الاتحـــــــــــاد الدولـــــــــــي للاتصـــــــــــالات

ITU-T

قطاع تقييس الاتصالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

Y.1540

(2019/12)

السلسلة Y: البنية التحتية العالمية للمعلومات، والجوانب الخاصة ببروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي وإنترنت الأشياء والمدن الذكية

جوانب بروتوكول الإنترنت – جودة الخدمة وأداء الشبكة

خدمة اتصالات البيانات بواسطة بروتوكول الإنترنت ـ معلمات الأداء الخاصة بنقل رزم بروتوكول الإنترنت وتيسرها

التوصية ITU-T Y.1540

توصيات السلسلة Y الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

البنية التحتية العالمية للمعلومات، والجوانب الخاصة ببروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي وإنترنت الأشياء والمدن الذكية

البنية التحتية العالمية للمعلومات	
اعتبارات عامة	Y.199-Y.100
الخدمات والتطبيقات، والبرمجيات الوسيطة	Y.299-Y.200
الجوانب الخاصة بالشبكات	Y.399-Y.300
السطوح البينية والبروتوكولات	Y.499-Y.400
الترقيم والعنونة والتسمية	Y.599-Y.500
التشغيل والإدارة والصيانة	Y.699-Y.600
الأمن	Y.799-Y.700
مستويات الأداء	Y.899-Y.800
جوانب متعلقة ببروتوكول الإنترنت	
اعتبارات عامة	Y.1099-Y.1000
الخدمات والتطبيقات	Y.1199-Y.1100
المعمارية والنفاذ وقدرات الشبكة وإدارة الموارد	Y.1299-Y.1200
النقل	Y.1399-Y.1300
التشغيل البيني	Y.1499-Y.1400
جودة الخدمة وأداء الشبكة	**Y.1599-Y.1500**
التشوير	Y.1699-Y.1600
التشغيل والإدارة والصيانة	Y.1799-Y.1700
الترسيم	Y.1899-Y.1800
تلفزيون بروتوكول الإنترنت عبر شبكات الجيل التالي	Y.1999-Y.1900
شبكات الجيل التالي	
الإطار العام والنماذج المعمارية الوظيفية	Y.2099-Y.2000
جودة الخدمة والأداء	Y.2199-Y.2100
الجوانب الخاصة بالخدمة: قدرات ومعمارية الخدمات	Y.2249-Y.2200
الجوانب الخاصة بالخدمة: إمكانية التشغيل البيني للخدمات والشبكات في شبكات الجيل التالي	Y.2299-Y.2250
تحسينات على شبكات الجيل التالي	Y.2399-Y.2300
إدارة الشبكة	Y.2499-Y.2400
معمارية الشبكة وبروتوكولات التحكم في الشبكة	Y.2599-Y.2500
الشبكات الذكية الشمولية	Y.2699-Y.2600
الأمن	Y.2799-Y.2700
التنقلية المعممة	Y.2899-Y.2800
البيئة المفتوحة عالية الجودة	Y.2999-Y.2900
شبكات المستقبل	Y.3499-Y.3000
الحوسبة السحابية	Y.3999-Y.3500
إنترنت الأشياء والمدن والمجتمعات الذكية	
اعتبارات عامة	Y.4049-Y.4000
التعاريف والمصطلحات	Y.4099-Y.4050
المتطلبات وحالات الاستعمال	Y.4249-Y.4100
البنية التحتية والتوصيلية والشبكات	Y.4399-Y.4250
الأطر والمعماريات والبروتوكولات	Y.4549-Y.4400
الخدمات والتطبيقات والحساب ومعالجة البيانات	Y.4699-Y.4550
الإدارة والتحكم والأداء	Y.4799-Y.4700
تعرف الهوية والأمن	Y.4899-Y.4800
التحليل والتقييم	Y.4999-Y.4900

لمزيد من التفاصيل يرجى الرجوع إلى قائمة التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات.

التوصية ITU-T Y.1540

خدمة اتصالات البيانات بواسطة بروتوكول الإنترنت – معلمات الأداء الخاصة بنقل رزم بروتوكول الإنترنت وتيسرها

ملخص

تحدد التوصية ITU-T Y.1540 المعلمات التي يمكن استخدامها في توصيف وتقييم الأداء من حيث السرعة والدقة والمُعوّلية والتيسر لنقل رزم بروتوكول الإنترنت في إطار خدمات اتصالات البيانات الإقليمية والدولية بواسطة بروتوكول الإنترنت (IP). وتنطبق المعلمات المعرفة على خدمة IP من طرف إلى طرف ومن نقطة إلى نقطة وعلى تلك الأجزاء من الشبكة التي توفر أو تسهم في توفير هذه الخدمة وفقاً للمراجع الناظمة المحددة في البند 2. والنقل عديم التوصيل جانب مميز من جوانب خدمة IP تنظر فيه هذه التوصية.

بعد أكثر من عشرين عاماً كتوصية سارية المفعول، تعترف التوصية في نسختها لعام 2019، بالعديد من التغييرات في تصميم خدمات بروتوكول الإنترنت وفي البروتوكولات التي يستعملها المستخدمون النهائيون. وتعرض هذه النسخة الملحق الجديد A الذي يعرّف معلمات سعة طبقة بروتوكول الإنترنت بطرق تلبي احتياجات التقييم، ويوفر متطلبات أساليب قياس سعة طبقة بروتوكول الإنترنت. وهذا الملحق الجديد ثمرة سنوات من الدراسة وتطبيق مبادئ لجنة الدراسات 12 التابعة لقطاع تقييس الاتصالات للتقييم الدقيق لمعلمات الأداء وأساليب القياس على أساس مرجعي "قائم على الحقيقة" في القياسات المختبرية والميدانية. ولا تزال معلمات وأساليب قياس الصبيب المتعلق بالتدفق (النقل والتسليم على نحو موثوق) تحتاج إلى مزيد من الدراسة، ويميّز النص بوضوح بين معلمات السعة هذه لطبقة بروتوكول الإنترنت. وبالطريقة نفسها، تحتاج المعلمات التي تصف أداء بروتوكول طبقة نقل (TCP) محدد وموثوق إلى مزيد من الدراسة، وتعترف بأن بروتوكولات النقل الموثوق للإنترنت تتغير باستمرار وتخضع لبحث مستمر.

ويقدم الملحق B خوارزمية بحث ثانية أكثر قدرة لطريقة قياس السعة IP المحددة في الملحق A.

التسلسل التاريخي

الطبعة	التوصية	تاريخ الموافقة	لجنة الدراسات	معرف الهوية الفريد*
1.0	ITU-T I.380	1999-02-26	13	11.1002/1000/4573
1.0	ITU-T Y.1540	1999-02-26	13	11.1002/1000/5302
2.0	ITU-T Y.1540	2002-12-14	13	11.1002/1000/6189
2.1	ITU-T Y.1540 (2002) Amd. 1	2003-08-01	13	11.1002/1000/6975
3.0	ITU-T Y.1540	2007-11-13	12	11.1002/1000/9270
3.1	ITU-T Y.1540 (2007) Amd.1	2009-03-19	12	11.1002/1000/9727
4.0	ITU-T Y.1540	2011-03-01	12	11.1002/1000/11079
4.1	ITU-T Y.1540 (2011) Amd.1	2016-01-21	12	11.1002/1000/12761
5.0	ITU-T Y.1540	2019-07-29	12	11.1002/1000/12975
6.0	ITU-T Y.1540	2020-12-05	12	11.1002/1000/13933
6.1	ITU-T Y.1540 (2019) Amd. 1	2012-02-06	12	11.1002/1000/14161

* للنفاذ إلى توصية، ترجى كتابة العنوان http://handle.itu.int/ في حقل العنوان في متصفح الويب لديكم، متبوعاً بمعرف التوصية الفريد. ومثال ذلك، http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en.

تمهيد

الاتحاد الدولي للاتصالات وكالة الأمم المتحدة المتخصصة في ميدان الاتصالات وتكنولوجيات المعلومات والاتصالات (ICT). وقطاع تقييس الاتصالات (ITU-T) هو هيئة دائمة في الاتحاد الدولي للاتصالات. وهو مسؤول عن دراسة المسائل التقنية والمسائل المتعلقة بالتشغيل والتعريفة، وإصدار التوصيات بشأنها بغرض تقييس الاتصالات على الصعيد العالمي.

وتحدد الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات (WTSA) التي تجتمع مرة كل أربع سنوات المواضيع التي يجب أن تدرسها لجان الدراسات التابعة لقطاع تقييس الاتصالات وأن تُصدر توصيات بشأنها.

وتتم الموافقة على هذه التوصيات وفقاً للإجراء الموضح في القرار 1 الصادر عن الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات.

وفي بعض مجالات تكنولوجيا المعلومات التي تقع ضمن اختصاص قطاع تقييس الاتصالات، تُعد المعايير اللازمة على أساس التعاون مع المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) واللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC).

ملاحظة

تستخدم كلمة "الإدارة" في هذه التوصية لتدل بصورة موجزة سواء على إدارة اتصالات أو على وكالة تشغيل معترف بها.

والتقيد بهذه التوصية اختياري. غير أنها قد تضم بعض الأحكام الإلزامية (بهدف تأمين قابلية التشغيل البيني والتطبيق مثلاً). ويعتبر التقيّد بهذه التوصية حاصلاً عندما يتم التقيّد بجميع هذه الأحكام الإلزامية. ويستخدم فعل "يلزم" وصيغ ملزمة أخرى مثل فعل "يجب" وصيغها النافية للتعبير عن متطلبات معينة، ولا يعني استعمال هذه الصيغ أن التقيّد بهذه التوصية إلزامي.

حقوق الملكية الفكرية

يسترعي الاتحاد الانتباه إلى أن تطبيق هذه التوصية أو تنفيذها قد يستلزم استعمال حق من حقوق الملكية الفكرية. ولا يتخذ الاتحاد أي موقف من القرائن المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية أو صلاحيتها أو نطاق تطبيقها سواء طالب بها عضو من أعضاء الاتحاد أو طرف آخر لا تشمله عملية إعداد التوصيات.

وعند الموافقة على هذه التوصية، لم يكن الاتحاد قد تلقى إخطاراً بملكية فكرية تحميها براءات الاختراع يمكن المطالبة بها لتنفيذ هذه التوصية. ومع ذلك، ونظراً إلى أن هذه المعلومات قد لا تكون هي الأحدث، يوصى المسؤولون عن تنفيذ هذه التوصية بالاطلاع على قاعدة البيانات الخاصة ببراءات الاختراع في مكتب تقييس الاتصالات (TSB) في الموقع http://www.itu.int/ITU-T/ipr/.

© ITU 2022

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي وسيلة كانت إلا بإذن خطي مسبق من الاتحاد الدولي للاتصالات.

جدول المحتويات

الصفحة

1 مجال التطبيق 1

2 المراجع 3

3 المختصرات والأسماء المختصرة 4

4 نموذج طبقي لأداء خدمة بروتوكول الإنترنت 6

5 نموذج عام لأداء خدمة بروتوكول الإنترنت 7

1.5 مكونات الشبكة 7

2.5 وصلات البدالة وأقسام الشبكة 8

3.5 نقاط القياس والأقسام القابلة للقياس 10

4.5 أحداث مرجعية لنقل رزم IP (IPRE) 10

5.5 نتائج نقل رزم IP 12

6 معلمات أداء نقل رزم IP 17

1.6 مؤهلات الرزم 17

2.6 مدة نقل رزم IP 18

3.6 نسبة الخطأ في رزم بروتوكول الإنترنت (IPER) 21

4.6 نسبة خسارة رزم بروتوكول الإنترنت (IPLR) 21

5.6 معدل الرزم IP غير المنتظمة 22

6.6 نسبة حزم IP التي أعيد ترتيبها (IPRR) 22

7.6 نسبة فدرات الخسارة الشديدة في رزم بروتوكول الإنترنت (IPSLBR) 22

8.6 نسبة تكرار رزم بروتوكول الإنترنت (IPDR) 22

9.6 نسبة رزم بروتوكول الإنترنت المستنسخة (RIPR) 23

10.6 معلمات إصلاح التدفق 23

11.6 معلمات السعة 23

12.6 المعلمات المتعلقة بالتدفق 26

7 تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت 27

1.7 وظيفة تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت 27

2.7 معلمات تيسر الخدمة IP 28

الملحق A – معلمات السعة القائمة على بروتوكول الإنترنت والمعلمات المتعلقة بالتدفق وأساليب قياسها 29

1.A معلومات أساسية 29

2.A معلمات سعة طبقة بروتوكول الإنترنت وأساليب قياسها (نفاذ المستهلك إلى الإنترنت) 30

الصفحة

3.A معلمات الصبيب المتعلقة بالتدفق وأساليب القياس ذات الصلة (النقل والتسليم على نحو موثوق).. 33
4.A خطة لتوصيف ومقارنة أساليب قياس النفاذ..... 33
الملحق B – خوارزمية بحث إضافية من أجل معلمات السعة القائمة على بروتوكول الإنترنت وأساليب قياسها 38
1.B خوارزمية البحث 38
التذييل I – اعتبارات خاصة بتسيير رزم بروتوكول الإنترنت..... 42
التذييل II – مصطلحات ثانوية لتغير مدة نقل رزم بروتوكول الإنترنت 43
1.II مقدمة 43
2.II تحديد تغير وقت النقل بين الرزم 43
3.II تحديد تغير وقت نقل الرزم بنقطة واحدة 44
4.II إرشادات بشأن تطبيق المعلمات المختلفة..... 44
التذييل III – المعلمات المتعلقة بسعة المعدل والصبيب 46
التذييل IV – اختبارات حالة تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت وتقدير معلمات تيسر هذه الخدمة عن طريق أخذ العينات 47
1.IV الاختبار الأدنى لحالة تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (فيما يتعلق بمنهجيات الاختبار ومجموعات الاختبار)..... 47
2.IV اختبار حالة تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (باستخدام اختبار نسبة الاحتمال التتابعي) 47
3.IV الاختبار البديل للدلالة الإحصائية لتحديد تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت..... 49
4.IV تقدير تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت عن طريق أخذ العينات..... 50
التذييل V – بيانات تتعلق بوسائل قياس نوعية أداء IP..... 51
التذييل VI – معلومات أساسية بشأن تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت..... 52
1.VI مقدمة 52
2.VI معلومات أساسية 52
3.VI تعاريف المناطق الواردة في الشكل 1.IV..... 53
4.VI ملخص 53
التذييل VII – معلمات أداء الرزم لتقدير تقنيات إصلاح التدفق وتشغيلها على النحو الأمثل..... 54
1.VII مقدمة 54
2.VII وصف قصير لتقنيات إصلاح تدفق طبقة التطبيق 55
3.VII نموذج بسيط لتقنيات إصلاح تدفق طبقة التطبيق 56
4.VII مثال لمعلمات الأداء لتحديد خصائص متغيرات إصلاح التدفق 56
5.VII مناقشة قياس المعلمات واستخدامها 56
6.VII اعتبارات إضافية..... 57

الصفحة

التذييل VIII – إطار عام لسعة طبقة بروتوكول الإنترنت 59
1.VIII مقدمة 59
2.VIII المصطلحات والعلاقة بالمعيار IETF RFC 5136 59
3.VIII بنود تحتاج إلى مزيد من الدراسة 60
التذييل IX – شرح أوجه قصور القياسات القائمة على بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) للوفاء بالمتطلبات المعيارية 61
1.IX مقدمة 61
2.IX مقارنة مع المتطلبات المعيارية 61
التذييل X – ملخص النتائج المختبرية (المرحلة 1) والميدانية (المرحلة 2): خطة تقييم الملحق A 63
1.X مقدمة 63
2.X إعداد الاختبار المختبري للمرحلة 1 63
3.X تفاصيل إعداد الاختبار 64
4.X أدوات الاختبار 65
5.X معايرة النتائج المبلغ عنها باستخدام الأداة iPerf 2 65
6.X ملخص نهج الاختبار ونتائجه 66
7.X ملخص الاختبارات التي تقارن السعة المقيسة مع معدلات PHY المعايَرة 67
8.X ملخص الاختبارات التي تقارن السعة المقيسة مع وقت النقل ذهاباً وإياباً 67
9.X ملخص الاختبارات باستخدام حركة متنافسة 68
10.X الاختبارات مع التنفيذ المبكر لأداة اختبار جديدة للبروتوكول UDP 70
11.X اختبارات آثار خسارة الرزم منخفضة المستوى 71
12.X تفحص حدود الإرسال القصوى لأدوات الاختبار ومنصته 72
13.X تفحص الاختبارات حيث توجد انحطاطات مبكرة في تدفقات UDP 72
14.X تفحص معلمات مشكِّل TBF المستخدمة في الاختبارات ومقارنتها مع مرشاح الضابط 72
15.X ملخص الاختبار المختبري للمرحلة 1 73
16.X مواصفات المنصة 73
17.X ملخص نتائج الاختبار الميداني للمرحلة 2 73
التذييل XI – استقصاء موجز بشأن تحديد جودة الخدمة وجودة التجربة فيما يتعلق بالنفاذ إلى الإنترنت 75
1.XI مقدمة 75
2.XI النتائج الرئيسية 75
3.XI تحليل المنشورات البحثية المتعلقة بقياسات جودة الخدمة وجودة التجربة 77
4.XI الاتجاهات العامة المتعلقة بأداء النفاذ إلى الإنترنت 81

الصفحة

التذييل XII – القياسات الدقيقة لمعدل البتات 84
1.XII مقدمة 84
2.XII النتائج الرئيسية 84
3.XII تقدير الخطأ الناجم عن حجم الرأسية في قياس عرض النطاق 85
4.XII مثال لحساب الحمل الزائد في حالة سطح بيني لشبكة سلكية وفق المعيار IEEE 802.3 Ethernet 86
5.XII وصف الأداء الوظيفي لمرشاح الدلو الرمزي 87
التذييل XIII – لمعلمات وأساليب القياس المتعلقة بالتدفق القائم على بروتوكول الإنترنت 89
1.XIII معلومات أساسية 89
2.XIII لماذا تفي المقاييس القائمة على النموذج (MBM) بمتطلبات هذه التوصية 89
3.XIII دور ووضع أسلوب القياس باستخدام المقاييس القائمة على النموذج (MBM) 90
4.XIII اختيار تدفق الاختبار 90
5.XIII نقاط القياس 91
6.XIII مواصفات معلمات النموذج المستهدف 92
7.XIII وضع معايير القبول وتفسير النتائج 92
8.XIII أساليب الاختبار 92
9.XIII مثال (أمثلة) 92
بيبليوغرافيا 93

التوصية ITU-T Y.1540

خدمة اتصالات البيانات بواسطة بروتوكول الإنترنت – معلمات الأداء الخاصة بنقل رزم بروتوكول الإنترنت وتيسرها

1 مجال التطبيق

تحدد هذه التوصية المعلمات التي يمكن استخدامها في توصيف وتقييم الأداء من حيث السرعة والدقة والمُعوّلية والتيسر لنقل رزم بروتوكول الإنترنت في إطار خدمات اتصالات البيانات الإقليمية والدولية بواسطة بروتوكول الإنترنت (IP). وتنطبق المعلمات المعرفة على خدمة IP من طرف إلى طرف ومن نقطة إلى نقطة وعلى تلك الأجزاء من الشبكة التي توفر أو تسهم في توفير هذه الخدمة وفقاً للمراجع الناظمة المحددة في البند 2. والنقل عديم التوصيل جانب مميز من جوانب خدمة IP تنظر فيه هذه التوصية.

تتحدد هذه الخدمة لأغراض هذه التوصية بأنها نقل الرزم IP التي يولدها المستعمل (وتسمى في هذه التوصية الرزم IP) بين المخدمات المطرافية التي يحددها العنوان IP الكامل الخاص بها. وهذا يختلف عن الحدود التي تنطوي عليها عبارة "من طرف إلى طرف" في بعض التوصيات الأخرى. فعلى سبيل المثال، تعرّف التوصية [ITU-T P.10] الجودة من طرف إلى طرف بأنها النوعية ذات الصلة بأداء نظام الاتصالات، وتشمل جميع معدات المحطات الطرفية. وبالنسبة للخدمات الصوتية، تعادل الجودة من طرف إلى طرف الجودة من الفم إلى الأذن.

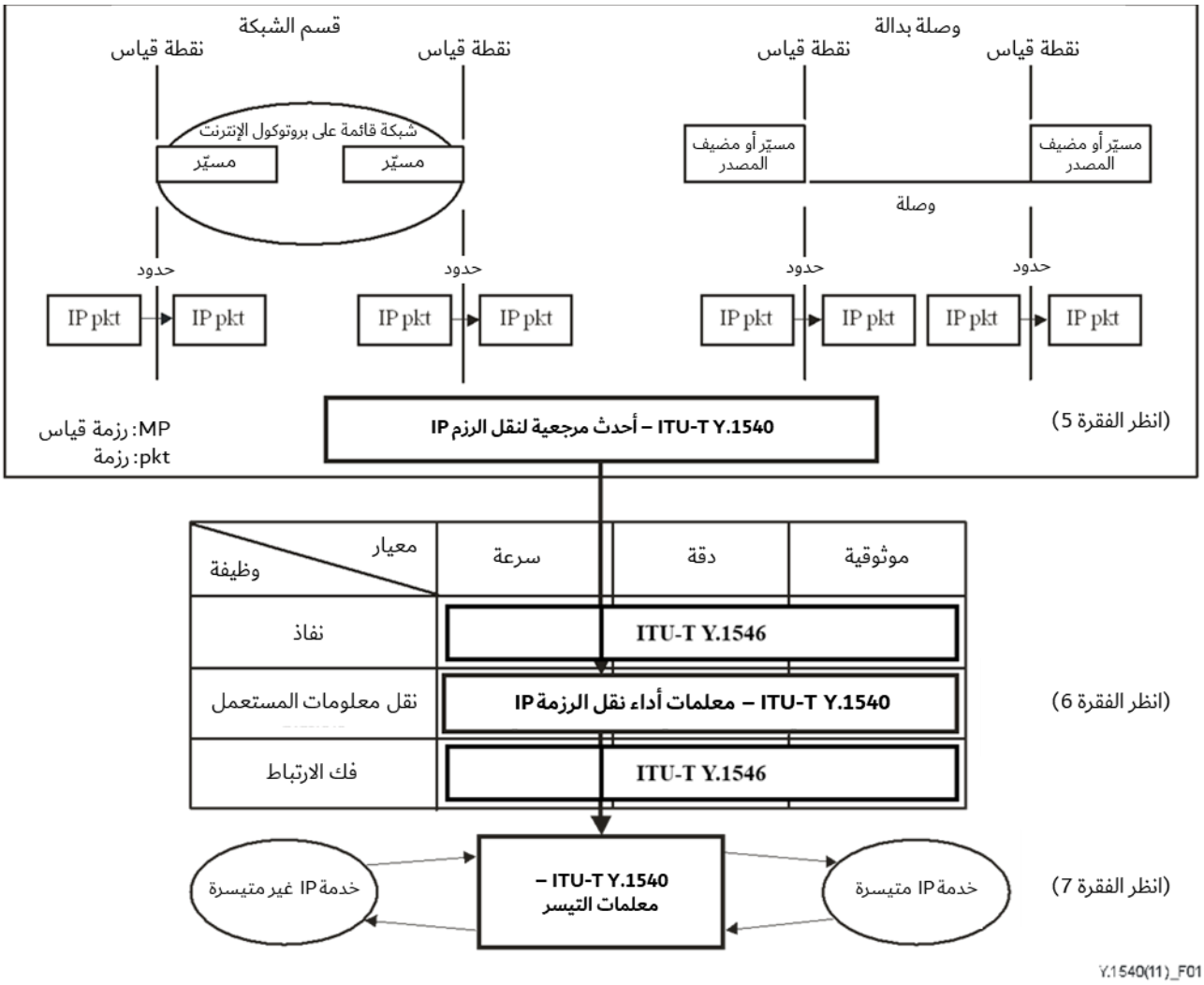
الملاحظة 1 – تعرّف هذه التوصية المعلمات التي يمكن استخدامها لتوصيف الخدمة IP المقدمة باستعمال الإصدار الرابع من بروتوكول الإنترنت (IPv4) والإصدار السادس من بروتوكول الإنترنت (IPv6)؛ أما إمكانية تطبيق هذه التوصية أو توسيعها لتشمل بروتوكولات أخرى (مثل بروتوكول حجز الموارد (RSVP)) فتحتاج إلى مزيد من الدراسة.

الملاحظة 2 – يجري حالياً إعداد توصيات بشأن أداء الخدمة من نقطة إلى عدة نقاط.

الغرض من معلمات الأداء [ITU-T Y.1540] وأساليب القياس (حيثما يتم تحديد ذلك) استعمالهما في التخطيط وتقديم الخدمات IP الإقليمية والدولية على السواء. ويشمل المستعملون المقصودون لهذه التوصية مقدمي الخدمات عبر الشبكة ومصنعي الأجهزة والمستعملين النهائيين (المشتركين في خدمات IP) وغيرهم ممن يسعون إلى إجراء عمليات تقييم و/أو مراقبة الخدمات IP. ويمكن لمقدمي الخدمات استخدام هذه التوصية في تخطيط وتطوير وتقييم الخدمات IP التي تلبي احتياجات المستعمل من حيث الأداء، ويمكن أن يستخدمها أيضاً مصنعو المعدات كمعلومات أداء ستؤثر على تصميم المعدات، والمستعلون النهائيون لتقييم أداء الخدمة IP.

ويلخص الشكل 1 مجال تطبيق هذه التوصية. وتُحدد معلمات أداء الخدمة IP على أساس الأحداث المرجعية لنقل الرزم IP (IPRE) التي يمكن رصدها عند نقاط القياس (MP) المرتبطة بحدود وظيفية وقضائية محددة. ولأغراض المقارنة والاكتمال، يُنظر في أداء الخدمة IP في سياق مصفوفة الأداء 3 × 3 المعرَّفة في التوصية [ITU-T I.1350]. وتُحدد في المصفوفة ثلاث وظائف اتصال مستقلة عن البروتوكول هي: النفاذ ونقل معلومات المستعمل وفك الارتباط. ويُنظر في كل وظيفة فيما يتعلق بثلاثة شؤون أداء عامة (أو "معايير أداء") وهي السرعة والدقة والموثوقية.

الملاحظة 3 – تشير وظيفة نقل معلومات المستعمل الموضحة في الشكل 1 في هذه التوصية إلى محاولة نقل أي رزم IP بغض النظر عن نوعها أو محتواها.



الشكل 1 – مجال تطبيق هذه التوصية

تصف معلمات الأداء المحددة في هذه التوصية سرعة نقل الرزم IP ودقتها وموثوقيتها وتيسرها كما تقدمه خدمة اتصالات البيانات بواسطة بروتوكول الإنترنت. وقد تناولت توصيات منفصلة مثل التوصية [ITU-T Y.1546]، الملحق C بشأن تيسر الخدمة القائمة على بروتوكول الإنترنت، الأداء من طرف إلى طرف للخدمات IP الإقليمية والدولية التي توفر النفاذ ووظائف فك الارتباط (مثل خدمة اسم الميدان) وقدرات النقل في الطبقة العليا (مثل بروتوكول التحكم في الإرسال).

وهذه التوصية منظمة على النحو التالي: تحدد الفقرة 1 مجال تطبيق هذه التوصية؛ وتحدد الفقرة 2 مراجعها المعيارية؛ وتقدم الفقرة 3 قائمة بالمختصرات؛ وتوضح الفقرة 4 النموذج الطبقي الذي ينشئ سياق مواصفات الأداء IP؛ وتعرّف الفقرة 5 النموذج المستخدم للأداء IP بما في ذلك أقسام الشبكة ونقاط القياس والأحداث المرجعية والنتائج؛ وتستعمل الفقرة 6 هذا النموذج لتحديد معلمات أداء نقل الرزم IP؛ ثم تحدد الفقرة 7 معلمات تيسر الخدمة IP.

ويحدد الملحق A معلمات سعة بروتوكول الإنترنت بطريقة تلبي احتياجات التقييم، وتوفر متطلبات أساليب القياس إلى جانب خطة لتقييم الأساليب المرشحة للقياس في المختبر وفي شبكات الإنتاج (الميدانية) (وهو موضوع مستجد في نسخة 2019). ويصف التذييل I اعتبارات تسيير الرزم IP وتأثيراتها على الأداء. ويوفر التذييل II مصطلحات ثانوية لتغير وقت نقل الرزم IP. وأُلغي التذييل III (المعلمات المتعلقة بسعة المعدل والصبيب) في نسخة 2019. ويصف التذييل IV تقدير مدى توافر الخدمة IP. ويقدم التذييل V اعتبارات بشأن قياس المعلمات [ITU-T Y.1540]. ويقدم التذييل VI بعض المعلومات الأساسية عن توفر الخدمة IP. ويعرض التذييل VII بعض المعلومات الأساسية بشأن معلمات إصلاح التدفق، ويقدم التذييل VIII معلومات إضافية عن معلمات السعة (بما في ذلك التقابل مع المقاييس والعناصر IETF السابقة لمزيد من الدراسة). ويشرح التذييل IX أوجه قصور القياس القائم على بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) للوفاء بالمتطلبات المعيارية الواردة في الفقرة 12.6.

وتضيف نسخة 2019 العديد من التذييلات الجديدة. ويقدم التذييل الجديد X، مواد أساسية هامة تدعم معلمات سعة بروتوكول الإنترنت وأساليب القياس، بما في ذلك ملخص لنتائج الاختبارات المختبرية والميدانية التي تقارن بين أساليب القياس المختلفة. ويحتوي التذييل XI على استقصاء للورقات الأكاديمية التي تصف حملات القياس التي تجري مقارنات مماثلة. ويتضمن التذييل XII تفاصيل الحسابات اللازمة لإجراء قياسات دقيقة لمعدل البتات ومقارنات في طبقات مختلفة من كدسة البروتوكول. ويقدم التذييل XIII معلومات عن معلمات وأساليب القياس المتعلقة بالتدفق على أساس بروتوكول الإنترنت والتي تحتاج إلى مزيد من الدراسة، ويبين الدور التكميلي فيما يتعلق بمقاييس سعة بروتوكول الإنترنت وأساليب القياس.

الملاحظة 4 – يمكن زيادة أو تعديل معلمات ITU-T Y.1540 بناءً على مزيد من الدراسة لمتطلبات التطبيقات IP (مثل التفاعل والفدرة والتدفق) التي ينبغي دعمها.

الملاحظة 5 – تهدف معلمات السرعة والدقة والموثوقية المحددة في التوصية ITU-T Y.1540 إلى توصيف الخدمة IP في حالة التيسر.

الملاحظة 6 – يمكن أن تنطبق المعلمات المحددة في هذه التوصية على خدمة IP واحدة من طرف إلى طرف بين مضيفين نهائيين محددين بعنواني IP الخاصين بهما. ويمكن تطبيق المعلمات أيضاً على الرزم IP هذه من خدمة IP معينة مقدمة إلى شبكة معينة أو وصلة بدالة (EL).

الملاحظة 7 – يراد بالمعلمات المحددة في التوصية ITU-T Y.1540 توصيف أداء الخدمة التي تقدمها عناصر الشبكة بين حدود أقسام محددة. ومع ذلك، ينبغي أن يدرك مستعملي هذه التوصية أن عناصر الشبكة خارج الحدود المحددة يمكن أن تؤثر أحياناً على الأداء المقيس للعناصر الواقعة بين الحدود. وأمثلة ذلك موصوفة في التذييل V.

الملاحظة 8 – يمكن أيضاً تطبيق المعلمات المحددة في هذه التوصية على أي مجموعة فرعية من الرزم IP المقدمة إلى مجموعة معينة من معدات الشبكة. ولا تندرج طرائق تجميع الأداء عبر مجموعة من معدات الشبكة أو عبر شبكة بأكملها في مجال تطبيق هذه التوصية.

الملاحظة 9 – لا توفر هذه التوصية الأدوات اللازمة لوصف استقرار التسيير بشكل صريح. ومع ذلك، يمكن تحديد تأثيرات عدم استقرار المسير كمياً باستخدام معلمات فدرة الخسارة والتأخير والخسارة الشديدة لمحددة في هذه التوصية.

الملاحظة 10 – يمكن العثور على مواصفات أهداف الأداء العددي لبعض معلمات الأداء ITU-T Y.1540 في التوصية [ITU-T Y.1541].

الملاحظة 11 – تعني كلمة "مؤقت"، كما استُخدمت في هذه التوصية، وجود اتفاق بشأن استقرار القيمة المشار إليها، غير أن القيمة يمكن أن تتغير بعد القيام بمزيد من الدراسة أو على أساس التجربة التشغيلية الحقيقية للشبكة.

2 المراجع

تتضمن التوصيات التالية لقطاع تقييس الاتصالات وغيرها من المراجع أحكاماً تشكل من خلال الإشارة إليها في هذا النص جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية. وقد كانت جميع الطبعات المذكورة سارية الصلاحية في وقت النشر. ولما كانت جميع التوصيات والمراجع الأخرى تخضع إلى المراجعة، يرجى من جميع المستعملين لهذه التوصية السعي إلى تطبيق أحدث طبعة للتوصيات والمراجع الأخرى الواردة أدناه. وتُنشر بانتظام قائمة توصيات قطاع تقييس الاتصالات السارية الصلاحية. والإشارة إلى وثيقة ما في هذه التوصية لا يضفي على الوثيقة في حد ذاتها صفة التوصية.

[ITU-T I.350] التوصية ITU-T I.350 (1993)، *الجوانب العامة لنوعية الخدمة وأداء الشبكة في الشبكات الرقمية بما في ذلك الشبكات ISDN*

[ITU-T P.10] التوصية ITU-T P.10/G.100 (2017)، *مجموع المفردات المستخدمة في أداء الخدمة ونوعيتها*

[ITU-T Y.1541] التوصية ITU-T Y.1541 (2011)، *أهداف أداء الشبكة للخدمات القائمة على بروتوكول الإنترنت*

[ITU-T Y.1546] التوصية ITU-T Y.1546 (2014)، *أداء التسليم بين شبكات نفاذ متعددة*

[ITU-T Y.1565] التوصية ITU-T Y.1565 (2011)، *معلمات أداء الشبكات المنزلية*

[IETF RFC 791] IETF RFC 791 (1981)، *بروتوكول الإنترنت* <http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>

[IETF RFC 4737] IETF RFC 4737 (2006)، *مقاييس إعادة ترتيب الرزم* <http://www.ietf.org/rfc/rfc4737.txt>

[IETF RFC 5136] IETF RFC 5136 (2008)، *تعريف سعة الشبكة*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc5136.txt>

[IETF RFC 5481] IETF RFC 5481 (2009)، *بيان قابلية تطبيق تغير وقت نقل الرزم*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc5481.txt>

[IETF RFC 8200] IETF RFC 8200 (2017)، *بروتوكول الإنترنت، مواصفات الإصدار السادس (IPv6)*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc8200.txt>

[IETF RFC 8337] IETF RFC 8337 (2018)، *مقاييس قائمة على النموذج لسعة النقل بالجملة*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc8337.txt>

3 المختصرات والأسماء المختصرة

تستعمل هذه التوصية المختصرات والأسماء المختصرة التالية:

ARQ طلب التكرار الأوتوماتي *(Automatic Repeat-request)*

ATM أسلوب نقل غير متزامن *(Asynchronous Transfer Mode)*

BTC نقل السعة بالجملة *(Bulk Transfer Capacity)*

DSCP نقطة تشفير الخدمات المميزة *(Differentiated Services Code Point)*

DST مضيف المقصد *(Destination host)*

EL وصلة البدالة *(Exchange Link)*

ER مسيِّر الحافة *(Edge Router)*

FEC تصحيح أمامي للأخطاء *(Forward Error Correction)*

FTP بروتوكول نقل الملفات *(File Transfer Protocol)*

HTTP بروتوكول نقل النصوص الترابطية *(Hypertext Transfer Protocol)*

IP بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol)*

IPDR نسبة تكرار رزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet Duplicate Ratio)*

IPDV تغير وقت نقل رزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet Delay Variation)*

IPER نسبة خطأ رزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet Error Ratio)*

IPIBR نسبة الفدرات المعيبة في رزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet Impaired Block Ratio)*

IPIIR نسبة الفواصل المعيبة في رزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet Impaired Interval Radio)*

IPLR نسبة خسارة رزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet Loss Ratio)*

IPOR معدل رزم بروتوكول الإنترنت القائم على الأثمونات *(Octet-based IP packet Rate)*

IPPM مقاييس أداء بروتوكول الإنترنت *(IP Performance Metrics)*

IPPR معدل رزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol Packet Rate)*

IPRE حدث مرجعي لنقل رزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet transfer Reference Event)*

IPRR نسبة إعادة ترتيب رزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet Reordered Ratio)*

IPSLB نتيجة فدرة الخسارة الشديدة لرزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet Severe Loss Block outcome)*

IPSLBR نسبة فدرة الخسارة الشديدة لرزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet Severe Loss Block Ratio)*

IPTD وقت نقل رزم بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol packet Transfer Delay)*

IPv4 الإصدار الرابع لبروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol version 4)*

IPv6 الإصدار السادس لبروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol version 6)*

ISP مقدم خدمة الإنترنت *(Internet Service Provider)*

LL الطبقات السفلى (البروتوكولات والتكنولوجيات التي تدعم طبقة بروتوكول الإنترنت)
(Lower Layers (protocols and technology supporting the Internet protocol layer))

M_{av} العدد الأدنى من الرزم الموصى به لتقييم حالة التيسّر
(The minimum number of packets recommended for assessing the availability state)

MBM مقاييس قائمة على النموذج *(Model-Based Metrics)*

MP نقطة قياس *(Measurement Point)*

MTBISO متوسط الوقت بين انقطاعات خدمة بروتوكول الإنترنت *(Mean Time Between IP Service Outages)*

MTTISR متوسط الوقت لاستعادة خدمة بروتوكول الإنترنت *(Mean Time To Internet protocol Service Restoral)*

N عدد الرزم في مسبار الصبيب بحجم N *(The number of packets in a throughput probe of size N)*

NS قسم الشبكة *(Network Section)*

NSE مجموعة أقسام الشبكة *(Network Section Ensemble)*

NSP مقدمة خدمة الشبكة *(Network Service Provider)*

PDH تراتب رقمي متقارب الزمن *(Plesiochronous Digital Hierarchy)*

PDV تغير وقت نقل الرزم *(Packet Delay Variation)*

PIA النسبة المئوية لتيسر خدمة بروتوكول الإنترنت *(Percent Internet protocol service Availability)*

PIU النسبة المئوية لعدم تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت *(Percent Internet protocol service Unavailability)*

QoS جودة الخدمة *(Quality of Service)*

R مسيِّر *(Router)*

RIPR نسبة رزم بروتوكول الإنترنت المستنسخة *(Replicated Internet protocol Packet Ratio)*

RSVP بروتوكول حجز الموارد *(Resource reservation Protocol)*

RTCP بروتوكول التحكم في الوقت الفعلي *(Real-Time Control Protocol)*

RTO تأجيل إعادة الإرسال *(Retransmission Time Out)*

RTP بروتوكول النقل في الوقت الفعلي *(Real-time Transport Protocol)*

RTT مدة الذهاب والإياب *(Round-Trip Time)*

SDH تراتب رقمي متزامن *(Synchronous Digital Hierarchy)*

SPRT اختبار نسبة الاحتمال التتابعي *(Sequential Probability Ratio Test)*

SRC مضيف المصدر *(Source host)*

STD معيار *(Standard)*

T_{av} الحد الأدنى لمدة تيسر بروتوكول الإنترنت؛ والحد الأدنى لمدة عدم تيسر بروتوكول الإنترنت
(Minimum length of time of Internet protocol availability; minimum length of time of Internet protocol unavailability)

TBF مرشاح الدلو الرمزي *(Token Bucket Filter)*

TCP بروتوكول التحكم في الإرسال *(Transmission Control Protocol)*

T_{max} الفترة القصوى لنقل رزمة بروتوكول الإنترنت التي تعتبر بعدها الرزمة مفقودة
(Maximum Internet protocol packet delay beyond which the packet is declared to be lost)

ToS نوع الخدمة *(Type of Service)*

T_s طول الوقت الذي يحدد الفدرة في نتيجة فدرة الخسارة الشديدة
(Length of time defining the block in the severe loss block outcome)

TTL مدة البقاء *(Time To Live)*

UDP بروتوكول وحدة بيانات المستعمل *(User Datagram Protocol)*

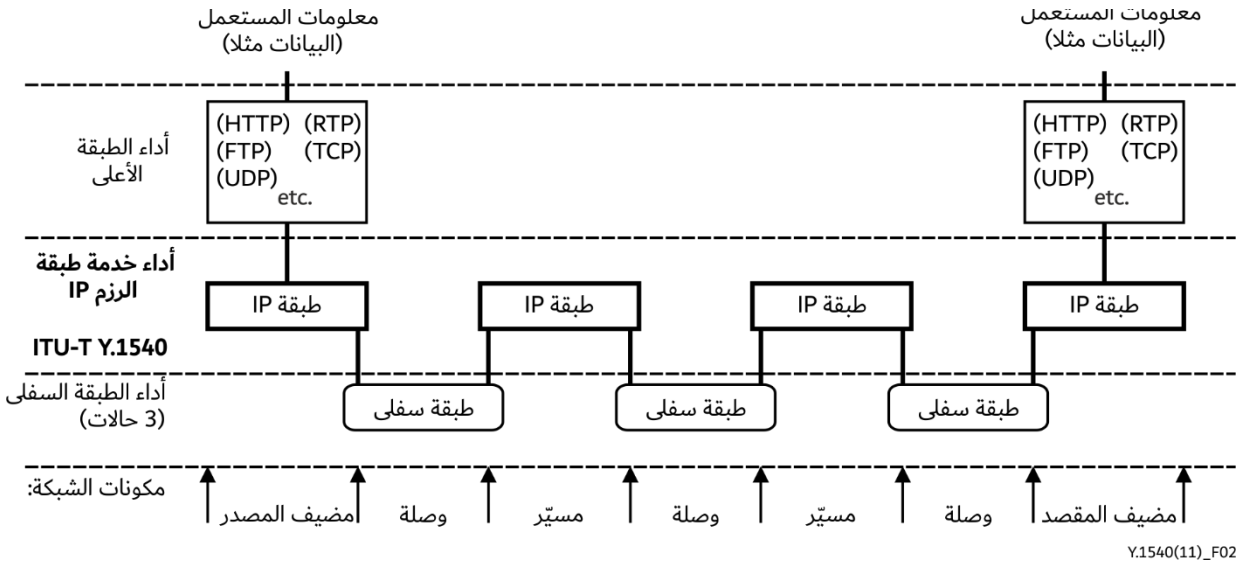
4 نموذج طبقي لأداء خدمة بروتوكول الإنترنت

يوضح الشكل 2 الطبيعة الطبقية لأداء خدمة بروتوكول الإنترنت. ويعتمد الأداء المقدم إلى مستعملي خدمة بروتوكول الإنترنت على أداء الطبقات الأخرى:

- طبقات سفلى (LL) توفر (عبر "وصلات") النقل بأسلوب التوصيل أو بدون توصيل لدعم طبقة بروتوكول الإنترنت. ويتم إنهاء الوصلات عند النقاط التي يعاد فيها تسيير الرزم IP (أي، "المسيّرات" و"SRC" و"DST") وبالتالي ليس لها أهمية من طرف إلى طرف. وقد تنطوي الوصلات على أنواع مختلفة من التكنولوجيات، مثل أسلوب النقل غير المتزامن (ATM) وترحيل الأرتال والتراتب الرقمي المتزامن (SDH) والتراتب الرقمي متقارب التزامن (PDH) والشبكة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDN) والخطوط المؤجرة. وقد تكون هناك عدة طبقات من البروتوكولات والخدمات تحت طبقة بروتوكول الإنترنت، وهي في النهاية تستفيد من أنواع مختلفة من الوسائط المادية؛
- طبقة بروتوكول الإنترنت التي توفر النقل بدون توصيل لوحدات البيانات IP (أي الرزم IP). والطبقة IP لها أهمية من طرف إلى طرف لزوج معين من عناوين IP للمصدر والمقصد. ويمكن أن تعدّل الشبكات بعض العناصر في رأسيات الرزم IP، بيد أن بيانات مستعمل بروتوكول الإنترنت قد لا تُعدّل عند الطبقة IP أو تحتها؛
- طبقات أعلى مدعومة ببروتوكول الإنترنت تمكّن الاتصالات من طرف إلى طرف؛ وقد تتضمن الطبقات العليا، على سبيل المثال، بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) وبروتوكول وحدات بيانات المستعمل (UDP) وبروتوكول نقل الملفات (FTP) وبروتوكول النقل في الوقت الفعلي (RTP) وبروتوكول نقل النصوص التشعبية (HTTP). وستعدل الطبقات الأعلى الأداء من طرف إلى طرف وقد تعززه عند الطبقة IP.

الملاحظة 1 – تعرّف الفقرة 5 نموذج أداء الخدمة IP وتعرّف بشكل أدق المصطلحات الرئيسية المستخدمة في هذا النموذج الطبقي.

الملاحظة 2 – تحتاج تفاعلات الأداء بين هذه الطبقات إلى مزيد من الدراسة.



الشكل 2 – نموذج طبقي لأداء خدمة بروتوكول الإنترنت – مثال

5 نموذج عام لأداء خدمة بروتوكول الإنترنت

تعرّف هذه الفقرة نموذجاً عاماً لأداء خدمة بروتوكول الإنترنت. ويتكون النموذج أساساً من نوعين من الأقسام: وصلة البدالة وقسم الشبكة (NS). ويرد تعريفهما في الفقرة 2.5. ويوفران اللبنات الأساسية التي يمكن من خلالها تمثيل أي خدمة IP من طرف إلى طرف. ويمكن تطبيق كل معلمة من معلمات الأداء المحددة في هذه التوصية على النقل أحادي الاتجاه للرزم IP الموجودة في قسم أو في مجموعة متسلسلة من الأقسام.

وتحدد الفقرة 4.5 مجموعة الأحداث المرجعية لنقل الرزم IP التي توفر الأساس لتعريف معلمة الأداء. وتُستمد هذه الأحداث المرجعية من تعاريف الخدمة والبروتوكول IP ذات الصلة وتتسق معها. ثم تستخدم الفقرة 5.5 هذه الأحداث المرجعية لتعداد النتائج المحتملة عند تسليم الرزمة إلى قسم ما.

ملاحظة –دمج نموذج الأداء والأحداث المرجعية ITU-T Y.1540 كله أو جزء منه في التوصية [b-ITU-T I.353] بحاجة إلى مزيد من الدراسة.

1.5 مكونات الشبكة

1.1.5 المضيف

المضيف هو حاسوب يتواصل باستخدام بروتوكولات الإنترنت. فهو ينفذ وظائف التسيير (أي يعمل في الطبقة IP) وقد ينفذ وظائف إضافية تشمل بروتوكولات الطبقة الأعلى (مثل بروتوكول طبقة النقل في مضيف المصدر أو المقصد (DST) وبروتوكولات الطبقة الأدنى (مثل أسلوب النقل غير المتزامن).

2.1.5 المسيّر

المسيّر هو مضيف يتيح التواصل بين مضيفين آخرين عن طريق إعادة توجيه الرزم IP استناداً إلى محتوى حقل عنوان المقصد IP الخاص بهم.

3.1.5 مضيف المصدر (SRC)

مضيف المصدر هو مضيف وعنوان IP كامل حيث تنشأ رزم IP من طرف إلى طرف. وقد يكون للمضيف عموماً أكثر من عنوان IP واحد؛ ومع ذلك، مضيف المصدر (SRC) هو ارتباط فريد بعنوان IP وحيد. وينشئ مضيف المصدر أيضاً بروتوكولات طبقة أعلى (مثل بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP)) عند تنفيذ مثل هذه البروتوكولات.

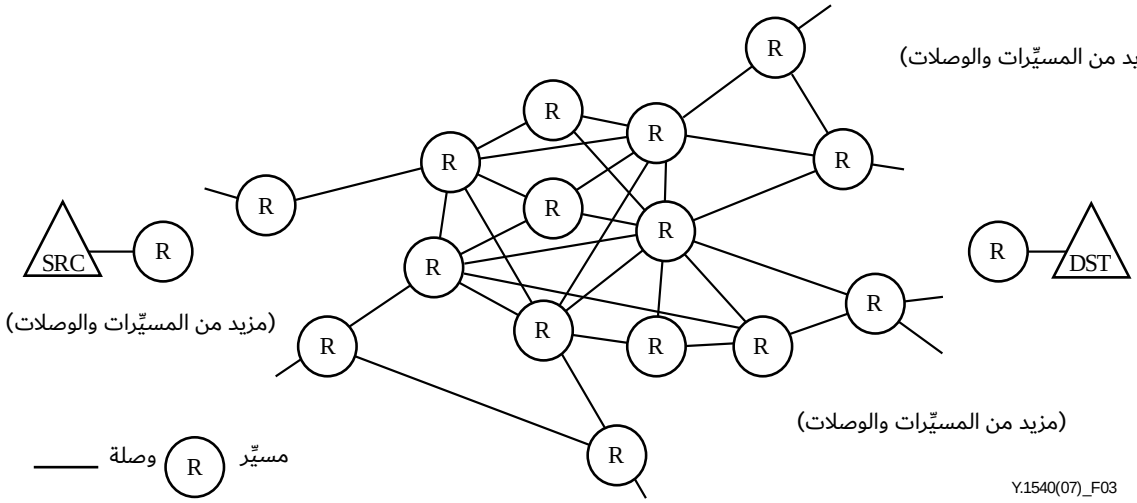
4.1.5 مضيف المقصد (DST)

مضيف المقصد هو مضيف وعنوان IP كامل حيث يتم إنهاء رزم IP من طرف إلى طرف. وقد يكون للمضيف عموماً أكثر من عنوان IP واحد؛ ومع ذلك، مضيف المقصد (SRC) هو ارتباط فريد بعنوان IP وحيد. ويقوم مضيف المقصد أيضاً بإنهاء بروتوكولات طبقة أعلى (مثل بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP)) عند تنفيذ مثل هذه البروتوكولات.

