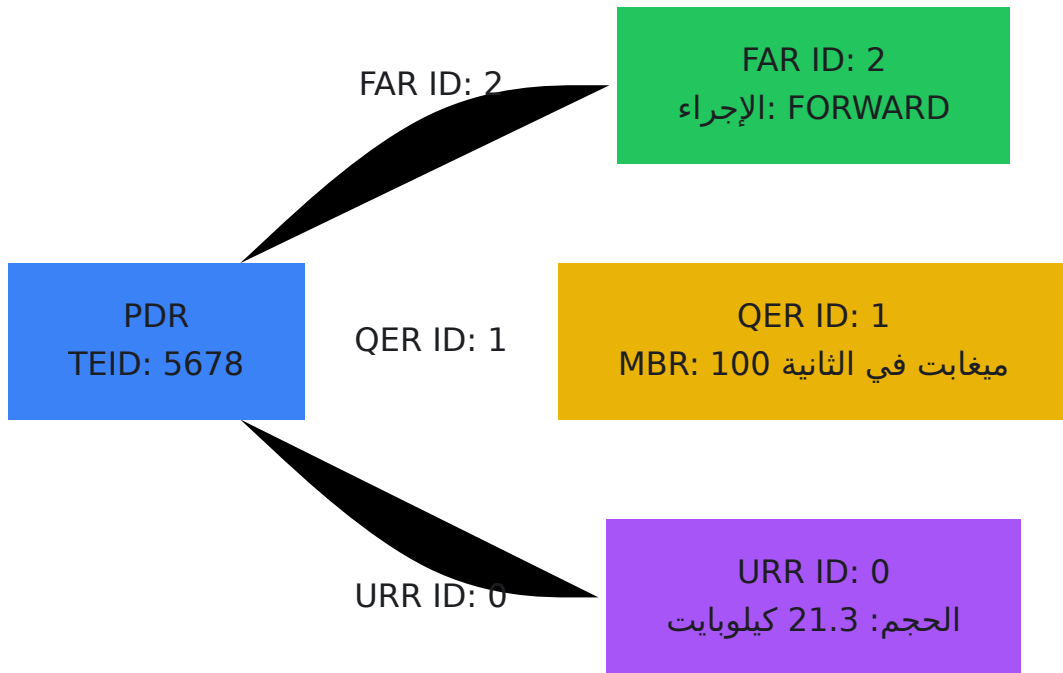
5GC



علاقا؟؟ القواعد

PDR → FAR → QER → URR سلسلة

URRs. واحدة 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:

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

FAR ID 1 (النزول):

(FORWARD) الإجراء : 2
إنشاء الرأس الخارجي: صحيح
البعيد: IP 198.51.100.10 عنوان
TEID: 5678

FAR ID 2 (الرفع):

(FORWARD) الإجراء : 2
إنشاء الرأس الخارجي: خطأ

QER ID 1:

QFI: 9
الرفع: 100000 كيلوبت في الثانية MBR
النزول: 100000 كيلوبت في الثانية MBR
الرفع: 0 كيلوبت في الثانية GBR
النزول: 0 كيلوبت في الثانية GBR

URR ID 0:

حجم الرفع: 12.3 كيلوبايت
حجم النزول: 9.0 كيلوبايت
إجمالي الحجم: 21.3 كيلوبايت

العمليات الشائعة

عرض القواعد لجلسة

:عبر صفحة الجلسات

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

:عبر صفحة القواعد

1. انتقل إلى القواعد
2. PDR في علامة (النزول) UE لـ IP أو عنوان (الرفع) TEID استخدم البحث حسب
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 المخازن

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

QoS مراقبة الامتثال لـ

تحقق مما إذا كانت الحركة تخضع لتحديد المعدل

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

احسب متوسط الإنتاجية

الإنتاجية (كيلوبت في الثانية) = (فرق الحجم بالبايت × 8) / (فرق الزمن بالثواني × 1000)

فإن الحركة 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 دوري لمراقبة نمو الحجم

حالات الاستخدام

- تحقق من تكامل التحصيل
- اكتشاف الاستخدام غي   الطبيعي للبيانات
- التخطيط للسعة بناءً على أنماط الحركة

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

لا توجد حركة مرور

PDR تحقق من

1. (النزول) UE لـ IP أو عنوان (الرفع) TEID لـ PDR تحقق من وجود
2. صالح FAR ID تأكد من أن
3. لا تمنع الحركة SDF تحقق من أن مرشحات

FAR: تحقق من

1. فقط BUFFER أو DROP ليس) FORWARD هو FAR تحقق من أن إجراء
2. تأكد من أن إنشاء الرأس الخارجي يتطابق مع الاتجاه
3. صحيحين للنزول TEID البعيد و IP تحقق من أن عنوان

QER: تحقق من

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

الحزم التي يتم إسقاطها

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. DROP وليس FORWARD تحقق من أن الإجراء هو
3. فقط BUFFER تحقق من أن التخزين ليس عاليًا في وضع

مشكلات التخزين

:الحزم عالقة في المخزن

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

FAR قم بتعطيل التخزين على 5.

تجاوز المخزن:

1. تحقق من إجمالي الحزم مقابل الحد الأقصى الإجمالي (افتراضي 100,000).
2. (افتراضي 10,000) FAR مقابل الحد الأقصى لكل FAR تحقق من الحزم لكل.
3. امسح المخازن إذا كانت ممتلئة.
4. تحقق من سبب عدم تعطيل التخزين.

لا تتعقب URR

عدادات الحجم عند الصفر:

1. URR ID تشير إلى PDR تحقق من أن.
2. PDR تحقق من أن الحزم تتطابق مع.
3. تقوم بتوجيهه (ليس إسقاط) الحزم 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 تقرير جلسة.
2. (عتبات الحجم/الوقت) URR تحقق من مشغلات تقارير.
3. PFCP راجع السجلات لرسائل تقرير جلسة.

لوثائق ذات الصلة

- ومكوناته OmniUPF نظرة عامة على بنية - **UPF دليل عمليات**
- **دليل عمليات واجهة الويب** - استخدام لوحة التحكم لعرض القواعد
- **دليل المراقبة** - إحصائيات ومراقبة السعة
- **دليل استكشاف الأخطاء** - 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 الجلسات
12. مشاكل التخزين المؤقت

نظرة عامة

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

قائمة مراجعة تشخيص سريعة

: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 إرفاق 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 بجميع 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

مرفقًا XDP تحقق مما إذا كان برنامج

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

XDP: قائمة بجميع برامج

```
bpftool net list
```

XDP: عرض تفاصيل برنامج

```
bpftool prog show
```

XDP: تفريغ إحصائيات

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

استكشاف الشبكة

طائرة 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 كومة الشبكة GTP-U يعالج XDP
```

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

```
# (UPF ليس على) على مضيف المحلل/المراقبة  
# tcpdump -i <mirror_interface> -n udp port 2152 -w  
/tmp/n3_capture.pcap
```

```
# :أو استخدم واجهة برمجة التطبيقات للإحصائيات لعد 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:

```
ERR0[0000] فشل في تحميل كائنات eBPF: نظام ملفات  
/sys/fs/bpf
```

غير مثبت eBPF **السبب:** نظام ملفات

الحل:

```
# eBPF تركيب 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:

```
ERR0[0000] إصدار النواة 5.4.0 قديم جدًا، الحد الأدنى المطلوب هو  
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:

لا يمكن فتح ملف libbpf.so.0: خطأ أثناء تحميل المكتبات المشتركة
الكائن المشترك

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:

غير قادر على قراءة ملف التكوين: أخطاء في فك التشفير [0000] ERROR

Elixir السبب: خطأ في بناء الجملة في ملف تكوين

الحل:

```
# تحقق من بناء جملة ملف التكوين
cd /opt/omniupf && bin/upf_ex eval "IO.puts(:ok)"

# المشاكل الشائعة:
# - الاقتباسات المفقودة حول قيم السلسلة -
# - غير صحيح (مثل استخدام : بدلاً من =) Elixir بناء جملة -
# - سلاسل أو أقواس غير مغلقة -

# /etc/omniupf/runtime.exs ملف التكوين موجود في
# مثال على بناء جملة صحيح:
# xdp_interfaces = "eth0"
# xdp_attach_mode = "generic"
# api_port = 8080
# pfc_address = "10.0.0.1"
```

المشكلة: اسم الواجهة غير موجود

الأعراض:

غير موجودة eth0 الواجهة [0000] ERROR

السبب: الواجهة المكونة غير موجودة

الحل:


```
# قائمة بجميع واجهات الشبكة
ip link show

# تحقق من حالة الواجهة
ip addr show eth0

# إذا كانت الواجهة تحمل اسمًا مختلفًا، قم بتحديث
/etc/omniupf/runtime.exs:
# xdp_interfaces = "ens1f0" # استخدم الاسم الفعلي للواجهة

# تحقق من نظام تشغيل الواجهة VMS، بالنسبة لـ
ls /sys/class/net/
```

المشكلة: المنفذ مستخدم بالفعل

الأعراض:

العنوان مستخدم بالفعل: API فشل في بدء خادم [0000] ERROR

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>

# OmniUPF في /etc/omniupf/runtime.exs أو تغيير منفذ
# api_port = 8081
# pfcp_port = 8806
```

غير صالح PFCP المشكلة: معرف عقدة

الأعراض:

IPv4 غير صالح: يجب أن يكون عنوان pfcf_node_id معرف [0000] ERROR
صالحًا

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

الحل:

```
# في /etc/omniupf/runtime.exs  
# (ليس اسم المضيف) IP الصحيح: استخدم عنوان  
node_id = "10.100.50.241"  
  
# غير صحيح:  
# node_id = "localhost"  
# 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 يمنع

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:

```
# IP قم بتعيين معرف العقدة إلى عنوان ، /etc/omniupf/runtime.exs في
الصحيح N4 الخاص بواجهة
node_id = "10.100.50.241" # على شبكة IP يجب أن يتطابق مع عنوان
N4
```

SMF الشبكة غير قابلة للوصول إلى

الحل:

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

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

# أضف مسارًا 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` لـ IP يحتوي على عنوان SMF تأكد من أن
- UPF الخاصة بـ N4 يمكنه التوجيه إلى شبكة SMF تحقق من أن

PFCP المشكلة: فشل نبضات

الأعراض:

للارتباط 10.100.50.10 PFCP مهلة نبضة [0030] WARN

التشخيص:

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

# مراقبة سجلات النبضات
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 النبضات عدوانية جدًا

الحل:

```
# في /etc/omniupf/runtime.exs
heartbeat_interval_ms = 30_000      # زيادة من 5000 إلى 30000 مللي ثانية
heartbeat_retries = 5                # زيادة عدد المحاولات
heartbeat_timeout_ms = 10_000       # زيادة المهلة
```

مشاكل معالجة الحزم

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

الأعراض:

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

التشخيص:

```
# مرفقًا 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 مرفق XDP برنامج

الحل:

```
# XDP لإعادة إرفاق OmniUPF إعادة تشغيل
sudo systemctl restart omniupf

# تحقق من الإرفاق
ip link show eth0 | grep xdp
bpftool net list
```

الواجهة غير نشطة أو لا يوجد رابط

الحل:

```
# جعل الواجهة نشطة
sudo ip link set eth0 up

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

# إذا كان الرابط غير نشط، تحقق من الاتصال الفعلي أو تكوين الشبكة لـ
VM
```

الواجهة المكونة خاطئة

الحل:

```
# في /etc/omniupf/runtime.exs
xdp_interfaces = "ens1f0" # استخدم الاسم الفعلي للواجهة من
link show'
```

المشكلة: حزم مستلمة ولكن غير مُعاد 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:

(UE IP غير معروف أو عنوان 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 الجلسات SMF أن -
# أن إنشاء الجلسة كان 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 بحث
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats | jq '.route_stats'

# UE 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 سلوكًا مستويًا URR عدادات حجم
- تزداد أثناء اندفاعات 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")'

# 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 الاتجاه الصاعد
والنازل
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 (يدويًا):

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

4. مقابل معدل النقل الفعلي MBR قارن:

- (بسبب زيادة البروتوكول) MBR معدل النقل المتوقع $\approx 95\%-98\%$ من
- 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 SMF إذا كان تحدي **المعدل غير متوقع**: تحقق من تكوين سياسة QoS تعريف

MBR: فهم تنفيذ

eBPF. بدقة نانوثانية في مسار MBR خوارزمية نافذة منزلقة لتطبيق حدود OmniUPF يستخدم
لشرح مفصل عن MBR انظر دليل إدارة القواعد - آلية تنفيذ

- كيف تحدد حجم الحزمة ومعدلها قرارات الإسقاط
- المكون MBR لماذا يختلف معدل النقل الملحوظ عن
- تحديد المعدل لكل اتجاه (صاعد/نازل)
- سلوك النافذة المنزلقة 5 مللي ثانية

السيناريوهات الشائعة:

- $G.711 =$ كافيًا لمعدل بت الترميز MBR **تتقطع**: تحقق مما إذا كان VoIP مكالمات (~80 kbps)
- معدل بت الفيديو + الزيادة $MBR >$ **تخزين مؤقت لبث الفيديو**: تأكد من أن (1080p = ~5-10 Mbps)
- **حركة المرور الاندفاعية**: يسمح باندفاعات صغيرة ضمن نافذة 5 مللي ثانية، يتم تحديد معدل الحركة المستدام

المشكلة: حركة مرور من اتجاه واحد (الاتجاه الصاعد يعمل، الاتجاه النازل لا يعمل)

الأعراض:

- (مشكلة الاتجاه النازل) N3 حزم TX ولكن لا توجد N3 حزم RX
- (مشكلة الاتجاه الصاعد) 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
# للتفاصيل "XDP" انظر قسم "التقاط الحزم باستخدام"
```

(RX N3، لا TX N6): فشل الاتجاه الصاعد

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

الحل:

```
# FORWARD يحتوي على 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
```

```
# أضف مسارًا افتراضيًا إذا كان مفقودًا
sudo ip route add default via <N6_GATEWAY> dev eth1
```

(RX N6، لا TX N3): فشل الاتجاه النازل

GTP نازل أو غياب تغليف PDR **السبب**: لا يوجد

الحل:

```
# UE IP النازل موجودًا لعنوان PDR تحقق مما إذا كان
curl http://localhost:8080/api/v1/sessions | jq '[][].pdrs[] |
select(.pdi.ue_ip_address)'

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

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

eBPF و XDP مشاكل

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

XDP المشكلة: فشل تحميل برنامج

الأعراض:

حجة غير صالحة: XDP فشل في تحميل برنامج [0000] ERROR

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+ يحتوي على XDP افتراضي
sudo apt install linux-generic-hwe-22.04
sudo reboot
```

XDP فشل التحقق من برنامج

الحل:

