الاتحـــــــــــاد الدولـــــــــــي للاتصـــــــــــالات

ITU-T G.8261/Y.1361

(2013/08)

قطاع تقييس الاتصالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

السلسلة G: أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

جوانب الرزم عبر طبقة النقل – أهداف الجودة والتيسر

السلسلة Y: البنية التحتية العالمية للمعلومات وجوانب بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي

جوانب بروتوكول الإنترنت – النقل

جوانب التوقيت والتزامن في شبكات الرزم

التوصية ITU-T G.8261/Y.1361

ITU-T

الاتحاد الدولي للاتصالات

توصيات السلسلة G الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

التوصيلات والدارات الهاتفية الدولية	G.199–G.100
الخصائص العامة المشتركة لكل الأنظمة التماثلية بموجات حاملة	G.299–G.200
الخصائص الفردية للأنظمة الهاتفية الدولية بموجات حاملة على خطوط معدنية	G.399–G.300
الخصائص العامة لأنظمة الهاتف بشركات الاتصالات الدولية العاملة على وصلات الترحيل الراديوي أو الوصلات الساتلية والتوصيل البيني مع الخطوط المعدنية	G.449–G.400
تنسيق المهاتفة الراديوية والمهاتفة السلكية	G.499–G.450
خصائص وسائط الإرسال والأنظمة البصرية	G.699–G.600
التجهيزات المطرافية الرقمية	G.799–G.700
الشبكات الرقمية	G.899–G.800
الأقسام الرقمية وأنظمة الخطوط الرقمية	G.999–G.900
نوعية الخدمة وأداء الوسائط المتعددة – الجوانب العامة والجوانب المتعلقة بالمستعمل	G.1999–G.1000
خصائص وسائط الإرسال	G.6999–G.6000
البيانات عبر شبكات النقل – الجوانب العامة	G.7999–G.7000
جوانب الرزم عبر شبكات النقل	G.8999–G.8000
الجوانب المتعلقة بالإثرنت عبر شبكات النقل	G.8099-G.8000
الجوانب المتعلقة بتبديل الوسم بعدة بروتوكولات عبر شبكات النقل	G.8199-G.8100
أهداف الجودة والتيسر	**G.8299–G.8200**
إدارة الخدمة	G.8699–G.8600
شبكات النفاذ	G.9999–G.9000

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

جوانب التوقيت والتزامن في شبكات الرزم

ملخص

تحدد التوصية ITU-T G.8261/Y.1361 جوانب تزامن التردد في شبكات الرزم. وهي تحدد الحدود القصوى للارتعاش والجنوح في الشبكة التي يجب عدم تجاوزها. وهي تحدد أيضاً القدر الأدنى من مدى تسامح التجهيزات إزاء الارتعاش والجنوح، الذي يتعيّن مراعاته على حدود شبكات الرزم هذه عند واجهات تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) وواجهات التزامن. وهي توجز أيضاً المتطلبات الدنيا لوظيفة التزامن في عناصر الشبكة.

وينبغي الالتزام بمتطلبات خصائص الارتعاش والجنوح المحددة في هذه التوصية لضمان إمكانية التشغيل البيني للتجهيزات التي ينتجها مصنعون مختلفون ولضمان الأداء المرضي للشبكة.

التسلسل التاريخي

الصيغة	التوصية	تاريخ الموافقة	لجنة الدراسات
1.0	ITU-T G.8261/Y.1361	2006-05-22	15
1.1	ITU-T G.8261/Y.1361 (2006) Cor. 1	2006-12-14	15
2.0	ITU-T G.8261/Y.1361	2008-04-29	15
2.1	ITU-T G.8261/Y.1361 (2008) Amd. 1	2010-07-29	15
3.0	ITU-T G.8261/Y.1361	2013-08-29	15

تمهيد

الاتحاد الدولي للاتصالات وكالة متخصصة للأمم المتحدة 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 رقم 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 "يجب" وصيغ ملزمة أخرى مثل فعل "ينبغي" 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، كان 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 المعطيات الخاصة ببراءات الاختراع في مكتب تقييس الاتصالات (TSB) في الموقع http://www.itu.int/ITU-T/ipr/.

© ITU 2016

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 1
3 تعاريف 3
1.3 المصطلحات المعرَّفة في وثائق أخرى 3
2.3 مصطلحات معرّفة في هذه التوصية 4
4 المختصرات والأسماء المختصرة 5
5 اصطلاحات 6
6 نظرة عامة 7
1.6 متطلبات تزامن شبكة الرزم 7
2.6 متطلبات توقيت تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) 8
3.6 هندسة شبكة التزامن في شبكات الرزم 9
4.6 متطلبات التوقيت عند حافة الشبكة مقابل متطلبات التوقيت في الشبكة الرئيسية 9
5.6 ميدان توقيت شبكة الرزم (PNT) وميدان خدمة مضاهاة الدارة (CES) 9
7 توزيع إشارة التوقيت المرجعية عبر شبكات الرزم (ميدان توقيت شبكة الرزم PNT) 9
1.7 طرائق متقاربة التزامن ومتزامنة مع الشبكة 10
2.7 الطرائق القائمة على الرزم 11
8 استعادة التوقيت لخدمات معدل البتات الثابت المنقولة عبر شبكات الرزم (ميدان خدمة مضاهاة الدارة CES) 12
1.8 التشغيل المتزامن مع الشبكة 13
2.8 الطرائق التفاضلية 13
3.8 الطرائق التكييفية 14
4.8 الميقاتية المرجعية المتيسرة في أنظمة تعدد الإرسال TDM الطرفية 14
9 حدود الشبكة 15
1.9 حدود شبكة خدمات مضاهاة الدارة (CES) 15
2.9 حدود توقيت شبكة الرزم (PNT) 19
10 أثر أشكال الانحطاط في شبكة الرزم على توزيع التوقيت واستعادة ميقاتية الخدمة 25
1.10 تأخير نقل الرزم والتغاير في التأخير 27
2.10 التأثيرات الناجمة عن أشكال انحطاط الرزم 31
11 تأثير انحطاط الميقاتية المرجعية على استعادة ميقاتية الخدمة 32
1.11 أشكال انحطاط طرائق التشغيل المتزامنة مع الشبكة 32
2.11 أشكال انحطاط الطريقة التفاضلية 33

الصفحة

12 نتائج وتبعات مختلف طرائق التزامن إزاء النماذج المرجعية لشبكات الرزم 34

1.12 توصيات ميدان خدمة مضاهاة الدارة (CES) 34

2.12 توصيات ميدان توقيت شبكة الرزم (PNT) 35

الملحق A – معمارية الشبكة المقترحة لشبكة إثرنت متزامنة 38

1.A موقع الميقاتية المرجعية الأولية (PRC) 38

2.A الحد من الارتعاش والجنوح في الإثرنت المتزامنة 38

3.A اعتبارات بشأن تصميم شبكات التزامن القائمة على الإثرنت المتزامنة 39

4.A مثال لتوزيع التوقيت بواسطة الإثرنت المتزامنة 40

5.A التشغيل بين واجهة الإثرنت وواجهة الإثرنت المتزامنة 40

الملحق B – التقسيم الوظيفي للتشغيل البيني (IWF) إلى ميداني خدمة مضاهاة الدارة (CES) وتوقيت شبكة الرزم (PNT) وشبكات أمثلة 45

1.B نظرة عامة 45

2.B ميقاتيات وظيفة التشغيل البيني (IWF) 47

3.B أمثلة شبكات 49

الملحق C – متطلبات وظيفة التشغيل البيني (IWF) في خدمة مضاهاة الدارة (CES) المتعلقة بالتزامن 51

1.C واجهات الحركة 51

2.C واجهات التزامن 52

3.C وظيفة تزامن التشغيل البيني IWF 52

الملحق D – تطبيقات ومتطلبات الشبكة للميقاتيات المحددة في التوصية ITU-T G.8262/Y.1362 53

التذييل I – خصائص بدالات الإثرنت وشبكات الإثرنت والمسيّرات وتقنيات النفاذ 54

1.I خصائص بدالات وشبكات الإثرنت 54

2.I خصائص التأخير في المسيّرات 58

3.I خصائص التأخير في تقنيات النفاذ (عقد الموجات الصغرية، الشبكة البصرية المنفعلة (PON)، خط المشترك الرقمي (DSL)) 58

التذييل II – فترة الاستقرار 59

التذييل III – اعتبارات بشأن الطرائق القائمة على الرزم 60

التذييل IV – التطبيقات وحالات الاستعمال 61

1.IV خلفية 61

2.IV اللاسلكي 61

3.IV البنية التحتية 63

4.IV بوابة الوسائط 63

الصفحة

التذييل V – النماذج المرجعية لشبكات الرزم 64
1.V نماذج شبكات الإثرنت 64
2.V نماذج شبكات أخرى 66
التذييل VI – المبادئ التوجيهية للقياس بموجب الطرائق القائمة على الرزم 70
1.VI النقاط المرجعية للقياس 70
2.VI خصائص حركة الدخل 71
3.VI طوبولوجيات الاختبار للطرائق التكييفية 73
4.VI طوبولوجيات اختبار من أجل الطرائق التفاضلية 79
5.VI اختبار من أجل البروتوكولات ثنائية الاتجاه 80
التذييل VII – حدود الجنوح في حالة النشر 1 88
1.VII الحدود للواجهة 2 048 kbit/s 88
2.VII الحدود للسطح البيني 1 544 kbit/s 89
التذييل VIII – عملية إرسال رسائل حالة التزامن في الطبقة المادية للإثرنت المتزامنة 90
التذييل IX – أمثلة وظيفة التشغيل البيني (IWF) 91
التذييل X – اعتبارات بشأن قياس الإثرنت المتزامنة وفقاً لمنهجيات ITU-T مقارنة بقياسات الارتعاش بحسب IEEE 94
التذييل XI – العلاقة بين المتطلبات الواردة في هذه التوصية وغيرها من التوصيات الرئيسية المتصلة بالتزامن 95
التذييل XII – المبادئ الأساسية للتوقيت فوق شبكات الرزم 98
1.XII نظرة عامة 98
2.XII تخفيف تغاير تأخر الرزم بانتقائها 100
3.XII مقارنة الطريقة القائمة على الرزم وطريقة الطبقة المادية المتزامنة 101
4.XII المعايير القائمة 102
التذييل XIII – تقييم توليد تغاير تأخر الرزم في عقدة شبكة 103
1.XIII مقدمة 103
2.XIII اعتبارات عامة 103
3.XIII التشكيل العام 103
بيبليوغرافيا 105

التوصية ITU-T G.8261/Y.1361

جوانب التوقيت والتزامن في شبكات الرزم

1 مجال التطبيق

تحدد هذه التوصية جوانب تزامن التردد في شبكات الرزم. وهي تحدد الحدود القصوى للارتعاش والجنوح في الشبكة التي يجب عدم تجاوزها. وهي تحدد أيضاً القدر الأدنى من مدى تسامح التجهيزات إزاء الارتعاش والجنوح الذي يتعيّن مراعاته على حدود شبكات الرزم هذه عند واجهات تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) وواجهات التزامن. وهي توجز أيضاً المتطلبات الدنيا لوظيفة التزامن في عناصر الشبكة.

وعلى وجه الخصوص، تتناول هذه التوصية مسألتين رئيسيتين وهما: توزيع إشارة ميقاتية شبكة تزامن عبر شبكة رزم (ميدان توقيت شبكة الرزم PNT)، وتوزيع إشارة ميقاتية خدمة عبر شبكة رزم (ميدان خدمة مضاهاة الدارة CES).

ملاحظة – لا يغطى تطبيق نقل إشارات التراتب الرقمي المتزامن (SDH) فوق شبكات الرزم إلا جزئياً وتحتاج بعض الجوانب إلى المزيد من الدراسة.

تنحصر شبكات الرزم الواقعة في مجال تطبيق هذه التوصية في السيناريوهات التالية:

- الإثرنت ([IEEE 802.3] و[IEE 802.1D™] و[IEEE 802.1Q™] و[IEEE 802.1Qay™])
- تبديل الوسم بعدة بروتوكولات (MPLS) [IETF RFC 3031] و[ITU-T G.8110]
- بروتوكول الإنترنت (IP) [IETF RFC 791] و[IETF RFC 2460]

الطبقة المادية ذات الصلة بهذه التوصية هي أنماط وسائط إثرنت على النحو المحدد في المعيار [IEEE 802.3]. ويمكن لطبقات مادية أخرى أن تكون ذات صلة ويمكن تناولها في إصدار لاحق من هذه التوصية.

2 المراجع

تتضمن التوصيات التالية الصادرة عن قطاع 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 G.691] التوصية ITU-T G.691 (2006)، *السطوح البينية البصرية في الأنظمة STM-64 وغيرها من أنظمة التراتب الرقمي المتزامن (SDH) أحادية القناة بمكبرات بصرية*.

[ITU-T G.702] Recommendation ITU-T G.702 (1988), *Digital hierarchy bit rates*.

[ITU-T G.703] Recommendation ITU-T G.703 (2001), *Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces*.

[ITU-T G.705] Recommendation ITU-T G.705 (2000), *Characteristics of plesiochronous digital hierarchy (PDH) equipment functional blocks*.

[ITU-T G.781] Recommendation ITU-T G.781 (2008), *Synchronization layer functions*.

[ITU-T G.803] Recommendation ITU-T G.803 (2000), *Architecture of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH)*.

[ITU-T G.811] Recommendation ITU-T G.811 (1997), *Timing characteristics of primary reference clocks*.

[ITU-T G.812] Recommendation ITU-T G.812 (2004), *Timing requirements of slave clocks suitable for use as node clocks in synchronization networks*.

[ITU-T G.813] Recommendation ITU-T G.813 (2003), *Timing characteristics of SDH equipment slave clocks (SEC)*.

[ITU-T G.822] Recommendation ITU-T G.822 (1988), *Controlled slip rate objectives on an international digital connection*.

[ITU-T G.823] Recommendation ITU-T G.823 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 2048 kbit/s hierarchy*.

[ITU-T G.824] Recommendation ITU-T G.824 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 1544 kbit/s hierarchy*.

[ITU-T G.825] Recommendation ITU-T G.825 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH)*.

[ITU-T G.957] Recommendation ITU-T G.957 (2006), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy*.

[ITU-T G.959.1] الوثيقة ITU-T G.959.1 (2008)، *السطوح البينية البصرية للتجهيزات والأنظمة الخاصة بالتراتب الرقمي المتزامن.*

[ITU-T G.8010] Recommendation ITU-T G.8010/Y.1306 (2004), *Architecture of Ethernet layer networks*.

[ITU-T G.8110] التوصية ITU-T G.8110/Y.1370 (2005)، *معمارية شبكات طبقة تبديل الوسم بعدة بروتوكولات (MPLS).*

[ITU-T G.8110.1] Recommendation ITU-T G.8110.1/Y.1370.1 (2006), *Architecture of Transport MPLS (T-MPLS) layer network*.

[ITU-T G.8260] Recommendation ITU-T G.8260 (2010), *Definitions and terminology for synchronization in packet networks*.

[ITU-T G.8261.1] Recommendation ITU-T G.8261.1/Y1361.1 (2012), *Packet delay variation network limits applicable to packet-based methods (Frequency synchronization)*.

[ITU-T G.8262] Recommendation ITU-T G.8262/Y.1362 (2010), *Timing characteristics of synchronous Ethernet equipment slave clock*.

[ITU-T G.8263] الوثيقة ITU-T G.8263/Y.1363 (2012)، *خصائص التوقيت لميقاتيات المعدات القائمة على الرزم.*

[ITU-T G.8264] Recommendation ITU-T G.8264/Y.1364 (2008), *Timing distribution through packet networks*.

[ITU-T G.8265] Recommendation ITU-T G.8265/Y.1365 (2010), *Architecture and requirements for packet-based frequency delivery*.

[ITU-T G.8265.1] Recommendation ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 (2010), *Precision time protocol telecom profile for frequency synchronization*.

[ITU-T G.8271] Recommendation ITU-T G.8271/Y1366 (2012), *Time and phase synchronization aspects of packet networks*.

[ITU-T O.171] Recommendation ITU-T O.171 (1997), *Timing jitter and wander measuring equipment for digital systems which are based on the plesiochronous digital hierarchy (PDH)*.

[ITU-T O.172] الوثيقة ITU-T O.172 (2005)، *أجهزة قياس الارتعاش والجنوح في الأنظمة الرقمية القائمة على التراتب الرقمي المتزامن (SDH).*

[ITU-T Y.1411] Recommendation ITU-T Y.1411 (2003), *ATM-MPLS network interworking – Cell mode user plane interworking*.

[ITU-T Y.1540] Recommendation ITU-T Y.1540 (2002), *Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters*.

[ITU-T Y.1561] Recommendation ITU-T Y.1561 (2004), *Performance and availability parameters for MPLS networks*.

[ITU-T Y.1731] Recommendation ITU-T Y.1731 (2006), *OAM functions and mechanisms for Ethernet based networks*.

[ITU-T Y.1731] التوصية ITU-T Y.1731 (2006)، *وظائف وآليات تشغيل الشبكات القائمة على الإثرنت وإدارتها وصيانتها*.

[IEEE 802] IEEE 802-2001, *IEEE standard for local and metropolitan area networks: Overview and architecture*.
<http://standards.ieee.org/getieee802/802.html>

[IEEE 802.1D] IEEE 802.1D-2004, *IEEE Standard for local and metropolitan area networks: Media Access Control (MAC) Bridges*.
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1D-2004.pdf>

[IEEE 802.1Q] IEEE 802.1Q-2011, *IEEE Standard for local and metropolitan area networks: Virtual bridged local area networks*.
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1Q-2011.pdf>

[IEEE 802.3] IEEE 802.3-2008, *Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*.
<http://standards.ieee.org/getieee802/802.3.html>

[IETF RFC 791] IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol (IP)*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc0791.txt?number=791>

[IETF RFC 2460] IETF RFC 2460 (1998), *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt?number=2460>

[IETF RFC 3031] IETF RFC 3031 (2001), *Multiprotocol Label Switching Architecture*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt?number=3031>

3 تعاريف

1.3 المصطلحات المعرَّفة في وثائق أخرى

تستخدم هذه التوصية المصطلحات التالية المعرَّفة في وثائق أخرى:

1.1.3 استعادة الميقاتية التكييفية: انظر [ITU-T G.8260].

2.1.3 الواجهة اللاتزامنية: انظر [ITU-T G.823].

3.1.3 وظيفة التشغيل البيني(IWF): انظر [ITU-T Y.1411]. ثمة المزيد من التفاصيل والأمثلة في الملحق B والتذييل IX.

4.1.3 الطريقة القائمة على الرزم: انظر [ITU-T G.8260].

5.1.3 الطريقة القائمة على الرزم مع دعم التوقيت من الشبكة: انظر [ITU-T G.8260].

6.1.3 الطريقة القائمة على الرزم دون دعم التوقيت من الشبكة: انظر [ITU-T G.8260].

7.1.3 وظيفة توقيت شبكة الرزم (PNT-F): انظر [ITU-T G.8260].

8.1.3 الواجهة المتزامنة: انظر [ITU-T G.823].

9.1.3 واجهة الحركة: انظر [ITU-T G.823].

2.3 مصطلحات معرّفة في هذه التوصية

تعرّف هذه التوصية المصطلحات التالية:

1.2.3 CES IWF: وظيفة التشغيل البيني (IWF) في خدمة مضاهاة الدارة (CES) هي مجموعة الوظائف ضمن وظيفة IWF التي تدعم ميدان ميقاتية الخدمة (انظر الشكل 3.B). وهي تشمل وظيفة استعادة توقيت ميقاتية الخدمة.

2.2.3 جزيرة خدمات مضاهاة الدارة (CES): مقطع من الشبكة، يعتمد على تقنيات تبديل الرزم، يضاهي خصائص شبكة تبديل الدارة أو شبكة نقل تراتب رقمي متقارب التزامن (PDH)/تراتب رقمي متزامن (SDH)، بغية حمل خدمات معدل بتات ثابت (CBR) (مثل إشارة من المستوى الأول E1).

3.2.3 إمكانية تتبع مصدر التردد: إمكانية تتبع مصدر التردد هي علاقة يتم فيها إحالة ترددات جميع الميقاتيات في النظام إلى ميقاتية مادية واحدة. وفي ظل ظروف التشغيل العادية، يكون لجميع الميقاتيات نفس متوسط التردد في نظام قابل لتتبع مصدره. وهكذا يتم تقييد خطأ الطور أو الخطأ الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE) بين جميع الميقاتيات في هذا النظام.

ملاحظة – هناك حالة مختلفة وهي عندما تتسم الميقاتيات بإمكانية تتبع التردد إزاء الميقاتيات الرئيسة الدقيقة (ليس بالضرورة نفس التجهيزات). ويرتبط هذا بمفهوم تقارب التزامن على النحو المحدد في التوصية [b-ITU-T G.810]. مثال ذلك عندما تتسم الميقاتيات "بإمكانية تتبع ميقاتية مرجعية أولية (PRC)" (أي إمكانية تتبع الميقاتيات [ITU-T G.811])، في شبكة تزامن تقوم على أساس معمارية الميقاتية PRC الموزعة.

4.2.3 ميقاتية الشبكة: الميقاتية التي تولد إشارة ميقاتيات الشبكة.

5.2.3 ميدان ميقاتية الشبكة: مجموعة من الوظائف مكرسة لدعم تزامن الشبكة (ميقاتية الشبكة).

6.2.3 إشارة ميقاتية الشبكة: إشارة توقيت مرجعية تستخدم كمرجع لتمكين اقتران وانفصام ميقاتية خدمة عند نقاط الدخول والخروج من الشبكة، على التوالي. وفي بعض التطبيقات، يمكن أن تكون الإشارة غير متزامنة وأن تتولد من ميقاتيات تعمل بحرية بموجب متطلبات منخفضة من حيث دقة التردد (في شبكة إثرنت مثلاً، حيث يمكن للطبقة المادية أن تعمل حتى ± 100 ppm). وفي تطبيقات أخرى، ثمة حاجة إلى إشارة توقيت مرجعية دقيقة. وفي هذه الحالة، يمكن تتبع الإشارة عموماً إلى ميقاتية مرجعية أولية (PRC) في ظل ظروف طبيعية، ويتم توزيع هذه الإشارة عبر الشبكة بواسطة شبكة تزامن.

ملاحظة – لأغراض هذه التوصية، يفترض دوماً وجود إشارة ملائمة عالية الدقة. وفي ضوء ذلك، يمكن اعتبار تعريف إشارة ميقاتية الشبكة بأنه يتطابق مع تعريف إشارة ميقاتية شبكة تزامن، ويُستخدم المصطلحان بالتبادل في شتى أجزاء هذه التوصية.

7.2.3 التشغيل المتزامن للشبكة: تزامن الطبقة المادية (عادةً من خلال توزيع التوقيت لإشارة توقيت يمكن تتبعها إلى ميقاتية مرجعية أولية (PRC)، انظر التوصية [ITU-T G.811]).

8.2.3 ميقاتية الخدمة: الميقاتية التي تولد إشارة ميقاتية الخدمة.

9.2.3 ميدان ميقاتية الخدمة: مجموعة وظائف مكرسة لدعم وظائف توقيت خدمة مضاهاة الدارة (CES) (ميقاتية الخدمة).

10.2.3 إشارة ميقاتية الخدمة: معلومات التوقيت المرتبطة بخدمة محددة تدعمها شبكة. مثال ذلك، في حالة خدمة تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) من المستوى الأول E1، يكون التوقيت 2 048 kbit/s ±50 ppm.

11.2.3 ميقاتية شبكة التزامن: التجهيزات التي توفر إشارة التوقيت في شبكة التزامن.

12.2.3 إشارة ميقاتية شبكة التزامن: إشارة التوقيت المرجعية التي توزعها شبكة التزامن. ويمكن تتبع هذه الإشارة حتى ميقاتية رئيسة دقيقة (أي ميقاتية مرجعية أولية (PRC)).

13.2.3 تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM): مصطلح يشير عادةً إلى قطارات بتات متساوية الزمن في شبكات المهاتفة، خاصةً تلك التي تنتمي إلى تراتب رقمي متقارب التزامن (PDH) حسبما جاء في التوصية [ITU-T G.705]. ويرد تفصيل لمعدلات البتات المستعملة بشكل عام في مختلف مناطق من العالم في التوصية [ITU-T G.702]. ومن أمثلة الإشارات التي يغطيها تعريف تعدد الإرسال TDM الإشارات المنتمية لتراتبيّ PDH وSDH.

14.2.3 فترة الاستقرار: الفترة التي تبدأ من نقطة في الزمن عندما تنتقي وظيفة التشغيل البيني (IWF) مصدر توقيت أُقرت صلاحيته وتنتهي عندما تصبح خصائص توقيت الخرج ضمن متطلبات ارتعاش وجنوح الخرج.

15.2.3 ميزانية الجنوح (لجزيرة شبكة): الجنوح الذي يتولد عند خرج جزيرة شبكة عندما تكون إشارة توقيت مرجعي مثالية هي الدخل في عنصر الشبكة الأول لجزيرة الشبكة هذه.