5.1.5 الوصلة

الوصلة هي توصيل من نقطة إلى نقطة (مادي أو افتراضي) تُستخدم لنقل رزم بروتوكول الإنترنت بين زوج من المضيفين. ولا تتضمن أي أجزاء من المضيفين أو أي مضيفين آخرين؛ وتعمل تحت طبقة IP. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تكون الوصلة خطاً مؤجراً أو يمكن تنفيذها كتوصيل منطقي عبر شبكة الإثرنت أو شبكة ترحيل الأرتال أو شبكة ATM أو أي تكنولوجيا شبكية أخرى تعمل تحت طبقة IP.

ويوضح الشكل 3 مكونات الشبكة ذات الصلة بخدمة IP بين مضيف المصدر (SRC) ومضيف المقصد (DST). والصلات التي يمكن أن تكون توصيلات عن طريق المراقمة أو خطوطاً أو حلقات أو شبكات مؤجرة موضحة كخطوط بين المضيفين. وتُوضح المسيِّرات كدوائر ويُوضح المضيفين SRC وDST في شكل مثلثين.



الشكل 3 – مكونات شبكة IP

2.5 وصلات البدالة وأقسام الشبكة

1.2.5 وصلة البدالة (EL)

تقوم هذه الوصلة بتوصيل:

1) مضيف المصدر أو مضيف المقصد بمضيفه المجاور (مثل المسيّر) ربما في ولاية قضائية أخرى، ويشار إليه أحياناً بوصلة نفاذ أو وصلة دخول أو وصلة خروج؛

2) أو بتوصيل مسيّر في أحد أقسام الشبكة بمسيّر في قسم شبكة آخر.

وجدير بالإشارة إلى أن المسؤولية عن وصلة البدالة وسعتها وأدائها، يجري تقاسمها عادة بين الأطراف الموصولة.

ملاحظة – مصطلح "وصلة البدالة" يكافئ تقريباً مصطلح "تبادل" على النحو المحدد في [b-IETF RFC 2330].

2.2.5 قسم الشبكة (NS)

قسم الشبكة هو مجموعة من المضيفين إلى جانب جميع وصلات التوصيل البيني التي توفر معاً جزءاً من الخدمة IP بين مضيف المصدر ومضيف المقصد، وتقع تحت مسؤولية قضائية واحدة (أو تعاونية). وتتكون بعض أقسام الشبكة من مضيف واحد بدون وصلات توصيل بيني. ويشكل قسم شبكة المصدر وقسم شبكة المقصد حالات خاصة من أقسام الشبكة. ويتم توصيل أزواج من أقسام الشبكة بواسطة وصلات البدالة.

ملاحظة – "قسم الشبكة" يعادل تقريباً مصطلح "سحابة" كما هو محدد في التوصية [b-IETF RFC 2330].

ويمكن اعتبار أي مجموعة من المضيفين الموصولين بينياً بوصلات قسماً من الشبكة. ومع ذلك، ولأغراض (مستقبلية) لتوزيع أداء بروتوكول الإنترنت، سيكون من المناسب التركيز على مجموعة المضيفين والوصلات الواقعة تحت مسؤولية قضائية واحدة (أو تعاونية) (مثل مقدم خدمة الإنترنت (ISP) أو مقدم خدمة الشبكة (NSP)). ويكون لهؤلاء المضيفين عموماً معرّف الشبكة نفسه في عناوين IP الخاصة بهم. وعادة ما يكون لديهم قواعد خاصة بهم من أجل التسيير الداخلي. وتفرض العمليات العالمية والسياسات المحلية خيارات التسيير إلى مقاصد خارج قسم الشبكة هذا (إلى أقسام شبكة أخرى عبر وصلات البدالة). وترتبط عادة أقسام الشبكة هذه بمسيّرات تنفذ بروتوكولات البوابة الخارجية IP.

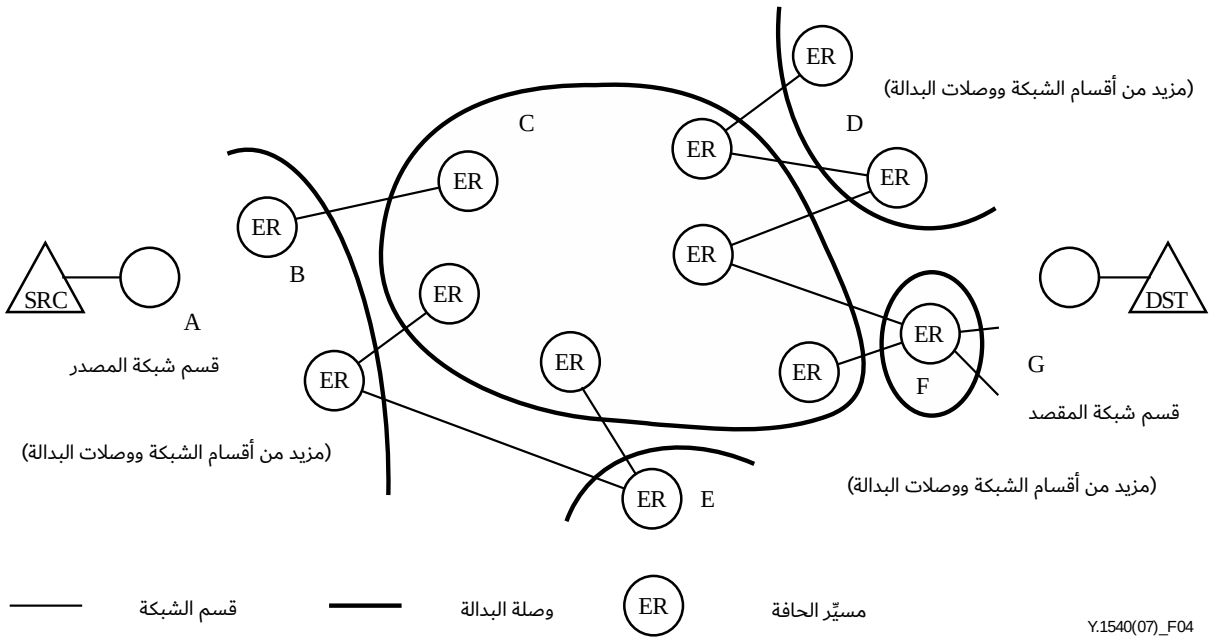
3.2.5 قسم شبكة المصدر

قسم شبكة المصدر هو قسم الشبكة الذي يشمل مضيف المصدر (SRC) ضمن مسؤوليته القضائية. وفي بعد الحالات، يكون مضيف المصدر المضيف الوحيد ضمن قسم شبكة المصدر.

4.2.5 قسم شبكة المقصد

قسم شبكة المقصد هو قسم الشبكة الذي يشمل مضيف المقصد (DST) ضمن مسؤوليته القضائية. وفي بعد الحالات، يكون مضيف المقصد المضيف الوحيد ضمن قسم شبكة المقصد.

ويوضح الشكل 4 توصيلية الشبكة ذات الصلة بخدمة IP بين مضيف المصدر (SRC) ومضيف المقصد (DST). وعند حواف كل قسم شبكة، تستقبل مسيّرات البوابة الرزم وترسلها عبر وصلات البدالة.



الشكل 4 – توصيلية شبكة IP

3.5 نقاط القياس والأقسام القابلة للقياس

1.3.5 نقطة القياس (MP)

نقطة القياس هي الحد الفاصل بين مضيف ووصلة مجاورة، ويمكن منه مراقبة وقياس أحداث مرجعية للأداء. ويجوز مراقبة بروتوكولات الإنترنت المعيارية وفقاً للتوصية [b-ITU-T I.353] في نقاط قياس نوعية الأداء IP. وتقدم التوصية [b-ITU-T I.353] مزيداً من المعلومات عن نقاط القياس (MP) الخاصة بالخدمات الرقمية.

ملاحظة – لا يزال يتعين مواصلة دراسة الموقع الدقيق لنقطة قياس الخدمة IP ضمن مجموعة بروتوكولات IP.

ويمكن قياس قسم أو مجموعة أقسام إذا كانت محددة بمجموعة من نقاط القياس. وفي هذه التوصية، الأقسام التالية قابلة للقياس.

2.3.5 القسم الأساسي

الأقسام الأساسية هي إما وصلة بدالة (EL) أو قسم شبكة (NS) أو مضيف مصدر (SRC) أو مضيف مقصد (DST). والأقسام الأساسية محددة بنقاط القياس.

وأداء أي من وصلة البدالة أو قسم الشبكة قابل للقياس نسبة إلى أي خدمة IP أحادية الاتجاه من طرف إلى طرف. ونقاط قياس الدخول هي مجموعة نقاط القياس التي تعبرها رزم من تلك الخدمة أثناء انتقالها إلى هذا القسم الأساسي. ونقاط قياس الخروج هي مجموعة نقاط القياس التي تعبرها رزم من تلك الخدمة أثناء مغادرتها هذا القسم الأساسي.

3.3.5 شبكة IP من طرف إلى طرف

مجموعة وصلات البدالة وأقسام الشبكة التي توفر نقل رزم IP المرسلة من مضيف المصدر إلى مضيف المقصد. ونقاط القياس التي تربط شبكة IP من طرف إلى طرف هي نقاط القياس في مضيفي المصدر والمقصد.

يُقاس أداء شبكة IP من طرف إلى طرف نسبة إلى أي خدمة IP معينة أحادية الاتجاه من طرف إلى طرف. ونقاط قياس الدخول هي نقاط القياس التي تعبرها رزم من تلك الخدمة أثناء انتقالها إلى الشبكة من طرف إلى طرف في مضيف المصدر. ونقاط قياس الخروج هي نقاط القياس التي تعبرها رزم من تلك الخدمة أثناء مغادرتها الشبكة من طرف إلى طرف في مضيف المقصد.

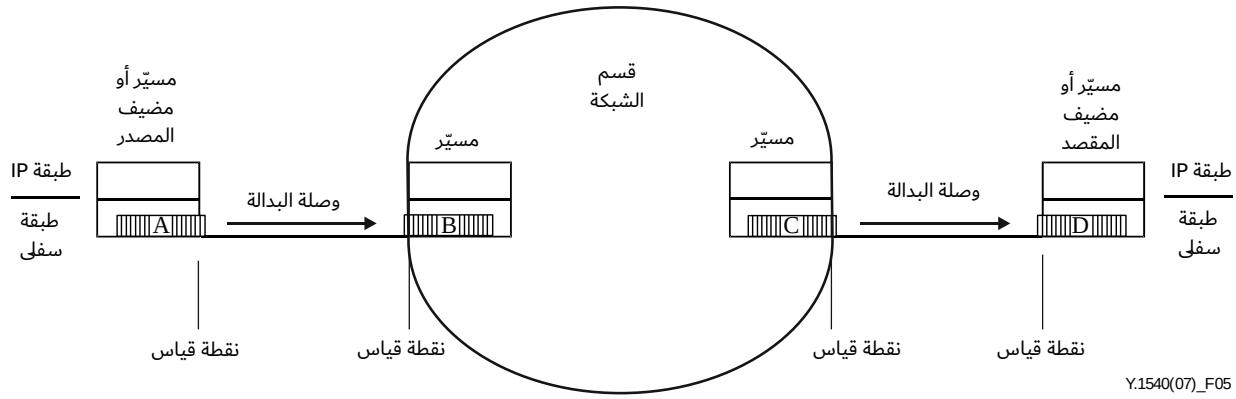
4.3.5 مجموعة أقسام الشبكة (NSE)

تشير مجموعة أقسام الشبكة (NSE) إلى أي مجموعة فرعية متصلة من أقسام الشبكة إلى جانب جميع وصلات البدالة التي تربط بينهما. ويمكن استخدام مصطلح "NSE" للإشارة إلى قسم شبكة واحد أو اثنين أو أي عدد من أقسام الشبكة ووصلات البوابة المتصلة بها. وترتبط أزواج NSE متميزة بوصلات البدالة. ويمكن استخدام مصطلح "NSE" أيضاً لتمثيل شبكة IP من طرف إلى طرف بالكامل. وتُحدد مجموعة أقسام الشبكة بنقاط القياس.

ويُقاس أداء أي مجموعة NSE نسبة إلى أي خدمة IP معينة أحادية الاتجاه من طرف إلى طرف. ونقاط قياس الدخول هي مجموعة نقاط القياس التي تعبرها رزم من تلك الخدمة أثناء انتقالها إلى مجموعة NSE. ونقاط قياس الخروج هي مجموعة نقاط القياس التي تعبرها رزم من تلك الخدمة أثناء مغادرتها مجموعة NSE.

4.5 أحداث مرجعية لنقل رزم IP (IPRE)

في سياق هذه التوصية، تنطبق التعاريف التالية على خدمة IP من طرف إلى طرف. ويوضح الشكل 5 المصطلحات المعرّفة.



الملاحظة 1 – أحداث خروج IP للرزمتين A وC.
الملاحظة 2 – أحداث دخول IP للرزمتين B وD.

الشكل 5 – مثال على أحداث مرجعية لنقل رزم IP

يطرأ حدث نقل رزم IP عندما:

- تعبر رزمة IP نقطة قياس؛
- تتحقق إجراءات IP المعيارية المطبقة على رزمة IP من صحة المجموع الاختباري للرأسية؛
- يمثل حقلا عنوان المصدر والمقصد في رأسية رزمة IP عنوانيْ IP لمضيفي المصدر والمقصد المتوقعين.

ملاحظة – تحتوي رأسية الرزم IP على معلومات تشمل نوع الخدمة (ToS) أو نقطة شفرة الخدمات المتباينة (DSCP). وكيفية تأثير هذه المعلومات على أداء نقل الرزم بحاجة لمزيد من الدراسة.

وتُعرّف الأحداث المرجعية لنقل رزم IP دون مراعاة تجزئة الرزم. وتحدث من أجل كل رزمة IP تعبر أي نقطة قياس بغض النظر عن القيمة المتضمنة في "علامة مزيد من الأجزاء".

وتُعرّف أربعة أنواع من الأحداث المرجعية لنقل رزم IP:

1.4.5 حدث دخول حزمة IP في مضيف

يطرأ حدث دخول نقل رزم IP إلى مضيف عندما تعبر رزم IP نقطة قياس تدخل إلى مضيف (مسيّر قسم الشبكة أو مضيف المقصد) من وصلة البدالة المتصلة.

2.4.5 حدث خروج حزمة IP من مضيف

يطرأ حدث خروج نقل رزم IP من مضيف عندما تعبر رزم IP نقطة قياس تخرج من مضيف (مسيّر قسم الشبكة أو مضيف المقصد) إلى وصلة البدالة المتصلة

3.4.5 حدث دخول رزم IP في قسم أساسي أو في مجموعة أقسام الشبكة

يطرأ حدث دخول نقل رزم IP في قسم أساسي أو في مجموعة أقسام الشبكة عندما تعبر رزم IP نقطة قياس الدخول إلى قسم أساسي أو مجموعة أقسام الشبكة.

4.4.5 حدث خروج رزم IP من قسم أساسي أو من مجموعة أقسام الشبكة

يطرأ حدث خروج نقل رزم IP من قسم أساسي أو من مجموعة أقسام الشبكة عندما تعبر رزم IP نقطة قياس الخروج إلى قسم أساسي أو مجموعة أقسام الشبكة.

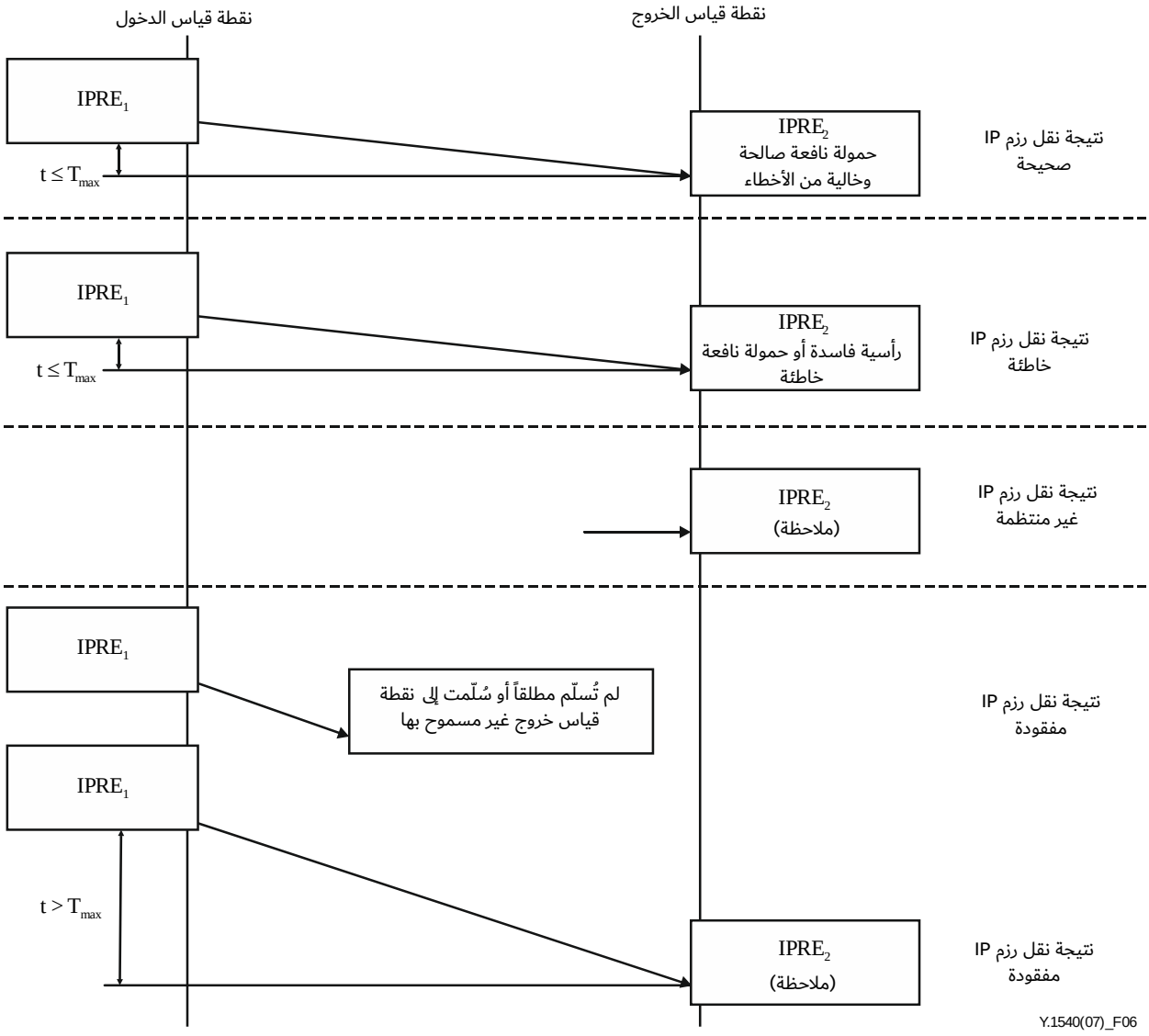
الملاحظة 1 – أحداث دخول وخروج حزمة IP على التوالي، تمثل دائماً الدخول إلى المضيف والخروج منه. وتمثل أحداث دخول وأحداث خروج رزم IP دائماً الدخول والخروج من قسم أو من مجموعة أقسام الشبكة. ولتوضيح هذه النقطة، جدير بالإشارة إلى أن الدخول إلى وصلة بوابة ينشئ حدث خروج من المضيف السابق، في حين أن الدخول إلى قسم الشبكة هو حدث دخول، لأن أقسام الشبكة لديها دائماً، بحكم التعريف، مضيفون عند الحواف.

الملاحظة 2 – لأغراض القياس العملي، لا يلزم رصد الأحداث المرجعية لنقل رزم IP في مجموعة بروتوكولات IP لدى المضيف. وبدلاً من ذلك، يمكن تقريب وقت وقوع هذه الأحداث المرجعية عن طريق مراقبة الرزم IP التي تعبر سطحاً بينياً مادياً مصاحباً. غير أن هذا السطح البيني المادي ينبغي أن يكون أقرب ما يمكن من نقطة القياس المطلوبة. وفي الحالات التي تُراقب فيها الأحداث المرجعية عند سطح بيني مادي، يتم تقريب وقت وقوع حدث خروج من مضيف عن طريق مراقبة البتة الأولى للرزم IP القادمة من المضيف أو من معدات الاختبار. ويتم تقريب وقت حدوث حدث دخول إلى مضيف عن طريق مراقبة آخر بتة للرزم IP المتوجهة إلى المضيف أو معدات الاختبار.

5.5 نتائج نقل رزم IP

من خلال النظر في الأحداث المرجعية لنقل الرزم IP، يمكن تحديد عدد من نتائج نقل IP المحتملة لأي رزم تحاول عبور قسم أساسي أو مجموعة أقسام من الشبكة. والرزم IP المرسَلة، إما تُنقل *بشكل صحيح*، أو *بشكل خاطئ* أو *تتعرض للفقدان*. وتعتبر رزمة IP مسلّمة لم تقدَّم لها أي رزمة IP مقابلة رزمة غير منتظمة. ويوضح الشكل 6 نتائج نقل رزم IP.

وتستند تعاريف نتائج نقل رزم IP إلى مفاهيم نقطة قياس *الدخول المسموح به*، ونقطة قياس *الخروج المسموح به* و*الرزم المقابلة*.



ملاحظة – تحدث النتيجة بشكل مستقل عن محتوى رزم IP.

الشكل 6 – نتائج نقل رزم IP

1.5.5 معلومات التسيير العالمية ووصلات الخرج المسموح به

نظرياً، في شبكة IP موصولة، يمكن تسليم الرزم إلى أي مسيّر، NS أو NSE، مع استمرار وصولها إلى مقصدها. غير أن معلومات التسيير العالمية تحدد مجموعة مقيدة من عناوين المقصد تكون كل شبكة (نظام مستقل) مستعدة وقادرة على خدمتها نيابة عن كل قسم شبكة مجاور لها. ومن المعقول افتراض أن قسم الشبكة (في أسوأ حالة) سيستبعد تماماً أي رزم ذات عناوين مقصد أعلن قسم الشبكة عن عدم القدرة (أو عدم الاستعداد) على خدمتها. ولذلك، ينبغي ألا يعاد توجيه جميع الرزم IP (وأجزاء الرزم) التي تغادر قسماً أساسياً إلا إلى أقسام أساسية أخرى على النحو *المسموح به* في معلومات التسيير العالمية المتاحة.

ولأغراض الأداء، لا يعتبر نقل رزم IP بواسطة مجموعة NSE ناجحاً إلا عندما تقوم مجموعة NSE هذه بإعادة توجيه محتويات الرزم بأكملها إلى أقسام أساسية أخرى كما تسمح بذلك معلومات التسيير العالمية المتاحة حالياً. وإذا كان عنوان المقصد يقابل مضيفاً موصولاً بمجموعة NSE هذه مباشرةً، فإن الخرج الوحيد المسموح به ونقل IP الوحيد الناجح هو إعادة توجيه إلى مضيف المقصد.

الملاحظة 1 – تشمل إجراءات IP تحديث معلومات التسيير العالمية. وقسم الشبكة الذي كان مسموحاً به قد لا يكون مسموحاً به بعد تحديث معلومات التسيير المتقاسمة بين أقسام الشبكة. وفي المقابل، قد يصبح قسم شبكة كان غير مسموح به سابقاً مسموحاً به بعد تحديث معلومات التسيير العالمية.

الملاحظة 2 – يمكن استكمال معلومات التسيير بمعلومات عن الملاءمة النسبية لكل وصلة من وصلات الخرج المسموح به. والآثار المترتبة على أداء تلك المعلومات الإضافية تحتاج إلى مزيد من الدراسة.

في وقت معين، ونسبة إلى خدمة IP معينة من طرف إلى طرف وقسم أساسي أو مجموعة أقسام الشبكة:

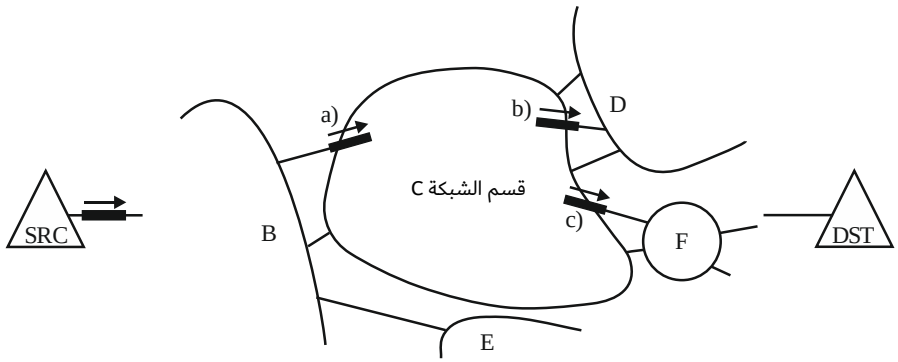
- تكون نقطة قياس الدخول *نقطة قياس دخول مسموحاً بها* إذا سمحت معلومات التسيير العالمية بعبور نقطة القياس هذه في هذا القسم الأساسي أو في مجموعة أقسام الشبكة هذه؛
- تكون نقطة قياس الخروج *نقطة قياس خروج مسموحاً بها* إذا أدت نقطة القياس هذه إلى قسم أساسي آخر مسموح به في معلومات التسيير العالمية.

2.5.5 الأحداث المقابلة

تحليل الأداء يجعل من الضروري إقران الرزم التي تَعبر نقطة قياس واحدة بالرزم التي عَبَرت نقطة قياس مختلفة. ويعني التسيير بدون توصيل أن الرزم قد تترك قسماً أساسياً في أي نقطة من عدة نقاط قياس خروج (ممكن) مسموح به. وتعني تجزئة الرزم أن الرزم التي تدخل قسماً أساسياً قد تترك في أجزاء، ربما في عدة أقسام أساسية أخرى. وأخيراً، قد يرسل التسيير IP بدون توصيل رزم أو جزءاً مرة أخرى إلى قسم أساسي عَبَره بالفعل (ربما بسبب تحديث جداول التسيير).

ويشار إلى أن حدث خروج IP *يقابل* حدث دخول سابقاً إذا تم إنشاؤهما بواسطة رزم IP "نفسها". وينطبق هذا المفهوم سواء كانت الرزم عند نقطة قياس الخروج رزم كاملة أو مجرد جزء من الرزم الأصلية. ويوضح الشكل 7 حالة تنتقل فيها رزم إلى NS C من NS B ويتم تجزئتها إلى جزأين في NS C. ويُرسل أحد الأجزاء إلى NS D والآخر إلى NS F. و*يقابل* حدثا الخروج هذان حدث الدخول الفردي. وتجنباً للالتباس الناجم عن إعادة دخول الرزم إلى NSE، يتطلب مفهوم *التقابل* هذا أيضاً أن تكون هذه هي المرة الأولى التي يغادر فيها هذا المحتوى المحدد (منذ دخوله) المجموعة NSE.

والتحديد العملي لما إذا كانت الأحداث المرجعية IP متطابقة عادة ما يكون أمراً مخصصاً وسيعتمد غالباً على النظر في عناوين IP ومعلومات التسيير العالمية، ومجال تعريف رزم IP والمعلومات الأخرى المتعلقة بالرأسية ومحتويات الرزم IP.



Y.1540(07)_F07

رزم IP من مضيف المصدر إلى مضيف المقصد تدخل القسم NS C، وتنشئ حدث دخول، وتُجزأ وتنشئ حدثي خروج مقابلين، هما b) وc).

الشكل 7 – أحداث مقابلة عند حدوث تجزئة

3.5.5 ملاحظات بشأن تعاريف نتائج نقل الرزم الصحيحة والخاطئة والمفقودة وغير المنتظمة

يستند كل تعريف من التعاريف التالية لنتائج الرزم الفردية إلى مراقبة الأحداث المرجعية IP عند نقاط القياس IP. ومن خلال اختيار نقاط القياس IP المناسبة، يمكن استخدام كل تعريف لتقييم أداء وصلة بدالة معينة، وقسم NS معين، ومجموعة NSE معينة ويمكن تطبيقها على أداء الخدمات من طرف إلى طرف.

وتُعرّف هذه النتائج دون تقييد لنوع رزم معينة (ToS، أو DSCP، أو بروتوكول، وما إلى ذلك). ويختلف أداء IP حسب نوع الرزم.

وفي كل تعريف، تؤخذ إمكانية تجزئة الرزم بعين الاعتبار من خلال تضمين إمكانية أن يؤدي حدث مرجعي IP واحد إلى عدة أحداث لاحقة. وجدير بالملاحظة أنه في حال فقدان أي جزء تعتبر الرزم الأصلية مفقودة. وإذا لم تُفقد أي أجزاء، ولكن كان بعضها خاطئاً، تعتبر الرزم الأصلية بأكملها خاطئة. ولكي يعتبر تسليم الرزم الأصلية ناجحاً، يجب تسليم كل جزء بنجاح إلى إحدى وصلات بدالة الخرج المسموح به.

4.5.5 نتيجة نقل رزم IP صحيحة

تحدث نتيجة نقل رزم صحيحة عندما يؤدي حدث مرجعي واحد لنقل رزم IP عند نقطة دخول MP_0 مسموح بها إلى حدث مرجعي مقابل واحد (أو أكثر) عند نقطة خروج MP_i واحدة (أو أكثر)، وكل ذلك في غضون وقت T_{max} محدد من حدث الدخول الأصلي وعندما:

1) تكون جميع نقاط الخروج MP_i حيث تحدث الأحداث المرجعية المقابلة مسموحاً بها؛

2) يتم إدراج المحتويات الكاملة للرزم الأصلية المرصودة عند MP_0 في الرزمة (الرزم) المرسَلة؛

3) يكون المحتوى الاثنيني لمجال (مجالات) معلومات الرزمة IP متطابقاً تاماً مع المحتوى الإثنيني للرزمة الأصلية.

4) يكون مجال (مجالات) الرأسية للرزمة (الرزم) المرسَلة صالحاً.

ملاحظة – يوصى بضبط قيمة T_{max} عند 3 ثوان للاستخدام العام. وقد تتطلب بعض المسيرات العالمية من طرف إلى طرف قيمة أكبر من T_{max} لضمان إتاحة فرصة كافية لوصول الرزم ذات أوقات النقل الطويلة. وقد استُخدمت قيمة 3 ثوان في الممارسة العملية.

5.5.5 نتيجة رزم IP خاطئة

تحدث نتيجة نقل رزم خاطئة عندما يؤدي حدث مرجعي واحد لنقل رزم IP عند نقطة دخول MP_0 مسموح بها إلى حدث مرجعي مقابل واحد (أو أكثر) عند نقطة خروج MP_i واحدة (أو أكثر)، وكل ذلك في غضون وقت T_{max} من الحدث المرجعي الأصلي و:

1) تكون جميع نقاط الخروج MP_i حيث تحدث الأحداث المرجعية المقابلة مسموحاً بها

2) يتم إدراج المحتويات الكاملة للرزم الأصلية المرصودة عند MP_0 في الرزمة (الرزم) المرسلَة

3) وإما

- أن المحتويات الاثنينية لمجال (مجالات) معلومات الرزم IP المرسَلة لا تتطابق تماماً مع تلك الخاصة بالرزم الأصلية؛
- أو أن مجالاً (أو أكثر) من مجالات الرأسية للرزمة (الرزم) المرسَلة فاسداً.

ملاحظة – تُستبعد معظم الرزم ذات الرأسيات الخاطئة التي لا يتم الكشف عنها عن طريق المجموع التدقيقي للرأسية في طبقة IP أو يعاد توجيهها بواسطة إجراءات أخرى لطبقة IP (استناداً إلى فساد في العنوان أو في مجالات ToS/DSCP مثلاً). والنتيجة هي عدم استحداث أي حدث مرجعي لبروتوكولات الطبقة العليا التي تتوقع استقبال هذه الرزم. ونظراً لعدم وجود حدث مرجعي IP، فإن محاولات نقل الرزم هذه تصنف باعتبارها نتائج رزم مفقودة. وتُصنف الرأسيات الخاطئة التي لا ينتج عنها استبعاد أو توجيه خاطئ باعتبارها نتائج رزم خاطئة.

6.5.5 نتيجة رزم IP مفقودة

تحدث نتيجة رزم مفقودة عندما يكون هناك حدث مرجعي واحد لرزم IP عند نقطة دخول MP_1 مسموح بها، وعندما لا تسفر بعض أو كل المحتويات المقابلة لرزم الدخول هذه عن حدث مرجعي لرزم IP عند نقطة خروج MP_n مسموح بها في غضون الوقت T_{max}.

ويمكن أن تكون نتيجة الرزم المفقودة في الواقع واحدة أو أكثر من نتائج الرزم *الموجهة بشكل خاطئ* (والتي لم يتم رصدها)، على النحو المحدد أدناه.

وتحدث رزم موجهة بشكل خاطئ عندما ينتج حدث مرجعي واحد لرزم IP عند نقطة دخول MP_0 مسموح بها إلى حدث مرجعي مقابل واحد (أو أكثر) عند نقطة خروج MP_i واحدة (أو أكثر)، وكل ذلك في غضون وقت T_{max} محدد من الحدث المرجعي الأصلي وعندما:

1) يتم إدراج المحتويات الكاملة للرزم الأصلية المرصودة عند MP_0 في الرزمة (الرزم) المرسَلة؛ ولكن
2) تكون نقطة واحدة أو أكثر من نقاط الخروج MP_i حيث تطرأ الأحداث المرجعية المقابلة، نقطة خروج MP غير مسموح به.

7.5.5 نتيجة رزم IP غير منتظمة

تظهر نتيجة رزم IP غير منتظمة لقسم أساسي، NSE، في خدمة IP من طرف إلى طرف عندما تنشئ رزمة IP واحدة حدث خروج لا يكون له حدث دخول مقابل.

8.5.5 نتائج رزم IP الثانوية

تستند النتائج التالية إلى النتائج الأساسية المبينة أعلاه.

1.8.5.5 نتائج رزم IP المرتبة والمُعاد ترتيبها

يحتاج تعريف نتائج رزم IP من هذا القبيل إلى بعض المناقشة الأساسية.

تسليم الرزم بالترتيب هو خاصية لمحاولات ناجحة لنقل الرزم، حيث يُحتفظ بترتيب إرسال الرزم عند الوصول إلى مضيف المقصد (أو نقطة القياس). ويُحدد ترتيب الوصول بالموقع نسبةً إلى الرزم الأخرى المعنية، على الرغم من أنه يمكن تحديد مدى إعادة ترتيب رزم معينة كمياً في وحدات مسافات الموقع والوقت وبايتات الحمولة النافعة. وتكون معلمة أداء الرزم المعاد ترتيبها ذات صلة بمعظم التطبيقات، ولا سيما عند تقييم دعم الشبكة لتدفقات الوسائط في الوقت الفعلي، وذلك بسبب قدرتها المحدودة على استعادة الترتيب أو عندما ينطوي الأداء على نقص في تلك القدرة. وتحتوي الرزم عادة على معرّف هوية فريد يطبق عند مضيف المصدر، ويُفترض أحياناً أن يكون رقم تتابع، وبالتالي فإن هذا العدد أو المعلومات الأخرى (مثل أختام الوقت من النقطة MP_0) هو مرجع الترتيب الأصلي عند المصدر. ويتطلب تقييم ترتيب الوصول أيضاً القدرة على تحديد الرزم المحددة التي تمثل الرزم "المتوقعة التالية"، ويُبسط ذلك بشكل كبير عندما تكون أرقام التتابع عبارة عن أعداد صحيحة متزايدة متتالية.

وتحدث نتيجة رزم مرتّبة عندما يؤدي حدث مرجعي واحد لرزم IP عند نقطة قياس خروج مسموح بها إلى ما يلي:

- يكون رقم تتابع الرزم أكبر من القيمة التالية للرزم المتوقعة أو مساوياً له. وتزداد القيمة المتوقعة التالية لمراعاة وصول هذه الرزم، مما يقابل قيمة جديدة متوقعة.

وتحدث نتيجة رزم معاد ترتيبها أو خارج الترتيب عندما يؤدي حدث مرجعي واحد لرزم IP عند نقطة قياس خروج مسموح بها إلى ما يلي:

- يكون رقم تتابع الرزم أقل من القيمة التالية للرزم المتوقعة وبالتالي يعاد ترتيب الرزم. ولا تتغير القيمة المتوقعة التالية بسبب وصول هذه الرزم.

2.8.5.5 نتيجة فدرة الخسارة الشديدة لرزم IP

تحدث نتيجة فدرة الخسارة الشديدة للرزم (IPSLB) في فدرة رزم مرصودة خلال الفاصل الزمني T_s عند نقطة الدخول MP_0 عندما تتجاوز نسبة الرزم المفقودة عند نقطة الخروج MP_i إلى إجمالي الرزم في الفدرة القيمة s1.

وتُضبط قيمة الفاصل الزمني T_s مؤقتاً على 10 ثوانٍ. وتضبط قيمة العتبة s1 مؤقتاً على 0,2. وينبغي أن يكون تقييم الفدرات المتتالية (الفواصل الزمنية) غير متداخل.

ملاحظة – الغرض من هذه القيم هو تحديد تغيرات المسير IP بسبب تحديثات التسيير، التي تسبب انحطاطاً كبيراً في معظم تطبيقات المستعمل. وقد تتغير القيم بعد مزيد من الدراسة والتجربة. ومن شأن القيم الأدنى بمقدار s1 أن تلتقط أحداثاً إضافية للشبكة قد تؤثر على تشغيل التطبيقات الحساسة للتوصيلية. وقد يكون التدهور الكبير في التطبيقات الفيديوية والسمعية مرتبطاً بشكل جيد بالنتيجة IPSLB عند استخدام أطوال الفدرة T_s التي تبلغ ثانية واحدة تقريباً، وقد يكون استعمال هذه القيمة مهماً في المستقبل.

والحد الأدنى لعدد الرزم الذي ينبغي استخدامه في تقييم نتيجة فدرة الخسارة الشديدة هو M_{lb}، وينبغي توزيع هذه الرزم خلال فاصل زمني T_s. ويجب أن تخضع قيمة M_{lb} لمزيد من الدراسة.

3.8.5.5 نتيجة رزم IP مكررة

نتيجة نقل الرزم المكررة هي مجموعة فرعية من نتائج نقل الرزم الصحيحة، وتحدث عندما ينتج عن حدث مرجعي واحد لرزمة IP عند نقطة دخول MP_0 مسموح بها حدثين أو أكثر من الأحداث المرجعية المقابلة عند نقطة خروج MP_i, واحدة على الأقل مسموح بها وتكون مجالات المعلومات الاثنينية لجميع رزم الخرج مطابقة للرزمة الأصلية. ويطرأ حدث الخروج المرجعي عند MP_i لرزمة مكررة بعد حدث واحد آخر على الأقل من أحداث الخروج المرجعية المقابلة للرزمة الأصلية (عادة عند MP_i أيضاً).

وجدير بالملاحظة أنه لا يوجد في الاتصالات من نقطة إلى نقطة سوى نقطة خروج MP_i واحدة مسموح بها حيث يكون مضيف المقصد مرتبطاً مباشرة بمجموعة أقسام الشبكة. وفي الاتصالات من نقطة إلى عدة نقاط، قد يكون هناك عدة نقاط خروج MP_i مسموح بها لمختلف المقاصد.

4.8.5.5 نتيجة رزم IP المستنسخة

تحدث نتيجة نقل رزم مستنسخة عندما ينتج عن حدث مرجعي واحد لرزم IP عند نقطة دخول MP_0 مسموح بها حدثين مرجعيين مقابلين أو أكثر من الأحداث المرجعية المقابلة عند نقطة خروج MP_i, واحدة على الأقل مسموح بها وتكون مجالات المعلومات الاثنينية لجميع رزم الخرج مطابقة للرزمة الأصلية. وحدث الخروج المرجعي عند MP_i لرزمة مستنسخة هو الأول للرزمة الأصلية ويحدث قبل حدث خروج مرجعي واحد على الأقل لرزمة مكررة (عادة عند MP_i أيضاً).

9.5.5 نتائج رزم IP القائمة على تقنيات إصلاح التدفق

تستند النتائج التالية إلى النتائج الأساسية، مع تحليل إضافي يستند إلى نموذج أنظمة إصلاح التدفق. ويقدم التذييل VII المزيد من المعلومات الأساسية عن هذا الموضوع، وتقنيات التخفيف من الانحطاط (فوق الطبقة IP) التي يجري تناولها.

1.9.5.5 نموذج بسيط لتقنيات إصلاح تدفق طبقة التطبيق

يعرّف التذييل VII أيضاً نموذجاً بسيطاً يرد وصفه أدناه. وتتم نمذجة كل تدفق لرزم طبقة التطبيق على أنه يحتوي على فئتين من الرزم:

- فواصل أو فدرات رزم المعلومات؛
- الحد الأقصى لعدد الرزم القابلة للإصلاح المرتبطة بفدرة المعلومات.

ويتمثل التحدي الذي يواجه مصمم تقنية الإصلاح في اختيار حجم فدرة المعلومات بالاقتران مع قدرة الإصلاح (القصوى) التي ستكون كافية للتعويض عن نسبة مئوية عالية من انحطاطات شبكة الرزم (الفقدان والتأخر المفرط والتلف)، مع العمل ضمن حدود قدرة نقل الرزم الإجمالية للنظام وتقديم الجودة الكافية في تدفق التطبيق.

وينبغي أن تساعد معلمات الأداء الجديدة هذه القرارات.

2.9.5.5 نتيجة الرزم المعتلة ونتيجة الفاصل الزمني لانحطاط الرزم IP

تحدث *نتيجة الفاصل الزمني لانحطاط الرزم IP* لمجموعة من الرزم المرصودة خلال الفاصل الزمني T_I عند نقطة دخول MP_0 عندما يتجاوز عدد نتائج الرزم المعتلة نقطة خروج MP_i القيمة x. وجدير بالملاحظة إلى أن الفاصل الزمني T_I يشمل رزم المعلومات ورزم الرأسية أو رزم الإصلاح (إذا كانت مدرجة في تدفق الدخول).

نتائج الرزم المعتلة هي مجموع النتائج التالية:

- نتائج الرزم المفقودة، باستخدام T_{max} المرتبط بالفاصل الزمني T_I ووقت النقل الاسمي، وربما يساوي الحد الأدنى لمدة نقل الرزم لمجموعة رزم تسترعي الاهتمام بالإضافة إلى (مضاعف) T_I. ويشمل ذلك رزماً تخضع إلى انتظار مفرط، وكذلك رزماً لا تصل أبداً؛
- نتائج الرزم الخاطئة.

وجدير بالإشارة إلى أن أحد العوامل المميزة بين هذه النتيجة والمقاييس الأخرى لخسارة/فدرة الرزم هو الجمع بين الرزم المتأخرة بشكل استثنائي (بعد عتبة تغير وقت النقل) والرزم التي لا تصل أبداً (والتي فُقدت بالفعل أثناء النقل) في فئة واحدة: الرزم المعتلة.

ولا توجد قيم مؤقتة للفاصل الزمني T_I والعتبة x. وبدلاً من ذلك، قد ينطوي التحليل على مجموعة من القيم للفاصل الزمني T_I والعتبة x. وينبغي أيضاً تحديد طول الحمولة النافعة للرزم IP لأن هذا يؤثر على زمن التسلسل وبالتالي على الفاصل الزمني الذي تشغله فدرة رزم ما.

3.9.5.5 نتيجة فدرة معتلة لرزم IP

تحدث *نتيجة فدرة معتلة لرزم IP* لمجموعة من الرزم من حجم b المرصودة عند نقطة دخول MP_0 عندما يتجاوز عدد نتائج الرزم المعتلة عند نقطة خروج MP_i القيمة x. ولا توجد مجموعة قيم مؤقتة لحجم الفدرة b وعتبة الإصلاح x.

6 معلمات أداء نقل رزم IP

تحدد هذه الفقرة مجموعة من معلمات أداء نقل معلومات الرزم IP باستعمال نتائج نقل الرزم IP المحددة في الفقرة 5.5. ويمكن تقدير جميع المعلمات على أساس الملاحظات التي أجريت عند نقطة القياس التي تحدد القسم الأساسي أو مجموعة NSE تحت الاختبار.

ملاحظة – يجب أن تخضع تعاريف المعلمات الإضافية لأداء نقل الرزم IP (مثل نسبة فدرات الرزم IP شديدة الخطأ) إلى مزيد من الدراسة.

1.6 مؤهلات الرزم

تحدد هذه الفقرة المصطلحات الرئيسية لتوصيف إمكانية تطبيق معلمات الأداء على مجموعات الرزم.

1.1.6 مجموعة الرزم التي تسترعي الاهتمام

تُحدد معظم معلمات الأداء في مجموعات من الرزم تسمى *مجموعة الرزم التي تسترعي الاهتمام*. وبالنسبة *للحالة من طرف إلى طرف*، تكون المجموعة التي تسترعي الاهتمام عادة إجمالي مجموعة الرزم التي ترسل من مضيف المصدر إلى مضيف المقصد. ونقاط القياس في الحالة من طرف إلى طرف هي نقطة القياس عند مضيف المصدر ومضيف المقصد.

وفيما يخص قسم أساسي أو مجموعة NSE ونسبةً إلى زوج SRC وDST معين، فإن مجموعة الرزم التي تسترعي الاهتمام عند نقطة دخول MP معينة مسموح بها هي تلك المجموعة من الرزم التي تُرسل من المضيف SRC إلى المضيف DST والتي يجري تسييرها إلى القسم الأساسي أو إلى مجموعة NSE في تلك النقطة MP المحددة. وهذا ما يسمى *حالة دخول محددة*.

وإجمالي مجموعة الرزم التي تسترعي الاهتمام لقسم أساسي أو مجموعة NSE نسبة إلى زوج SRC وDST معين هو إجمالي مجموعة الرزم المرسَلة من مضيف المصدر إلى مضيف المقصد والتي يتم تسليمها إلى ذلك القسم الأساسي أو إلى مجموعة NSE عبر أيّ من نقاط الدخول MP المسموح به. وهذا ما يسمى *حالة دخول مستقلة*.

وتُحدد كل معلمة من معلمات أداء IP هذه دون الرجوع إلى نوع معين من الرزم (ToS، أو DSCP، أو بروتوكول، وما إلى ذلك). وسيختلف الأداء حسب نوع الرزمة، وينبغي أن يتضمن أي بيان عن الأداء المقيس معلومات عن نوع الرزمة أو الأنواع المدرجة في المجموعة.

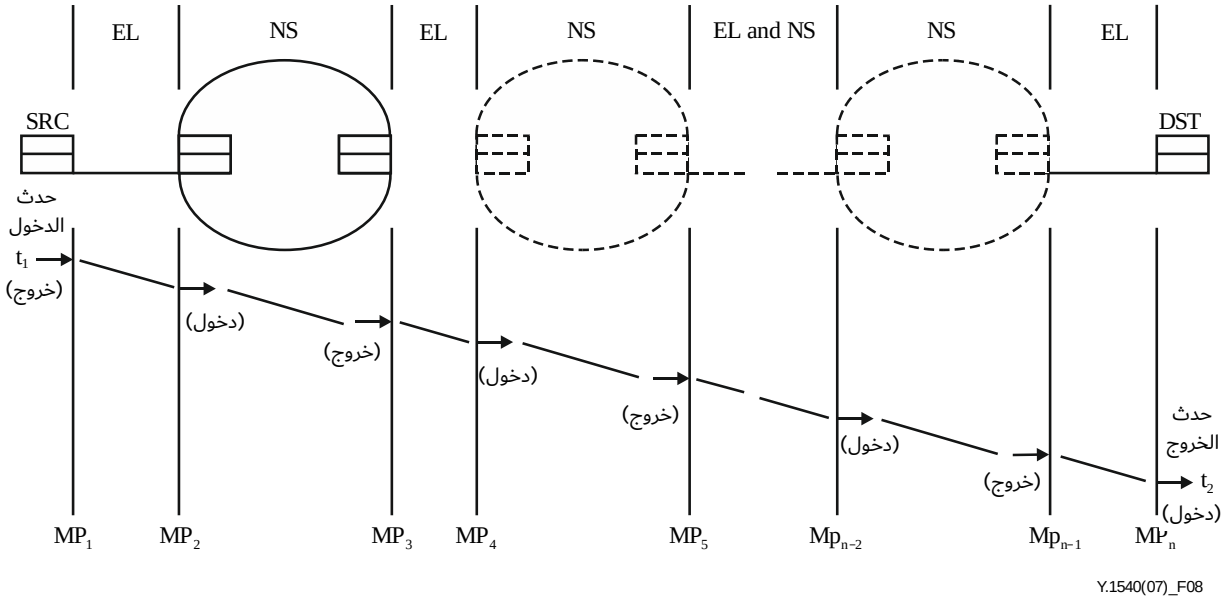
2.1.6 تدفق الرزم

تدفق الرزم هو مجموعة الرزم المصاحبة لتدفق بأسلوب موصّل أو غير موصل مزود بنفس مضيف المصدر (SCR) ونفس عنوان مضيف المقصد (DST) ونفس فئة الخدمة ونفس استيقان الدورة (مثل عدد المنافذ من بروتوكول الطبقة العليا). وقد تستخدم وثائق أخرى المصطلحين "التدفق الصغري" أو "التدفق الفرعي" عند الإشارة إلى تدفقات الرزم بهذه الدرجة من التصنيف. وتدفق الرزم هو المثال الأكثر شيوعاً لمجموعة الرزم التي تسترعي الاهتمام.