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

# المشاكل الشائعة:
# يتجاوز الحدود (زيادة حدود النواة) eBPF تعقيد -
# (eBPF خطأ في كود) وصول غير صالح للذاكرة -

# لأغراض التصحيح eBPF زيادة مستوى سجل المدقق لـ
sudo sysctl kernel.bpf_stats_enabled=1
```

XDP المشكلة: زيادة عدد الإلغاءات في

الأعراض:

- تظهر إلغاءات $XDP < 0$ إحصائيات
- زيادة إسقاط الحزم

التشخيص:

```
# XDP تحقق من عدد الإلغاءات 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 أثناء التشغيل eBPF **السبب:** واجه برنامج

الحل:

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

# eBPF لإعادة تهيئة OmniUPF برنامج إعادة 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 الجلسات
- %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 الممتلئة
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 على المدى الطويل:

```
# في /etc/omniupf/runtime.exs
max_sessions = 200_000 # زيادة من 000_100

# أو تعيين أحجام الخرائط الفردية
far_map_size = 400_000
qer_map_size = 200_000
```

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

مشاكل الأداء

المشكلة: معدل نقل منخفض (أقل من المتوقع)

الأعراض:

- قادر NIC على الرغم من وجود Gbps معدل النقل > 1
- 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 XDP استخدام وضع

الحل:

```
# /etc/omniupf/runtime.exs
xdp_attach_mode = "native" # يتطلب NIC يدعم XDP سائق
```

احتناق أحادي النواة

الحل:

```
# NIC على (توزيع جانب الاستقبال) 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
```

زيادة التخزين المؤقت

الحل:

Elixir. تتم إدارة حدود التخزين المؤقت بواسطة وحدة التحكم /etc/omniupf/runtime.exs. تحقق من تكوين التخزين المؤقت في

المشكلة: تأخير مرتفع

الأعراض:

- ping > 50ms تأخير
- تدهور تجربة المستخدم

التشخيص:

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

# تحقق من الحزم المخزنة مؤقتًا
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 مؤقتًا بشكل مفرط

الحل:

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

# امسح التخزين المؤقت إذا كان عاليًا
# (FAR لتطبيق PFCEP أو تفعيل تعديل جلسة OmniUPF إعادة تشغيل)
```

FIB تأخير بحث

الحل:

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

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

المشكلة: إسقاط الحزم تحت الحمل

الأعراض:

- معدل الإسقاط يزداد مع حركة المرور
- NIC على RX أخطاء

التشخيص:

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

# تحقق من حجم حلقة التخزين المؤقت
ethtool -g eth0

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

الحل:

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

# TX زيادة حجم حلقة التخزين المؤقت
ethtool -G eth0 tx 4096

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

مشاكل محددة بالهايبرفايزر

XDP للحصول على تعليمات تكوين الهايبرفايزر خطوة بخطوة، راجع **دليل أوضاع**

Proxmox: VM لا يعمل في XDP

الأعراض:

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

SR-IOV تستخدم الشبكات الموصولة بدون VM: **السبب**

الحل:

الخيار 1: استخدم الوضع العام (الأبسط)

```
# في /etc/omniupf/runtime.exs
xdp_attach_mode = "generic"
```

SR-IOV الخيار 2: تكوين تمرير

```
# Proxmox على مضيف:
# 1. تفعيل 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

# 3. تخصيص VF لـ VM في Proxmox
# VF اختر PCI الأجهزة → إضافة → جهاز
```

في `/etc/omniupf/runtime.exs`:

```
xdp_interfaces = "ens1f0"    # SR-IOV VF
xdp_attach_mode = "native"
```

VMware: promiscuous مطلوب وضع

الأعراض:

- OmniUPF الحزم غير مستلمة بواسطة

السبب: vSwitch يمنع عناوين MAC غير المطابقة

الحل:

```
# (في vSphere على vSwitch promiscuous تفعيل وضع):
# 1. تحرير الإعدادات vSwitch → اختر
# 2. قبول promiscuous: الأمان → وضع
# 3. قبول MAC: الأمان → تغييرات عنوان
# 4. الأمان → النقل المزيّف: قبول
```

VirtualBox: الأداء منخفض جداً

الأعراض:

- Mbps معدل النقل > 100

السبب: VirtualBox لا يدعم SR-IOV أو XDP الأصلي

الحل:

```
# في /etc/omniupf/runtime.exs
xdp_attach_mode = "generic"    # الخيار الوحيد لـ VirtualBox
```

VirtualBox تحسين إعدادات:

- (إذا كان متاحاً) VirtIO-Net استخدم محول

- promiscuous "تفعيل وضع" السماح للجميع
- VM تخصيص المزيد من أنوية المعالج لـ
- NAT استخدم الشبكات الموصولة بدلاً من
- للحصول على أداء أفضل KVM/Proxmox النظر في الانتقال إلى

والسائق NIC مش؟؟ كل

XDP لا يدعم NIC المشكلة: سائق

الأعراض:

العملية غير مدعومة: XDP فشل في إرفاق برنامج [0000] ERROR

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

```
# في /etc/omniupf/runtime.exs
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
# مثال لـ Intel:
# تحميل من https://downloadcenter.intel.com/
```

NIC الخيار 3: استبدال

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

المشكلة: السائق يتعطل أو تحدث حالات ذعر في النواة

الأعراض:

- XDP حالة ذعر في النواة بعد إدخال
- 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. استخدم الأصلي) XDP تعطيل تحميل /etc/omniupf/runtime.exs، في
(فقط)
# xdp_attach_mode = "native"

# 3. استخدم الوضع العام كحل مؤقت
# xdp_attach_mode = "generic"

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

المتقطعة / أخطاء تحقق IPv6 SLAAC المشكلة: أخطاء UDP (generic-XDP + virtio)

الأعراض:

```
# SLAAC بشكل متقطع (~50%) لا تشكل عنواناً عالمياً عبر IPv6 UEs.
# RAN. ولكن لا يتم رؤيته أبداً بواسطة UPF بواسطة RA يتم إصدار
# في UDP يرتفع عداد أخطاء تحقق (أو أي مضيف تابع) eNB/gNB على
، النواة،
# :مفقودة RA واحدة لكل
nstat -az | grep UdpInCsumErrors # SLAAC يرتفع خلال محاولات
الفاشلة
```

- إعلانات الموجه — بيانات خطة الم❖❖تخدم سليمة / IPv6 SLAAC يؤثر **فقط** على
- لحامل على أعضاء مجموعة **مختلفة** PGW-U و SGW-U يحدث **فقط** عندما تهبط على نفس الصندوق دائماً ينجح SGW-U+PGW-U (مفصولة)؛ حامل

السبب: يتم إنشاء إعلان الموجه في **مساحة المستخدم** (خطة التحكم)، لذا يتم وضع علامة على مسار البيانات لديه NIC؛ (CHECKSUM_PARTIAL) TX مخزن المقبس الخاص به لتحميل تحقق **الوضع العام**، تكون الحزمة **XDP** في مسار بيانات. (tx-checksum-ip-generic: on). فإنه يعيد كتابة RA من مجموعة مفصولة بإعادة توجيه SGW-U عندما يقوم عضو: **skb** المرسله **csum_start/csum_offset** يحتفظ بـ **skb**، لكن **udp->check** ويصفر TEID + الخارجي IP على الحزمة المعدلة من ذلك الإزاحة UDP تحقق (virtio) NIC القديم. عند الخروج، يعيد حساب

XDP-native القديمة، مما ينتج عنه تحقق خاطئ، وبتجاهلها المستلم. حركة مرور خطة المستخدم NIC لذا لا يعيد، (تحقق صفر حقيقي) `CHECKSUM_NONE` مع eBPF غير متأثرة لأنها مبنية في الأصلية/التحميل لا تتأثر XDP فقط يت `❖❖` طل. أوضاع SLAAC حسابها — وهذا هو السبب في أن **يقوم NIC** ؛ إنها محددة ل **الوضع العام على** (لا إعادة حساب التحميل، `skb` لا يوجد) بهذا **التحميل** (مثل `virtio`).

الحل:

```
# UDP حتى تحسب النواة تحقق (المسار) NIC على TX تعطيل تحميل تحقق #
# XDP بشكل صحيح للحزم التحكمية التي تنشأ من مساحة المستخدم. يقوم #
# بتجاوز مسار تحقق النواة، لذا فإن معدل النقل للأمام غير متأثر #
ethtool -K <n3_iface> tx off
ethtool -K <n6_iface> tx off

# "off" يجب أن تقرأ) تحقق:
ethtool -k <n3_iface> | awk '/^tx-checksumming/{print}'

# الآن لكل حامل ويجب أن يبقى SLAAC إعادة الاختبار: يجب أن ينجح #
UdpInCsumErrors ثابتهً .
```

حتى تبقى بعد إعادة التشغيل. حيثما يدعم (NIC مثل وحدة تشغيل) اجعلها دائمة في نشراتك. يتجنب المشكلة تماماً (`xdp_attach_mode: native`) الأصلي XDP ذلك، فإن وضع NIC

فشل إنشاء الجلسة

المشكلة: فشل إنشاء الجلسة

الأعراض:

- يبلغ عن فشل إنشاء الجلسة SMF
- PDU لا ي `❖❖` كنه إنشاء جلسة UE

. لسيناريوهات الفشل الشائعة والحلول **PFCP** راجع **مرجع رموز أسباب**

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 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 '.[0] |
select(.usage_percent > 90)'

# (الممتلئة أعلاه eBPF راجع قسم الخريطة) زيادة السعة
```

غير صالحة PDR/FAR معلومات

الحل:

```
# لأخطاء التحقق OmniUPF تحقق من سجلات
journalctl -u omniupf | grep -E "invalid|error" | tail -20

# المشاكل الشائعة:
# (أو مكرر 0.0.0.0) UE غير صالح لـ IP عنوان -
# غير صالح (0 أو مكرر) TEID -
# PDR مفقود لـ FAR -
# غير صالح FAR إجراء -

# ومعلومات الجلسة SMF تحقق من تكوين
```

(UEIP/FTUP) الميزة غير مدعومة

الحل:

```
# في /etc/omniupf/runtime.exs
feature_ueip = true
ueip_pool = "10.60.0.0/16"

feature_ftup = true
teid_pool_start = 1
teid_pool_end = 100_000
```

مشاكل التخزين المؤقت

المشكلة: حزم عالقة في التخزين المؤقت

الأعراض:

- عدد الحزم المخزنة في الذاكرة يزداد
- الحزم غير مسلمة بعد التحويل

التشخيص:

```
# تحقق من إحصائيات التخزين المؤقت
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_buffer_info

# FAR تحقق من التخزين المؤقت الفردي لـ
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 إلى **FAR**

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

الحل:

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

# التخزين المؤقت (BUFF = 1) الإجراء
# الإرسال (FORW = 2) الإجراء

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

للتخزين المؤقت TTL انتهاء صلاحية

FAR السبب: انتهت صلاحية الحزم قبل تحديث

تحقق من تكوين التخزين Elixir. للتخزين المؤقت بواسطة خطة التحكم TTL **الحل:** يتم إدارة `/etc/omniupf/runtime.exs` المؤقت في

تجاوز التخزين المؤقت

FAR السبب: عدد كبير جداً من الحزم المخزنة لكل

تحقق من تكوين التخزين Elixir. **الحل:** تتم إدارة حدود التخزين المؤقت بواسطة خطة التحكم `/etc/omniupf/runtime.exs` المؤقت في

تصحيح الأخطاء المتقدمة

تفعيل تسجيل الأخطاء

```
# في /etc/omniupf/runtime.exs
log_level = :debug # :debug | :info | :warning | :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 يقوم (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 8805 -w /tmp/pfcp.pcap

(GTP-U موصى بها لـ) الطريقة 3: التقاط الحزم خارج النطاق الشبكة أو تكرار منفذ التبديل لالتقاط الحركة TAP استخدم
أمثلة:
- UPF و gNB مادي بين TAP
- إلى المحلل N3 تكرار التبديل ينسخ حركة مرور/SPAN منفذ
- تكرار 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 تكرار منفذ التبديل TAP استخدم
Cisco للتبديل 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 تكرار منفذ التبديل الافتراضي لإرسال حركة مرور #  
المحلل  
# مختلف VM على tcpdump مع Linux مثال: جسر  
# إلى واجهة UPF الخاصة بـ N3 على الهايبرفايزر، قم بتكرار واجهة #  
المحلل
```

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

لماذا يتطلب الأمر خارج النطاق:

- يتجاوز كومة الشبكة في النواة تماماً XDP يقوم
- أو الأجهزة NIC تتم معالجة الحزم في سائق
- (متأخر جداً) XDP القائم على المضيف الحزم بعد معالجة tcpdump يرى
- UPF يرى الالتقاط خارج النطاق حركة المرور الخام قبل معالجة

UPF: ما يمكنك التقاطه على مضيف:

- XDP خطة التحكم، غير معالجة بواسطة - PFDP (UDP 8805) حركة مرور □
- استجابات واجهة برمجة التطبيقات والإحصائيات □
- XDP خطة البيانات، معالجة بواسطة - GTP-U (UDP 2152) حركة مرور □

الحصول على المساعدة

إذا لم تحل خطوات استكشاف الأخطاء مشكلتك:

1. جمع معلومات التشخيص:

```
# معلومات النظام
uname -a
cat /etc/os-release

# معلومات OmniUPF
curl http://localhost:8080/api/v1/upf_status
curl http://localhost:8080/api/v1/map_info
curl http://localhost:8080/api/v1/packet_stats