4 المختصرات والأسماء المختصرة

تستعمل هذه التوصية المختصرات التالية:

3GPP	مشروع شراكة من الجيل الثالث *(Third Generation Partnership Project)*
ATM	أسلوب نقل لامتزامن *(Asynchronous Transfer Mode)*
BS	محطة قاعدة *(Base Station)*
CBR	معدل بتات ثابت *(Constant Bit Rate)*
CDMA	نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة *(Code Division Multiple Access)*
CE	تجهيزات العميل *(Customer Equipment)*
CES	خدمة مضاهاة الدارة *(Circuit Emulation Service)*
DUT	جهاز قيد الاختبار *(Device Under Test)*
EEC	ميقاتية تجهيزات إثرنت متزامنة *(Synchronous Ethernet Equipment Clock)*
ESMC	قناة تراسل تزامن إثرنت *(Ethernet Synchronization Messaging Channel)*
FDD	إرسال مزدوج بتقسيم التردد *(Frequency Division Duplex)*
FE	إثرنت سريعة *(Fast Ethernet)*
GE	إثرنت بمعدل جيغابتة *(Gigabit Ethernet)*
GPS	النظام العالمي لتحديد المواقع *(Global Positioning System)*
GSM	النظام العالمي للاتصالات المتنقلة *(Global System for Mobile communications)*
IP	بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol)*
IP DSLAM	معدد إرسال نفاذ خط المشترك الرقمي في بروتوكول الإنترنت *(IP Digital Subscriber Line Access Multiplexer)*
IWF	وظيفة التشغيل البيني *(Interworking Function)*
MAC	التحكم في النفاذ إلى الوسط *(Medium Access Control)*
M-CMTS	نظام انتهاء مودم كبلي منمط *(Modular Cable Modem Termination System)*
MPEG	فريق خبراء الصور المتحركة *(Moving Picture Experts Group)*
MRTIE	الخطأ النسبي الأقصى في الفاصل الزمني *(Maximum Relative Time Interval Error)*
MSAN	عقدة نفاذ متعددة الخدمات *(Multiservice Access Node)*
MTIE	الخطأ الأقصى في الفاصل الزمني *(Maximum Time Interval Error)*
NTP	بروتوكول زمن الشبكة *(Network Time Protocol)*
OLT	انتهاء خط بصري *(Optical Line Termination)*
OTN	شبكة نقل بصرية *(Optical Transport Network)*
PDH	تراتب رقمي متقارب التزامن *(Plesiochronous Digital Hierarchy)*

PDV تغاير تأخر الرزم *(Packet Delay Variation)*

PEC ميقاتية تجهيزات قائمة على الرزم *(Packet-based Equipment Clock)*

PHY (طبقة) مادية *(PHYsical (layer))*

PNT توقيت شبكة الرزم *(Packet Network Timing)*

PNT-F وظيفة توقيت شبكة الرزم *(PNT-Function)*

PRC ميقاتية مرجعية أولية *(Primary Reference Clock)*

PSC-A ميقاتية الخدمة القائمة على الرزم التكيفية *(Packet-based Service Clock Adaptive)*

PSC-D ميقاتية الخدمة القائمة على الرزم التفاضلية *(Packet-based Service Clock-Differential)*

PSTN شبكة هاتفية تبديلية عمومية *(Public Switched Telephone Network)*

PTP بروتوكول دقة الوقت *(Precision Time Protocol)*

QL مستوى الجودة *(Quality Level)*

SASE تجهيزات تزامن قائمة بذاتها *(Stand Alone Synchronization Equipment)*

SDH تراتب رقمي متزامن *(Synchronous Digital Hierarchy)*

SEC ميقاتية تجهيزات تراتب رقمي متزامن *(SDH Equipment Clock)*

SLA اتفاق مستوى الخدمة *(Service Level Agreement)*

SNTP بروتوكول زمن شبكة بسيط *(Simple Network Time Protocol)*

SRTS خاتم توقيت متبقي متزامن *(Synchronous Residual Time Stamp)*

SSM رسالة حالة التزامن *(Synchronization Status Message)*

SSU وحدة تزويد التزامن *(Synchronization Supply Unit)*

STM أسلوب نقل متزامن *(Synchronous Transfer Mode)*

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

TDD الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن *(Time Division Duplex)*

TDEV انحراف زمني *(Time DEViation)*

TDM تعدد الإرسال بتقسيم الزمن *(Time Division Multiplex)*

TDM PW تعدد الإرسال بتقسيم الزمن شبه السلكي *(TDM PseudoWire)*

ToD ميقات اليوم *(Time of Day)*

UI فاصل الوحدة *(Unit Interval)*

UTC التوقيت العالمي المنسق *(Coordinated Universal Time)*

WCDMA نفاذ نطاق عريض متعدد بتقسيم الشفرة *(Wideband Code Division Multiple Access)*

5 اصطلاحات

يُستعمل المصطلحان "رزم" و"أرتال" بالتبادل في شتى أجزاء هذه التوصية.

في إطار هذه التوصية، يشير مصطلح "إثرنت" إلى واجهة كما هي معرّفة في المعيار [IEEE 802.3] ولا تمتثل لمتطلبات التوقيت الإضافية لإثرنت المتزامنة كما هي محددة في هذه التوصية، وفي التوصيتين [ITU-T G.8262] و[ITU-T G.8264].

6 نظرة عامة

كانت الغاية من تبديل الرزم في الأصل هي تناول البيانات اللاتزامنية.

بيد أنه يجب مراعاة متطلبات التزامن الصارمة بالنسبة للتطبيقات الحديثة، من قبيل نقل خدمة تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) وتوزيع التزامن عبر شبكات الرزم.

ويزيد التطور المستمر في الاتصالات من أرجحية قيام بيئات هجينة من الرزم/الدارات لخدمات الصوت وبيانات نطاق الصوت. إذ تدمج هذه البيئات تقنيات الرزم (مثل أسلوب النقل اللامتزامن (ATM) وبروتوكول الإنترنت (IP) والإثرنت) مع أنظمة تعدد الإرسال TDM التقليدية. وفي ظل هذه الشروط، من الأهمية بمكان ضمان الحفاظ على مستوى مقبول من الجودة (أي معدل انزلاق محدود).

والتزامن في شبكات تعدد الإرسال TDM مفهوم وينفذ بشكل جيد. إذ يحرص مورّد خدمات دارة TDM عموماً على وجود شبكة لتوزيع التوقيت توفر التزامن الذي يمكن تتبعه إلى ميقاتية مرجعية أولية (أي ميقاتية متوافقة مع التوصية [ITU-T G.811]).

وتعنى جوانب التوقيت والتزامن التي تتناولها هذه التوصية بداية بالشبكات التي لها طبقة مادية قائمة على أنماط وسائط الإثرنت على النحو المحدد في المعيار [IEEE 802.3] (انظر البند 1، في مجال التطبيق).

ويرد تعريف المعمارية الوظيفية لشبكات الإثرنت في التوصية [ITU-T G.8010].

وفي سياق هذه التوصية، تُشير الطبقات الأعلى (مثل الطبقة 7 في نموذج التوصيل البيني للأنظمة المفتوحة OSI) إلى تطبيقات منقولة عبر شبكات الرزم. ولتطبيقات الوقت الفعلي متطلبات توقيت صارمة نسبياً بشأن التأخير وتغاير التأخير. وقد تحل بعض التطبيقات مشكلات التوقيت لديها ضمن الطبقات الأعلى (من قبيل فريق خبراء الصور المتحركة MPEG-2)؛ بينما تعتمد تطبيقات أخرى على دعم التوقيت الذي تقدمه واحدة أو أكثر من الطبقات الأدنى (مثل الطبقة المادية).

وتهدف هذه التوصية إلى وصف طرائق مختلفة للحصول على المتطلبات المتعلقة بالتزامن. وتنظر التوصية في كل من ميداني خدمة مضاهاة الدارة (CES) وتوقيت شبكات الرزم (PNT)، وتتناول بالوصف متطلبات مختلفة.

وعلاوة على ذلك، تصف هذه التوصية متطلبات الواجهات والتجهيزات التي تشكل جزءاً من الإثرنت وشبكة الإثرنت المتزامنة. كما توصي بالأحوال التي يتعيّن فيها تطبيق مختلف أنماط طرائق التزامن.

وتلخص الفقرات التالية بعض الاعتبارات المتعلقة بمتطلبات التزامن القابلة للتطبيق في شبكة قائمة على الرزم.

وتتناول هذه التوصية بالدرجة الأولى خدمة مضاهاة الدارة (CES) في بيئات شبكة عمومية. وقد يكفي، في بعض تطبيقات الشبكات الخاصة التي تنطوي على مضاهاة الدارات، أن تُوزَّع ميقاتية مشتركة، بمستوى جودة ميقاتية مرجعية غير أولية (PRC)، باتجاه عُقد وظيفة التشغيل البيني (IWF) في الخدمة CES. بيد أن استعمال توقيت تزامن أدنى من مستوى جودة الميقاتية المرجعية الأولية (PRC) قد يتسبب في صعوبات تشغيل بين مختلف ميادين الشبكة، مثل التوصيل البيني الذي يضم عدداً من موردي الشبكات العمومية.

ويحتاج موضوع استعمال ميقاتية مشتركة بمستوى جودة ميقاتية غير الميقاتية PRC إلى المزيد من الدراسة.

1.6 متطلبات تزامن شبكة الرزم

لا تحتاج العقد المستخدمة في تقنية الإرسال بالرزم (مثل عقد شبكة أسلوب النقل اللامتزامن ATM) إلى أي تزامن لتنفيذ وظيفة تبديل الرزم. وفي الواقع، يوفر جهاز فرد، في أي نقطة دخول لبدالة رزم، تكييفاً لتوقيت رزم الإشارة الواردة (تكييف توقيت الخلية مثلاً في حالة بدالة الأسلوب ATM) مع التوقيت الداخلي. ففي حالة شبكات أسلوب ATM مثلاً، يقوم مبدأ مراعاة فروق التردد على حشو الخلايا الخاملة. ولذلك، لا تحتاج وصلات الإرسال من حيث المبدأ لأي تزامن فيما بينها.

ولكن بما أن شبكة الرزم تتطور بحيث تضم التطبيقات القائمة على تعدد الإرسال TDM، أي عند نقل تدفق بمعدل بتات ثابت (CBR) عبر شبكة الرزم وعند التشغيل البيني مع شبكات هاتفية عمومية تبديلية (PSTN)، يجب أن تقدم شبكة الرزم التوقيت الصحيح عند واجهات الحركة.

وهذا يعني أن المتطلبات الخاصة بوظائف التزامن في شبكات الرزم، ولا سيما عند حدود هذه الشبكات، تتوقف على الخدمات المحمولة عبر الشبكة. وبالنسبة إلى الخدمات القائمة على تعدد الإرسال TDM، قد تستلزم وظيفة IWF تشغيل تزامن الشبكة لتوفير أداء مقبول.

2.6 متطلبات توقيت تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM)

يحتاج نقل إشارات تعدد الإرسال TDM عبر شبكات الرزم إلى أن تتطابق الإشارات عند خرج شبكة الرزم مع متطلبات توقيت TDM. ولا مناص من ذلك لتمكين التشغيل البيني مع تجهيزات TDM.

ولا تتوقف هذه المتطلبات على نمط المعلومات (صوت أو بيانات) التي تنقلها إشارة TDM.

ويسمى تكييف إشارات TDM مع شبكة الرزم خدمة مضاهاة الدارة (CES).

ومتطلبات التوقيت المنطبقة هي: حدود الارتعاش والجنوح عند واجهات الحركة و/أو التزامن، ودقة التردد على المدى الطويل (التي قد تؤثر على أداء الانزلاق) والتأخير الكلي (وهو حرج بالنسبة إلى خدمات الوقت الفعلي، مثل خدمة الصوت).

1.2.6 متطلبات توقيت التراتب الرقمي المتقارب التزامن (PDH)

تتعلق متطلبات توقيت التراتب الرقمي المتقارب التزامن (PDH) لواجهات الحركة، بشكل أساسي، بأداء الارتعاش والجنوح والانزلاق.

وتنطبق متطلبات مدى التسامح في الارتعاش والجنوح عند دخل عنصر الشبكة على حدود شبكة الرزم. وتنطبق متطلبات توليد الارتعاش والجنوح عند خرج عنصر الشبكة في مخرج شبكة الرزم.

وهذه القيم محددة في التوصية [ITU-T G.823] لشبكة قائمة على تراتب 2048 kbit/s، وفي التوصية [ITU-T G.824] لشبكة قائمة على تراتب 1 544 kbit/s.

وبالإضافة لذلك، تحدد التوصية [ITU-T G.822] أهداف معدل الانزلاق المنطبقة. وهذه هي الحالة عندما تختلف ميقاتية التجهيزات التي تولد إشارة تعدد الإرسال TDM عن ميقاتية التجهيزات المستعملة في استعادة الإشارة TDM من الرزم، ويلزم استخدام دارئة انزلاق في التطبيق.

2.2.6 متطلبات واجهات التزامن

تكون متطلبات التزامن أكثر صرامةً في الحالة التي تُحدَّد فيها إشارات التراتب الرقمي المتقارب التزامن (PDH) كواجهات تزامن، وذلك بالمقارنة بمتطلبات واجهات الحركة بتراتبي 2 048 kbit/s و1 554 kbit/s. ويرد أيضاً تعريف متطلبات واجهة التزامن بالنسبة لواجهات التراتب PDH في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824].

3.2.6 متطلبات توقيت التراتب الرقمي المتزامن (SDH)

يجب أن تكون أي إشارة نقل متزامن من السوية N-(STM) متطابقة مع التوصية [ITU-T G.825]. وتشير المتطلبات ذات الصلة إلى مدى تسامح في الارتعاش والجنوح منطبق عند دخل عنصر الشبكة على حدود شبكة الرزم التي تستقبل بيانات STM-N مع توليد الارتعاش والجنوح المنطبق عند خرج عنصر الشبكة الذي يولد حركة STM-N في الطرف الآخر من شبكة الرزم.

ولا توجد اختلافات، في حالة إشارات STM-N، بين واجهات الحركة والتزامن باعتبار أن جميع إشارات STM-N معرّفة بمثابة واجهات تزامن.

3.6 هندسة شبكة التزامن في شبكات الرزم

تكمن القوة الدافعة لكثير من هذا المسعى في تلبية احتياجات التزامن الخاصة بالتطبيق أو، عموماً، الحاجة إلى تقنيات معيّنة (من قبيل المحطات القاعدة في شبكات النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM) ونفاذ النطاق العريض المتعدد بتقسيم الشفرة (WCDMA). ولتحقيق هذا الهدف، يتعيّن على المشغلين أن يوزعوا إشارة توقيت مرجعية بجودة مناسبة على عناصر الشبكة التي تعالج التطبيق.

ويتمثل أحد النهج في اتباع استراتيجية PRC موزعة (بواسطة تقنيات النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) مثلاً). ويعتمد نهج بديل على استراتيجية 'رئيس-تابع'. وعند إجراء النقل الأساسي للرزم (أرتال إثرنت مثلاً) عبر التقنيات المتزامنة القائمة (شبكات PDH أو SDH)، فإن القواعد الهندسية لتصميم شبكة التزامن في هذه الحالات مفهومة وموثّقة بشكل جيد (انظر مثلاً التوصية [ITU-T G.803]). ومن جهة أخرى، عندما يعتمد النقل الأساسي على تقنيات غير متزامنة (أي الإثرنت)، تؤخذ النهج البديلة في الاعتبار. وسيجري تحليل ذلك بمزيد من التفصيل في البند 7.

4.6 متطلبات التوقيت عند حافة الشبكة مقابل متطلبات التوقيت في الشبكة الرئيسية

يمكن طلب درجات مختلفة من الأداء عندما تكون شبكة الرزم جزءاً من شبكة نفاذ أو تكون الطبقة الأساسية للشبكة الرئيسية.

ويمكن طلب توزيع مراجع تزامن على جزء من شبكة رئيسية ليتطابق مع متطلبات الارتعاش والجنوح الصارمة ([ITU-T G.823] و[ITU-T G.824] بالنسبة لواجهات التزامن و[ITU-T G.825]).

أما في شبكة النفاذ، فيمكن تخفيف هذه المتطلبات بما يسمح بتوزيع إشارة توقيت مرجعية ذات أداء (أقل من مستوى جودة الميقاتية PRC مثلاً) يكفي للوفاء بمتطلبات التوقيت لعقدة النهاية (محطة قاعدة أو مودم ITU-T V.90 مثلاً). وترد معلومات إضافية في التذييل IV.

5.6 ميدان توقيت شبكة الرزم (PNT) وميدان خدمة مضاهاة الدارة (CES)

تتناول هذه التوصية مسألتين رئيسيتين مختلفتين:

1) كيفية نقل إشارة ميقاتية شبكة مزامنة عبر شبكة رزم:
   - هذه المسألة متصلة بميدان توقيت شبكة الرزم (PNT)، وتشير إلى ميقاتية الشبكة (انظر التعاريف).
   - الإرشادات بشأن هذه المسألة واردة في البند 7.
2) كيفية نقل إشارة ميقاتية خدمة:
   - هذه المسألة متصلة بميدان خدمة مضاهاة الدارة (CES)، وتشير إلى ميقاتية الخدمة (انظر التعاريف).
   - الإرشادات بشأن هذه المسألة واردة في البند 8.

ثمة معلومات إضافية بشأن ميداني التوقيت PNT والخدمة CES في الملحق B.

7 توزيع إشارة التوقيت المرجعية عبر شبكات الرزم (ميدان توقيت شبكة الرزم PNT)

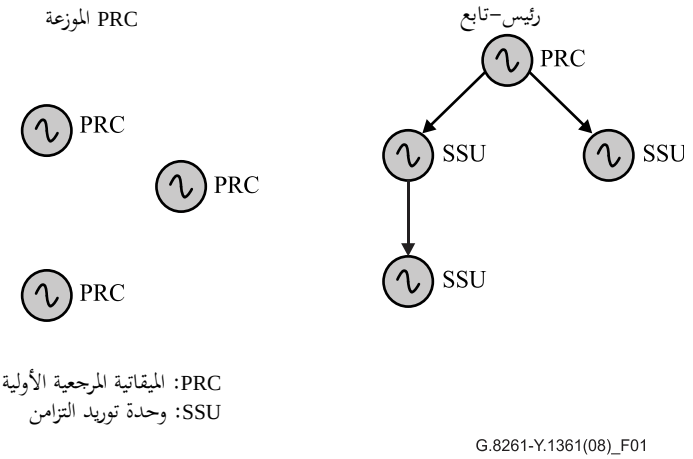
للوفاء بمتطلبات التزامن المعمول بها، ينبغي أن يكون بالإمكان توزيع إشارة توقيت مرجعية ذات خصائص مناسبة من حيث استقرار الطور ودقة التردد.

ويُحدَد صنفان أساسيان من الطرائق في هذه التوصية:

1) طرائق متقاربة التزامن ومتزامنة مع الشبكة (أي إن إشارة التوقيت المرجعية موزعة فوق الطبقة المادية المتزامنة)؛
2) طرائق مستندة إلى الرزم.

1.7 طرائق متقاربة التزامن ومتزامنة مع الشبكة

تشير طرائق الصنف الأول إلى طريقة ميقاتية PRC الموزعة (القائمة على نظام GPS مثلاً)، أو إلى طريقة 'رئيس–تابع' باستعمال طبقة مادية متزامنة (مثل STM-N)؛ انظر الشكل 1. وتُنفّذ هذه الطرائق على نطاق واسع لمزامنة شبكات تعدد الإرسال TDM.



الشكل 1 – طريقة الميقاتية المرجعية الأولية (PRC) الموزعة وطريقة 'رئيس– تابع'

وتقوم شبكات الإثرنت التقليدية على التشغيل الحر (± 100 ppm). غير أنه من الممكن، في حالة إثرنت المتزامنة، تصميم معمارية تزامن 'رئيس–تابع' في الطبقة المادية. وفي هذه الحالة يمكن استعمال الطبقة المادية للإثرنت لتقديم توزيع إشارة توقيت مرجعية عبر شبكات الرزم، من المستوى الأساسي حتى مستوى النفاذ. ويمكن استعمال هذه الطريقة أيضاً لتوفير عملية استعادة التوقيت في وظائف IWF لخدمات معدل البتات الثابت (CBR) المنقولة عبر شبكات الرزم (عمليات متزامنة مع الشبكة). كما يمكن استعمالها لتوفير إشارة توقيت مرجعية حتى مستوى تجهيزات النفاذ عند الحافة في شبكة إثرنت صرف تدعم إثرنت متزامنة.

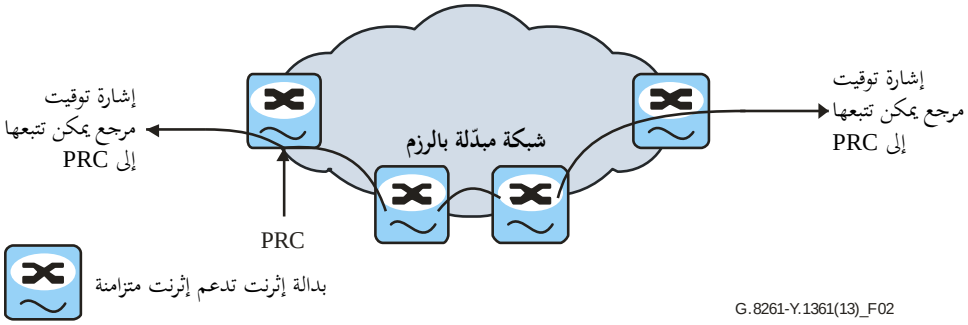
ويورد البند 1.1.7 تفاصيل لطريقة رفيعة المستوى لتحقيق شبكة إثرنت متزامنة.

1.1.7 شبكات الإثرنت المتزامنة

يرد المفهوم العام لتقديم ميقاتية طبقة مادية من بدالة إثرنت عبر وظيفة IWF في الشكل 2.

وتُدفع إشارة التوقيت المرجعية التي ترجع إلى ميقاتية PRC في بدالة الإثرنت بواسطة منفذ ميقاتية خارجية. وتُستخرج هذه الإشارة وتُعالج عبر وظيفة التزامن قبل إلحاق التوقيت بتدفق بتات الإثرنت. وتقدم وظيفة التزامن الترشيح وقد تتطلب الاستبقاء. وتدعى الميقاتية التي تدعم شبكات إثرنت المتزامنة ميقاتية تجهيزات الإثرنت (EEC) المتزامنة، انظر التوصية [ITU-T G.8262].

وكما هو مبين في الشكل، قد يكون هنالك عدد من بدالات الإثرنت ضالعة في توزيع إشارة التوقيت. وفي هذه الأحوال، يجب أن تكون وظيفة التزامن ضمن بدالات الإثرنت هذه قادرة على استعادة "توقيت خط" التزامن من تدفق البتات الوارد.



الشكل 2 – مثال لشبكة تزامن رئيس–تابع فوق إثرنت متزامنة

وكجزء من المعمارية، ينبغي التمييز بين ميقاتية الشبكة وميقاتية الخدمة كما هو موضح أدناه.

وينطبق تعبير إثرنت المتزامنة على ميقاتية الشبكة التي تتحكم بمعدل البتات التي تغادر بدالة إثرنت. ويجب أن تمتثل هذه الميقاتية للتوصية [ITU-T G.8262].

وتعتبر الخدمة لاتزامنية فعلياً في إطار تقنية الإثرنت القائمة. وفي الإثرنت المتزامنة، يستمر اقتران خدمات الإثرنت القائمة بالطبقة المادية للإثرنت وانفصامها عنها بالمعدلات المناسبة التي تولدها ميقاتيات الخدمة.

ويرد في الملحق A وصف لمعمارية مقترحة من أجل شبكات التزامن القائمة على الإثرنت المتزامنة.

ملاحظة – يتعين أن تمتثل تجهيزات إثرنت المتزامنة للتوصية [ITU-T G.781] التي تحدد طبقة المزامنة، والتوصية [ITU-T G.8264] التي تحدد رسالة حالة التزامن (SSM) للإثرنت المتزامنة.

2.7 الطرائق القائمة على الرزم

يعتمد الصنف الثاني من الطرائق على معلومات التوقيت التي تحملها الرزم. وفي هذه الحالة، يمكن حمل التوقيت في رسائل مكرسة لختم الوقت، كما هو مبين في الشكل 3. وفي الحالة التي لا تكون فيها الطبقة المادية متزامنة، يكون هذا هو البديل الوحيد لنهج الميقاتية PRC الموزعة. والمبادئ التي تستند إليها هذه الطرائق موجزة في التذييل XII.

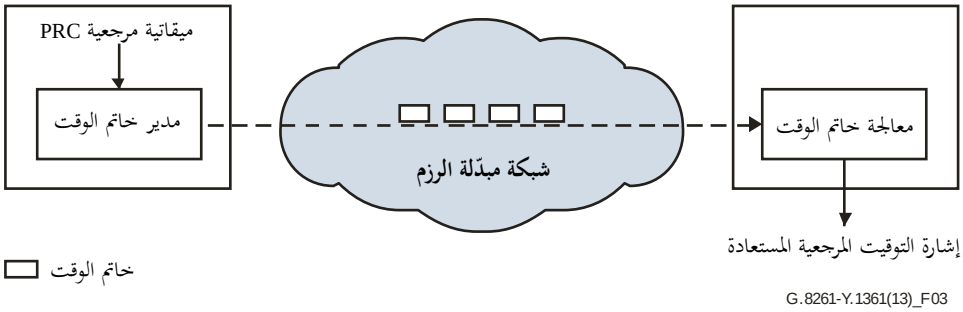
ويمكن أن يستند خاتم الوقت إلى عدة بروتوكولات. ومن أمثلة هذه البروتوكولات بروتوكول وقت الشبكة (NTP) وبروتوكول دقة الوقت (PTP) (انظر البند 4.XII).

ويستخدم البروتوكول PTP أختام الوقت من أجل تزامن الميقاتيات في الشبكة في تراتب على أساس رئيس–تابع. ويمكن استخدامه لتوزيع معلومات التردد و/أو ميقات اليوم (ToD). وقد وضع البروتوكول PTP أصلاً لعمليات الأتمتة الصناعية وصناعات الاختبار والقياس، ولكن صيغة جديدة منه (انظر البند 4.XII) تشتمل على عدد من التحديثات بحيث يمكن استخدامه في شبكات الاتصالات.

يُستخدم بروتوكول وقت الشبكة (NTP) وبروتوكول وقت الشبكة البسيط (SNTP) تقليدياً لتوزيع معلومات ميقات اليوم. ويمكن استخدام نفس الرزم لتوزيع معلومات التردد أيضاً.

والطرائق القائمة على الرزم تكييفية في طبيعتها، إذ لا تتطلب الدعم من مرجع تزامن على مستوى الشبكة بأكملها. ولذا يتأثر الأداء بحكم تفاوت تأخر الرزم في الشبكة (انظر البند 10). ورغبةً في تقليل الأثر من شبكة الرزم التي تستخدم رزم البروتوكول PTP أو NTP، قد يتعين تنفيذ خوارزميات معينة في جانب العميل، وذلك تبعاً للدقة المطلوبة (انظر التذييلين III وIV).

ويمكن النظر في متطلبات إضافية بشأن العُقد الوسيطة في الشبكة بغية تعزيز أداء هذه الطرائق. وجدير بالملاحظة أنه لا يمكن دوماً القيام بذلك، ولا سيما في الحالات التي تستخدم فيها التجهيزات التقليدية.



الشكل 3 – مثال للطرائق القائمة على الرزم حيث يتم توزيع التوقيت لإشارة التوقيت المرجعية بواسطة أختام الوقت

ملاحظة – لمزيد من التفاصيل بشأن الطرائق القائمة على الرزم والمتطلبات المتصلة بها، انظر التوصيات [ITU-T G.8261.1] و[ITU-T G.8263] و[ITU-T G.8265] و[ITU-T G.8265.1]. وثمة معلومات إضافية وتوصيات ذات صلة بالطرائق القائمة على الرزم في البند 2.2.12.

وتدعى الميقاتية التي تدعم الطرائق القائمة على الرزم ميقاتية التجهيزات القائمة على الرزم (PEC)، (انظر الملحق B).