وللرزم IPv6 حقل إضافي من أجل مضيف المصدر لوسم تتابع الرزم التي ينبغي أن تتلقى معاملة خاصة في المسيّرات IPv6. ويُسمى هذا الحقل وسم التدفق، ويحدد تدفق الرزمة بشكل فريد بالاقتران مع عنوان المصدر.

2.6 مدة نقل رزم IP

تُعرّف IP (IPTD) لجميع نتائج الرزم الصحيحة والخاطئة في قسم أساسي أو في مجموعة NSE. ومدة نقل الرزم هي الوقت $(t_1 - t_2)$ بين وقوع حدثين مرجعيين مقابلين لنقل رزم IP، وحدث الدخول $IPRE_1$ في الوقت t_1 وحدث الخروج $IPRE_2$ في الوقت t_2 حيث $(t_1 < t_2)$ و$T_{max} \geq (t_1 - t_2)$. وإذا كانت الرزمة مجزأة داخل مجموعة NSE، فإن t_2 هو وقت حدث الخروج النهائي المقابل. ومدة نقل الرزم IP هي المدة في اتجاه واحد بين نقاط القياس عند مضيف المصدر ومضيف المقصد على النحو المبين في الشكل 8.



الشكل 8 – أحداث مدة نقل رزم IP (موضحة لنقل رزمة IP واحدة من طرف إلى طرف)

1.2.6 متوسط مدة نقل رزم IP

متوسط مدة نقل الرزم IP هو المتوسط الحسابي لمهل نقل الرزم IP من أجل مجموعة رزم تسترعي الاهتمام.

2.2.6 المدة الدنيا لنقل رزم IP

المدة الدنيا لنقل الرزم IP هي أصغر قيمة لمدة نقل الرزم IP بين جميع أوقات نقل الرزم IP لمجموعة رزم تسترعي الاهتمام. ويشمل ذلك مدة الانتشار ومدة الانتظار المشتركة بين جميع الرزم. وبالتالي فإن هذه المعلمة قد لا تمثل المدة الدنيا النظرية للمسير بين نقاط القياس.

3.2.6 المدة المتوسطة لنقل رزم IP

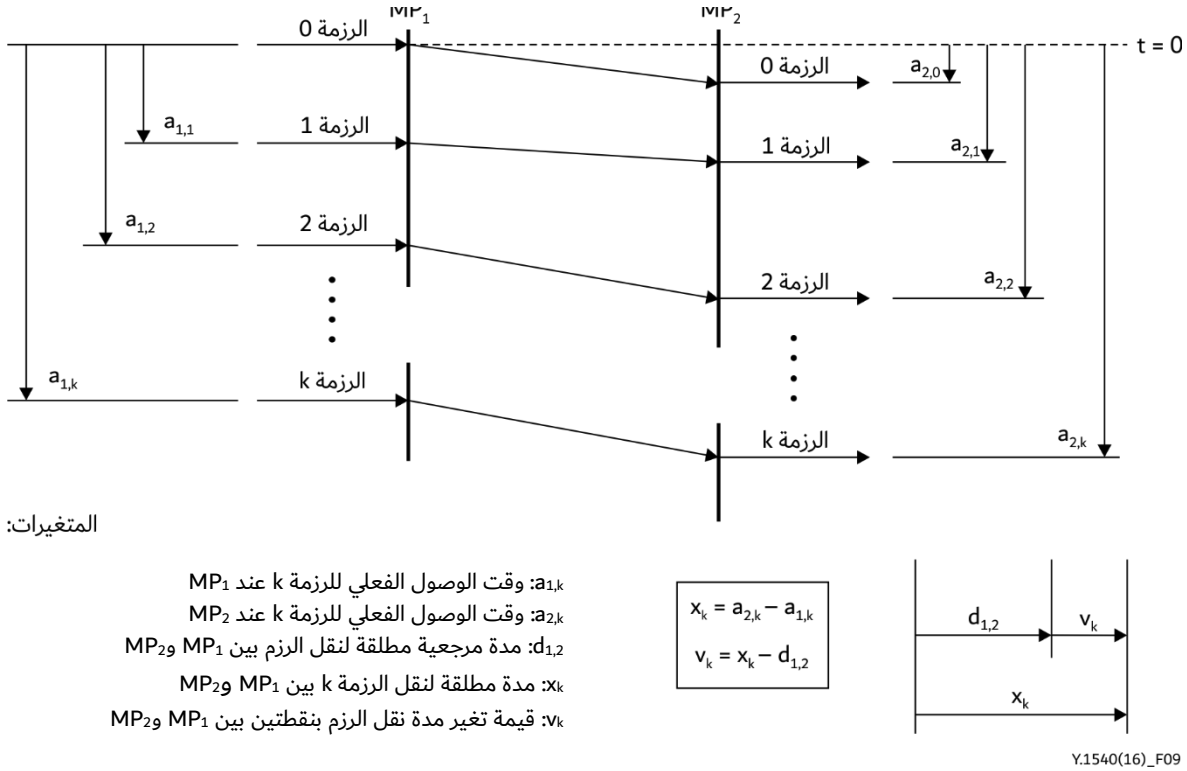
المدة المتوسطة لنقل رزم IP هي العتبة المئوية الخمسين (50) لتوزيع ترددات مدة نقل رزم IP من مجموعة رزم تسترعي الاهتمام. والقيمة المتوسطة هي القيمة الوسطى عند ترتيب أوقات النقل بحسب المرتبة. وللحصول على هذه القيمة الوسطى عندما تحتوي المجموعة على عدد زوجي من القيم، يُستعمل متوسط القيمتين المركزيتين.

4.2.6 تغير مدة نقل رزم IP بنقطتين من طرف إلى طرف

تعتبر التغييرات في وقت نقل رزم IP مهمة أيضاً. ويمكن لتطبيقات التدفق أن تستخدم معلومات عن المدى الكلي لتغير وقت نقل رزم IP تجنباً لغَيْض وفَيْض الذاكرة المؤقتة. ومن شأن التغيرات الشديدة في وقت نقل رزم IP أن تتسبب في تنامي عتبات مؤقِّت إعادة الإرسال TCP وقد تسبب أيضاً في تأخير إعادة إرسال الرزم أو تسبب إعادة إرسال الرزم بلا داعٍ.

ويُحدد تغير وقت نقل رزم IP بنقطتين من طرف إلى طرف (PDV) استناداً إلى ملاحظات وصول الرزم IP المقابلة عند نقاط قياس الدخول والخروج (مثل MP_{DST}، وMP_{SRC}). وتصف هذه الملاحظات التباين في مخطط أحداث وصول الرزم IP عند نقطة قياس الخروج ومخطط الأحداث المقابلة عند نقطة قياس الدخول فيما يتعلق بالوقت المرجعي.

والتغير (v_k) في وقت نقل رزم IP بنقطتين من طرف إلى طرف (PDV) في رزمة بروتوكول الإنترنت k بين المضيف SRC والمضيف DST هو الفرق بين الوقت المطلق لنقل بروتوكول الإنترنت (x_k) لهذه الرزمة ووقت مرجعي محدد لنقل رزمة بروتوكول الإنترنت، $d_{1,2}$، بين نقاط القياس نفسها (انظر الشكل 9): $v_k = x_k - d_{1,2}$.



الشكل 9 – تغير مدة نقل رزم IP بنقطتين

المدة المرجعية لنقل الرزم IP، $d_{1,2}$، بين المضيف SRC والمضيف DST هي المدة المطلقة لنقل الرزم IP التي تستغرقها رزمة IP مختارة بين نقطتي القياس هاتين.

وتقابل القيم الموجبة لتغير وقت نقل الرزمة IP بنقطتين (IPDV) وقت نقل رزم IP أكبر من الوقت الذي تتحمله رزمة IP المرجعية؛ وتقابل القيم السالبة لتغير وقت نقل الرزمة IP بنقطتين (IPDV) وقت نقل رزم IP أقل من الوقت الذي تتحمله رزمة IP المرجعية. ويتطابق توزيع تغير وقت نقل الرزمة IP بنقطتين (IPDV) مع توزيع وقت نقل رزمة IP مطلقة بعد إزاحة بقيمة ثابتة تساوي $d_{1,2}$.

1.4.2.6 استخدام الحد الأدنى لوقت النقل كأساس لتغير وقت النقل

كما هو موضح في الشكل 9، يعرّف تغير وقت نقل رزمة فردية بطبيعة الحال بأنه الفرق بين الوقت الفعلي الذي تتحمله تلك الرزمة والوقت الاسمي أو المرجعي. والمرجع المفضل (المستخدم في الأهداف IPDV للتوصية ITU-T Y.1541) هو الحد الأدنى لوقت نقل مجموعة الرزم التي تسترعي الاهتمام. وهذا يضمن الإبلاغ عن جميع التغيرات على أنها قيم إيجابية، ويبسط عملية الإبلاغ عن مدى التغير (القيمة القصوى للتغير تساوي المدى). وغالباً ما تُظهر توزيعات تغير الوقت في الشبكات IP انحيازاً نحو الحد الأدنى (كأن يكون الحد الأدنى والأسلوب متساويين). ويرد بالتفصيل في المعيار [IETF RFC 5481] الكثير من المقدرات المفيدة لهذا الشكل من تغير وقت النقل – PDV، باستخدام الحد الأدنى للوقت كمرجع.

ولم يُسلط الضوء في هذه النسخة من هذه التوصية على استخدام متوسط وقت نقل الرزم كمرجع لتغير الوقت.

وفي النسخة السابقة من هذه التوصية، كان هناك بديل لاستخدام الحد الأدنى لوقت نقل الرزم باعتباره وقت النقل الاسمي: استخدام متوسط الوقت للمجموعة التي تسترعي الاهتمام باعتباره وقت النقل الاسمي أو وقت النقل المرجعي. وهذا له تأثير على تمركز توزيع قيم تغير الوقت على الصفر (عندما يكون التوزيع متناظراً) وينتج عنه تغيرات إيجابية وسلبية على السواء. غير أن متوسط وقت المجموعة التي تسترعي الاهتمام قد يختلف اختلافاً واضحاً عن وقت أي رزمة فردية، مما يؤدي إلى مرجع اصطناعي للتغير (مثلاً عندما يكون التوزيع ثنائي الأسلوب موجوداً).

2.4.2.6 حدود تغير وقت نقل رزم IP قائمة على تقسيمات جزئية

إن الطريقة المفضلة (المستخدمة في أهداف التوصية [ITU-T Y.154]) لتلخيص تغير وقت نقل مجموعة رزم تسترعي الاهتمام هي اختيار تقسيمات جزئية عليا ودنيا لتوزيع تغير وقت نقل الرزم ومن ثم قياس المسافة بين هذه التقسيمات. فعلى سبيل المثال، يمكن اختيار القيمتين $1 - 10^{-3}$ و0 (أو الحد الأدنى)، وإجراء قياسات وملاحظة الفرق بين قيم تغير وقت النقل عند هاتين القيمتين. وسيساعد هذا المثال مصممي التطبيقات في تحديد حجم دارئ إزالة الارتعاش بما لا يزيد على 0,1% من مجموع فيض الذاكرة المؤقتة.

ويمكن تحديد هدف تغير وقت نقل الرزم IP من خلال اختيار حد أعلى للفرق بين التقسيمات الجزئية المحددة مسبقاً لتوزيع تغير وقت النقل. فعلى سبيل المثال، "ينبغي ألاّ يتجاوز الفرق بين القيمة 99,9 والحد الأدنى لتغير وقت نقل الرزم 50 ms."

3.4.2.6 حدود تغير وقت نقل رزم IP قائمة على فواصل زمنية

يتمثل أسلوب بديل لتلخيص تغير وقت نقل الرزم IP الذي تتحمله مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، في التحديد المسبق للفاصل الزمني لتغير الوقت مثل 50 ms، ثم مراقبة النسبة المئوية لفرادى تغيرات وقت نقل الرزم التي تقع داخل وخارج تلك الفترة الزمنية. وفي حال استعمال فاصل زمني قدره 50 ms، يمكن للتطبيق بأحجام دارئة ثابتة تساوي أو تقل عن 50 ms معرفة العدد التقريبي للرزم التي يمكن أن تتسبب في فيض أو غيض الذاكرة المؤقتة.

ملاحظة – إذا استُخدم هذا الأسلوب لتلخيص تغير وقت نقل الرزم IP، ينبغي حساب تغير وقت نقل الرزم الفردية باستخدام الحد الأدنى للوقت باعتباره وقت النقل الاسمي وفقاً للفقرة 1.4.2.6 بدلاً من التعريف الوارد في الفقرة 4.2.6 على أساس استخدام الرزمة الأولى. وباستعمال تعريف الفقرة 4.2.6، يمكن أحياناً تثبيت الفاصل المحدد مسبقاً (50 ms مثلاً) على قيمة كبيرة أو صغيرة بشكل غير عادي.

ويمكن تحديد هدف تغير وقت نقل الرزم IP من خلال اختيار حد أدنى للنسبة المئوية لتغير وقت نقل الرزم الفردية التي تقع ضمن فاصل زمني محدد مسبقاً. فعلى سبيل المثال، "ينبغي أن تكون نسبة تزيد عن أو تساوي 99,9% من تغير وقت نقل الرزم ضمن الفاصل الزمني [0 ms، 50 ms]".

4.4.2.6 المعلمات الثانوية لتغير وقت نقل رزم IP

وقد يكون من المفيد استخدام معلمة واحدة أو أكثر من المعلمات التي تلتقط تأثير تغير وقت نقل رزم IP على تطبيقات مختلفة. وقد يكون من المناسب التمييز بين تغيرات وقت النقل من رزمة إلى رزمة (عادة صغيرة) وبين الانقطاعات المحتملة الأكبر في وقت النقل التي قد تؤدي إلى تغيير في تسيير IP. ويقدم التذييل II عدة تعاريف ثانوية لتغير وقت النقل وإرشادات بشأن استخدامها.

3.6 نسبة الخطأ في رزم بروتوكول الإنترنت (IPER)

تُعرّف نسبة الخطأ في رزم بروتوكول الإنترنت (IPER) على أنها نسبة إجمالي النتائج الخاطئة لنقل الرزم IP إلى مجموع النتائج الصحيحة لنقل الرزم IP بالإضافة إلى النتائج الخاطئة لنقل الرزم IP في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام.

4.6 نسبة خسارة رزم بروتوكول الإنترنت (IPLR)

تُعرّف نسبة خسارة رزم بروتوكول الإنترنت (IPLR) على أنها نسبة إجمالي نتائج خسارة الرزم IP إلى إجمالي الرزم IP المرسلة في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام

ملاحظة – ترد في المرجع [b-IETF RFC 3357] مقاييس لوصف أنماط الخسارة في اتجاه واحد. وتنطوي خسارة الرزم المتتالية على أهمية خاصة بالنسبة لبعض التطبيقات غير المرنة في الوقت الفعلي، مثل الصوت والفيديو.

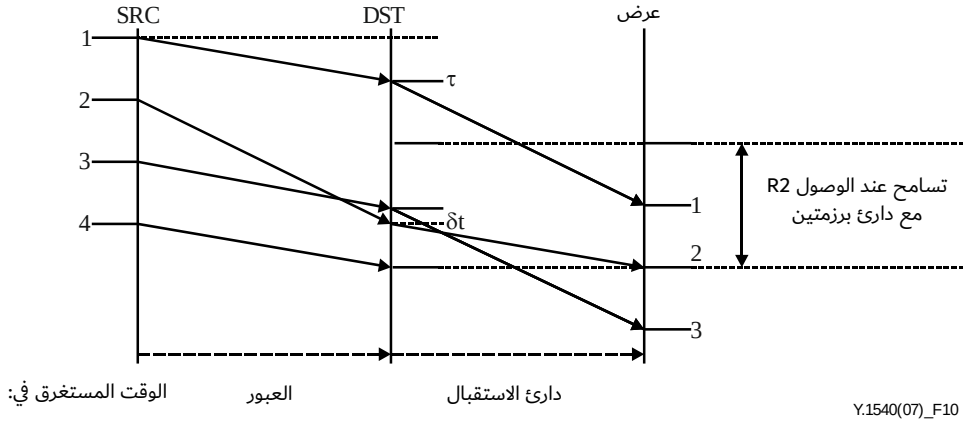
5.6 معدل الرزم IP غير المنتظمة

يعرّف معدل الرزم IP غير المنتظمة عند نقطة قياس الخروج على أنه إجمالي عدد رزم IP غير المنتظمة المرصودة عند نقطة قياس الخروج هذه خلال فترة زمنية محددة مقسوماً على مدة تلك الفترة (ما يعادل عدد رزم IP غير المنتظمة لكل ثانية خدمة)[1].

6.6 نسبة حزم IP التي أعيد ترتيبها (IPRR)

تُعرّف نسبة إعادة ترتيب الرزم IP (IPRR) على أنها نسبة إجمالي نتائج الرزمة المرتبة إلى إجمالي النتائج الصحيحة لنقل الرزم IP في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام.

ويوضح الشكل 10 نتيجة رزمة غير مرتبة للرزمة 2، وتفاوتاً افتراضياً مسموحاً به عند وقت الوصول بذاكرة دارئة يمكنها استعادة الترتيب.



الشكل 10 – توضيح وصول رزم أعيد ترتيبها

إذا أمكن تمييز أحداث إعادة ترتيب منفصلة، فيمكن أيضاً الإبلاغ عن عدد الأحداث (إلى جانب معايير الحدث).

ويمكن أيضاً تأكيد درجة إعادة ترتيب الرزمة. وأي رزمة يؤدي رقم تتابعها إلى زيادة القيمة التالية المتوقعة بأكثر من الزيادة المعيارية تشير إلى انقطاع في ترتيب الوصول. ومن هذه النقطة فصاعداً، يمكن تقدير كمية أي رزم (مرتّبة) ذات رقم تتابع أقل من القيمة التالية المتوقعة بمسافة فيما يتعلق بالانقطاع. ويمكن أن يُعبّر عن المسافة بوحدات الموقع أو الوقت أو بمجموع حمولات البايتات للرزم الوسيطة. وبالإشارة إلى الشكل 10 على سبيل المثال، تعتبر الرزمة 2 "متأخرة" بمقدار δt ثانية، أو برزمة واحدة من حيث الموضع.

وينبغي الرجوع إلى المعيار [IETF RFC 4737] للحصول على معلمات إعادة ترتيب إضافية.

7.6 نسبة فدرات الخسارة الشديدة في رزم بروتوكول الإنترنت (IPSLBR)

نسبة فدرات الخسارة الشديدة في رزم بروتوكول الإنترنت (IPSLBR) هي نسبة نتائج فدرة الخسارة الشديدة في نقل رزم IP إلى مجموع الفدرات في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام.

ملاحظة – يمكن لهذه المعلمة تحديد التغييرات المتعددة في المسير IP بسبب تحديثات التسيير، والتي تعرف أيضاً باسم رفرفة المسير والتي تسبب انحطاطاً كبيراً في معظم تطبيقات المستعمل.

8.6 نسبة تكرار رزم بروتوكول الإنترنت (IPDR)

نسبة تكرار رزم بروتوكول الإنترنت (IPDR) هي نسبة إجمالي نتائج رزم IP المكررة إلى إجمالي نتائج رزم IP الصحيحة ناقصاً نتائج رزم IP المكررة في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام.

---

[1] بما أن الآليات التي تؤدي إلى رزم IP غير منتظمة يُتوقع أن يكون لها علاقة قليلة مع عدد رزم IP المرسلة عبر الأقسام قيد الاختبار، لا يُعبّر عن معلمة الأداء هذه كنسبة، بل كمعدل فقط.

9.6 نسبة رزم بروتوكول الإنترنت المستنسخة (RIPR)

نسبة رزم بروتوكول الإنترنت المستنسخة (RIPR) هي نسبة إجمالي نتائج رزم IP المستنسخة إلى إجمالي نتائج رزم IP الصحيحة ناقصاً نتائج نقل رزم IP المستنسخة في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام.

10.6 معلمات إصلاح التدفق

من الناحية المثالية، نود معرفة احتمال تضمن فاصل زمني معين بين الرزم (أو فدرة معلومات، b) لأكثر من x رزم معتلة.

$$P(b, x) = p, \text{ or } P(T_I, x) = p$$

ينبغي أن يوفر قياس نتائج الرزم المعتلة التي تحدث في *مجموعة رزم تسترعي الاهتمام* تقييماً تجريبياً لاحتمال حدوثها خلال الوقت المتاح.

1.10.6 نسبة الفواصل الزمنية المعيبة لرزم بروتوكول الإنترنت (IPIIR)

نسبة الفواصل الزمنية المعيبة لرزمة IP هي نسبة نتائج الفواصل الزمنية المعيبة لرزمة IP إلى إجمالي الفواصل الزمنية غير المتداخلة في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام.

2.10.6 نسبة الفدرات المعيبة لرزم بروتوكول الإنترنت (IPIBR)

نسبة الفدرات المعيبة لرزمة IP هي نسبة نتائج الفدرات المعيبة لرزمة IP إلى إجمالي الفدرات غير المتداخلة في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام.

11.6 معلمات السعة

تجتاز خدمة نقل رزم IP من طرف إلى طرف تتابعاً مرتباً للأقسام الأساسية من مضيف المصدر إلى مضيف المقصد. وتحدد معلمات السعة الوارد وصفها أدناه خصائص الأقسام الأساسية من حيث قدرتها على حمل حركة بروتوكول الإنترنت والخصائص المقابلة لمجموعة أقسام الشبكة، والتي يشار إليها أيضاً باسم "المسيرات". وجدير بالإشارة إلى أن قسماً أساسياً بالإضافة إلى تتابع للأقسام الأساسية مرتبط باتجاه ما. والاتجاه أمر مهم، حيث لا يلزم أن تكون خصائص تتابع الأقسام في الاتجاه الأمامي هي نفسها كما في الاتجاه العكسي.

ويُلاحظ أنه خلافاً للمعلمات المتعلقة بالتدفق المحددة في الفقرة 12.6، لا تعتمد المعلمات المتعلقة بالسعة على بروتوكولات الطبقة الأعلى فوق بروتوكول الإنترنت (مثل بروتوكول التحكم في الإرسال). وتجدر الإشارة أيضاً إلى أن معلمات السعة المستخدمة والاستخدام والقدرة المتاحة ليست قابلة للقياس خارجياً وتتطلب الدعم من أنظمة المراقبة مع النفاذ إلى قياسات استخدام الوصلات وما إلى ذلك.

1.11.6 مقاييس الأقسام

1.1.11.6 بتات طبقة بروتوكول الإنترنت المنقولة

في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، تُعرّف بتات طبقة بروتوكول الإنترنت المنقولة بأنها تمثل ثماني (8) مرات عدد الأثمونات في جميع رزم IP التي تولد نتائج صحيحة لنقل رزم IP عند نقطة قياس الخروج، بدءاً من الأثمون الأول للرأسية IP إلى آخر أثمون للحمولة النافعة للرزمة IP ضمناً.

ويلاحظ أن هذا التعريف مطابق لتعريف بتات الطبقة IP الوارد في المعيار [IETF RFC 5136]. ويُلاحظ أيضاً أن تعريف بتات الطبقة IP تعريف مستقل عن الإصدار IP.

2.1.11.6 سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت

في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، تُعرّف سعة طبقة بروتوكول الإنترنت كالتالي:

$$C(t,\Delta t) = \frac{n_0(t,\Delta t)}{\Delta t}$$

حيث n_0 هو أكبر عدد (إجمالي) لبتات طبقة بروتوكول الإنترنت التي يمكن نقلها عبر قسم أساسي لتوليد نتائج نقل رزم IP صحيحة عند نقطة قياس الخروج خلال فاصل زمني محدد $[t, t + \Delta t]$.

وجدير بالذكر أن هذا تعريف مفاهيمي وليس مقياساً يمكن قياسه بشكل متكرر. وإن عبارة "أكبر عدد" من البتات غير واضحة إلى حد ما، ما عدا في حالة التقييمات المتكررة. وهذا يشير على الأرجح إلى مجموع البتات في نتائج النقل الصحيحة أثناء $[t, t + \Delta t]$. انظر الملحق A للاطلاع على تعريف معياري لسعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت القابلة للقياس.

3.1.11.6 سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت المستعملة

في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، تُعرّف سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت المستعملة على النحو التالي:

$$U(t,\Delta t) = \frac{n(t,\Delta t)}{\Delta t}$$

حيث n هو العدد الفعلي لبتات طبقة بروتوكول الإنترنت المنقولة عبر قسم أساسي لتوليد نتائج نقل رزم IP صحيحة عند نقطة قياس الخروج خلال فاصل زمني محدد $[t, t + \Delta t]$.

4.1.11.6 استخدام قسم طبقة بروتوكول الإنترنت

في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، يُعرّف استخدام قسم طبقة بروتوكول الإنترنت $V(t, \Delta t)$ بأنه النسبة بين سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت المستعملة $U(t, \Delta t)$ وسعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت $C(t, \Delta t)$، أي:

$$V(t,\Delta t) = U(t,\Delta t) / C(t,\Delta t)$$

5.1.11.6 سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت المتاحة

في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، تُعرّف سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت المتاحة، $A(t, \Delta t)$، بأنها الجزء غير المستعمل من سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت خلال فترة زمنية $[t, t + \Delta t]$. ويمكن حساب ذلك باعتباره الفرق بين سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت وسعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت المستعملة، أي:

$$A(t,\Delta t) = C(t,\Delta t) - U(t,\Delta t)$$

أو ما يعادل

$$A(t,\Delta t) = C(t,\Delta t)(1 - V(t,\Delta t))$$

2.11.6 مقاييس مجموعة أقسام الشبكة (NSE)

1.2.11.6 سعة مجموعة أقسام الشبكة لطبقة بروتوكول الإنترنت

يمكن توسيع تعريف سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت ليشمل مجموعة NSE، المشار إليها أيضاً باسم "المسير". وفي مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، تُعرّف سعة NSE لطبقة بروتوكول الإنترنت $C_{NSE}(t, \Delta t)$ خلال فاصل زمني محدد $[t, t + \Delta t]$ على أنها أصغر سعة لقسم طبقة بروتوكول الإنترنت على طول NSE، أي أن سعة NSE لطبقة بروتوكول الإنترنت هي:

$$C_{NSE}(t,\Delta t) = \min_{i=1..n} C_i(t,\Delta t)$$

حيث C_i هي سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت لرقم القسم i $(i=1..n)$ في مجموعة NSE.

2.2.11.6 سعة NSE المتاحة لطبقة بروتوكول الإنترنت

يمكن توسيع تعريف سعة القسم المتاحة لطبقة بروتوكول الإنترنت ليشمل مجموعة NSE، المشار إليها أيضاً باسم "المسير". وفي مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، تُعرّف السعة NSE المتاحة لطبقة بروتوكول الإنترنت $A_{NSE}(t, \Delta t)$ خلال فاصل زمني محدد $[t, t + \Delta t]$ على أنها أصغر سعة لقسم طبقة بروتوكول الإنترنت على طول NSE، أي:

$$A_{NSE}(t,\Delta t) = \min_{i=1..n} A_i(t,\Delta t)$$

حيث A_i هي سعة القسم المتاحة لطبقة بروتوكول الإنترنت لعدد القسم i (i=1..n) في مجموعة NSE. وتجدر الإشارة إلى أن رقم القسم الذي يحدد السعة NSE المتاحة لطبقة بروتوكول الإنترنت قد يختلف عن رقم القسم الذي يحدد السعة NSE لطبقة بروتوكول الإنترنت.

3.2.11.6 سعة قسم ضيق لطبقة بروتوكول الإنترنت

في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، يُعرّف القسم الضيق لطبقة بروتوكول الإنترنت على أنه القسم الموجود في مجموعة NSE مع أصغر سعة قسم متاحة لطبقة بروتوكول الإنترنت. وتجدر الملاحظة أنه في حالة استيفاء عدة أقسام لهذا الشرط لا يُعرّف القسم الضيق لطبقة بروتوكول الإنترنت بشكل فريد.

وفي مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، تُعرّف سعة قسم ضيق لطبقة بروتوكول الإنترنت لمجموعة NSE على أنها سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت للقسم الضيق لهذه الطبقة.

وجدير بالملاحظة أن سعة القسم المتاحة لطبقة بروتوكول الإنترنت لقسم ضيق لطبقة IP يساوي سعة NSE المتاحة لطبقة IP، أي أن سعة القسم الضيق لطبقة IP هي:

$$C_{TL}(t,\Delta t) = C_i(t,\Delta t) \text{ so that } A_i(t,\Delta t) = A_{NSE}(t,\Delta t)$$

وجدير بالملاحظة أن القسم الضيق لطبقة IP لا يتعين أن يكون بالضرورة نفس القسم مثل القسم الذي يحدد سعة NSE لطبقة IP.

3.11.6 التغاير

يمثل كل مقياس سعة P قيمة متوسطة خلال فترة زمنية $[t, t + \Delta t]$. وبالنسبة لمجموعة من الملاحظات المتتالية $P_1..P_N$ لمعلمة معينة P خلال فترة زمنية $[T, T + \Delta T]$، حيث $t < T$، يمكن استعمال المتوسط والانحراف المعياري والكميات لوصف التغاير.

1.3.11.6 المتوسط

يُحسب المتوسط على النحو التالي:

$$a_P(T,\Delta T) = \frac{1}{n}\sum_{i=1..n} P_i(t,\Delta t)$$

2.3.11.6 الانحراف المعياري

يُحسب الانحراف المعياري على النحو التالي:

$$s_P(T,\Delta T) = \sqrt{\sum_{i=1..n}\left(P_i(t,\Delta t) - a_P(T,\Delta T)\right)^2}$$

3.3.11.6 التقسيمات الجزئية

للحصول على قائمة مرتبة من قيم N $(P_1..P_n)$، تُعرّف التقسيمات الجزئية 100-quantile رقم k (أي المئين رقم k) على النحو التالي:

$$P_I : I = \left\lceil N\frac{k}{100} \right\rceil$$

حيث P_I هي قيمة البيانات المقابلة للتقسيمات الجزئية 100-quantile رقم k. (ويعني الرمز $\lceil\ \rceil$ أنه إذا لم يكن $N\frac{k}{100}$ عدداً صحيحاً يجب تقريبه إلى العدد الصحيح الأعلى التالي للحصول على فهرس القائمة I).

التقسيمات الجزئية للحد الأدنى (k = 0)، والمتوسط (k = 50) والحد الأقصى (k = 100) ذات أهمية خاصة، وينبغي الإبلاغ عنها. ويمكن أيضاً استخدام تقسيمات جزئية مثل k = 95 أو k = 99.

12.6 المعلمات المتعلقة بالتدفق

من المفيد تحديد خصائص الأداء من حيث المعلمات المتعلقة بالتدفق أو بالصبيب التي تقيّم قدرة الشبكات أو الأقسام IP على نقل كميات من رزم بروتوكول الإنترنت. وتجدر الإشارة إلى أن معلمة يُقصد بها تحديد خصائص صبيب تطبيق IP لن تساوي كمية الموارد (السعة) المتاحة لذلك التطبيق (كما هو محدد في الفقرة 11.6 ومقاس بالأساليب الواردة في الملحق A). ويرجع ذلك إلى أن بروتوكولات الطبقة الأعلى التي تستخدم التحكم في تدفق العروة المغلقة عبر بروتوكول الإنترنت (مثل التحكم في تدفق TCP) تؤثر أيضاً على صبيب طبقة IP الذي يتم قياسه.

ويوصى في النسخة الحالية من هذه التوصية بأن تفي جميع المعلمات المتعلقة بالتدفق أو الصبيب بالمتطلبات التالية:

1) ينبغي أن تربط المعلمة التي تحدد الصبيب المقدم إلى خدمة IP كمية الرزم IP التي تنقلها بنجاح شبكة IP أو قسم IP بكمية الرزم IP التي يتم تسليمها إلى هذه الشبكة أو هذا القسم.

2) ينبغي تطبيق المعلمة المتعلقة بالصبيب على شبكة IP من طرف إلى طرف وعلى نقل IP عبر بدالة الوصلة (EL) أو قسم الشبكة (NS) أو مجموعة أقسام الشبكة (NSE).

وتحاول بعض المعلمات المتعلقة بالتدفق أو بالصبيب تحديد سعة الصبيب لأي شبكة IP، أي قدرتها على الحفاظ على معدل معين لنقل الرزم IP. ويوصى بأن تفي أي من هذه المعلمات وأساليب القياس بالمتطلبات الإضافية التالية:

1) ينبغي وصف نمط الحركة المقدم إلى الشبكة IP أو القسم IP، لأن قدرة الشبكة IP أو القسم IP على تسليم هذه الرزم بنجاح تتوقف على نمط الحركة هذا.

2) ينبغي ألا يتجاوز معدل تقديم الحركة سعة (بالبتات في الثانية) الوصلة التي توصل الأقسام الخاضعة للاختبار بأقسام المقصد التي لا تخضع للاختبار.

3) ينبغي، في أي بيان فردي عن أداء الصبيب، الإعلان عن نمط رزمة IP قيد النظر (حيث يتضمن النمط إصدار IP، ووجود رأسيات التمديد، وبروتوكول طبقة النقل، ورأسيات البروتوكول الأخرى، وأي معلومات أخرى ذات صلة، مثل طول الرزم المستعملة).

4) يمكن أن تؤدي بعض أشكال التحكم في التدفق المطبقة عند طبقة IP أو طبقة أعلى إلى أخطاء في القياس. فعلى سبيل المثال، يتطلب قياس صبيب الطبقة IP الذي يخضع لتتبع الإشعار بالاستلام في الطبقة الأعلى، وتحديد حجم النافذة، و/أو التحكم في التدفق من أجل التخفيف من الازدحام (مثل بروتوكول TCP)، تقييم خطأ القياس المصاحب والإبلاغ عنه. ويشير خطأ القياس إلى السعة المحتملة غير المستخدمة لطبقة IP عند مقارنة مواصفات خدمة الإنترنت ونتائج الأساليب التي تستخدم التحكم في التدفق.

ويوصى أيضاً باتباع المبادئ التوجيهية للمعلمات المتعلقة بالصبيب وقياسها الواردة في هذه المبادئ في إطار المعيار IETF RFC 3148 بشأن مقاييس سعة النقل بالجملة (BTC).

وتُحدد في الملحق A المعلمات المتعلقة بالتدفق والصبيب. ويصف التذييل IX كيفية عدم استيفاء القياس باستخدام بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) لمتطلبات هذه الفقرة.

ملاحظة: أُلغي التذييل III (المعلمات المتعلقة بالمعدل والصبيب) في طبعة 2019.

7 تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت

ينطبق تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت على خدمات بروتوكول الإنترنت من طرف إلى طرف والأقسام الأساسية ومجموعة أقسام الشبكة.

تتيح وظيفة التيسر (المحددة في الفقرة 1.7) تصنيف مجموع مدة الخدمة المتوقعة لخدمة بروتوكول الإنترنت في الفترات المتاحة والفترات غير المتاحة. واستناداً إلى هذا التصنيف، تُعرّف في الفقرة 2.7 النسبة المئوية لتيسر بروتوكول الإنترنت والنسبة المئوية لعدم تيسر بروتوكول الإنترنت. وأخيراً، يُعرّف في الفقرة 2.7 نموذج يتألف من حالتين لتيسر خدمة IP يُستخدم كأساس لتحديد معلمات التيسر ذات الصلة.

ملاحظة – يُفترض أن تكون المدة المتوقعة لخدمة IP هي 24 ساعة في اليوم وسبعة أيام في الأسبوع، ما لم يحدد مقدم خدمة IP خلاف ذلك.

1.7 وظيفة تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت

أساس وظيفة تيسر خدمة IP هو عتبة الأداء من حيث نسبة خسارة رزم بروتوكول الإنترنت (IPLR).

تتوفر خدمة IP على أساس من طرف إلى طرف إذا كانت نسبة IPLR لهذه الحالة من طرف إلى طرف أصغر من العتبة c_1 المحددة في الجدول 1.

الجدول 1 – وظيفة تيسر خدمة IP

معيار الانقطاع	العتبة
$IPLR > c_1$	$c_1 = 0.20$
ملاحظة – تعتبر القيمة 0,20 للمعيار c_1 قيمة مؤقتة وتُحدد على أنها تستلزم المزيد من الدراسة. وكانت القيمة المؤقتة السابقة للمعيار c_1 هي 0,75. واقتُرحت أيضاً القيمتان 0,9 و0,99 للمعيار c_1. بيد أنه في وقت الموافقة على هذه التوصية، كان يبدو أن معظم أسباب عدم التيسر نابعة من الأعطال حيث تساوي نسبة الخسارة أساساً 100%، والكثير من تطبيقات شبكات IP لم تعد تعمل عندما تكون نسبة الخسارة أكبر من 0,20. وعندما تدعم شبكات IP العديد من مزايا الخدمة، قد يكون من المناسب النظر في قيم مختلفة للمعيار c_1. وفي هذه الحالة، تم اقتراح قيم c_1 تتراوح بين 0,03 و0,2 (استناداً إلى مرونة مشفرات الكلام المختلفة) للخدمات التي تقدم الفئة 0 أو الفئة 1 المبينة في التوصية ITU-T Y.1541 والمعيار c_1 البالغ 0,75 للفئة 5 المبينة في التوصية ITU-T Y.1541. ولا تستعمل العتبة c_1 إلا لتحديد متى تكون موارد الشبكة IP غير قادرة (مؤقتاً) على دعم خدمة مفيدة لنقل رزم IP. وينبغي ألا تعتبر القيمة c_1 بياناً عن الأداء من حيث نسبة خسارة بروتوكول الإنترنت وألا تعتبر هدفاً مناسباً لأي تطبيق IP. وينبغي أن تستبعد أهداف الأداء المحددة فيما يتعلق بنسبة IPLR جميع فترات عدم تيسر الخدمة أي جميع الفترات الزمنية التي تكون فيها النسبة IPLR أكبر من c_1.	

وبالنسبة لزوج SRC وDST، *يتاح قسم أساسي أو مجموعة NSE لحالة نقل مستقل عن الدخول* إذا كانت النسبة IPLR لذلك الزوج أصغر من العتبة c_1 كما تقاس عبر جميع نقاط القياس المسموح بها.

وبالنسبة لزوج SRC وDST، *يتاح قسم أساسي أو مجموعة NSE لحالة نقل بدخول محدد* إذا كانت النسبة IPLR لذلك الزوج أصغر من العتبة c_1 كما تقاس عبر جميع نقاط القياس المحددة المسموح بها.

الملاحظة 1 – من منظور العمليات، سيكون من الممكن قياس و/أو مراقبة التيسر من نقطة قياس محددة للدخول المسموح به ثم استعمال هذه المعلومات لاستنتاج تيسر النقل المستقل عن الدخول.

الملاحظة 2 – العلاقة الكمية بين تيسر الخدمة IP من طرف إلى طرف وتيسر الخدمة IP للقسم الأساسي أو المجموعة NSE لا زالت بحاجة إلى مزيد من الدراسة.

إذا استوفيت معايير الانقطاع المبينة في الجدول 1 (بمعنى تجاوز النسبة IPLR لعتبتها)، تكون خدمة IP في حالة عدم تيسر (أي أنها تعاني من الانقطاع). وتكون الخدمة IP في حالة تيسر (بدون انقطاع) في حالة عدم استيفاء معايير الانقطاع. والعدد الأدنى للرزم التي ينبغي استخدامها لتقييم وظيفة تيسر الخدمة IP هو M_{av} (تحتاج قيمة M_{av} إلى مزيد من الدراسة، وفي اختبارات التيسر التي تستند إلى الحركة التي يولدها المستعمل النهائي، تم اقتراح قيمة M_{av} تساوي 60 رزمة، موزعة ضمن T_{av} في رزمة واحدة في الثانية). والمدة الزمنية الدنيا التي يجب خلالها تقييم وظيفة تيسر الخدمة IP هي T_{av}. وتُحدد T_{av} مؤقتاً على أنها دقيقة واحدة. وقد كشفت الدراسة أن هذه القيمة متسقة مع الحدود العملية لعمليات الطبقة IP. وقد يتيح رصد أداء الطبقة السفلية وأعطال عناصر الشبكة تحديد عدم التيسر الوشيك في وقت أقصر، واتخاذ إجراء تصحيحي مباشر. ويقدم التذييل VI الأساس المنطقي للتعريف الحالي لوظيفة تيسر الخدمة IP وقيم T_{av} وc_1.

الملاحظة 3 – من المتوقع أن يحدد معيار الانقطاع القائم على النسبة IPLR تيسر الخدمة IP بشكل مرضٍ. ومع ذلك، قد يأخذ تيسر الخدمة IP في الاعتبار أيضاً الأداء المتردي بشدة للنسبة IPLR و/أو معدل الرزم غير المنتظمة. ولا تزال مسألة إدراج معلمات قرار التيسر الإضافية والعتبات المرتبطة بها بحاجة إلى مزيد من الدراسة.

الملاحظة 4 – يعتمد هذا التعريف أحادي الاتجاه للتيسر على حقيقة أن الرزم IP غالباً ما تعبر مسيرات مختلفة جداً من مضيف SRC إلى مضيف DST عن عبورها من DST إلى SRC. وإذا كانت هناك حاجة، من منظور مستعمل الشبكة IP، إلى تعريف تيسر ثنائي الاتجاه، يمكن اشتقاق تعريف ثنائي الاتجاه بسهولة من هذا التعريف أحادي الاتجاه، وذلك بجمع وقت عدم التيسر غير المتداخل للمسير العكسي.

ومن المزمع أن ينطبق هذا التعريف لتيسر الخدمة IP على حركة IP التي يولدها المستعمل النهائي (أي التدفق العادي للرزم IP بين المضيفيْن SRC وDST) وكذلك على الحركة التي تولدها مجموعات الاختبار ومنهجيات الاختبار. وفي كلتا الحالتين، ينبغي توثيق مصدر الحركة IP عند الإبلاغ عن نتائج التيسر. وينبغي أن تتضمن هذه الوثائق الأنماط المحددة من الرزم المستعملة في كل اتجاه من اتجاهات التدفق.

وينبغي الحد من الحركة المتولدة خصيصاً لاختبار حالة التيسر بحيث لا تسبب الازدحام. ويمكن أن يؤثر هذا الازدحام على حركة أخرى و/أو يمكن أن يزيد بشكل كبير من احتمال تجاوز معايير الانقطاع.

ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات عن تحديد حالة التيسر في التذييل IV.

2.7 معلمات تيسر الخدمة IP

1.2.7 النسبة المئوية لعدم تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (PIU)

النسبة المئوية لعدم تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (PIU) هي النسبة المئوية للزمن الإجمالي المجدول للخدمة IP (النسبة المئوية للفترات T_{av}) التي تصنف على أنها غير متيسرة باستخدام وظيفة تيسر الخدمة IP.

2.2.7 النسبة المئوية لتيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (PIA)

النسبة المئوية لتيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (PIA) هي النسبة المئوية للزمن الإجمالي المجدول للخدمة IP (النسبة المئوية للفترات T_{av}) التي تصنف على أنها متيسرة باستخدام وظيفة تيسر الخدمة IP؛ وترتبط النسبتين المئويتين PIU وPIA كما يلي:

$$PIU = 100 – PIA$$

ملاحظة – نظراً إلى أن نسبة خسارة رزم بروتوكول الإنترنت (IPLR) تزداد عادة بزيادة الحمولة المعروضة من المضيف SRC إلى المضيف DST، يزيد احتمال تجاوز العتبة c_1 مع زيادة الحمولة المعروضة. ولذلك، من المحتمل أن تكون قيم PIA أصغر عندما يكون الطلب على السعة بين المضيفيْن SRC وDST أعلى.

ويقدم التذييل IV معلومات عن أخذ عينات لتحديد النسبتين المئويتين PIA وPIU.

الملحق A

معلمات السعة القائمة على بروتوكول الإنترنت والمعلمات المتعلقة بالتدفق وأساليب قياسها

(يشكل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.A معلومات أساسية

بدأ تقييس معماريات القياس التي تحدد خصائص "خدمة الإنترنت" في 2013. ويعتبر منتج النفاذ إلى شبكة المستهلك الذي يدعم بروتوكول الإنترنت وسيلة شائعة للتوصيل بالإنترنت. وتتواصل معظم تطبيقات المستهلك تقليدياً بواسطة النقل TCP. ويوفر البروتوكول TCP إرسالاً موثوقاً لوحدات البيانات. وعند محاولة تحديد خصائص خدمة الإنترنت بقياسات معيارية، استخدمت طرائق لتوصيف خصائص طبقة النقل TCP لتقدير خصائص شبكة الإنترنت أو طبقة الوصلة، مثل عرض نطاق النفاذ. وقد أثيرت شواغل من أن هذا النهج قد لا يعمل على النحو الصحيح واقتُرحت أساليب بديلة لتوصيف خدمات نفاذ المستهلك إلى الإنترنت استناداً إلى القياسات.

وفي الوقت نفسه، هناك اتجاه قوي للاستعاضة عن النقل TCP بالنقل UDP، والحمولات النافعة ذات الأجزاء المفتوحة والمجفرة، وإعادة الإرسال في طبقة التطبيق والتحكم في الازدحام. وسيؤدي استخدام بروتوكول توصيلات الإنترنت السريعة لبروتوكول مخطط بيانات المستخدم لغوغل (Google QUIC) والموافقة الوشيكة لفريق المهام المعني بهندسة الإنترنت [b-QUIC] IETF QUIC إلى إحداث تغيير سريع في بيئة نقل الإنترنت، وسيصبح المستهلكون الذين يستعملون المتصفحات الشائعة من أوائل المتبنين.

ويحدد هذا الملحق معلمات وأساليب قياس عرض نطاق السعة القصوى لطبقة بروتوكول الإنترنت في النص الحالي. وفي المستقبل، يمكن تحديد معلمات وأساليب القياس المتعلق بالتدفق (صبيب النقل) هنا بعد إجراء مزيد من الدراسة. وتنطبق معلمات وأساليب القياس هذه بشكل كامل على المشتركين في خدمة الإنترنت (المستعملين النهائيين) ومقدمي خدمة الإنترنت على السواء، علماً أن نقاط قياس الدخول والخروج المختارة تحدد تماماً إمكانية التطبيق عند مقارنة القياسات بمواصفات خدمة طبقة بروتوكول الإنترنت.

تتمتع لجنة الدراسات 12 لقطاع تقييس الاتصالات (SG12) بخبرة في وضع معايير القياس والنمذجة للاتصالات. وعلاوةً على ذلك، تتوفر خبرة في مجال المنهجية والأدوات الإحصائية تتيح مقارنة موضوعية بين القياسات المقترحة وأساليب النمذجة. ويتم الاتفاق على استخدام خبرة وأساليب لجنة الدراسات 12 لاتخاذ قرار بشأن مدى إمكانية تطبيق المقترحات المتنافسة المتعلقة بتحديد "خدمة إنترنت المستهلك" كطريقة جيدة للانتقال من تبادل الآراء إلى إثبات ومقارنة المفاهيم في ظروف اختبار قابلة للاستنساخ. وتوفر التوصية [b-ITU-T P.800] المتطلبات التالية:

> من المهم أن يتم تحديد وإعداد الظروف التي تتم محاكاتها في الاختبار بشكل صحيح، وقياسها بدقة قبل وبعد كل تجربة؛ ... وأن يتم الاحتفاظ بسجلات موثوقة لمخرجات كل اختبار.

ووافق فريق مهام هندسة الإنترنت (IETF) في مارس 2018 على المعيار RFC 8337 بشأن "مقاييس قائمة على النموذج من أجل سعة النقل بالجملة" ونشره [IETF RFC 8337]. وكان العمل المتعلق بالمقاييس القائمة على النموذج (MBM) نتيجة سنوات عديدة شملت النظر في مشكلة قياس سعة النقل وذلك أساساً في إطار فريق العمل المعني بقياس أداء بروتوكول الإنترنت (IPPM) التابع لفريق مهام هندسة الإنترنت. وتصف المواصفة بعناية العديد من القضايا والصعوبات المتعلقة بقابلية التكرار عند الاختبار باستخدام بروتوكول TPC المتوافق مع المعايير (الفقرة 4)، وتسمح بحل هذه المشاكل أساساً عن طريق تصميم أسلوب ومجموعة من الاختبارات التشخيصية حيث يتم تعطيل التحكم في تدفق بروتوكول TCP. وينطوي هذا الأسلوب على تقييم أداء النقل المستهدف من حيث معدل الإرسال ووقت الإرسال ذهاباً وإياباً (RTT).