# السجلات
journalctl -u omniupf --since "1 hour ago" > /tmp/omniupf.log
dmesg > /tmp/dmesg.log

# معلومات الشبكة
ip addr > /tmp/network.txt
ip route >> /tmp/network.txt
ethtool eth0 >> /tmp/network.txt
```

2. الإبلاغ عن المشكلة مع:

- إصدار OmniUPF
- إصدار نواة Linux
- رسم تخطيطي لتوبولوجيا الشبكة
- 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 الهندسة المعمارية** - تفاصيل
- **دليل المراقبة** - الإحصائيات والسعة والتنبيهات
- لاستكشاف الأخطاء Prometheus **مرجع المقاييس** - مقاييس
- واستكشاف الأخطاء PFCEP رموز أخطاء - **PFCEP رموز أسباب**
- URR و QER و FAR و PDR **دليل إدارة القواعد** - مفاهيم

- ونظرة عامة UPF دليل العمليات - هندسة

حديقة محصورة OmniUPF / إعادة توجيه خارج الرصيد

جدول المحتويات

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

نظرة عامة

مما، UPF، تقدم ميزة الحديقة المحصورة تطبيقًا محليًا لفرض عدم وجود رصيد مباشرة في (DNAT، قواعد المانجل، Mikrotik قوائم عناوين) يلغي الحاجة إلى أنظمة فرض خارجية

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

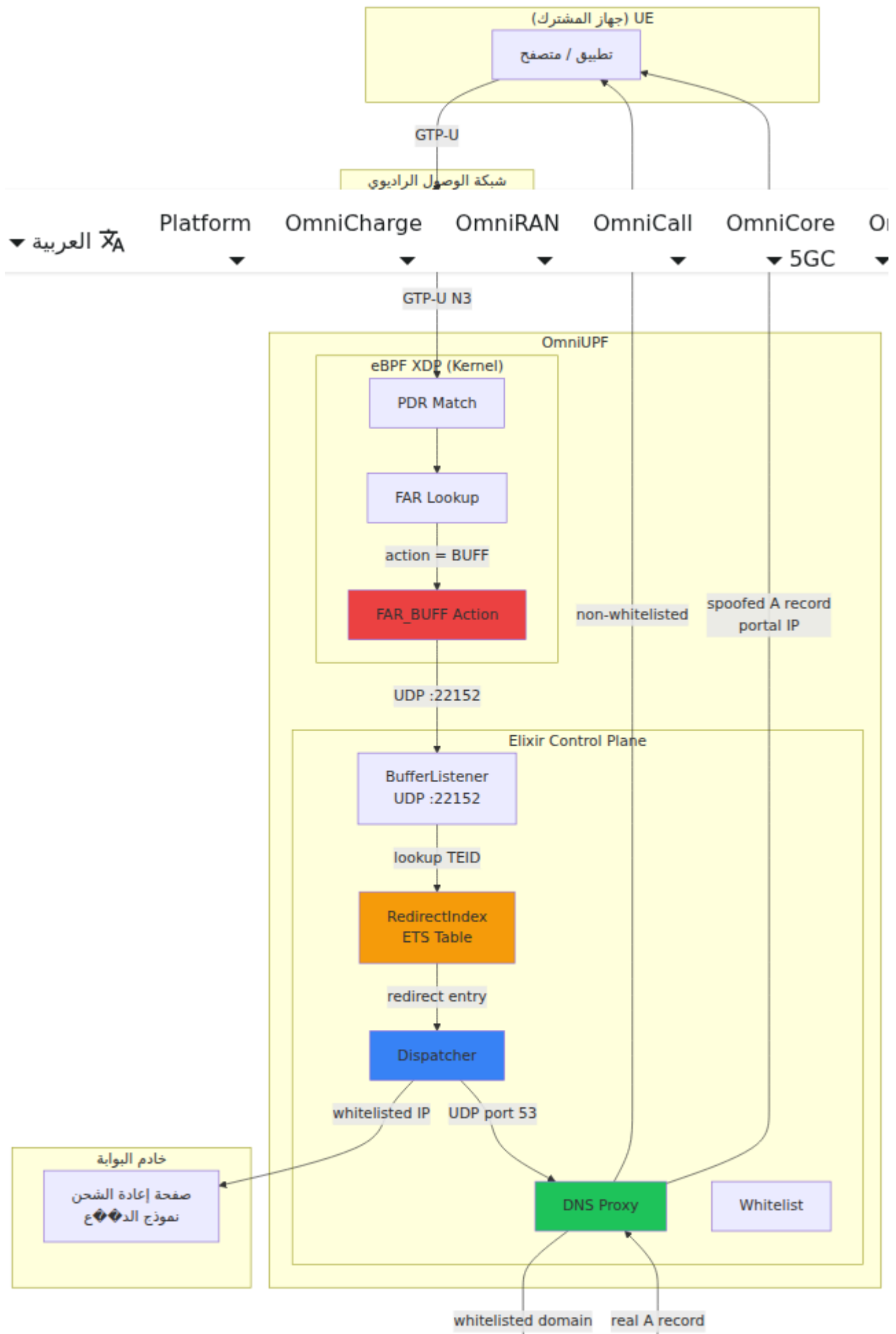
- لخدم البوابة، مما يؤدي إلى كشف IP لإرجاع عنوان DNS يتم تزوير استعلامات (Apple، Android، Windows) البوابة المحتجزة على جميع الأجهزة الرئيسية
- المدرجة في القائمة البيضاء IP يتم توجيه الحركة إلى البوابة وعناوين بشكل طبيعي حتى يتمكن المشترك من إعادة (CAPTCHA معالجات الدفع، خدمات الشحن)
- يتم إسقاط جميع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

يرى المشترك مطالبة ببوابة محتجزة 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
 - للبوابة ورابط IP إعادة توجيه لكل جلسة -- يمكن أن تحتوي كل جلسة على عنوان SMF في redirect_information IE إعادة توجيه مختلف، تحده
 - فقط "إعادة توجيه هذه الجلسة"؛ SMF يقول -- UPF تعيش القائمة البيضاء على ما هي الحركة التي سيسمح بها UPF يقرر
 - حتى FORW في الاتجاه النازل FAR اعتراض فقط في الاتجاه الصاعد -- تبقى العادي GTP عبر مسار UE تصل ردود البوابة إلى
-

العمارة





تدفق الحزم

1. GTP- عبر (إلخ، HTTP طلب، DNS استعلام) **حزمة في الاتجاه الصاعد UE يرسل** UPF إلى U
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:**
 - IP مع A لنطاق غير مدرج في القائمة البيضاء: تزوير سجل DNS استعلام البوابة
 - لنطاق مدرج في القائمة البيضاء: توجيه إلى المحلل الحقيقي، DNS استعلام المحلولة IP تخزين عناوين
 - المدرج في القائمة البيضاء: توجيه عبر IP البوابة أو IP حركة المرور إلى مقبس خام
 - كل شيء آخر: إسقاط بصمت
7. في الاتجاه النازل GTP-U عبر مسار UE تُرسل مرة أخرى إلى **DNS/GTP-U ردود** (gNB وإرسالها إلى DL TEID مغلقة مع)

(مزودة SGW + PGW جلسة) N9 معالجة حلقة

في نفس الوقت على **PGW-U و SGW-U** غالبًا ك OmnipUPF يعمل، EPC 4G في نشرات SGW منفصلة. تحتوي جلسة PFCP كل منهما بإنشاء جلسة PGW-C و SGW-C نفس العقدة. يقوم حلقة عبر واجهة) PGW في الاتجاه الصاعد لجلسة TEID الذي يوجه الحزم إلى FAR N9 على N3). بتنفيذ فرض سياسة المشترك الفعلي PGW تقوم جلسة.

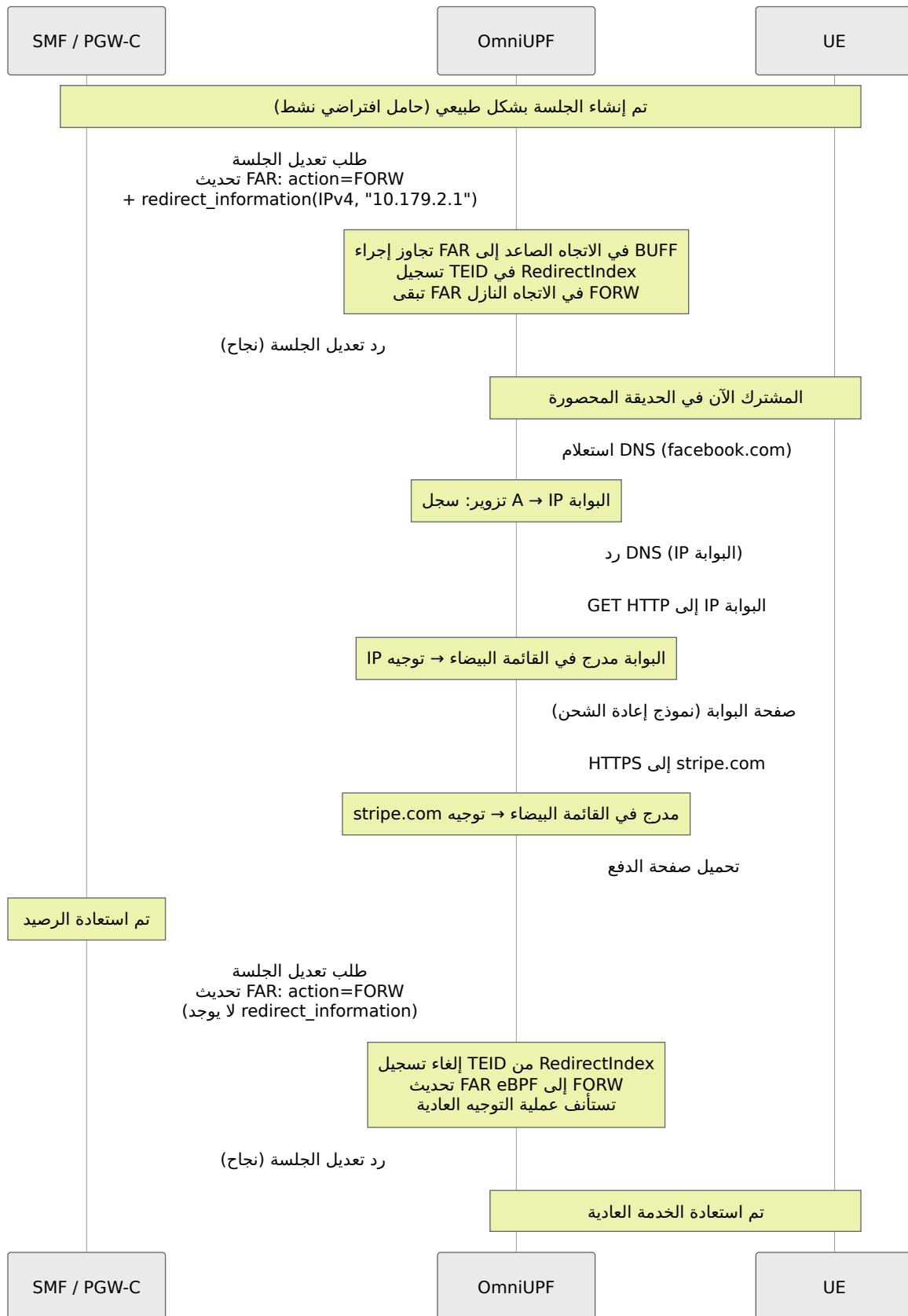
تكتشف منطق `POST /v1/walled_garden` عند تفعيل إعادة توجيه الحديقة المحصورة عبر: التفعيل هذه الطوبولوجيا تلقائيًا

1. المستهدف SEID في الاتجاه الصاعد لـ PDRs من **PGW جلسة TEID** يتم تحديد.

2. تحتوي على (SGW جلسة) للعثور على جلسة PFCP يقوم الكود بفحص جميع جلسات ولديها PGW في الاتجاه الصاعد لـ TEIDs الخاص بها مطابقًا لأحد `teid` يكون FAR الموجه نحو N9 التوجيه FAR هي FAR مضبوط. تلك `outer_header_creation` PGW.
3. gNB في الاتجاه الصاعد المواجهة لـ FARs و PGW في الاتجاه الصاعد لـ FARs **كلاهما** يرى eBPF هذا ضروري لأن برنامج eBPF في خريطة `BUFF` يتم تجاوزها إلى SGW من PGW الخاص بـ TEID وليس SGW، الخاص بـ TEID مع eNB الحزمة كما تصل من.
4. يتم تسجيلها في **SGW من gNB في الاتجاه الصاعد المواجهة لـ PDRs** فقط. في الاتجاه PDR TEID. (PGW في الاتجاه الصاعد لـ PDRs ليس) `RedirectIndex` eNB. في الحزمة الواردة من eBPF هو ما ستراه SGW الصاعد لـ.
5. **FAR Dispatcher** يستخدم، (UE إرسال الردود مرة أخرى إلى) **DL** بالنسبة لـ **مسار DL** **SGW لجلسة DL** (`remoteip != n3_address` مع eNB، الذي يوجه نحو FAR) **DL** DL يتم البحث عن gNB لـ IP وعنوان eNB الحالي لـ TEID على FAR تحتوي هذه مباشرة من حالة الجلسة في وقت الرد، وليس مخزنة في وقت التفعيل - هذا TEID بواسطة تعديل جلسة لاحق بعد eNB لـ TEID يتعامل مع الحالة التي يتم فيها تعيين تفعيل إعادة التوجيه.

يتم تضمين (UPF مباشرة إلى SMF يتحدث، SGW لا يوجد) **مباشرة UPF في طوبولوجيا** في الاتجاه PDRs شيئًا وتُسجل SGW الخاصة بالجلسة فقط - لا يجد كود اكتشاف FARs و TEIDs الصاعد للجلسة الرئيسية مباشرة.

PFCP تدفق إشارة



المعنية PFCP عناصر

في `redirect_information` بتحفيز إعادة التوجيه عن طريق تضمين SMF يقوم `forwarding_parameters` J FAR:

IE	الوصف
<code>apply_action</code>	BUFF يتم تجاوزه إلى) SMF بواسطة FORW مضبوط على (UPF داخليًا بواسطة
<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 حسب 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 يتم IP ؛ استخدم ذلك كعنوان IP إلى URL حل اسم المضيف فقط للرؤية. API يتم تخزينه في -- UPF بواسطة URL استخدام مسار يتحمل خادم الويب للبوابة مسؤولية التعامل مع أي توجيه قائم على المسار.
SIP URI	3	غير مدعوم حاليًا

كشف البوابة المحتجزة

تقوم الحديقة المحصورة بتحفيز **كشف تلقائي للبوابة المحتجزة** على جميع منصات الأجهزة عندما يتصل جهاز ويحاول التحقق من الاتصال بالإنترنت، DNS الرئيسية عن طريق تزوير ردود

IP المزور بإعادة توجيه هذه الفحوصات إلى DNS يقوم باستعلام عن نطاقات معروفة. يقوم رد البوابة، الذي يفسره الجهاز على أنه بوابة محتجزة

نطاقات كشف المنصة

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

البوابة بدلاً من عناوينها الحقيقية، يكتشف الجهاز بوابة محتجزة IP عندما يتم حل هذه النطاقات إلى: ويعرض صفحة البوابة للمستخدم إما ك:

- (iOS، Android) إشعار / نافذة منبثقة
- (Windows) إعادة توجيه تلقائية للمتصفح

البوابة المكون تقديم استجابات مناسبة لهذه عناوين الكشف ثم IP يجب على خادم البوابة عند إعادة التوجيه إلى صفحة إعادة الشحن / الدفع.

(افتراضي vHost / مخصص IP) متطلبات خادم البوابة

IP يجب على البوابة تقديم صفحة البوابة المحتجزة ك *الاستجابة الافتراضية* لعنوان في الممارسة العملية، يعني هذا إعطاء `Host` HTTP الخاص بها، بغض النظر عن رأس افتراضي على مضيف مشترك `vHost` مخصص خاص بها، أو جعلها IP البوابة عنوان.

تتبع هذه المتطلبات مباشرة من كيفية عمل الحديقة المحصورة

- البوابة -- IP غير المدرج في القائمة البيضاء إلى DNS يتم تزوير كل استعلام بما في ذلك استعلامات فحص البوابة المحتجزة الخاصة بالمنصة (connectivitycheck.gstatic.com, captive.apple.com, www.msftconnecttest.com, ...).
- الخاص بـ الفحص Host البوابة، لكن الطلب يحمل رأس IP إلى HTTP UE ثم يفتح وليس اسم، (Host: connectivitycheck.gstatic.com، على سبيل المثال). المضيف الخاص بالبوابة.
- بتوجيه هذا الطلب إلى خادم البوابة كما هو، دون إعادة كتابة رأس UPF يقوم. (انظر توجيه المقبس الخام) Host.

افتراضي قائم على الاسم -- أي أن صفحة البوابة تُقدم vHost البوابة هو IP إذا كان افتراضي يتطابق مع vhost أخرى -- فلن يجد الخادم vhosts مشترك مع IP معينة وأن Host: فقط لقيمة الافتراضي بدلاً من ذلك، وهو الصفحة الخاطئة. vhost الخاص بالفحص وسيقدم Host رأس موقع افتراضي، CRM، تطبيق آخر) IP ينتهي المشترك على أي شيء آخر مستضاف على ذلك بدلاً من صفحة إعادة الشحن (فارغ).

افعل هذا:

- IP يتم تقديمه بواسطة ذلك Host (أي خاص بها IP أعطِ البوابة المحتجزة عنوان أو، (يعيد صفحة البوابة
- غير Host: افتراضي على المضيف المشترك، بحيث تسقط أي vHost اجعل البوابة متطابق إلى صفحة البوابة.

الذي redirect_information URL أو نوع) walled_garden_portal_ip تجنب: توجيه بإجراء UPF ليست صفحة البوابة. لا يقوم HTTP يكون الاستجابة الافتراضية IP إلى (يحل اسمه نيابة عن البوابة Host أو إعادة كتابة Host قائم على vhost اختيار.

التكوين

(.deb) يعيش كوين الحديقة المحصورة في ملف التكوين في وقت التشغيل. في تثبيت الإنتاج يتحقق نص بدء التشغيل. /etc/omniupf/runtime.exs يكون ملف التكوين في (package)، من وجود هذا الملف، وإذا كان موجودًا، يضبط (rel/env.sh) للإصدار بدلاً من Erlang بحيث يستخدم الإصدار RELEASE_CONFIG_DIR=/etc/omniupf config/runtime.exs بعد تغييرات التكوين UPF المدمج. يجب إعادة تشغيل