8 استعادة التوقيت لخدمات معدل البتات الثابت المنقولة عبر شبكات الرزم (ميدان خدمة مضاهاة الدارة CES)

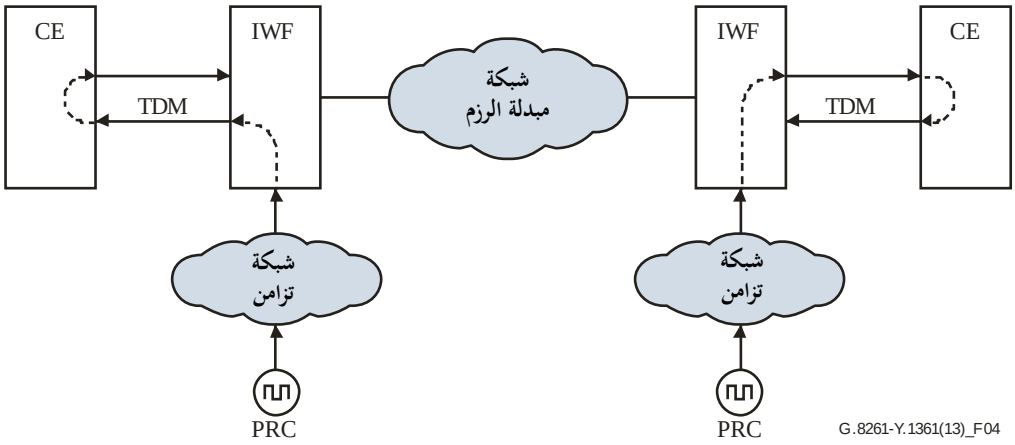
تتطلب خدمات معدل البتات الثابت (CBR) (مثل إشارة تعدد الإرسال TDM المضاهاة بالدارة) تماثل توقيت الإشارة على كلا طرفي شبكة الرزم (ميدان CES) وأن تتناوله وظيفة التشغيل البيني (IWF) المسؤولة عن تقديم تدفق معدل البتات الثابت. وتتجسد فكرة الحفاظ على ميقاتية الخدمة في استنساخ التردد الوارد لميقاتية الخدمة باعتباره التردد الخارج لميقاتية الخدمة عند النظر إليه من منظور متوسط طويل الأجل. لكن هذا لا يعني استنساخ جنوح إشارة TDM الواردة على إشارة TDM الخارجة.

ويرد وصف للطرائق الأربع العاملة المحددة ضمن هذه التوصية في البنود التالية:

1) التشغيل المتزامن مع الشبكة
2) الطرائق التفاضلية
3) الطرائق التكييفية
4) الميقاتية المرجعية المتيسرة في أنظمة تعدد الإرسال TDM الطرفية.

1.8 التشغيل المتزامن مع الشبكة

تشير هذه الطريقة إلى التشغيل المتزامن تماماً مع الشبكة باستعمال ميقاتية مشتقة من شبكة ترجع إلى ميقاتية PRC أو ميقاتية PRC محلية (مثل نظام GPS) كميقاتية للخدمة (انظر الشكل 4). ويعني هذا ضمناً تيسّر مرجعية PRC. وينبغي التأكيد على أن هذه الطريقة لا تحفظ توقيت الخدمة.



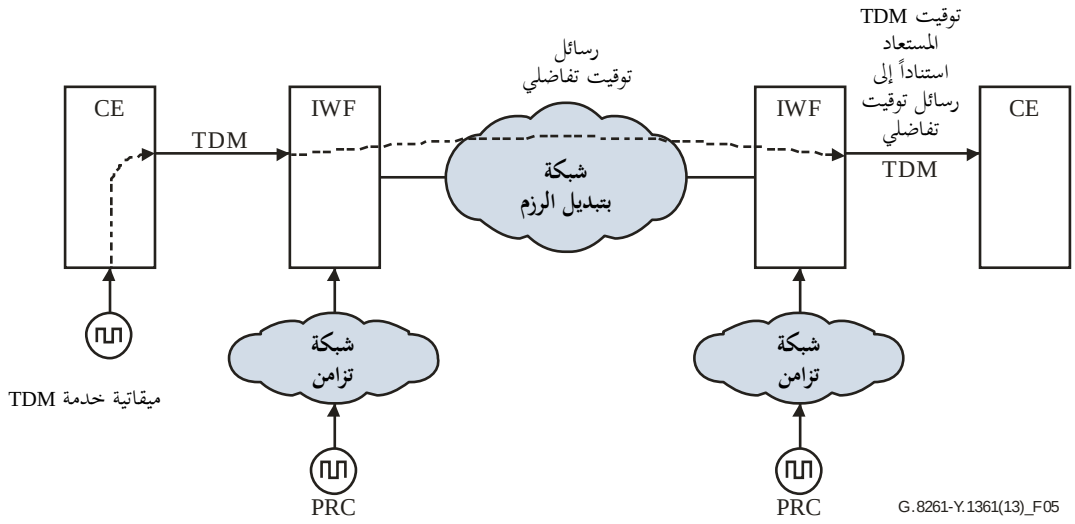
قد يكون منشأ ميقاتيّتي PRC من نفس المصدر أيضاً

الشكل 4 – مثال عن التشغيل المتزامن مع الشبكة

ملاحظة – يجب أن تتطابق إشارة التوقيت المرجعية عند دخل الوظيفة IWF مع واجهات التزامن على النحو المحدد في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824].

2.8 الطرائق التفاضلية

حسب الطرائق التفاضلية، يُشفَّر الفارق بين ميقاتية الخدمة والميقاتية المرجعية ويُرسل عبر شبكة الرزم (انظر الشكل 5). وتُستعاد ميقاتية الخدمة على الطرف البعيد من شبكة الرزم بواسطة ميقاتية مرجعية مشتركة. وتُعتبر طريقة خاتم التوقيت المتبقي المتزامن (SRTS) [b-ITU-T I.363.1] أحد الأمثلة لهذه الأسرة من الطرائق. وينبغي التأكيد على أن هذه الطريقة تستطيع أن تحفظ توقيت الخدمة.



قد يكون منشأ ميقاتيّتي PRC من نفس المصدر أيضاً

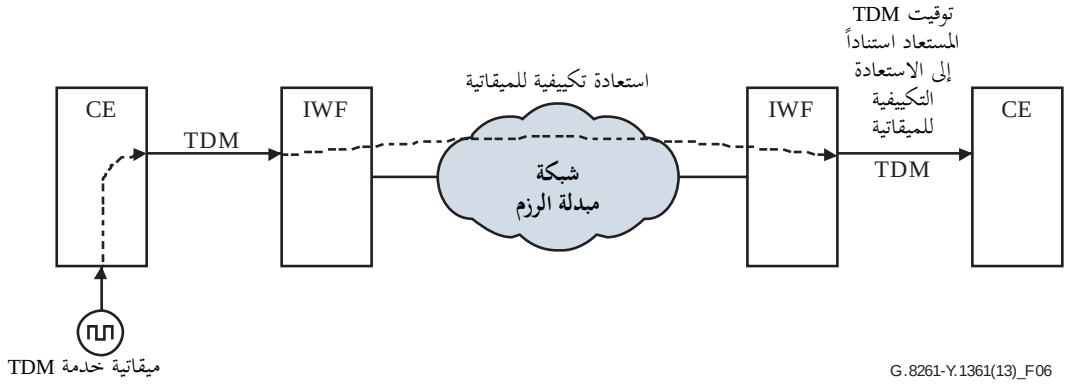
الشكل 5 – مثال لعملية استعادة التوقيت يستند إلى الطرائق التفاضلية

الملاحظة 1 – يمكن للطرائق التفاضلية أن تعمل مع ميقاتيات مرجعية لوظيفة IWF لا يعود أصلها إلى ميقاتية PRC. ولا يندرج استعمال الميقاتيات التي لا يعود أصلها إلى ميقاتية PRC والتي تعتمد على التطبيق ضمن مجال تطبيق هذه التوصية.

الملاحظة 2 – يجب أن تتطابق إشارة التوقيت المرجعية عند دخل الوظيفة IWF مع واجهات التزامن على النحو المحدد في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824].

3.8 الطرائق التكييفية

يمكن استعادة التوقيت، في الطرائق التكييفية، استناداً إلى الوقت ما بين ورود الرزم أو إلى مستوى امتلاء دارئة الارتعاش. وينبغي التأكيد على أن هذه الطريقة تحفظ توقيت الخدمة (انظر الشكل 6).

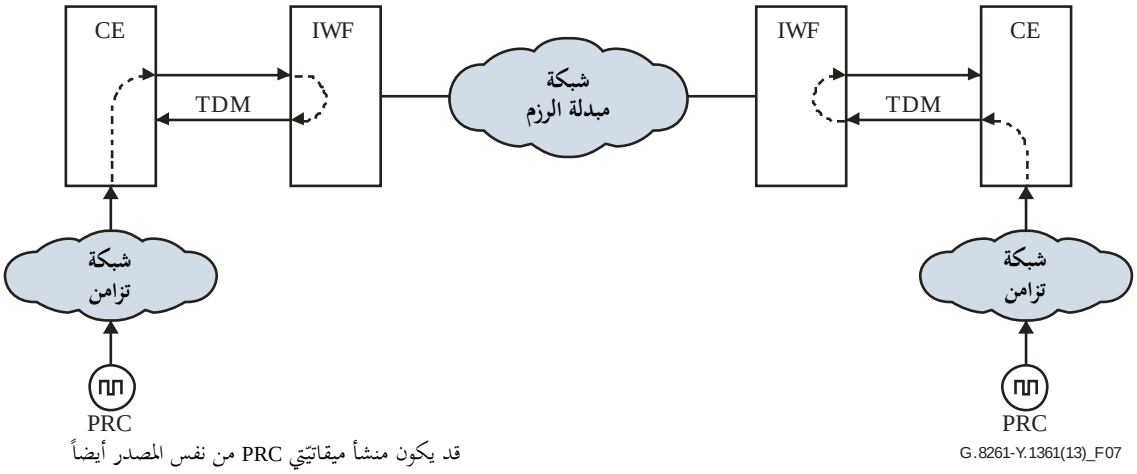


الشكل 6 – مثال عن الطريقة التكييفية

4.8 الميقاتية المرجعية المتيسرة في أنظمة تعدد الإرسال TDM الطرفية

عندما تتوفر ميقاتية مرجعية في كل طرف من نظام تعدد الإرسال TDM، فهي حالة عادية نظراً لأن كلا النظامين الطرفيين لهما نفاذ مباشر إلى التوقيت المرجعي وسوف يعيدان توقيت الإشارة الصادرة عن وظيفة IWF. ومن ثم لا حاجة إلى استعادة التوقيت.

ويُعدّ استعمال توقيت العروة في وظيفة IWF على واجهة لتعدد الإرسال TDM مثالاً لتنفيذ هذه الطريقة (انظر الشكل 7). وقد ينطبق هذا السيناريو مثلاً عندما يتصل اثنان من ميادين الشبكة PSTN من خلال شبكة رزم. وفي هذه الحالة، يكون كل من المرسل والمستقبل بدالة رقمية إذا كان هنالك حاجة إلى التحكم في الانزلاقات.



الشكل 7 – مثال عن إشارة التوقيت المرجعية PRC المتيسرة في أنظمة TDM الطرفية

9 حدود الشبكة

1.9 حدود شبكة خدمات مضاهاة الدارة (CES)

يتناول هذا البند حدود الشبكة المنطبقة على وصلات تعدد الإرسال TDM عند خرج الوظيفة IWF في خدمة CES (خرج منتقي المرجع في الوظيفة CES IWF في الشكل 4.B).

ويتعين أن تتحقق حدود الارتعاش والجنوح للشبكة المحددة حالياً في توصيات القطاع ITU-T ذات الصلة (أي في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824]) في كل السيناريوهات ذات الصلة بهذه التوصية.

ويصف هذا البند ثلاثة سيناريوهات نشر مختلفة لمقطع أو جزيرة الخدمة CES. وتحدَّد في هذا البند حدود الارتعاش والجنوح لواجهات حركة تعدد الإرسال TDM (عدا إشارات STM-N) المحمولة على مقطع خدمة CES في كل من هذه السيناريوهات.

أما حدود الشبكة، المنطبقة على واجهات التزامن (كما هي محددة في التوصية [ITU-T G.823] وفي البند 6 من التوصية [ITU-T G.824]) وعلى إشارات STM-N المحمولة عبر شبكات الرزم، فتحتاج إلى المزيد من الدراسة.

وينبغي ملاحظة أنه يمكن، في بعض الحالات، أن تُستعمل الإشارات ذات الجودة، بحسب البند 5 من التوصية [ITU-T G.823] والبند 5 من التوصية [ITU-T G.824] (واجهات الحركة)، وعندما تعزى إلى ميقاتية PRC، كإشارات توقيت مرجعية باتجاه تجهيزات طرفية قادرة على تحمل هذه الإشارات وعلى العمل بشكل صحيح (يُعتبر نموذج حالة النشر 2 مثالاً لهذا السيناريو).

ملاحظة – يجب أن تكون حدود الشبكة المقدمة في هذا البند صالحة في ظل الظروف الطبيعية (أي عندما لا تكون هناك أعطال أو أعمال صيانة مثلاً). ولا تقع في مجال تطبيق هذه التوصية مسألة تحديد نسبة الوقت الذي تنطبق خلاله هذه الحدود.

1.1.9 النموذج الشبكي الذي تقوم عليه حدود الشبكة

تُعتبر النماذج المبيّنة في الشكلين 1.A من التوصية [ITU-T G.823] و1.A من التوصية [ITU-T G.824]، بالنسبة لنقل إشارات التراتب الرقمي المتقارب الزمن (PDH)، نقطة البداية للنظر في إدراج مقطع الخدمة CES. ويجب أن يشكّل مخصص ميزانية الجنوح لمقطع CES مجرّد جزء من ميزانية الجنوح الكلية كما هو محدد في التوصية [ITU-T G.823] أو التوصية [ITU-T G.824]، حيث يتعيّن تقاسم ميزانية الجنوح الكلية مع باقي الشبكة.

ويمكن تطبيق متطلبات مختلفة للجنوح حسب موقع مقطع الخدمة CES. وقد تم تحديد عدة نماذج نشر CES، ويرد تعريف هذه النماذج في البنود 1.1.1.9 و2.1.1.9 و3.1.1.9.

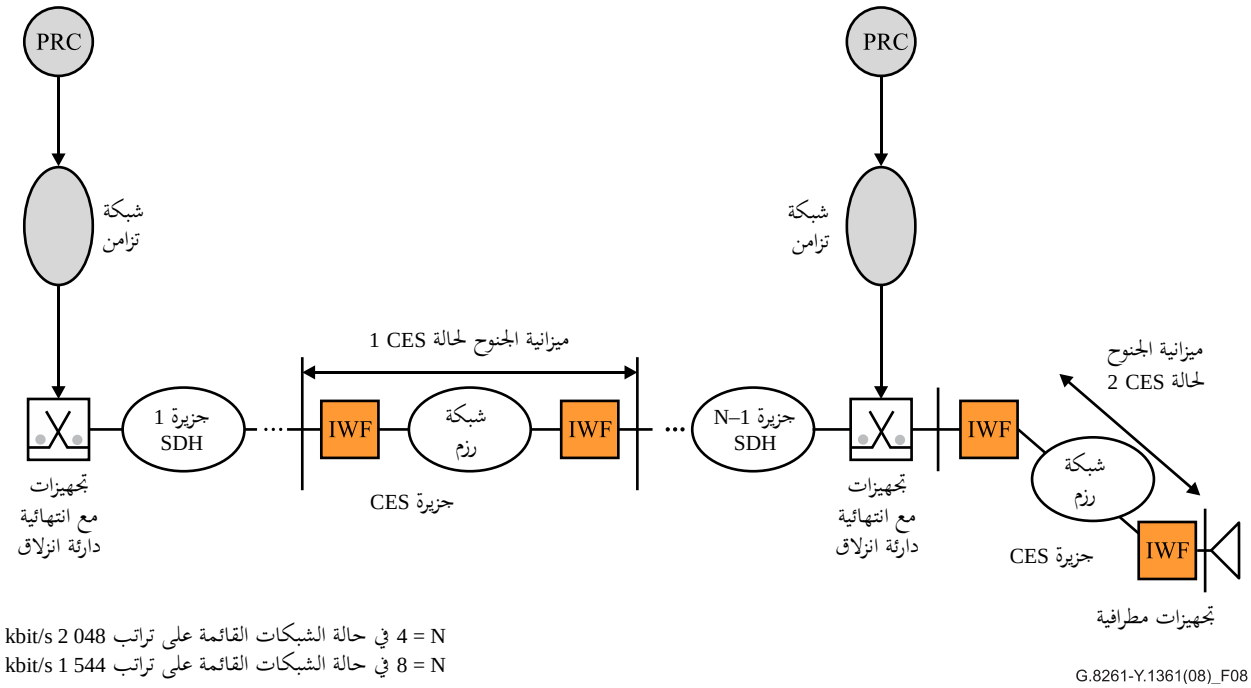
الملاحظة 1 – لا تبين الأشكال الواردة في هذا البند تفاصيل كيفية استعادة وظيفة IWF للتوقيت أو كيفية توزيع التوقيت في شبكة الرزم. ولمزيد من التفاصيل، راجع البندين 7 و8.

الملاحظة 2 – تُعرض جزيرة CES واحدة فحسب في هذه النماذج لأنها ترمي إلى تخصيص ميزانية جنوح لمقطع تقنية CES فقط. ويمكن أن تكون هناك عدة أنظمة CES ما دام توليد الجنوح المتراكم الخاص بها في حدود الميزانية المخصصة لخدمة CES.

ويخضع تراكم الجنوح عبر جزر متعددة للمزيد من الدراسة.

1.1.1.9 حالة النشر 1

عندما يقع مقطع خدمة مضاهاة الدارة CES في جزيرة بين بدالتي النموذج المرجعي للتوصية [ITU-T G.823]، تُحسب ميزانية الجنوح على أساس النموذج الوارد في الشكل 8. ويقوم النموذج على أساس الشكل 1.A في التوصية [ITU-T G.823] والشكل 1.A في التوصية [ITU-T G.824]، حيث تُستبدل إحدى جزر التراتب SDH بشبكة خدمة CES.

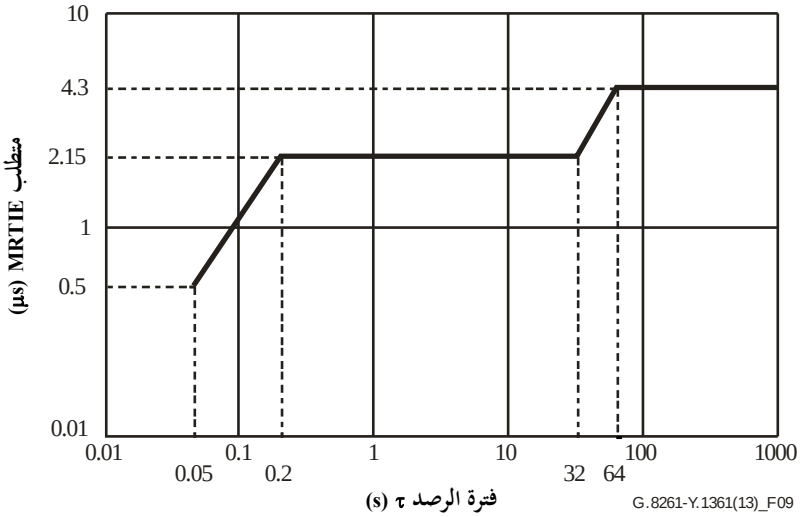


الشكل 8 – نموذجان لشبكتين لتراكم جنوح الحركة والميقاتية: حالتا النشر 1 و2

ويرد تحديد لميزانية الجنوح، المعبر عنها بالخطأ النسبي الأقصى في الفاصل الزمني (MRTIE)، لإشارة 2 048 kbit/s في الجدول 1. ويرد في الشكل 9 المواصفة الإجمالية الناتجة.

الجدول 1 – حالة النشر 1: ميزانية جنوح واجهة 2 048 kbit/s

فترة الرصد τ (s)	**متطلب MRTIE (µs)**
$0{,}2 \geq \tau > 0{,}05$	τ 10,75
$32 \geq \tau > 0{,}2$	$2{,}15 = 0{,}24 \times 9$
$64 \geq \tau > 32$	τ 0,067
$1\,000 \geq \tau > 64$	$4{,}3 = 0{,}24 \times 18$
يلاحظ أن الحد الأقصى لفترة الرصد، بالنسبة للتشكيل اللاتزامني، هو 80 ثانية. يخضع تحديد فترة ما بين 80 و1 000 ثانية بالنسبة إلى الواجهات اللاتزامنية لمزيد من الدراسة.	



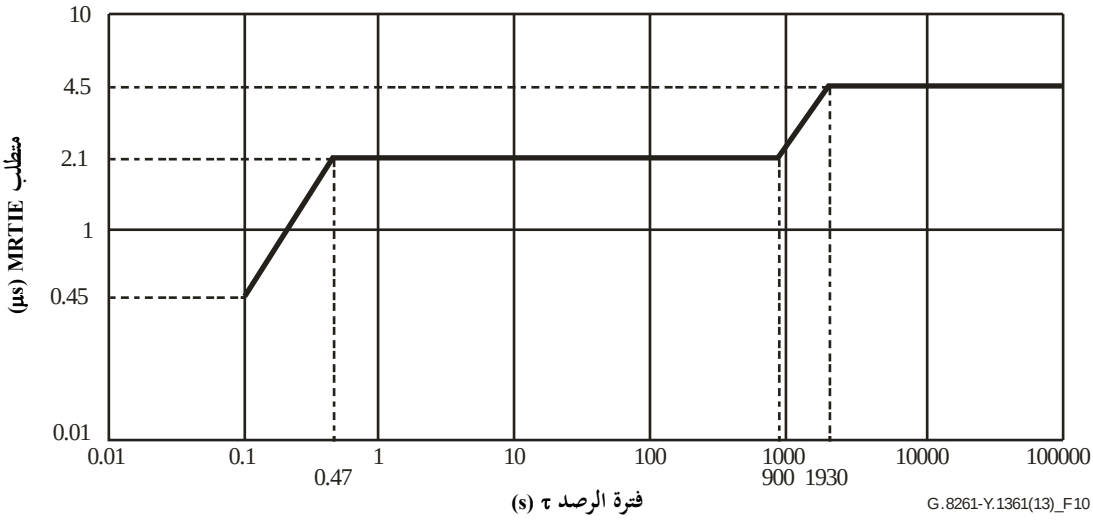
الشكل 9 – حالة النشر 1: ميزانية جنوح واجهة 048 2 kbit/s

يجب أن تمتثل حدود ارتعاش 048 2 kbit/s للشبكة لأحكام البند 1.5 من التوصية [ITU-T G.823].

يرد تحديد لميزانية الجنوح، المعبر عنها بالخطأ النسبي الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE)، لإشارة 544 1 kbit/s في الجدول 2. ويرد في الشكل 10 المواصفة الإجمالية الناتجة.

الجدول 2 – حالة النشر 1: ميزانية جنوح لواجهة 544 1 kbit/s

فترة الرصد τ (s)	متطلب MTIE (µs)
$0,1 \geq \tau$	لا متطلبات (انظر الملاحظة)
$0,47 \geq \tau > 0,1$	4,5 τ
$900 \geq \tau > 0,47$	2,1
$1\,930 \geq \tau > 900$	2,33 × 10e–3 τ
$86\,400 \geq \tau > 1\,930$	4,5
ملاحظة – تُغطى هذه المنطقة بمتطلبات الارتعاش.	



الشكل 10 – حالة النشر 1: ميزانية جنوح لواجهة 544 1 kbit/s

تتطابق حدود ارتعاش 544 1 kbit/s للشبكة مع القسم 1.5 من التوصية [ITU-T G.824].

ملاحظة – تحتاج حدود الشبكة لإشارات تراتب PDH الأخرى (أي إشارات 368 34 kbit/s و736 44 kbit/s و264 139 kbit/s) التي تحملها مقاطع CES إلى المزيد من الدراسة.

2.1.1.9 حالة النشر 2

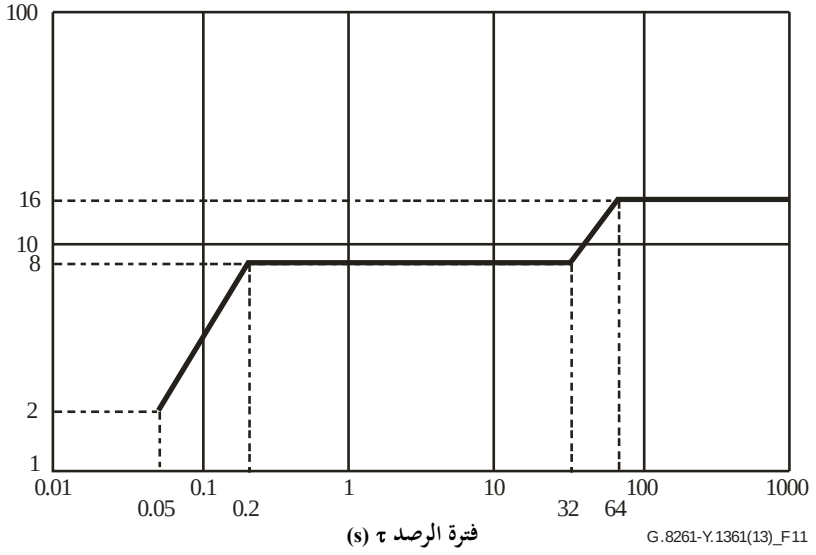
التطبيق A

عند وضع مقطع الخدمة CES خارج عناصر الشبكة المحتوية على دارئات الانزلاق (انظر الشكل 8)، يتعيّن أخذ أثر إعادة التوقيت للبدالة في الاعتبار. وسوف يفي توقيت إشارة الحركة عند خرج هذه التجهيزات بحد الشبكة بالنسبة إلى إشارة التزامن والذي يكون أكثر صرامة مما هو بالنسبة لإشارة الحركة.

وتكون ميزانية الارتعاش والجنوح للمقطع CES في هذه الحالة هي الفرق بين حد شبكة 048 2 kbit/s (انظر الشكل 1 في التوصية [ITU-T G.823]) وحد شبكة واجهة التزامن 048 2 kbit/s (انظر الشكل 10 في التوصية [ITU-T G.823]). ويرد هذا الحد، معبراً عنه بمتطلب MRTIE، في الجدول 3. ويرد في الشكل 11 المواصفة الإجمالية الناتجة.

الجدول 3 – الحالة 2A: حد جنوح خرج السطح البيني 048 2 kbit/s

فترة الرصد τ (s)	متطلب MRTIE (µs)
$0,2 \geq \tau > 0,05$	τ 40
$32 \geq \tau > 0,2$	8
$64 \geq \tau > 32$	τ 0,25
$1\,000 \geq \tau > 64$ (ملاحظة)	16
يلاحظ أن الحد الأقصى لفترة الرصد، بالنسبة للتشكيل اللاتزامني، هو 80 ثانية. يحتاج تحديد الفترة ما بين 80 و1 000 ثانية بالنسبة إلى الواجهات اللاتزامنية إلى المزيد من الدراسة.	