وحتى إعداد هذه التوصية، كانت هناك أدوات (مثل iPerf) وإشارات محدودة إلى قياسات سعة بروتوكول الإنترنت القائمة على بروتوكول UDP في المعايير والتقارير المنشورة. وفي الوقت الحالي، ترى الصناعة أن تنفيذ كل من معيار قياس وأداة متوافقة هي الطريقة المثالية لتقديم مقاييس وأساليب جديدة. ويقدم هذا الملحق مواصفة مفصلة بما فيه الكفاية للتنفيذ تسفر عن نتائج متكافئة إحصائياً (على النحو الموضح في المعيار [b-IETF RFC 6576] المنبثق عن عمل الفريق IPPM). وستُقدم أداة قياس بشكل منفصل تتوافق مع هذا الملحق.

وترد في هذا الملحق خطة الاختبار لتقييم أساليب القياس ذات الصلة. وتستعمل خطة الاختبار مبادئ لجنة الدراسات 12 الواردة في التوصية [b-ITU-T P.800] لتحديد "حقيقة أساسية" لمقارنة أساليب القياس المرشحة. وتم تقسيم الاختبار إلى مراحل: أجريت اختبارات مخبرية وفقاً لخطة المرحلة 1، حيث يمكن فحص تنفيذ "الحقيقة الأساسية" وحدود منصة الاختبار، وأساليب القياس المرشحة في ظل ظروف متحكم فيها. وأجريت اختبارات المرحلة 2 في الميدان وفقاً لخطة الاختبار.

وترد في التذييل X (إعلامي) نتائج التقييم الموجزة (باستعمال خطة الاختبار) لكل من الاختبارات المختبرية في المرحلة 1 والمختبرات الميدانية في المرحلة 2. وتقدم التذييلات الأخرى معلومات مجمعة لدعم توافق الآراء الذي تحقق بهذا الصدد وتفاصيل إضافية عن الحسابات وعوامل التحويل بين القياسات في طبقات مختلفة.

2.A معلمات سعة طبقة بروتوكول الإنترنت وأساليب قياسها (نفاذ المستهلك إلى الإنترنت)

1.2.A تحديد مقياس سعة بروتوكول الإنترنت القابل للقياس

تحدد الفقرة 2.1.11.6 معلمة مثالية لسعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت التي تُقيّم "أعلى عدد (إجمالي) لبتات طبقة بروتوكول الإنترنت" يمكن نقله ... خلال فاصل زمني محدد $[t, t + \Delta t]$." وتحدد هذه الفقرة صيغة قابلة للقياس (عملية بدرجة أكبر) للتعريف المثالي.

في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، يكون الحد الأقصى لسعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت خلال الفاصل الزمني $[t, t + \Delta t]$ كالتالي:

$$Maximum_C(t, \Delta t) = \frac{\max\limits_{[t,\Delta t]}\left(n_0(dt_n, dt_{n+1})\right)}{dt}$$

حيث:

يتكون الفاصل الزمني $[t, t + \Delta t]$ من x فواصل زمنية فرعية متساوية و*طول* dt؛

n_0 هو العدد الإجمالي لرأسية طبقة IP وبتات الحمولة التي يمكن نقلها عبر قسم أساسي يولد نتائج صحيحة لنقل رزم IP عند نقطة قياس الخروج خلال فاصل زمني محدد، من $[dt_2, dt_1]$ أو فواصل زمنية أخرى dt في الطول.

وتجدر الإشارة إلى ضرورة استخدام النقل UDP عند تقييم مقياس قابل للقياس للسعة IP.

ويحتاج أسلوب القياس أيضاً إلى تعريف معدل إرساله الوارد أدناه.

1.1.2.A معدل بتات إرسال رزم IP (IPSBR)

في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، يبلغ معدل بتات إرسال رزم IP الذي يولده المرسل عند نقطة قياس دخول 8 مرات مجموع عدد الأثمونات المرسلة في رأسيات وحمولات الرزم IP التي تؤدي إلى حدث مرجعي لنقل رزمة IP عند نقطة قياس الدخول هذه خلال فاصل زمني محدد مقسوماً على مدة الفاصل الزمني. وبالمثل، يؤدي عدد البتات في رأسيات وحمولات الرزم IP إلى أحداث مرجعية للرزمة IP لكل ثانية خدمة.

2.2.A أسلوب القياس

تشمل الخطوات العامة في الأسلوب (الإجراء) ما يلي:

- يقوم المرسِل بالترتيب لإرسال واستقبال تدفق الرزم IP باستخدام طبقة النقل UDP مع المعلمات الرئيسية المحددة، بما في ذلك:
  نمط الرزمة، بما في ذلك أطوال الرأسية والحمولة النافعة والرأسيات والخيارات الحالية وأي علامات للمعالجة الخاصة في الشبكة؛
  معدل الإرسال الأولي/المتغير للرزم أثناء فاصل زمني محدد (مثلاً، فاصل زمني متّسق مع معلمة HZ، أقل بكثير من *dt* وهو الفاصل الزمني الفرعي للإبلاغ أثناء الاختبار)؛
  طول تمهيد اختبار أو مرحلة تمهيدية ومدتهما وخصائصهما (وهما ضروريان لأنواع معينة من الشبكات، مثل الشبكات المتنقلة)؛
  نظام الإرسال المحدد الذي يشمل الإرسال الرشقي المسموح به أو المقصود (إرسال تعاقبي).
- أثناء الاختبار، يتفاوت معدل الإرسال وفقاً لخوارزمية بحث محددة، مع:
  هدف البحث المحدد، بما في ذلك مقياس واحد أو أكثر من المقاييس المقيسة وما يقابلها من عتبات تشغيلية وتفاوت مسموح به فوق تلك العتبات ودونها.
  المدة المحددة للتجارب التي تتكون من خطوات فردية في خوارزمية البحث؛
  مجموعة القياسات على فترات فرعية، *dt*، التي تدعم القياسات الموجزة التي تجري في نهاية كل تجربة؛
  المدة القصوى لعملية البحث (الحد الزمني).

  تُحدد في هذا الملحق خوارزمية بحث إلزامية واحدة؛ وتكون الخوارزميات الأخرى إلزامية أو اختيارية (على النحو المحدد في البند أو الملحق الذي يحتوي على الخوارزمية). ويتم إبلاغ المستعمل باستعمال خوارزمية بحث إلزامية أو اختيارية مع النتائج.
- سيكون هناك تخزين لجميع القياسات (نتائج التجارب) المجمعة طوال عملية البحث، كسلسلة زمنية للسماح بتحليل عملية البحث.
- ستكون هناك معالجة لاحقة محددة لجميع القياسات (نتائج التجارب) المجمعة طوال عملية البحث لتحديد القيمة (القيم) الموجزة النهائية لعملية بحث معينة. وتشمل الأمثلة (بالنسبة للمعدل المستلَم، أو في هذه الحالة، القدرة المقيسة، وتشمل المعلمات الأخرى الكمون والخسارة وإعادة الترتيب):
  حساب متوسط جميع القيم المقيسة للمعدل المستلَم لجميع التجارب؛
  حساب متوسط جميع القيم المقيسة للمعدل المستلَم حيث يتم تحقيق هدف البحث؛
  حساب أقصى حد لجميع القيم المقيسة للمعدل المستلَم حيث يتم تحقيق هدف البحث؛
  حساب متوسط جميع القيم المقيسة للمعدل المستلَم لجميع التجارب التي استوفيت فيها معايير استبعاد نتائج محددة (مثل إزالة القيم المتطرفة على النحو المحدد بمعايير محددة)؛
  تلخيص المعلمات ذات الصلة (انظر الفقرة 3.2.A أدناه).
- ستكون هناك معايير محددة لإبطال نتائج عملية بحث معينة، مثل الكشف عن حالة عطل لتحقيق معدل الإرسال المطلوب أو الكشف عن حركة متنافسة (ولكن لا يمكن الكشف عن هذه الحركة بشكل شامل في جميع الظروف).
- عند تكرار الاختبارات لفحص اتساق النتائج أو أسباب أخرى، ينبغي أن تشمل عملية تلخيص النتائج تحليل ما بعد الاختبار المقابل لضمان جودة البيانات والكشف عن البيانات المصطنعة واستبعادها (حيثما أمكن). وتُنشر أساليب التحليل اللاحق للاختبار مع النتائج عند استخدامها.
- الأمن: يقوم مستقبِل الاختبار (أو المخدم) بالترتيب لقبول طلبات الاختبار من مجموعة المستعملين المرخص لهم فقط ورفض الطلبات الأخرى.

- السعة: يقوم مستقبِل الاختبار (أو المخدم) بالترتيب لقبول طلبات الاختبار فقط عند توفر ما يكفي من موارد المضيف والسطح البيني، ورفض الطلبات عند عدم استيفاء هذا الشرط.
- الإبلاغ عن النتائج: يبلغ نظام القياس عن الحد الأقصى للسعة IP ونسبة خسارة الرزم IP التجريبية والمقاييس الأخرى عند توفرها (انظر الفقرة 2.4.A). ويمكن لنظام القياس أيضاً أن يبلغ عن السعة UDP من حيث بتات الحمولة النافعة UDP المقدمة، لأن هذه هي السعة المتاحة لتطبيقات المستعمل بعد إزالة رأسيات IP وUDP.

1.2.2.A خوارزمية بحث إلزامية

يفي نظام القياس بمتطلبات الفقرة 2.2.A، ويضيف القدرات التالية لدعم خوارزمية البحث:

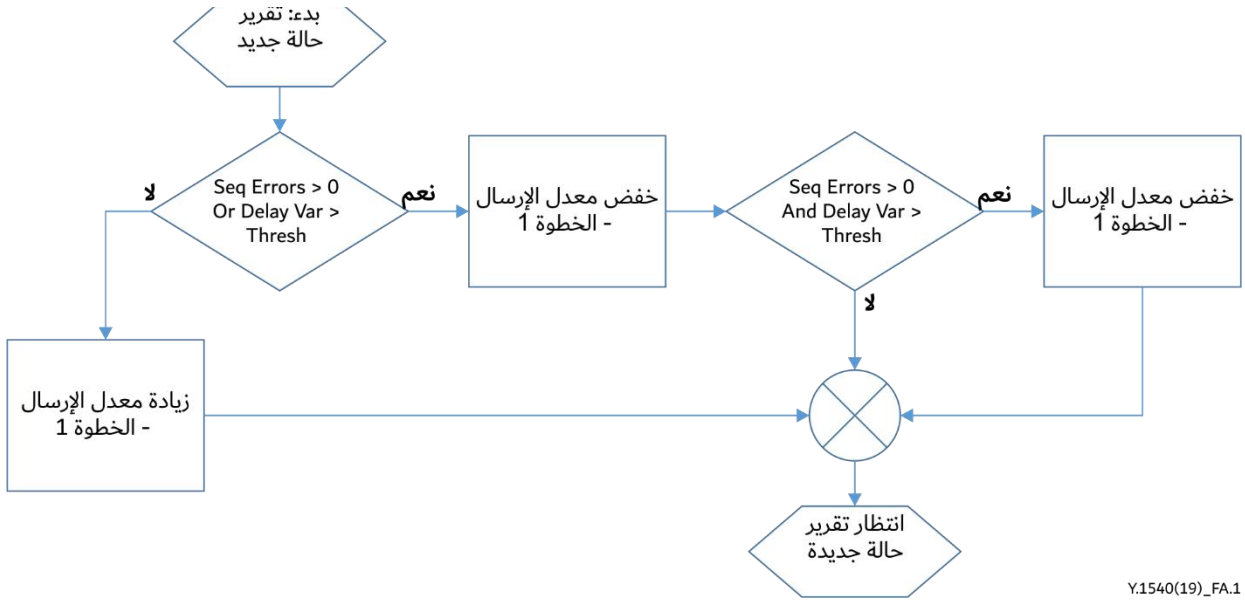
1 ينبغي أن يقدم المختبِر توصية بشأن الحجم الأقصى لرزم الاختبار وأن يسمح ببعض الحمل الزائد غير المتوقع لتجنب التجزئة.

2 هناك جدول لمعدلات الإرسال (IPSBR)، وعدد الرزم المرسلة أثناء كل فاصل، وأحجام الرزم. ويحتوي الجدول على قيم تصاعدية لمعدلات الحمولة المعروضة، بين معدلات الحمولة الدنيا والقصوى المدعومة، ضمناً.

3 يقيس مستقبِل الحمولة المعروضة المقاييس التالية: المعدل المستلَم، الخسارة، إعادة الترتيب، اختلاف الوقت (وفقاً لهذه التوصية) ووقت الإرسال ذهاباً وإياباً [Y.1565].

4 يرسل مستقبِل الحمولة المعروضة بشكل دوري إلى المرسِل رسالة تتضمن ملاحظات بشأن الحالة مشفوعة بنتائج المقاييس المقيسة.

5 واستناداً إلى النتائج الواردة في رسالة الملاحظات بشأن الحالة، يعدل المرسِل الحمولة المعروضة وفقاً للمخطط الانسيابي في الشكل 1.A. و"خطوة واحدة" في المخطط الانسيابي، هي تغيير في المعدل المحقق باستخدام قيمة جديدة (في الصف أعلاه أو أسفل الصف الحالي للإرسال) في جدول معدلات الحمولة المعروضة.



الشكل 1.A – مخطط انسيابي لتعديل الحمولة المعروضة كجزء من خوارزمية البحث

ملاحظة – يمكن تنفيذ القرارات الخوارزمية بواسطة أحد المضيفَين المشارِكَين في نظام القياس، مما يجعل التنفيذ في المضيف الآخر أقل تعقيداً واستقلالية عن صيغة الخوارزمية. ويسمح هذا أيضاً بتحديث الخوارزمية في مضيف يسهل النفاذ إليه.

وفي المستقبل، سيجري تحديد خوارزميات بحث إلزامية أو اختيارية بديلة في ملحقات منفصلة.

3.2.A مقياس نسبة خسارة رزم بروتوكول الإنترنت (IPLR) التجريبية

في مجموعة رزم تسترعي الاهتمام، تُعرّف نسبة خسارة رزم بروتوكول الإنترنت (IPLR) التجريبية على أنها نسبة إجمالي نتائج رزم IP المفقودة إلى إجمالي نتائج رزم IP المفقودة بالإضافة إلى نتائج رزم IP الصحيحة أثناء كل تجربة (أو فاصل فرعي، *dt*).

وتجدر الملاحظة أن نسبة IPLR التجريبية تختلف قليلاً عن تعريف IPLR الوارد في متن النص، إذ لا يمكن استعمال وقت انتظار طويل (T_{max}) لتمييز نتائج الرزم الصحيحة عن نتائج الرزم المفقودة عند تقييم نتائج كل تجربة (أو فاصل فرعي، *dt*) وتمرير نتائج البحث مباشرة إلى خوارزمية البحث. وتُحتسب الرزم المتأخرة لفترة طويلة بشكل غير عادي أو المعاد ترتيبها في قياسات التجارب اللاحقة في جميع المعلمات بما في ذلك تغير مدة رزم بروتوكول الإنترنت (IPDV).

4.2.A المعلمات والأساليب ذات الصلة

من الواضح أن المعلمات التجريبية IPLR وIPTD (التي تُقيَّم على أنها وقت النقل ذهاباً وإياباً، أو الكمون RT، وفقاً للمعلمة المحددة في التوصية [Y.1565])، وIPDV تتسم بالأهمية، وسيُبلغ عنها إلى جانب الملخص الختامي للمعدل المستلَم (السعة المقيسة).

تتاح معلمات قياس إضافية:

- المدة الفعلية لعملية البحث (المقصود أن تكون Δt)
- العدد الكلي للرزم المفقودة الملاحظة أثناء عملية البحث
- نطاق النتائج وتنوعها في عمليات البحث المتكررة.

3.A معلمات الصبيب المتعلقة بالتدفق وأساليب القياس ذات الصلة (النقل والتسليم على نحو موثوق)

تحدد هذه الفقرة، التي ستكون موضوع دراسة لاحقة (FFS)، مقاييس وأساليب قياسات الصبيب المتعلقة بالتدفق، وفقاً للفقرة 12.6 من هذه التوصية. وجدير بالملاحظة أن التذييل X لهذه التوصية يشرح سبب عدم استيفاء البروتوكول TCP المعياري مع التحكم في تدفق العروة المغلقة لهذه المتطلبات. ويرد وصف مقياس وأسلوب مرشحيْن في التذييل XIII لهذه التوصية ويفيان بمتطلبات الفقرة 12.6.

1.3.A تعريف المعلمة

موضوع دراسة لاحقة، انظر التذييل XIII.

2.3.A أسلوب القياس

موضوع دراسة لاحقة.

3.3.A المعلمات والأساليب ذات الصلة

موضوع دراسة لاحقة.

4.A خطة لتوصيف ومقارنة أساليب قياس النفاذ

تقدم التوصية ITU-T P.800 وتوصيات أخرى من هذه السلسلة، على الرغم من أنها تستهدف أساساً الصوت، إرشادات عامة بشأن كيفية إعداد حملات القياس وتنفيذها وتقييمها بهدف مقارنة النماذج القائمة على دخل القياس في ظروف حقيقية. ولفهم قدرات وحدود الاختبارات والأدوات والنتائج المصممة لتوصيف أنماط النفاذ إلى الإنترنت، فإن عملية مماثلة مفيدة، على النحو الموضح أدناه.

وينبغي ترتيب مجموعة من شروط الإرسال المختلفة للاختبارات المختبرية. وينبغي أولاً تحديد ظروف الإرسال القريبة من ظروف التشغيل الفعلية. وينبغي أن تكون الظروف مستقرة وقابلة للتحقق أثناء الاختبارات، باستخدام أجهزة القياس المختبرية. ثم يمكن اختبار كل أسلوب مصمم لتوصيف مختلف أنواع النفاذ إلى الإنترنت وفقاً لمجموعة من الظروف المختلفة. ويمكن وصف أخطاء القياس. ويمكن تحديد المجالات التشغيلية (الظروف) من خلال أداء كل معلمة وطريقة، حيث تكون طريقة القياس مفيدة وأقل موثوقية (ويمكن تحديد مصادر خطأ القياس كمياً).

وترد أدناه ظروف الاختبار.

1.4.A نقاط القياس

يحدد المعيار [b-IETF RFC 7398] مسيراً مرجعياً ونقاط قياس لمقاييس الأداء شائعة الاستخدام. وقد تتمكن مشاريع قياس مماثلة أخرى أيضاً من استخدام التمديدات الموصوفة هنا لتحديد موقع نقطة القياس. والغرض من المعيار [b-IETF RFC 7398] إنشاء طريقة فعالة لوصف موقع نقطة (نقاط) القياس المستعملة لإجراء قياس معين، وخاصة الإشارة إلى القياس الذي يتضمن مسيرات فرعية مدارة وغير مدارة (شبكة خاصة).

وجدير بالإشارة إلى أن مسير القياس على النحو المحدد بنقاط القياس المبينة في المعيار [b-IETF RFC 7398]، يحدد قابلية تطبيق معلمات الاشتراك مثل معدلات البيانات النموذجية المقدمة وما إذا كانت معلمات الاشتراك تحدد اختيار المعلمات من قبيل المعلمة MBM target_data_rate [IETF RFC 8337] وكذلك معلمات مثل حجم الرتل المستخدم في اختبارات UDP، عند النظر في الطبقة التي تُدرج عندها حركة الاختبار، تفادياً للتجزئة.

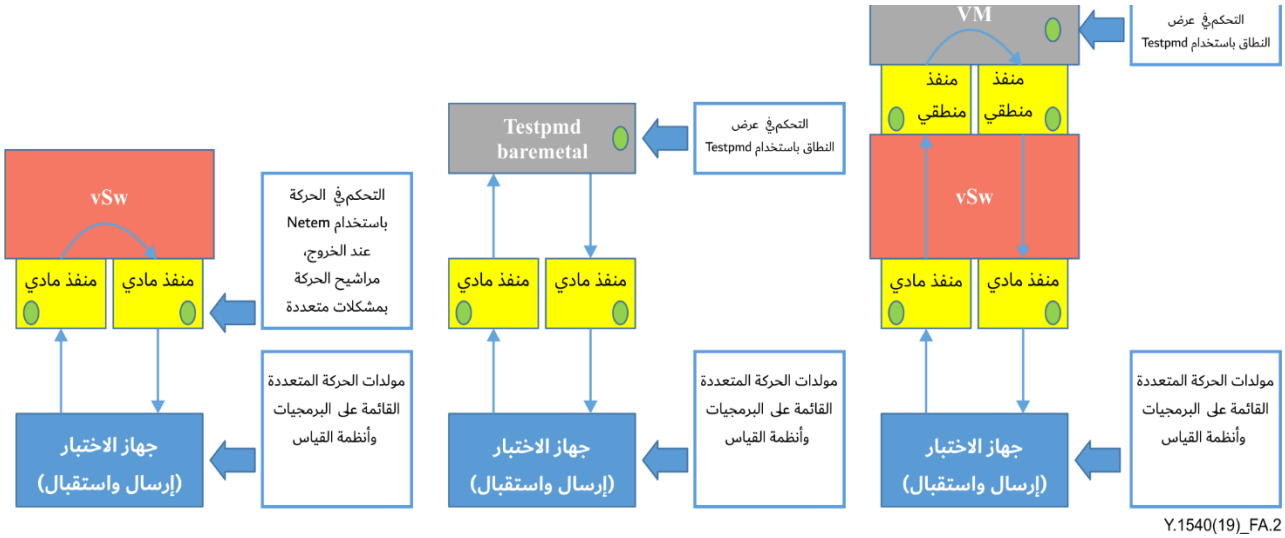
2.4.A شروط الاختبار

ينبغي أن تكون جميع التشكيلات وجميع سلوك الحركة الخلفية أقرب ما يمكن إلى ظروف الربط الشبكي التشغيلية. ويُقترح تحديد اختبار خط الأساس ثم تغيير معلمات الاختبار. وهذا هو اختبار المرحلة 1.

1.2.4.A شروط الاختبار المختبري في المرحلة الأولى

تبعاً لمتطلبات هيئة المنظمين الأوروبيين للاتصالات الإلكترونية (BEREC)، سيجري اختبار المرحلة الأولى [b-BEREC] باستخدام مشكّلات (وأجهزة ضبط بمعدلات تصل إلى 10 Mbps [b-Google-Police])، ويجب أن يكون المختبِر على علم بالطبقة التي تكون فيها المشكّلات وأجهزة الضبط وأجهزة المراقبة والإرسال والاستقبال المنفعلة ورزم مقياس نتائج الاختبار النهائية. وبالإضافة إلى ذلك، سيتم تنفيذ واختبار انحطاط الشبكة مثل التأخير.

ويوضح الشكل أدناه مرفقيْن مختلفين يقدمان تحكماً مرناً في الحركة/المعدل على منصة حوسبة لأغراض عامة. ويمكن تطبيق مرفقيْ الحركة المختلفين بثلاث طرق.



الشكل 2.A – ثلاث مسارات اختبار بديلة على منصة حوسبة لأغراض عامة

وفي الشكل 2.A، يوصل جهاز الاختبار بمضيف أغراض عامة عبر وصلات مادية بمعدل 10 Gbps. وجهاز الاختبار هو أيضاً مضيف أغراض عامة ولكنه معزول تماماً عن المضيف الذي يقوم بالتحكم في الحركة، مما يتيح لكل عقدة تخصيص موارد لأدوارها الفريدة في بيئة الاختبار. ويمكن تثبيت تطبيقات مختلفة لأساليب قياس مرشحة واختبارها من خلال عقدة التحكم في الحركة.

وهناك ثلاثة بدائل لتنفيذ وظيفة مُشكّل الحركة. ويستخدم الأول على اليسار المحاكي المجهز بنواة لينكس، netem، والذي يمكنه محاكاة وقت النقل والمساعدة في التحكم في الحركة بعد تشكيل السطوح البينية NIC والمادية الصحيحة. وتقوم البدالة vSwitch ببساطة بتبديل الأرتال بين مَنفذيْها. ويشار إلى هذا التشكيل عموماً باسم "phy2phy".

ويفترض البديل الثاني (في الوسط) تثبيت المرفق Intel DPKD testpmd وتشكيله لأداء تسيير الرتل بين السطوح البينية المادية الصحيحة، إلى جانب التحكم في عرض النطاق الذي يمر عبر مسير إعادة التسيير.

ويستخدم البديل الأخير (على اليمين) المرفق tespmd المثبت في آلة افتراضية (VM)، ويستخدم البدالة vSwitch مع التشكيل لتوصيل السطوح البينية المادية بالمنافذ الصحيحة على الآلة الافتراضية. ومرة أخرى يتحكم المرفق tespmd (أو أي مرفق آخر يعمل في الآلة الافتراضية) في عرض نطاق المسير بين المنافذ المنطقية.

وكل هذه التشكيلات الثلاثة ممكنة على وحدة مشروع OPNFV VSPERF، المخصصة للاختبار والتطوير والتقييم باستخدام أداة VSPERF [b-Pod12].

وقد تنطبق شروط مختلفة بعد ذلك على اختبارات فردية. ويجري في كل اختبار تغيير خاصية واحدة فقط مقابل اختبار خط الأساس، وتبقى جميع خصائص التشكيل الأخرى دون تغيير.

- يُضبط عرض نطاق المشكِّل/أداة الضبط على المعدلات على النحو المقترح من هيئة المنظمين الأوروبيين للاتصالات الإلكترونية، حتى المدى Gbps وسيجري اختباره.
- تُضبط أوقات الذهاب والإياب على القيم التالية: 5، 10، 20، 40 ms.
- تُضبط النسبة العشوائية لخسارة الرزم على القيم التالية: 0، 4-**10، 5-**10.
- يمكن ضبط التفاوت المسموح به لرشقة المشكِّل على 0 أو حتى على القيمة القصوى التي يسمح بها المشكِّل (5 kbit).
- أساليب الحد من المعدل هي التشكيل والضبط (ولكن ليس كلاهما في آن واحد).
- استراتيجية الاصطفاف الانتظاري هي إسقاط الرزم.
- ستُنفذ الاختبارات بدون حركة خلفية. ويمكن إجراء اختبار إضافي مع حركة خلفية (تنافسية). ويُنشر متوسط حمولة الخلفية مع النتائج.
- سيشكل كل اختبار وحركة خلفية أفضل جهد.
- الحد الأقصى للفاصل الزمني للقياس الفردي هو 30 ثانية.
- في كل قياس فردي، يجب أن يكون التفاوت المسموح به لعرض النطاق المشكّل مقارنة بعرض نطاق يقاس أثناء الاختبار في حدود 5% لقبول عرض نطاق يقاس بشكل صحيح من خلال نظام القياس المرشح.
- يجب أن تتوفر برمجية القياس المستخدمة في الاختبار بموجب ترخيص مفتوح المصدر. وقد تؤجل المنتجات التجارية هذا الشرط إلى أن تبدأ عملية تقييس الأسلوب. ويجب معايرة أنظمة الاختبار، وينبغي أن يكون الفريق المعني بالمسألة 17 على علم بحدود أي نظام مقدم للتقييم. ويجب أيضاً توفير تفاصيل عن بيئة التطوير ونظام التشغيل المطلوب.
- ستُنشر النتائج في شكل تذييل لهذه التوصية.
- تقابل أحجام رتل الإثرنت (ETH) حجم رتل الطبقة 2 بمعدل 64 بايتة بالإضافة إلى الحجم الأقصى لوحدة الإرسال ETH بمعدل 1512 بايتة (و1516 بما في ذلك ETH CRC).
- يُستحسن الاختبار باستخدام أسرة عناوين IPv6، بالإضافة إلى IPv4.

ويمكن استعمال معدات الاختبار المختبرية المعيارية لمعايرة خصائص الشبكة [b-TST 009] مثل الحد الأقصى لعرض نطاق طبقة بروتوكول الإنترنت، والحد الأدنى والأقصى لوقت الذهاب والإياب، وعمق ذاكرة التخزين، وغير ذلك قبل كل أداة قياس فردية

لكل حالة اختبار للشبكة. وبهذه الطريقة، يمكن الحصول على معلومات مرجعية لأداء الشبكة يمكن من خلالها مقارنة نتائج أدوات القياس والتقييمات ذات الصلة.

والمعيار المرجعي للتشغيل الصحيح للمشكِّل وفقاً للتشكيلة هو الإرسال UDP CBR، وفي النهاية للتقييم الصحيح لظروف القناة (بما يتماشى مع [b-PAM-12]). وفي حال اختلاف سعة UDP وتشكيلة المشكِّل، فإن الحكم الثالث لمدى الصحة هو التقاط رزم تدفق UDP. وتحديد الأخطاء المصادفة ومناقشتها أمر ضروري في المقارنة المرجعية.

وقد استُكملت الاختبارات المختبرية الأولية لتقييم أساليب المعايرة والقياس. وبناءً على التوجيهات الواردة في النص الحالي للملحق A من هذه التوصية ومتطلبات هيئة BEREC للتحقق من أدوات القياس، اختبرت شركة AT&T إحدى التشكيلات البديلة الثلاث باستخدام منصة حوسبة لأغراض عامة تفي بالمتطلبات (phy2phy).

النقطتان الرئيسيتان التي يتعين استخلاصهما من هذا الاختبار:

- بلغ الصبيب ثنائي الاتجاه 213,85 Mbps، وهو ما يقترب إلى حد ما من القيمة المشكّلة البالغة 2x 100 Mbps. وقد يرجع التجاوز إلى خلل في حجم الرشقة المسموح به.
- تم تشكيل البحث الاثنيني مع التحقق من الخسارة للسماح بتفاوت كبير نسبياً بالميغابت في الثانية لقبول النتيجة. ويجب إعادة النظر في هذا التفاوت المسموح به عند اختبار معدلات sub-Gbps.

2.2.4.A شروط الاختبار في المرحلة الثانية

لإحراز التقدم في برنامج الاختبار، تستخدم هذه الخطة المقارنة المرجعية UDP على الشبكات أثناء الخدمة (بمواصفات معلمات الخدمة المعتمدة) من أجل إجراء المزيد من المقارنات لمواصفات الخدمة وأساليبها، مثل أساليب iPerf 2 TCP والأساليب القائمة على بروتوكول UDP. وهي طريقة مماثلة للمرجع [b-PAM-12] ومراجع أخرى على النحو المبين أدناه.

ويمكن أيضاً إجراء اختبار لتشكيلات معدات الشبكات أثناء الخدمة في البيئة المختبرية، حيثما أمكن وعلى أساس تطوعي.

وستجري اختبارات المرحلة الثانية بطريقة مماثلة للعمل الذي قامت به الباحثتان Goga وTeixeira في عام 2012 [b-PAM-12]. ومن بين المعلومات المتاحة عن أنظمة القياس المستخدمة على نطاق واسع اليوم، لا أحد يستخدم الطريقة التي عُرضت في الماضي لإنتاج أدق تقدير لسعة IP – القياسات القائمة على UDP [b-PAM-12]. ولسوء الحظ، أُجريت القياسات [b-PAM-12] عندما كانت سعات النفاذ النموذجية أقل من 50 Mbps، والآن (بعد أكثر من 5 سنوات)، تم تجاوز مدى السعة هذا في النفاذ إلى الإنترنت المتنقل. وفيما يلي النقاط الرئيسية التي يتعين استخلاصها من [b-PAM-12]:

- استُخدمت أداة iperf لمحاكاة الأدوات القائمة على الإغراق، لأنها تسمح لنا بضبط عدد التوصيلات المتوازية أو مدة النقل أو حجمه بين معلمات أخرى.
- "المعيار المرجعي. يظهر السطر الأول من الجدول 1 سعة UDP المتحصل عليها عند إغراق الوصلة بأداة iperf في البروتوكول UDP...وتمثل سعة UDP أقصى معدل IP يمكن تحقيقه لكل سطر."
- تعد أدوات Spruce وpathload ذات المسابير الكبيرة واختبارات TPC المتوازية أكثر الأدوات دقة لتقدير عرض النطاق المتيسر (المعروف أيضاً باسم السعة المتبقية)، ولكن هناك مناطق أخرى تفشل فيها اختبارات TPC المتوازية في تحقيق نتائج مفيدة، لا سيما إذا كانت هناك حركة متوازية غير محددة.

ويرد تحليل العيوب العامة لأنظمة القياس الحالية المستعملة خلال الإطار الزمني 2012 في المرجع [MortonPQS].

وينبغي إجراء اختبارات المرحلة الثانية لكل نمط نفاذ أساسي.

أنواع النفاذ الأساسي:

الاتصالات السلكية: نفاذ المستهلك إلى الخط الرقمي للمشترِك، والنفاذ الكبلي عريض النطاق، النفاذ عبر الألياف البصرية وما إلى ذلك.

الاتصالات اللاسلكية: بؤر التوصيل WiFi، UMTS، النفاذ اللاسلكي LTE، وما إلى ذلك.

تعرّف النتائج ومسارات الاختبار المستعملة في المرحلة الأولى كأساس للمرحلة الثانية. وستغطي المرحلة الثانية عدة أنواع من النفاذ إلى الإنترنت، مثل النفاذ الذي يتسم بخصائص نمطية في سوق الاتصالات الوطنية. وينطبق الأمر نفسه على جميع المعلمات الأخرى فعلى سبيل المثال ينبغي افتراض وقت RTT نموذجي للمحتوى الرائج، وينبغي أن تكون الحركة الخلفية نموذجية وما إلى ذلك. وبالتالي، ينبغي أن تكون ظروف التوصيل الشبكي قريبة من بيئة المشترك الحقيقية.

وقد تنطبق شروط مختلفة بعد ذلك على اختبارات فردية. ويجري في كل اختبار تغيير خاصية واحدة فقط مقابل اختبار خط الأساس، وتبقى جميع خصائص التشكيل الأخرى دون تغيير.

- يمكن إضافة حركة خلفية إلى النفاذ (بميزات Diffserv أو بدونها، كما قد يكون متوقعاً في سوق معينة).

ويمكن استعمال معدات مختبرية معيارية بالإضافة إلى ذلك لدراسة خصائص الشبكة المقيسة.

وينبغي توفير أحجام الرزم عندما تكون معروفة، ولكن هناك تباين محتمل في الحجم، وقد يكون هذا الاختلاف نتيجة ظروف شبكة تتطلب إعادة إرسال (بالنسبة لبروتكول TCP بشكل أساسي، وقد تستعمل الأدوات الأخرى أحجاماً ثابتة أو متغيرة).

الملحق B

خوارزمية بحث إضافية من أجل معلمات السعة القائمة على بروتوكول الإنترنت وأساليب قياسها

(يشكل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.B خوارزمية البحث

يفي نظام القياس هذا بمتطلبات الفقرة 2.2.A ويضيف القدرات التالية لدعم خوارزمية بحث بديلة وإلزامية للتنفيذ، يشار إليها بخوارزمية البحث في الملحق B (وهي مستقلة عن بروتوكول الاختبار):

1 ينبغي أن يقدم المختبِر توصية بشأن الحجم الأقصى لرزم الاختبار وأن يسمح ببعض الحمل الزائد غير المتوقع لتجنب التجزئة.

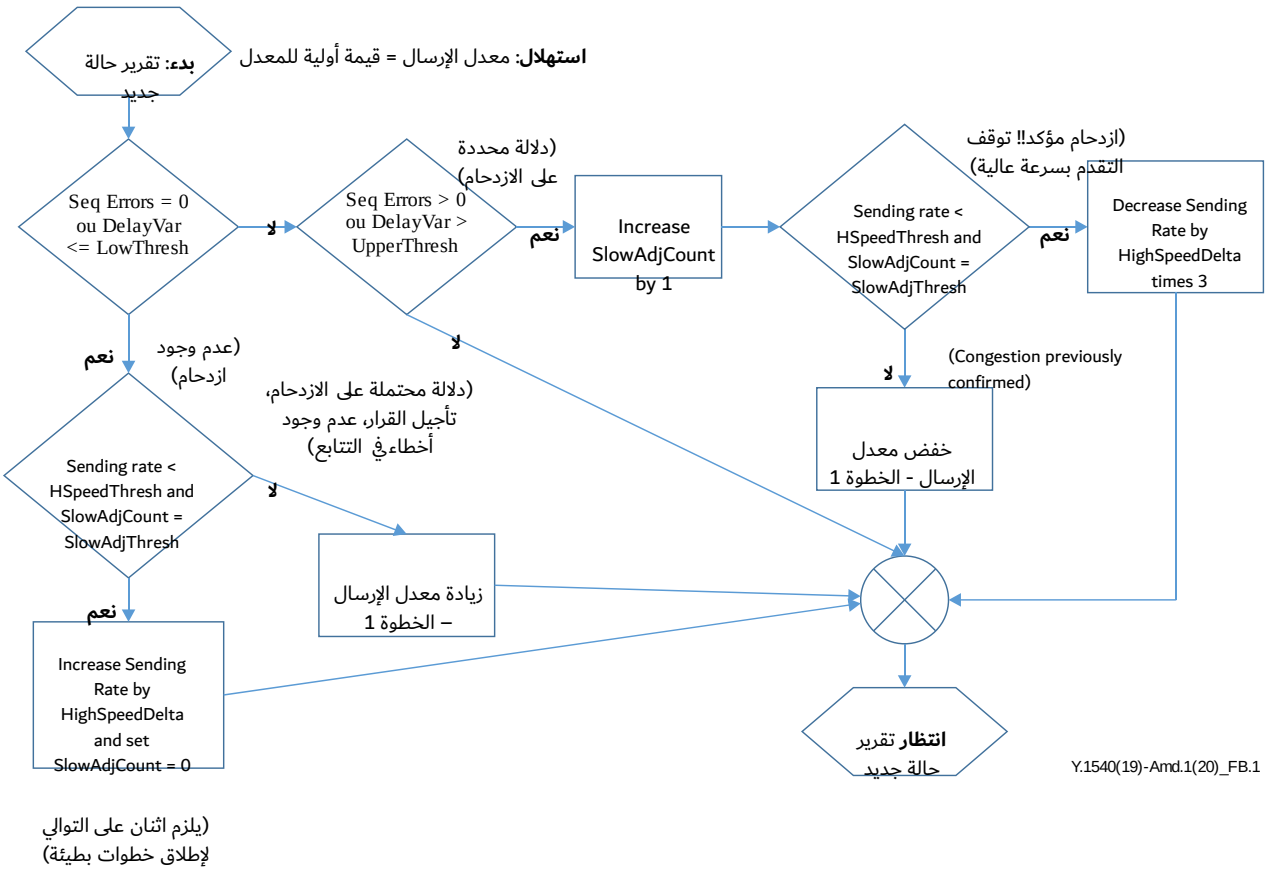
2 جدول معدلات الإرسال، وهي عدد الرزم المرسلة أثناء كل فاصل زمني (مقابل البتات في الثانية وطبقة بروتوكول محددة) وأحجام الرزم. ويحتوي الجدول على قيم تصاعدية لمعدلات الحمولة المعروضة، بين معدلات الحمولة الدنيا والقصوى المدعومة، ضمناً.

3 يقيس مستقبِل الحمولة المعروضة المقاييس التالية: المعدل المستلَم، الخسارة، إعادة الترتيب، اختلاف الوقت (وفقاً لهذه التوصية) ووقت الإرسال ذهاباً وإياباً [ITU-T Y.1565].

4 يرسل مستقبِل الحمولة المعروضة بشكل دوري إلى المرسِل رسالة تتضمن ملاحظات بشأن الحالة مشفوعة بنتائج المقاييس المقيسة.

5 واستناداً إلى النتائج الواردة في رسالة الملاحظات بشأن الحالة، يعدل المرسِل الحمولة المعروضة وفقاً للمخطط الانسيابي في الشكل 1.B. و"خطوة واحدة"، في المخطط الانسيابي، هي تغيير في المعدل المحقق باستخدام قيمة جديدة (في الصف أعلاه أو أسفل الصف الحالي لمعدل الإرسال وأحجام الرزم) في جدول معدلات الحمولة المعروضة.

ويستخدم المخطط الانسيابي في الشكل 1.B العديد من الأسماء المتغيرة وفي بعض الحالات عتبات قابلة للتشكيل تحدد قرارات المخطط الانسيابي.وهناك ثلاثة مسارات رئيسية عبر المخطط الانسيابي: عندما تشير التغذية الراجعة إلى غياب الترديات المقيسة أو عندما تقاس الترديات لأول مرة وقد يكون هناك بعض الازدحام ولكن تغيير معدل الإرسال يؤجل أو عندما تُؤكد الترديات المقيسة من خلال التغذية الراجعة المتكررة عن القياس.



الشكل 1.B – مخطط انسيابي لتعديل الحمولة المعروضة، خوارزمية بحث من النمط B

ملاحظة – يمكن تنفيذ القرارات الخوارزمية بواسطة أحد المضيفيْن المشاركين في نظام القياس، مما يجعل التنفيذ عند المضيف الآخر أقل تعقيداً واستقلالاً عن صيغة الخوارزمية.

ويوضح الجدول 1.B المتغيرات والعتبات المستخدمة في الشكل 1.B.

الجدول 1.B – المتغيرات والأوصاف والمديات والقيم الافتراضية المستخدمة في المخططة الانسيابي

الفئة/اسم المتغير	الوصف	الوحدة	المدى	القيمة الافتراضية
معدل الإرسال	معدل الإرسال الحالي (أي ما يعادل صفاً من الجدول)، استُهل بأقل معدل إرسال في جدول معدلات الإرسال	Kbps	$500 \leq \# \leq 10\,000\,000$ (10 Gbps)	انظر القيمة الأولية للمعدل
بدء معدل الإرسال	قيمة أولية لمعدل الإرسال	Kbps	غير متاح	500 Kbps
Seq Errors	عدد الخسائر أو إعادة ترتيب الترديات المقيسة (أحداث لم يزداد فيها رقم تتابع الرزم المستقبَلة بمقدار واحد)	عدد	غير متاح	0 (عدم وجود أخطاء في التتابع)
DelayVar	مدى وقت الذهاب والإياب، RTT (أو اختلاف وقت نقل الرزمة في اتجاه واحد، فوق الحد الأدنى للمدة عندما تكون قياسات DelayVar في اتجاه واحد موثوقة)	ms	غير متاح	غير متاح
الفئة/اسم المتغير	**الوصف**	**الوحدة**	**المدى**	**القيمة الافتراضية**
LowThresh	عتبة منخفضة على مدى تغير وقت الذهاب والإياب، RTT (المدى هو قيم أعلى من الحد الأدنى لوقت الذهاب والإياب)	ms	$5 \leq$ ms ≤ 250	تبلغ القيمة الافتراضية 30 ms

الجدول 1.B – المتغيرات والأوصاف والمديات والقيم الافتراضية المستخدمة في المخططة الانسيابي

الفئة/اسم المتغير	الوصف	الوحدة	المدى	القيمة الافتراضية
UpperThresh	عتبة عالية على مدى تغير وقت الذهاب والإياب، RTT (المدى هو قيم أعلى من الحد الأدنى لوقت الذهاب والإياب)	ms	$5 \leq ms \leq 250$	تبلغ القيمة الافتراضية 90 ms
HighSpeedDelta	عدد الصفوف التي يتعين نقلها في تعديل واحد عند زيادة الحمولة المعروضة في البداية (للصعود بسرعة)	عدد الصفوف	≥ 2	10 صفوف في الجدول (10 Mbps حالياً)
SlowAdjCount	عدد تقارير حالة متتالية تشير إلى الخسارة و/أو تغير الوقت فوق العتبة UpperThreshold	عدد التكرارات	غير متاح	انظر SlowAdjThresh
SlowAdjThresh	عتبة على SlowAdjCount تُستخدم لاستنتاج الازدحام. تستعمل قيماً أكبر من 1 لتفادي سوء تفسير الخسارة العابرة	عدد التكرارات	> 1	2
HSpeedThresh	عتبة الانتقال بين أحجام خطوات معدلات الإرسال المنخفضة والعالية (مثل 1 ميغابتة في الثانية و100 ميغابتة في الثانية)	Gbit/s		1 Gbit/s

يقدم الجدول 2.B معاملات الدخل الافتراضية لطريقة الملحق A، لاستخدامها مع الملحق B.

الجدول 2.B – متغيرات القياس ومدياته وقيمه الافتراضية

الفئة/اسم المتغير	الوصف	الوحدة	المدى	القيمة الافتراضية
السعة القصوى لطبقة بروتوكول الإنترنت				
	عدد التوصيلات المتوازية	#	$1 \leq \# \leq 10$	توصيل واحد
	مدة ديباجة الاختبار	s	$0 \leq s \leq 5$	ثانيتان تقريباً
Δt	مدة الاختبار (سواء في الوصلة الهابطة أو الوصلة الصاعدة) مع استخدام خوارزمية البحث التي تكون بمثابة المدة القصوى لعملية البحث	s	$5 \leq s \leq 60$	10 ثوانٍ
Δt	مدة الاختبار بمعدل ثابت (سواء في الوصلة الهابطة أو الوصلة الصاعدة)	s	$5 \leq s \leq 60$	10 ثوانٍ
dt	مدة فترات الإبلاغ الوسيطة	s	$0.1 \leq s \leq 10$	ثانية واحدة
	قيمة المهلة	s	$5 \leq s \leq 30$	5 ثوانٍ
	نمط رزمة الاختبار بما في ذلك أطوال الرأسية والحمولة النافعة والرأسيات والخيارات الموجودة وأي علامات للمعالجة الخاصة في الشبكة	غير متاح	IPv4 or IPv6 UDP DSCP	لا توجد قيمة افتراضية UDP 00 = أفضل جهد
	حجم مرجح لحمولة UDP	KB	حد أدنى قدره 1 kbyte، حد أقصى عند 1472 بايتة (الحد الأقصى 9000 مع أرتال ضخمة)	لا توجد قيمة افتراضية، يوصى بأكبر قيمة تفادياً للتجزئة.
	فترة رسالة تغذية راجعة (يعيد مستقبِل رسائل الحمل المعروضة إلى المرسِل مع نتائج المقاييس المقيسة)	s	$0,005 \leq s \leq 0,250$	0,050 ثانية

الجدول 2.B – متغيرات القياس ومدياته وقيمه الافتراضية

الفئة/اسم المتغير	الوصف	الوحدة	المدى	القيمة الافتراضية
مقاييس داعمة	مقاييس تقاس على نفس التدفق مثل السعة IP			
IPLR	Y.1545, RFC 7680			
Tmax	أقصى وقت انتظار لوصول الرزم	s	$0,05 \leq s \leq 3$	ثانية واحدة
Sampled RTT	Y.1545، RFC 2681: يستخدم وقت الذهاب والإياب رسائل حالة التغذية الراجعة الواردة من المستقبِل.			
Tmax	أقصى وقت انتظار لوصول الرزم	s	$0,05 \leq s \leq 3$	3 ثوانٍ
	استبانة أختام الوقت	ms	$0,001 \leq ms \leq 1$	مقترح للنفاذ الثابت: 0,001 (استناداً إلى التنفيذ الحالي)
مقياس داعم: IPDV	Y.1540، RFC 3393، RFC 5481 (PDV)			
Tmax	أقصى وقت انتظار لوصول الرزم	s	$0,05 \leq s \leq 3$	ثانية واحدة
	استبانة أوقات الختم	ms	$0,001 \leq ms \leq 1$	مقترح للنفاذ الثابت: 0,001 (استناداً إلى التنفيذ الحالي)

تنطوي التوصيلات المتوازية على تعقيدات وتتسم بميزة الوصول إلى معدلات أعلى.

وفيما يلي الفوائد المحتملة:

- يمكن استخدام الأنظمة المتوازية لإنتاج المعدل التجميعي اللازم مع التوصيلات المتوازية.
- يمكن استخدام التوصيلات المتوازية كطريقة لإشباع المسار قيد الاختبار بزوج واحد من مضيفي الاختبار.
- يمكن اشتقاق معلومات إضافية لأغراض التشخيص، أو للتحقق من صحة عملية الاختبار. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تكون مقارنة معدلات البيانات على كل توصيل مفيدة، حيث يمكن لمعدلات بيانات مختلفة جداً أن تكشف عن تشغيل غير طبيعي.

وتفترض النظرة الحالية أن يكون لكل توصيل قناة التغذية الراجعة الخاصة به وحساب القياسات ومخطط الانسياب، وتقرير النتائج الإجمالية عبر جميع التوصيلات.

التذييل I

اعتبارات خاصة بتسيير رزم بروتوكول الإنترنت

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

يصف هذا التذييل اعتبارات تسيير رزم بروتوكول الإنترنت ذات الصلة بتوصيف أداء خدمة بروتوكول الإنترنت.

ويُحدد تسيير الرزم IP بسياسات وتشكيلات كل مشغل شبكة فيما يتعلق ببروتوكولات التسيير وخيارات البروتوكولات ذاتها. فعلى سبيل المثال، يقوم المشغل بتشكيل معلمة من أجل "تكلفة" عبور كل وصلة في شبكته، وتحسب خوارزمية التسيير أدنى تكلفة تسيير إلى المقصد استناداً إلى معرفتها بالحالة الراهنة لطوبولوجيا الشبكة. ومن الواضح أن المسير الذي تسلكه الرزمة من المصدر إلى المقصد يؤثر تأثيراً كبيراً على مدة النقل التي ستواجهها (من النقل والاصطفاف الانتظاري على السواء)، فضلاً عن التعرض لترديات أخرى من قبيل الخسارة والأخطاء والازدواجية وإعادة الترتيب.