```
#
```

```
=====
```

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

```
#
```

```
=====
```

```
# تمكين فرض إعادة توجيه الحديقة المحصورة
```

```
walled_garden_enabled = true
```

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

```
walled_garden_portal_ip = "10.179.2.1"
```

```
# (IPv6 احتياطي للمشاركين) الاختياري IPv6 عنوان خادم البوابة
```

```
walled_garden_portal_ip6 = "fd00:179:2::1"
```

```
# العلوي لاستعلامات النطاق المدرج 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	غالبًا الحقيقة عندما يكون يتم تجاهل redirections FARS.
walled_garden_portal_ip	String (IPv4)	نعم (إذا تم تمكينه)	10.179.2.1	IP / عنوان. هذا هو المستخدم المضيف redirection في SMF، التوجيه هو نسبة لأنواع لعنوان من النسبة لنوع وقت إنشاء
walled_garden_portal_ip6	String (IPv6)	لا	nil	الاختياري لمستخدمي IPv6 م بها استخدام walled_garden_portal_ip4. ن. دة التوجيه. غير متاح
walled_garden_dns_resolver	String (IPv4)	لا	8.8.8.8	DNS محلل، للنطاقات البيضاء. يتم إلقاء المدج ط إلى هذا

المعلمة	النوع	مطلوب	الافتراضي	
				زوير جميع خرى محليًا
walled_garden_whitelist	قائمة من السلاسل	لا	[]	التي يمكن إليها أثناء لمحصورة. ضاء لكتابة الأنماط.

إدارة القائمة البيضاء

التي يمكن ❖❖ لمستخدمين (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).

المؤقت IP تخزين

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

1. يقوم المشترك باستعلام `api.stripe.com`
2. بتوجيه إلى المحلل الحقيقي، ويحصل على `203.0.113.7` DNS يقوم وكيل
3. المدرجة في القائمة IP يتم إضافة `203.0.113.7` إلى ذاكرة التخزين المؤقت لعناوين البيضاء
4. اللاحقة إلى `203.0.113.7` (لا يتم إسقاطها) HTTP/HTTPS يتم توجيه حركة

.البوابة في القائمة البيضاء بغض النظر عن التكوين IP يتم دائمًا إدراج

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",  
  
  # أصول 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 PFCP 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
- يتم FAR. في وقت إنشاء DNS يتم استخراج اسم المضيف وحله عبر: **URL نوع** يتم تخزينه فقط -- URL مسار UPF للبوابة. لا يستخدم IP المحلول كعنوان IP استخدام API. للرؤية في

أو خطط الخدمة، MVNOS، هذا يمكن السيناريوهات حيث تعيد مستويات مختلفة من المشتركين: التوجيه إلى بوابات مختلفة:

الجلسة	SMF redirect_information	البوابة IP 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 ل IP topup.mvno.com	https://t

API. البوابة و رابط إعادة التوجيه لكل جلسة، والتي يمكن رؤيتها عبر IP UPF يخزن

API

بدون) `/v1/walled_garden` المسار الأساسي لجميع نقاط   هاية الحديقة المحصورة هو المكون `api_port` على HTTP Phoenix يتم تقديم هذه النقاط بواسطة خادم. (`/api` بادئة). (الافتراضي: 8080)

GET /v1/walled_garden

المدرجة في القائمة IP يعيد جميع جلسات إعادة التوجيه النشطة في الحديقة المحصورة، 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": "203.0.113.7", "type": "resolved"},
    {"ip": "203.0.113.6", "type": "resolved"}
  ],
  "whitelisted_cidrs": ["192.168.0.0/24"]
}
```

حقول الاستجابة:

الوصف	الحقل
عدد جلسات الحديقة المحصورة النشطة	<code>redirect_count</code>
في الاتجاه الصاعد الذي يتم اعتراضه (هيكس) TEID	<code>redirects[].teid</code>
SEID لجلسة PFCEP	<code>redirects[].session_seid</code>
البوابة لهذه الجلسة المحددة IP	<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 في الاتجاه النازل لتغليف TEID	<code>redirects[].dl_teid</code>
العالمي الداخلي FAR معرف	<code>redirects[].far_global_id</code>
الموجودة حاليًا في القائمة البيضاء IP جميع عناوين (المخزنة DNS بوابة + 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 PFCEP تفعيل إعادة توجيه الحديقة المحصورة على جلسة مع PFCEP 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/"
}
```

الحقل	النوع	مطلوب	الوصف
seid	عدد صحيح	نعم	لإعادة التوجيه PFCE المحلي لجلسة SEID
url	سلسلة	نعم	إذا تم URL أو IPv4/IPv6 هدف إعادة التوجيه - عنوان الناتج IP يتم حل اسم المضيف ويتم استخدام URL إعطاء الكاملة للرؤية URL للبوابة. يتم تخزين سلسلة IP كعنوان في API.

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 (SGW + PGW جلسة مزدوجة) N9 ليس فارغاً عندما يتم اكتشاف حلقة sgw_seid حقل في الاتجاه الصاعد التي TEIDS جميع ul_teids في الاتجاه ال↻↻. تسرد TEID أيضاً تجاوز تم تسجيلها في فهرس 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

إلغاء تفعيل إعادة توجيه الحديقة المحصورة لجلسة، واستعادة التوجيه العادي. يتم إعادة تعيين جميع المقترنة في طوبولوجيا حلقة SGW لجلسة FARS بما في ذلك في الاتجاه الصاعد للجلسة FARS من فهرس TEIDS ويتم إلغاء تسجيل eBPF في خريطة `action=FORW` مرة أخرى إلى (N9) إعادة التوجيه.

المحلي للجلسة التي يجب إلغاء تفعيلها SEID - `:seid`: **معلمة 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 بواسطة IP البوابة وعناوين IP) 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": "203.0.113.7", "type": "resolved"}
  ],
  "cidrs": ["192.168.100.0/24"]
}
```

POST /v1/walled_garden/whitelist

UPF إلى القائمة البيضاء في وقت 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 بالضبط واحد من ضمن ذلك النطاق يتم توجيهها بواسطة الموزع دون الحاجة إلى إدخال ذاكرة تخزين مؤقت IPS إلى IP لكل DNS.

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

المقاييس

الوصف: عدد Gauge **النوع:** upf_walled_garden_active_redirects **المقياس:** الجلسات الموجودة حاليًا في حالة إعادة توجيه الحديقة المحصورة

استعلامات المثال:

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

العدادات

الوصف: إجمالي الحزم المعترضة بواسطة الحديقة المحصورة (كل حركة المرور في الاتجاه الصاعد من الجلسات المعاد توجيهها) **النوع:** Counter **المقياس:** upf_walled_garden_packets_intercepted_total

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

الوصف: Counter **النوع:** upf_walled_garden_packets_forwarded_total **المقياس:** الملاحظات:

- الوجهة للحزمة المعاد توجيهها **الوصف:** الحزم الموجهة عبر IP عنوان - dst_ip IP الحديقة المحصورة إلى الوجهات المدرجة في القائمة البيضاء. ملصقة بواسطة عنوان الوجهة للرؤية لكل وجهة.

النوع: Counter **المقياس:** upf_walled_garden_bytes_forwarded_total
الملصقات:

- **الوصف:** بايتات موجهة عبر الحديقة IP عنوان - dst_ip للحركة المعاد توجيهها. استخدم هذا لتحديد الخدمات المدرجة في القائمة IP المحصورة لكل عنوان الوجهة. البيضاء التي يصل إليها المشتركون أثناء إعادة التوجيه.

النوع: Counter **الملصقات:** upf_walled_garden_dns_spoofed_total **المقياس:**

- **الوصف:** استعلامات - domain المزورة بواسطة DNS النطاق الذي تم تزويره. ملصقة بواسطة النطاق المستعلم الحديقة المحصورة.

النوع: Counter **الملصقات:** upf_walled_garden_dns_forwarded_total **المقياس:**

- **الوصف:** استعلامات - domain النطاق المدرج في القائمة البيضاء الذي تم توجيهه. ملصقة DNS الموجهة إلى المحلل الحقيقي (النطاقات المدرجة في القائمة البيضاء). بواسطة النطاق.

استعلامات المثال

```
# جلسات الحديقة المحصورة 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 لكل وجهة (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 المحتجزة على الجهاز

لكن الجهاز لا يظهر مطالبة البوابة (API مرئي في) **الأعراض**: يتم إعادة توجيه المشترك المحتجزة.

الأسباب المحتملة:

- البوابة المكون IP خادم البوابة لا يستجيب على
- خادم البوابة لا يتعامل مع عناوين الكشف الخاصة بالمنصة
- GTP-U تحقق من مسار UE إلى DNS لم تصل استجابة

الحل:

1. تحقق من أن خادم البوابة يمكن الوصول إليه `curl http://<portal_ip>/`
2. `GET /hotspot-detect.html` (على سبيل المثال) تأكد من أن البوابة تتعامل مع عناوين الكشف (Apple لـ `detect.html`)
3. للتأكد من تسجيل الجلسة `GET /v1/walled_garden` تحقق من
4. تحقق من مقاييس بروميثيوس: يجب أن يتزايد `upf_walled_garden_dns_spoofed_total`
5. في الاتجاه FAR يجب أن تبقى في الاتجاه النازل يعمل GTP-U تحقق من أن مسار (FORW النازل)

عدم تحميل صفحة الدفع

(إلخ، Stripe) **الأعراض:** يرى المشترك بوابة محتجزة لكن لا يمكنه الوصول إلى صفحة الدفع

الأسباب المحتملة:

- نطاق معالج الدفع غير موجود في القائمة البيضاء
- لم يتم تخزينه IP CDN يستخدم معالج الدفع
- نمط القائمة البيضاء لا يتطابق بشكل صحيح مع النطاقات الفرعية

الحل:

1. تشمل `whitelisted_ips` تحقق من أن `GET /v1/walled_garden` تحقق من معالج الدفع IPs
2. تحقق من بروميثيوس: يجب أن يظهر `upf_walled_garden_dns_forwarded_total{domain="stripe.com"}` عمليات البحث
3. أضف النطاقات المفقودة إلى القائمة البيضاء (شائع: `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

لكن حركة مرور المشترك `redirect_information` تعديل الجلسة مع SMF **الأعراض**: يرسل
لا يتم اعتراضها.

الأسباب المحتملة:

- `walled_garden_enabled` هو `false`
- IE `redirect_information` في FAR صحيح (غير تكون في) FAR يجب أن تكون في) غير صحيح FAR في `redirect_information` (الاتجاه الصاعد)
- BUFF إلى FAR لم يتم تجاوز إجراء

الحل:

1. `walled_garden_enabled = true`: تحقق من التكوين
2. للجلسة. يجب أن تظهر FAR انظر إلى إجراء - `GET /v1/pfcp_sessions` تحقق من (BUFF) `x04` في الاتجاه الصاعد إجراء `0` FAR
3. للجلسة في قائمة TEID يجب أن يظهر - `GET /v1/walled_garden` تحقق من إعادة التوجيه
4. خلال تعديل الجلسة `redirect_info` لرسائل UPF تحقق من سجلات

عدم إلغاء إعادة التوجيه بعد إعادة الشحن

الأعراض: قام المشترك بإعادة الشحن لكن لا تزال الحركة 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) `x02` أخرى إلى `0`
3. للتأكد من أنه أرسل تعديل الجلسة SMF تحقق من سجلات
4. لرسالة "تمت إزالة إعادة التوجيه، إلغاء تسجيل الحديقة UPF تحقق من سجلات
"المحصورة"

في الاتجاه النازل خاطئ (عالق بعد تعديل TEID الجلسة)

GTP-U ؛ يتم إرسال حزم UE المزورة أو الحركة المعاد توجيهها لا تصل إلى DNS **الأعراض**: ردود غير معروف TEID يسقطها ك eNB لكن gNB الصحيح ل IP إلى عنوان

صفرًا أو SGW ل FAR DL في eNB TEID قد يكون ، **السبب**: في طوبولوجيات 4 على سبيل المثال، يحدث) مكان مؤقت في وقت تفعيل إعادة توجيه الحديقة المحصورة TEID الخاص TEID بتخصيص eNB عندما يقوم .(بعد إنشاء الجلسة Initial Context Setup تبادل لكن إذا كان - SGW في جلسة FAR DL به ويرسله مرة أخرى عبر تعديل الجلسة، يتم تحديث الخاطئ TEID الموزع قد خزن القيمة القديمة، فسيستخدم

في الوقت الحقيقي في وقت الرد من خلال البحث عن DL TEID **الحل**: يقوم الموزع بحل != remoteip مضبوط و outer_header_creation مع FAR SGW الحالي لجلسة FAR DL إنه يتراجع فقط إلى القيمة المخزنة في وقت التفعيل إذا فشل البحث عن .(n3_address العالق بمجرد إرسال الرد التالي المزور أو المعاد توجيهه. TEID الجلسة. لذلك، يجب أن يتم تصحيح خاطئًا TEID 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. ؛ يجب SGW لجلسة FAR انظر إلى إدخلات - GET /v1/pfcp_sessions تحقق من .الحاليين remoteip و teid على gNB المواجهة ل FAR أن تحتوي
3. ستظل إدخال إعادة ،(على سبيل المثال، تسليم أو تحرير) SGW إذا تم حذف جلسة لكن البحث المباشر سيفشل. في هذه الحالة، استخدم RedirectIndex التوجيه في بعيد SMF لتنظيف الإدخال العالق ودع DELETE /v1/walled_garden/:seid إنشاء.