الشكل 11 – حالة النشر 2A: ميزانية جنوح الواجهة 048 2 kbit/s

في حالة الواجهات 544 1 kbit/s ، تنطبق متطلبات الحالة 1 أيضاً على تطبيقات الحالة 2.

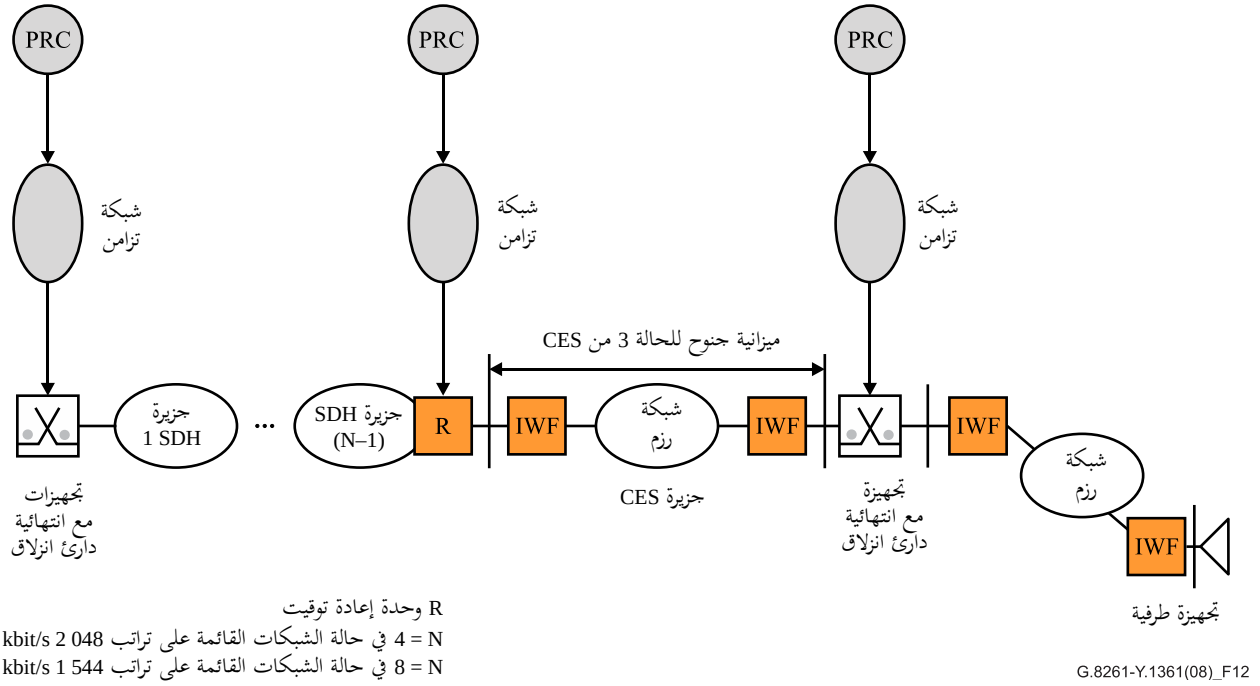
الملاحظة 1 – تحتاج حدود الشبكة لإشارات PDH الأخرى (أي إشارات 368 34 kbit/s و736 44 kbit/s و264 139 kbit/s) التي تحملها مقاطع CES إلى المزيد من الدراسة.

في هذه الحالة، يستعيد التطبيق التوقيت عبر إشارة تعدد الإرسال TDM، ومن ثم لا يوجد فارق ارتعاش وجنوح بين الميقاتية والبيانات خلاف الموجود ضمن عرض نطاق استعادة الميقاتية ذلك لأن البيانات والميقاتية تُستخرج من الإشارة نفسها. ولا يحد ميزانية الجنوح لمقطع CES إلا جودة التوقيت المطلوبة من التطبيق (في متطلبات المحطة القاعدة مثلاً) وليس بالضرورة من التوصية [ITU-T G.823].

الملاحظة 2 – هذا التطبيق صالح لتطبيقات لها إشارة واحدة فقط. فإن استُقبلت إشارتان، فقد يختلف فرق الارتعاش والجنوح لإحدى الإشارتين عما هو بالنسبة للميقاتية المستخرجة من الإشارة الأخرى.

3.1.1.9 حالة النشر 3

عند تنفيذ إعادة التوقيت في خرج جزر التراتب الرقمي المتزامن (SDH) كما هو مبيّن في الشكل 12، فإن اتساع الضوضاء على خرج التراتب الرقمي المتقارب التزامن (PDH) هو نفسه بالنسبة لواجهة التزامن. ويتيح ذلك زيادة في ميزانية الجنوح تصل إلى الميزانية الواردة في التطبيق A من حالة النشر 2 في بعض التشكيلات. وجدير بالملاحظة أن ميقاتية الخدمة ليست محفوظة من طرف إلى طرف في هذه الحالة.



الشكل 12 – سيناريو حالة النشر 3

2.9 حدود توقيت شبكة الرزم (PNT)

نماذج الشبكة وحدود الشبكة المتصلة بها محددة بشكل منفصل بالنسبة لحالة إثرنت المتزامنة (واجهة ميقاتية تجهيزات إثرنت المتزامنة EEC) وفي حالة الميقاتيات القائمة على الرزم (واجهة ميقاتية التجهيزات القائمة على الرزم PEC).

وعلى وجه الخصوص، تكون تفاصيل سلاسل التزامن القائمة على الإثرنت المتزامنة (من قبيل عدد الميقاتيات في سلسلة التزامن) وفقاً لنماذج التوصيات [ITU-T G.803] و[ITU-T G.823] و[ITU-T G.824].

وثمة أمثلة واردة في الشكل 1.D. وكما جاء في هذه الأمثلة، تعرّف حدود الشبكة بغية دعم عمليات التنفيذ الهجينة أيضاً، حيث تمزج التراتب SDH مع إثرنت المتزامنة.

ملاحظة – يجب أن تكون حدود الشبكة الواردة في هذا البند صالحة في ظل ظروف اعتيادية (أي في غياب ظروف الأعطال أو إجراءات الصيانة). ويقع تحديد نسبة الزمن الذي تنطبق أثناءه هذه الحدود خارج نطاق تطبيق هذه التوصية.

1.2.9 حدود شبكة واجهة ميقاتية تجهيزات إثرنت (EEC)

يتناول هذا البند حدود الشبكة عند خرج الميقاتية EEC في سلسلة تزامن ما.

ملاحظة – تطبق هذه الحدود عموماً في جميع النقاط في شبكة التزامن. في بعض حالات التطبيق، في شبكة النفاذ أساساً، قد يكون من الممكن استعادة التوقيت من إشارة إثرنت تولد الارتعاش والجنوح وفقاً لخصائص مدى التسامح في التجهيزات الموصولة (للاطلاع على أمثلة للتطبيقات ذات الصلة انظر التذييل IV). وتقع على عاتق المشغل مسؤولية استخدام وصلة إثرنت لا تتوافق مع الحدود المعينة في هذا البند.

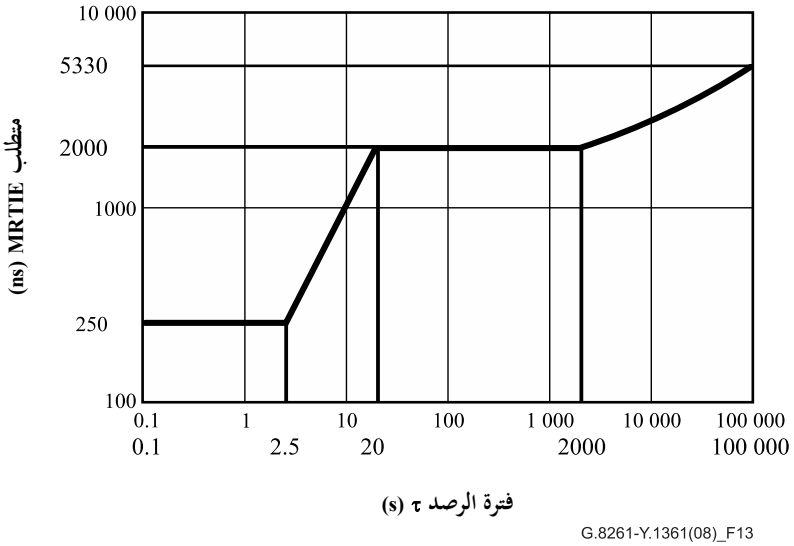
1.1.2.9 حد الجنوح في الشبكة عند واجهة الخيار EEC-1

يرد في الجدول 4 حد الجنوح في الشبكة عند واجهة خرج EEC-1، معبراً عنه بمتطلب الخطأ الأقصى MTIE في الجدول 4. ويبين الشكل 13 المواصفة الإجمالية الناتجة.

ملاحظة – القيم منسوبة إلى التوقيت العالمي المنسق (UTC)، أي إنها تشمل جنوح الميقاتية PRC.

الجدول 4 – حد الجنوح في الشبكة عند واجهة الخيار EEC-1 معبراً عنه بمتطلب الخطأ الأقصى MTIE

فترة الرصد τ (s)	متطلب MTIE (ns)
$2,5 \geq \tau > 0,1$	250
$20 \geq \tau > 2,5$	τ 100
$2\,000 \geq \tau > 20$	2 000
$2\,000 < \tau$	τ 0,01 + $^{0.2}\tau$ 433

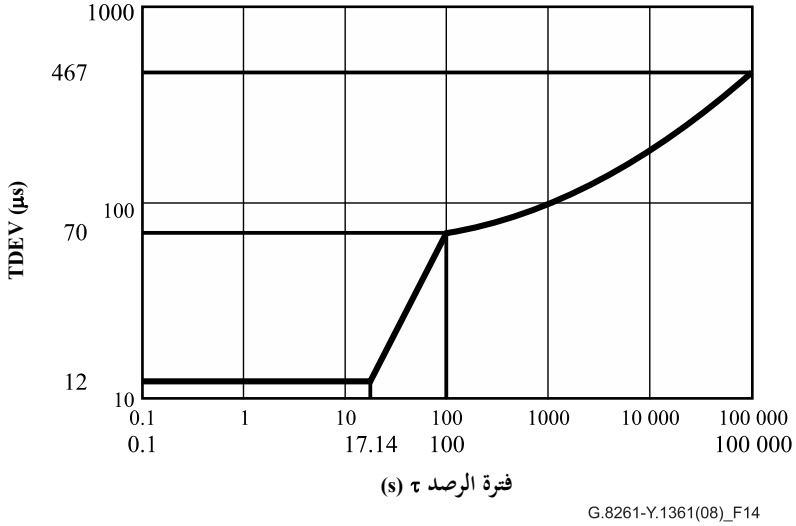


الشكل 13 – حد الشبكة للجنوح (الخطأ MTIE) عند واجهات الخيار EEC-1

يرد في الجدول 5 حد الجنوح في الشبكة عند واجهة خرج الخيار EEC-1، معبراً عنه بانحراف الزمن (TDEV). ويبين الشكل 14 المواصفة الإجمالية الناتجة.

الجدول 5 – حد الجنوح في الشبكة عند واجهات الخيار EEC-1 معبراً عنه بمتطلب انحراف الزمن TDEV

فترة الرصد τ (s)	متطلب TDEV (ns)
$17{,}14 \geq \tau > 0{,}1$	12
$100 \geq \tau > 17{,}14$	τ 0,7
$1\ 000\ 000 \geq \tau > 100$	τ 0,000 3 + $^{0,5}\tau$ 1,2 + 58



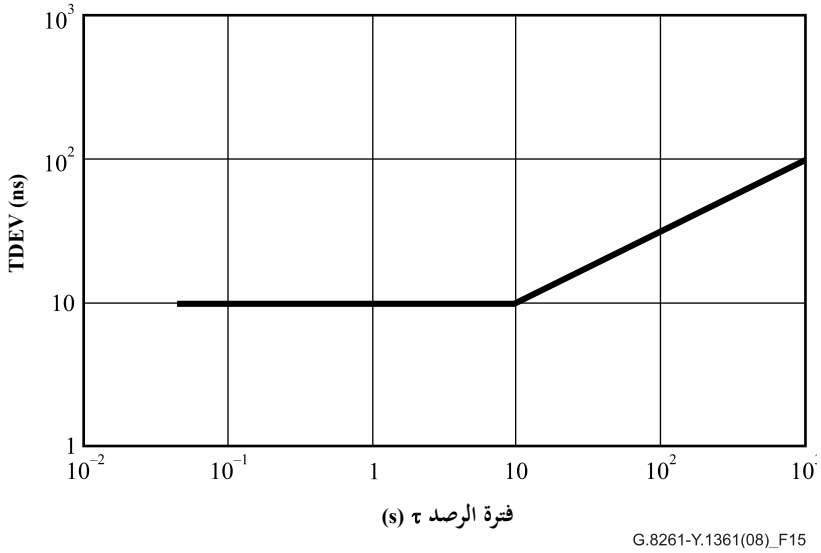
الشكل 14 – حد الشبكة للجنوح (TDEV) عند واجهات الخيار EEC-1

2.1.2.9 حد الجنوح في الشبكة عند واجهة الخيار EEC-2

يرد في الجدول 6 حد الجنوح في الشبكة عند خرج واجهة الخيار EEC-2، معبراً عنه بمتطلب انحراف الزمن TDEV. ويبين الشكل 15 المواصفة الإجمالية الناتجة.

الجدول 6 – حد الجنوح في الشبكة (TDEV) عند واجهات الخيار EEC-2

فترة الرصد τ (s)	TDEV (ns)
$10 \geq \tau > 0{,}05$	10
$1\ 000 \geq \tau > 10$	$^{0,5}\tau$ 3,1 623



الشكل 15 – حد الجنوح في الشبكة (TDEV) عند واجهات الخيار EEC-2

القناع في الشكل 15 مقتبس من الشكل 5 في التوصية [ITU-T G.824]. ويشاهد هذا القناع أيضاً في الشكل I.1 في التوصية [ITU-T G.813] لحدود الجنوح في الشبكة في الخيار 2.

3.1.2.9 حدود الارتعاش في الشبكة في واجهة ميقاتية تجهيزات إثرنت (EEC)

يتضمن الجدول 7 حدود الارتعاش في الشبكة في الواجهة EEC.

الجدول 7 – حدود الارتعاش للشبكة في الواجهة EEC

الواجهة	المرجع	
kbit/s 2 048	انظر [ITU-T G.823]، الفقرة 1.6: حدود الشبكة لارتعاش الخرج عند واجهات التزامن، متطلبات ميقاتية SEC	(الملاحظة 1)
kHz 2 048		
kbit/s 1 544	انظر [ITU-T G.824]، الفقرة 1.6: حدود الشبكة للارتعاش	
STM-n	انظر [ITU-T G.825]، الفقرة 1.5: حدود الشبكة للارتعاش	
إثرنت (إثرنت متزامنة)	انظر الجدول 7أ	(الملاحظة 2)

الملاحظة 1 – حدود الارتعاش مقتبسة من التوصيات [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824] و[ITU-T G.825] من أجل تمكين قابلية التشغيل البيني السليم مع شبكات تزامن القائمة على ميقاتية تجهيزات تراتب رقمي متزامن (SEC) والجمع بين وظائف EEC-SEC.
الملاحظة 2 – في سلسلة n ($n \geq 20$) من ميقاتية EEC الموصولة، يتعين أن يكون ارتعاش الشبكة التراكمي منخفضاً بما فيه الكفاية لتمكين جميع ميقاتيات EEC المعنية من الوفاء بمواصفة ارتعاش الخرج عند مخارج التزامن الخاصة بها (من قبيل 2 048 kHz، 2 048 kbit/s، 1 544 kbit/s). انظر الشكل 16 الذي يبين ميقاتية EEC في سلسلة؛ انظر أيضاً الملحق D.

الجدول 7أ – الحد الأقصى المسموح به من الجنوح في واجهات شبكة إثرنت متزامنة

الواجهة	عرض نطاق القياس، ترددات –3 dB	الاتساع من ذروة إلى ذروة (UIpp)
G 1 (الملاحظات 1 و2 و4)	kHz 2,5 إلى MHz 10	1,5
G 10 (الملاحظات 1 و3 و4)	kHz 20 إلى MHz 80	1,5

الملاحظة 1 – ليس هناك من متطلب محدد للارتعاش في نطاق عال من أجل الإثرنت المتزامنة. ويجب الوفاء بمتطلبات الارتعاش [IEEE 802.3] ذات الصلة بالإضافة إلى المتطلبات المحددة للارتعاش في النطاق العريض في الإثرنت المتزامنة المحددة في هذا الجدول.

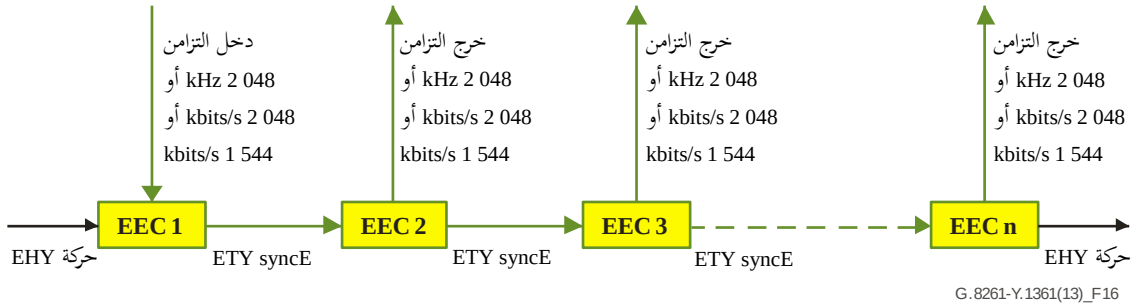
الملاحظة 2 – G 1 تشمل 1000BASE-KX و-SX و-LX؛ أما الواجهات المتعددة المسارب فتحتاج إلى المزيد من الدراسة.

الملاحظة 3 – G 10 تشمل 10GBASE-SR/LR/ER و10GBASE-LRM و10GBASE-SW/LW/EW؛ أما الواجهات المتعددة المسارب فتحتاج إلى المزيد من الدراسة.

الملاحظة 4 –

1 G	1 UI = 0.8 ns
10 G (10GBASE-SR/LR/ER,-LRM)	1 UI = 96.97 ps
10 G (10GBASE-SW/LW/EW)	1 UI = 100.47 ps

ويبيّن الشكل 16 السلسلة المرجعية لعدد n (20 ≥ n) من ميقاتية EEC مع خروج التزامن المرتبطة بها.



الشكل 16 – سلسلة ميقاتية تجهيزات إثرنت EEC

2.2.9 حدود شبكة واجهة الميقاتية PEC

يرد في هذا البند تعريف حدود الشبكة عند خرج الميقاتية PEC (انظر الشكل 5.B).

ويصف هذا البند ثلاثة سيناريوهات نشر مختلفة لمقطع أو جزيرة توقيت شبكة الرزم (PNT) مع ميقاتيات تجهيزات قائمة على الرزم (PEC). وتحدَّد حدود الارتعاش والجنوح للواجهات PEC في هذا البند لكل من هذه السيناريوهات. راجع التوصية [ITU-T G.8261.1] لمعرفة حدود الشبكة المنطبقة عند دخل الميقاتية PEC.

1.2.2.9 نموذج الشبكة الذي تقوم عليه حدود شبكة الميقاتية PEC

بالنسبة لنقل إشارات التوقيت المرجعية، تُعتبر النماذج المبيّنة في الشكل 8-5 في التوصية [ITU-T G.803] والشكل 3.B في التوصية [ITU-T G.823] نقطة البداية للنظر في إدراج مقطع التوقيت PNT.

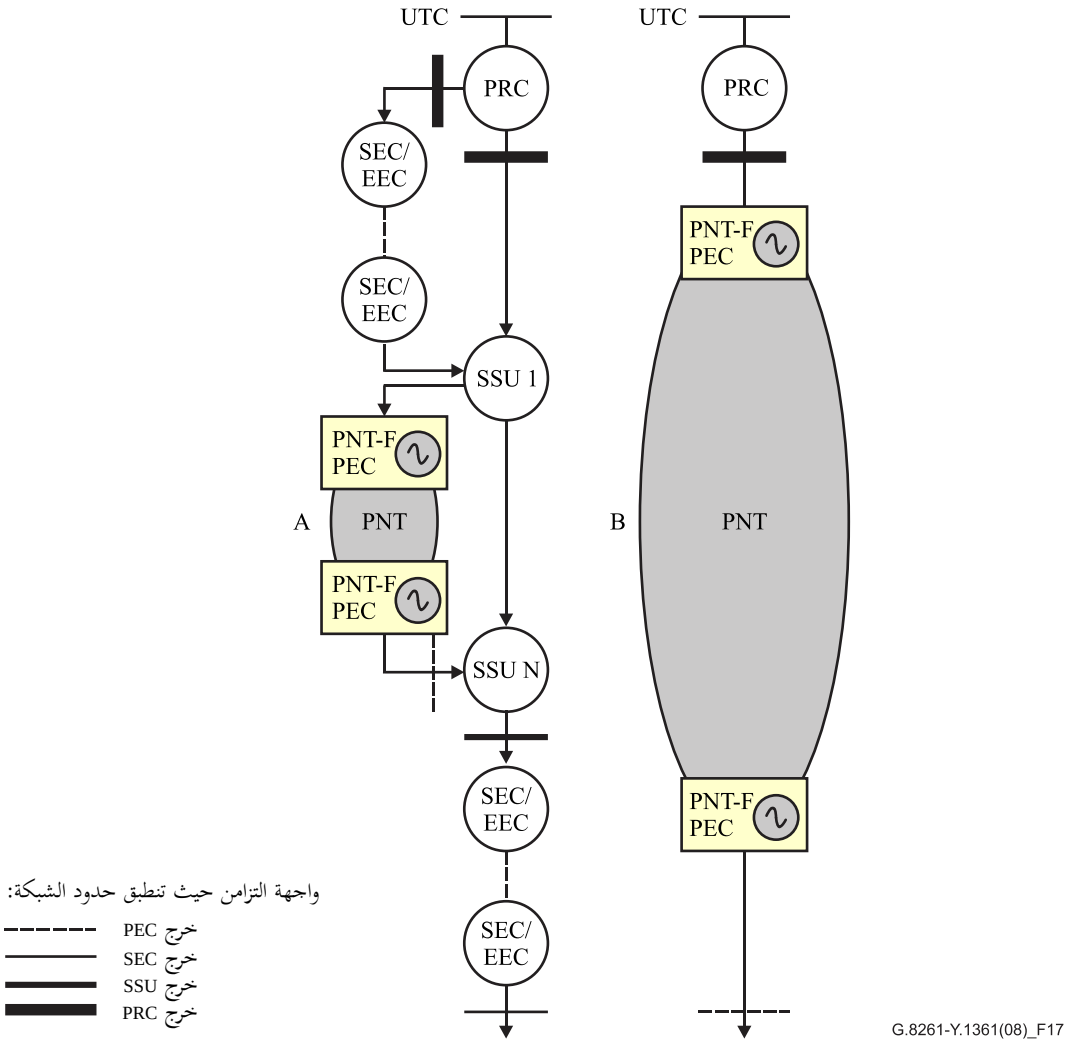
وتبعاً لموقع مقطع PNT، يمكن تطبيق متطلبات مختلفة للجنوح. وقد حددت بضعة نماذج لنشر المقطع PNT، وهذه النماذج معرفة في هذا البند.

ملاحظة – لا تبين الأشكال الواردة في هذا البند تفاصيل كيفية توزيع التوقيت في شبكة الرزم. لمزيد من التفاصيل، راجع البند 7.

نشر توقيت شبكة الرزم PNT – الحالة 1

يرد نموذج الحالة 1 من نشر توقيت PNT في الشكل 17. وتتصل هذه الحالة بشبكة تزامن رئيس–تابع تنفذ، بدلاً من استخدام تقنيات قائمة على تعدد الإرسال TDM (تراتب SDH أو PDH مثلاً)، عبر تقنيات قائمة على شبكة رزم.

الشكل الأيسر (النموذج A) هو مثال يتم فيه استبدال جزء من شبكة التزامن بمقطع PNT، والشكل الأيمن (النموذج B) يشير إلى شبكة تزامن تنفذ بالكامل عبر المقطع PNT.



ملاحظة – الميقاتية PEC هي ميقاتية PNT-F ذات صلة في هذا النموذج. ويحتاج نشر ميقاتيات في الشبكة (مثل نشر جزء من مقطع PNT قائم على EEC وجزء قائم على PEC) إلى المزيد من الدراسة.

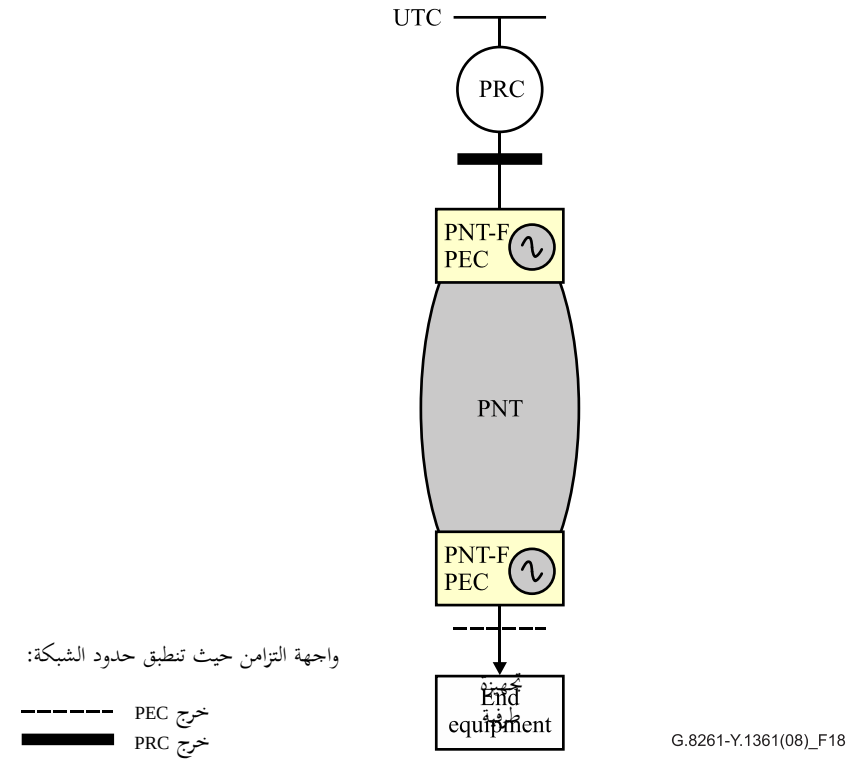
الشكل 17 – مقطع توقيت شبكة الرزم (PNT) يحل محل جزء (النموذج A) من شبكة التزامن القائمة على تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) أو كلها (النموذج B)

تنطبق حدود الشبكة كما هي معرفة في البند 1.2.9 (حدود الشبكة EEC) على كلا النموذجين A وB.