وثمة طريقة أخرى تؤثر بها بروتوكولات التسيير على أداء نقل الرزم هي استجابتها المؤقتة للتغيرات في طوبولوجيا الشبكة، مثل أعطال الوصلة أو المسيّرات، أو إجراء الصيانة لإخراج عنصر الشبكة من الخدمة. وعندما تتغير طوبولوجيا الشبكة بسبب وقوع عطل، تقوم عملية الاستعادة باسترجاع التوصيلية المتأثرة عبر طوبولوجيا الشبكة المتبقية، إن أمكن. وتُسمى هذه العملية "إعادة التسيير" أو "إعادة التقارب"، وتشمل عادة الخطوات التالية (يتطلب تنفيذ كل منها الوقت):

1) الكشف عن العطل/الحدث
2) حساب المسار
3) الإعلان
4) تحديث جدول إعادة التسيير

ومرة أخرى، تحدد خيارات المؤقتات التي يشكلها المشغل مدة عملية إعادة التسيير بشكل كبير. ولدى المشغلين أيضاً خيار ضبط أوقات الانتظار بين تنفيذ خوارزمية التسيير، مما يصون موارد المعالجة ولكن قد يطيل الاستجابة لأحد الأعطال في بعض الحالات.

وتتيح تكنولوجيات التوصيل الشبكي IP الفرعي، مثل حلقات SONET وإعادة التسيير السريع MPLS-TE، استعادة دون الثانية الواحدة من أعطال الوصلة أو المسيّرات.

التذييل II

مصطلحات ثانوية لتغير مدة نقل رزم بروتوكول الإنترنت

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.II مقدمة

تحدد هذه التوصية تعريفاً أولياً/معيارياً واحداً لتقييم التغير في مجموعة من المهل بالنسبة إلى مهلة النقل المرجعية. ويقدم هذا التذييل تعريفين إعلاميين/ثانويين في الفقرات التالية (استناداً إلى تعريف تغير وقت النقل بين الرزم لفريق مهام هندسة الإنترنت وتعديل تغير وقت نقل الخلايا بنقطة واحدة). ويقدم هذا التذييل أيضاً إرشادات بشأن التطبيق الأنسب لكل معلمة بالإضافة إلى نتائج الملاحظات التي أجريت باستخدام المعلمات المختلفة. وترد تفاصيل المقارنات الإضافية بين مختلف أشكال تغير مدة النقل في المرجع [IETF RFC 5481].

وهناك نهجان إضافيان لتحديد تغير وقت النقل:

1) معلمة تستند إلى المرجع [b-IETF RFC 3393] تحدد تغير وقت النقل بين الرزم؛

2) معلمة مماثلة لتغير وقت نقل الخلايا بنقطة واحدة يرد وصفها في التوصية [b-ITU-T I.356]، تقيِّم مباعدة وصول الرزمة؛ عند سطح بيني واحد بالنسبة إلى فاصل وصول مثالي.

وجدير بالإشارة إلى أن التوصية [b-ITU-T I.356] تتضمن تعريفين مختلفين لتغير وقت النقل، هما تغير وقت النقل بنقطتين وبنقطة واحدة.

وتتوافق أهداف أداء بروتوكول الإنترنت المحددة في التوصية [ITU-T Y.1541] المطبقة على تغير وقت نقل الرزم مع المعلمات المعيارية لتغير وقت نقل الرزم بنقطتين في هذه التوصية.

2.II تحديد تغير وقت النقل بين الرزم

يحدد المعيار [b-IETF RFC 3393] تغير وقت النقل على النحو التالي:

- يمكن تحديد تغير وقت نقل رزم بروتوكول الإنترنت (IPDV) للرزم الموجودة داخل تدفق الرزم.
- يُحدد تغير وقت نقل الرزم IP لزوج من الرزم داخل تدفق الرزم لزوج محدد من الرزم في التدفق الذي ينتقل من نقطة القياس MP1 إلى نقطة القياس MP2.
- والتغير IPDV هو الاختلاف في وقت النقل أحادي الاتجاه للرزم.

وتحدد وظيفة الاختيار بشكل واضح زوج الرزم المستعمل في كل حساب لمقياس تغير الوقت. ولا تُستخدم في الحسابات IPDV إلا الرزم التي تصل بنجاح.

وتنطبق وظيفة الانتقاء الأولى المحددة على الرزم المجاورة في التدفق. ولتحديد التغير IPDV للرزمة الحالية، يُطرح وقت النقل في اتجاه واحد للرزمة السابقة من تغير وقت نقل الرزمة في اتجاه واحد. وفي حال فقدن أي من الرزم في الزوج (أو كلاهما)، لا يُحدد التغير IPDV.

وثمة مثال هام آخر هو وظيفة الاختيار التي تنتج تقييماً لتغير وقت النقل مقابلاً لمعلمة التغير PDV بنقطتين المحددة في الفقرة 4.2.6. ويحتوي زوج الرزم دائماً على الرزمة الحالية والرزمة ذات الحد الأدنى من وقت النقل باتجاه واحد في التدفق. ويحسب التغير PDV بنقطتين لجميع الرزم الواردة بطرح الحد الأدنى لوقت النقل من قيم وقت النقل في اتجاه واحد (مهلة النقل المرجعية هي مهلة النقل الدنيا).

3.II تحديد تغير وقت نقل الرزم بنقطة واحدة

الفكرة الأساسية لمعلمة تغير وقت نقل الرزم بنقطة واحدة هي المقارنة بين مخطط الورود الفعلي ومخطط الورود المقصود (عادة ما يكون دورياً). ومن بين الأشكال المنوعة لهذا التعريف ضبط "ميقاتية التخطي" (عندما تصل الخلايا أو الرزم متأخرةً عن/بعد وقت وصولها المثالي) على النحو المحدد في التوصية [b-ITU-T I.356]. ولا يطبق التعريف أدناه ميزة ميقاتية التخطي، حيث لا يوجد تحيز واضح إذا وُضع المخطط المرجعي اعتباطياً.

والتغير PDV بنقطة واحدة (y_k) لرزمة k محسوباً عند نقطة قياس واحدة هو الفرق بين وقت الوصول المرجعي (c_k) ووقت الوصول الفعلي (a_k) عند نقطة القياس هذه أي MP: $y_k = c_k - a_k$. ويُعرّف مخطط وقت الوصول المرجعي (c_k) على النحو التالي:

$$c_0 = a_0 = 0,$$

$$c_{k+1} = c_k + T$$

حيث يشير T إلى تباعد الرزم المثالي.

وتقابل القيم الموجبة للتغير PDV بنقطة واحدة (وصول الرزم "المبكر") تكتل الرزم، وتقابل القيم السالبة للتغير PDV بنقطة واحدة (وصول الرزم "المتأخر") الفجوات في تدفق الرزم.

4.II إرشادات بشأن تطبيق المعلمات المختلفة

تتعلق الإرشادات التالية بالجانب العملي للقياس:

- عندما تكون الميقاتيات المتزامنة غير ممكنة (أو غير متاحة مؤقتاً) في أجهزة القياس:

1) يمكن للتغير (PDV بنقطة واحدة) أن يحل محل مدى/مخطط وقت النقل في اتجاه واحد، ينطبق على قياسات تدفقات الرزم مع أوقات إرسال دورية (عند تحديد وقت الوصول المرجعي على النحو المناسب).
2) ينطبق تغير وقت النقل بين الرزم للفريق المعني بمقاييس أداء بروتوكول الإنترنت (IPPM) على جميع أنماط تدفق الحركة.
3) عندما يكون خطأ الميقاتية مستقراً، يمكن حساب واستعمال التغير PDV بنقطتين وفقاً للتوصية ITU-T Y.1540.

- عندما تكون الميقاتيات المتزامنة متاحة في أجهزة القياس:

1) يعد حساب مدى/مخطط وقت النقل في اتجاه واحد وفقاً للتوصية ITU-T Y.1540 مفيداً لمجموعة من مهام التقييم، بما في ذلك تقييم حجم دارئ إزالة الارتعاش.
2) يضيف تغير وقت النقل بين الرزم IPPM معلمة ذات حساسية للتغير التتابعي/قصير المدى وبعض الحصانة من التغيرات في المسير.

ومقياس الارتعاش بين الرزم، IPDV، الذي يحدده فريق العمل IETF IPPM، مماثل لحساب قياس الارتعاش بين مواعيد الوصول في تقارير بروتوكول التحكم في الوقت الفعلي (RTCP). ويصف البروتوكول RTP حساب الارتعاش بين مواعيد الوصول في الفقرة 4.6 من المرجع [b-IETF RFC 3550]، مصحوباً بمثال للتنفيذ في تذييل. وعلى الرغم من وجود بعض الاختلافات في الأسلوب (استخدام ترتيب الوصول في الارتعاش بين مواعيد الوصول للبروتوكول RTCP، بدلاً من تتابع الإرسال مع التغير IPDV)، ينبغي أن تكون هناك مقارنة مؤاتية بين "ارتعاش سلس" محسوب باستخدام أنماط منفردة IPDV وتقارير RTCP للارتعاش في العديد من الحالات (من المحتمل ألا تتطابق النتائج إذا أعيد ترتيب العديد من الرزم). وسيكون من المفيد وجود معلمة يمكن أن تتعلق بالقياسات التي تجري عند النقاط الطرفية للمستعمل. وكذلك، إن مقياس IPDV مع أزواج الرزم المجاورة أقل عرضة للتغيرات في المسير خلال فترة قياس، حيث لا يلاحظ التأثير إلا في أزواج القياس الممتدة عبر تغير المسير.

والسمة الإيجابية لتغير وقت نقل الرزم بنقطة واحدة هي بساطته. وإن القدرة على تقييم التدفقات الدورية داخل عنصر شبكة واحد مفيدة للغاية.

والنقطة التي ينبغي توضيحها في جميع مواصفات معلمات التغيير هي تأثير طول الرزمة. ونظراً لتضمين وقت الإدراج في مهلة النقل (من البتة الأولى إلى البتة الأخيرة)، فإن الرزم ذات الأحجام المتفاوتة لها تباين ملازم في تغير وقت النقل. وينبغي أن تُستخدم في مواصفات الشبكة واختباراتها رزم ذات حجم واحد لتبسيط تفسير النتائج (ويجب تسجيل الحجم).

التذييل III

المعلمات المتعلقة بسعة المعدل والصبيب

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

أُلغي هذا التذييل في طبعة 2019.

التذييل IV

اختبارات حالة تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت وتقدير معلمات تيسر هذه الخدمة عن طريق أخذ العينات

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

يصف هذا التذييل، الذي يحتاج إلى مزيد من الدراسة، اختبارات لتحديد ما إذا كانت خدمة بروتوكول الإنترنت (IP)، سواء كانت قسماً أساسياً أو مجموعة أقسام من الشبكة، في حالة تيسر أو في حالة عدم تيسر. وسيقدم التذييل، في صيغة مستقبلية، أساليب لتقدير معلمات تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت عن طريق أخذ العينات.

1.IV الاختبار الأدنى لحالة تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (فيما يتعلق بمنهجيات الاختبار ومجموعات الاختبار)

تتطلب الفقرة 1.7 أن يُستخدم على الأقل العدد M_{av} من الرزم لتقييم حالة التيسر. وينبغي أن تجرَّب منهجيات الاختبار ومجموعات الاختبار على العدد M_{av} على الأقل من الرزم خلال فاصل زمني T_{av}. وفيما يتعلق بالحركة التي يولدها المستعمل النهائي، يمكن سَلسلة فواصل زمنية T_{av} متتالية حتى يتم الوفاء بالمتطلب المتمثل في العدد M_{av} على الأقل من أحداث الدخول. ويحتاج هذا الأمر إلى مزيد من الدراسة.

ويرد فيما يلي وصف للقدر الأدنى من الجهود اللازمة لتحديد حالة التيسر خلال فاصل زمني واحد T_{av}. والتطبيقات المتكررة لهذا الاختبار ضرورية لتحديد النسبة المئوية لتيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (PIA) والنسبة المئوية لعدم تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (PIU). وينطبق الاختبار الأدنى لتيسر خدمة IP على منهجيات الاختبار ومجموعات الاختبار؛ وتُعرض في الفقرة 1.7 بعض المتطلبات المتعلقة بالحركة التي يولدها المستعمل النهائي. وكل اختبار آخر لتيسر الخدمة IP يعطي (إحصائياً) نتائج لا تقل جودتها عن نتائج هذا الاختبار هو اختبار مقبول لتيسر الخدمة IP. وينطبق اختبار تيسر الخدمة IP هذا من طرف إلى طرف أو في حالة الدخول المحدد لقسم أساسي أو مجموعة أقسام من الشبكة.

- الخطوة 1: تحديد مضيف المصدر (SRC) ومضيف المقصد (DST).
- الخطوة 2: وضع مجموعات الاختبار أو تفعيل نصوص الاختبار في نقاط القياس المناسبة.
- الخطوة 3: في وقت محدد مسبقاً، البدء في إرسال العدد M_{av} من رزم IP الموزعة على الفترة الزمنية T_{av}.
- الخطوة 4: إذا كان عدد نتائج خسارة الرزم أكبر من $c_1 \times M_{av}$، فإن خدمة IP غير متيسرة خلال الفاصل الزمني T_{av}.
- الخطوة 5: إذا لم يتم الإعلان عن عدم تيسر خدمة IP (قسم أساسي أو مجموعة أقسام من الشبكة) وفقاً لنتائج الخطوة 4، فإن هذه الخدمة متيسرة خلال الفاصل الزمني T_{av}.

ويوفر الاختبار الأدنى مستوى غير معروف من الثقة يعتمد على حجم العينة، M_{av}، لذا يفضَّل الاختبار التالي.

2.IV اختبار حالة تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (باستخدام اختبار نسبة الاحتمال التتابعي)

تصف هذه الفقرة اختباراً غير معلمي، وهو اختبار لا يفترض التوزيع الأساسي للخسارات، ويستند إلى اختبار نسبة الاحتمال التتابعي (SPRT) لتحديد ما إذا كان هناك تجاوز لعتبة الخسارة c_1 بمستوى خطأ محدد مسبقاً. ويسمح الاختبار SPRT أيضاً للمختبِر بوقف الاختبار عند ملاحظة نسبة خسارة منخفضة بشكل كبير بعد اختبار عدد محدد من الرزم خلال وقت محدد. وقد تكون النتيجة غير محددة أيضاً، مما يرخص في هذه الحالة بإجراء مزيد من الاختبارات. وتم تطبيق الاختبار SPRT أول مرة في المعيار [b-Morton] لتقييم نسب خسارة الرزم، وتم ربطه بالمعدلات المستهدفة في اختبار الإنترنت.

وفي الفرضية الصفرية، H0، أسندنا لاحتمال الخسارة (أو العيوب) قيمة تساوي $c_1 = p_0 = 0{,}20$. وأسندنا أيضاً لنسبة الخسارة في الفرضية البديلة، H1، القيمة $p_1 = 0{,}05$. وفي الأخير، نوعا الخطأ I و II هما $alpha = beta = 0{,}001$.

وتتبع معادلات الاختبار SPRT المطبقة في المعيارين [b-Montgomery] و[b-Wald] الصيغ التالية:

(1) $$X_A = -h_1 + sn \text{ (acceptance line)}$$

(2) $$X_R = h_2 + sn \text{ (rejection line)}$$

حيث n تزيد خطياً عبر جميع الرزم المرسَلة، و

(3) $$h_1 = \left(\log \frac{1-\text{alpha}}{\text{beta}}\right) k^{-1}$$

(4) $$h_2 = \left(\log \frac{1-\text{beta}}{\text{alpha}}\right) k^{-1}$$

(5) $$k = \log \frac{p_1(1-p_0)}{p_0(1-p_1)}$$

(6) $$s = \left(\log \frac{(1-p_0)}{(1-p_1)}\right) k^{-1}$$

بالنسبة للقيمتين p_0 وp_1 المحددتين في الفرضيتين الصفرية والبديلة أعلاه.

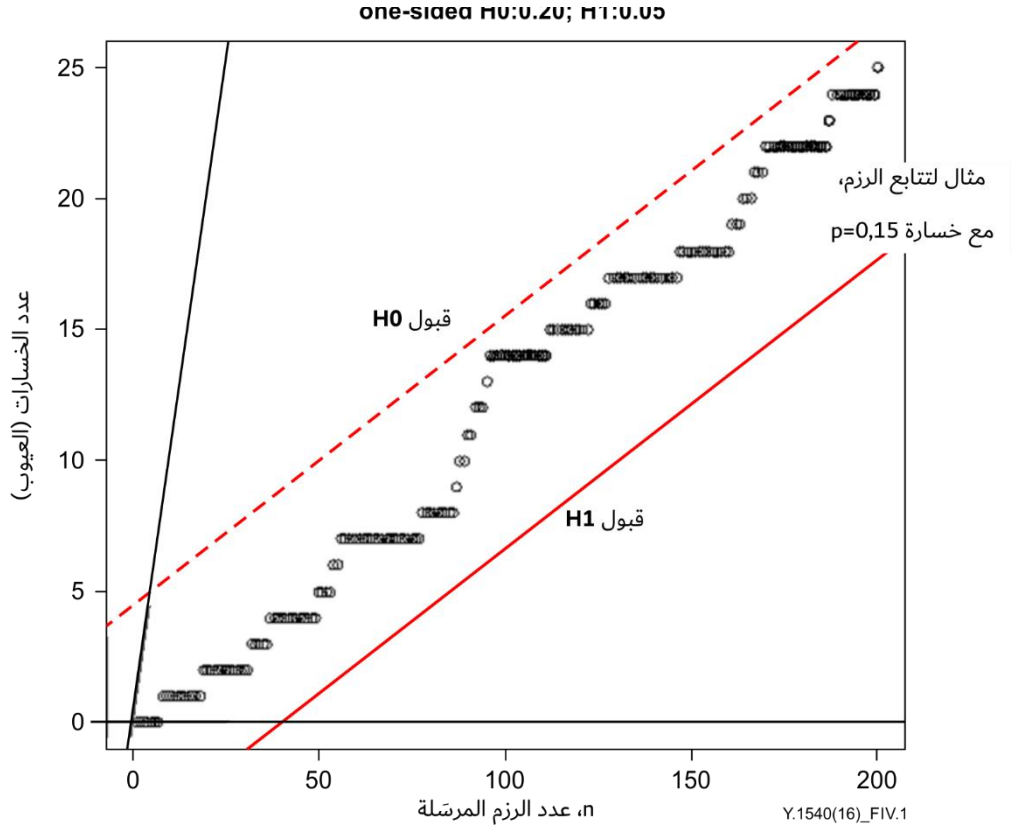
وباستخدام المعادلات أعلاه، يُحسب العدد الأدنى من الرزم اللازمة لقبول الفرضية H0 عند ملاحظة العدد x من العيوب، مثلاً x=0 (عدم وجود أي خسارة).

(7) $$X_A = 0 = -h_1 + sn$$

(8) $$n = \frac{h_1}{s}$$

ومع استخدام $c_1 = p_0 = 0{,}20$ كمستوى للفرضية H0، و$p_0 = 0{,}05$ في الفرضية H1، ومستوى أخطاء يساوي 0,001، نستنتج أنه يلزم إرسال 41 رزمة على الأقل لتفضيل الفرضية H1 (مع عدم وجود أي خسارة)، وأن ملاحظة 9 خسارات في هذه الرزم الإحدى والأربعين من شأنها أن يؤدي إلى تفضيل الفرضية H0.

ويبين الشكل 1.IV نتائج الأداة R [b-Rdev] التي تعمل مع المجموعة المثبتة [b-CVST] باستخدام القيم أعلاه.



الشكل 1.IV – مثال لاختبار نسبة الاحتمال التتابعي

يوضح الشكل 1.IV أنه يلزم إرسال 41 رزمة على الأقل لتفضيل الفرضية H1 (مع عدم وجود أي خسارة)، وأن ملاحظة 9 خسارات في هذه الرزم الإحدى والأربعين من شأنها أن تؤدي إلى تفضيل الفرضية H0.

3.IV الاختبار البديل للدلالة الإحصائية لتحديد تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت

يحدد المعيار [ITU-T Y.1540] خدمة بروتوكول الإنترنت (IP) التي ستكون متاحة خلال فترة قياس معينة إذا كانت نسبة خسارة رزم بروتوكول الإنترنت (IPLR) لفترة القياس هذه أصغر من العتبة c_1. وبما أن الرزمة إما يتم إرسالها بنجاح أو خسارتها، فإن الرزمة التي تتم خسارتها يمكن نمذجتها عن طريق توزيع ذي حدين.

والفرضية الصفرية H_0 تعني أن الخدمة IP متيسرة خلال فترة القياس. وتُعتبر الفرضية الصفرية صحيحة إذا كان متوسط خسارة الرزم أثناء فترة القياس أصغر من أو يساوي العتبة c_1 (وفقاً للاختبار z، تكون خدمة IP متيسرة إذا كان معدل خسارة الرزم يساوي c_1). وتعني الفرضية H1 أن الخدمة IP غير متيسرة خلال فترة القياس (خسارة الرزم أكبر من c_1 خلال فترة القياس). ويُقترح إجراء اختبار z لتحديد أيٍّ من الفرضيتين، H_0 أو H_1، تحظى بالدعم خلال القياس. وحسب المعيار [b-C-298]، يؤخذ مستوى الثقة بنسبة 95% (مما يعني أن مستوى الدلالة α=0,05).

ويتألف الاختبار من عينة واحدة تقارَن بالعتبة c_1. والعتبة المتوسطة $\mu_0 = c_1$ وقيمتها المتغيرة المطبقة في الاختبار هي $\sigma = c_1 * (1 - c_1)$.

وعدد الرزم n، هو مجموع الرزم التي تم إرسالها والرزم التي تم إسقاطها ($n = packets_{transmitted} + packets_{dropped}$). ومتوسط نسبة خسارة الرزم هو $x_{mean} = packets_{dropped} / n$.

وإحصائية الاختبار لنص العتبة هي $z_{available} = sqrt(n) * (x_{mean} - \mu_0) / \sigma$.

وباستخدام القيمة z لمستوى ثقة بنسبة 95% وα=0,05 في اختبار أحادي الجانب، تُقبل الفرضية H_1 (الخدمة IP غير متيسرة خلال فترات القياس) إذا كانت $z_{available} > 1,645$.

وباستخدام القيمة z لمستوى ثقة بنسبة 99,9% وα=0,001 في اختبار أحادي الجانب، تُقبل الفرضية H_1 (الخدمة IP غير متيسرة خلال فترات القياس) إذا كانت $z_{available}$ > 3,09.

4.IV تقدير تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت عن طريق أخذ العينات

قد يكون أخذ عينات عشوائية لحالة التيسر باستخدام الاختبار الأدنى المشار إليه أعلاه كافياً لتقدير النسبة المئوية لتيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (PIA) والنسبة المئوية لعدم تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (PIU). ويقتضي تقدير الفترة الزمنية المتصلة في حالة التيسر أو عدم التيسر تكرار أخذ العينات بشكل كبير. ويقدم المعيار [b-ITU-T X.137] الإجراءات الخاصة بشبكات المعيارين ITU-T X.25 وITU-T X.75 التي قد تكون مناسبة أيضاً لخدمات بروتوكول الإنترنت.

التذييل V

بيانات تتعلق بوسائل قياس نوعية أداء IP

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

يصف هذا التذييل، الذي يحتاج إلى مزيد من الدراسة، مسائل هامة ينبغي النظر فيها عند تطوير وسائل قياس نوعية أداء IP. كما يصف آثار الظروف الخارجية على الأقسام قيد الاختبار، بما فيها الاعتبارات المتعلقة بالحركة، على الأداء المقيس.

ينبغي تحديد الظروف التالية والتحكم فيها خلال قياسات أداء IP:

1) الأقسام الصحيحة الجاري قياسها:
   - مضيف المصدر (SRC) ومضيف المقصد (DST) من أجل القياسات من طرف إلى طرف؛
   - نقاط القياس (MP) المحددة لمجموعة أقسام الشبكة (NSE) الجاري قياسها؛

ملاحظة – ليس من الضروري القياس بين كافة أزواج النقاط أو كافة أزواج المخدمين SRC وDST لوصف نوعية الأداء.

2) مدة القياس:
   - الفاصل الزمني لتجميع العينات؛
   - أوقات القياس.

3) الخصائص الدقيقة للحركة:
   - المعدل الذي يقدم عنده المضيف SRC الحركة؛
   - نموذج حركة SRC؛
   - الحركة المتنافسة عند المضيفين SRC وDST؛
   - حجم الرزمة IP.

4) نمط القياس:
   - أثناء الخدمة وخارج الخدمة؛
   - نشيط أو منفعل.

5) ملخصات البيانات المقيسة:
   - المتوسطات وأسوأ الحالات والكميات التجريبية؛
   - مدة التلخيص:
     – فترة قصيرة (مثلاً، ساعة واحدة)؛
     – فترة طويلة (مثلاً، يوم واحد أو أسبوع واحد أو شهر واحد).

التذييل VI

معلومات أساسية بشأن تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

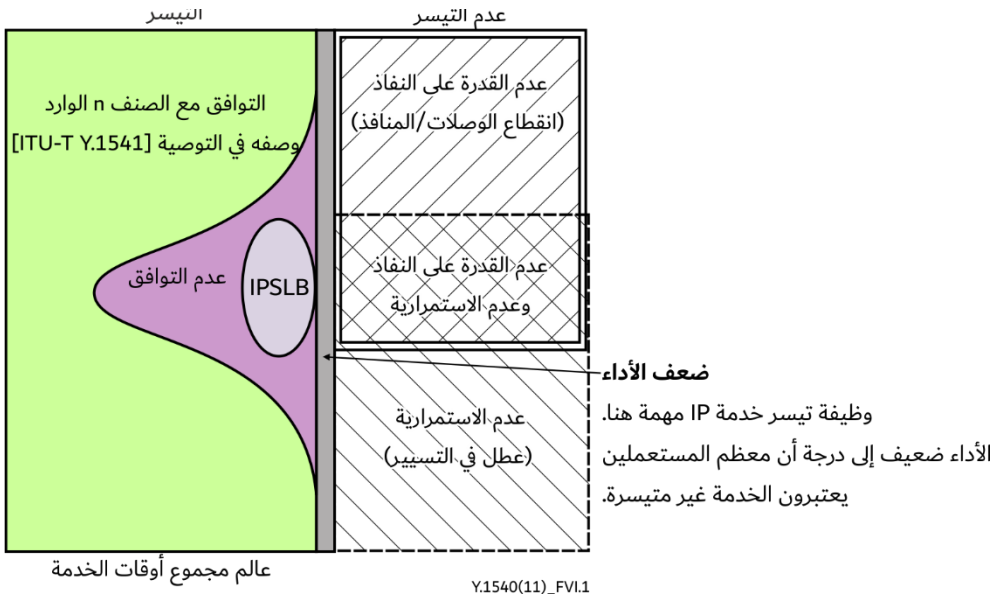
1.VI مقدمة

يوفر هذا التذييل الأساس المنطقي للتعريف الحالي لوظيفة تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت الوارد في الفقرة 7. والغرض هو تقديم معلومات أساسية إضافية والمساعدة في تقدير هذا الموضوع المعقد والهام.

2.VI معلومات أساسية

هناك العديد من الطرق لتعريف التيسر، كما أن هناك العديد من وجهات النظر التي تترجَم إلى تقييم باستخدام مجموعة من الحساسيات والمقاييس الزمنية. وتستخدم هذه التوصية تعريفاً بسيطاً وملائماً (من منظور مشغل الشبكة) يحدد شروط التقييم الدنيا. ويقتضي فهم سبب كفاية وظيفة تيسر خدمة IP فهم أسباب عدم التيسر.

ويبين الشكل 1.IV مخطط Venn حيث يتمثل العالم في مجموع أوقات الخدمة. وتشير التوصية في متنها إلى أن مقدمي خدمة IP يمكنهم تحديد فواصل للصيانة لا يكون تيسر الخدمة فيها مضموناً. وبالتالي، فإن عالم أوقات الخدمة يختلف عادةً عن عالم مجموع الأوقات.



الشكل 1.VI – توضيح وقت الخدمة في شكل مخطط Venn

نشير إلى أن وقت الخدمة مقسم إلى فئتين رئيسيتين: وقت التيسر (على اليسار) ووقت عدم التيسر (على اليمين). وجدير بالإشارة إلى أن الأحجام النسبية غير قابلة للقياس لأن وقت التيسر عادة ما يكون أكبر بكثير من وقت عدم التيسر.

3.VI تعاريف المناطق الواردة في الشكل 1.IV

يتكون وقت **عدم التيسر (Unavailable)** من المناطق التالية:

- **عدم القدرة على النفاذ (Not accessible)**: مستعمل الخدمة غير قادر على الاتصال بالشبكة IP بسبب عطل في نقل شبكة النفاذ أو في عناصر الشبكة. ومن الأسباب الشائعة عطل وصلة النفاذ نفسها أو عطل السطح البيني للمسيِّر.وتبلغ نسبة خسارة الرزم عادةً 100%، وغالباً ما يستعرق تصحيح هذا العطل وقتاً أطول بكثير من دقيقة واحدة. وينبغي تنبيه جهات الصيانة بشكل شبه فوري إلى العطل من خلال أنظمة إدارة الأعطال.
- **عدم الاستمرارية (Not continuous)**: مستعمل الخدمة غير قادر على الاتصال بالمقصد المرغوب بسبب عطل في معلومات التسيير العامة في الشبكة IP. ويمكن أن يكون المستعمل قادراً على الاتصال ببعض المقاصد، ولكن ليس بالمقصد المرغوب. وتبلغ نسبة خسارة الرزم عادةً 100%، وغالباً ما يستعرق تصحيح هذا العطل وقتاً أطول بكثير من دقيقة واحدة.
- **عدم القدرة على النفاذ وعدم الاستمرارية (Not accessible, not continuous)**: مستعمل الخدمة غير قادر على الاتصال حيث الحالتان المذكورتان أعلاه تجتمعان في آن واحد.
- **ضعف الأداء (Poor performance)**: مستعمل الخدمة غير قادر على الاتصال على نحو موثوق بالمقصد المرغوب. وتبلغ نسبة خسارة الرزم 20% أو أكثر، ويعتبر المستعمل الخدمة غير متيسرة للاتصال بجل أشكال تطبيق الشبكة IP. وعندما يكون الازدحام هو السبب الرئيسي في مستوى خسارة الرزم هذا، ينبغي تفعيل التحكم في التدفق من طرف إلى طرف للتخفيف منه (على النحو الوارد في بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP)).

ويتكون وقت **التيسر (Available)** من المناطق التالية:

- **التوافق مع الصنف n الوارد وصفه في التوصية [ITU-T Y.1541] (ITU-T Y.1541 class n-compliant)]**: مستعمل الخدمة قادر على الاتصال بالمقصد المرغوب، وأداء نقل الرزم يتوافق مع أهداف الصنف المتفق عليه. وعادةً ما يجري تقييم هذه الحالة خلال فواصل زمنية تبلغ دقيقة واحدة. ولاحِظ أن كل تطبيق مستعمل سيكون له احتياجات محددة من السعة؛ ويجب أيضاً مراعاة القدرة على تحمل مسؤولية عقد حركة (على النحو المحدد في التوصية [b-ITU-T Y.1221]).
- **عدم التوافق (Not compliant)**: مستعمل الخدمة قادر على الاتصال بالمقصد المرغوب، ولكن أداء نقل الرزم لا يفي بواحد أو أكثر من أهداف الصنف المتفق عليه. وعادةً ما يجري تقييم هذه الحالة خلال فواصل زمنية تبلغ دقيقة واحدة.
- **فدرة الخسارة الشديدة لرزم بروتوكول الإنترنت (IP packet severe loss block (IPSLB)) (IPSLB)**: مستعمل الخدمة قادر على الاتصال بالمقصد المرغوب، ولكن أداء نقل الرزم لا يفي بواحد أو أكثر من أهداف الصنف المتفق عليه. وعلى الخصوص، نسبة الخسارة كافية لتحديد أن فدرة خسارة IPSLB حدثت (معرفة مؤقتاً على أنها أكبر من خسارة بنسبة 20% خلال فاصل زمني يبلغ 10 ثوان).

4.VI ملخص

يلاحَظ أن معايير وظيفة تيسر خدمة بروتوكول الإنترنت (IP) لا تكون مهمة إلا في منطقة الأداء الرديء، وأن وقت عدم التيسر في هذه المنطقة قصير بالمقارنة مع أسباب عدم التيسر الأخرى. ولذلك، استند تقييم الحالة إلى الخسارة وحدها، وتُعتبر معايير تقييم الحالة المتفق عليها مؤقتاً (دقيقة واحدة، وخسارة بنسبة 20%) كافية.

التذييل VII

معلمات أداء الرزم لتقدير تقنيات إصلاح التدفق وتشغيلها على النحو الأمثل

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

1.VII مقدمة

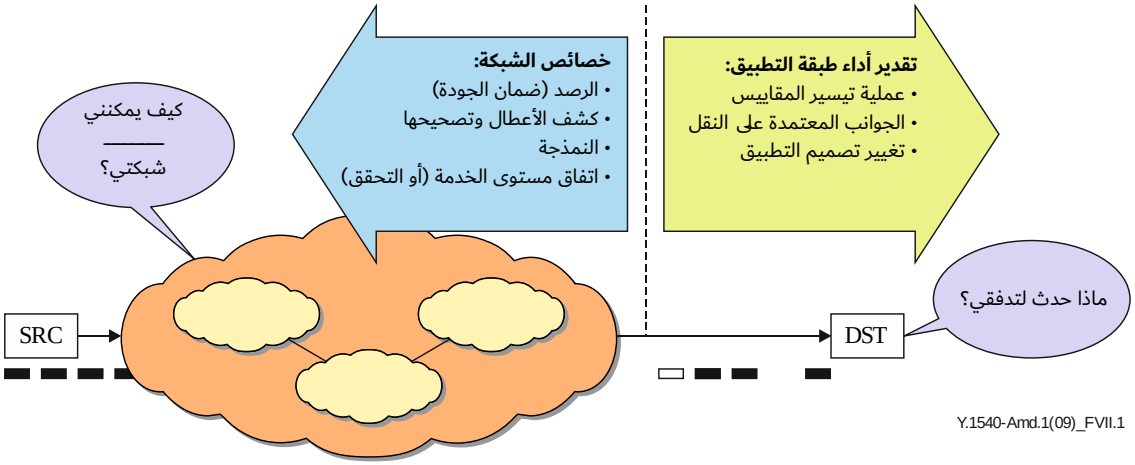
لمعلمات أداء طبقة بروتوكول الإنترنت (IP) استخدامات كثيرة، ويمثل رصد الشبكة وتحديد أعطالها إحدى فئات الاستخدام. وتُستخدم المعلمات أيضاً كأساس لاتفاقات مستوى الخدمة (SLA). ويصف الاستخدامان المذكوران أعلاه نقل الرزم كخاصية للشبكة تتيح النقل من السطح البيني لشبكة المستعمل إلى السطح البيني لشبكة المستعمل (UNI-UNI).

وهناك منظور ثان: تحدد معلمات أداء طبقة IP أيضاً خصائص الشبكات من حيث إمكانية صلتها بمصمم التطبيق. وعلى الرغم من أن الكثير من المعلمات المستخدمة في رصد الشبكة مفيدة لمصممي التطبيقات، فإن من المرجح أن تكون هناك معلمات فريدة لكل حالة استخدام. ويوضح الشكل 1.VII المنظورين المختلفين، أو حالتي الاستخدام المختلفتين لمعلمات أداء طبقة IP.

وتحدد التوصية ITU-T Y.1540 معلمات أداء الشبكات القائمة على بروتوكول الإنترنت وتيسرها. وتحدد النتائج الأولية والثانوية لنقل الرزم ومجموعة من معلمات أداء الرزم القائمة على هذه النتائج، بما في ذلك وظيفة تيسر خدمة IP.

وتستند هذه النسخة من التوصية ITU-T Y.1540 إلى التعاريف والمفاهيم الأساسية لتقييس مجموعة جديدة من المعلمات المعيارية الخاصة بأداء إصلاح التدفق. والهدف من هذه المعلمات الجديدة هو توفير معلومات ذات صلة بتصميم وتشكيل تقنيات الطبقة العليا (طبقة التطبيق) للتعويض عن خسارة الرزم الناتجة عن أسباب مختلفة (بما في ذلك الأخطاء وتغاير المدة). وبالتالي، ينبغي تبسيط تصميم تقنيات إصلاح تدفق التطبيق و/أو تشغيلها على النحو الأمثل وتقدير أدائها لكي تفي هذه المقاييس الجديدة لتقييم أداء الزرم بالهدف منها.

ويبدأ هذا التذييل بخلفية قصيرة عن تقنيات إصلاح تدفق طبقة التطبيق؛ وينتقل بعد ذلك إلى عرض نموذج بسيط جداً يُعتزم تطبيقه على العديد من تقنيات الإصلاح المختلفة.



الشكل 1.VII – حالتا استخدام مختلفان لمعلمات أداء طبقة بروتوكول الإنترنت

يتمثل الإجراء المعتاد في إدخال المقاييس الجديدة في شكل تذييلات إعلامية بحيث تتاح للمستعملين المحتملين الفرصة لتقييمها قبل إدراجها كمعلمات معيارية في متن التوصية. واتبعت هذه المقاييس الجديدة المسار الإعلامي الأول لإدراجها في التوصية ITU-T Y.1540. ونظر قطاع تقييس الاتصالات، أثناء دراساته، في العديد من المساهمات التي تشرح بالتفصيل تجربة معلمات أداء إصلاح التدفق التي تُستخدم كأساس لترقيتها إلى الوضع المعياري.

2.VII وصف قصير لتقنيات إصلاح تدفق طبقة التطبيق

هناك ثلاثة أنواع رئيسية من تقنيات طبقة التطبيق لتدارك انخطاطات نقل الرزم. ونركز على التطبيقات (السمعية والفيديوية) المتواصلة في الوقت الفعلي أو شبه الفعلي التي لا تكون مرنة – يجب أن يتم تسليم المعلومات وفقاً لجدول زمني محدد مسبقاً وليس لفئة تطبيقات نقل البيانات المرنة التي يقدمها عادةً بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) وخدماته الموثوقة لنقل تدفق الثُّمانيات.

التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC): تقنية تنظَّم فيها تدفقات الرزم في شكل فدرات قبل نقلها. وهناك حسابات تُجرى على كل فدرة ورزم الحمل الزائد المضافة إلى التدفق التي يمكن للمستقبل استخدامها لإعادة إنتاج جزء من الرزم في الفدرة إذا تمت خسارتها، أو إذا تم نقلها بنجاح ولكن مع تأخير، أو إذا أُتلفت أثناء النقل. وتمثل رزم الحمل الزائد النمطية من 5% إلى 20% من فدرة المعلومات. وفي مخطط *مثالي* للتصحيح الأمامي للأخطاء، *يساوي* عدد الرزم التي تمت خسارتها ويمكن تصحيحها، عدد رزم الحمل الزائد. والجوانب الرئيسية لهذا المخطط هي:

- حجم فدرة المعلومات، من حيث الرزم والوقت؛
- مقدار رزم الحمل الزائد بالنسبة إلى فدرة المعلومات، الذي يمثل تقريباً القدرة التصحيحية للمخطط.

طلب التكرار الأوتوماتي (ARQ): في هذه التقنية، تكون قناة اتصال عكسية متاحة حيث يمكن للمستقبِل، بعد اكتشاف أن رزماً فردية محددة قد تمت خسارتها أو تأخرت أو أُتلفت، أن يطلب إعادة الإرسال (ويشار إلى ذلك باسم طلب ARQ انتقائي). والرزم التي تمت خسارتها يعاد إرسالها في الوقت المناسب لكي تأخذ مكانها عند تمرير المعلومات إلى طبقات أعلى من أجل فك التشفير والتشغيل. وقد تم تعديل بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) أحياناً لخدمة التدفقات غير المرنة في دور ARQ. وهناك وقت انتظار لتحديد ما إذا كانت الرزم قد تأخرت فقط أم تمت خسارتها، وهذا الأمر مماثل لفدرة المعلومات المستخدمة

في مخططات FEC. وقد يُفرض أيضاً حد على الرزم المعاد إرسالها التي يمكن إرفاقها بالتدفق الأولي في أي فاصل زمني، ويتوازى ذلك مع الحمل الزائد في مخططات FEC. ويمكن لتقنية ARQ إعادة إرسال عدد من الرزم التي تمت خسارتها في فدرة يعادل الحد الأقصى للحمل الزائد لإعادة الإرسال. وجدير بالإشارة إلى أن الرزم المعاد إرسالها ستمثل رزم الحمل الزائد في فدرة لاحقة من رزم المعلومات، ولكن المفهوم يظل سارياً.

وبالتالي، يمكن وصف تقنيتي ARQ وFEC باستخدام نفس المتغيرات الأساسية المتمثلة في حجم فدرة المعلومات والحجم الأقصى القابل للإصلاح.

إخفاء الأخطاء في طبقة التطبيق: هذه تقنية تحاول فيها مفككات التشفير التعويض عن خسارة المعلومات أو تلفها، باستخدام مجموعة متنوعة من التقنيات الخاصة بالتطبيق، وقد تم تقييس البعض منها. وتحتاج إمكانية تطبيق هذا النموذج البسيط (المستخلص أدناه) على هذه الفئة من التقنيات إلى مزيد من الدراسة.

3.VII نموذج بسيط لتقنيات إصلاح تدفق طبقة التطبيق

تتم نمذجة كل تدفق لرزم طبقة التطبيق بحيث تحتوي على فئتين من الرزم:

1) فواصل زمنية، T_I، أو فدرات، b، لرزم المعلومات؛

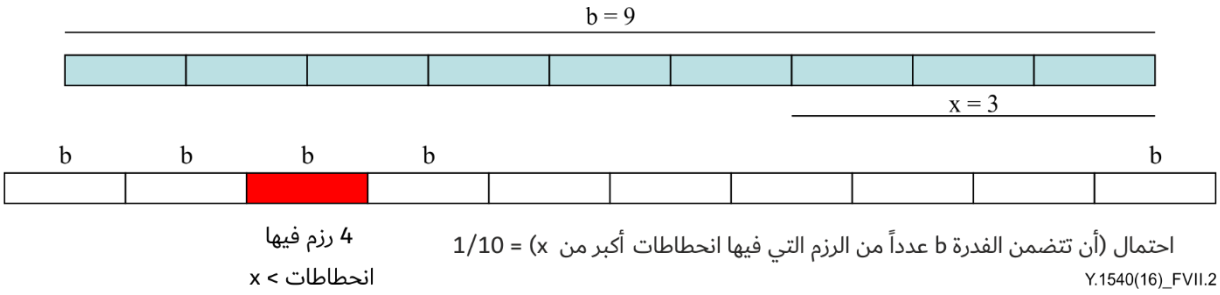
2) رزم الحمل الزائد، أو الحد الأقصى من الرزم القابلة للإصلاح، x، المرتبطة بفدرة المعلومات.

ويتمثل التحدي الذي يواجهه مصمم تقنية الإصلاح في اختيار حجم فدرة المعلومات إلى جانب المقدار (الأقصى) لرزم الحمل الزائد الذي سيكون كافياً لتدارك نسبة عالية من الانخطاطات في شبكة الرزم (الخسارة والوقت المفرط والتلف)، مع العمل ضمن الحدود العامة للنظام فيما يتعلق بسعة نقل الرزم وتوفير مستوى كاف من الجودة في تدفق التطبيق.

ومن المفترض أن تساعد معلمات الأداء الجديدة (الوارد وصفها في الفقرة 10.6) في اتخاذ هذه القرارات.

4.VII مثال لمعلمات الأداء لتحديد خصائص متغيرات إصلاح التدفق

يقدم الشكل 2.VII أدناه مثالاً لعمليات حساب معلمات إصلاح التدفق، حيث b = 9 رزم، وx = 3 رزم.



الشكل 2.VII – توضيح معلمات الأداء الخاصة بإصلاح التدفق

5.VII مناقشة قياس المعلمات واستخدامها

عند محاولة تقدير أداء نظام إصلاح باستخدام تراصف غير معروف للفدرات، فإن الفواصل الزمنية، T_I، أو الفدرات، b، قد تتراكب للسماح بتقييم التراصفات المختلفة للفواصل مقابل الانخطاطات (تحليل الفواصل المنزلقة). وهناك مشكلة في استخدام فاصل واحد ثابت وغير متراكب لتقدير الأداء وتحليله، وهي أن فدرة المعلومات الفعلية + الحمل الزائد قد تشهد أداءً أسوأ بسبب الاختلاف في التراصف.

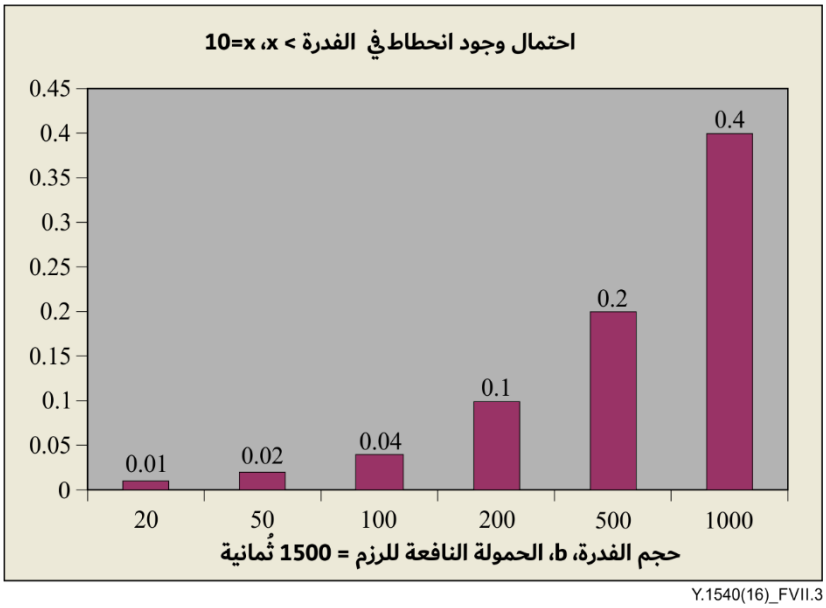
وثمة نهجان لتحديد خصائص تدفقات الرزم من أجل تحديد التوليفة المثلى للمتغيرات الخاصة بإصلاح التدفق:

1) استخدام (عدة) فواصل رزم محددة عشوائياً (من حيث الوقت أو عدد الرزم)، على النحو المنفذ أعلاه؛

2) حساب فواصل الرزم المتتالية التي فيها انخطاطات وفواصل عمليات نقل الرزم الخالية من الانخطاطات.

ويبدو أن نهج حساب الفواصل المتتالية يتمتع بمرونة غير متوفرة مع التقييم القائم على فواصل ثابتة؛ ويمكنه تحديد الحجم الفعلي للفواصل التي فيها انخطاطات/الخالية من الانخطاطات في تدفق معين، ولا يعاني من مشكلة تراصف الفواصل. ومع ذلك، فإن المعلمات الملخصة التي تصف مدد الفواصل التي فيها انخطاطات/الخالية من الانخطاطات مستقلة عن التسلسل الفعلي الذي حدثت فيه. وقد يكون تسلسل التغييرات هذا بين الفواصل التي فيها انخطاطات/الخالية من الانخطاطات مهماً. وعلاوةً على ذلك، يتطلب نهج حساب الفواصل المتتالية طريقة ما لتقييم ما إذا تم تجاوز العتبة x، لأن هذا الأمر ضروري لتعريف نتيجة متدهورة. وإذا كان من المزمع تقييم أكثر من قيمة واحدة للمتغير x، فإن الحاجة قد تدعو إلى عمليات مرور متعددة عبر البيانات المخزنة.

وفي أي من الحالتين، يمكن التعبير عن النتائج كتوزيع احتمالي أو توزيع تراكمي على المتغيرات المستقلة وغير المستقلة، كما يبين النموذج الوارد أدناه (الشكل 3.VII).



الشكل 3.VII – نموذج بياني لنتائج معلمات إصلاح التدفق لمجموعة من أحجام الفدرة، حيث x ثابت وحجم الرزم ثابت

6.VII اعتبارات إضافية

على الرغم من أن تحديد خصائص الشبكة باستخدام المعلمات المحددة أعلاه قد يكون مفيداً، فإن تفاصيل نظام إصلاح التطبيق ينبغي أن تكون معروفة للبدء في التنبؤ بالجودة المقدمة إلى المستعملين. وتنتج تقنيتا التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) وطلب التكرار الأوتوماتي (ARQ) أنماطاً مختلفة لخسارة الرزم عند العمل بما يتجاوز قدرتهما على إجراء تصحيح كامل للخسارة. وتختلف أحجام الفدرة النمطية المرتبطة بكل تقنية، وغالباً ما تتميز تقنية ARQ بأحجام فدرة أكبر.