تعيد البوابة 304 غير معدلة

الأعراض: يظهر متصفح المشترك صفحة فارغة أو يتم تحميل صفحة البوابة المحتجزة مرة واحدة لكن الزيارات اللاحقة تظهر فارغة

عندما يكون لدى المتصفح إصدار مخزن (غير معدلة) HTTP 304 **السبب**: يتم إرسال استجابات من الصفحة ويؤكد الخادم أن لا شيء قد تغير. بالنسبة لتدفقات البوابة المحتجزة، ترسل بعض (/hotspot-detect.html ، خوادم الويب للبوابة 304 استجابة لطلبات الكشف الخاصة بالمنصة If-None- أو If-Modified-Since إذا أرسل المتصفح رؤوس (إلخ ، /generate_204 Match ترسل بعض تطبيقات البوابة المحتجزة أيضًا 304 لصفحة إعادة التوجيه نفسها.

الحل:

1. من خادم البوابة بشكل شفاف - لا يقوم بتعديل HTTP بتوجيه استجابات UPF يقوم.
رموز الاستجابة، المشكلة تكمن في تكوين خادم الويب للبوابة.
2. على خادم البوابة، تأكد من أن نقاط نهاية الكشف عن المنصة تعيد رمز الحالة الصحيح.
(200، وليس 304) مع محتوى الجسم المتوقع (انظر **كشف البوابة المحتجزة**)
3. ETag وتجنب رؤوس Cache-Control: no-store قم بتكوين خادم البوابة لإرسال
على نقاط نهاية الكشف حتى لا يقوم المتصفحات بتخزينها / Last-Modified
4. curl -v -H "If-None-Match: foo" :تحقق باستخدام
http://<portal_ip>/hotspot-detect.html - 200، - يجب أن تكون الاستجابة 200، -
وليس 304.

قائم على vHost تظهر البوابة الصفحة الخاطئة (الاسم)

وتظهر مطالبة (GET /v1/walled_garden مرئي في) **الأعراض**: يتم إعادة توجيه المشترك أو صفحة CRM، البوابة المحتجزة، لكن النقر عليها يفتح **الموقع الخاطئ** -- تطبيق مختلف أن صفحة البوابة تُحمّل curl افتراضية عامة -- بدلاً من صفحة إعادة الشحن / التسجيل. يؤكد معين Host: فقط مع رأس

```
curl -s -H 'Host: portal.example'
http://<portal_ip>/ # -> (صحيح) التسجيل / الصفحة المحتجزة
curl -s -H 'Host: connectivitycheck.gstatic.com'
http://<portal_ip>/ # -> vhost (خاطئ) الافتراضي
curl -s -H 'Host: <portal_ip>'
http://<portal_ip>/ # -> vhost (خاطئ) الافتراضي
```

افتراضي قائم على الاسم مشترك مع مواقع أخرى. تقوم **vHost** البوابة هو IP: **السبب** UE ل HTTP البوابة وتوجه طلب IP الحديق ❖❖ المحصورة بتزوير كل فحص للبوابة المحتجزة إلى Host: ، على سبيل المثال) **الأصلي للفحص Host** كما هو، مع الحفاظ على رأس connectivitycheck.gstatic.com). يتطابق مع ذلك vhost ليس لدى خادم الويب للبوابة. (إعادة كتابة UPF الافتراضي الخاص به -- الصفحة الخاطئة. لا يقوم **vhost** لذلك يقدم Host، نيابة عن البوابة. انظر **متطلبات خادم البوابة** vhost أو إجراء اختيار Host رأس

الحل:

1. **Host:** مخصص خاص بها بحيث تعيد أي IP أعطى البوابة المحتجزة عنوان صفحة البوابة، أو IP تقديمه بواسطة ذلك
2. **Host:** افتراضي على المضيف المشترك، بحيث تسقط قيم **vHost** اجعل البوابة غير المتطابقة إلى صفحة البوابة.
3. افتراضي، يجب أن تعيد vhost مخصص أو IP أعلاه: مع `curl` تحقق باستخدام الأوامر. كل من الثلاثة الطلبات صفحة البوابة

توجيه المقبس الخام

مدرج في القائمة البيضاء، فإنه يستخدم **مقبس خام** IP عندما يقو `socket` عبر وحدة (رقم البروتوكول 255، `IPPROTO_RAW`) يتم فتح مقبس خام. Erlang. في `socket`: عبر وحدة (رقم البروتوكول 255، `IPPROTO_RAW`) باستخدام (eBPF) كما تم استلامها من) جديد لكل حزمة، ويتم إرسال الحزمة الكاملة الداخلية `sendto` ويتم إغلاق المقبس على الفور،

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 جدول توجيه، `IPPROTO_RAW` باستخدام على مسار إلى خادم البوابة / المدرج في UPF الخاصة بـ N6 المضيف. يجب أن تحتوي واجهة القائمة البيضاء لكي يعمل هذا

المشكلات الشائعة:

الأعراض	السبب المحتمل	الحل
فشل التوجيه بصمت	يتطلب - EPERM المقبس الخام الجذر أو CAP_NET_RAW	عمل كجذر أو لديه OmniUPF تأكد من أن القدرة CAP_NET_RAW
تم توجيه الحزم لكن لا تصل أي UE استجابة إلى	إلى البوابة N6 المسار مفقود	UPF أضف مسارًا إلى شبكة البوابة على مضيف
فشل فتح المقبس الخام في السجلات	القدرة المفقودة أو قيود النواة	systemd تحقق من خدمة AmbientCapabilities=CAP_NET_RAW
يعمل التوجيه UE لكن يحصل خاطئ IP على كمصدر	يعيد N6 على NAT كتابة المصدر	يتم توجيهها IP UE تأكد من أن ردود البوابة إلى UPF مرة أخرى عبر

للحصول على رسائل فشل توجيه الحديقة المحصورة و فشل فتح UPF تحقق من سجلات المقبس الخام. استخدم مقاييس بروميثيوس و upf_walled_garden_packets_forwarded_total و upf_walled_garden_bytes_forwarded_total لتأكيد تدفق الحركة.

تحذير الكاردينالية العالية لبروميثيوس

على مقاييس الحديقة المحصورة إلى domain و dst_ip ملاحظة: يمكن أن تؤدي الملصقات إنتاج كاردينالية عالية إذا تم استعلام العديد من الوجهات أو النطاقات في الفريدة. في النشر الكبير، ضع في اعتبارك استخدام قواعد التسجيل لتجميع هذه المقاييس:

```
# فردي IP قاعدة تسجيل لتجميع بواسطة شبكة 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 العقدة	معرف عقدة SMF أو PGW-C (FQDN أو IP)
العنوان	PFCP للتواصل عبر SMF/PGW-C ل IP عنوان
معرف الجلسة التالية	المتاحة التالية لهذا الارتباط PFCP معرف جلسة

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 محدد 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. (BUFFER أو DROP ليس) FORWARD تحقق من أن الإجراء هو.
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 eBPF
- 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
(uplink_pdr_map, far_map) مثل) اسم خريطة eBPF	اسم الخريطة
عدد الإدخالات الموجودة حاليًا في الخريطة	المستخدم
الحد الأقصى للإدخالات المسموح بها في الخريطة	السعة
شريط تقدم مرئي مع النسبة المئوية	الاستخدام
حجم مفاتيح الخريطة بالبايتات	حجم المفتاح
حجم قيم الخريطة بالبايتات	حجم القيمة

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 لـ IP النازلة المفاتيح بواسطة عنوان PDRS يخزن
- UE لـ 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 (OSPF و BGP) التوجيه.

نظرة عامة على حالة المسار

:تعرض لوحة المعلومات إحصائيات المسار المجمعة

- **الحالة**: تمكين أو تعطيل التوجيه
- UE لمعدات IP **إجمالي المسارات**: إجمالي عدد مسارات
- **متزامن**: عدد المسارات المتزامنة بنجاح
- **فشل**: عدد المسارات التي فشلت في التزامن

النشطة UE IP مسارات

:النشطة لمعدات المستخدم IP جدول يعرض جميع مسارات

الوصف	العمود
رقم فهرس المسار	الفهرس
UE المعين لـ IPv6 أو IPv4 عنوان	UE IP عنوان

:العرض

- 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

.مكونًا 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

زر 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

زر 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
XDP واجهة الشبكة المستخدمة لـ (مثل eth0، ens1f0)	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 الطوابير 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 PFCE رموز أخطاء - **PFCE 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

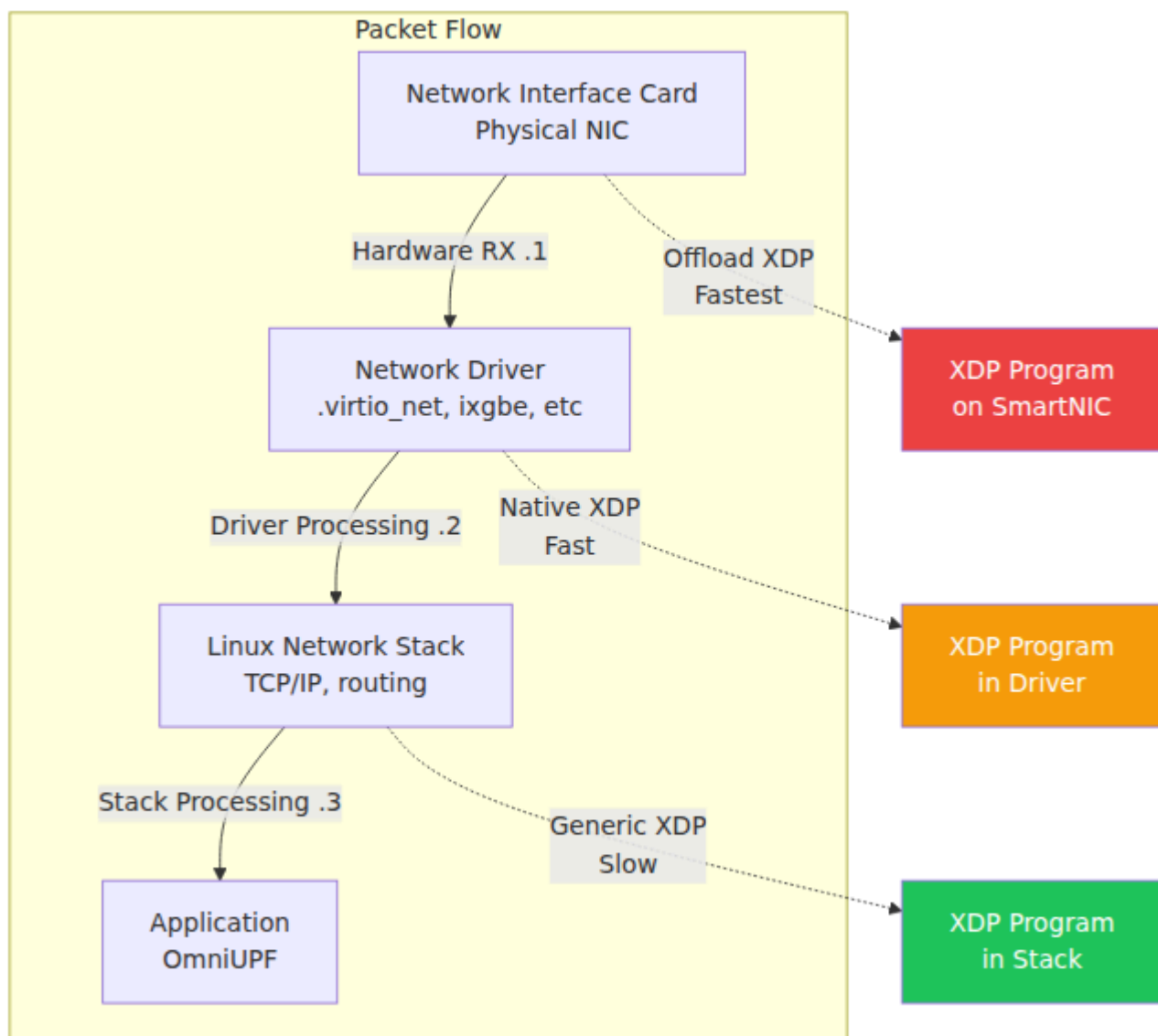
جدول المحتويات

1. نظرة عامة
2. XDP مقارنة وضع
3. الوضع العام (افتراضي)
4. الوضع الأصلي (موصى به للإنتاج)
5. وضع التحميل (SmartNIC)
6. Proxmox VE الأصلي على XDP تمكين
7. الأصلي على محاكيات أخرى XDP تمكين
8. XDP التحقق من وضع
9. XDP استكشاف مشاكل

نظرة عامة

هي تقنية XDP. لمعالجة الحزم عالية الأداء (مسار البيانات السريع) XDP OmniUPF يستخدم التشغيل في أقرب نقطة ممكنة في مكدر (eBPF) تسمح لبرامج معالجة الحزم Linux نواة الشبكة، مما يوفر **💡💡** زمن انتقال على مستوى 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 يؤثر بشكل كبير على أداء XDP اختيار وضع معالجة حزم بمستوى الإنتاج.

XDP مقارنة وضع

وضع التحميل	الوضع الأصلي	الوضع العام	الجانب
NIC الأجهزة	برنامج تشغيل الشبكة	مكدس الشبكة في Linux	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
(PCI تمرير) نادر	معظمها (يتطلب تعدد الطوابير)	جميع المحاكيات	دعم المحاكي
مواقع الحافة ذات الإنتاجية العالية	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

بعد أن يقوم برنامج Linux في مكّس الشبكة في eBPF العام على تشغيل برنامج XDP يعمل ولكنه يعمل م❖❖ 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 مكّس 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