نشر توقيت شبكة الرزم PNT – الحالة 2

يرد النموذج لحالة النشر 2 في التوقيت PNT في الشكل 18.

تتصل هذه الحالة بتوزيع التوقيت نحو تطبيقات تجهيزات الانتهاء (مثل المحطات المرسلة المستقبلة القاعدية (BTS)، انظر التذييل IV).



ملاحظة – ميقاتية PEC هي الميقاتية PNT-F ذات الصلة بهذا النموذج. ويحتاج نشر الميقاتيات الأخرى في الشبكة (أي نشر جزء من PNT قائم على EEC وجزء قائم على PEC) إلى المزيد من.

الشكل 18 – توزيع توقيت شبكة الرزم (PNT) نحو تجهيزات الانتهاء

في حالة النشر 2، يتم تعيين المتطلبات من جانب تجهيزات الانتهاء. ويعبّر عن هذه المتطلبات من حيث مدى التسامح ومن حيث مستوى الدقة الذي يتطلب التطبيق للعمليات الصحيحة.

ولذلك يُسمح لمقطع PNT في حالة النشر 2 بتوليد الارتعاش والجنوح حتى الحدود التي تتسامح بها تطبيقات الانتهاء (مثل حدود الشبكة لواجهات الحركة على النحو المحدد في البند 5 في التوصية [ITU-T G.823] أو البند 5 في التوصية [ITU-T G.824]).

يتناول البند 3.2.IV وصف أمثلة أخرى لحدود شبكة تنطبق تحديداً على التطبيقات اللاسلكية.

10 أثر أشكال الانحطاط في شبكة الرزم على توزيع التوقيت واستعادة ميقاتية الخدمة

يناقش هذا البند مختلف أشكال الانحطاط التي تؤثر في الحركة ومعلومات توقيتها في شبكات الرزم. ومن المعلوم أن متطلبات مضاهاة الدارات واستعادة الميقاتيات المحددة في البند 9 يتعيّن الوفاء بها في الظروف التشغيلية.

وتزامن الشبكة في الطبقة 1 مطلوب أساساً لإدارة الدارئات. ودارئات الطبقة 1 كما هي موجودة في شبكات التراتبين PDH وSDH وشبكات النقل البصري (OTN) وفي وظائفها التكييفية هي عبارة عن بنى بسيطة، حيث يتم التحكم بالمعدل الاسمي للإدخال والإخراج فيها ضمن حدود محددة وفق معايير التوصيل الشبكي ذات الصلة لشبكات تعدد الإرسال TDM هذه. والآليات، من قبيل بايتات الحشو والمؤشرات إضافة إلى ميقاتيات النظام، هي الطرائق التي تُستعمل لإدارة هذه الدارئات والتوفيق بين مختلف ميادين الميقاتيات. ويقيّد تصميم الشبكة من حجم الدارئة لخفض الكمون إلى الحد الأدنى. وفي شبكات الطبقة 1، مثل التراتب SDH، هناك صلة مباشرة بين ميقاتية الشبكة ومستوى الجنوح أو الارتعاش الذي قد يطرأ على إشارة عميل.

وفي حالة نقل شبكات بيانات الرزم، تُسلّم البيانات عبر الشبكة في شكل فدرات (رزم، أرتال) بدلاً من نقلها في تدفق متصل بمعدل بتات ثابت. ويمكن تعدد إرسال الرزم إحصائياً وتسييرها عبر بدالات رزم تعرّض الرزمة للتأخير بسبب المعالجة والدرء وإعادة الإرسال في بدالات وسيطة. وقد يتعيّن، في إطار بدالة واحدة، تدفق رزم متعددة في دارئ خرج واحد. وسيتمخض التنافس الناتج على الدارئ عن قدر متغاير من التأخر، وستُفقد رزم في بعض الحالات. ويرجّح أن تكون الميقاتية المستعملة لدفع وصلات إرسال الطبقة 1 غير متزامنة مع الميقاتية المستعملة داخل البدالة. ويتم استيعاب أي فرق في المعدل الذي تقدم فيه الرزم للإرسال ومعدل الإرسال الفعلي بإضافة تحشية بين الرزم أو باستبعاد بعضها.

ونظراً لأن الرزم يمكن أن تعبر مسيرات مختلفة، فإن تدفق الرزم من المدخل إلى المخرج قد يبدي تغايراً كبيراً في تأخر الرزم. وعلاوة على ذلك، يمكن أن يطرأ خلل على ترتيب الرزم مما يؤدي إلى عمليات درء إضافية. ومن ثم يتعين على الخدمات التي تستعمل شبكة الرزم أن تراعي أشكال الانحطاط هذه. وبالنسبة لشبكات الرزم، يحتاج الأمر إلى دارئات كبيرة للقيام بعملية المعالجة على مستوى الرزمة، وفي هذه الحالة يحتاج الأمر إلى مستويات تقريبية فحسب من التزامن لدعم معظم الخدمات.

وبخلاف شبكة الطبقة 1، مثل التراتب SDH، ليس هنالك من صلة مباشرة بين ميقاتية الشبكة ودارئات معالجة الرزم. ومن ثم يتعذر استعمال توقيت الشبكة للتحكم في تغاير تأخر الرزم في هذه الشبكات. وعموماً تبرز الحاجة لتقديم تزامن الشبكة إلى بدالة الرزم فقط لتلبية متطلبات التزامن للواجهات المادية مع البدالة، وفقاً لمتطلبات واجهة تعدد الإرسال TDM ذات الصلة، كما تحددها معايير التوصيل الشبكي المعينة، من قبيل التراتب SDH/PDH.

ويجري تحديد متطلبات التوقيت للخدمات المحمولة في الطبقات الأعلى من شبكة الطبقة 2 (مثل IPTV وMPEG-4) لاستيعاب أوجه التغاير في شبكات الرزم القائمة. ويُشفَّر أي توقيت خاص بالخدمة تحديداً في طبقة الخدمة (مثل H.264 وMPEG-4).

غير أن هناك حالات تكون فيها الطبقة المادية لشبكة الرزم متزامنة (مثل تراتب SDH) ويمكن لطبقة التكييف أن تستخدمها.

وفي معظم الحالات، لا تحتوي المعلومات المحمولة عبر شبكة الرزم، أي المعلومات المميزة، على معلومات توقيت. وينتج عن ذلك بعض التشعبات عندما تتطلب الخدمات نقل التوقيت الدقيق. فبالنسبة للخدمات من طرف إلى طرف، يتعيّن على خصائص التوقيت لطبقة المخدّم أن تدعم متطلبات التزامن للعميل. وفي آليات الطبقة 1 التقليدية (PDH وSDH وOTN)، تُصمم آليات تكييف توقيت الشبكة تحديداً لتتلاءم مع متطلبات إشارة العميل. وقد تلزم وسائل بديلة لتوفير التوقيت للعميل عندما تعجز طبقة المخدم عن دعم توقيت العميل. ويتم ذلك في طبقة التكييف للشبكة. ومن الأمثلة على ذلك أسلوب النقل اللامتزامن ATM AAL1.

وقد يكون لأشكال الانحطاط في شبكة الرزم أثر ضار على استعادة الخدمة لميقاتية تستخدم طرائق تكييفية. ويستقصي هذا البند مستويات أشكال الانحطاط هذه التي ينبغي أن تتحملها عملية استعادة الميقاتية مع استمرار استيفاء الميقاتية للمواصفات ذات الصلة.

ويرد تعريف معلمات الأداء التالية المتعلقة بأشكال انحطاط شبكة الرزم في التوصية [ITU-T Y.1540] (لشبكات IP) والتوصية [ITU-T Y.1561] (لشبكات تبديل الوسم بعدة بروتوكولات MPLS). كما يرد تعريف لتدابير أداء مشابهة لشبكات الإثرنت في التوصية [ITU-T Y.1731].

1) تأخر نقل الرزم والتغاير في التأخير
2) نسبة خطأ الرزم
3) نسبة خسارة الرزم
4) نتائج درء الخسارة الشديدة للرزم.

1.10 تأخير نقل الرزم والتغاير في التأخير

1.1.10 الطرائق التفاضلية

ينبغي ألا يؤثر تأخر نقل الرزم والتغاير في التأخير على أداء استعادة الميقاتية عند تيسّر ميقاتية مرجعية للشبكة على كلا الطرفين وعند استعمال الطرائق التفاضلية.

2.1.10 الطرائق التكييفية

تتحقق عموماً الاستعادة التكييفية لميقاتية الخدمة من قطار رزم يحتوي على بيانات بمعدل بتات ثابت أو بيانات أختام الوقت بواسطة دالة حسابية ما لمعدل وصول أو أوقات وصول الرزم إلى عقدة المقصد.

فإذا كان التأخير عبر شبكة الرزم ثابتاً فلن تؤثر الشبكة في تواتر وصول الرزم إلى عقدة المقصد. وقد يكون هناك تأخر في طور الميقاتية المستعادة بسبب التأخير عبر الشبكة، لكن ينبغي ألا يكون هناك جنوح في التردد أو في الطور.

وإذا تغاير التأخير، فيمكن تصوره من منظور عملية استعادة الميقاتية كتغاير في طور أو تردد ميقاتية الخدمة الأصلية. لذا لا بد من دراسة أسباب تغاير التأخير بعناية أثناء تصميم عملية استعادة الميقاتية.

وهناك عدة أسباب لتغاير التأخير في شبكة الرزم، وقد يكون من بينها:

- تغاير التأخير العشوائي (مثل تأخيرات صف الانتظار)
- تغاير التأخير منخفض التواتر (مثل نماذج الليل والنهار)
- تغاير التأخير النظامي (مثل آليات الخزن وإعادة التسيير في طبقة النقل التحتية)
- تغييرات التسيير
- آثار الازدحام.

1.2.1.10 تغاير التأخير العشوائي

ينتج التغاير العشوائي في التأخير عن سلوك البدالات أو المسيّرات في شبكة الرزم. والمصدر الأساسي لذلك هو تأخير صف الانتظار للخرج الناجم عن وصول رزمة إلى بدالة أو مسيّر عندما تكون بوابة الخروج مسدودة بحركة أخرى، مما يوجب على الرزمة الانتظار في صف. كما يمكن لعوامل أخرى مردّها التشغيل الداخلي لبدالة أو مسيّر أن تؤخر الرزمة، كما هو وارد في التذييل I.

ولا يمكن التكهن بأي درجة من اليقين بالتأخير في أي رزمة عبر بدالة أو مسيّر رغم أرجحية ازدياد التأخير مع ازدياد العبء على الجهاز. ومن ثم سيكون هناك ارتباط ما للتأخير بين الرزم المتعاقبة مع حمولة الحركة في الشبكة.

2.2.1.10 تغاير التأخير المنخفض التواتر

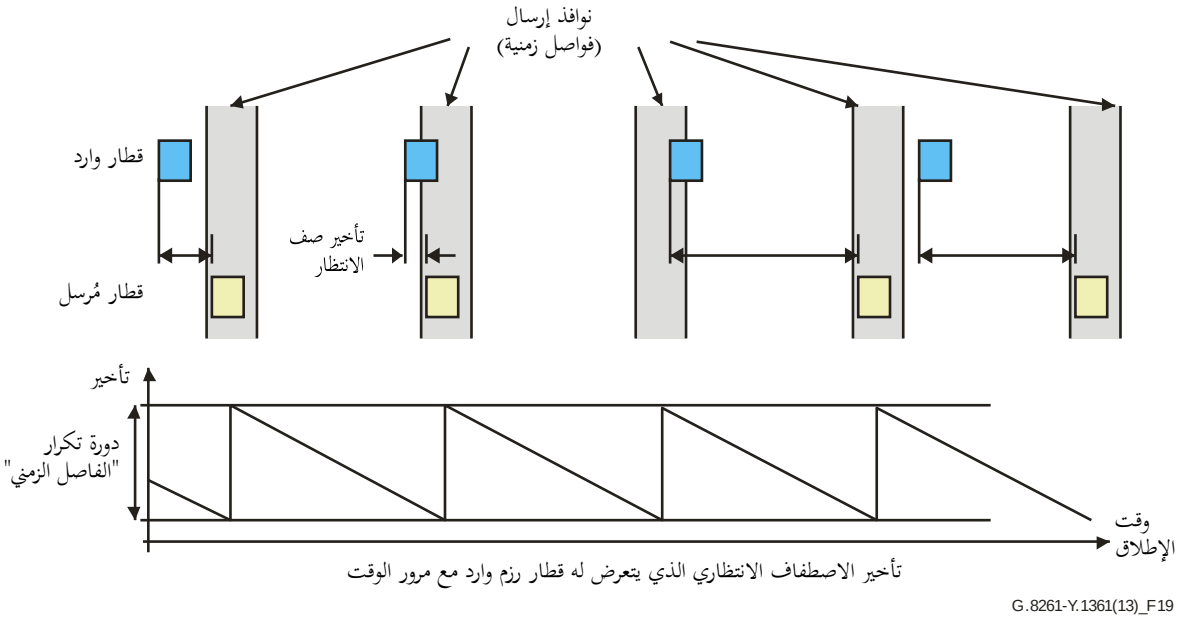
كما ذُكر آنفاً، يرتبط التأخير عبر شبكة رزم عموماً، رغم تعذر التنبؤ به، بالحمولة الواقعة على الشبكة في الفترة المعنية. والحمولة عبارة عن كم دينامي يمكن أن يحتوي على مكونات منخفضة التواتر جداً. مثال ذلك، إذا كانت الحمولة على الشبكة أكبر في النهار مما هو في الليل، فهذا يعطي مكوّناً لتغاير الحمولة في فترة 24 ساعة.

ويمكن لهذا التغاير المنخفض التواتر جداً أن يؤدي إلى جنوح طور في ميقاتية مستعادة من تدفق رزم له نفس الدورة. ولما كان العديد من مواصفات الميقاتية ذات الصلة يحدّ من جنوح الطور المسموح به خلال فترات 24 ساعة أو أكثر ([ITU-T G.824] مثلاً)، يتعيّن تعويض ذلك أثناء تصميم عملية استعادة الميقاتية.

3.2.1.10 تغاير التأخير النظامي

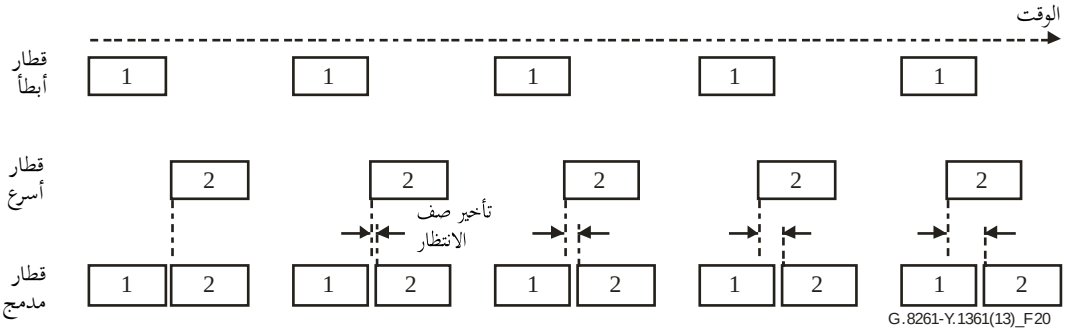
يمكن لأنماط معينة من شبكات النقل التحتية أن تتسبب في تغاير نظامي في تأخير الرزم عبر الزمن. إذ تستعمل بعض أنماط النقل مثلاً "نافذة إرسال" أو "فاصل زمني" وتقوم بتخزين الرزم لإرسالها عندما تفتح النافذة. ومن بين الأمثلة على ذلك الشبكات البصرية المنفعلة (PON) وخط المشترك الرقمي (xDSL) وقابلية التشغيل البيني العالمي للنفاذ بالموجات الصغرية (WiMAX).

ويتمثل أثر نافذة الإرسال في فرض جانبية لتأخير نظامي في شكل "سن المنشار" على تدفق الرزم (انظر الشكل 19). وبالنسبة لتدفقات الرزم بمعدل منتظم، كتلك التي تحتوي على بيانات بمعدل بتات ثابت، قد لا تصمد فترة نافذة الإرسال أمام معدل الرزم مما يسبب تغايراً بطيئاً في التأخير عبر الزمن. وهذه التأثيرات مشابهة جداً لتأثيرات ارتعاش وقت الانتظار في شبكات تعدد الإرسال TDM التي يمكن فيها التحكم بارتعاش وقت الانتظار، وهو ما لا يسري في شبكات الرزم.



الشكل 19 – تغاير التأخير النظامي الذي تسببه شبكة ذات فواصل زمنية

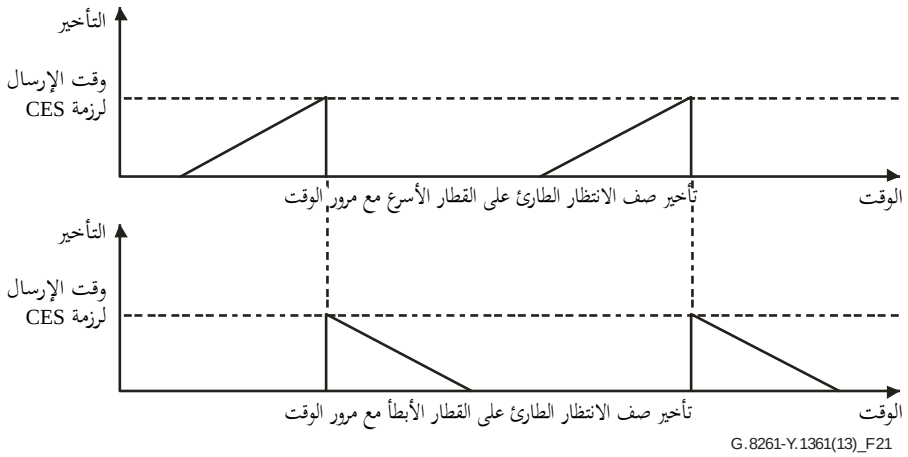
ويتمثل نمط آخر من تغاير التأخير النظامي الذي قد تتعرض له قطارات الرزم بمعدل بتات ثابت في عدم الصمود أمام قطارات رزم منتظمة أخرى. ويبيّن الشكل 20 ماذا يحدث عند اندماج قطارين من الرزم لهما نفس التردد تقريباً في وصلة رزم واحدة بواسطة بدالة أو مسيّر.



الشكل 20 – التصادم بين قطارات الرزم بمعدل منتظم

القطار 1 هو القطار الأبطأ، وفي وقت ما تصل الرزم في القطار 1 إلى البدالة أو المسيّر قبل رزم القطار 2. غير أن الرزم في القطار 2 ما تلبث أن تلحق بها. وحيث إنه لا يمكن أن يخرج على وصلة الرزم إلا رزمة واحدة في آن ما، تبدأ الرزم في القطار 2 تعاني من تأخير صف الانتظار (انظر الشكل 21). ويتراكم هذا التأخير إلى أن يساوي وقت الإرسال للرزمة عل الوصلة.

وفي نهاية المطاف تبدأ الرزم في القطار 2 بالوصول إلى البدالة أو المسيّر قبل رزم القطار 1 ويُزال تأخير صف الانتظار. وفي هذه النقطة يصبح القطار 1 هو الذي يعاني من تأخير صف الانتظار. وينحسر ذلك تدريجياً إلى أن تصل الرزم في القطار 1 إلى البدالة بعد أن تكون الرزم في القطار 2 قد استكملت إرسالها.



الشكل 21 – جانبية التأخير الذي تعانيه قطارات الرزم المتصادمة

وتتناسب الفترة الزمنية التي تعاني خلالها قطارات الرزم من تأخير صف الانتظار (أي عرض المثلثات في الشكل 21) عكساً مع الفرق في المعدل بين قطاري الرزم. وحيثما تكون معدلات الرزم متقاربة جداً، قد تكون هذه الفترة طويلة للغاية. وقد يتسبب هذا التغاير طويل الأجل في التأخير في جنوح طور بطيء في أي ميقاتية مستعادة من أحد قطارات الرزم.

وحيثما تتقاسم القطارات المتعددة اللاتزامنية بمعدل بتات ثابت وصلة الرزم نفسها، يكون الأثر إضافياً. وفي أسوأ حالة، قد تصطف الرزم من جميع القطارات مؤدية إلى الحد الأقصى من تأخير صف الانتظار، رغم أن تواتر هذا التصادم المتوالف سوف ينخفض بتزايد عدد القطارات.

4.2.1.10 تغييرات التسيير

قد يتغيّر المسير الذي يسلكه قطار رزم عبر شبكة الرزم في لحظات معيّنة من الزمن. ويمكن أن يكون مردّ ذلك أخطاء شبكة (من قبيل التسيير حول وصلة معطلة أو مزدحمة) أو تبديل حماية لاستعمال مسير بديل أو إعادة تشكيل الشبكة.

ويتمثل الأثر الخالص لذلك في تغيير تدرّجي في التأخير عبر الشبكة. فإن لم يتم معادلته، يمكن أن يؤثر في الميقاتية المستعادة في صورة تغير في الطور. وينبغي كشف مثل هذه التغييرات وأخذها في الحسبان في عملية استعادة الميقاتية. وبوجه عام، يسهل نسبياً كشف التغييرات الكبيرة في التأخير ومعادلتها، غير أن التغييرات الصغيرة قد يحجبها التغير العام في التأخير أو الانحراف في المذبذب المحلي عند عقدة استعادة الميقاتية.

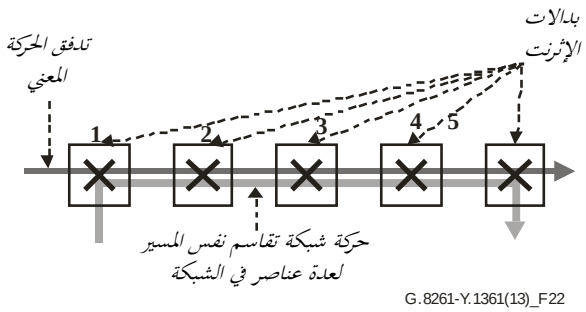
5.2.1.10 آثار الازدحام

الازدحام هو الزيادة المؤقتة في عبء الحركة في كل الشبكة أو جزء منها. وقد يؤدي إلى "فرط التحميل" في كل الشبكة أو في جزء منها وإلى تأخير شديد للرزم أو إلى إسقاطها. والفترة التي تقع فيها أحداث الازدحام متغايرة وقد تدوم لبضع ثوان أو دقائق. فإذا كثرت أحداث الازدحام الشديد الممتدة لأكثر من 5 دقائق في الشبكة، فهذا يشير إلى أن الشبكة ربما تكون غير مناسبة لتشغيل عملية مضاهاة الدارات.

6.2.1.10 آليات الحجب التي تتوقف على الطوبولوجيا في شبكات الرزم

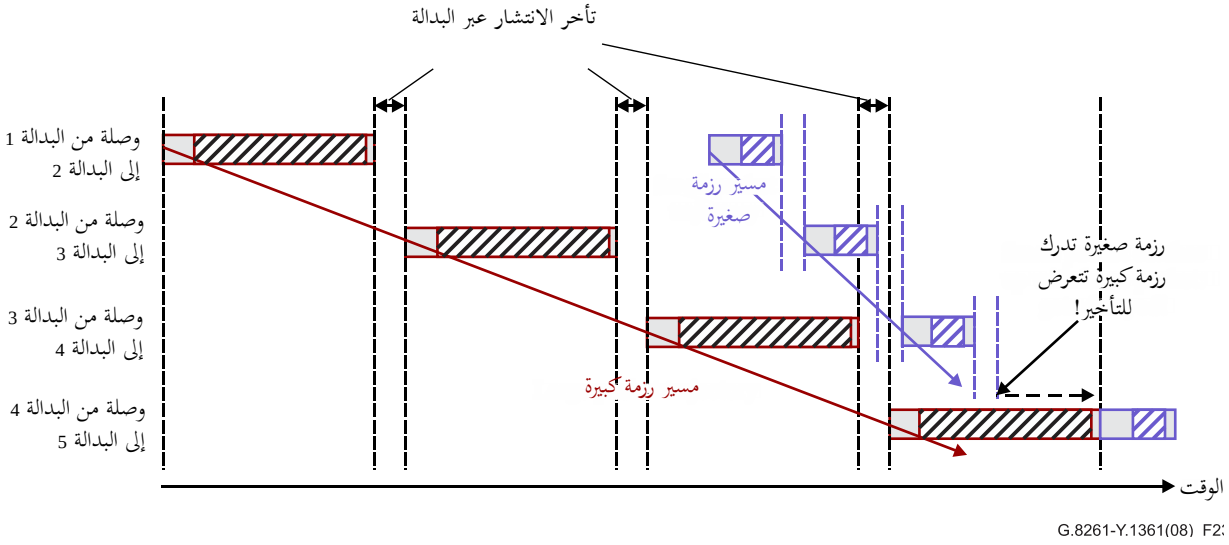
يمكن أن تؤثر طوبولوجيا الشبكة، وعلى وجه الخصوص التفاعل مع التدفقات الأخرى في الشبكة، في تأخير تدفق الرزمة. ويرجع ذلك إلى اختلاف حجم الرزم التي تعبر الشبكة بمعدلات مختلفة. فالرزم الكبيرة تستغرق وقتاً أطول لاجتياز الشبكة، لأنها يجب أن تدرج بشكل كامل في أحد عناصر الشبكة قبل معالجتها وإرسالها نحو القفزة التالية. وتكون خدمة مضاهاة الدارة (CES) ورزم التوقيت قصيرة عموماً وتتحرك بسرعة عبر الشبكة.

وفي شبكة ذات طوبولوجيا مسير مشترك (كما هو مبين في الشكل 22 مثلاً)، قد يتسبب ذلك في تأخير إضافي، حتى عندما تكون حركة المرور منخفضة جداً.



الشكل 22 – طوبولوجيا المسير المشترك

عندما يتقاسم تدفق كبير من الرزم نفس المسير لوصلتين أو أكثر من الوصلات المتتابعة، فإنه قد يبدأ عرقلة إرسال الرزم الصغيرة. وهنا "تلحق" الرزم الصغيرة بالرزم الكبيرة، لأنها تنتشر بسرعة أكبر عبر الشبكة. ويبين الشكل 23 كيف يحدث ذلك:



الشكل 23 – عرقلة رزمة كبيرة في مسير مشترك

وهذا التأثير كبير لدرجة أنه إذا كانت حمولة الرزم الكبيرة مرتفعة بما فيه الكفاية، فمن المرجح أن تتأخر الرزم الصغيرة في وقت ما أثناء عبورها الشبكة (يلاحظ أن هذا يتغير بحكم حجم الرزم الصغيرة نسبة إلى الرزم الكبيرة). وهو يتسبب في أقل تأخير ممكن عبر الشبكة ومن ثم يزداد نسبياً عندما يتجاوز هذه الحمولة.