وتنظِّم مخططات تقنية FEC فدرة المعلومات ورزم الحمل الزائد بطرق مختلفة (تسمى أحياناً الأشكال أحادية البعد أو ثنائية الأبعاد) حيث تكون المخططات أقل تعقيداً وأكثر حساسية بين النمط الدقيق للخسارات وقدرتها على تصحيح الخسارات. وينبغي أن يكون هامش الأداء بين مخططات FEC البسيطة ومخطط الأداء المثالي المتنبأ به باستخدام المعلمات أعلاه معروفاً لدى المصمم ومأخوذاً في الاعتبار.

وقد تستخدم بعض التطبيقات سلاسل من التقنيات المختلفة الوارد وصفها أدناه. فعلى سبيل المثال، يمكن لنظام أن يستخدم التقنية FEC أو ARQ مقترنة مع تقنية إخفاء الأخطاء في طبقة التطبيق. وفي مثال آخر، يمكن استخدام تقنية FEC في جزء من المسير واستخدام تقنية ARQ أو تقنية FEC مختلفة في جزء آخر من المسير، وفي الأخير استخدام تقنية إخفاء الأخطاء في طبقة التطبيق.

وأخيراً، قد تكون معلمات الأداء قصيرة الأجل المحددة أعلاه مفيدة في كشف الأخطاء وتصحيحها من خلال المساعدة في تحديد العلامات المميِّزة لمشاكل الشبكة، ولكن هذا الأمر يحتاج إلى مزيد من الدراسة.

التذييل VIII

إطار عام لسعة طبقة بروتوكول الإنترنت

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

1.VIII مقدمة

يقدم هذا التذييل مزيداً من المعلومات المتعلقة بمقاييس السعة المحددة في الفقرة 11.6.

وتمثل معرفة مدى توفر سعة طبقة بروتوكول الإنترنت (IP) في الوقت الفعلي عبر شبكة IP (سواء كانت مزدحمة أم لا) معلومات قيمة بالنسبة لمشغلي الشبكة ومستعملي التطبيقات. ويمكن استخدام هذه المعلمة لتشغيل الشبكة على النحو الأمثل، ورصد الشبكة، وكشف الأعطال وتصحيحها، واختيار المخدمات أو البوابات، وموازنة الحمولة، والتحكم في القبول، والتحكم في الازدحام أو التحقق من اتفاق مستوى الخدمة (SLA) لعرض خدمة مضمونة أو من فئة الأعمال عبر مورد للشبكة.

وتحل معلمات وأساليب القياس المحددة في التذييل A المعياري محل قائمة المشاريع الأكاديمية والأدوات النموذجية المدرجة سابقاً في هذا التذييل، وتتناول العديد من البنود المدرجة أدناه التي تحتاج إلى مزيد من الدراسة.

2.VIII المصطلحات والعلاقة بالمعيار IETF RFC 5136

يُستخدم مصطلحا "السعة المتوفرة" و"عرض النطاق المتوفر" في المؤلفات للدلالة على نفس المعنى. ويقدم المعيار [IETF RFC 5136] مناقشة حول المصطلحات، خاصة بشأن ما إذا كان ينبغي استخدام كلمة "السعة" أو "عرض النطاق" لوصف خصائص بروتوكول الإنترنت. ويقترح المعيار استخدام مصطلح "السعة"، واتساقاً مع فريق مهام هندسة الإنترنت (IETF)، يُستخدم مصطلح "السعة" أيضاً في التوصية ITU-T Y.1540.

ويعرّف المعيار [IETF RFC 5136] المعلمات المتعلقة بالسعة على غرار ما عُرّف في الفقرة 11.6. ومع ذلك، يوجد اختلاف رئيسي واحد بين تعاريف قطاع تقييس الاتصالات وفريق مهام هندسة الإنترنت وهو أن التوصية ITU-T Y.1540 تأخذ في الاعتبار أن مضيفات الشبكة يمكن أن تؤثر على قيم المعلمات المتعلقة بسعة طبقة IP. ولم يتم التطرق إلى هذا الأمر في المعيار [IETF RFC 5136]، ولكنه طُرح للمناقشة في إطار الفريق IETF. وتُعرَّف معلمات التوصية ITU-T Y.1540 عبر الأقسام الأساسية التي تأخذ في الاعتبار أصلاً سعة كل من الوصلات والمضيفات في هذا القسم.

ويقدم الجدول 1.VIII تقابلاً بين المعلمات التي تشكل التعريفات الواردة في الفقرة 11.6 والتعريفات الواردة في المعيار [IETF RFC 5136].

الجدول 1.VIII – تقابل المعلمات بين التوصية ITU-T Y.1540 والمعيار IETF RFC 5136

التوصية ITU-T Y.1540 (الفقرة 11.6)	المعيار IETF RFC 5136
بتات طبقة بروتوكول الإنترنت المنقولة	بتات طبقة بروتوكول الإنترنت
سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت	سعة الوصلة بين طبقة بروتوكول الإنترنت والرزم من النوع-P
سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت المستعملة	استعمال الوصلة بين طبقة بروتوكول الإنترنت والرزم من النوع-P
استخدام قسم طبقة بروتوكول الإنترنت	استخدام الوصلة بين طبقة بروتوكول الإنترنت والرزم من النوع-P
سعة قسم طبقة بروتوكول الإنترنت المتاحة	السعة المتوفرة للوصلة بين طبقة بروتوكول الإنترنت والرزم من النوع-P
سعة مجموعة أقسام الشبكة لطبقة بروتوكول الإنترنت	سعة مسير الوصلة بين طبقة بروتوكول الإنترنت والرزم من النوع-P
سعة NSE المتاحة لطبقة بروتوكول الإنترنت	السعة المتوفرة للمسير بين طبقة بروتوكول الإنترنت والرزم من النوع-P
سعة قسم ضيق لطبقة بروتوكول الإنترنت	غير معرفة

3.VIII بنود تحتاج إلى مزيد من الدراسة

لا تتناول تعاريف معلمات السعة الواردة في هذه التوصية بشكل صريح المسيرات متعددة النقاط؛ ولكن هذا الأمر حُدد كبند يحتاج إلى مزيد من الدراسة.

مناقشة وتحديد أساليب القياس التي تفي بمتطلبات المشغلين من حيث دقة القياس والسرعة والحمل الزائد.

هل هناك طريقة لإدخال نظام لتعريف الارتباط الوثيق بطبقة بروتوكول الإنترنت؟

فيما يتعلق بأساليب القياس المستقبلية، تتسبب وظائف الضبط في خسارة الرزم، وقد يتطلب هذا الشكل من القيود أسلوب تقييم مختلفاً عن الأساليب التي تعتمد على تشتت الرزم.

التذييل IX

شرح أوجه قصور القياسات القائمة على بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) للوفاء بالمتطلبات المعيارية

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

1.IX مقدمة

قد يجد قراء هذه التوصية أن من المفيد فهم تبعات المتطلبات المعيارية الواردة في الفقرة 12.6 عند النظر في منهجيات القياس، خاصة المستندة منها إلى عمليات التنفيذ المتاحة لبروتوكول التحكم في الإرسال (TCP). وعلى الرغم من أن القياسات القائمة على البروتوكول TCP تُعتبر مفيدة في الاستقصاءات الإعلامية لتجربة المستعمل، فإنها لا تشكل أساس المقاييس المعيارية أو أساليب القياس أو الأهداف الرقمية. وتوضح مقارنة البروتوكول TCP بالمتطلبات الواردة في الفقرة 12.6 في هذا التذييل وضعه كأسلوب قياس.

2.IX مقارنة مع المتطلبات المعيارية

تُرتَّب المتطلبات الواردة في الفقرة 12.6 في قائمتين مرقمتين. وتخص قائمة المتطلبات الأولى جميع المعلمات، وأما القائمة الثانية فتخص المعلمات التي تقيِّم القدرة على الحفاظ على معدل معين لنقل رزم بروتوكول الإنترنت.

بالنسبة لقائمة المتطلبات الأولى (الخاصة بجميع المعلمات):

1) فيما يتعلق بالمحاسبة المطلوبة بشأن إيصال الرزم إلى الشبكة ونجاح النقل: قد تتيح بعض إصدارات بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) عدد الأجزاء المعاد إرسالها أثناء الاتصال (من خلال سطح بيني للإدارة)، ولكن عمليات إعادة الإرسال تستند إلى تأجيل إعادة الإرسال (RTO) بشكل تكيفي، وليس إلى ما إذا كانت الرزم قد تمت خسارتها فعلياً أم أُخطر باستلامها بعد انقضاء الوقت المحدد، أو إلى ما إذا كان الإخطار بالاستلام ضاع بعد نجاح التسليم. ولا تحدد مستقبِلات البروتوكول TCP ما إذا كانت الرزم الأصلية أو الرزم المعاد إرسالها (أو هما معاً) قد وصلت بنجاح. وعلاوةً على ذلك، تختلف خوارزميات التحكم في الازدحام المختلفة الواردة في البروتوكول TCP في أساليبها لتحقيق الإنصاف للتدفقات الأخرى والصبيب، مما يؤدي إلى زيادة عدد الرزم التي تتم خسارتها عند استخدام خوارزميات عدوانية، أو يؤدي إلى انخفاض لا داعي له في معدلات الإرسال عند تفسير خسارات الرزم خطأً على أنها إشارة ازدحام (يرجى ملاحظة التقابل الثابت لخسارة الرزم المفسر على أنه ازدحام في التحكم في التدفق للبروتوكول TCP).

2) فيما يتعلق بالقدرة المطلوبة على قياس المسيرات الجزئية: يكون التحكم في الازدحام للبروتوكول TCP فائق الحساسية إزاء وقت النقل ذهاباً وإياباً (RTT) بطرق غير خطية وأحياناً غير متوقعة. وبالتالي، فإن أي قياس قائم على البروتوكول TCP يجرى على مسير جزئي (قسم شبكة أو وصلة بدالة) لن يتنبأ عادةً بأداء مسير كامل، واعتماد البروتوكول على RTT هو أحد الأسباب الرئيسية في ذلك.

بالنسبة لقائمة المتطلبات الخاصة بالتقييم والحفاظ على معدل الرزم:

1) فيما يتعلق بالوصف المطلوب لنمط الحركة المقدم للشبكة: تحدد مرحلتا البدء البطيء للبروتوكول TCP وتجنب الازدحام نمط الإرسال، وتختلف هذه الأنماط بشكل كبير وفقاً للظروف السائدة في المسير، خاصة إذا كانت هناك حركة متقاطعة وخصائص لأي اختناقات يمكن مواجهتها. وبالتالي، فإن من الصعب أو المستحيل تقييد النمط أو التنبؤ به عند تشغيل التحكم في التدفق للبروتوكول TCP.

2) فيما يتعلق بمتطلب تقييد معدل الحركة ليكون أقل من سعة وصلات التوصيل: تواصل آلية التحكم في التدفق للبروتوكول TCP اختبار السعة المتوفرة، مع افتراض أن الظروف يمكن أن تتغير. وليس من العملي تقييد مرسِل البروتوكول TCP بسعة محددة باستخدام المعلمات المتاحة، ويرجع ذلك جزئياً إلى تغير RTT خلال مدة توصيل للبروتوكول TCP. وبعبارة أخرى، يمكن دائماً للبروتوكول TCP إرسال حركة بمعدل يتجاوز وصلات التوصيل.

وتزداد جميع الصعوبات الناتجة عن آلية التحكم في التدفق للبروتوكول TCP تفاقماً من خلال تشغيل توصيلات متعددة ومتزامنة للبروتوكول، حيث يقوم كل منها بتقييم توصيله على نفس المسير بشكل مستقل.

وخلاصة القول إن بروتوكول النقل يحدَّد وينفَّذ في مضيفات المستعمل وخارج نطاق مقدمي خدمة نقل الرزم القائمة على بروتوكول الإنترنت. وينبغي أن تتجنب التقييمات المعيارية لأداء مقدمي الخدمة مساهمة الطبقات التي يختارها الآخرون ويجب أن تفي بالمتطلبات المعيارية الواردة في الفقرة 12.6.

التذييل X

ملخص النتائج المختبرية (المرحلة 1) والميدانية (المرحلة 2): خطة تقييم الملحق A

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

1.X مقدمة

اتفق فريق المسألة 17/12، في اجتماعه المرحلي في أبريل 2018، وفي اجتماعاته المخصصة خلال الجلسة العامة للجنة الدراسات 12 التي عُقدت بعد ذلك في مايو 2018، على خطة لوضع مقاييس (تعرف أيضاً باسم "معلمات") وأساليب قياس لتقييم سعة بروتوكول الإنترنت (إلى جانب كمون الرزم وخسارتها، ومقاييس أداء رئيسية أخرى). وبدأ العمل بوضع خطة للتقييم المختبري لبعض المقاييس والأساليب القائمة. ويوثق ملحق جديد A الخطة لتأهيل ومقارنة مقاييس وأساليب ونماذج وأدوات قياس النفاذ في بيئة مختبرية مستقرة وقابلة للتكرار. ويسترشد العمل بالمعلمات الحالية الواردة في الفقرة 11.6 والمتطلبات الواردة في الفقرة 12.6.

ومع تقدم العمل، أصبح من الواضح أن هناك حاجة إلى جهود موازية لتنسيق أداء بروتوكول الإنترنت المقيَّس عبر العديد من المنظمات المعنية بوضع المعايير (SDO) لتحقيق اعتماد واسع وسريع في الوقت نفسه من جانب الصناعات. وشملت هذه الجهود اقتراح عمل جديد في اللجنة التقنية التابعة للمعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات والمعنية بجودة إرسال الكلام (TC ETSI STQ)، ودعوة إلى التعاون في إطار فريق العمل التابع لفريق مهام هندسة الإنترنت والمعني بقياس أداء بروتوكول الإنترنت (مع متطوعيْن). وتلقت منظمات أخرى معنية بوضع المعايير (لجنة الدراسات 11 لقطاع تقييس الاتصالات، واللجنة التقنية التابعة للمعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات والمعنية باختبار قابلية التشغيل البيني (ETSI TC INT)، ومنتدى النطاق العريض (BBF)) العديد من بيانات الاتصال التي تصف التقدم الحالي.

وتمخضت الاجتماعات التي عُقدت في خريف عام 2018 عن اتخاذ قرار بتقسيم خطة التقييم إلى مرحلتين، وجمعت نتائج الاختبار الأول للمرحلة 1. واسترشدت خطة الاختبار للمرحلة 1 بتقييم الجهاز الأوروبي لهيئات تنظيم الاتصالات (BEREC) لأنظمة قياس النفاذ إلى الإنترنت، الوارد في المرجع [b-BEREC]، حيث يصف المتطلب 127 الاختبار الإلزامي لدقة السرعة باستخدام "برمجيات أو عتاد تشكيل الحركة" في سرعات متعددة تصل إلى 500 Mbps. ولم تقدَّم أي تفاصيل أخرى، وأُغفل عامل الكمون البالغ الأهمية. ويعالج الملحق A الجديد هذا الإغفال وحالات إغفال أخرى في خطة BEREC. وسيبحث تقييم المرحلة 2 استنتاجات المرحلة 1 بشأن شبكات النفاذ.

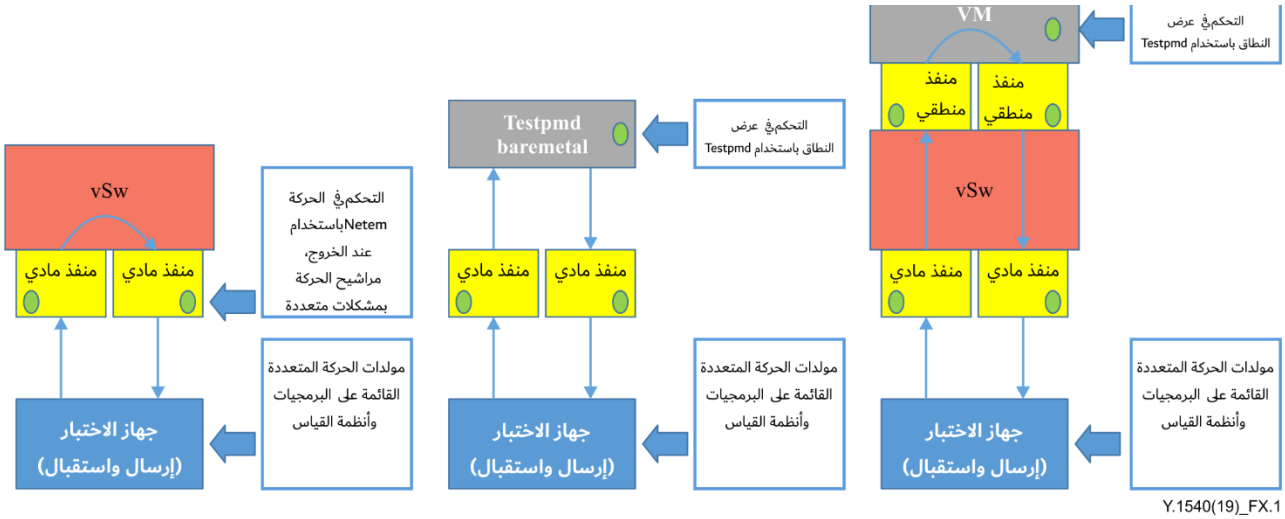
وشملت المساهمات المقدمة إلى المسألة 17/12 أيضاً استقصاءين للبحوث الأكاديمية بشأن قياس أداء النفاذ إلى الإنترنت. ويتاح أحدث استقصاء إلى جانب النقاط المستخلصة من ورشة العمل التي عقدتها لجنة الدراسات 12 في نوفمبر 2018، وتلخَّص العديد من النقاط الرئيسية في نهاية هذه المساهمة، أهمها أن الاختبارات القائمة على بروتوكول وحدة بيانات المستعمل (UDP) تُعتبر المعيار المرجعي للسعة.

وتلخص هذه المساهمة الاختبارات والنتائج المستمدة من الوثائق SG12-C275 وTD627 وTD701 R2، حتى يناير 2019. وتتابع مساهمة مصاحبة المناقشات والأسئلة في الاجتماع المرحلي للمسألة 17/12 (افتراضي، يناير 2019)، وتقدم النتائج المختبرية الجديدة بشأن العديد من مقاييس وأدوات وأساليب القياس.

2.X إعداد الاختبار المختبري للمرحلة 1

تصف هذه الفقرة بديلين رئيسيين لإنشاء بيئة اختبار متحكم فيها ومعزولة كأساس لإجراء مقارنات قابلة للتكرار بين أساليب الاختبار.

ويوضح الشكل أدناه مرفقيْن مختلفين يقدمان تحكماً مرناً في الحركة/المعدل على منصة حوسبة لأغراض عامة. ويمكن تطبيق مرفقيْ التحكم في الحركة المختلفين بثلاث طرق.



الشكل 1.X – ثلاثة مسيرات اختبار ممكنة على منصة حوسبة متعددة الأغرا

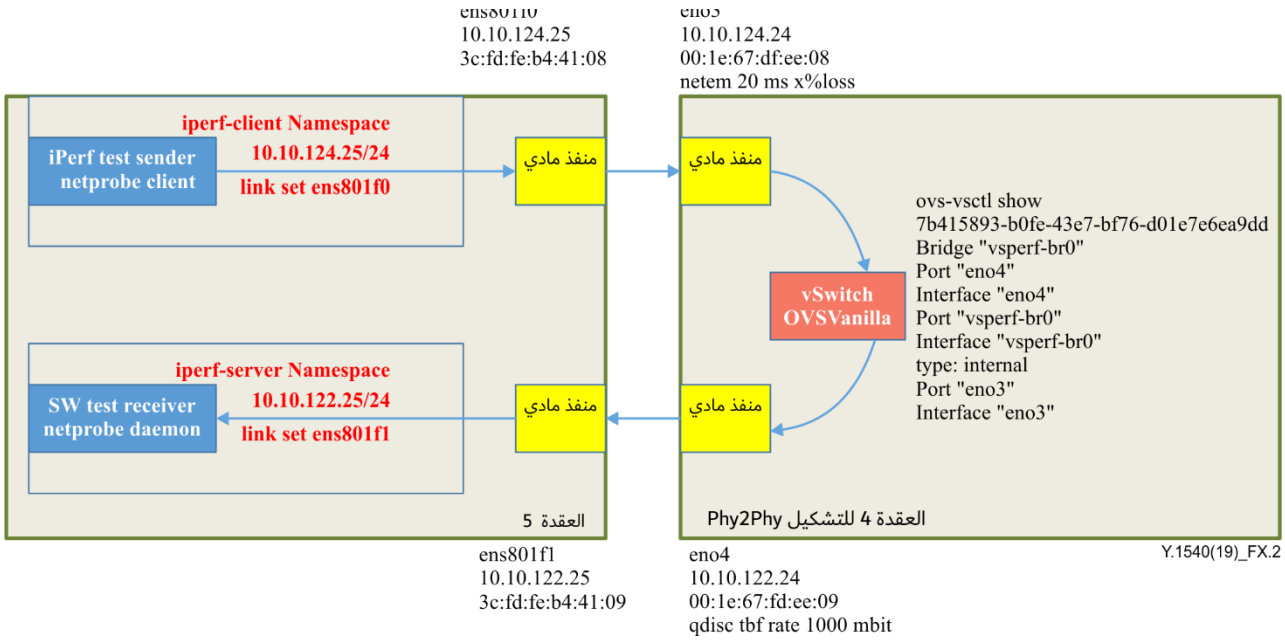
في الشكل 1.X، يوصل جهاز الاختبار بمضيف متعدد الأغراض عبر وصلات مادية بمعدل 10 Gbps. وجهاز الاختبار هو أيضاً مضيف متعدد الأغراض، ولكنه معزول تماماً عن المضيف الذي يتحكم في الحركة، مما يتيح لكل عقدة تخصيص موارد لأدوارها الفريدة في بيئة الاختبار. ويمكن تثبيت تطبيقات مختلفة لأساليب قياس مرشحة واختبارها من خلال عقدة التحكم في الحركة.

وهناك ثلاثة بدائل لتنفيذ وظيفة مشكِّل الحركة. ويستخدم الأول على اليسار المحاكي المجهز بنواة لينوكس، netem، والذي يمكنه محاكاة وقت النقل والمساعدة في التحكم في الحركة بعد تشكيل السطوح البينية NIC والمادية الصحيحة. وتقوم البدالة vSwitch ببساطة بتبديل الأرتال بين مَنفذيْها. ويشار إلى هذا التشكيل عموماً باسم "phy2phy".

واستُخدم التشكيل phy2phy لأغراض الاختبارات والنتائج الوارد وصفها أدناه. انظر الملحق A للاطلاع على وصف التشكيلات المتبقية (باستخدام التطبيق testpmd لمجموعة تطوير مستوي البيانات (DPDK) لشركة Intel).

3.X تفاصيل إعداد الاختبار

يوضح الشكل أدناه تفاصيل إعداد الاختبار "phy2phy" باستخدام عقدتين مضيفتين، وأنظمة قياس، وسطوح بينية للشبكة مع وصلات بمعدل 10 Gbps، وتشكيلات تشمل مساحة اسم شبكة، وبدالة افتراضية مفتوحة (OVS). وتوجد المضيفات في منصة مفتوحة للتمثيل الافتراضي لوظائف الشبكة (OPNFV) يستضيفها مختبرياً مشروع شركة Intel ([b-Pod12]).



الشكل 2.X – إعداد الاختبار باستخدام الأداة iPerf وشبكة معايَرة (الجهاز قيد الاختبار) وحركة متنافسة (للقياس)

مساحة اسم الشبكة ضرورية لإجبار الحركة على الخروج من السطوح البينية للشبكة المرتبطة وتجنب التسيير الداخلي عبر النواة. ويمكن أن توفر الأداة Netprobe حركة متنافسة وفق بروتوكول UDP وتدفقاً فرعياً للحركة الإجمالية مع قياسات الخسارة والكمون في كل رزمة (في اتجاه واحد وذهاباً وإياباً على السواء، بدقة في حدود الميلي ثانية).

4.X أدوات الاختبار

استُخدمت أدوات قياس متعددة مفتوحة المصدر في التقييمات التي أدت إلى هذا الملخص والقرارات التي صاحبته. وهذه الأدوات هي T-rex لشركة Cisco، وiPerf 2، وiPerf 3 وNetProbe، بالإضافة إلى أداة جديدة لم يحدَّد اسمها بعد. وتُعد وظيفتا مشكِّل الحركة وضابط الحركة جزءاً من توزيع Linux النموذجي، كما هو الحال بالنسبة لمحاكي انحطاط الشبكة، netem.

ودعمت الاختبارات الأولى للبروتوكول UDP باستخدام الأداة T-rex تقييم المرحلة 1، ونشرت خوارزمية البحث المتقدمة المتمثلة في البحث الاثنيني مع التحقق من الخسارة (BSwLV) والمحددة في المرجع [b-TST 009]. ومع ذلك، فقد شجعت الخيارات المنهجية (تحديد الخسارة باستخدام عدادات غير متزامنة للمرسِل Tx والمستقبِل Rx) والتفعيل الصعب للاختبار وفق بروتوكول TCP على استكشاف أدوات أخرى.

وعلى الرغم من أن الأداة iPerf 2 أعقبها تطوير الأداة iPerf 3، فقد أثبت الاختبار الحالي أن الأداة iPerf 2 تتيح إمكانية أكبر للتنبؤ بتشكيلها بعد تعلم بعض الحيل. وتُستخدم الأداة iPerf 2 في كامل هذا الملخص (باستثناء ما يشار فيه إلى غير ذلك). وتُستخدم في كامل هذا الملخص أيضاً الرزم بحجم وحدة الإرسال القصوى (MTU). وتتسم الأداة iPerf 3 على نظام Linux ببعض "الميزات" التي يبدو أنها تحتاج إلى فرز (تواجه بعض التشكيلات قيماً حدية لمعدل الإرسال). وتجري حالياً عمليات تطوير موازية للأداة iPerf 3، ولا بد من رقم إصدار فرعي للتمييز بين المصادر المختلفة.

واستُخدمت الأداة NetProbe حصراً كنظام قياس تكميلي (لتوفير قياسات الكمون التي لا توفرها الأداتان iPerf 2 وiPerf 3)، وكمولِّد للحركة المتنافسة (مع القدرة على القياس).

5.X معايرة النتائج المبلغ عنها باستخدام الأداة iPerf 2

تبلغ الأداة iPerf 2 عن قياسات المعدلات استناداً إلى بايتات الحمولة النافعة التي تم تسليمها (فوق طبقة بروتوكول وحدة بيانات المستعمل (UDP) أو بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP)). ويتم تحديد معدل مرشاح الدلو الرمزي (TBF) في "البتات في أرتال

الطبقة 2 دون تقنية التحقق من الإطناب الدوري (CRC) في طبقة الإثرنت (ETH)"، وبالتالي، تُدرج الرأسيات المضافة إلى الحمولات النافعة للنقل في حسابات TBF (يشمل المعدل بتات الرأسيات في طبقتي الإثرنت وبروتوكول الإنترنت وطبقة النقل).

وتشمل حسابات المعدلات المستلمة "بالرمز OH" الحمل الزائد من الثُّمانيات لكل رزمة في الرأسيات التالية: الإثرنت (14) وبروتوكول الإنترنت (20) وبروتوكول وحدة بيانات المستعمل (8) أو بروتوكول التحكم في الإرسال (20). والقيمة المصحَّحة لمعدل نمطي للحمولة النافعة لبروتوكول UDP يبلغ 972 Mbps، نتيجة حمل زائد (1,0286)، هي 999,799 Mbps.

ويتغير حجم رتل البروتوكول TCP لأن الأداة iPerf 2 تقدم إلى المرسِل فدرة حجمها 8kB، مما ينتج عنه خمسة أرتال بحجم الوحدة MTU، مع ترك 892 بايتة للرتل المتبقي لإكمال الفدرة. بيد أن حجم الرزمة يختلف عن هذا النموذج عند ملاحظته في سياق تتبع الرزمة. ولا يستخدم أبسط عامل تصحيح لحمل زائد (OH) على تدفقات TCP في الحساب سوى الحد الأقصى لحجم الأقسام (MSS):

1446+54 = 1500؛ 1446/1500 = 1,0373 * معدل الحمولة النافعة TCP الذي تم قياسه.

فمعدل عال للحمولة النافعة لبروتوكول TCP باستخدام 3 توصيلات (مع عدم وجود عوامل تعقيد مثل التأخير) يبلغ 956 Mbps يصبح 991 Mbps بعد تصحيحه نتيجة حمل زائد. وتكون معظم معدلات الحمولة النافعة للبروتوكول TCP المقيسة بمعدل تشكيل معايَر يبلغ 1 Gbps أقل بكثير من 956 Mbps (انظر الشكلين 4.X و5.X).

وهناك أيضاً بعض أوجه عدم الاتساق بين القيمة القصوى لحجم نافذة الاستقبال (RWIN) المحسوبة باستخدام البروتوكول TCP والمبلغ عنها من الأداة iPerf 2، والقيمة المقيسة باستخدام مدة ذهاب وإياب (RTT) تساوي 20 ms. وأدى اختبار واحد باستخدام 3 توصيلات للبروتوكول TCP إلى النتائج التالية:

956 Mbps/3 توصيلات = 318,666,666 bps لكل توصيل؛

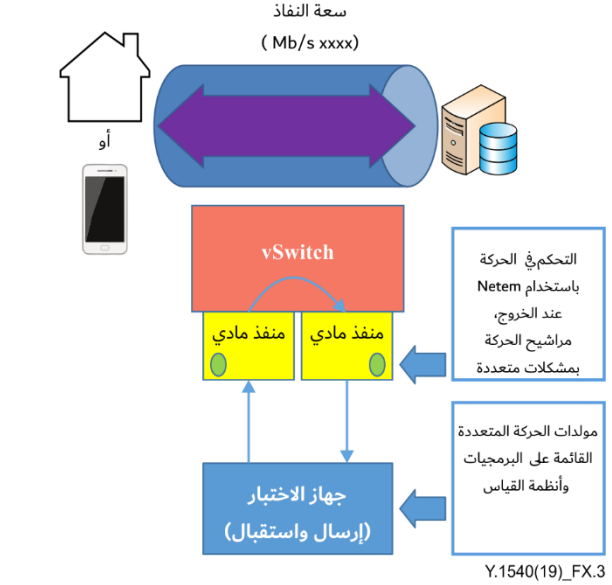
318,666,666 / 50 نافذة في الثانية = 6,373,333,32 بتة في نافذة الاستقبال
أو 796,666 بايتة ~ 0,8 ميغابايتة (وليس 0,08 ميغابايتة كما أبلغت عنه الأداة iPerf 2).

6.X ملخص نهج الاختبار ونتائجه

يلخص الشكل التالي جزءاً من الاختبار الأولي (حتى نوفمبر 2018).

تقييم المرحلة 1: مقارنة مرجعية وتقاطع قياسات النفاذ إلى بروتوكول الإنترنت

- انتقال النفاذ إلى وحدات Gbps وكمون منخفض
- أساليب المقارنة المرجعية: البروتوكول UDP وخوارزمية بحث قوية جديدة
- اختبار النفاذ الحالي
  الأساليب: N x توصيلات بروتوكول TCP
- الاختبار باستخدام **جهاز قيد الاختبار معايَر**
- النتائج: توصل البروتوكول UDP إلى حدود قصوى! أفضل أداة perf لاستخدام وحدة الإرسال القصوى
- أساليب البروتوكول TCP تفضي إلى نتائج متغيرة وغالباً ما تقدر الحدود القصوى بأقل من قيمتها

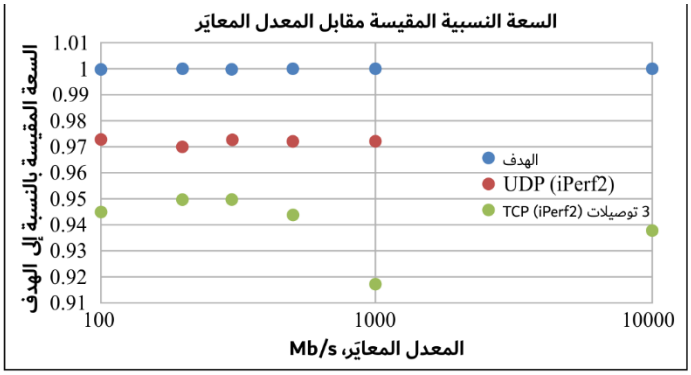


الشكل 3.X – ملخص الاختبار الأولي

7.X ملخص الاختبارات التي تقارن السعة المقيسة مع معدلات PHY المعايَرة

يستخدم إعداد وتشكيل الاختبار (الوارد وصفهما في الشكل 2.X أعلاه) مرشاح دلو رمزي (TBF) في المنفذ eno4 العقدة 4 بمعدل مستهدف قابل للتشكيل، ويسمح ببعض الرشقات، ولكنه يحدد أيضاً الحد الأقصى للوقت الذي يمكن أن تمكث فيه أي رزمة في المعالجة (عادةً 4 ms). ويمثل المعدل 100 Mbps أحد أعلى المعدلات التي اعتزم المعيار [b-BEREC] استخدامها من أجل عمليات التحقق الواردة في المتطلب 127 (Req-127). وتأثرت معظم النتائج الواردة في هذا القسم بالوقت المحاكى (في netem).

الوقت، ms	الهدف: UDP (iPerf3xTCP(iPerf2))			المعدل المعايَر، M
40	0.945	0.973	1	100	29 نوفمبر
40	0.95	0.97	1	200	29 نوفمبر
40	0.95	0.973	1	300	29 نوفمبر
40	0.944	0.972	1	500	29 نوفمبر
20	0.917	0.972	1	1000	24 يناير
0	0.9379		1	10000	11 ديسمبر
		2 يناير			



Y.1540(19)_FX.4

الشكل 4.X – ملخص السعة المقيسة مقابل المعدلات المعايَرة

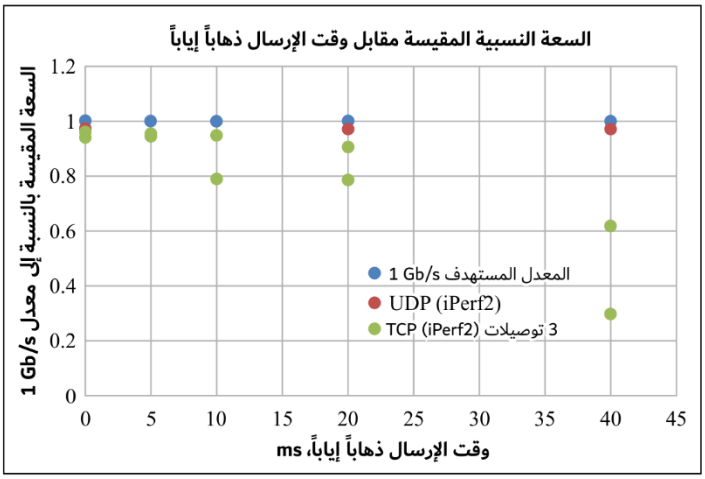
وكما يبين الشكل 4.X، فإن الأساليب التي تستند إلى البروتوكول UDP وتستخدم الأداة iPerf 2 تكاد تعمل دون خسارة في المعدل المشكَّل في TBF، مثلاً، 972 Mbps في حمولات UDP (الذي تصبح قيمته المصححة 1001 Mbps بعد أخذ الرأسيات في الحسبان). وتكون القياسات المنفذة باستخدام 3 توصيلات TCP حساسة لوقت النقل ذهاباً وإياباً، خاصة عندما يرتفع معدل TBF إلى 1000 Mbps (ولا يكون تصحيح الرأسية كافياً للتعويض، وعلى الرغم من أن وقت بدء تشغيل البروتوكول TCP هو أحد العوامل ذات الصلة، فإن المعدل 956 Mbps يتحقق بعد ثانيتين).

وتمثل قياسات الوصلات بمعدل 10 000 Mbps (10 Gbps) وحدها (بدون TBF أو netem) مصدراً عملياً جداً للحد من المعدل. واستمرت الاختبارات باستخدام 3 توصيلات و5 توصيلات للبروتوكول TCP في ظل هذه الظروف الواقعية في تقدير معدل PHY بأقل من قيمته بعد تطبيق عوامل تصحيح الرأسية. ولم تتمكن الأداتان iPerf 2 وT-rex من توليد تدفق واحد للبروتوكول UDP فوق ما يقارب 5 Gbps في إعداد الاختبار هذا (خضعت هذه النتيجة لمزيد من البحث: ولّد عميلان iPerf 2 في نفس الوقت 3,94 + 4,18 = 8,12 Gbps، ويبدو أن هناك حاجة إلى تدفق ثالث).

8.X ملخص الاختبارات التي تقارن السعة المقيسة مع وقت النقل ذهاباً وإياباً

باستخدام معدل مستهدف واحد للمرشاح TBF يبلغ 1 Gbps، تمت محاكاة الوقت الثابت في المسير ذهاباً وإياباً (في المنفذ eno3 للعقدة 4) باستعمال المحاكي netem.

	المعدل المعاير، M	الهدف: ((iPerf3xTCP(iPerf2)) 1G UDP		
27 يناير	40	1	0.972	0.62
27يناير	40	1	0.972	0.312
27يناير	40	1	0.972	0.313
27يناير	40	1	0.972	
27 فبراير	20	1	0.972	0.786
27 يناير	20	1		0.906
27 فبراير	10	1		0.952
27 فبراير	10	1		0.792
27 فبراير	5	1		0.953
27 فبراير	5	1		0.948
11 ديسمبر	0	1	0.972	0.9379
27 فبراير	0	1		0.956



Y.1540(19)_FX.5

الشكل 5.X – ملخص السعة المقيسة مقابل وقت الإرسال ذهاباً إياباً عند معدل 1 Gbps

وتؤكد قياسات الكمون باستخدام الأداة Netprobe (انظر القسم التالي) أن المرشاح TBF عندما يضع حدوداً للمعدل (وتسقط بعض الرزم)، فإن كمون TBF المشكَّل يضيف مدة 4 ms إلى كمون netem (فوق 20 أو 40 ms) لبعض الرزم. وأما نتائج اختبار السعة باستخدام البروتوكول UDP، فهي لا تتأثر بالكمون، ولكنها تسمح بسهولة إضافة قياسات الكمون باستخدام البروتوكول UDP. ومع ذلك فإن حلقة التحكم في التدفق للبروتوكول TCP حساسة للكمون (لا سيما وقت النقل ذهاباً وإياباً)، وتعاني قياسات السعة الخاصة بها من تزايد الوقت (خاصة عندما يتجاوز ناتج ضرب عرض النطاق في الوقت تشكيل الحد الأقصى لحجم نافذة الإرسال، انظر القياسات عند 40 ms في الشكل 5.X).

وبناءً على طلب أعضاء معنيين بجودة إرسال الكلام (STQ) تابعين للمعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI)، أجريت اختبارات للبروتوكول TCP عند 5 ms و10 ms، وتم تكرار جميع الاختبارات من 0 ms إلى 20 ms وتبين النتائج أن القياس القائم على البروتوكول TCP توصل إلى نتائج متغيرة، وأن الوقت غالباً ما يؤدي إلى زيادة التغاير المحتمل ويشير المعيار [IETF RFC 8337] إلى هذه المسألة فيما يتعلق بالقياسات باستخدام التحكم في التدفق وفق البروتوكول TCP، في القسم 4.

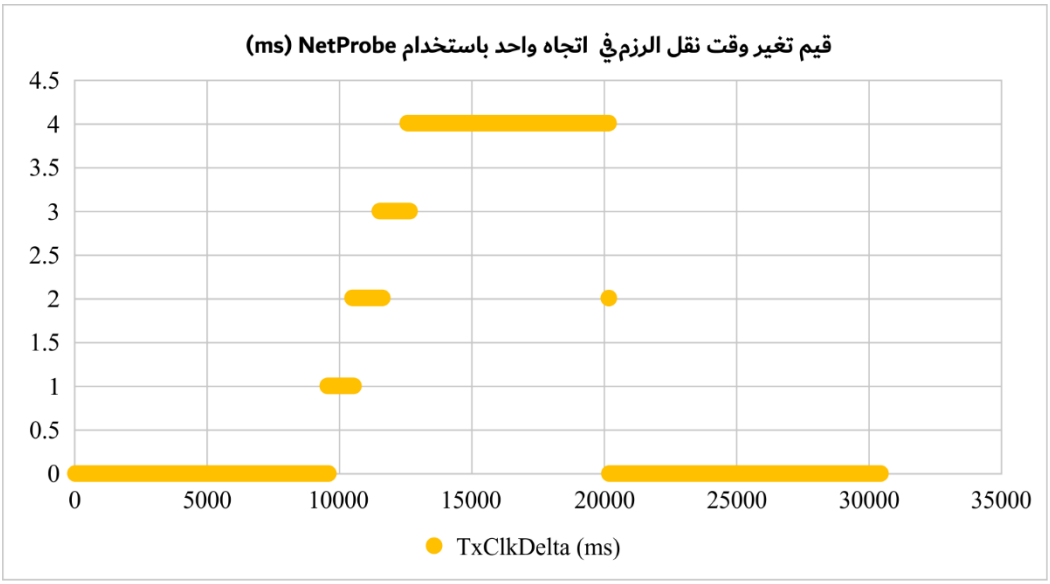
9.X ملخص الاختبارات باستخدام حركة متنافسة

تلخص هذه الفقرة ثلاثة اختبارات حيث تحاول تدفقات UDP وTCP القيام بقياسات سعة بروتوكول الإنترنت بحضور تدفق حركة متنافسة (تدفق بمعدل بتات ثابت من NetProbe يمكّن من قياس وقت نقل الرزم وتغير وقت نقل الرزم (PDV)).

الجدول 1.X – تنافس حركة بمعدل 1 Mbps مع تشكيل "phy2phy" لمرشاح+وقت دلو رمزي بمعدل 1000 Mbps

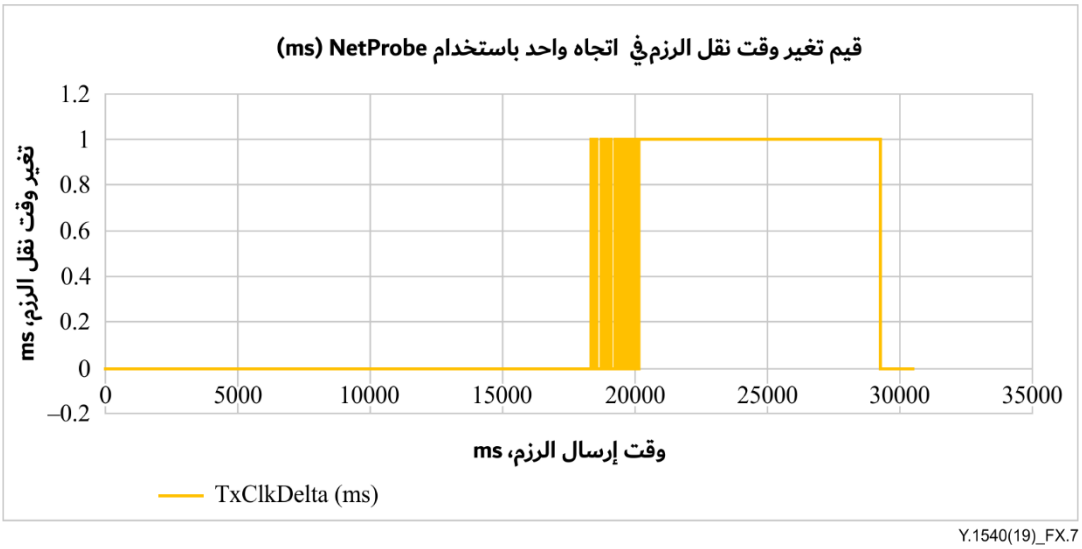
ملاحظات	معدل TBF	رشقة، كمون TBF	كمون الوقت ذهاباً وإياباً للمحاكي Netem	الأداة	حجم الرتل، بالبايتات	معدل المستقبِل، Mbps	Meas Lat	مقدار الخسارة	دقة المعدل
27 يناير، استخدام netprobe لإرسال bps 1,156,800	Mb/s 1000	4,0 kb 5 ms	ms 40 (eno3)	iPerf2؛ UDP اتجاه واحد– **b 971000000**	1470 من البيانات	971	الشكل 6.X	798 في معظم الاختبار	0,971
27 يناير، استخدام netprobe لإرسال bps 1,156,800			ms 40 (eno3)	iPerf2؛ UDP اتجاه واحد– **b 971000000**	1470 من البيانات	971	الشكل 7.X	245 (في الثانية الأولى فقط)	0,971
27 يناير، استخدام netprobe			ms 20 (eno3)	iPerf2؛ TCP مع 3 توصيلات في اتجاه واحد 12 ثانية	5 بالوحدة 892 + MTU المتبقية	**786 في المتوسط**	الشكل 8.X	X	0,786 في المتوسط 0,955 في الذروة

لإرسال bps 1,156,800							بلغ 955 كحد أقصى بعد 10 ثوان		



الشكل 6.X – قياس NetProbe لتغير وقت نقل الرزم خلال اختبار UDP لمدة 11 ثانية وبمعدل 972 Mbps

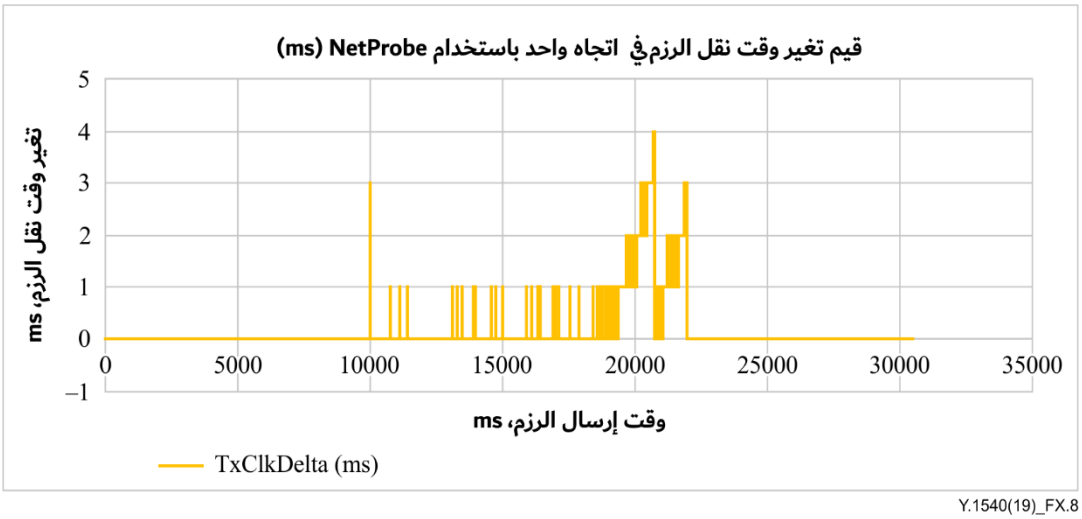
توضح قياسات NetProbe الوقت الذي تتم مواجهته عند تجاوز معدل مرشاح الدلو الرمزي (بحوالي 1 Mbps) خلال مدة الاختبار للبروتوكول UDP باستخدام الأداة iPerf البالغة 11 ثانية (خلال مدة الاختبار باستخدام الأداة NetProbe البالغة 30 ثانية). وكانت هناك ثلاث خسارات في الرزم في تدفق NetProbe، مع إرسال 800 156 1 bps. ويخفض تقييم معدل البروتوكول UDP بمقدار الحركة المتنافسة في هذا الاختبار. وتشير قياسات الكمون (PDV في اتجاه واحد) الواردة في الشكل 6.X إلى أن الحد الأقصى لكمون TBF قد تمت مواجهته قبل بدء تدفق iPerf 2 ببضع ثوان.



الشكل 7.X – قياس NetProbe لتغير وقت نقل الرزم خلال مدة الاختبار UDP البالغة 11 ثانية وبمعدل 971 Mbps

توضح قياسات NetProbe الوقت الذي تتم مواجهته عند بلوغ معدل مرشاح الدلو الرمزي خلال مدة الاختبار للبروتوكول UDP باستخدام الأداة iPerf البالغة 11 ثانية (خلال الاختبار باستخدام الأداة NetProbe لمدة 30 ثانية). ولم تكن هناك أي خسارات في الرزم في تدفق NetProbe، مع إرسال 800 156 1 bps.

وخُفض معدل الإرسال للبروتوكول UDP لاستيعاب الحركة المتنافسة، مما يدل على أن الاختبار السابق (الشكل 6.X) قد قيّم بشكل صحيح السعة المتبقية عند وجود حركة متنافسة. وتتوافق التدفقات المجمعة بشكل أكبر مع معدل TBF. وتشير قياسات الكمون (PDV في اتجاه واحد) الواردة في الشكل 7.X إلى الحد الأقصى لكمون TBF لم يلاحظ (وأن الكمون يمكن أن يكون مُدخلاً مفيداً في خوارزمية بحث عن المعدل (المرجع [b-TST 009])، إضافة إلى خسارة الرزم).