```
# /etc/omniupf/runtime.exs
xdp_interfaces = "eth0"
xdp_attach_mode = "generic"      # الوضع الافتراضي
```

تحذير: الوضع العام غير مناسب للإنتاج. سيصبح عنق زجاجة عند معدلات الحزم العالية ويهدر موارد وحدة المعالجة المركزية.

من النواة، لذا `skb` **تحذير حول تحميل المجموعات:** في الوضع العام، الحزمة المرسلية هي مثل إعلان) حزمة التحكم المصدر من المستخدم. NIC فهي تحمل بيانات المجموعات الخاصة بـ ؛ عندما يقوم مسار `CHECKSUM_PARTIAL` تُعَلَّم بـ (UE الذي يجيب على طلب موجه IPv6 الموجه `csum_start/csum_offset` البيانات بإعادة توجيهها وتعديلها، فإن بيانات التحميل القديمة خاطئ عند الخروج ويقوم المستلم برفضها. هذا لا **UDP** يختم مجموع NIC تتسبب في أن يقوم فقط حزم التحكم، ولا يحدث، `(CHECKSUM_NONE)` XDP-native يؤثر على حركة مرور المستخدم (مثل) التي تدعم تحميل المجموعات NICs على. (`skb` لا يوجد) في الوضع الأصلي/وضع التحميل

virtio) الخاصة بمسار البيانات NICs على TX قم بتعطيل تحميل المجموعات (ethtool -K `<iface> tx off`) — انظر [TROUBLESHOOTING.md](#) ("أخطاء IPv6 SLAAC / المتقطعة / UDP").

الوضع الأصلي (موصى به للإنتاج)

الوصف

داخل برنامج تشغيل الشبكة، قبل أن تصل eBPF الأصلي على تشغيل برنامج XDP يعمل يوفر هذا أداءً قريباً من الأجهزة مع الحفاظ على مرونة على Linux. الحزم إلى مكس الشبكة في 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: توسع خطي مع أنوية وحدة المعالجة المركزية وطوابير

متى تستخدم

- نشر الإنتاج (موصى به)
- شبكات من الدرجة الأولى تتطلب إنتاجية عالية
- سيناريوهات الحوسبة الحافة مع متطلبات الأداء
- أي نشر حيث تهم الأداء

NIC متطلبات برنامج تشغيل

الأصلي XDP الحديثة NICs تدعم معظم XDP الأصلي برنامج تشغيل شبكة يدعم 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`

الافتراضية (المحاكاة) NICs:

- VirtIO: `virtio_net` (KVM, Proxmox, OpenStack) ✓
- VMware: `vmxnet3` ✓
- Microsoft: `hv_netvsc` (Hyper-V) ✓
- Amazon: `ena` (AWS) ✓
- SR-IOV: `ixgbevf`, `i40evf` (PCI تمرير) ✓

الأصلي (استخدم الوضع العام فقط) **XDP** لا يدعم VirtualBox: **ملاحظة**.

التكوين

```
# /etc/omniupf/runtime.exs
xdp_interfaces = "eth0"
xdp_attach_mode = "native"
```

الافتراضية NICs **متطلبات تعدد الطوابير**: لتحقيق الأداء الأمثل، قم بتمكين تعدد الطوابير على (أدناه Proxmox انظر قسم).

(SmartNIC) وضع التحميل

الوصف

NIC (SmartNIC) مباشرة على الأجهزة 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 مثل 10G+) **نشر عالي الإنتاجية**
- **مواقع الحافة** مع تسريع الأجهزة
- **نشر حساس للتكلفة** (تقليل متطلبات وحدة المعالجة المركزية)

متطلبات الأجهزة

XDP: حاليًا تحميل Netronome Agilio SmartNICs تدعم فقط

- Netronome Agilio CX 10G/25G/40G/100G

VM غير متاح في تكوينات - PCI أو تمرير bare metal **ملاحظة**: يتطلب وضع التحميل القياسية.

التكوين

```
# /etc/omniupf/runtime.exs
xdp_interfaces = "eth0"
xdp_attach_mode = "offload"
```

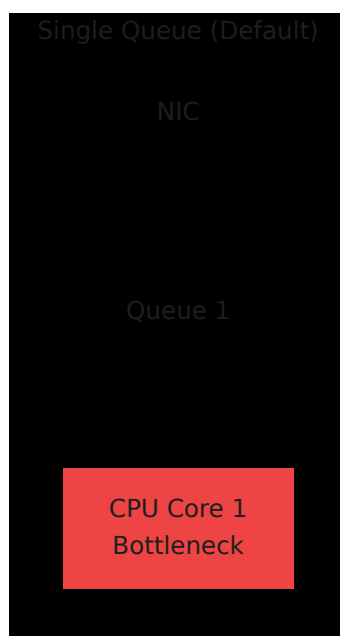
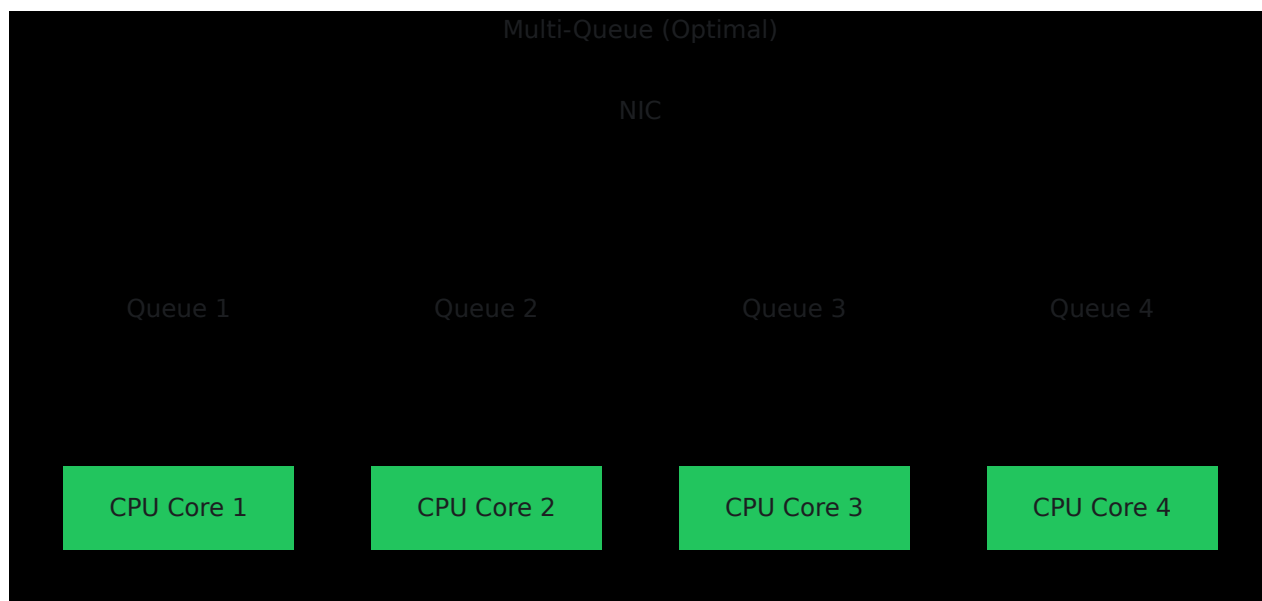
Proxmox VE الأصلي على XDP تمكين

الأصلي عبر XDP للآلات الافتراضية، والتي تدعم **VirtIO** أجهزة الشبكة Proxmox VE يستخدم. ومع ذلك، يجب عليك تمكين **تعدد الطوابير** لتحقيق الأداء الأمثل. `virtio_net` برنامج التشغيل

الخطوة 1: فهم المتطلبات

لماذا تهم تعدد الطوابير

- **طابور واحد** (افتراضي): تتم معالجة كل حركة المرور الشبكية بواسطة نواة وحدة معالجة مركزية واحدة → عنق زجاجة
- **تعدد الطوابير**: يتم توزيع الحركة عبر عدة أنوية وحدة معالجة مركزية → توسع خطي



Proxmox الخطوة 2: تمكين تعدد الطوابير في

Proxmox الخيار أ: عبر واجهة ويب

قم بإيقاف تشغيل الآلة الافتراضية تمامًا (ليس فقط إعادة التشغيل).

- Proxmox اختر الآلة الافتراضية الخاصة بك في واجهة ويب
- انقر على إيقاف التشغيل

2. تحرير جهاز الشبكة

- انتقل إلى علامة التبويب الأجهزة
- (مثل net0) انقر على جهاز الشبكة الخاص بك
- انقر على تحرير

3. تعيين تعدد الطوابير

- "ابحث عن حقل "تعدد الطوابير"
- (الخاص بك، بحد أقصى 16 vCPU أو مطابق لعدد) قم بتعيينه إلى 8
- انقر على موافق

4. بدء الآلة الافتراضية

- انقر على بدء

Proxmox الخيار ب: عبر سطر أوامر

```
# الخاص بك Proxmox إلى مضيف SSH

# ابحث عن معرف الآلة الافتراضية الخاصة بك
qm list

# (بمعرف الآلة الافتراضية الخاصة بك XXX استبدل) تعيين تعدد الطوابير
qm set XXX -net0 virtio=XX:XX:XX:XX:XX:XX,bridge=vmbr0,queues=8

# MAC BC:24:11:1D:BA:00 مثال للآلة الافتراضية 191 مع
qm set 191 -net0 virtio=BC:24:11:1D:BA:00,bridge=vmbr0,queues=8

# إيقاف تشغيل الآلة الافتراضية
qm shutdown XXX

# انتظر حتى يتم إيقاف التشغيل، ثم ابدأ
qm start XXX
```

توصيات عدد الطوابير:

- (vCPU جيد لآلات افتراضية 2-4) **طوابير**: الحد الأدنى للإنتاج 4
- (vCPU آلات افتراضية 4-8) **طوابير**: موصى به لمعظم النشر 8
- (vCPU+ آلات افتراضية 8) **طابور**: الحد الأقصى للأداء العالي 16

الخطوة 3: التحقق من تعدد الطوابير داخل الآلة الافتراضية

إلى الآلة الافتراضية وتحقق SSH بعد إعادة تشغيل الآلة الافتراضية، قم بـ

```
# تحقق من تكوين الطابور
ethtool -l eth0

# الناتج المتوقع:
# Channel parameters for eth0:
# Combined:      8      <-- القيمة التي قمت
بتكوينها

# عدد 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 /etc/omniupf/runtime.exs
```

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: التحقق من أن

تحقق من السجلات:

```
# عرض سجلات بدء التشغيل
journalctl -u omniupf --since "1 minute ago" | grep -i
"xdp\|attach"

# الناتج المتوقع:
# xdp_attach_mode:native
# XDPAttachMode: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

# الناتج المتوقع:
# "xdp_attach_mode": "native",
```

Proxmox مشكلات شائعة في

"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: فقط 1 طابور على الرغم من التكوين

الحل:

- يجب أن تكون الآلة الافتراضية **مغلقة تمامًا** (ليس إعادة تشغيل) لتغييرات الطابور
- 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 توزيع استخدام وحدة المعالجة المركزية عبر الأنوية - top راقب
- XDP: تحقق من إحصائيات curl
http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats

الأصلي على محاكيات أخرى XDP تمكين

VMware ESXi / vSphere

الأصلي XDP الذي يدعم vmxnet3 برنامج التشغيل VMware تستخدم

المتطلبات:

- أو أحدث ESXi 6.7
- في الآلة الافتراضية +1.4.16 vmxnet3 إصدار برنامج تشغيل
- إصدار الأجهزة للآلة الافتراضية 14 أو أحدث

تمكين تعدد الطوابير:

قم بإيقاف تشغيل الآلة الافتراضية 1.

2. تحرير إعدادات الآلة الافتراضية:

- انقر بزر الماوس الأيمن على الآلة الافتراضية → تحرير الإعدادات
- محول الشبكة → متقدم
- قم بتعيين **توسيع جانب الاستقبال** إلى **مفعل**

3. (اختياري، لمزيد من الطوابير) **vmx**. تحرير ملف:

```
ethernet0.pnicFeatures = "4"  
ethernet0.multiqueue = "8"
```

4. بدء الآلة الافتراضية والتحقق:

```
ethtool -l ens192 # تحقق من عدد الطوابير
```

runtime.exs) في **OmniUPF** تكوين:

```
xdp_interfaces = "ens192" # عادة VMware تستخدم ens192  
xdp_attach_mode = "native"
```

KVM / libvirt (Raw)

virsh: تمكين تعدد الطوابير عبر

```
# تحرير تكوين الآلة الافتراضية  
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>
```

أعد تشغيل الآلة الافتراضية والتحقق:

```
ethtool -l eth0
```

Microsoft Hyper-V

الأصلي XDP الذي يدعم `hv_netvsc` برنامج التشغيل Hyper-V تستخدم

المتطلبات:

- أو أحدث Windows Server 2016
- في الآلة الافتراضية Linux 4.3+ خدمات تكامل
- الآلة الافتراضية من الجيل 2

تمكين تعدد الطوابير:

Hyper-V على مضيف PowerShell:

```
# Hyper-V تعدد الطوابير في - (طابور الآلة الافتراضية) VMQ تعيين #  
Set-VMNetworkAdapter -VMName "YourVM" -VrssEnabled $true -  
VmmqEnabled $true
```

OmniUPF تكوين (في `runtime.exs`):

```
xdp_interfaces = "eth0"  
xdp_attach_mode = "native"
```

VirtualBox

الأصلي XDP VirtualBox تحذير: لا يدعم

XDP روابط (e1000, virtio-net) VirtualBox **السبب**: لا تنفذ برامج تشغيل الشبكة في

الحل البديل: استخدم الوضع العام فقط

```
xdp_attach_mode = "generic"    # الخيار الوحيد لـ VirtualBox
```

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

# الناتج المتوقع:
# "native"
```


3. تحقق من إحصائيات XDP

```
# XDP عرض إحصائيات معالجة
curl -s http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats | jq

# مثال على الناتج:
{
  "xdp_aborted": 0,      # يجب أن تكون 0 (أخطاء)
  "xdp_drop": 1234,      # حزم مرفوضة
  "xdp_pass": 5678,      # تم تمريرها إلى المكس
  "xdp_redirect": 9012,  # حزم معاد توجيهها
  "xdp_tx": 3456         # حزم مرسله
}
```

4. تحقق من دعم برنامج التشغيل

```
# XDP تحقق مما إذا كان برنامج التشغيل يدعم
ethtool -i eth0 | grep driver

# "virtio_net" يجب أن تظهر: Proxmox/KVM بالنسبة لـ
# "vmxnet3" يجب أن تظهر: VMware بالنسبة لـ
# "hv_netvsc" يجب أن تظهر: 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 x)
```

XDP استكشاف مشاكل

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. موجودة XDP تحقق من وجود برامج:

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

آخر، قم بإلغاء تحميله أولاً XDP إذا تم إرفاق 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 تراجع إلى الوضع العام إذا لم يدعم برنامج التشغيل

المشكلة: الوضع الأصلي يتراجع إلى الوضع العام

الأعراض:

العام XDP تحذير: التراجع 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 لـ) VirtualBox برامج تشغيل
- الأقدم NIC برامج تشغيل