2.10 التأثيرات الناجمة عن أشكال انحطاط الرزم

1.2.10 خطأ الرزم وفقدانها

تؤثر أشكال الانحطاط التي تنشأ داخل شبكات الرزم على عناصر ثلاثة متميزة داخل مسير التسليم وهي: عملية استعادة الميقاتية في وظيفة IWF (يلاحظ أن مراقبتها قد لا تكون متيسرة)، واستعادة ميقاتية الخدمة، وخدمة تعدد الإرسال TDM نفسها. وتحتاج حدود خسارة الرزم واختلال ترتيبها وأثرها على الخدمة وعمليات استعادة الميقاتية إلى المزيد من الدراسة.

وتناقش في البنود الفرعية التالية المسائل ذات الصلة.

ولا تؤثر خسارة الرزم واختلال ترتيبها تأثيراً كبيراً على أداء استعادة ميقاتية الوظيفة IWF بالنسبة لأي من الطرائق الواردة في هذه التوصية. وعلى وجه التحديد، في السويات التي تظل فيها خدمة نقل تعدد الإرسال TDM قابلة للاستعمال، ليس لخسارة الرزم (المنتظمة منها وبالرشقات على حد سواء) واختلال ترتيب الرزم تأثير يُذكر على أداء استعادة ميقاتية الوظيفة IWF.

1.1.2.10 التأثير على خدمة TDM

يمكن لدارات تعدد الإرسال TDM المحمولة عبر شبكات الرزم أن تكون شديدة التعرّض لأخطاء البتات الناجمة عن خسارة الرزم. وأحد أسباب ذلك هو تضخم أخطاء البتات بنقل الرزم، إذ إن خطأ بتة واحدة في الرزمة يؤدي إلى استبعاد كل الرزمة مفضياً إلى رشقة من أخطاء البتات المتعاقبة في قطار TDM المستعاد. وعليه قد تتسبب حتى المستويات المعتدلة من خسارة الرزم (من منظور شبكة رزم تقليدية) في عدم تيسر دارة TDM.

ملاحظة – تتوقف قابلية تعرّض دارات تعدد الإرسال TDM للأخطاء على خصائص الوظيفة IWF بشكل أساسي. إذ إن بعض وظائف IWF قد يستخدم تقنيات مختلفة لإخفاء خسارة الرزم لحماية التطبيق من خسارة الرزم.

2.1.2.10 التأثير على عملية استعادة ميقاتية وظيفة التشغيل البيني (IWF)

تقوم عملية استعادة ميقاتية الوظيفة IWF بدمج الرزمةَ مع خوارزمية استعادة الميقاتية ومع الميقاتية المدمجة ومع الطريقة المستعملة لاستعادة التوقيت (أي التكييفية أو التفاضلية). فأداء عملية استعادة ميقاتية وظيفة IWF هو توليفة من إجهاد شبكة الرزم والخوارزمية المستعملة للتغلب على إجهاد الشبكة والميقاتية المدمجة داخل وظيفة IWF والطريقة المستعملة لاستعادة التوقيت.

ملاحظة – يتم تحديد خسارة الرزم واختلال ترتيبها من أجل الحفاظ على استعادة ميقاتية وظيفة IWF واستعادة ميقاتية الخدمة لتغطية كل سيناريوهات خسارة الرزم الممكنة. وتحتاج هذه الحدود لمزيد من الدراسة.

3.1.2.10 التأثير على استعادة ميقاتية الخدمة

فيما يتعلق بعملية استعادة ميقاتية الخدمة، يتعين أن تتحمل عملية استعادة الميقاتية خسائر رزم أعلى بكثير من دارة تعدد الإرسال TDM نفسها بحيث تبقى ميقاتية الخدمة ضمن المواصفة إلى ما بعد المرحلة التي يُعلن فيها عدم تيسّر البيانات. وتؤثر استعادة ميقاتية الوظيفة IWF تأثيراً مباشراً على أداء استعادة ميقاتية الخدمة.

2.2.10 نتائج درء الخسارة الشديدة للرزم

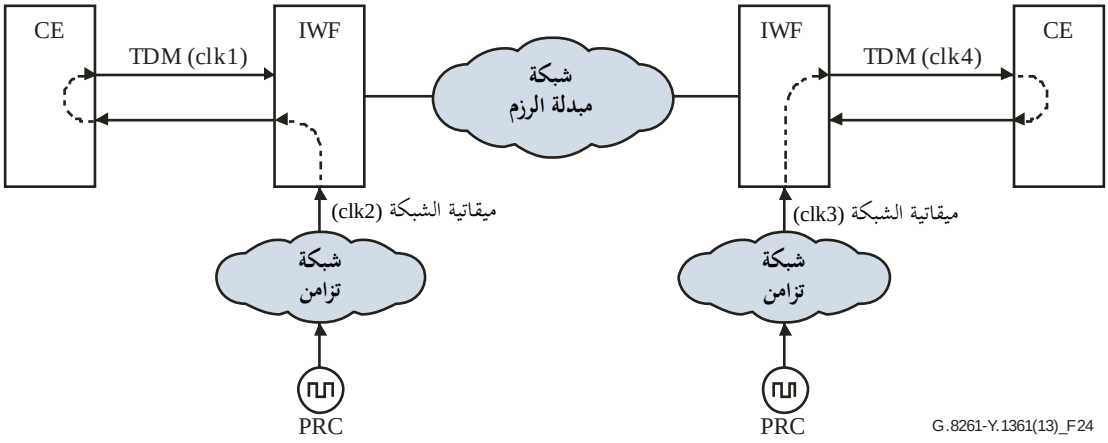
تعرِّف التوصيتان [ITU-T Y.1540] و[ITU-T Y.1561] نتيجة درء الخسارة الشديدة على أنها تحدث عندما تتجاوز نسبة الرزم المفقودة إلى مجموع الرزم عتبة معيّنة، وذلك بالنسبة إلى مجموعة من الرزم المرصودة في واجهة دخول أثناء فاصل زمني T. ويُتوقع ظهور آثار مشابهة في شبكات الإثرنت.

ويتعيّن على آلية استعادة التوقيت، أثناء أشكال الانحطاط هذه، أن تعالج الخسارة الكلية للرزم على نحو ما جاء في البند 1.2.10. ويحتاج هذا الموضوع إلى المزيد من الدراسة.

11 تأثير انحطاط الميقاتية المرجعية على استعادة ميقاتية الخدمة

1.11 أشكال انحطاط طرائق التشغيل المتزامنة مع الشبكة

يبيّن الشكل 24 الميقاتيات الداخلة في نقل إشارات تعدد الإرسال TDM عبر شبكة الرزم.



قد يكون منشأ ميقاتيتي PRC من نفس المصدر أيضاً.

الشكل 24 – الميقاتيات الضالعة في نقل إشارات تعدد الإرسال TDM عبر شبكة الرزم بتشغيل متزامن مع الشبكة

والميقاتيات هي:

- الميقاتية التي تولد إشارة تعدد الإرسال TDM (clk1 في الشكل)
- ميقاتية الشبكة المرجعية المستعملة لإزالة الترزيم في وظيفة IWF اليسرى (clk2 في الشكل)
- ميقاتية الشبكة المرجعية المستعملة لإزالة الترزيم في وظيفة IWF اليمنى (clk3 في الشكل)
- الميقاتية التي تولد إشارة تعدد الإرسال TDM بعد شبكة الرزم (clk4 في الشكل).

ويتعين أن يكون في الإمكان تتبّع clk1 إلى الميقاتية المرجعية الأولية (PRC)، ويتحقق ذلك إما بواسطة توقيت العروة كما يظهر في الشكل 24 أو بوسائل أخرى. وإلاّ، فإن استعمال مرجع ميقاتية الشبكة في مزيل الترزيم (أي clk3 في الشكل) سيثير مشاكل حادة.

وللحصول على التوقيت الصحيح في إشارة تعدد الإرسال TDM للخرج، لا بد من أن يكون للميقاتيات المولدة (أي clk1) ومعيدة التوقيت (أي clk4) لإشارات TDM نفس التردد طويل الأجل (أي ضمن حدود الميقاتية PRC)، وإلا سيتولد معدل غير مقبول من الانزلاقات (يتم إبقاء الضوضاء قصيرة الأجل ضمن الحدود المنطبقة).

وفي التشغيل العادي، يتزامن كل من الميقاتية المرجعية للشبكة عند مصدر تعدد الإرسال TDM (clk1) والميقاتية المرجعية للشبكة عند مزيل الترزيم مع إشارة التوقيت المرجعية التي تعزى إلى الميقاتية PRC. ولكن يمكن لهاتين الميقاتيتين، في ظروف الأعطال في شبكة التزامن، أن تتزامنا مع إشارة توقيت مرجعية تعزى إلى ميقاتية تعمل بأسلوب الاستبقاء. وأثناء الأعطال، تقدم هذه الميقاتيات استبقاءً مناسباً يستند إلى أهداف أداء الانزلاق الواردة في التوصية [ITU-R G.822].

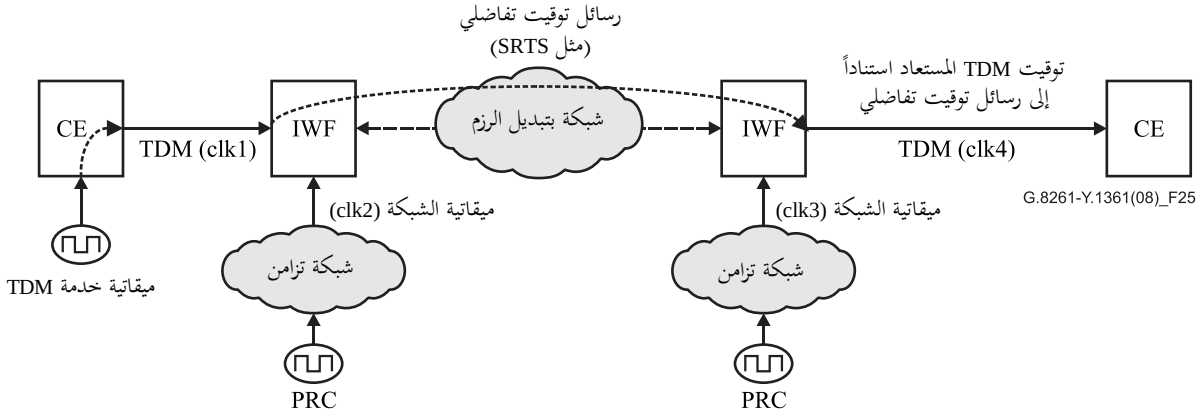
ويمكن للميقاتية التي تقدم وظيفة الاستبقاء هذه في شبكة التزامن أثناء الأعطال أن تكون إما مدمجة في التجهيزات نفسها أو متيسرة في الموقع (مدمجة مثلاً في عنصر شبكة إرسال أو في معدات تزامن قائمة بذاتها (SASE)). ويقع على عاتق مخطط الشبكة التقدم بالحل الأنسب.

والخلاصة هي أن أسلوب التشغيل المتزامن مع الشبكة يتطلب إما إدراج ميقاتيات دقيقة في بؤرة الوظيفة IWF أو نظاماً يتيح التبديل إلى ميقاتية أخرى مناسبة في حال فقدان التزامن من ميقاتية الشبكة (PRC).

ويحتاج الأمر إلى نوع من الإشراف على تقصي الأصل (من قبيل رسالة حالة التزامن) من أجل كشف فترات فقدان التزامن.

2.11 أشكال انحطاط الطريقة التفاضلية

يبيّن الشكل 25 الميقاتيات الضالعة في نقل إشارات تعدد الإرسال TDM عبر شبكة الرزم.



الشكل 25 – الميقاتيات الضالعة في نقل إشارات تعدد الإرسال TDM عبر شبكة الرزم بالطريقة التفاضلية

وهذه الميقاتيات هي:

- الميقاتية التي تولد إشارة TDM أو تراتب PDH أو تراتب SDH (clk1 في الشكل)؛

  وقد تكون هذه الميقاتية متقاربة التزامن رغم أن معظم الإشارات تعتبر متزامنة الآن.
- ميقاتية الشبكة المستعملة لتوليد رسائل توقيت تفاضلي (clk2 في الشكل).
- ميقاتية الشبكة (clk3 في الشكل) المستعملة لإعادة توليد ميقاتية تعدد الإرسال TDM (clk4 في الشكل) استناداً إلى رسائل التوقيت التفاضلي.

وتتسبب أي ضوضاء طور على هذه الميقاتيات بضوضاء طور على توقيت إشارة TDM الخارجة.

وللحصول على التوقيت الصحيح في إشارة TDM الخارجة، لا بد أن يكون للميقاتيات المولدة (أي clk1) ومعيدة التوقيت (أي clk4) لإشارات TDM نفس التردد الطويل الأجل (أو ضمن حدود الميقاتية PRC)، وإلا سيتولد معدل غير مقبول من الانزلاقات (يتم إبقاء الضوضاء قصيرة الأجل ضمن الحدود المنطبقة).

وفي أحوال التشغيل العادي، تتزامن ميقاتيتا الشبكة المولدة لرسائل التوقيت التفاضلي والمعيدة لتوليد ميقاتية تعدد الإرسال TDM (clk2 وclk3 في الشكل) مع إشارة التوقيت المرجعية التي تعزى إلى الميقاتية PRC. غير أنه في ظروف أعطال شبكة التزامن، يمكن لهاتين الميقاتيتين أن تتزامنا مع إشارة توقيت مرجعية تعزى إلى ميقاتية عاملة بأسلوب الاستبقاء. وفي أثناء الأعطال، تقدم هذه الميقاتيات استبقاءً مناسباً يستند إلى أهداف أداء الانزلاق الواردة في التوصية [ITU-T G.822].

ويمكن للميقاتية التي تقدم وظيفة الاستبقاء هذه في شبكة التزامن أثناء الأعطال أن تكون إما مدمجة في التجهيزات نفسها أو متيسرة في الموقع (مدمجة مثلاً في عنصر شبكة الإرسال أو في معدات SASE). وتقع على عاتق مخطط الشبكة مسؤولية التقدم بالحل الأنسب.

ويحتاج الأمر إلى نوع من الإشراف على تقصي الأصل (من قبيل رسالة حالة التزامن) من أجل كشف فترات خسارة التزامن.

12 نتائج وتبعات مختلف طرائق التزامن إزاء النماذج المرجعية لشبكات الرزم

تختلف التوصيات بشأن منهجية توزيع مراجع التزامن (ميدان توقيت شبكة الرزم PNT) واستعادة توقيت خدمة تعدد الإرسال TDM (ميدان خدمة مضاهاة الدارة CES) باختلاف سيناريوهات الشبكة ومتطلبات التزامن ذات الصلة بالتطبيق المحدد.

1.12 توصيات ميدان خدمة مضاهاة الدارة (CES)

تم تحديد السيناريوهات التالية ضمن مجال تطبيق هذه التوصية (طبقاً لنماذج الشبكة الواردة في البند 1.9).

1.1.12 توصية بخصوص استعادة توقيت خدمة تعدد الإرسال TDM (حالة النشر 1)

يرد تعريف حدود الشبكة لإشارات التراتب PDH في هذه الحالة في البند 1.9 بخصوص حالة النشر 1.

ويمكن استعادة توقيت إشارات التراتب PDH المحمولة عبر شبكة الرزم بواسطة:

- التشغيل المتزامن مع الشبكة عند تيسر إشارة تعزى إلى الميقاتية PRC في وظائف IWF ولا يحتاج الأمر إلى الحفاظ على ميقاتية الخدمة.
- طرائق تفاضلية عند تيسر مرجع يعزى إلى الميقاتية PRC في وظيفة IWF. ويمكن بهذه الطريقة الحفاظ على ميقاتية الخدمة.
- طرائق تكييفية عندما يمكن التحكم بتغاير التأخير في الشبكة. ويمكن بهذه الطريقة الحفاظ على ميقاتية الخدمة.

ملاحظة – حدود الشبكة في هذه السيناريوهات صارمة إلى حد كبير. ولكن يفترض، عندما تتسنى نمذجة الشبكة وفق النموذج A (السيناريو 2 والسيناريو 3 على الأقل، انظر التذييل V)، أنه ينبغي أن تتيح الطرائق التكييفية التطابق مع حدود الشبكة على النحو المبين في البند 1.9.

ويحتاج تحديد إمكانية استعمال الطريقة التكييفية في الشبكة التي يمكن نمذجتها وفق النموذج B (انظر التذييل V) إلى مزيد من الدراسة.

ويحتاج نقل إشارات التراتب SDH في هذا السيناريو للمزيد من الدراسة. وجدير بالملاحظة أن استعادة الميقاتية لإشارات SDH ستحقق مستوى الجودة، بالنسبة لواجهات التزامن وفق التوصية [ITU-T G.823] للشبكات القائمة على تراتب 2 048 kbit/s، ووفق التوصية [ITU-T G.824] للشبكات القائمة على تراتب 1 544 kbit/s. ويمكن لاستعمال الطرائق على النحو الموصوف في البند 1.7 لدعم عملية تزامن الشبكة أن يضمن الوفاء بهذه المتطلبات.

2.1.12 توصية لاستعادة توقيت خدمة تعدد الإرسال TDM (حالة النشر 3)

يرد تعريف حدود الشبكة لإشارات التراتب PDH في هذه الحالة في البند 1.9 بالنسبة لحالة النشر 3.

ويمكن استعادة توقيت إشارات PDH المحمولة عبر شبكة الرزم بواسطة:

- التشغيل المتزامن مع الشبكة عند تيسر إشارة تعزى إلى الميقاتية PRC في وظائف IWF ولا يحتاج الأمر إلى الحفاظ على ميقاتية الخدمة.
- طرائق تفاضلية عند تيسر مرجع يعزى إلى الميقاتية PRC في وظيفة IWF. ويمكن بهذه الطريقة الحفاظ على ميقاتية الخدمة.
- طرائق تكييفية عندما يمكن التحكم بتغاير التأخير في الشبكة. ويمكن بهذه الطريقة الحفاظ على ميقاتية الخدمة.

ملاحظة – حدود الشبكة في هذه السيناريوهات أقل صرامةً من تلك الواردة في البند 1.1.12. ولكن يفترض، عندما تتسنى نمذجة الشبكة وفق النموذج A، أنه ينبغي أن تتيح الطرائق التكييفية التطابق مع حدود الشبكة كما هي محددة في البند 1.9.

ويحتاج تحديد إمكانية استعمال الطريقة التكييفية في الشبكة التي يمكن نمذجتها وفق النموذج B إلى المزيد من الدراسة.

كما تحتاج عملية نقل إشارات التراتب SDH في هذا السيناريو إلى المزيد من الدراسة. وجدير بالملاحظة أن استعادة الميقاتية لإشارات SDH تفي بمستوى الجودة لواجهات التزامن وفق التوصية [ITU-T G.823] للشبكات القائمة على تراتب 2 048 kbit/s، ووفق التوصية [ITU-T G.824] للشبكات القائمة على تراتب 1 544 kbit/s. ويمكن لاستعمال الطرائق الموصوفة في البند 1.7 أن يضمن الوفاء بهذه المتطلبات.

3.1.12 توصية لاستعادة توقيت خدمة تعدد الإرسال TDM (حالة النشر 2، التطبيق A)

يرد تعريف حدود الشبكة لإشارات التراتب PDH في هذه الحالة في البند 1.9 بالنسبة لحالة النشر 2، التطبيق A.

ويمكن استعادة توقيت إشارات PDH المحمولة عبر شبكة الرزم بواسطة:

- التشغيل المتزامن مع الشبكة عند تيسر إشارة تعزى إلى الميقاتية PRC في وظائف IWF ولن تكون هناك حاجة إلى ميقاتية الخدمة.
- طرائق تفاضلية عند تيسر مرجع يعزى إلى الميقاتية PRC في وظيفة IWF. ويمكن بهذه الطريقة الحفاظ على ميقاتية الخدمة.
- طرائق تكييفية عندما يمكن التحكم بالتغير في التأخير في الشبكة. ويمكن بهذه الطريقة الحفاظ على ميقاتية الخدمة.

ملاحظة – حدود الشبكة في هذه السيناريوهات أقل صرامةً من تلك الواردة في الفقرة 1.1.12. ولكن يفترض، عندما تتسنى نمذجة الشبكة وفق النموذج A، أنه ينبغي أن تتيح الطرائق التكييفية التطابق مع حدود الشبكة على النحو المحدد في البند 1.9.

ويحتاج تحديد إمكانية استعمال الطريقة التكييفية في الشبكة التي يمكن نمذجتها وفق النموذج B إلى المزيد من الدراسة.

كما تحتاج عملية نقل إشارات التراتب SDH في هذا السيناريو إلى المزيد من الدراسة. وجدير بالملاحظة أن استعادة الميقاتية لإشارات SDH يجب أن تفي بمستوى الجودة لواجهات التزامن وفق التوصية [ITU-T G.823] للشبكات القائمة على تراتب 2 048 kbit/s ووفق التوصية [ITU-T G.824] للشبكات القائمة على تراتب 1 544 kbit/s. ويمكن لاستعمال الطرائق على النحو الموصوف في البند 1.7 لدعم تشغيل شبكة متزامنة أن يضمن الوفاء بهذه المتطلبات.

4.1.12 توصية لاستعادة توقيت خدمة تعدد الإرسال TDM (حالة النشر 2، التطبيق B)

يرد تعريف حدود الشبكة لإشارات التراتب PDH في هذه الحالة في البند 1.9 بخصوص حالة النشر 2، التطبيق B.

ويمكن استعادة توقيت إشارات PDH المحمولة عبر شبكة الرزم بواسطة:

- التشغيل المتزامن مع الشبكة عند تيسر إشارة تعزى إلى الميقاتية PRC في وظائف IWF ولا يحتاج الأمر إلى الحفاظ على ميقاتية الخدمة.
- طرائق تفاضلية عند تيسر مرجع يعزى إلى الميقاتية PRC في وظيفة IWF. ويمكن بهذه الطريقة الحفاظ على ميقاتية الخدمة.
- طرائق تكييفية عندما يمكن التحكم بتغاير التأخير في الشبكة. ويمكن بهذه الطريقة الحفاظ على ميقاتية الخدمة.

ملاحظة – تتوقف حدود الشبكة في هذه السيناريوهات على خصائص تجهيزات الانتهاء القادرة عادة على تحمل حدود واجهة الحركة وفق التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824]. ولكن يفترض، عندما تتسنى نمذجة الشبكة وفق النموذج A، أنه ينبغي أن تتيح الطرائق التكييفية التطابق مع التوصية [ITU-T G.823] أو [ITU-T G.824]حسبما يكون مناسباً.

ويحتاج تحديد إمكانية استعمال الطريقة التكييفية في الشبكة التي يمكن نمذجتها وفق النموذج B إلى المزيد من الدراسة.

كما يحتاج نقل إشارات التراتب SDH في هذا السيناريو إلى المزيد من الدراسة. وجدير بالملاحظة أن استعادة الميقاتية لإشارات SDH ستحقق مستوى الجودة لواجهات التزامن وفق التوصية [ITU-T G.823] للشبكات القائمة على تراتب 2 048 kbit/s ووفق التوصية [ITU-T G.824] للشبكات القائمة على تراتب 1 544 kbit/s. ويمكن لاستعمال الطرائق على النحو الموصوف في البند 1.7 لدعم تشغيل شبكة متزامنة أن يضمن الوفاء بهذه المتطلبات.

2.12 توصيات ميدان توقيت شبكة الرزم (PNT)

تم تحديد السيناريوهات التالية ضمن مجال تطبيق هذه التوصية (طبقاً لنماذج الشبكة الواردة في البند 2.9).

1.2.12 توصيات لتوزيع إشارات التوقيت المرجعية عبر شبكة إثرنت متزامنة

حدود الشبكة لإشارات التوقيت المرجعية في هذه الحالة محددة في البند 2.9.

يوفر نشر شبكات التزامن عبر الطبقة المادية باستخدام أسلوب الطبقة 1، مثل شبكة إثرنت الموصوفة في البند 1.1.7، طريقة لنقل التزامن لا تخضع لأي إجهاد على أساس الرزم (أي دون أثر من تفاوت تأخر الرزم).

ويتم الوفاء بحدود الشبكة كما هي محددة في البند 2.9 شريطة أن يتبع تصميم شبكة التزامن نفس قواعد التصميم التي سبق تحديدها من أجل شبكات التزامن القائمة على التراتب SDH، أي الامتثال لسلسلة مرجع شبكة التزامن بموجب التوصية [ITU-T G.803]، انظر الشكلين 8-1 و8-2 في التوصية [ITU-T G.803] حيث تحل ميقاتية تجهيزات الإثرنت (EEC) [ITU-T G.8262] محل ميقاتية تجهيزات التراتب الرقمي المتزامن (SEC). وعلى وجه التحديد، واعتماداً على هذا النموذج، فإن أطول سلسلة مرجع شبكة تزامن ينبغي ألا تتجاوز 10 من وحدات الإمداد بالتزامن (SSU) و60 ميقاتية تجهيزات إثرنت (EEC) (الخيار 1)، وينبغي ألا يتجاوز عدد الميقاتيات EEC، ما بين أي وحدتين من وحدات الإمداد بالتزامن (SSU)، مقدار 20 ميقاتية.

الملاحظة 1 – تحتاج القيم من أجل ميقاتيات "الخيار 2" إلى المزيد من الدراسة.

الملاحظة 2 – يتطلب استخدام هذه التقنية من جميع عناصر الشبكة في سلسلة التزامن بين الميقاتية المرجعية الأولية وعنصر الشبكة الواجب التزامن (محطة قاعدية مثلاً) أن تدعم الإثرنت المتزامنة.

وجدير بالملاحظة أن تمرير إشارة التزامن في الطبقة 1 ممكن ضمن ميدان مشغل شبكة واحد. ويحتاج التعامل بين مختلف ميادين تشغيل الشبكات إلى المزيد من الدراسة.

2.2.12 توصيات من أجل توزيع إشارات التوقيت المرجعية عبر الرزم

تصف التوصية [ITU-T G.8265] المعمارية العامة لتوزيع التردد باستخدام الطرائق القائمة على الرزم.

وتستند الطرائق القائمة على الرزم إلى طرائق استعادة الميقاتية التكييفية، ولذلك تتأثر أشكال الأداء عموماً بتفاوت تأخر الرزم في الشبكة (انظر البند 10).

ولهذا من المفضل، لدى استخدام هذه التقنيات، حمل التوقيت فوق شبكة جيدة التصميم على أن يُحمل تدفق التوقيت في قناة من شأنها تقليل أعطال شبكة الرزم. وقد يكون جزء من هذه العملية إيلاء الأولوية القصوى لهذا التدفق.

وجدير بالملاحظة أن الطابع المشترك للإرسال يعني أن جميع التدفقات تتداخل إلى حد ما، بصرف النظر عن الأولوية فيما يتعلق بالتوقيت.