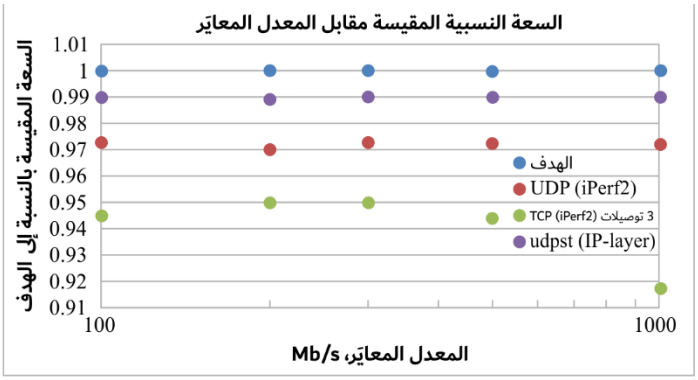
الشكل 8.X – قياس NetProbe لتغير وقت نقل الرزم خلال مدة الاختبار البالغة 12 ثانية لثلاثة توصيلات للبروتوكول TCP

توضح قياسات NetProbe الوقت الذي تتم مواجهته عند بلوغ معدل مرشاح الدلو الرمزي خلال مدة اختبار 3 توصيلات للبروتوكول TCP باستخدام الأداة iPerf البالغة 12 ثانية (خلال الاختبار باستخدام الأداة NetProbe لمدة 30 ثانية). ولم تكن هناك أي خسارات في الرزم في تدفق NetProbe، مع إرسال 1 156 800 bps. وعند اقتراب نهاية مدة اختبار TCP البالغة 12 ثانية، تبدو التوصيلات الثلاثة متزامنة، وتشير قيم PDV المقيسة بالأداة NetProbe إلى تسجيل وقت في شكل "سن المنشار" في المرشاح TBF (ربما يتبع مخطط الزيادة الإضافية والانخفاض المضاعَف (AIMD))، قد يصل إلى الحد الأقصى لكمون TBF البالغ 4 ms.

10.X الاختبارات مع التنفيذ المبكر لأداة اختبار جديدة للبروتوكول UDP

تتمثل إحدى الميزات التي تفتقر الاختبارات القائمة على الأداة iPerf 2 وبروتوكول وحدة بيانات المستعمل (UDP) بثلاثة توصيلات في خوارزمية بحث يمكنها تحديد سعة بروتوكول الإنترنت بطريقة أوتوماتيكية. وفي الاختبار السابق، يُفترض أن يحدد اختبار استكشافي قائم على الأداة iPerf 2 المعدل الأقصى للرزم المستقبَلة في مسير الاختبار (مع خسارة حجم كبير من الرزم عادةً)، وأن يحدد اختبار ثان في هذا المعدل الأقصى للرزم المستقبَلة ما إذا كان من الممكن الإرسال في هذا المعدل دون أي خسارة في الرزم. واستخدمت الأداة T-rex البحث الاثنيني الوارد في المرجع [b-TST 009] مع خوارزمية التحقق من الخسارة ونجحت في إيجاد معدل المشكِّل "على أرض الواقع"، ولكنها استخدمت العديد من التجارب. ولوحظ أن خوارزمية بحث أكثر سرعة وتأخذ في الحسبان الخسارة والانحطاطات الأخرى يمكن أن تساعد.

المعدل المعايَر، M	الهدف	UDP (iPerf 3xTCP(iPerf2))	Hack-104 (طبقة IP) udpst
100	1	0.973	0.945	0.99
200	1	0.97	0.95	0.9892
300	1	0.973	0.95	0.9899
500	1	0.972	0.944	0.99
1000	1	0.972	0.917	0.99
		2 يناير		



Y.1540(19)_FX.9

الشكل 9.X – مقارنة قائمة على أداة "udpst ver1.4" بين السعة المقيسة باستخدام الأداة iPerf والمعدلات المعايَرة

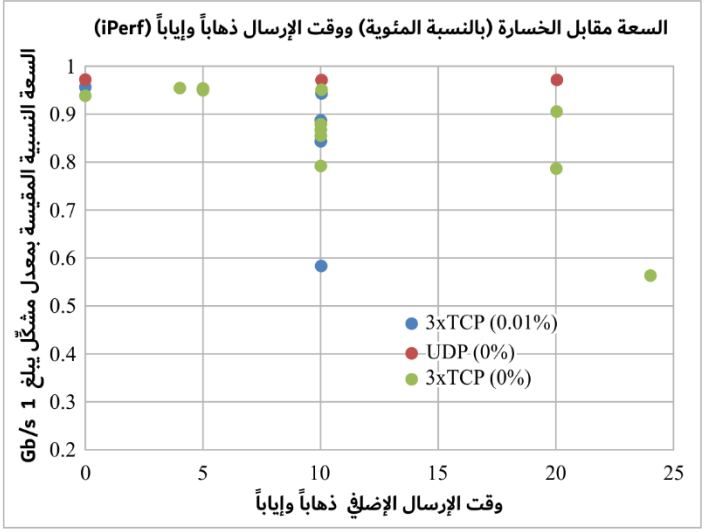
الأداة udpst هي أداة قياس نموذجية ألفها Len Ciavattone. وتسعى خوارزمية البحث الخاصة بهذه الأداة إلى تحقيق السعة القصوى لبروتوكول الإنترنت من خلال ضبط معدل إرسالها وفقاً لرسائل الحالة التقييمية التي تشمل الخسارة في القياسات وإعادة ترتيبها، فضلاً عن المعلومات المتعلقة بتغير الوقت. ويرسل مستقبل udpst رسائل الحالة على فترات منتظمة (افتراضياً كل 50 ms). وستؤدي أي خسارة في الرزم أو إعادة ترتيبها أو التغير المفرط في وقتها إلى انخفاضات في معدل الإرسال، حتى تصبح الانحطاطات غير موجودة. ويتم الإبلاغ عن النتائج في طبقة بروتوكول الإنترنت، بما في ذلك بتات الرأسية. وهذا يعني أن عامل تصحيح الحمل الزائد لا يشمل سوى الرأسية الأولى للإثرنت (14 ثُمانية). وبالتالي، فإن عامل تصحيح حمل زائد البالغ 1,0112 (1264/1250) والمطبق على القياس النمطي 990 Mbps يؤدي إلى تغيير معدل المشكِّل المعايَر الذي يساوي 1 Gbps ليصبح 1,001 Gbps.

11.X اختبارات آثار خسارة الرزم منخفضة المستوى

تَمثل أحد متغيرات التقييم المختبرية للمرحلة 1 في خسارة الرزم. وكانت نسب الخسارة الأصلية المختارة هي 4-^10 و5-^10، أو 0,01% و0,001% من مجموع الرزم (على النحو المحدد في **netem**). وبما أن توزيع الخسارة لم يحدَّد، فقد تم اختيار النمط العشوائي.

ويوضح الشكل 10.X نتائج الاختبار حيث تم إجراء نتائج جديدة مع خسارة بنسبة 0,01% أو بدون خسارة وفي أوقات مختلفة (يوم 22 أبريل)، وتحديد تقابلها مع النتائج السابقة لظروف خالية من الخسارة.

	الوقت، ms	3xTCP (0.(	UDP (0%)	3xTCP (0%)
22 أبريل	0	0.956		
22 أبريل	0	0.957		
22 أبريل	4			0.954
22 أبريل	10	0.888		0.855
22 أبريل	10	0.584	0.972	0.87
22 أبريل	10	0.844		0.879
22 أبريل	10	0.85		
22 أبريل	10	0.942		
22 أبريل	24			0.564
27 يناير	20		0.972	0.786
27 فبراير	20			0.906
27 فبراير	10			0.952
27 فبراير	10			0.792
27 فبراير	5			0.953
27 فبراير	5			0.948
11 ديسمبر	0			0.9379
27 فبراير	0			0.956



Y.1540(19)_FX.10

الشكل 10.X – ملخص السعة المقيسة مقابل الخسارة ووقت الإرسال ذهاباً وإياباً عند معدل 1 Gbps

أولاً، لاحِظ أن خسارة بنسبة 0,01% وحدها، بدون وقت إضافي، كان لها تأثير ضعيف على السعة المقيسة باستخدام البروتوكول TCP في طبقة النقل. وبالطبع، من شأن نسبة خسارة أعلى (1%) أن تتسبب في انخفاض كبير في المعدل المقيس (عامل انخفاض يناهز 10). وعند إضافة وقت إرسال ذهاباً وإياباً مدته 10 ms، يكون التغير في معدلات TCP كبيراً سواءً في وجود خسارة أم لا. ونتج عن اختبار في وجود خسارة ووقت يبلغ 10 ms معدل أصغر من 600 Mbps، وكان هذا الأداء الضعيف مماثلاً لقياس أجري حديثاً لوقت يبلغ 24 ms (ربما مع وجود قدر صغير من الخسارة). وفي حالة واحدة لوقت يبلغ 10 ms، تبين أن إدراج خسارة بنسبة 0,01% يؤدي إلى زيادة معدل TCP، وهو ما يمثل نوع الأداء غير الخطي الوارد وصفه في القسم 4 من المعيار [IETF RFC 8337].

وعند اختبار UDP باستخدام الأداة iPerf2، تنعكس نسب الخسارة التي تمت محاكاتها في النتائج (مع قابلية التغير المتوقعة ضمن التقارير المتعلقة بثانية واحدة) وفي المجموع النهائي.

ويُستنتج أن قابلية تغير القياس القائم على البروتوكول TCP يهيمن عليها بشكل رئيسي عامل وقت الإرسال ذهاباً وإياباً عندما تكون نسبة الخسارة منخفضة (0,01%).

12.X تفحص حدود الإرسال القصوى لأدوات الاختبار ومنصته

على الرغم من أن المعدلات المعايَرة/على أرض الواقع حتى 1 Gbps كانت محور التركيز في خطة الاختبار المختبري للمرحلة 1، فإن من المفيد أيضاً معرفة الحدود العليا لبرمجيات أدوات الاختبار إلى جانب العتاد الذي يستضيف هذه الأدوات. ولتفحص هذه الحدود، تم إجراء اختبارات باستخدام الأداة iPerf2 للنقل القائم على البروتوكولين UDP وTCP في العديد من الأوقات. ويتمثل إعداد الاختبار ببساطة في المسير إلى البدالة الافتراضية المفتوحة vSwitch عبر وصلات بمعدل 10 Gbps مع عدم وجود أي انحطاطات في مشكِّل حركة TBF أو netem.

وأُجري الاختبار الأكثر حسماً لهذه الحدود خلال هاكاثون IETF-104. وأسفر اختباران باستخدام 3 توصيلات للبرتوكول TCP عن معدلي 9385 Mbps و9380 Mbps، ومقارنة إيجابية لاختبارات يعود تاريخها إلى 11 ديسمبر 2018. وأسفرت اختبارات تدفقات 3 توصيلات UDP عن معدل 9308 Mbps، مع خسارة بنسبة 1,8% وإعادة ترتيب حوالي 1500 رزمة أثناء اختبار دام 10 ثوان (حاول كل تدفق توليد 3330 Mbps، ولكنه لم يحقق هذا المعدل).

واستُنتج أن هناك ما يكفي من القدرة على توليد رزم UDP وTCP والقدرة على الاستقبال لإجراء اختبارات بمعدل 1 Gbps، وربما بمعدلات أعلى إلى حد ما بالنظر إلى القياسات التي تقترب من 10 Gbps أعلاه.

13.X تفحص الاختبارات حيث توجد انحطاطات مبكرة في تدفقات UDP

في العديد من اختبارات UDP باستخدام الأداة iPerf2، أُبلغ بأن الثانية الأولى لتدفق الرزم واجهت إعادة ترتيب للرزم (عادةً أقل من 40 رزمة) وخسارة صغيرة للرزم، وتنطبق هذه الملاحظات على الحالات التي تشمل مشكِّل TBF بمعدل 1 Gbps. وتقصياً لسبب الانحطاطات المبكرة، تم التقاط تدفق UDP (باستخدام الأداة tshark) في السطح البيني للمنفذ eno4 (قُبيل تشغيل المشكِّل).

وتم أيضاً تفحص التقاط الرزم باستخدام الأداة Wireshark، خاصة مواقيت الرزم المبكرة في تدفق UDP. واستُنتج أن الأوقات بين وصول الرزم المبكرة لا تكون منتظمة إلا بعد وجود 20 رزمة أو أكثر في التدفق، حيث تتحقق أخيراً المباعدة الاسمية البالغة 12 ميكروثانية. ونظراً لعدم وجود أرقام تتابعية، فإن من الممكن أن يكون مرسل iPerf أو مسير الاختبار قد تسبب في إعادة ترتيب في الجزء الرشقي من التدفق، وأن يكون المشكِّل قد استبعد الرزم التي تجاوزت مواصفاته.

14.X تفحص معلمات مشكِّل TBF المستخدمة في الاختبارات ومقارنتها مع مرشاح الضابط

أجريت مجموعة من الاختبارات لتحديد ما إذا كانت معلمات المشكِّل المستخدمة في معظم الاختبارات قد أضرت بشكل غير عادل بتدفقات TCP. وخلصت الاختبارات باستخدام معدلات مشكِّل قدرها 1 Gbps إلى أن السعة المقيسة للبروتوكول TCP انخفضت بشكل كبير عند خفض الحد الأقصى لمعلمة كمون TBF من 4 ms إلى 0,1 ms (شهدت اختبارات TCP باستخدام

كمون قدره 4 ms معدل 956 Mbps كحد أقصى، ولكن الأداء باستخدام كمون قدره 0,1 ms كان شديد التغير وتراوح بين 763 و862 Mbps). ومن جهة أخرى، لم تعد زيادة الحد الأقصى لمعلمة كمون TBF من 4 ms إلى 20 ms بأي فائدة على السعة المقيسة للبروتوكول TCP. وكان اختبار UDP باستخدام الأداة iPerf 2 غير حساس لهذه التغييرات.

وعند تنفيذ مرشاح ضابط بدلاً من المشكِّل، انخفضت السعة المقيسة للبروتوكول TCP بشكل كبير مجدداً، على الرغم من محاولات تحسين الأداء عن طريق ضبط المعلمات (شهدت اختبارات TCP باستخدام المشكِّل معدل 956 Mbps كحد أقصى، ولكن الأداء الأعلى باستخدام الضابط بلغ 2,02 Mbps). ويعزى ذلك إلى التخزين المحدود جداً المتاح باستخدام المرشاح الضابط. وكان اختبار UDP باستخدام الأداة iPerf 2 غير حساس لاستخدام المرشاح الضابط بسبب تدفقه بمعدل بتات ثابت.

15.X ملخص الاختبار المختبري للمرحلة 1

غالباً ما تقدر التقييمات القائمة على البروتوكول TCP باستخدام الأداة iPerf 2 السعة المعايَرة بأقل من قيمتها، وتكون التقديرات كما يلي:

- أقل دقة من البروتوكول UDP فيما يتعلق بالمعدلات العالية مثل 1 Gbps (أحدث خدمة نفاذ إلى الإنترنت حالياً)؛
- أكثر حساسية لوقت الإرسال ذهاباً وإياباً من البروتوكول UDP، خاصة وأنها ترتبط بقابلية قياسات TCP للتغير، بسبب التحكم في التدفق الخاص بالبروتوكول TCP؛
- أكثر حساسية للحركة المتنافسة، مما يؤدي إلى متوسط قياس منخفض بسبب الحاجة إلى وقت أطول لتحقيق التوازن.

وتؤكد قياسات UDP باستخدام الأداة iPerf 2 حالة "المعيار المرجعي" لتقييم السعة، بما يتماشى مع المعدلات المعايَرة (الوضع التجريبي "على أرض الواقع") وبحوث جوهرية باستخدام تكنولوجيات/سرعات نفاذ ذات معدلات منخفضة.

ويمكن أن يكون الكمون مُدخلاً مفيداً في خوارزمية بحث عن المعدل قائمة على البروتوكول UDP، إضافة إلى خسارة الرزم، على النحو المنصوص عليه في [b-TST 009]. وتُظهر أداة اختبار نموذجية قائمة على البروتوكول UDP (udpst ver1.4) إمكانات واعدة للوفاء بهذه الحاجة إلى البحث الأوتوماتيكي عن أقصى معدل باستخدام البروتوكول UDP.

16.X مواصفات المنصة

انظر: https://wiki.opnfv.org/display/pharos/Intel+POD12

17.X ملخص نتائج الاختبار الميداني للمرحلة 2

استخدمت النتائج الملخصة أدناه (التي تم إجراؤها في حملتي اختبار) أنماط النفاذ التالية:

1 ثابت: مودم كبل DOCSIS 3.0 ذو قدرة على "التشغيل الثلاثي" ومدمجة فيه شبكة Wi-Fi وبدالة GigE سلكية.

2 متنقل: هاتف خلوي مدعم بتكنولوجيا التطور الطويل الأجل (LTE) مع مودم من الفئة 12 (600 Mbps للوصلة الهابطة، و50 Mbps للوصلة الصاعدة).

3 ثابت: شبكة بصرية منفعلة (PON) "F"، خدمة بمعدل 1 Gbps.

4 ثابت: شبكة PON "T"، خدمة بمعدل 1000 Mbps.

5 ثابت: خدمة VDSL بمعدلات مختلفة أقل من 100 Mbps.

6 ثابت: خدمة ADSL بمعدل 1,5 Mbps.

7 متنقل: مسيِّر مدعم بتكنولوجيا LTE مع الشبكة المحلية للإنترنت المخطط احتواؤها (مستقر).

وتوافقت الآراء المتعلقة بنتائج القياس على أن البروتوكول UDP هو بروتوكول النقل المفضل لتقييم السعة:

- بيّن البروتوكول UDP نتائج أكثر اتساقاً.
- كانت أدوات UDP قادرة على قياس الخسارة والوقت وتغير الوقت وإعادة الترتيب.
- سجل البروتوكول TCP معدلات أدنى من معدلات اختبارات البروتوكول UDP وقابلية تغير أكبر للمعدلات في ظروف مختلفة.
- تُظهر قياسات TCP على شبكة بصرية منفعلة بمعدل 1 Gbps تقديراً للسعة أقل بكثير من قيمتها.
- أيدت القياسات الميدانية الاستنتاجات المختبرية بشأن البروتوكول UDP باعتباره المعيار المرجعي، والبروتوكول TCP باعتباره يقدر السعة بأقل من قيمتها.
- أظهرت اختبارات النفاذ القائم على تكنولوجيا LTE قابلية تغير كبيرة، كما هو متوقع مع أي شبكة لاسلكية.

التذييل XI

استقصاء موجز بشأن تحديد جودة الخدمة وجودة التجربة فيما يتعلق بالنفاذ إلى الإنترنت

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

1.XI مقدمة

يهتم مقدمو الخدمة وهيئات التنظيم (وحماية المستهلك)، وكذلك بائعو أجهزة القياس ومشغلوها، بقياسات سرعة النفاذ إلى الإنترنت (IAS) لأسباب متنوعة. وأُرسيت في الكثير من البلدان استقصاءات تحدد خصائص منتجات مقدمي الخدمة فيما يتعلق بالنفاذ إلى الإنترنت. وفي هذا المجال، قد يشمل التقييس تتبع عمليات النشر القائمة. ولا تتطلب تقديرات الاستقصاءات التي تقدم معلومات عن سرعة النفاذ إلى الإنترنت مستوى عالياً من الدقة، وغالباً ما يقبلها مقدمو الخدمة المتنافسون، إذا كان الطرف الذي يجري الاستقصاء بشفافية يقدم مجموعة عادلة من المعلمات المتعلقة بحملة القياس إلى مقدمي الخدمة الذين سيشملهم الاستقصاء.

وهناك اهتمام أيضاً بالقياسات المضبوطة والمقيَّسة لسرعة النفاذ إلى الإنترنت. وعلى غرار قياسات السرعة أو الحجم المضبوطة الأخرى التي تستند إليها الالتزامات أو العقوبات في الأسواق التجارية، تتطلب القياسات المضبوطة والمقيَّسة لسرعة النفاذ إلى الإنترنت مستوى محدداً من الدقة. ويتطلب تحديد دقة القياس تحديد معيار مرجعي للقياس.

ومن المتوقع أن تسمح المنشورات البحثية للزملاء الباحثين باستنساخ النتائج المنشورة. ونظرت هذه المساهمة في مجموعة من المنشورات البحثية، بحثاً عن النتائج ذات الصلة بمعلمات وقياسات وتقييم جودة الخدمة (QoS) فيما يتعلق بالنفاذ إلى الإنترنت. ويشمل التركيز قياسات سرعة النفاذ إلى الإنترنت، ولكنه لا يقتصر عليها. ويهتم مجتمع الباحثين أساساً بقياس جودة التجربة (QoE) ومعلمات جودة الخدمة المتعلقة بالنفاذ إلى الإنترنت. ويبدو أن بعض النُّهج المتبعة في البحوث المتعلقة بجودة التجربة تشير إلى معلمات جودة الخدمة التي تحدد خصائص النفاذ إلى الإنترنت والمكونات التي يشتمل عليها الاتصال من طرف إلى طرف بشكل أدق، بالمقارنة مع تقدير سرعة النفاذ. ويتم أيضاً فحص مجموعة معلمات الجودة المذكورة. وتساعد مقتطفات النص والمراجع المقدمة في هذه المساهمة في استناد مناقشة المعايير المتطورة إلى الحجج بدلاً من الآراء.

وجدير بالإشارة إلى أن الدراسات قد تم انتقاؤها، كلما أمكن، بحيث تستند إلى نُهج تم إقرارها من خلال قياسات على نطاق واسع إلى حد ما باستخدام أساليب النفاذ التجارية. وتفي المراجع [2] و[4] و[6] و[7] و[8] و[10] بهذا المعيار.

2.XI النتائج الرئيسية

تلخص هذه الفقرة جودة الخدمة (QoS) ومؤشرات الأداء الرئيسية (KPI) وأساليب القياس المنشورة في البحوث فيما يتعلق بالنفاذ إلى الإنترنت واستعمالاته.

وتم الحصول على قياس معياري لسرعة النفاذ القصوى التي يمكن تحقيقها من خلال إغراق وصلة النفاذ بالحركة وفق بروتوكول وحدة بيانات المستعمل (UDP) (المرجع [1]). وبالإضافة إلى ذلك، يستخدم استقصاء بحثي واسع النطاق البروتوكول UDP لقياس سرعة النفاذ بدقة (المرجع [2]). ويشمل مقدم رئيسي للخدمات المتاحة بحرية على الإنترنت (OTT) مرافق القياس وفق البروتوكول UDP في أداة داخلية لقياس السرعة (المرجع [3]).

ويفيد استنتاج يتعلق بالقياسات الموازية القائمة على بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) بأن هذه القياسات يمكن استخدامها لتقدير عرض نطاق النفاذ إلى الإنترنت (المرجع [1]). وتناقش بعض المنشورات بعض العوامل التي تؤثر على دقة القياسات الموازية القائمة على البروتوكول TCP وتنظر في بعض هذه الاختلالات بمزيد من التفصيل (المراجع [1] و[2] و[4]). وتحدد القياسات الموازية القائمة على البروتوكول TCP عرض النطاق المتوفر الفعلي في حال وجود حركة خلفية (المرجع [1]). ويرجى ملاحظة أن عرض النطاق المتوفر لا يكون مطابقاً لسرعة النفاذ إلى الإنترنت إلا في حال عدم وجود حركة خلفية. ولا تستطيع القياسات الموازية القائمة على البروتوكول TCP كشف وجود حركة خلفية. وترد في المرجعين [1] و[2] أدوات وأساليب كفيلة بالكشف عن وجود حركة خلفية.

واستُنتج في المرجع [14] أن البروتوكول UDP يوفر بروتوكول نقل مشتركاً قابلاً للتطبيق. ويستند هذا الادعاء إلى اختبارات أجريت في أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية وأوروبا وآسيا وأوقيانوسيا (يلاحَظ أن إفريقيا غير موجودة). ووجد المؤلفون أن الحركة وفق البروتوكول UDP محظورة في بعض المنافذ أو محظورة كلياً في حالات نادرة. واستُنتج أن قصور البروتوكول UDP يحدث في شبكات المؤسسات و"الشبكات في المناطق الجغرافية التي تواجه فيها التوصيلية صعوبات أخرى". ويوصى بالرجوع إلى النقل وفق البروتوكول TCP في الحالات التي يتعذر فيها النقل وفق البروتوكول UDP. ويمكن تحديد خصائص تأثير شبكة Wi-Fi على تطبيق جودة التجربة من خلال إحصاءات نقاط النفاذ إلى السلع المجمعة بطريقة منفعلة على النحو المقترح في المرجع [10]. ويبلغ المؤلفون بانخفاض جودة التجربة عموماً عندما يكون متوسط الإرسال في الطبقة المادية (TxPhymean) لشبكة Wi-Fi أقل من 15 Mbps.

وتطبق العديد من التطبيقات النقل المجفر. وفي هذه الحالة، تُترك معلومات تدفق الرزم وبروتوكول الإنترنت لتقييم جودة التجربة على أساس الشبكة. وتقترح المراجع [11] و[12] و[13] معلمات لجودة الخدمة في الشبكة ترتبط بجودة التجربة في البث التدفقي. وقد تكون المعلمات المقترحة في هذه المراجع مفيدة لمقارنة النفاذ إلى بروتوكول الإنترنت وتحديد خصائصه أيضاً.

ويزيد انتشار الهواتف الذكية من اهتمام الخدمات OTT ومقدمي الخدمات والبحوث بجودة التجربة الناتجة عن جودة الخدمة في الشبكات المتنقلة. وتوضح المنشورات البحثية التي تم فحصها أو تفيد صراحةً بأن القياسات الموازية القائمة على البروتوكول TCP لا توفر مُدخلاً مفيداً لهذا الغرض.

ويرتبط تقلب عرض نطاق الشبكة المتنقلة بجودة تجربة المشترك في ظل ظروف الشبكة اللاسلكية المشتركة (مثل تنقلية المشترك). وتقوم التدفقات الفيديوية الشائعة بتكييف جودة الفيديو للتعامل مع هذه الظروف. وفي بيئة تتسم بتقلبات عرض النطاق، يتطلب ارتباط جودة تجربة المشترك بمؤشرات الأداء الرئيسية لجودة الخدمة إدراج معلمة إضافية إلى جانب متوسط عرض النطاق المتوفر، مثل متوسط الحد الأقصى للصبيب؛ انظر المراجع [6] و[7] و[8]. وبشكل عام، يشار إلى قياسات كمون تطبيق المستعمل أو وقت الإرسال ذهاباً وإياباً (RTT) بوصفها مؤشرات أداء رئيسية إلزامية. وتشير المنشورات إلى أن استنتاج رضا المشترك عن النفاذ إلى الإنترنت باستخدام تكنولوجيا LTE من قياسات جودة الخدمة يتطلب إدراج مؤشرات أداء رئيسية تتعلق بناتج ضرب عرض النطاق في الوقت (أو عدد البتات في الرحلة) أو تقلب عرض النطاق (المراجع [6] و[7] و[8] على التوالي).

ويظل عرض النطاق منخفض التكلفة في الأسواق ذات الصلة لمقدم رئيسي للخدمات OTT. ويمثل أداء شبكة الإنترنت من منظور المستعمل المقياس الرئيسي لخدمات الشبكة الحديثة فيما يتعلق بهذه الخدمات OTT. ويمثل كمون شبكة الإنترنت العائق الرئيسي الذي يحول دون تحسين جودة التجربة في أسواق الخدمات OTT ذات الصلة (المرجع [5]). ويحد تصميم البروتوكول TCP من زيادة التحسين من منظور الخدمات OTT. وبعد فترة من نشر المرجع [5]، شرع فريق مهام هندسة الإنترنت (IETF) في العمل على QUIC، وهو بروتوكول نقل جديد قائم على البروتوكول UDP.

ويخلص أحد المنشورات إلى أن آثار البحوث على المستعمل النهائي في بيئات تكنولوجيا LTE المتنقلة للعديد من الأسواق الرئيسية للخدمات OTT تبدو واضحة: لا يحتاج المشتركون إلى عقد اشتراك في الخدمة الخلوية عالية السرعة إذا كان استعمالهم الرئيسي للنفاذ المتنقل هو تدفق الفيديوهات أو تصفح الويب (المرجع [7]، ويرجى ملاحظة أن هذا البيان ينطبق بشكل موثوق على مكان ووقت التقييم فقط). وأدلي في المرجع [5] ببيانات مماثلة فيما يتعلق بالنفاذ إلى الإنترنت الثابت، ويبدو أيضاً أن المرجع [9] يشير إلى ذلك. وهذه التقييمات ليست صالحة عالمياً. وتشير البيانات إلى أن رضا المشترك عن النفاذ إلى الإنترنت قد لا يظل مرتبطاً بسرعة النفاذ إلى الإنترنت، إذا كانت هذه الأخيرة توفر متوسط صبيب مستقراً أعلى بكثير من المتوسط المطلوب لتحقيق مستوى عال من جودة تجربة المشترك.

3.XI تحليل المنشورات البحثية المتعلقة بقياسات جودة الخدمة وجودة التجربة

كانت قياسات سرعة النفاذ إلى الإنترنت، في الأعوام من 2010 إلى 2012، محور تركيز بعض المنشورات البحثية. وبعد ذلك تحول اهتمام المجتمع البحثي إلى جودة تجربة مستهلك الإنترنت. وهذا لا يعني أن مسائل عرض نطاق النفاذ إلى الإنترنت وخصائصه وقياسات جودة الخدمة قد خرجت عن نطاق عمل الباحثين في السنوات اللاحقة. ولا تزال معلمات جودة الخدمة في النفاذ إلى الإنترنت وقياس هذه المعلمات تخضع للبحث إذا كان قياسها يرتبط بجودة تجربة المستهلك.

1.3.XI قياس سرعة النفاذ إلى الإنترنت الثابت

استكشفت المؤلفتان Goga وTexeira في المرجع [1] الأدوات المستخدمة لتقدير سرعة النفاذ إلى الإنترنت. وسعياً إلى إزالة التداخلات غير المرغوبة، أجريت القياسات خارج ساعات الذروة وباستخدام شبكة ثابتة. وكان الهدف من هذا العمل مقارنة الأدوات المتوفرة لقياس عرض النطاق. وللقيام بذلك، تحدَّد دقة هذه الأدوات وحمل قياسها من خلال قياس النفاذ إلى الإنترنت الذي يتيحه الموردون التجاريون لخدمات خط المشترك الرقمي اللاتناظري (ADSL) وخدمات الكبل، مع وجود حركة عابرة متحكم فيها.

وتجري المؤلفتان مقارنة مرجعية لسرعة النفاذ إلى الإنترنت من خلال قياس سعة البروتوكول UDP للنفاذ بعد إغراق الوصلة بالحركة وفق البروتوكول UDP. وتقوم المؤلفتان بعد ذلك بتقدير سرعة النفاذ إلى الإنترنت باستخدام أدوات قائمة على البروتوكول TCP.

وفي حال عدم وجود حركة عابرة، يمكن حساب الأخطاء النسبية التالية في التقدير مقابل المعيار المرجعي من خلال نتائجهما المتعلقة بالقياسات خارج ساعات الذروة/عدم وجود حركة عابرة.

الإغراق القائم على البروتوكول TCP ("Speedtest"): 4,06% أفضل حالة، 5,28% متوسط الأخطاء، 6,8% أسوأ حالة

وفي المتوسط، يقدَّر عرض نطاق النفاذ بأقل من قيمته.

ولا يستطيع الإغراق القائم على البروتوكول TCP كشف وجود حركة عابرة. وتم إثبات ذلك من خلال اختبار باستعمال تدفق واحد نشط للبروتوكول TCP أثناء إجراء اختبار للسرعة قائم على البروتوكول TCP. ويقدّر هذا الأخير عرض النطاق المتوفر لديه، ولكنه لا يقدر سرعة النفاذ إلى الإنترنت. وتوجد أدوات كفيلة بكشف وجود حركة خلفية.

واكتشفت المؤلفتان أن معدلات معالجة رزم البوابات الرئيسية تكون محدودة إذا كانت البوابات الرئيسية تتصرف كمترجم لعناوين الشبكة. وبالتالي، فإن اختيار حجم رزم القياس يؤثر على دقة قياس سرعة النفاذ إلى الإنترنت.

وفي الأخير، قدمت المؤلفتان معلومات عن الحمولة اللازمة لتقدير سرعة النفاذ إلى الإنترنت. وتنشئ اختبارات السرعة القائمة على البروتوكول TCP أعلى حمولة، في حين تقدر الأدوات الأخرى سرعة النفاذ إلى الإنترنت بأقل من 10% من الحمولة التي تنشئها اختبارات السرعة القائمة على البروتوكول TCP.

إضافة إلى ذلك، يستخدم Kanuparthy في المرجع [2] قياسات قائمة على البروتوكول UDP لقياس سرعة النفاذ إلى الإنترنت. ويلاحظ أن وجود مشكِّلات في وصلة الاختناق يخفض من دقة تقديرات سرعة النفاذ إلى الإنترنت القائمة على اختبارات السرعة وفق البروتوكول TCP. وفي أفضل حالة، يفيد هذا الاختبار بمعدل بين سرعة الوصلة ومعدل التشكيل.

ويقدم Flach وآخرون في المرجع [4] خوارزمية تحدد المعدل (وخصائص أخرى) للأدوات الضابطة المستخدمة للحد من عرض نطاق النفاذ إلى الإنترنت. ولا يناقَش تقدير سرعة النفاذ إلى الإنترنت بشكل مباشر. وفي المتوسط، شهدت تدفقات البروتوكول TCP المضبوطة خسارة في الرزم أعلى بست مرات من الخسارة المسجلة في التدفقات غير المضبوطة. ومن المرجح أن تكون التقديرات التي تضعها اختبارات السرعة القائمة على البروتوكول TCP لسرعة النفاذ إلى الإنترنت بدون استخدام الخوارزمية المقترحة ضعيفة من حيث الدقة.

ويضيف المؤلفون أن وظيفة الضبط كانت لا تزال تُستخدم إلى حد ما في منتجات النفاذ إلى الإنترنت التجارية في آسيا وإفريقيا بحلول وقت النشر.

وتُظهر أداة واختبار قائم على القياس لاستكشاف ما إذا كان البروتوكول UDP يمثل أساساً قابلاً للتطبيق كبروتوكول عام لنقل الإنترنت أن البروتوكول UDP هو في الواقع بروتوكول نقل مشترك قابل للتطبيق (المرجع [14]). ويستند هذا الادعاء إلى اختبارات أجريت في أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية وأوروبا وآسيا وأوقيانوسيا (يلاحَظ أن إفريقيا غير موجودة). ووجد المؤلفون أن الحركة وفق البروتوكول UDP محظورة في بعض المنافذ أو محظورة كلياً في حالات نادرة. ويوصى بالرجوع إلى النقل وفق البروتوكول TCP في الحالات التي يتعذر فيها النقل وفق البروتوكول UDP.

وحدث حظر البروتوكول UDP لما بين 2% و4% من شبكات النفاذ للأرض. وكان حظر UDP مرتبطاً بشكل رئيسي بشبكة نفاذ. ووجد مؤلفو المرجع [14] أن قصور UDP متركز بوجه خاص في شبكات المؤسسات والشبكات في المناطق الجغرافية التي تواجه فيها التوصيلية صعوبات أخرى. وحيثما عمل البروتوكول UDP على شبكات النفاذ للأرض هذه، لم يتم الحصول على أي أدلة تثبت حدوث انحطاط منهجي في الحركة باستخدام رأسيات UDP.

ولحث الرجوع إلى البروتوكول TCP، لا تحتاج العقدة إلى قياس أو تذكر أي شيء يتعلق بنظرائها، بل لما يتعلق فقط بتوصيليتها بالإنترنت (وتشير هذه التوصية المقدمة من مؤلفي المرجع [14] أيضاً إلى أن أوجه قصور البروتوكول UDP تستند إلى وصلات نفاذ معينة وليس إلى الشبكات).

2.3.XI قياس سرعة النفاذ إلى الشبكة المحلية اللاسلكية

استكشف Kanuparthy في المرجع [2] في وقت سابق أداء النفاذ إلى الشبكة المحلية اللاسلكية وفق المعيار IEEE 802.11. ونشر المؤلفون Da Hora وVan Doorselaer وVan Oost وTeixeira نموذجاً لتقدير تأثير شبكة Wi-Fi على جودة تجربة المستهلك (المرجع [10]). ويبني مؤلفو النموذج المذكور عملهم على معلمات مجمعة بطريقة منفعلة لنقاط النفاذ إلى أجهزة Wi-Fi. ويُستنتج من حملة قياس في شبكات المورِّدين أن أغلبية شبكات Wi-Fi تعمل بشكل جيد. ومع ذلك، فإن أكثر من 10% من نقاط النفاذ حصلت على قيمة لمتوسط درجات الرأي (MOS) تقدَّر بأقل من 3 لما لا يقل عن 5% من إجمالي العينات المجمعة (أو أكثر).

وتم جمع المعلمات التالية بشأن شبكة Wi-Fi (المرجع [10]، الجدول II):

الجدول 1-2.3.X1 – مقاييس شبكة Wi-Fi المقيسة في نقطة النفاذ (الجدول II في المرجع [10])

المقياس	الوصف	المدة
BUSY	النسبة المئوية للوقت الذي يكون فيه الوسط مشغولاً	s2
WiFi	النسبة المئوية للوقت الذي يكون فيه الوسط مشغولاً بسبب حركة Fi–Wi	s2
nonWiFi	النسبة المئوية للوقت الذي يكون فيه الوسط مشغولاً بسبب حركة أخرى غير Wi-Fi	s2
TxPhy	معدل آخر رتل مرسَل في الطبقة PHY	s1
FDR	الأرتال المرسَلة/المعاد إرسالها إلى المحطة	s1
RSSI	مؤشر شدة الإشارة المستقبَلة	s1

تتضمن العينات التي أخذها المؤلفون القيمة المتوسطة (mean)، والانحراف المعياري (std)، والقيمة الدنيا (min)، والقيمة القصوى (max)، والمئين 25 (25%-ile)، والمئين 75 (75%-ile) لكل مقياس من المقاييس الواردة في الجدول 1-2.3.X1.

ويتم تقييم إحصاءات العينات لمدة T تحدَّد حسب التطبيق:

- T = s10 بالنسبة لتجارب الصوت والفيديو.
- T = s10 بالنسبة لتصفح الويب.
- T = s120 بالنسبة لتدفقات يوتيوب (تم تشغيل كل فيديو لمدة دقيقتين خلال الاختبار).

وخلص الباحثون إلى أن المجموعات الفرعية التالية لمتجهات خصائص التطبيق تربط على النحو الأفضل بين جودة التجربة لتطبيق المستهلك والمجموعة الفرعية لميزات شبكة Wi-Fi (المرجع [10]، الجدول III):

- الفيديو: TxPhy25%-ile وBUSY25%-ile وBUSYmax وRSSImean وRSSI75%-ile وWiFi25%-ile.
- الصوت: TxPhymin وRSSIstd وWiFi25%-ile وWiFimax وnonWiFimax وFDRmean.
- يوتيوب: TxPhymean وBUSY75%-ile وRSSImean وRSSI25%-ile وWiFi25%-ile وnonWiFimin.
- الويب: TxPhymax وBUSYstd وRSSImin وWiFimax وnonWiFimax وFDRmean.

ويقوم النهج المتبع في المنشور [10] على التعلم الآلي. ولا تناقش هذه المساهمة ما إذا كانت نتائج هذا المنشور قابلة للتطبيق بشكل عام. ويُفترض أن معلمات جودة الخدمة المشار إليها مرتبطة بجودة خدمة التطبيق. ويمكن الاطلاع على النموذج الكامل ونهج ملاءمة المعلمات لكل تطبيق في الوثيقة المرجعية. وكملاحظة نهائية وقاعدة عملية مقتبسة هنا، يتوقع مؤلفو المنشور [10] انخفاض جودة التجربة عندما يكون المقياس TxPhymean أقل من 15 Mbps.

3.3.XI قياس جودة تجربة النفاذ إلى الشبكات المتنقلة وسرعته

تتناول منشورات Dimopoulos وآخرون ([6]) وCasas وآخرون ([7] و[8]) قياس جودة التجربة للفيديوهات المتدفقة في المطاريف المتنقلة، ويستكشف المنشور [7] تطبيقات إضافية. ويخلص المنشور [7] إلى أن جودة تجربة المشترك "فيما يتعلق ببعض التطبيقات حساسة جداً لتقلبات عرض النطاق. وتقلبات الصبيب نتيجة تغير عرض النطاق شائعة جداً في الشبكات الخلوية، ولكن للأسف، لا يُسجل تأثيرها على جودة الخدمة في قياسات الشبكات الحالية، حيث لا يؤخذ في الاعتبار عادةً سوى متوسط قيم الصبيب". وجدير بالإشارة إلى أن "قياسات الشبكات الحالية" تشير إلى القياسات القائمة على الإغراق وفق البروتوكول TCP.

وعلاوةً على ذلك، يُظهر المنشور [6] أن متوسط الصبيب للبروتوكول TCP لا يكون مرتبطاً بشكل وثيق بجودة تجربة المشترك في حال قابلية الصبيب للتغير.

وتربط المنشورات جودة تجربة المشترك بقياسات جودة خدمة الشبكة من خلال المعلمات التالية:

- يخلص المنشور [6] إلى استخدام متوسط ناتج ضرب عرض النطاق في المدة، والحد الأقصى لعمليات إعادة إرسال الرزم، ومتوسط الحد الأقصى لعدد البتات في الرحلة، والمجموع التراكمي لقيم الصبيب الدنيا.
- يقترح المنشور [6] أيضاً "خفض الضوضاء الناتجة عن المرحلة المبدئية في الكشف عن تغيرات الدقة" من خلال "حذف الثواني العشر الأولى لجميع مقاطع الفيديو من مجموعة البيانات الخاصة بها". ويبدو أن الصبيب في هذه المرحلة المبدئية ينحرف عن الصبيب وتقلباته خلال الوقت المتبقي من تدفق الفيديو (بلغ متوسط مدة المقطع 180 ثانية).
- يقدم المنشور [7] نتائج القياسات المختبرية مع تقلبات الصبيب، ويقدم المنشور [8] مقياسيْن لجودة الخدمة للتعريف بهما: الحد الأقصى لصبيب تدفق المقطع في الوصلة الهابطة ومتوسط صبيب تدفق المقطع في الوصلة الهابطة. وتصنَّف هذه المعلمات باعتبارها "المعلمات الأكثر صلةً".

- قيّم المنشور [8] كذلك المزيد من مؤشرات الأداء الرئيسية (KPI) وارتباطها بتوقعات متوسط درجات الرأي (MOS) ودقتها. وإلى جانب متوسط الصبيب وحدّه الأقصى، استُنتج أن مؤشرات الأداء الرئيسية التالية تؤثر على دقة توقعات MOS: متوسط شدة الإشارة وحجم المقطع ومدة المقطع.
- تستند المؤشرات KPI التي جرى بحثها في المنشور [8] إلى القياسات المضطلع بها في منطقة تتيح النفاد إلى الشبكة المتنقلة بجودة عالية. ويبين المنشور [7] النتائج المختبرية التي تشير إلى أن مؤشرات KPI إضافية مثل مدة النقل ذهاباً وإياباً (RTT) وانقطاعات عرض النطاق قصيرة المدة (الناجمة عن التمريرات) يمكن أن يكون لها تأثير كبير إلى حد ما على جودة التجربة.
- يشير المنشور [7] أيضاً إلى حيادية الشبكة كموضوع ذي صلة. وتمثل أحد التطبيقات التي جرى بحثها في عرض النطاق المحدود من جانب أحد مقدمي خدمة الإنترنت المشاركين.

4.3.XI قياس جودة التجربة للتطبيقات المجفرة

يتطلب تقييم جودة التجربة للتطبيقات المجفرة استناداً إلى الشبكة تقصياً أكثر دقة لمعلمات جودة الخدمة ذات الصلة مقارنةً بتقاسم جودة التجربة للتطبيقات غير المجفرة. وتصف المعلمات المقترحة أيضاً خصائص النفاذ. وتقترح المنشورات [11] و[12] و[13] معلمات لهذا الغرض. ويتمثل الهدف المشترك لهذه المنشورات في الاعتراف بالمعلمات التالية الخاصة بجودة التجربة لتدفقات الفيديو، أو تحسينها من خلال مراقبة معلمات جودة خدمة الشبكة:

- مدة البدء الأولية (وقت البدء)؛
- متوسط معدل بتات القطع (الأجزاء) المتعددة؛
- تبديلات متوسط معدل البتات في التدفق (الناجمة عن تغير مستويات جودة الفيديو)؛
- نسبة إعادة التخزين.

ويتمثل النهج المشترك المتبع في قياس صبيب تدفق فيديوي (وصوتي [12]). والمدة الموصى بها للعينة هي المدة النموذجية لقطعة أو جزء من التدفق الفيديوي (أو الصوتي، على التوالي). وتتراوح هذه المدة بين 2 و15 ثانية، مع تسجيل قيمة 4 ثوان للتدفقات الفيديوية في يوتيوب (المرجع [13]).

ويوصى بأن يُسجّل معدل بتات التدفق الفيديوي، المعبر عنه بوحدات الميغابتات في الثانية (Mbitps) والموجَّه إلى مطراف إعادة التشغيل، بواسطة عينات تبلغ مدتها ثانية واحدة، وتقيَّم هذه العينات بعد ذلك من خلال الإحصاءات المتعلقة بمدة القطعة (المرجعان [11] و[13]). ويُحسب متوسط معدل البتات في المرجع [11] بواسطة عينات المعدل المتحرك البسيط التي تبلغ مدتها 5 ثوان. ويوسع المنشور [13] نطاق هذا الحساب ليشمل بيانات ذات "نوافذ" 10 ثوان متتالية (مما أدى إلى 5 قيم متوسطة لكل نافذة، وتم حساب كل منها من خلال خمس عينات مدتها ثانية واحدة).

ويقترح المنشور [13] معلمات جودة الخدمة وإحصاءاتها التالية لربط خصائص طبقة النقل (التي قد لا تتمكن الشبكة من الكشف عنها) بمعلمات طبقة الشبكة خلال مرحلة التعلم:

الجدول 1-4.3.X1 – قائمة الميزات العامة التي تم النظر فيها في المنشور [13]، الجدول I

	طبقة الشبكة	طبقة النقل
نافذة التقييم: 10 ثوان	عدد البايتات عدد الرزم الصبيب وقت الراحة	عدد إشارات البروتوكول TCP (SYN، ACK، FIN، URG، PSH، RST) البايتات/الرزم غير المرتبة الصبيب النافع للبروتوكول TCP نسبة إعادة الإرسال (نسبة 0 و1 و2 وأكبر من 2) في حالة تقييم جودة التجربة في الوقت الفعلي: عدد البايتات في بداية الرحلة عدد البايتات في نهاية الرحلة
الرزمة الإحصاءات: المتوسط، الحد الأدنى، الحد الأقصى، القيمة الوسطية، الانحراف المعياري، الالتواء، التفلطح	الأوقات الفاصلة بين وصول الرزم عدد البايتات لكل رزمة	عمليات إعادة الإرسال لكل رزمة نافذة الإرسال في طبقة النقل وقت الإرسال ذهاباً وإياباً (للحركة الصاعدة فقط) عدد البايتات في الرحلة

ويمكن الاطلاع على تعاريف وتعليمات أكثر تفصيلاً بشأن القياس في المرجع [13].

وللربط بين قياسات الشبكة والنقل، يُقترح تعلم مختبري في ظروف توصيل شبكي متحكم فيه.

ويحدد المنشور [13] خصائص المرحلة المبدئية فقط من خلال الإحصاءات المجمعة في نافذة تقييم الثواني العشر الأولى.

ولتحديد خصائص أحداث إعادة الإرسال وإعادة التخزين، يقيِّم المنشور [13] ويقارن خصائص الثواني الخمس الأولى لكل نافذة مع خصائص الثواني الخمس الثانية لكل نافذة تقييم.

وخلص المنشور [13] إلى أن معلمات الشبكة التالية ترتبط بجودة التجربة في يوتيوب:

- مدة البدء الأولية (القيمة الوسطية لعدد البايتات التي تم تنزيلها، ومتوسط الأوقات الفاصلة بين وصول الرزم، والقيمة الوسطية للصبيب الهابط – إحصاءات بشأن الرزم تمت مقارنتها بعد مرور 3,3 و6,6 و10 ثوان)؛
- أحداث إعادة التخزين (الحد الأدنى لعدد البايتات التي تم تنزيلها في النصف الأول من نافذة التقييم، والصبيب الهابط في النصف الأول من نافذة التقييم)؛
- جودة الفيديو (الصبيب الهابط، والصبيب الصاعد).

ويواصل المنشور [13] بإضافة نهج قائم على التعلم الآلي لتطوير نموذج لجودة التجربة وتحديد معلمات خاصة به. ولا تستخلص هذه المساهمة سوى قياسات جودة الخدمة التي ترتبط بجودة التجربة للتطبيقات. ويمكن للقراء المهتمين الاطلاع على النموذج الكامل في المرجع [13].

4.XI الاتجاهات العامة المتعلقة بأداء النفاذ إلى الإنترنت

يقدم تقريران أيضاً بيانات عامة لمتطلبات السوق.

ويشير Flach وآخرون في المنشور [5] إلى أنه في بيئة حيث "لا يزال عرض النطاق غير مكلف نسبياً، يمثل كمون الويب الآن العائق الرئيسي أمام تحسين الأداء الذي يدركه المستعمل". ويتعلق هذا الأمر بالنفاذ إلى الشبكة الثابتة، ولكن يشار إلى منتجات الهواتف الذكية، باعتبارها أجهزة طرفية، على أنها أحد أسباب هذا الاتجاه. وجدير بالإشارة إلى أن بعض المؤلفين يعملون على الخدمات المتاحة بحرية على الإنترنت (OTT) بشكل رئيسي.