2. تعدد الطوابير غير مفعل:

- ethtool -l eth0: تحقق
- يجب أن تظهر < 1 طابور مشترك

3. Linux في نواة XDP تعطيل دعم:

```
# مفعلاً في النواة XDP تحقق مما إذا كان  
grep XDP /boot/config-$(uname -r)
```

```
# يجب أن تظهر:  
# CONFIG_XDP_SOCKETS=y  
# CONFIG_BPF=y
```

الحل:

- (Proxmox انظر قسم) قم بتمكين تعدد الطوابير
- قم بتحديث برنامج التشغيل المدعوم
- إذا لزم الأمر XDP أعد 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 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 وحدات معالجة مركزية
```

3. يعمل فعلاً في الوضع الأصلي XDP تحقق من أن:

```
# (إذا كان متاحًا) bpftool تحقق من  
sudo bpftool net list  
  
# مرتبطة بالواجهة XDP يجب أن تظهر
```

الحل:

- زيادة عدد الطوابير (8-16 طابور) 🚀🚀
- تمكين تثبيت وحدة المعالجة المركزية لتجنب هجرة النواة
- تحقق من الإفراط في الاشتراك في وحدة المعالجة المركزية على المحاكى

XDP (xdp_aborted > 0) المشكلة: تم إلغاء برنامج

الأعراض:

```
curl http://localhost:8080/api/v1/xdp_stats
{
  "xdp_aborted": 1234, # غير صفر يشير إلى 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 قد تكون خرائط
curl http://localhost:8080/api/v1/map_info

# ابحث عن الخرائط عند 100% سعة
```

الحل:

- في التكوين eBPF زيادة أحجام خرائط
- eBPF تحقق من الحزم الفاسدة التي تسبب أخطاء
- بشكل كامل eBPF لـ Linux تحقق من دعم نواة

Proxmox المشكلة: تعدد الطوابير لا يعمل على

يظهر فقط 1 طابور على الرغم من التكوين `ethtool -l eth0`: الأعراض

التشخيص:

1. Proxmox تحقق من تكوين الآلة الافتراضية في:

```
# Proxmox على مضيف
grep net0 /etc/pve/qemu-server/YOUR_VM_ID.conf

# queues=8 : يجب أن تظهر
```

2. تحقق من أن الآلة الافتراضية كانت مغلقة تمامًا:

```
# Proxmox على مضيف
qm status YOUR_VM_ID

# قبل البدء "status: stopped" يجب أن تظهر
```

الحل:

```
# Proxmox على مضيف
# قم بإيقاف التشغيل القسري وأعد التشغيل
qm shutdown YOUR_VM_ID
sleep 10
qm start YOUR_VM_ID

# ثم تحقق داخل الآلة الافتراضية
ethtool -l eth0
```

مهم: تتطلب تغييرات عدد الطوابير إيقاف تشغيل كامل للآلة الافتراضية، وليس مجرد إعادة تشغيل من داخل الآلة الافتراضية.

XDP المشكلة: إذن مرفوض عند إرفاق

الأعراض:

XDP خطأ: إذن مرفوض عند إرفاق برنامج

التشخيص:

.CAP_SYS_ADMIN و CAP_NET_ADMIN قدرات XDP تتطلب عمليات

الحل:

1. كجذر (أو مع القدرات) OmniUPF قم 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 بتشغيله مع Docker، إذا كنت تستخدم --privileged:

```
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 µs	95 µs	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 للإنتاجية

التوصية: استخدم دائمًا الوضع الأصلي مع تمكين تعدد الطوابير للنشر في الإنتاج.

XDP توصيات الأجهزة لـ

للتأكد من أنها متوافقة Omnitouch مهم: قبل شراء أي أجهزة، استشر دعم  100% مع تكوينك ومتطلبات النشر المحددة.

الأصلي XDP المعروفة الجيدة لدعم NICs

OmniUPF مع XDP بشكل موثوق الوضع الأصلي لـ NICs تدعم هذه

(Bare Metal موصى بها لـ) Intel 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
أحدث جيل، أفضل أداء	✓ أصلي	ice	100GbE	Intel E810
جيد لاحتياجات عرض النطاق الترددي المنخفض	✓ أصلي (النواة +5.10)	igb	1GbE	Intel i350

(أداء عالي) Mellanox/NVIDIA بطاقات الشبكة

ملاحظات	دعم XDP	السائق	السرعة	النموذج
نقل عالي، جيد للحوسبة الطرفية	Native ✓	mlx5	25/50/100GbE	ConnectX-4
أداء ممتاز، تسريع بالأجهزة	Native ✓	mlx5	25/50/100GbE	ConnectX-5
الجيل الأخير، الأفضل للنقل الفائق	Native ✓	mlx5	50/100/200GbE	ConnectX-6
مع قدرات SmartNIC DPU	Native ✓	mlx5	100/200GbE	BlueField-2

Broadcom بطاقات الشبكة

ملاحظات	دعم XDP	السائق	السرعة	النموذج
شائعة في خوادم Dell/HP	Native ✓	bnxt_en	10/25/50GbE	سلسلة BCM57xxx

VM نشر) بطاقات الشبكة الافتراضية

ملاحظات	متعدد الطوابير	دعم XDP	السائق	نوع بطاقة الشبكة	المنصة
الأفضل لـ VMs	نعم (قابل للتكوين)	Native ✓	virtio_net	VirtIO	Proxmox/KVM
يتطلب ESXi 6.7+	نعم	Native ✓	vmxnet3	vmxnet3	VMware ESXi
Windows Server 2016+	نعم	Native ✓	hv_netvsc	بطاقة شبكة اصطناعية	Hyper-V
EC2 مثيلات المعدنية	نعم	Native ✓	ena	ENA	AWS
غير موصى به للإنتاج	لا	عام فقط	متنوع	أي	VirtualBox

بطاقات الشبكة مع دعم تحميل الأجهزة

:(يعمل على بطاقة الشبكة eBPF) XDP تحميل الأجهزة الحقيقي

ملاحظات	السرعة	النموذج	البائع
مؤكد فقط XDP دعم تحميل	10GbE	Agilio CX 10G	Netronome
يتطلب برنامج ثابت خاص	25GbE	Agilio CX 25G	Netronome
مكلف جداً (~\$2,500-5,000)	40GbE	Agilio CX 40G	Netronome
فقط للدرجات المؤسسية	100GbE	Agilio CX 100G	Netronome

ملاحظة: بطاقات الشبكة ذات تحميل الأجهزة نادرة ومكلفة، وتتطلب نشرًا على المعدن العاري. الأصلي بدلاً من ذلك XDP يجب أن تستخدم معظم النشر.

التكوينات المختبرة

في الإنتاج OmniUPF تم التحقق من هذه التكوينات مع:

خيار الميزانية (10-1 جيجابت في الثانية)

- **مزدوجة المنفذ (10GbE):** Intel X520 **بطاقة الشبكة**
- **الوضع:** XDP أصلي
- **UPF النقل:** ~8-10 جيجابت في الثانية لكل مثل
- **التكلفة:** ~\$100-200 (مستعمل/مجدد)

النطاق المتوسط (10-50 جيجابت في الثانية)

- **بطاقة الشبكة:** Intel X710 (40GbE) أو Mellanox ConnectX-4 (25GbE)
- **الوضع:** XDP أصلي
- **UPF النقل:** ~25-40 جيجابت في الثانية لكل مثل
- **التكلفة:** ~\$300-800

النطاق العالي (50-100+ جيجابت في الثانية)

- **بطاقة الشبكة:** Mellanox ConnectX-5/6 (100GbE)
- **الوضع:** XDP أصلي
- **UPF النقل:** ~80-100 جيجابت في الثانية لكل مثل
- **التكلفة:** ~\$1,000-2,500

نشر VM (Proxmox/KVM)

- مع 8-16 طابور VirtIO: **بطاقة الشبكة**
- **الوضع**: XDP أصلي
- **UPF النقل**: ~5-10 جيجابت في الثانية لكل مثل
- **التكلفة**: لا تكلفة إضافية ع💎💎 إلى الأجهزة

ما يجب تجنبه

في الإنتاج OmniUPF تجنب هذه الخيارات لنشر:

البديل	السبب	بطاقة الشبكة/المنصة
أو أفضل Intel i350	برامج، XDP لا دعم لـ ضعيفة Linux تشغيل	Realtek بطاقات الشبكة
Proxmox/KVM الانتقال إلى	أصلي XDP لا دعم	VirtualBox
من Intel/Mellanox بطاقات فئة الخادم	دعم طواوير محدود، غير موثوق	بطاقات الشبكة من فئة المستهلك
أو أحدث Intel X520	XDP لا دعم لبرامج تشغيل	بطاقات الشبكة القديمة جداً (>2014)

قائمة التحقق قبل الشراء

قبل شراء الأجهزة، تحقق من:

1. XDP يدعم Linux **دعم السائق**: تحقق مما إذا كان سائق ☐

```
# على نظام مشابه  
modinfo <driver_name> | grep -i xdp
```

2. موثوق XDP **إصدار النواة**: تأكد من أن النواة ≤ 5.15 لـ ☐

```
uname -r
```

3. **متعدد الطوابير:** تحقق مما إذا كانت بطاقة الشبكة تدعم طوابير متعددة □ (RSS/VMDq)
4. تحتوي على مسارات كافية PCIe تأكد من أن فتحة **PCI عرض النطاق الترددي** □
 - كحد أدنى PCIe 2.0 x4 10GbE
 - كحد أدنى PCIe 3.0 x8 40GbE
 - PCIe 4.0 x8 أو PCIe 3.0 x16 100GbE
5. **نوع النشر:**
 - المعدن العاري: تحتاج إلى بطاقة شبكة فعلية
 - SR-IOV أو VirtIO تحتاج إلى دعم VM:
 - الحاوية: يتم وراثة تكوين بطاقة الشبكة المضيفة

Omnitouch لا تشتري الأجهزة بناءً على هذا الدليل فقط - تحقق دائمًا مع دعم [⚠] أولاً!

موارد إضافية

- مرجع تكوين كامل - **CONFIGURATION.md**: دليل التكوين
 - تشخيص شامل - **TROUBLESHOOTING.md**: دليل استكشاف الأخطاء للمشكلات
 - XDP و eBPF تفاصيل هندسة - **ARCHITECTURE.md**: دليل الهندسة المعمارية
 - مراقبة الأداء والإحصائيات - **MONITORING.md**: دليل المراقبة
-

مرجع سريع

Proxmox الأصلي في XDP إعداد (TL;DR)

```
# على Proxmox:
qm set <VM_ID> -net0 virtio=<MAC>,bridge=vbr0,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/runtime.exs # 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 والمراقبة في الوقت الفعلي. eBPF المستخدم المستندة إلى UPF لجميع مكونات

قدرات واجهة برمجة التطبيقات

إدارة الجلسات

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

قواعد المرور

- فحص مصنفات حركة المرور في الاتجاه الصاعد: **(PDR) قواعد كشف 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**: تشغيل إشعار يدوي (POST /buffer/:far_id/notify)
- DLDR **حالة الإشعار**: عرض حالة إشعار (GET /buffer/notifications)

المراقبة والإحصائيات:

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

إدارة التوجيه:

- **مسارات UE:** (GET /routes) استعلام عن جدول توجيه عنوان
- **Free Range Routing (FRR):** (POST /routes/sync) مزامنة المسارات مع خادم
- **جلسات التوجيه:** (GET /routing/sessions) عرض جلسات بروتوكول التوجيه
- **OSPF قاعدة بيانات:** (GET /ospf/database/external) استعلام عن قاعدة بيانات المسار الخارجي

التكوين:

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

تكامل واجهة المستخدم على الويب

على هذه الواجهة وتوفر لوحة تحكم 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.

وثائق واجهة برمجة التطبيقات Swagger

OpenAPI 3.0 (Swagger) تم توثيق واجهة برمجة التطبيقات بالكامل باستخدام مواصفة التفاعلية Swagger توفر واجهة:

- توثيق كامل لنقاط النهاية مع مخططات الطلب/الاستجابة
- وظيفة التجربة لاختبار استدعاءات واجهة برمجة التطبيقات مباشرة من المتصفح
- تعريفات المخططات لجميع نماذج البيانات
- استجابات الأخطاء HTTP رموز حالة

.مع توثيق مفصل OmniUPF 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

مميزات واجهة برمجة التطبيقات

الترقيم

الترقيم لنقاط النهاية التي تعيد مجموعات بيانات كبيرة. OmniUPF تدعم واجهة برمجة تطبيقات PDRs، أو ، يمنع الترقيم انتهاء المهلة ويقلل من استخدام الذاكرة عند استعلام آلاف الجلسات URRs.

أنماط الترقيم المدعومة:

1. الترقيم القائم على الصفحات (موصى به):

- `page`: رقم الصفحة (يبدأ من 1)
- `page_size`: العناصر لكل صفحة (الافتراضي: 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:

```
# القائم على الصفحات: احصل على الصفحة الثانية مع 50 عنصرًا لكل صفحة
GET /api/v1/pfcp_sessions?page=2&page_size=50
```

```
# 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 - UE للـ IP مسارات عنوان
- /api/v1/uplink_pdr_map - PDRs (معلومات أساسية) في الاتجاه الصاعد
- /api/v1/uplink_pdr_map/full - PDRs مع تفاصيل فلترة SDF كاملة
- /api/v1/downlink_pdr_map - PDRs في الاتجاه الهابط IPv4 (معلومات أساسية)
- /api/v1/downlink_pdr_map/full - PDRs مع تفاصيل فلترة SDF كاملة
- /api/v1/downlink_pdr_map_ip6 - PDRs في الاتجاه الهابط IPv6 (معلومات أساسية)
- /api/v1/downlink_pdr_map_ip6/full - PDRs مع تفاصيل فلترة SDF كاملة
- /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 م♦♦ازن
- 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 التكوين الخاص بمسار البيانات

نقاط نهاية تكامل التوجيه:

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

أفضل الممارسات:

- لعرض واجهة المستخدم على الويب page_size=100 استخدم
- للتصدير الضخمة (الحد الأقصى) page_size=1000 استخدم
- لتحديد عدد التكرارات pagination.total_pages استعلام
- لتحسين أداء واجهة برمجة التطبيقات (عدد أقل من الطلبات) page_size زيادة

CORS دعم

بشكل افتراضي لجميع نقاط نهاية واجهة برمجة (CORS) تم تمكين 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:

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

راجع مرجع المقاييس للحصول على الوثائق الكاملة.