ويجري حالياً دراسة ما يشكل شبكة جيدة التصميم لنقل التوقيت. وعلى وجه التحديد، وكجزء من هذه الدراسة، يُنظر في إجراء بعض القياسات. وستقوم هذه القياسات على أساس مجموعة من تأخرات الرزم وتغايرات تأخر الرزم.

الملاحظة 1 – تستند عبارتا تأخر الرزم وتغاير تأخر الرزم (PDV) المستخدمتان في هذه التوصية إلى التعاريف الواردة في التوصية [ITU-T G.8260].

وخصائص المذبذب المنفذ في تجهيزات الانتهاء هي من العوامل الرئيسية التي تؤثر على جوانب الأداء الذي يمكن تحقيقه. ولذلك فإن خصائص المذبذب تتوقف على المتطلبات التي يتعين الوفاء بها من جانب إشارة التوقيت المستعادة وعلى مستوى الضوضاء (تغاير تأخر الرزم) الذي تولده الشبكة.

وتقع مواصفة الميقاتيات التي يتعين تنفيذها في وظيفة استعادة الميقاتية للطرائق القائمة على الرزم خارج نطاق هذه التوصية.

ولا يؤثر نسق الرزمة الفعلي كثيراً على أداء الطرائق القائمة على الرزم. ومع ذلك لا بد من استخدام الطول الملائم والخصائص الأساسية من حيث نسق بيانات خاتم الوقت (بروتوكول دقة الوقت (PTP) وبروتوكول زمن الشبكة (NTP) مثالان لنسق خاتم الوقت).

الملاحظة 2 – ثمة طرائق قيد الدراسة (ربما كجزء من دراسات جانبيات الاتصالات [b-IEEE 1588]) تتناول الدعم من جانب العُقد في شبكة الرزم من أجل تخفيف أثر تفاوت تأخر الرزم (من ذلك مثلاً، وسيلة لقياس تفاوتات تأخر الرزم التي تضاف في كل قفزة في شبكة الرزم). ومن بين الجوانب التي تتناولها الدراسة الجوانب المعمارية وإمكانية التوسع ومتطلبات الميقاتية، وما إلى ذلك.

الملاحظة 3 – يستدعي هذا النمط من المناهج توفير قدر من دعم المعدات الحاسوبية في تجهيزات الشبكة الضالعة في مسير التزامن.

1.2.2.12 توصيات بشأن حالة النشر 1

حدود الشبكة لإشارات التوقيت المرجعية في هذه الحالة معرّفة في البند 2.2.9 لحالة النشر 1.

يعبّر عن الاحتياجات في هذه الحالة من حيث المستويات المنخفضة جداً من الضوضاء (الارتعاش والجنوح) التي يمكن توليدها في الشبكة.

في هذه الحالة، قد لا تكون الطرائق القائمة على الرزم مناسبة إلا في حالة المستويات المنخفضة من تباين تأخير الرزم التي تولدها الشبكة في الرزم التي تنتقيها خوارزمية استعادة التوقيت.

وتخضع للدراسة خصائص الميقاتيات والقياسات والحدود ذات الصلة التي يمكن بموجبها الوفاء بحدود الشبكة في حالة النشر 1.

2.2.2.12 توصيات بشأن حالة النشر 2

حدود الشبكة لإشارات التوقيت المرجعية في هذه الحالة معرّفة في البند 2.2.9 لحالة النشر 2.

وفي هذه الحالة، يتوقف مستوى الضوضاء الذي يمكن توليده على مدى التسامح في تطبيق الانتهاء.

مثال ذلك، يمكن التعبير عن مدى الجنوح النموذجي الذي تتسامح به تطبيقات الانتهاء من حيث أقنعة الحركة في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824]. وتحدد التوصية [ITU-T G.8261.1] الشروط التي تكون فيها شبكة الرزم مناسبة لدعم الطرائق القائمة على الرزم، وتحدد التوصية [ITU-T G.8263] خصائص الميقاتية ذات الصلة.

ثمة المزيد من المعلومات في التذييل III.

الملحق A

معمارية الشبكة المقترحة لشبكة إثرنت متزامنة

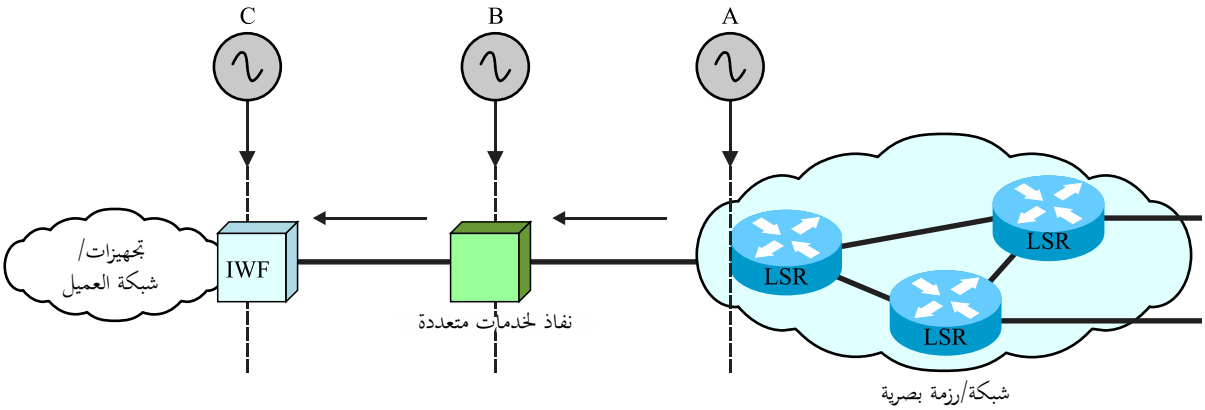
(يشكل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.A موقع الميقاتية المرجعية الأولية (PRC)

تنطوي معمارية الإثرنت المتزامنة النمطية على ميقاتية مرجعية أولية (PRC) تقع في واحد من ثلاثة مواقع تبعاً للمعمارية الإجمالية التي يرغب مشغّل الشبكة في اتّباعها. ومع ذلك يمكن تلخيصها في ثلاث فئات من المواقع (انظر الشكل 1.A).

وتكون هذه المواقع:

- الحالة A في قلب الشبكة – تقع الميقاتية PRC في عقدة مركزية، الموقع "A" في الشكل 1.A. وتقترح هذه المعمارية بضع عقد ميقاتيات PRC، أي في موقع مركزي بشكل ما من التوزيع نحو الوظيفة IWF.
- الحالة B عند النفاذ – تقع الميقاتية PRC في نقطة ما راجعة ضمن الشبكة (منفصلة جغرافياً عن الوظيفة IWF)، عموماً عند نقطة نفاذ لخدمات متعددة، الموقع "B" في الشكل 1.A. وتقترح هذه المعمارية عدداً أكبر من عقد ميقاتيات PRC عما هو مطلوب في الحالة "A"، أي أن ميقاتيات PRC في موقع مركزي بشكل ما من التوزيع نحو الوظيفة IWF.
- الحالة C عند الوظيفة IWF – تقع الميقاتية PRC جغرافياً مع الوظيفة IWF وسيكون هناك توصيل تزامن مباشر مع الوظيفة IWF، الموقع "C" في الشكل 1.A. وهذا يقترح العديد من عقد ميقاتيات PRC، أي ميقاتية PRC واحدة لكل وظيفة IWF.



الشكل 1.A – موقع الميقاتيات المرجعية

وكما يبدو في الشكل الوارد أعلاه، يتوفر تدفق التزامن من الشبكة الأساسية إلى الوظيفة IWF. وليست الغاية هنا توزيع التوقيت من تجهزات العميل (CE) باتجاه الشبكة الأساسية.

2.A الحد من الارتعاش والجنوح في الإثرنت المتزامنة

إن الحد من تولد الارتعاش والجنوح في الإثرنت المتزامنة في بيئة شبكة منطقة واسعة مطلب لازم للوفاء بحدود الشبكة.

وينبغي أن تقوم وظيفة التزامن ضمن بدالة الإثرنت التي تدعم الإثرنت المتزامنة على أساس خصائص الأداء في ميقاتية مدمجة. ويجب أن تمتثل هذه الميقاتية للتوصية [ITU-T G.8262] وذلك لكفالة التشغيل الملائم في الشبكة عندما يتم تزامن هذه الميقاتية استناداً إلى ميقاتية إثرنت متزامنة أخرى مماثلة أو إلى ميقاتية على درجة أعلى من الجودة. ويضمن استخدام ميقاتية شبكة من هذا القبيل الامتثال للتزامن عندما يُجمع ما بين استخدام الإثرنت المتزامنة مع وحدة إمداد بالتزامن (SSU) بموجب

التوصية [ITU-T G.812] أو معدات تزامن قائمة بذاتها (SASE)، ومن ثم مع ميقاتية PRC بموجب التوصية [ITU-T G.811]، كما هو محدد في أساليب تشغيل التزامن 'رئيس–تابع'. وهو يمكّن كذلك من التشغيل بين شبكات تعدد الإرسال TDM القائمة ومعماريات شبكات الرزم الجديدة.

وينبغي الإشارة أيضاً إلى أن هذا العمل لا يؤثر في أي من مواصفات المعيار [IEEE 802.3] القائمة من حيث مدى التسامح في التردد وما إلى ذلك، لكنه يشير إلى الجوانب الوظيفية الجديدة الإضافية لميقاتية عنصر الشبكة.

3.A اعتبارات بشأن تصميم شبكات التزامن القائمة على الإثرنت المتزامنة

إن التصميم الملائم لشبكة التزامن هو الشرط الأساسي المسبق لضمان توزيع إشارة التوقيت المرجعية على أساس ملائم من حيث النوعية والموثوقية.

وهذا ينطبق أيضاً في حالة شبكة التزامن القائمة على أساس الإثرنت المتزامنة.

وعلى وجه الخصوص، وبما أن معمارية شبكات التزامن القائمة على الإثرنت المتزامنة قد تكون أكثر تعقيداً من شبكات التزامن القائمة على التراتب الرقمي المتزامن SDH (نظراً للبنية المتشابكة ولاحتمال تنفيذ تجهيزات لا تدعم إثرنت المتزامنة)، فإن نشاط تخطيط التزامن يتسم بأهمية متزايدة.

وعلى وجه التحديد، يعمد التصميم إلى تحليل جميع عناصر الشبكة الضالعة في مسير التزامن.

وهذه العناصر إما تنفذ ميقاتية تجهيزات إثرنت متزامنة (EEC) أو (في حالة بعض عناصر الشبكة البسيطة مثل الأجهزة ذات المِنفَذين) بعض وظائف التوقيت على الأقل، على غرار ما يحدث بشأن معيدات التوليد في التراتب SDH.

وتحتاج وظيفة توقيت العبور لتجهيزات إثرنت المتزامنة إلى المزيد من الدراسة.

الملاحظة 1 – تتوقف خصائص الميقاتيات المنفذة في المعدات المنشورة في نهاية سلسلة التزامن على التطبيق المعين المنفذ في المعدات الانتهائية. وقد تنحرف خصائص هذه الميقاتيات عن بعض مواصفات الميقاتية EEC. وهذا الأمر يتطلب المزيد من الدراسة.

وثمة جانب هام آخر جدير بالنظر يتعلق بحسن مناولة رسالة حالة التزامن (SSM) في سلسلة التزامن.

وتوفر رسالة حالة التزامن آلية لميقاتيات تجهيزات إثرنت باتجاه المصب لتحديد إمكانية تتبّع مخطط توزيع التزامن إلى ميقاتية PRC أو الميقاتية المتيسرة الأعلى جودة. وتعالج وظيفة التزامن أيضاً رسائل SSM.

وفي ظروف تعطل الشبكة باتجاه المنبع، تتخذ وظيفة التزامن الإجراء المناسب استناداً إلى رسائل SSM والأولويات المحددة مسبقاً، وتختار تغذية تزامن بديلة. وقد تكون هذه تغذية شبكة أخرى أو تغذية خارجية.

وعلى غرار حالة شبكات تعدد الإرسال SDH، يكون الدور الرئيسي للرسالة SSM في شبكات إثرنت المتزامنة عندئذ هو دعم تصميم شبكات التزامن لمعالجة أحوال العطل على النحو الملائم.

الملاحظة 2 – يمكن لرسالة SSM أن تساعد على منع عرى التوقيت، ومع ذلك فإن التخطيط الملائم أمر إلزامي لتجنب عرى التوقيت هذه.

وقد لا تتمكن رسالة SSM في شبكات إثرنت المتزامنة دوماً من معرفة ما إذا كانت وصلة ما مستمدة من جهاز (أو وصلة) لا تدعم الإثرنت المتزامنة (والتي قد تكون، مثلاً، مدرجة خطأً في ذيل تزامن). وكما سبق ذكره، يتعين تجنب ذلك من خلال تصميم شبكة التزامن على النحو الملائم.

ومن شأن تعريف وظائف SSM أكثر تقدماً في المستقبل (من قبيل نقل المعلومات على مسير تزامن كامل) أن يعود بفوائد هامة.

وينبغي الحرص، لدى تصميم شبكة التزامن، على إمكانية معالجة رسالة SSM في كل عنصر من عناصر الشبكة من شأنه أن يغيّر تدفق التوقيت (بسبب دخول ميقاتية داخلية حالة الاستبقاء، مثلاً).

كما ينبغي الحرص على جودة توزيع التوقيت، حتى في حال غياب رسالة SSM.

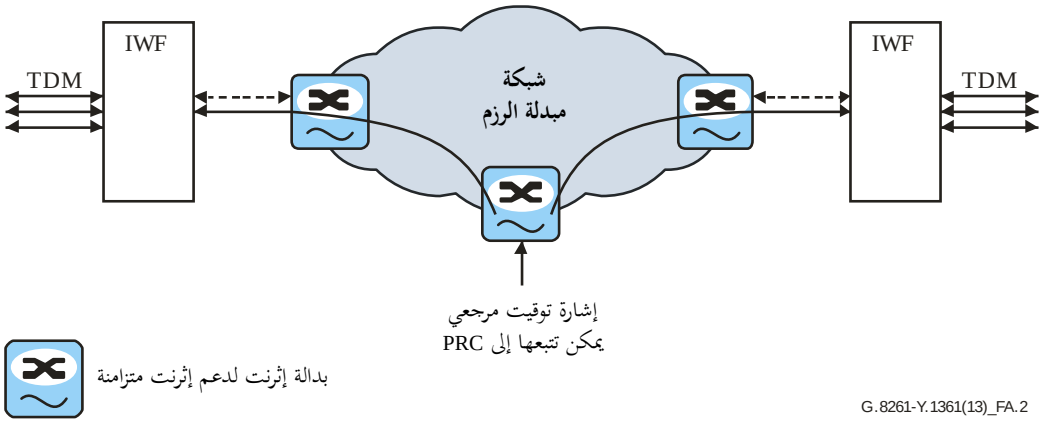
ويمكن تشكيل عملية الانتقاء في الجهاز الذي يتلقى إشارة التوقيت المرجعية لاستخدام الرسالة SSM الواردة أم لا.

وثمة المزيد من التفاصيل عن رسالة SSM للإثرنت المتزامنة في التوصية [ITU-T G.8264].

الملاحظة 3 – بالإضافة إلى الرسالة SSM، تعالج التوصية [b-ITU-T G.781] حالات انحطاط أخرى، مثل فقدان الإشارة التي يمكن أن تستخدم لاستبعاد مراجع التوقيت.

4.A مثال لتوزيع التوقيت بواسطة الإثرنت المتزامنة

يبين الشكل 2.A مثالاً على توزيع التوقيت عبر الإثرنت المتزامنة. ويتم توزيع التوقيت من الميقاتية PRC إلى الوظائف IWF عبر شبكة تبديل الرزم.



الشكل 2.A – مثال لتوزيع التوقيت بواسطة الإثرنت المتزامنة

5.A التشغيل بين واجهة الإثرنت وواجهة الإثرنت المتزامنة

1.5.A تعاريف نمط الواجهة وأسلوب التشغيل

واجهات الإثرنت وفقاً لمعيار [IEEE 802] غير متزامنة. ولدى إدخال الإثرنت المتزامنة، ينبغي التمييز بين مختلف أنواع منافذ الإثرنت إلى جانب مختلف أساليب العملية المتعلقة بالتزامن.

وتعرّف الأساليب التالية (انظر التوصية [ITU-T G.8264]):

- أسلوب التشغيل غير المتزامن
- أسلوب التشغيل المتزامن.

والأسلوب بالتغيب لواجهة الإثرنت متزامنة هو أسلوب التشغيل غير المتزامن.

انظر الجدول 1.A.

الجدول 1.A – تعاريف نمط الواجهة وأسلوب التشغيل

نمط الواجهة	أسلوب التشغيل	عملية مستوى الجودة	عملية قناة تراسل تزامن الإثرنت
إثرنت	غير متزامن	لا	لا
إثرنت متزامنة	غير متزامن	لا	لا
	متزامن (متمكن من مستوى الجودة)	فعّالة، كل القيم	نعم
	متزامن (غير متمكن من مستوى الجودة)	غير فعّالة	خيارية

وبالإضافة إلى منفذ إثرنت متزامن قادر على إرسال التوقيت واستقباله، من الممكن النظر في منافذ توفر وظيفة الإثرنت المتزامنة المخفضة. وتعني وظيفة الإثرنت المتزامنة المخفضة القدرة على دعم التزامن في اتجاه وحيد فقط. وهناك نمطان ممكنان لواجهات الإثرنت المتزامنة المخفضة:

1) منفذ إثرنت متزامنة للإرسال فقط: يقوم هذا المنفذ بأداء جميع وظائف إرسال إثرنت المتزامنة، أي يرسل رسائل مستوى الجودة (QL) عبر قناة تراسل تزامن الإثرنت (ESMC)، ويرسل ميقاتية تجهيزات إثرنت (EEC) المادية عبر خط الإثرنت.

2) منفذ إثرنت متزامنة للاستقبال فقط: يقوم هذا المنفذ بأداء جميع وظائف استقبال إثرنت المتزامنة، أي يستقبل رسائل مستوى الجودة (QL) عبر قناة تراسل تزامن الإثرنت (ESMC)، ويستعيد ميقاتية خط الإثرنت المادية، ويوفرها بمثابة مرشح تزامن.

ويتعين، في تخطيط شبكة التزامن، النظر بعناية في استخدام العقد مع وظيفة الإثرنت المتزامنة المخفضة. ومن المتوقع أن تستخدم هذه العقد في نهاية سلسلة تزامن.

الجدول 1.Aأ – وظيفة إثرنت متزامنة مخفضة مع تمكين مستوى الجودة

نمط الواجهة	أسلوب التشغيل	عملية مستوى الجودة	عملية قناة تراسل تزامن الإثرنت
إثرنت متزامنة بوظيفة مخفضة مع تمكين مستوى الجودة	متزامن (مرسل فقط)	فعّالة (طرف المرسل فقط)	طرف المرسل: نعم طرف المستقبل: خيارية
	متزامن (مرسل فقط)	فعّالة (طرف المستقبل فقط)	طرف المستقبل: نعم طرف المرسل: خيارية

الجدول 1.Aب – وظيفة إثرنت متزامنة مخفضة مع تبطيل مستوى الجودة

نمط الواجهة	أسلوب التشغيل	عملية مستوى الجودة	عملية قناة تراسل تزامن الإثرنت
إثرنت متزامنة بوظيفة مخفضة مع تبطيل مستوى الجودة	متزامن (مرسل فقط)	غير فعّالة	خيارية
	متزامن (مستقبل فقط)	غير فعّالة	خيارية

2.5.A متطلبات التشغيل البيني

يبين الجدول 2.A متطلبات التشغيل بين مختلف أنماط الواجهات وأساليب التشغيل. ويجب أن تمكن أي توليفة الإرسال الملائم لحركة الإثرنت. ولاستخدام إثرنت المتزامنة لتزامن الشبكة، يتعين أن تشارك منافذ الإثرنت المتزامنة في أسلوب تزامن في طرفي كل وصلة تزامن في مسير التزامن.

الجدول 2.A – التشغيل بين الإثرنت المتزامنة ومنافذ الإثرنت

		حركة متفاعلة			تزامن شبكة متفاعل مع		
نمط الواجهة		**إثرنت**	**بوابة إثرنت متزامنة**		**إثرنت**	**بوابة إثرنت متزامنة**	
	أسلوب التشغيل	غير متزامن	متزامن		غير متزامن		متزامن
إثرنت	أسلوب التشغيل	✓	✓	✓	×	×	×
إثرنت متزامنة	غير متزامن	✓	✓	✓	×	×	×
إثرنت متزامنة	غير متزامن	✓	✓	✓	×	×	✓
✓ تفاعل ممكن × تفاعل غير ممكن							

3.5.A التشغيل البيني في التردد

تعمل إثرنت بمعدل ±100 ppm كحد أقصى لتخالف التردد.

تستخدم إثرنت المتزامنة في أسلوب التزامن تزامن شبكة مستمد من الميقاتية PRC. وأسوأ حالة هي الاستبقاء بمعدل ±4,6 ppm كحد أقصى لتخالف التردد.

ولاستعادة البيانات، يتعين أن تسامح دخل التردد في الإثرنت المتزامنة ±100 ppm.

ويبين الجدول 3.A متطلبات التشغيل البيني من حيث التردد.

الجدول 3.A – التشغيل البيني من حيث التردد

نمط الواجهة	**أسلوب التشغيل**	**التردد**		
		الانحياز الأقصى لتردد الخرج	**مدى التسامح عند الدخل**	
			لاستعادة البيانات	**لاستعادة الميقاتية**
إثرنت	غير متزامن	±100 ppm	±100 ppm	لا ينطبق
إثرنت متزامنة		يمكن ربطه بميقاتية EEC، وإلا أن يكون ضمن ±100 ppm		
إثرنت متزامنة	متزامن (ملاحظة)	مربوط بميقاتية EEC (في أسوأ حالة ±4,6 ppm)		حد أقصى ±4,6 ppm
ملاحظة – لأسلوبي تفعيل مستوى الجودة وتبطيله.				

4.5.A التشغيل البيني من حيث الضوضاء

تحدد الإثرنت مدى الارتعاش وفقاً لمعيار معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE). وليس للجنوح أهمية بالنسبة لعملية حركة الإثرنت.

ويتم تحديد الارتعاش والجنوح للواجهات المتزامنة وفقاً للقطاع ITU-T. وبالنسبة لواجهات إثرنت المتزامنة في أسلوب التشغيل المتزامن، يتم تحديد المتطلبات ذات الصلة في التوصيتين [ITU-T G.8261] و[ITU-T G.8262].

ولاستعادة البيانات، يتعين أن تكون واجهة الإثرنت المتزامنة قادرة على تحمل الارتعاش من واجهات الإثرنت.

ويبين الجدول 4.A التفاصيل.

الجدول 4.A – التشغيل البيني من حيث الضوضاء

نمط الواجهة	أسلوب التشغيل	الضوضاء					
		الحد الأقصى لتوليد ضوضاء الخرج		مدى تسامح الضوضاء في دخل المعدات			
				لاستعادة البيانات		لاستعادة الميقاتية	
		ارتعاش	جنوح	ارتعاش	جنوح	ارتعاش	جنوح
إثرنت إثرنت متزامنة	غير متزامن	بحسب IEEE	لا ينطبق	بحسب IEEE	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق
إثرنت متزامنة	متزامن	بحسب G.8261 (شبكة) و G.8262 (معدات)				بحسب G.8262	

5.5.A قياس الارتعاش ذي الصلة

تشير قياسات الارتعاش في منافذ الإثرنت إلى معيار IEEE. ويستخدم قياس الارتعاش IEEE طريقة الرسم البياني المعروف بما يسمى "العين المجهدة وحوض الاستحمام". وفي حالة التشغيل البيني لاستعادة البيانات، يجب أن تقاس واجهات الإثرنت المتزامنة بنفس الطريقة.

وفي حالة التشغيل البيني للتزامن في واجهات الإثرنت المتزامنة في أسلوب عملية المزامنة، يتم تضمين مواصفات الارتعاش في التوصيتين [ITU-T G.8261] و[ITU-T G.8262].

وتحتاج قياسات الارتعاش لواجهات الإثرنت المتزامنة في أسلوب عملية المزامنة إلى المزيد من الدراسة. انظر التذييل X.

ويوفر الجدول 5.A ملخصاً لذلك.

الجدول 5.A – قياس الارتعاش

نمط الواجهة	أسلوب التشغيل	تسامح دخل الارتعاش	توليد ضوضاء الارتعاش	نقل ضوضاء الارتعاش	حدود الشبكة
إثرنت إثرنت متزامنة	غير متزامن	حسب IEEE	حسب IEEE	لا ينطبق	لا ينطبق
إثرنت متزامنة	متزامن	لمزيد من الدراسة، انظر التذييل X لقياسات الارتعاش			

6.5.A قياس الجنوح ذي الصلة

لم يتم تحديد متطلبات الجنوح لواجهات الإثرنت.

تحتاج قياسات الجنوح لواجهات الإثرنت المتزامنة في أسلوب عملية التزامن لمزيد من الدراسة. انظر التذييل X.

لمزيد من التفاصيل، انظر الجدول 6.A.

الجدول 6.A – قياس الجنوح

نمط الواجهة	أسلوب التشغيل	مدى تسامح دخل الجنوح	توليد ضوضاء الجنوح	نقل ضوضاء الجنوح	حدود الشبكة
إثرنت	غير متزامن	لا ينطبق			
إثرنت متزامنة					
إثرنت متزامنة	متزامن	لمزيد من الدراسة، انظر التذييل X لقياسات الجنوح			

ملاحظة – الاعتبارات بشأن الواجهات والمعدات ذات وظائف الإثرنت المتزامنة المخفضة واردة في التوصية [ITU-T G.8264].

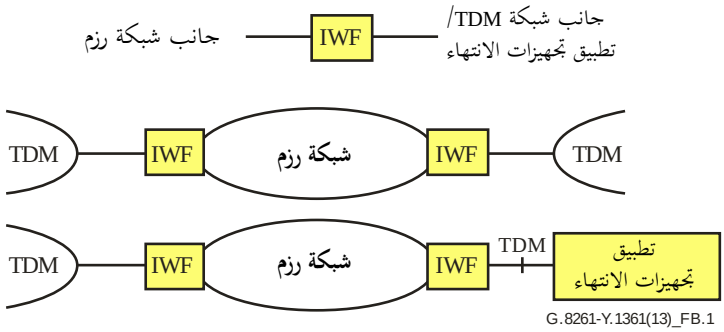
الملحق B

التقسيم الوظيفي للتشغيل البيني (IWF) إلى ميداني خدمة مضاهاة الدارة (CES) وتوقيت شبكة الرزم (PNT) وشبكات أمثلة

(يشكل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

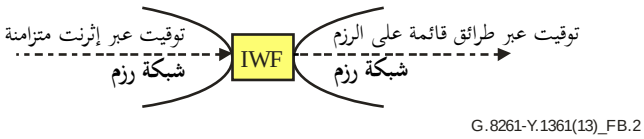
1.B نظرة عامة

وظيفة التشغيل البيني (IWF) هي الفدرة الوظيفية التي تترجم البيانات من شبكة قائمة على تعدد الإرسال TDM إلى شبكة قائمة على الرزم، والعكس (انظر الشكل 1.B).