وقام مؤلفو المنشور [9] بقياس جودة التجربة (QoE) وفقاً للتوصية ITU-T P.1203 باستخدام استبانة قدرها 1080 × 1920 بكسل ومحتوى رئيسي للخدمات OTT مستقبَل من خلال النفاذ إلى الخط الرقمي للمشترك (DSL) لشبكة تجارية ثابتة. وتم

إدخال مشكِّل بين جهاز القياس ومسيّر DSL، وتم تغيير عرض النطاق الهابط في 11 خطوة بين 0,256 و37,5 Mbps. وأُسند متوسط درجات رأي بقيمة 4 وما فوق لعروض النطاق الهابطة البالغة 3,073 Mbps.

ويخلص مؤلفو المنشور [7]، وهو وثيقة تتعلق بالشبكات المتنقلة، إلى "أن عرض نطاق وصلة هابطة بمقدار 4 Mbps عال بما يكفي للتوصل إلى نتائج قريبة من المستوى الأمثل من حيث الجودة الإجمالية والمقبولية [للتدفق الفيديوي] عند النفاذ من خلال الهواتف الذكية. والآثار على المستعمل النهائي واضحة: .... عقد مكلف بشأن النفاذ إلى تكنولوجيا التطور طويل الأجل (LTE) غير ضروري للحصول على تجربة قريبة من المستوى الأمثل حالياً. ولاحِظ أن الوثيقة نُشرت في عام 2016 وأن المؤلفين استخدموا فيديوهات باستبانة عالية قدرها 720 بكسل (HD720p) للوصول إلى هذه النتائج.

وتشير جميع البيانات الثلاثة إلى أن رضا المشتركين ومقدمي المحتوى عن أداء النفاذ إلى الإنترنت، في حال تيسر عرض نطاق عال بما يكفي للنفاذ إلى الإنترنت، قد يكون مستقلاً عن السرعة القصوى للنفاذ إلى الإنترنت.

مراجع التذييل XI

[1] "Speed Measurements of Residential Internet Access"، Oana Goga وRenata Teixeira، PAM 2012، 2012.

[2] "End-to-end Inference of Internet Performance Problems"، Partha Kanuparthy، رسالة دكتوراه، معهد جورجيا للتكنولوجيا، 2012.

[3] "Diagnosing Path Inflation of Mobile Client Traffic"، Kyriakos Zarifis وTobias Flach وSrikanth Nori وDavid Choffnes وRamesh Govindan وEthan Katz-Bassett وZ. Morley Mao وMatt Welsh، 2014.

[4] "An Internet-Wide Analysis of Traffic Policing"، Tobias Flach وPavlos Papageorgey وAndreas Terzis وLuis D. Pedrosa وYuchung Chengy وTayeb Karimy وEthan Katz-Bassett وRamesh Govindan، مجموعة الاهتمام الخاص المعنية باتصالات البيانات (SIGCOMM) التابعة لمعهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE)، 2016.

[5] "Reducing Web Latency: the Virtue of Gentle Aggression"، Tobias Flach وNandita Dukkipati وAndreas Terzis وBarath Raghavan وNeal Cardwell وYuchung Cheng وAnkur Jain وShuai Hao وEthan Katz-Bassett وRamesh Govindan، مجموعة الاهتمام الخاص المعنية باتصالات البيانات (SIGCOMM) التابعة لمعهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE)، 2013.

[6] "Measuring Video QoE from Encrypted Traffic"، Giorgos Dimopoulos وIlias Leontiadis وPere Barlet-Ros وKonstantina Papagiannaki، مؤتمر قياس الإنترنت لعام 2016 (IMC '16)، 2016.

[7] "Next to You: Monitoring Quality of Experience in Cellular Networks from the End-devices"، Pedro Casas وMichael Seufert وFlorian Wamser وBruno Gardlo وAndreas Sackl وRaimund Schatz، العدد 2 من المجلد 13 من مجلة Transactions on Network and Service Management الصادرة عن معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE)، 2016.

[8] "Predicting QoE in Cellular Networks using Machine Learning and in-Smartphone Measurements"، Pedro Casas وAlessandro D'Alconzo وFlorian Wamser وMichael Seufert وBruno Gardlo وAnika Schwind وPhuoc Tran-Gia وRaimund Schatz، المؤتمر الدولي بشأن جودة الوسائط المتعددة (QoMEX) لعام 2017.

[9] "Measuring YouTube QoE with ITU-T P.1203 under Constrained Bandwidth Conditions"، Werner Robitza وDhananjaya G. Kittur وAlexander M. Dethof وSteve Göring وBernhard Feiten وAlexander Raake، المؤتمر الدولي بشأن جودة الوسائط المتعددة (QoMEX) لعام 2018.

[10] Diego Da Hora ،"Predicting the effect of home Wi-Fi quality on QoE: Extended Technical Report" وKarel Van Doorselaer وKoen Van Oost وRenata Teixeira. [تقرير بحثي] المعهد الوطني للأبحاث في علوم الحاسوب والأتمتة (INRIA)؛ مؤسسة Technicolor؛ TelecomParisTech. 2018. <hal-01676921>.

[11] Abdel-Karim و Konstantin Miller ،"QoE-based low-delay live streaming using throughput predictions" Al-Tamimi وAdam Wolisz، 2016، مجلة ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.، العدد 1 من المجلد 13، المقال 4 (أكتوبر 2016)، 24 صفحة. DOI: http://dx.doi.org/10.1145/2990505.

[12] "eMIMIC: Estimating HTTP-based Video QoE Metrics from Encrypted Network Traffic"، Tarun Mangla وEmir Halepovicy وMostafa Ammar وEllen Zegura، معهد جورجيا للتكنولوجيا ومؤسسة AT&T Labs – Research.

[13] M. Hammad Mazhar ،"Real-time Video Quality of Experience Monitoring for HTTPS and QUIC" وZubair Shafiq، جامعة أيوا.

[14] Korian Edeline ،"copycat: Testing Differential Treatment of New Transport Protocols in the Wild" وMirja Kühlewind وBrian Trammell وBenoit Donnet، ورشة عمل أبحاث الشبكات التطبيقية لعام 2017 (ANRW '17)، براغ.

التذييل XII

القياسات الدقيقة لمعدل البتات

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

1.XII مقدمة

يتم تشكيل كل جهاز لقياس الحركة على طول مسير اتصال بحيث يقوم بتسجيل معدل بتات أو تنفيذه في طبقة اتصال واحدة (أو يقوم بذلك بشكل افتراضي). ويؤدي وعي طبقة الاتصال التي ينفَّذ فيها معدل بتات مزدحم إلى التقليل من أخطاء القياس.

ويمكن تشكيل أجهزة وسيطة على طول مسير القياس المختبري أو الشبكي لتكييف الحركة، وفي غياب هذه الأجهزة يمكن لسطح بيني مادي أن ينفذ معدل بتات. ويمكن أن يشير نظام قياس معدل البتات إلى معدل أعلى أو أدنى من معدل البتات الذي يفرضه الاختناق، في حال عدم قيام الجهاز والسطح البيني بقياس معدل البتات في طبقة الاتصال نفسها.

ويتطلب اختبار ومعايرة المعايير المرجعية بوجه خاص معرفة دقيقة بالطبقات التي تقاس فيها الحركة من خلال مكيفات الحركة هذه أو السطوح البينية المادية. ويتطلب نقل نتائج قياس عرض النطاق بدقة من طبقة إلى أخرى معرفة أحجام رأسيات رزم القياس في مختلف الطبقات. ويتطلب عرض نتائج القياس بطريقة دقيقة ومفهومة الإشارة إلى الطبقة التي ينفَّذ فيها معدل البتات وإلى المعلومات المصاحبة مثل حجم وحدة بيانات البروتوكول (PDU) للرزم في تلك الطبقة.

وجدير بالإشارة إلى أن الأخطاء الناتجة عن عدم معرفة رأسيات الرزم والطبقة التي ينفَّذ فيها معدل البتات هي مصدر لارتكاب أخطاء في قياس معدل البتات، ولكنها ليست المصدر الوحيد. فالقياسات التي تستخدم الملاحظات المتعلقة بالازدحام في حلقة مغلقة استناداً إلى إسقاط الرزم، مثل بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) أو توصيلات الإنترنت السريعة لبروتوكول وحدة بيانات المستعمل (QUIC)، تُنشئ مصادر إضافية للأخطاء وتعتمد على وقت الإرسال ذهاباً وإياباً وعلى خسارة الرزم.

ويتضمن هذا التذييل أيضاً معلومات عن مراشيح الدلو الرمزي، التي تعتبر مكوناً رئيسياً لمشكّلات الحركة وأدوات ضبطها.

2.XII النتائج الرئيسية

يُعرض أداء السطح البيني والبروتوكول بطريقة مفهومة من خلال معدل أو عرض نطاق في شكل عدد معين من الميغابتات في الثانية (Mbit/s). وللأغراض العامة، مثل الدراسات الاستقصائية، تكفي معرفة عامة بعرض النطاق لتحديد خصائص نتيجة القياس. ويختلف هذا الأمر إذا كان الهدف من قياسات عرض النطاق هو معايرة أداء جهاز أو مسير اتصال قيد الاختبار، أو إجراء مقارنة مرجعية لهذا الأداء. وللتمكن من مقارنة نتائج قياس عرض النطاق المجمعة بأساليب مختلفة أو المجمعة على طول مسيرات القياس مع نقاط متعددة لتكييف الحركة، تتطلب دقة النتائج معلومات إضافية. ويمثل الخطأ الناشئ عن نظام قياس وإنفاذ معدل بتات في مختلف الطبقات عنصراً من هذه المعلومات الإضافية (ولكنه ليس بالضرورة العنصر الوحيد).

يوضع في الاعتبار إعداد بسيط لقياس عرض النطاق على النحو المبين في الشكل 1-2.XII.

الشكل 1-2.XII – إعداد بسيط لقياس عرض النطاق

يرجى ملاحظة أن ليس هناك أي ادعاء بأن التشكيلة المبينة نموذجية. فمن الممكن أن تكون أجزاء منها موجودة في العديد من الشبكات.

وقد يكون الهدف من الاختبار تحديد الحد الأقصى لعرض النطاق الخالي من الخسارة لإعداد الاختبار. والعتبة التي تقارَن على أساسها نتائج القياس هي عرض النطاق، التي من خلاله يتم تشكيل معدلي المشكِّل والضابط (لنفترض أن المعدلين يتم تشكيلهما بنفس المعدل C_{Access}).

ويمكن أن يبين القياس حداً أقصى لعرض النطاق الخالي من الخسارة يبلغ $0{,}95^{*}C_{Access}$. وإذا كان الغرض من الاختبار هو معايرة أداء المشكِّل والضابط، أو إجراء مقارنة مرجعية لأدائهما، فإن هذا وحده لا يمثل نتيجة ذات مغزى (وإن تم جمعها في مختبر في ظل ظروف متحكَّم فيها).

لنفترض أن مولِّد الحمل والمستقبِل يمثلان نفس الجهاز. ويقوم هذا الجهاز، بالتغيب، بتوليد وحساب أحجام الرزم ومعدلات البتات الناتجة مثل C_{Access} في الطبقة 2. وإذا كان المشكِّل والضابط قد تم تشكيلهما لحساب عرض النطاق وجدولته أو تقييده في الطبقة 1، فإن من الممكن أن يوجها الحركة بدقة في المعدل C_{Access} لعرض النطاق إذا تم قياس C_{Access} في الطبقة 1. وتعمل جميع الأجهزة بشكل صحيح وفقاً لتصميمها وتشكيلها. ويبدو أن عدم الدقة في الانحراف عن النتيجة المتوقعة بنسبة 5% ناجم عن الطبقة التي تقوم فيها الأجهزة المستخدمة في إعداد الاختبار بقياس الحركة.

لنضع في اعتبارنا الآن عناصر الاختبار لإحداث تغيير صغير، مثل خفض حجم رزم القياس بنسبة 50%. وسيكون قياس عرض النطاق الناتج الآن هو $0{,}93^{*}C_{Access}$. ولنفترض أن الازدحام غير ناجم عن أداء محدود للزرم في الثانية لأي معالِج طوال إعداد الاختبار. فهذه النتيجة تشير إلى عدم توافق في الطبقة أو القياس، على التوالي، على طول مسير الاختبار. وتنتج عن الرزم الصغيرة معدلات بتات صغيرة في الطبقة 2، في حين يظل معدل البتات في الطبقة 1 ثابتاً.

وإذا كان عرض نطاق تدفق الاختبار في جهاز التكييف غير معروف أو لا يمكن التحكم فيه من خلال تشكيل المرسِل، أو إذا كانت الطبقة التي يحد فيها جهاز التكييف الحركة غير معروفة، فإن معايرة هذا الجهاز أو إخضاعه لمقارنة مرجعية يكون ممكناً بدقة محدودة فقط.

3.XII تقدير الخطأ الناجم عن حجم الرأسية في قياس عرض النطاق

تقتصر الحركة على معدل بتات ثابت في طبقة الاتصال حيث يعمل مشكِّل التكييف أو الضابط أو السطح البيني المادي. وينبغي ألا يُتوقع من المشكّلات وأدوات الضبط العمل في أي طبقة معينة ومحددة بشكل جيد. وفي بعض الحالات، تسمح أجهزة مورِّدي الشبكات بتشكيل الطبقة التي تعمل فيها أجهزة قياس المعدل والمشكِّلات وأدوات الضبط.

ولإجراء مقارنة دقيقة لقياسات عرض النطاق لأغراض المعايرة والمقارنة المرجعية، تلزم المعلومات التالية:

- طبقة الاتصال وحجم PDU للمرسِل والمستقبِل؛
- جميع أحجام الرأسيات المضافة أو المحذوفة، إذا كان المرسِل والمستقبِل لا يقيسان الحركة في نفس الطبقة؛
- طبقة معلمات التشكيل التي من أجلها يتم تشكيل أجهزة تكييف الحركة المزمع معايرتها أو إخضاعها للمقارنة المرجعية؛ وإذا كان الاختناق يتمثل في سطح بيني مادي، فإن عرض نطاق الطبقة 1 يكون معروفاً في أغلب الأحيان؛
- الأحجام الدقيقة للرأسيات المُدرجة أو المحذوفة، إذا كان كل من المرسِل والمستقبِل وأجهزة تكييف الحركة لا يقيس عرض النطاق في نفس الطبقة بالضبط التي لديها أحجام PDU متطابقة؛
- طبقة عتبة تقارن على أساسها نتيجة القياس وأحجام جميع الرأسيات التي أضيفت أو أزيلت، إذا لم تكن طبقة العتبة متطابقة مع طبقة المرسِل أو المستقبِل.

وتنتج انحطاطات القياس إذا لم يكن معدل بتات العتبة التي تقارَن به نتائج قياس عرض النطاق للمرسِل والمستقبِل في نفس طبقة الاتصال. علاوةً على ذلك، كلما زاد عدد العقد النشطة ونقاط الضبط والعمل البيني على طول مسير الإنتاج، زاد احتمال وجود رأسيات إضافية قد تكون غائبة في جهاز الإرسال والاستقبال، مثلاً، الرأسيات الداخلية بين الطبقة 2 والطبقة 3 أو بين الطبقة 3 والطبقة 4.

وإذا كانت رأسيات الإثرنت ستُستخدم في الحسابات، فينبغي معرفة وجود وعدد وسوم الشبكة المحلية الافتراضية (VLAN).

وفي بعض الحالات، تتطلب الطبقة 1 تتابعات انفلات من أجل الترتيل الصحيح. وقد يعتمد تتابع شفرة الانفلات على أنماط بتات الحمولة النافعة. وفي هذه الحالة، تكون دقة القياس محدودة.

وبشكل عام، يقتصر معدل بتات C_x على عرض نطاق (مادي أو) مشكَّل في طبقة x. وفي هذه الطبقة x، وفي هذه الطبقة x فقط، تنطبق هذه المعادلة على معدل البتات C_x الذي سيتم قياسه في الطبقة x (معمم من التوصية ITU-T Y.1540):

$$C_x(t, \Delta t) = N_x(t + \Delta t) / \Delta t \quad (1)$$

حيث N_x هو العدد الإجمالي لبتات الطبقة x التي يمكن نقلها عبر قسم أساسي لتحقيق نتيجة ناجحة لنقل رزم الطبقة x في نقطة قياس الخروج خلال فاصل زمني محدد $[t, t + \Delta t]$. وفي طبقة اتصال y تنقل رزم الطبقة x، يتعين إضافة رأسية رزمة بتات بطول ثابت h_y إلى كل رزمة في الطبقة x. وإذا كان عرض النطاق الوحيد المعروف أو المقيس هو عرض نطاق الطبقة x، فإن عرض نطاق الطبقة y الذي يستهلكه تدفق الرزم المقيس لا يمكن تحديده إلا إذا كان عدد الرزم p_x في الطبقة x وفي حجم رأسية الطبقة y معروفاً:

$$C_y(t, \Delta t) = [N_x(t + \Delta t) + p_x * h_y] / \Delta t = C_x(t, \Delta t) + p_x * h_y / \Delta t \quad (2)$$

وهناك تغييران يؤثران على خطأ القياس بشكل واضح:

- على النحو المتوقع، عرض النطاق C_y للطبقة y أكبر من عرض النطاق C_x للطبقة x.
- C_y يعتمد على عدد الرزم p_x في الطبقة x، في حين C_x مستقل عن عدد الرزم p_x في الطبقة x.

ويرتبط عدد الرزم p_x ومتوسط حجم الرزم s_x من خلال المعادلة (3):

$$s_x = C_x(t, \Delta t) / p_x \quad (3)$$

ويؤثر حجم الرزم s_x في الطبقة x على معدل البتات الناتج C_y المقيس في الطبقة y.

ويمكن أن تسمح المعايير والمواصفات العامة ومعلومات المنتج بتحديد رأسية الرزم وأحجامها القصوى في طبقات الاتصال المختلفة لبعض الأسواق. وينبغي اعتبار الطبقة التي تقوم فيها شبكة أو جهاز مقدم خدمة بإنفاذ معدل مشكَّل بمثابة طبقة غير معروفة.

ويتحقق أفضل تحسين لدقة قياس عرض النطاق إذا أُخذت في الاعتبار المعلومات التفصيلية بشأن حجم رزم القياس ومعلومات نسق رأسية الاختناق المحددة من أكبر عدد ممكن من الطبقات المختلفة.

وفي غياب المعلومات التفصيلية، يُنتهج تخمين متحفظ يفترَض فيه الحجم الأدنى لحجم الحمل الزائد المسموح بتحمله إما من خلال إعداد القياس المستخدم أو من خلال معلومات عامة عن النفاذ، إذا لم تتوفر مواصفات نسق رأسية الطبقة لهذا الأخير. ومع ذلك، يسمح هذا الأمر بالحد من خطأ القياس الناتج.

ويجب أن يكون متوسط أحجام رزم القياس المستقبَلة أو عدد رزم القياس المستقبَلة معروفاً للحد من الخطأ في القياس.

وإذا لم تكن رأسيات الطبقة وقيم متوسط حجم أو عدد رزم القياس المستقبَلة معروفة تماماً، ولكن يمكن تحديد القيم القصوى والدنيا، عندئذ يمكن تحديد ممر لنتائج القياس المصحَّحة.

وتسمح الصيغ (1) و(2) و(3) بحساب عروض النطاق في طبقات الاتصال المختلفة، إذا كانت رأسيات طبقة الاتصال وقيم متوسط حجم أو عدد رزم القياس المستقبَلة أو قيمها القصوى والدنيا معروفة (بالإضافة إلى نتيجة قياس عرض النطاق).

4.XII مثال لحساب الحمل الزائد في حالة سطح بيني لشبكة سلكية وفق المعيار IEEE 802.3 Ethernet

يرجى ملاحظة أن جميع الحسابات المبينة أدناه لا تصلح إلا لرزم الإرسال ذات الاختناقات عبر وصلة مادية مطابقة للإثرنت على النحو المحدد في معايير السلسلة IEEE 802.3.

وأجرى هذا المشروع التابع للجنة الدراسات 12 اختبارات مختبرية لقياس عرض نطاق النفاذ (انظر التذييل X). وتبلغ أداة القياس "iPerf 2" عن قياسات المعدل استناداً إلى بايتات الحمولة النافعة للنقل التي تم تسليمها (فوق طبقة البروتوكول UDP أو TCP). ويحدَّد معدل مرشاح الدلو الرمزي [لمشكِّل مصمَّم للعمل كاختناق] في "البتات على السلك"، ومن ثم تُدرج الرأسيات المضافة إلى

الحمولات النافعة للنقل في حسابات مرشاح الدلو الرمزي (يشمل المعدل بتات رأسيات طبقة الإثرنت (ETH) وطبقة بروتوكول الإنترنت (IP) وطبقة النقل).

ومن المعروف أن الحمولة النافعة للقياس الأول وفق البروتوكول UDP هي 1470 بايتة. وتوصيل الإثرنت هو توصيل محلي (لا توجد رأسيات VLAN).

حسابات رأسيات الطبقة السفلى:

- رأسية UDP: 8 بايتات؛
- رأسية IPv4: 20 بايتة؛
- الإثرنت.

الرأسية

14 بايتة (الطبقة 2 بدون التحقق من الإطناب الدوري، CRC)؛
18 بايتة (الطبقة 2، مع التحقق من الإطناب الدوري، CRC)؛
26 بايتة (الطبقة 1).

وتم استلام 97,2% من المعدل المشكَّل بدون خسارة في الرزم على مختلف معدلات الاختناق المشكَّلة. وافتُرض في البداية أن حجم رتل الطبقة 2 للإثرنت يشمل بايتات CRC. ونتج عن رأسية تضم 46 بايتة لكل رزمة عامل تصحيح بقيمة 1,0313. وتبين من حساب عرض نطاق مشكِّل "البتات على السلك" أنه يساوي 1,00242 ضعف المعدل المشكَّل. ونسبة الخطأ هي 0,24%، وهي نسبة منخفضة.

ويكشف بحث أكثر تعمقاً أن معدل المشكِّل يستثني بايتات CRC. وبالتالي، يكون تصحيح الرأسية استناداً إلى حجم رأسية بمقدار 42 بايتة هو 1,0286. وتبين من حساب عرض نطاق مشكِّل "البتات على السلك" أنه يساوي 0,999799 ضعف المعدل المشكَّل. ونسبة الخطأ هي -0,02%، وهي نسبة أكثر انخفاضاً. ويشير خطأ قياس بنسبة 2 في المليون (2ppm) إلى أن تشكيل المشكِّل المختبري يعمل بطريقة دقيقة جداً في الطبقة 2 للإثرنت (بدون بايتات CRC).

وجدير بالملاحظة أن معدات مورِّد الشبكة أيضاً يمكنها قياس حركة الإثرنت في الطبقة 2 بدون CRC. ولا توجد حتى الآن طبقة قياس معدل بتات الإثرنت بالتغيب، ويمكن لعتاد مورِّد الشبكة قياس الإثرنت في الطبقة 1 أو الطبقة 2 مع إدراج بايتات CRC أيضاً.

5.XII وصف الأداء الوظيفي لمرشاح الدلو الرمزي

تقيد المشكِّلات وأدوات الضبط معدلات الحركة. وغالباً ما يرتكز التحكم الأساسي في المعدل على مرشاح دلو رمزي. ويعمل مرشاح الدلو الرمزي على النحو التالي:

- تشكيل *Rate* بوحدات البتات في الثانية [bits/s].
- تشكيل *Burst-Tolerance_Byte* بوحدات البايتة [Byte].

وعلى أساس اختياري، تعرض الأنظمة في كثير من الأحيان تشكيل *Burst-Tolerance_ms* بوحدات الميلي ثانية [ms]. توقع ذاكرة التخزين التالية التي ستخصص للنظام داخلياً:

$$Burst\text{-}Tolerance_Byte\ [byte] = Rate / 8 / Burst\text{-}Tolerance_ms * 1000 \quad (4)$$

سيقوم ضابط الدلو الرمزي بإضافة بتة رمزية واحدة إلى الدلو في كل *1/Rate* ثانية. وإذا امتلأ الدلو برموز *Burst-Tolerance_Byte*، يتم إسقاط الرموز الإضافية.

وعند وصول رزمة بايتات طول الرزمة (*Packet-Length*)، يتحقق المرشاح مما إذا كانت الرموز المقابلة لطول الرزمة موجودة في الدلو.

- إذا كانت موجودة، يتم تسيير الرزمة وتُزال بايتات *Packet-Length* من الدلو.
- إذا لم تكن موجودة، يتم إسقاط الرزمة ويبقى الدلو على حاله (ما لم تكن ذاكرة تخزين إضافية للمشكِّل موجودة؛ انظر الملاحظ أدناه).

ويعمل مشكِّل الدلو الرمزي كضابط، ولكنه يشغِّل ذاكرة تخزين إضافية للبايتات *Buffer_bytes*. وإذا أسقط الضابط الرزمة، فإنها تخزَّن في ذاكرة التخزين طالما لم تتجاوز هذه الأخيرة سعتها. وبمجرد وجود عدد كاف من الرموز في مرشاح الدلو الرمزي، يتم تسيير الرزمة الأولى المخزنة في الذاكرة (نظراً لاستخدام نظام قائم على ترتيب وصول الرزم).

وإذا استُهلكت ذاكرة تخزين المشكِّل بالكامل نتيجة وصول الرزم، فإن أي رزمة إضافية سيتم إسقاطها.

ولاحِظ أن المشكِّلات لديها ذاكرة تخزين إضافية قابلة للتشكيل في صورة *Buffer_ms* [ms] أو في صورة عدد الرزم (*Packets*)، ويوجد عادةً متوسط لحجم الرزمة يُفترض عندما يوزع النظام البايتات على ذاكرة تخزين الرزم. ومرة أخرى، يُستخدم المعدل المشكَّل (*Rate*) لحساب عمق ذاكرة التخزين الداخلية للنظام، *Buffer_bytes*، على النحو المبين في (1).

التذييل XIII

المعلمات وأساليب القياس المتعلقة بالتدفق القائم على بروتوكول الإنترنت

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

1.XIII معلومات أساسية

وافق فريق مهام هندسة الإنترنت (IETF) في مارس 2018 على المعيار RFC 8337 بشأن "مقاييس قائمة على النموذج من أجل سعة النقل بالجملة" ونشره [IETF RFC 8337]. وكان العمل المتعلق بالمقاييس القائمة على النموذج (MBM) نتيجة سنوات عديدة شملت النظر في مشكلة قياس سعة النقل وذلك أساساً في إطار فريق العمل المعني بمقاييس أداء بروتوكول الإنترنت (IPPM) التابع لفريق مهام هندسة الإنترنت. وتصف المواصفة بعناية العديد من القضايا والصعوبات المتعلقة بقابلية التكرار عند الاختبار باستخدام بروتوكول TPC المتوافق مع المعايير (الفقرة 4)، وتسمح بحل هذه المشاكل أساساً عن طريق تصميم أسلوب ومجموعة من الاختبارات التشخيصية حيث يتم تعطيل التحكم في تدفق بروتوكول TCP. وينطوي هذا الأسلوب على تقييم أداء النقل المستهدف من حيث معدل الإرسال ووقت الإرسال ذهاباً وإياباً (RTT).

وبدأ تقييم مقاييس MBM قبل نشر المعيار RFC. وتفحص Morton في الوثيقة "تحسين اختبارات سرعة الإنترنت يمكن أن يعزز جودة الخدمة وجودة التجربة"، العديد من أساليب القياس لتقييم إطار نموذج MBM في سياق تحديد العديد من القضايا المتعلقة بالتقنيات الحالية لقياس الإنترنت وبدء العمل لحلها [MortonPQS].

2.XIII لماذا تفي المقاييس القائمة على النموذج (MBM) بمتطلبات هذه التوصية

تقدم الفقرة 12.6 مجموعة من المتطلبات التي يجب أن يفي بها أي أسلوب قياس يتعلق بالتدفق، كمشارِك معقول في سياق موارد الإنترنت المشتركة. وتفي المقاييس القائمة على النموذج (MBM) بهذه المتطلبات على النحو الوارد وصفه أدناه (الرجوع إلى القسم 3 من المعيار [IETF RFC 8337] للاطلاع على المصطلحات والتعاريف).

وينبغي أن تفي جميع المعلمات المتعلقة بالصبيب بالمتطلبات المرقمة التالية:

1) ينبغي أن تربط المعلمة التي تحدد الصبيب المقدم إلى خدمة IP كمية الرزم IP التي تنقلها بنجاح شبكة IP أو قسم IP بكمية الرزم IP التي تم تسليمها إلى هذه الشبكة أو هذا القسم.

ويخضع عدد الرزم المرسَلة ("المسلَّمة في هذه الشبكة أو هذا القسم") للتحكم الكامل من خلال اختيار تدفق الاختبار. وعلاوةً على ذلك، يتم قياس "النقل الناجح" لرزم IP مباشرةً بأسلوب MBM (من أجل اشتقاق نسبة الخسارة وقياس طول التتابع).

2) ينبغي تطبيق المعلمة المتعلقة بالصبيب على شبكة IP من طرف إلى طرف وعلى نقل IP عبر بدالة الوصلة (EL) أو قسم الشبكة (NS) أو مجموعة أقسام الشبكة (NSE).

وتم تصميم مقاييس وقياسات MBM لتكون مستقلة من حيث المنظور، وبالتالي قابلة للتطبيق على مسيرات اختبار EL أو NS أو NSE (بحيث تفي بالعديد من المتطلبات الرئيسية الأخرى، انظر القسم 3.4 من المعيار [IETF RFC 8337]).

ويرد أدناه المزيد من متطلبات هذه التوصية مع تحليل امتثال MBM:

وتحاول بعض المعلمات المتعلقة بالتدفق أو بالصبيب تحديد سعة الصبيب لأي شبكة IP، أي قدرتها على الحفاظ على معدل معين لنقل الرزم IP. ويوصى بأن تفي أي من هذه المعلمات بالمتطلبات الإضافية التالية:

1) ينبغي وصف نمط الحركة المقدم إلى الشبكة IP أو القسم IP، لأن قدرة الشبكة IP أو القسم IP على تسليم هذه الرزم بنجاح تتوقف على نمط الحركة هذا.

ويخضع نمط الحركة ("المقدم إلى الشبكة IP أو القسم IP") للتحكم المستمر من خلال اختيار تدفق الاختبار (المطابق لمعلمات الاختبار المحددة).

2) ينبغي ألا يتجاوز معدل تقديم الحركة سعة (بالبتات في الثانية) الوصلة التي توصل الأقسام الخاضعة للاختبار بأقسام المقصد التي لا تخضع للاختبار.

ويتم اختيار نمط الحركة المقدم والتحكم فيه في إطار قيود تدفق الاختبار ومعلمة نموذج MBM للمعدل المستهدف (target_rate).

3) ينبغي، في أي بيان فردي عن أداء الصبيب، الإعلان عن نمط رزمة IP قيد النظر.

ويضع إطار الفريق IPPM التابع لفريق مهام هندسة الإنترنت [b-IETF RFC 2330] (الذي يوجه جميع عمليات وضع المقاييس والقياسات التي تُجرى وفقاً لمواصفاتها) متطلبات واضحة لتحديد تفاصيل الرزم؛ انظر القسم 13، الرزم من النوع P. ويرجى ملاحظة أن هذا القسم يجري تحديثه حالياً لتضمينه متطلبات الإصدار السادس من بروتوكول الإنترنت (IPv6) والتطورات الحديثة الأخرى.

وجدير بالإشارة إلى أن التذييل IX يصف كيف أن القياسات التي تستخدم بروتوكول TCP المتوافق مع المعايير لا تفي بمتطلبات الفقرة 12.6.

3.XIII دور ووضع أسلوب القياس باستخدام المقاييس القائمة على النموذج (MBM)

يتمثل دور أسلوب MBM في تحديد ما إذا كان للمسير أو المسير الفرعي أداء كاف لدعم معدل مستهدف لنقل موثوق لتدفق بايتات توصيل في طبقة نقل واحدة. وهذا الأسلوب مفيد عند تقييم ما إذا كان المسير أو المسير الفرعي يُظهر معدل النقل المطلوب من تطبيق محدد، من قبيل المسير الفرعي بين مخدم تقديم المحتوى والطرف الرأسي لوصلة نفاذ. ومن ناحية أخرى، لا يشمل دور أساليب MBM تقييم سعة IP بمعدلات الجيغابتات.

وتصف الأقسام المتبقية من هذا التذييل المواضيع التي تحتاج إلى مزيد من الدراسة في هذا الوقت. وتدعو الحاجة إلى مزيد من التقييم المختبري والميداني.

4.XIII اختيار تدفق الاختبار

يقترح القسم 6 من المعيار [IETF RFC 8337] العديد من التصميمات المختلفة لتدفق الاختبار التي يمكن اختيارها ضمن مجموعة مستهدفة لتشخيص بروتوكول الإنترنت (TIDS).

ويصف القسم 1.6 تصميم التدفق من أجل **محاكاة البدء البطيء للبروتوكول TCP** (الذي يحدث في بداية كل توصيل TCP). ومعلمات التدفق الرئيسية هي (علماً أن القيم المستهدفة تحدَّد من خلال وصف الخدمة والمسير قيد الاختبار):

- حجم الرشقة في الرزم (4، ولكن يمكن أيضاً استخدام أحجام أصغر)؛
- حجم النافذة المستهدف (target_window_size)؛
- وقت الإرسال ذهاباً وإياباً المستهدف (target_RTT)؛
- معدل البيانات المستهدف (target_data_rate).

يقول المعيار [IETF RFC 8337]: "...في النطاقات الزمنية أطول من target_RTT وعندما يكون حجم الرشقة يساوي target_window_size، فإن متوسط المعدل يساوي target_data_rate."

ويصف القسم 2.6 تصميم **تدفق شبه معدل البتات الثابت (CBR) لنافذة ثابتة**، إلى جانب مسألة أن نافذة ذات أحجام رزم سليمة مع قيمة RTT ثابتة قد تتسبب في أن يمثل معدل البيانات المقدم المعدل target_data_rate بالضبط (الذي يعمل فوق أو تحت target_data_rate بقليل)، مثلاً عندما يكون RTT أو target_data_rate صغيراً.

ومرة أخرى، ترد معلمات التدفق الرئيسية الأربع الخاصة بالتدفق لمحاكاة البدء البطيء للبروتوكول TCP.

ويمكن أن يحدث اختلاف عن target_data_rate عندما يتغير RTT، نتيجة استخدام التسجيل الذاتي للوقت في هذا التدفق (عمليات وصول ACK TCP تحدد معدل الإرسال وتعتمد على RTT). ويمكن أن تتسبب حركة منافِسة غير متوقعة في تغير RTT (زيادة ونقصان).

وكما يقترح المعيار [IETF RFC 8337]، "قد تكون حركة القياس ذات الوتيرة التقليدية أكثر ملاءمة لهذه البيئات" حيث لا يمكن مواءمة target_data_rate أو حيث توجد مشاكل بشأن RTT/التسجيل الذاتي للوقت. ومع ذلك، يمكن أن تتضمن **حركة شبه CBR** رشقات، ولكنها تُرسَل بمعدل target_data_rate طوال الاختبار.

وتُستخدم تدفقات حركة شبه CBR أعلاه في تقييمات معدل البيانات الأساسية، مما يدعم الاختبار الوارد في القسم 2.1.8 من المعيار [IETF RFC 8337]، على سبيل المثال.

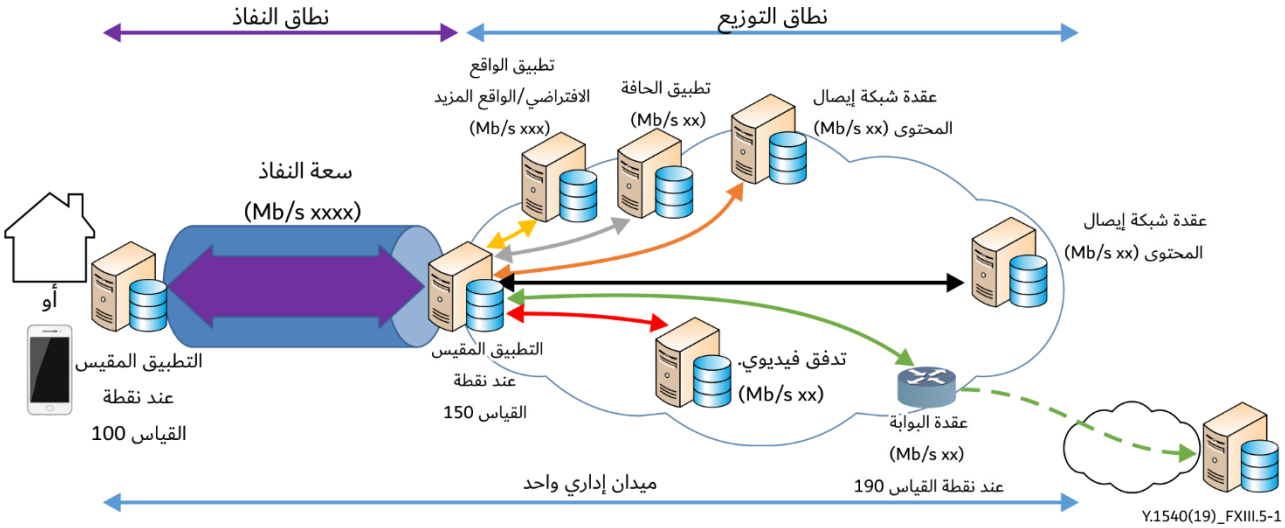
وجدير بالإشارة إلى أن القسم 3.6 الذي يصف توليد تدفق شبه CBR لنافذة ممسوحة يزيد من صعوبة تحقيق مزيد من الواقعية للاستجابة لظروف الشبكة، ويُترك لمزيد من الدراسة في الوقت الحالي.

5.XIII نقاط القياس

يحدد المعيار [b-IETF RFC 7398] مسيراً مرجعياً ونقاط قياس لمقاييس الأداء شائعة الاستخدام. وقد تتمكن مشاريع قياس مماثلة أخرى أيضاً من استخدام التمديدات الموصوفة هنا لتحديد موقع نقطة القياس. والغرض من المعيار [b-IETF RFC 7398] إنشاء طريقة فعالة لوصف موقع نقطة (نقاط) القياس المستعملة لإجراء قياس معين، وخاصة الإشارة إلى القياس الذي يتضمن مسيرات فرعية مدارة وغير مدارة (شبكة خاصة).

وجدير بالإشارة إلى أن مسير القياس على النحو المحدد بنقاط القياس المبينة في المعيار [b-IETF RFC 7398]، يحدد قابلية تطبيق معلمات الاشتراك مثل معدلات البيانات النموذجية المقدمة وما إذا كانت معلمات الاشتراك تحدد اختيار معلمات MBM من قبيل target_data_rate.

ويبين الشكل أدناه نطاقين للقياسات غير المتراكبة: نطاق النفاذ ونطاق التوزيع.



الشكل 1-5.XIII – القياسات المنفصلة للنفاذ والتوزيع

وفي المعيار [b-IETF RFC 7398]، يوجد نطاق النفاذ بين نقطة النفاذ 100 ونقطة النفاذ 150، وهو النطاق المقصود لمقياس سعة IP القائم على بروتوكول UDP والأساليب الواردة في الملحق A.

ومن جهة أخرى، يوجد نطاق التوزيع، في المعيار [b-IETF RFC 7398]، بين نقطة النفاذ 150 ونقطة النفاذ 190، وهو التطبيق المقصود لأساليب تقييم target_data_rate القائمة على MBM (بين المضيفات في الحافات أو ضمن نطاق التوزيع) عند زيادة تحسينها.

6.XIII مواصفات معلمات النموذج المستهدف

انظر القسمين 1.5 و2.5 من المعيار [IETF RFC 8337].

7.XIII وضع معايير القبول وتفسير النتائج

انظر القسمين 1.7 و7.2 من المعيار [IETF RFC 8337].

8.XIII أساليب الاختبار

يشير المعياران [b-IETF RFC 6673] و[MortonPQS] إلى استخدام العديد من الاختبارات المكررة. ولا يشكل اختبار واحد تقييماً دقيقاً لأي خدمة اشتراك يُتوقع أن تكون متوفرة عند الطلب، ولكنه قد يكون كافياً لأغراض التحقق إذا كانت النتائج تؤكد التوقعات.

9.XIII مثال (أمثلة)

انظر القسم 9 من المعيار [IETF RFC 8337].

بيبليوغرافيا

[b-ITU-T I.353] Recommendation ITU-T I.353 (1996), *Reference events for defining ISDN and B-ISDN performance parameters.*

[b-ITU-T I.356] Recommendation ITU-T I.356 (2000*), B-ISDN ATM layer cell transfer performance.*

[b-ITU-T P.800] Recommendation ITU-T P.800 (1996), *Methods for objective and subjective assessment of quality*.

[b-ITU-T X.25] Recommendation ITU-T X.25 (1996), *Interface between Data Terminal Equipment (DTE) and Data Circuit-terminating Equipment (DCE) for terminals operating in the packet mode and connected to public data networks by dedicated circuit.*

[b-ITU-T X.75] Recommendation ITU-T X.75 (1996), *Packet-switched signalling system between public networks providing data transmission services.*

[b-ITU-T X.137] Recommendation ITU-T X.137 (1997), *Availability performance values for public data networks when providing international packet-switched services.*

[b-ITU-T Y.1221] Recommendation ITU-T Y.1221 (2002), *Traffic control and congestion control in IP-based networks.*

[b-IETF RFC 768] IETF RFC 768 (1980), *User Datagram Protocol*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>

[b-IETF RFC 792] IETF RFC 792 (1981), *Internet Control Message Protocol*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc792.txt>

[b-IETF RFC 793] IETF RFC 793 (1981), *Transmission Control Protocol.*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc793.txt>

[b-IETF RFC 919] IETF RFC 919 (1984), *Broadcasting Internet Datagrams.*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc919.txt>

[b-IETF RFC 922] IETF RFC 922 (1984), *Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc922.txt>

[b-IETF RFC 950] IETF RFC 950 (1985), *Internet Standard Subnetting Procedure.*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc950.txt>

[b-IETF RFC 959] IETF RFC 959 (1985), *File Transfer Protocol*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc959.txt>

[b-IETF RFC 1305] IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis.*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt>

[b-IETF RFC 1786] IETF RFC 1786 (1995), *Representation of IP Routing Policies in a Routing Registry (ripe-81++)*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc1786.txt>

[b-IETF RFC 1812] IETF RFC 1812 (1995), *Requirements for IP Version 4 Routers.*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc1812.txt>

[b-IETF RFC 2018] IETF RFC 2018 (1996), *TCP Selective Acknowledgment Options.*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2018.txt>

[b-IETF RFC 2330] IETF RFC 2330 (1998), *Framework for IP Performance Metrics.*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2330.txt>

[b-IETF RFC 3148] IETF RFC 3148 (2001), *A Framework for Defining Empirical Bulk Transfer Capacity Metrics.*
<http://www.ietf.org/rfc/rfc3148.txt>

[b-IETF RFC 3357] IETF RFC 3357 (2002), *One-way Loss Pattern Sample Metrics.* <http://www.ietf.org/rfc/rfc3357.txt>

[b-IETF RFC 3393] IETF RFC 3393 (2002), *IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM).* <http://www.ietf.org/rfc/rfc3393.txt>

[b-IETF RFC 3432] IETF RFC 3432 (2002), *Network performance measurement with periodic streams.* <http://www.ietf.org/rfc/rfc3432.txt>

[b-IETF RFC 3550] IETF RFC 3550 (2003*), RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications.* <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>

[b-IETF RFC 6576] IETF RFC 6576 (2012), *IP Performance Metrics (IPPM) Standard Advancement Testing*. <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc6576.txt>

[b-IETF RFC 6673] IETF RFC 6673 (2012), *Round-Trip Packet Loss Metrics.* <https://www.rfc-editor.org/info/rfc6673>

[b-IETF RFC 7398] IETF RFC 7398 (2015), *A Reference Path and Measurement Points for Large-Scale Measurement of Broadband Performance*. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc7398>

[b-BEREC] BoR (18) 32: TENDER SPECIFICATIONS, No BEREC/2018/01/OT Net Neutrality Measurement Tool, March 2018.

[b-C-298] Kotanis, Irina (2015), *Proposals for E.802 Annex: minimum required of samples, statistical significance for benchmarking and quality trends evaluations and minimum required number of mobile agents, (with revisions),* ASCOM, Switzerland.

[b-CVST] Krueger, T. and M. Braun (2012), *R package: Fast Cross – Validation via Sequential Testing, version 0.1*.

[b-Damjanovic] Damjanovic, Welzl et al. (2008), *Extending the TCP Steady-State Throughput Equation for Parallel TCP Flows*, University of Innsbruck, Budapest University of Technology. <http://heim.ifi.uio.no/~michawe/research/publications/mulPadhye-TechnicalReport.pdf>

[b-Ekelin] Ekelin, S., Nilsson, M., Hartikainen, E., Johnsson, A., Mångs, J., Melander, B., Björkman, M. (2006), *Real-time measurement of end-to-end available bandwidth using kalman filtering,* IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium, Vancouver, Canada.

[b-Google-Police] "An Internet-Wide Analysis of Traffic Policing", Flach, Papageorge et al., University of Southern California and Google, 2016.

[b-Lautenschlaeger] Lautenschlaeger, W. (2014), A Deterministic TCP Bandwidth Sharing Model, Bell-Labs Alacatel-Lucent <https://arxiv.org/abs/1404.4173>

[b-Montgomery] Montgomery, D. (1990), *Introduction to Statistical Quality Control – 2nd edition, ISBN 0-471-51988-X*.

[b-Morton] Morton, Al (2013), *Improved Internet speed tests can enhance QoS and QoE,* Proceedings of the 4th International Workshop on Perceptual Quality of Systems (PQS 2013), Vienna, Austria.

[b-Mou] Mou, M. (2017), *Evaluating a TCP Model-Based Network Performance Measurement Method*, Masters Thesis at MIT, June 2017. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/113177>.

[b-PAM-12] Oana Goga & Renata Teixeira (2012), *Speed Measurements of Residential Internet Access*, Passive and Active Measurements Conference, PAM-12. <https://people.mpi-sws.org/~ogoga/papers/PAM12-speed.pdf>

[b-Pod12] OPNFV Project, Intel POD12.
<https://wiki.opnfv.org/display/pharos/Intel+POD12>

[b-Prasad] Prasad, R.S., Murray, M., Dovrolis, C., Claffy, K.C. (2003), *Bandwidth Estimation: Metrics, Measurement Techniques, and Tools, IEEE Network.*

[b-QUIC] "draft-ietf-quic-recovery-11", Iyengar and Swett. work in progress, IETF 2018.
<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-quic-recovery/>

[b-Rdev] R Development Core Team (2016), R*: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
<http://www.r-project.org/>

[b-TST 009] ETSI GS NFV-TST 009 V3.1.1, (2018), *Network Functions Virtualisation (NFV) Release 3; Testing; Specification of Networking Benchmarks and Measurement Methods for NFVI*.
<https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV-TST/001_099/009/03.01.01_60/gs_NFV-TST009v030101p.pdf>
<https://docbox.etsi.org/ISG/NFV/Open/Drafts/TST009_NFVI_Benchmarks>

[b-Wald] Wald, A. (1947), *Sequential Analysis*, Wiley.

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
السلسلة D	مبادئ التعريفة والمحاسبة والقضايا الاقتصادية والسياساتية المتصلة بالاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على الصعيد الدولي
السلسلة E	التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية
السلسلة F	خدمات الاتصالات غير الهاتفية
السلسلة G	أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية
السلسلة H	الأنظمة السمعية المرئية والأنظمة متعددة الوسائط
السلسلة I	الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات
السلسلة J	الشبكات الكبلية وإرسال إشارات تلفزيونية وبرامج صوتية وإشارات أخرى متعددة الوسائط
السلسلة K	الحماية من التداخلات
السلسلة L	البيئة وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتغير المناخ، والمخلفات الإلكترونية، وكفاءة استخدام الطاقة، وإنشاء الكبلات وغيرها من عناصر المنشآت الخارجية وتركيبها وحمايتها
السلسلة M	إدارة الاتصالات بما في ذلك شبكة إدارة الاتصالات وصيانة الشبكات
السلسلة N	الصيانة: الدارات الدولية لإرسال البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية
السلسلة O	مواصفات تجهيزات القياس
السلسلة P	نوعية الإرسال الهاتفي والمنشآت الهاتفية وشبكات الخطوط المحلية
السلسلة Q	التبديل والتشوير، والقياسات والاختبارات المرتبطة بهما
السلسلة R	الإرسال البرقي
السلسلة S	التجهيزات المطرافية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريف الخاصة بالخدمات التليماتية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات البيانات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات البيانات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة ومسائل الأمن
السلسلة Y	**البنية التحتية العالمية للمعلومات، والجوانب الخاصة ببروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي وإنترنت الأشياء والمدن الذكية**
السلسلة Z	اللغات والجوانب العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات

طُبعت في سويسرا
جنيف، 2022