الوثائق ذات الصلة

- دليل واجهة المستخدم على الويب - لوحة تحكم تفاعلية مبنية على هذه الواجهة
- Prometheus مرجع المقاييس - وثائق مقاييس
- واستكشاف الأخطاء وإصلاحها PFCP رموز أخطاء - PFCP رموز أسباب
- URR و QER و FAR و PDR دليل إدارة القواعد - تكوين
- UE وتوجيه FRR دليل إدارة المسارات - تكامل
- دليل المراقبة - مراقبة الإحصائيات وتخطيط السعة
- UPF دليل التكوين - خيارات تكوين
- Swagger UI (استبدل localhost) وثائق واجهة برمجة التطبيقات التفاعلية - (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

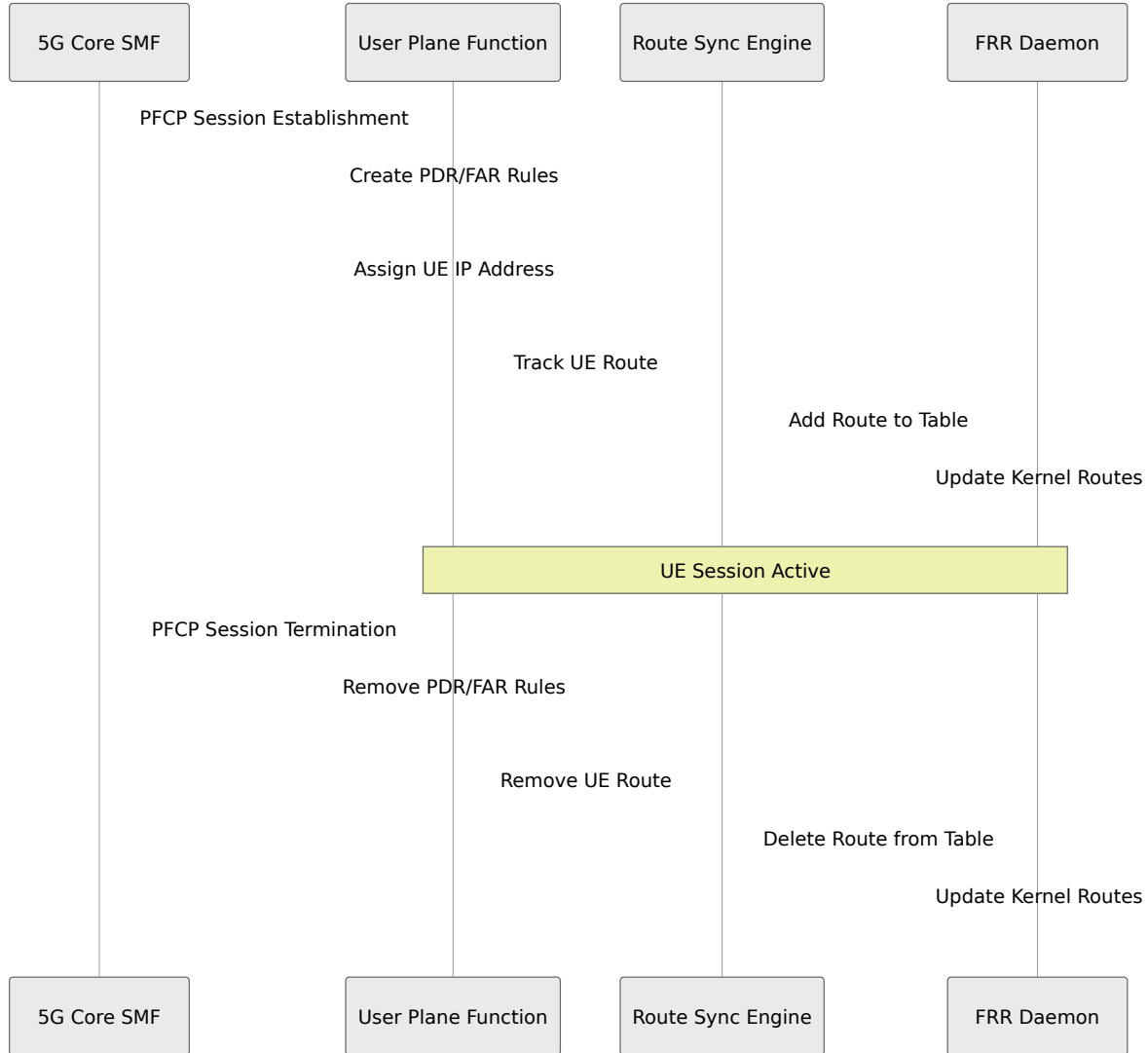
Linux هو مجموعة بروتوكولات توجيه قوية ومفتوحة المصدر لأنظمة **(التوجيه الحر) FRR** و❖❖يرها. في RIP و OSPF و BGP يقوم بتنفيذ بروتوكولات توجيه مختلفة بما في ذلك Unix. كخادم توجيه يحافظ على جدول توجيه النواة ويمكنه إعادة توزيع المسارات إلى FRR نشرنا، يعمل عناصر الشبكة الأخرى.

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

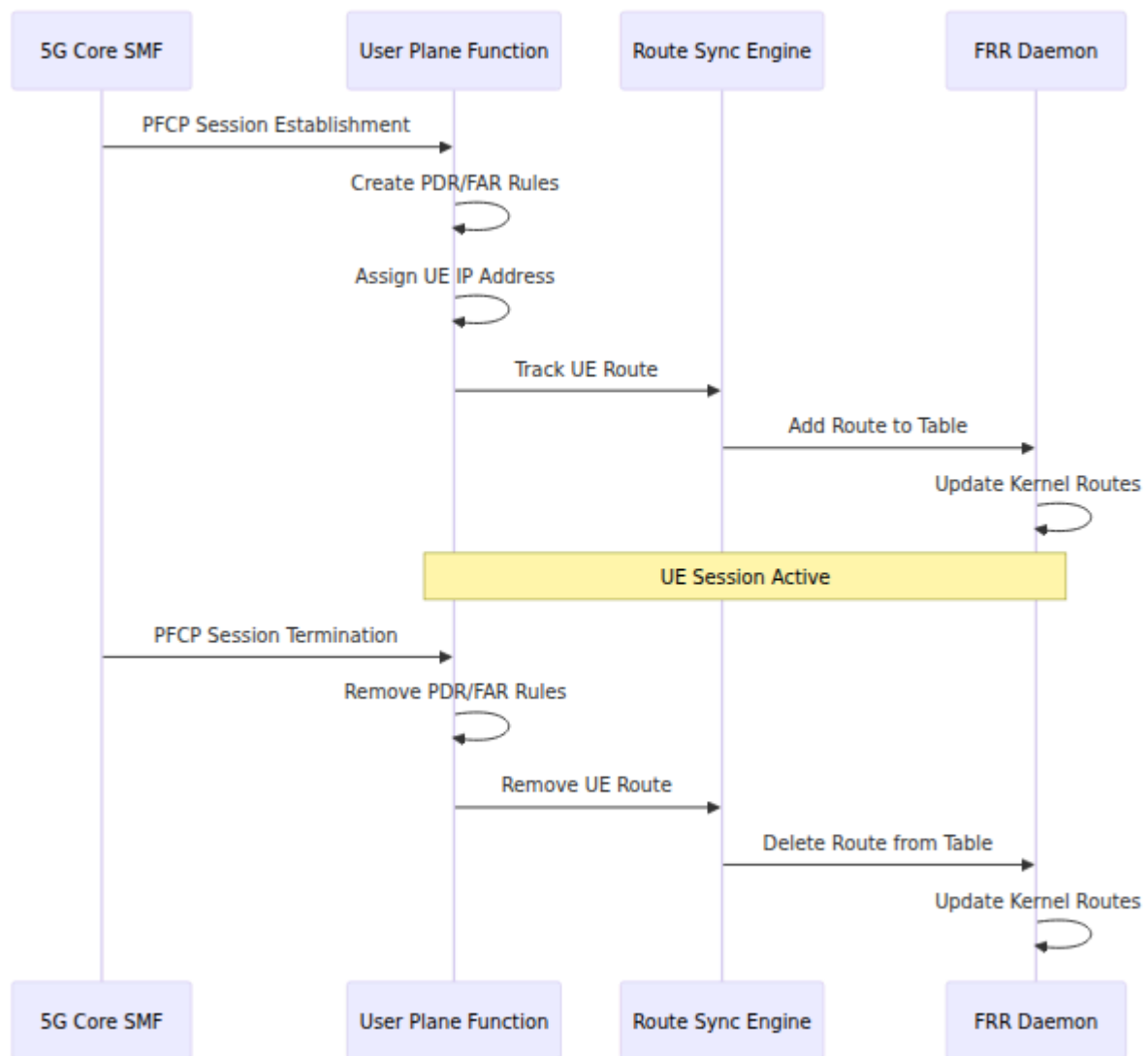
مما يجعلها مسارات FRR، الخاصة بـ vtysh المسارات من خلال واجهة UPF **مهم**: يضيف **redistribute static** يجب عليك استخدام (وليس مسارات نواة) FRR **ثابتة** في **redistribute kernel** الخاص بك، وليس OSPF/BGP في تكوين

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
- بإعادة توزيع المسارات UPF على كل FRR الإعلان التلقائي عن المسارات: يقوم
المحلية لمعدات المستخدم تلقائيًا وفقًا لسياساتك المكونة
- وإعادة 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

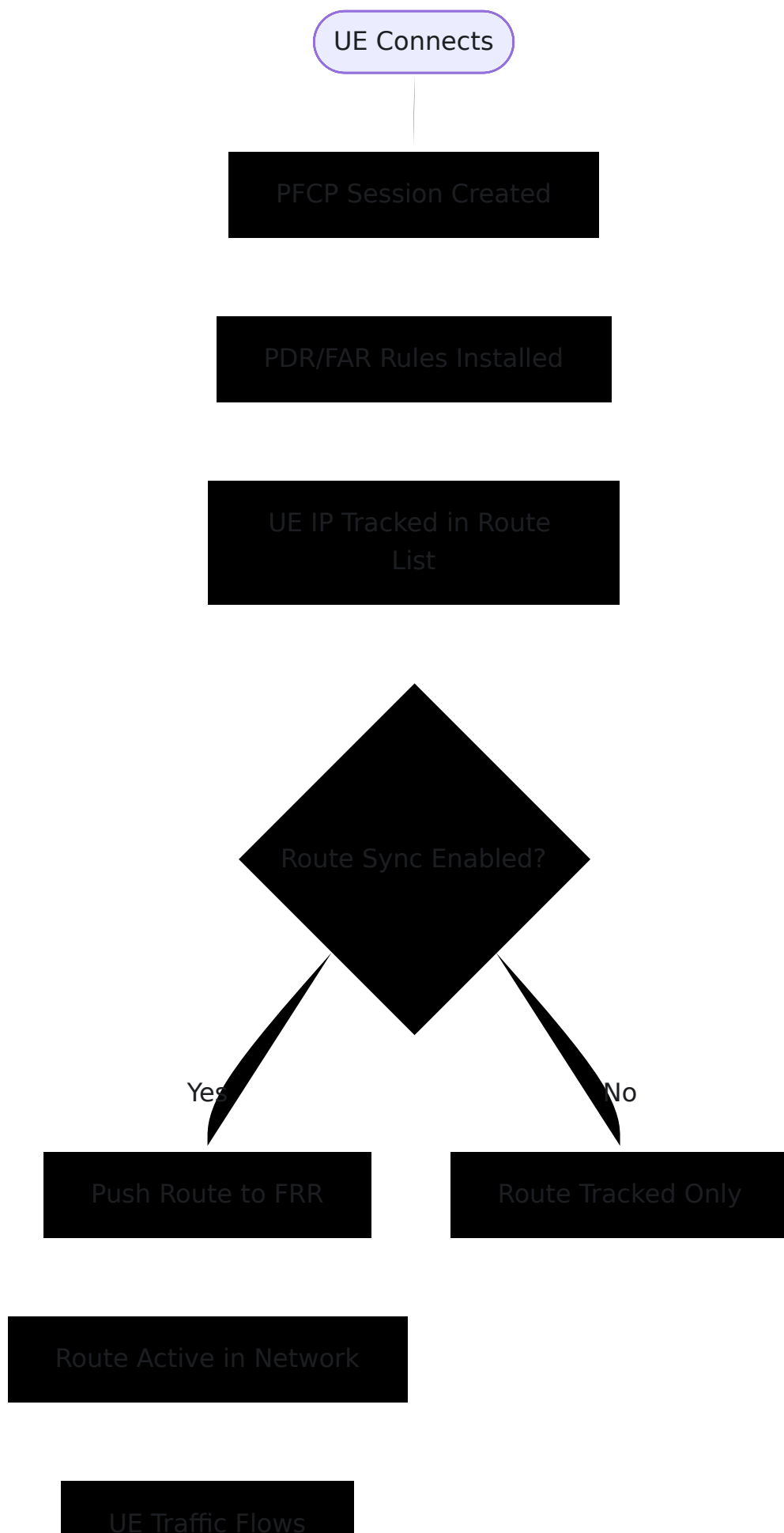
وجيران بروتوكول التوجيه، وإعلانات UE، توفر صفحة المسارات رؤية شاملة لمزامنة مسارات المسارات المعاد توزيعها.

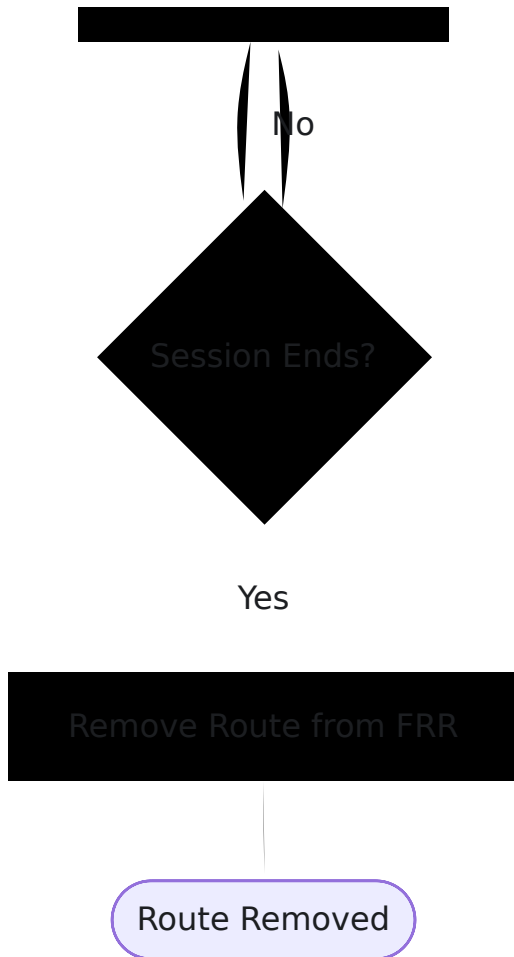
عملية المزامنة اليدوية

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):** إعلان الشبكة الخاص بـ UPF
- **Router LSA (192.168.1.1):** إعلان موجه OSPF
- **LSAs الخارجية:** بما في ذلك مسار *UE 100.64.18.5* مع OSPF المعاد توزيعه في *100.64.18.5* (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