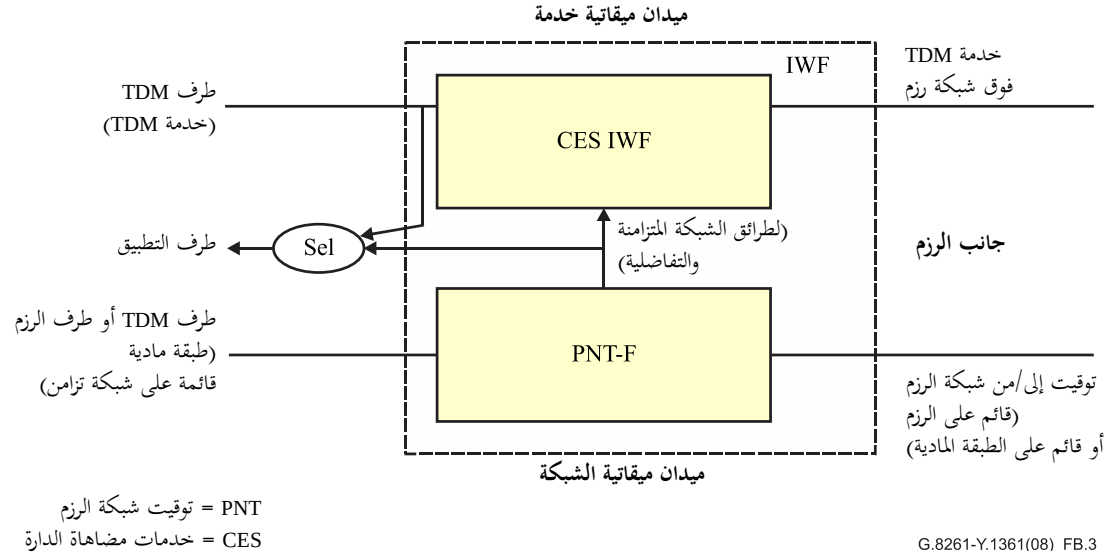
الشكل 1.B – وظيفة التشغيل البيني (IWF) في الشبكة

وفي بعض التطبيقات، قد تغير الوظيفة في IWF الطبقة التي يُحمل فوقها التوقيت (أي من الرزمة إلى الطبقة المادية والعكس)، انظر الشكل 2.B.



الشكل 2.B – وظيفة التشغيل البيني (IWF) تغير الطبقة التي يُحمل فوقها التوقيت

يتم تعريف الوظيفة IWF وفقاً لبنية من ميدانين (انظر الشكل 3.B)، حيث تهتم وظيفة خدمة مضاهاة الدارة "CES IWF" بجوانب التزامن في ميدان ميقاتية الخدمة، وتهتم وظيفة توقيت شبكة الرزم "IWF PNT" بجوانب التزامن في ميدان ميقاتية الشبكة.



الشكل 3.B – ميدان خدمة مضاهاة الدارة (CES) وميدان توقيت شبكة الرزم (PNT) في وظيفة التشغيل البيني (IWF)

وتستعيد الوظيفة CES IWF، على وجه الخصوص، توقيت الخدمات التي تُحمل عبر شبكة الرزم (استعادة إشارة ميقاتية الخدمة)، وكذلك تدعم على النحو الملائم توليد رزم CES نحو شبكة الرزم.

وكما هو موضح في البند 8، فإن أساليب التشغيل التالية ممكنة:

- تشغيل الشبكة المتزامن
- الطرائق التفاضلية
- الطرائق التكييفية
- الميقاتية المرجعية متيسرة في أنظمة إنتهاء تعدد الإرسال TDM.

وتبعاً للطرائق المعمول بها، قد يحتاج الأمر إلى تنفيذ أنماط مختلفة من الميقاتيات في الوظيفة CES IWF.

ويرد ذلك بالتفصيل في البند 3.B.

ويمكن القيام بتوزيع التوقيت من الوظيفة PNT IWF وإليها وفقاً للطرائق التقليدية أو الجديدة. وفي الواقع، قد تستعيد هذه الفدرة توقيت شبكة التزامن إما من جانب تعدد الإرسال TDM (من تراتب SDH مثلاً)، أو من جانب الرزم (من قبيل الإثرنت المتزامنة، أو طرائق جديدة تقوم على رزم مخصصة).

وفيما يلي مثال على الحالات الممكنة لتوزيع التوقيت من الشبكة PNT وإليها:

- مرجع خارجي مخصص (من تجهيزات تزامن قائمة بذاتها SASE مثلاً)
- عبر طبقة مادية متزامنة (مثال ذلك، تراتب SDH، إثرنت متزامنة). التوقيت محمول بالرزم (مثال ذلك [b-IEEE 1588]، شبكة NTP).

وفي بعض الحالات، تقدم الوظيفة PNT IWF إلى الوظيفة CES IWF إشارة توقيت مرجعية دقيقة مستمدة من شبكة التزامن. وفي الواقع، قد تحتاج الوظيفة CES IWF إلى هذا المرجع لدعم آلية استعادة الميقاتية: وهذا ينطبق على الطرائق المتزامنة مع الشبكة والطرائق التفاضلية. وترد تفاصيل إضافية في البند 2.B.

2.B ميقاتيات وظيفة التشغيل البيني (IWF)

يبين الشكل 4.B الميقاتيتين اللتين يمكن تنفيذهما في وظيفة خدمة مضاهاة الدارة CES IWF، وهما:

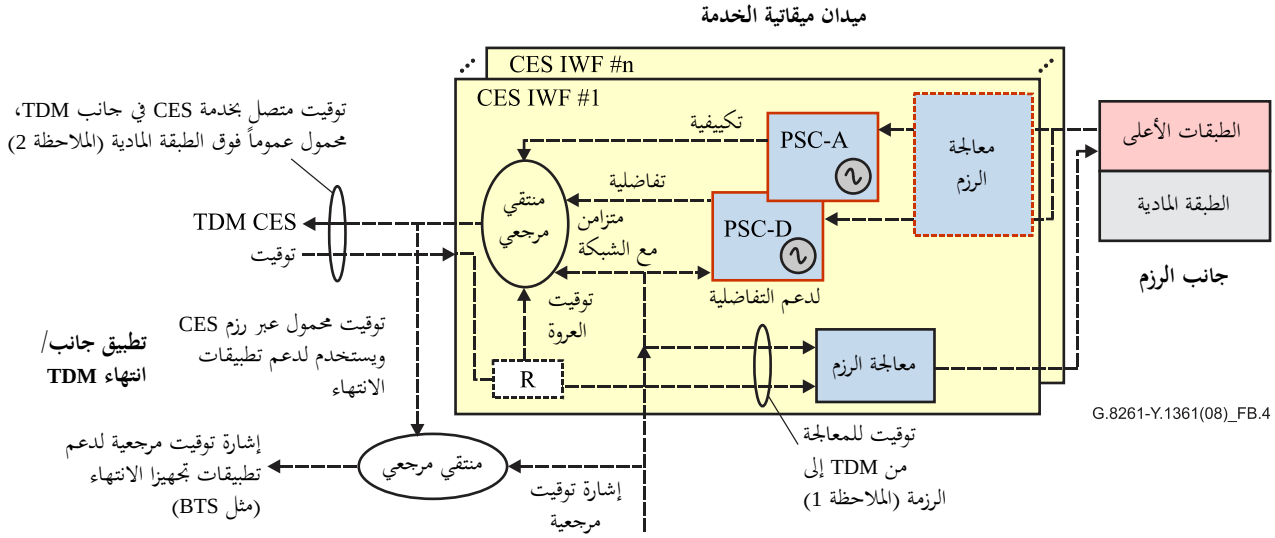
- ميقاتية خدمة قائمة على الرزم—تكييفية (PSC-A): ميقاتية تستعيد إشارة ميقاتية الخدمة CES من رزم الحركة وفقاً لطريقة تكييفية.
- ميقاتية خدمة قائمة على الرزم—تفاضلية (PSC-D): ميقاتية تستعيد إشارة ميقاتية الخدمة CES من رزم الحركة وفقاً لطريقة تفاضلية.

وهذه الميقاتيات مسؤولة عن وظيفة توقيت CES IWF (بما في ذلك تشغيل الحر والاستبقاء والترشيح والاختيار، وما إلى ذلك).

والميقاتيات PSC-A وPSC-D محددة لكل مستعمل خدمة CES (أي مستعمل لديه ميقاتية مخصصة). وينبغي ألا يكون الاستبقاء إلزامياً (ولكن يمكن توفيره اختيارياً) ذلك لأن الأمر يحتاج، في الواقع، لمجرد دقة تشغيل حر لدعم متطلبات الحد الأدنى لتراتب PDH (50 ppm مثلاً لإشارات 2 048 kbit/s). وهي تتناول عادة الرزم في اتجاه واحد فقط لدعم خدمة CES في تعدد الإرسال TDM.

الملاحظة 1 – يمكن تحديد "خدمات" جديدة تُوزع رزم توقيت مخصصة (باستخدام بروتوكولات في اتجاه واحد أو اتجاهين) ويتم لذلك تحديد ميقاتيات مختلفة. وهذا يحتاج إلى المزيد من الدراسة.

وتحتاج تفاصيل هذه الميقاتيات إلى المزيد من الدراسة.



n = عدد مستعملي الخدمة CES الذي ينتهي اتصالهم من جانب الوظيفة CES IWF

الملاحظة 1 – يدفع هذا التوقيت توليد الرزم الصادرة ويشكل الأساس لتوليد رسائل التوقيت للطرائق التكييفية أو التفاضلية.

الملاحظة 2 – قد تحمل بعض تدفقات الخدمة CES أيضاً ميقاتية الشبكة. وفي حال معاملة الوظيفة IWF من جانب صاحب ميقاتية الشبكة، يمكن معاملة ذلك في ميدان ميقاتية الشبكة (من جانب ميقاتية PEC). وفي حال IWF يملكها مشغل مختلف (حيث يقدم خدمة النقل إلى مشغل آخر)، فإنها تعامل كأي خدمة تعدد إرسال TDM أخرى في ميدان الخدمة (من جانب ميقاتية PSC).

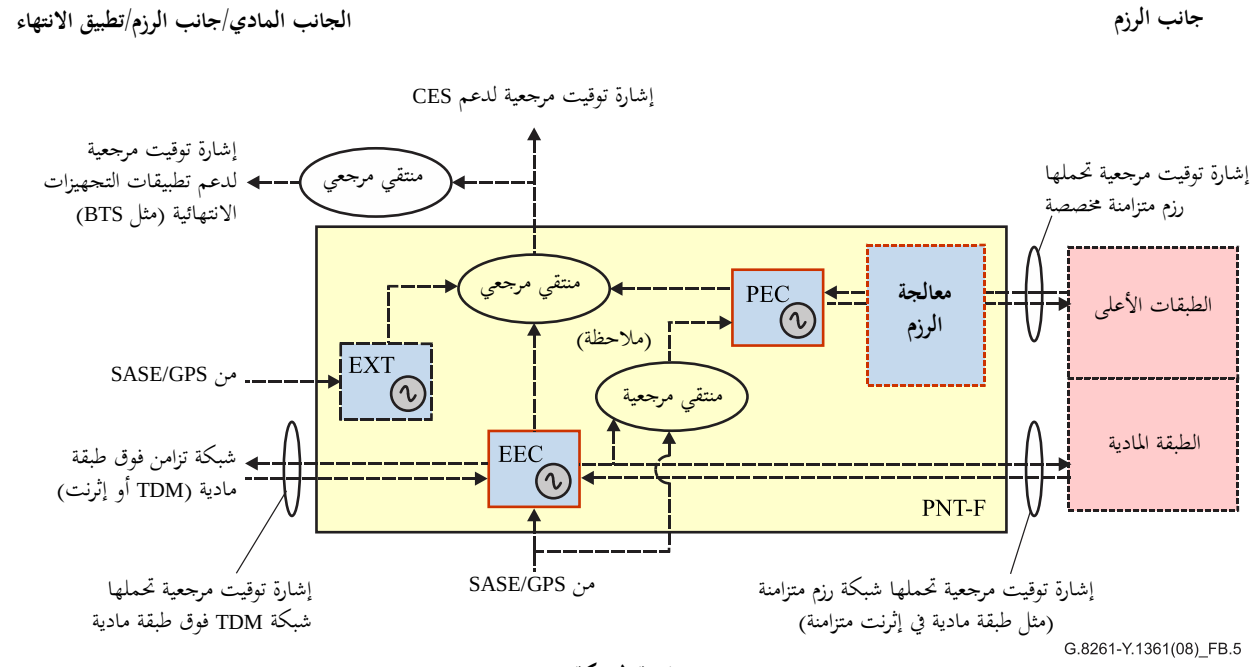
الشكل 4.B – الميقاتيات في وظيفة CES WIF وفي وظيفة PNT IWF

ومن منظور التزامن، يُطلب من الوظيفة CES IWF في جانب تعدد الإرسال TDM أساساً توليد طبقة مادية متزامنة وفقاً لمتطلبات محددة (حدود الارتعاش والجنوح مثلاً)، واسترداد التوقيت وفقاً لأقنعة التسامح للارتعاش والجنوح المعمول بها.

وفي جانب رزمة الوظيفة CES IWF، تتناول وظيفة التزامن رزم "بيانات المستعمل". مثال ذلك، في اتجاه الرزمة إلى تعدد الإرسال TDM وفي حالة الطرائق التكييفية، يستعاد توقيت TDM بواسطة خوارزمية ترشيح تقوم على أساس الوقت الفاصل بين وصول الرزم (تهتم PSC-A بهذه الوظيفة).

وتستخدم الفدرة "R" في الوظيفة CES IWF لإعادة توليد توقيت تعدد الإرسال TDM: يمكن العودة بتوصيل عروي في حالة وظيفة توقيت عروية، ويمكن أن تستخدم للتحكم في تدفق الرزم في اتجاه TDM إلى الرزم (لتوليد رسائل التوقيت المستخدمة في الطريقة التفاضلية، مثلاً). وعلى وجه التحديد، الفدرة "معالجة الرزم" مسؤولة عن توليد رسائل التوقيت التي تدعم الطريقة التفاضلية (لهذا الغرض، يحتاج الأمر إلى ميقاتية الشبكة وتوقيت TDM على السواء)، وعن توليد الرزم بمعدل مرتبط مباشرة بتوقيت TDM (صالح لجميع الطرائق).

ويبين الشكل 5.B الميقاتيات في وظيفة توقيت شبكة الرزم (PNT-F) التي تدعم توزيع التوقيت المرجعي عبر شبكات الرزم (انظر البند 7).



ملاحظة – إشارة توقيت مرجعية لدعم توليد التوقيت نحو جانب الرزم.

الشكل 5.B – الميقاتيات في وظيفة توقيت شبكة الرزم (PNT-F)

الملاحظة 2 – لا تظهر في الشكل جميع التفاعلات بين الفدرات في التوقيت PNT.

الملاحظة 3 – يمكن تنفيذ ميقاتية مختلفة في التوقيت PNT في حال تنفيذ التوقيت من جانب تعدد الإرسال TDM فقط (تراتب SDH مثلاً). ويجب أن تقوم هذه الميقاتية على التوصيات السارية (مثل [ITU-T G.813]).

طبقاً للشكل 5.B، تحدد الميقاتيات PNT (ميقاتيات شبكات التزامن) التالية:

- PEC: ميقاتية تجهيزات قائمة على الرزم لاستعادة وإرسال توقيت الشبكة بواسطة رزم مخصصة.
- EEC: ميقاتية تجهيزات إثرنت لدعم التوقيت الذي يتم تنفيذه عبر إثرنت متزامنة (انظر التوصية [ITU-T G.8262]).
- EXT: توقيت من إشارة توقيت مرجعية مخصصة خارجية (مثل SASE/GPS).

وتحتاج التفاصيل بشأن الميقاتية PEC إلى المزيد من الدراسة.

وتتناول PEC وEEC ميقاتية الشبكة، ومن ثم تردد واحد لكل شبكة. وهناك ميقاتية/تردد واحد لكل تجهيز. ويُطلب الاستبقاء لهذه الميقاتيات.

وقد تكون الميقاتية PEC قادرة على تناول الرزم في اتجاهين (مثل بروتوكول دقة الوقت PTP وبروتوكول زمن الشبكة NTP).

ويلاحظ أن ميقاتية الخدمة القائمة على الرزم التكييفية (PSC-A) وميقاتية التجهيزات القائمة على الرزم (PEC) يمكن أن يستندا إلى تنفيذ مماثل لأن كليهما يستند إلى طريقة تكييفية، ولكن قد تنطبق متطلبات مختلفة. وبالإضافة إلى ذلك، وبينما ينبغي أن

تنهي PSC-A توزيع التوقيت فقط (وهي تهتم باستعادة توقيت خدمة تعدد الإرسال TDM لتوليد المزيد من تدفق TDM)، فإن الميقاتية PEC يمكن أن تكون من حيث المبدأ جزءاً من سلسلة توزيع للتزامن.

ويمكن أن تستند الميقاتية الخارجية EXT إلى توصيات ITU-T أخرى ذات صلة (من قبيل [ITU-T G.812] و[ITU-T G.813]).

ويلاحظ أنه تبعاً لتطبيق الشبكة، لا يتعين سوى تنفيذ بعض الوظائف (وبعض الميقاتيات فقط) التي تظهر في الشكلين 4.B و5.B في الوظيفة IWF. وكمثال على ذلك، ليس هناك حاجة إلى ميقاتية خارجية EXT إذا نفذت في توقيت الشبكة PNT ميقاتيات أخرى (مثل ميقاتية EEC): إذ يمكنها بدلاً من ذلك أن تهتم باستقبال المرجع الخارجي لاستخدامه في النظام.

وكما هو مبين في الشكل 5.B، يمكن أيضاً إتاحة إشارة توقيت مرجعية لدعم تطبيقات تجهيزات الانتهاء (مثل محطة إرسال-استقبال قاعدية (BTS)).

ويمكن أيضاً أن تُحمل إشارة التوقيت المرجعية الخارجة المبينة في الشكل 4.B من جانب إشارة خدمة CES. ويمكن إتاحة إشارة التوقيت المستعادة بمثابة واجهة خارجية (ممتثلة للتوصية [ITU-T G.703] مثلاً) أو يمكن أن تكون داخلية في النظام (في هذه الحالة، يتم دمج الوظيفة IWF في تطبيق الانتهاء باستخدام مرجع التوقيت هذا).

وثمة أمثلة على تطبيقات IWF نموذجية في التذييل IX.

وثمة أمثلة على تطبيقات الشبكة يرد وصفها في البند 3.B.

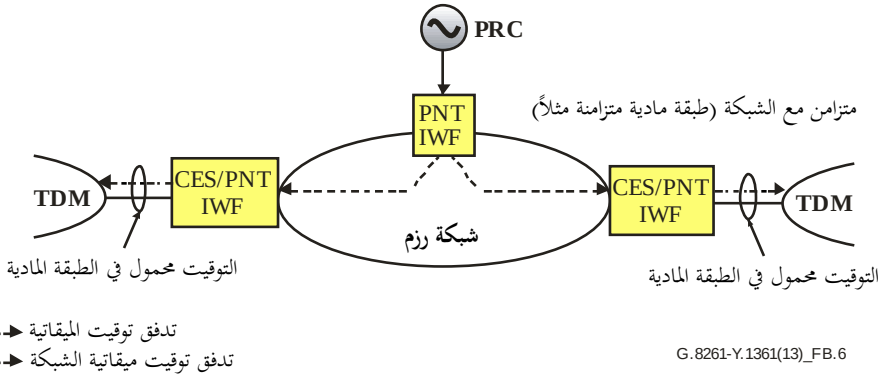
الملاحظة 4 – بالإضافة إلى ميقاتيات الوظيفة IWF، يمكن أن يكون هناك ميقاتيات منفذة في عناصر أخرى في شبكة الرزم. والمثال النموذجي هو الميقاتية EEC في بدالات الإثرنت التي هي جزء من سلسلة توزيع التزامن. وفي هذه الحالة، فإن عناصر الشبكة لا تنفذ سوى مهام التوقيت PNT ويمكن تمثيل وظائف التزامن من قبل الميقاتية المنطبقة (ميقاتية EEC مثلاً).

وعلى وجه العموم، في حال عدم وجود وظائف الخدمة CES وعندما تكون الميقاتية EEC موصولة على الجانبين بنفس النمط من الطبقة المادية (مثل الإثرنت المتزامنة)، ليس هنالك من وظيفة IWF.

3.B أمثلة شبكات

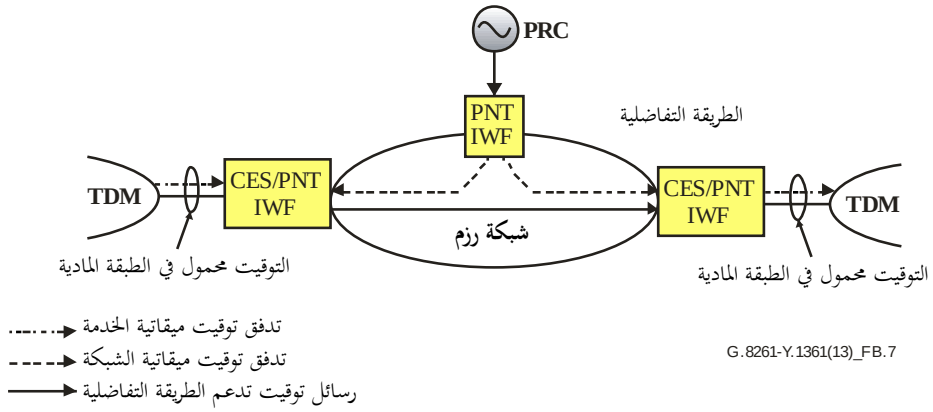
تعرض الأشكال التالية بعض أمثلة الشبكات بغية تكوين فهم أفضل للنموذج المعروض في الشكلين 1.B و2.B.

ويبين الشكل 6.B استعادة ميقاتية خدمة تعدد الإرسال TDM على أساس طريقة التزامن مع الشبكة: في هذا المثال، يتم توزيع إشارة التوقيت المرجعي (ميقاتية الشبكة) من الوظيفة PNT IWF التي لها نفاذ إلى الميقاتية PRC (GPS مثلاً)، نحو PNT/CES IWF على حواف شبكة الرزم (عن طريق الإثرنت المتزامنة مثلاً). ويستمد توقيت خدمة تعدد الإرسال TDM من ميقاتية هذه الشبكة (أي الطريقة المتزامنة مع الشبكة).



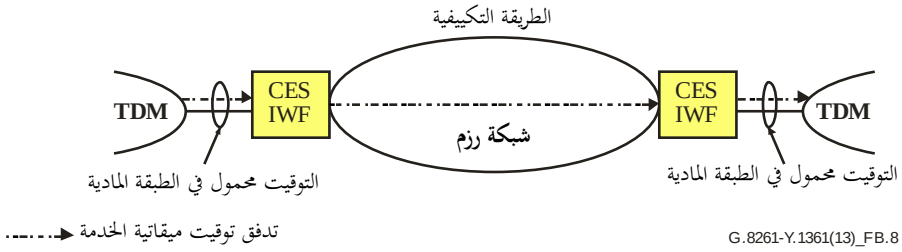
الشكل 6.B – مثال لاستعادة التوقيت بناءً على طريقة التزامن مع الشبكة

ويعرض الشكل 7.B استعادة ميقاتية الخدمة على أساس الطريقة التفاضلية. وفي هذا المثال، تقوم وظيفة التوقيت PNT IWF بتوزيع إشارة التوقيت المرجعية إلى الوظيفة CES/PNT IWF التي تستخدم هذه الإشارة لتنفيذ الطريقة التفاضلية (يمثل التدفق من الجانب الأيسر IWF إلى الجانب الأيمن IWF توزيع المعلومات التفاضلية عبر رسائل التوقيت).



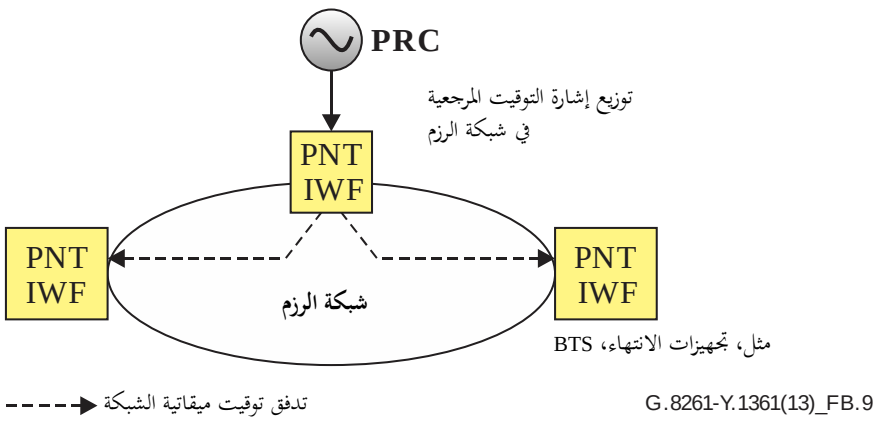
الشكل 7.B – مثال لاستعادة التوقيت بناءً على الطريقة التفاضلية

ويقدم الشكل 8.B مثالاً على استعادة ميقاتية الخدمة بواسطة الطريقة التكييفية. وفي هذه الحالة، لا حاجة إلى إشارة توقيت مرجعية (في الواقع لا يبدو أي وظيفة توقيت PNT IWF في الشكل).



الشكل 8.B – مثال لاستعادة التوقيت بناءً على الطريقة التكييفية

وأخيراً، يبين الشكل 9.B وظيفة التوقيت PNT IWF مع النفاذ إلى الميقاتية المرجعية الأولية (PRC) التي توزع إشارة التوقيت المرجعية عبر شبكة الرزم (عن طريق الإثرنت المتزامنة مثلاً) نحو وظائف توقيت PNT IWF أخرى على حواف شبكة الرزم. وفي هذا المثال، تدعم وظيفة التوقيت PNT IWF على الجانب الأيمن اشتراط التوقيت لتجهيزات الانتهاء. وثمة مثال نموذجي هو دعم متطلبات التوقيت في محطات الإرسال–الاستقبال القاعدة (BTS) في النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM) (مثال ذلك، معدل 50 ppb في الواجهة الراديوية).



الشكل 9.B – توزيع التوقيت المرجعي بين وظيفة توقيت PNT IWF

الملحق C

متطلبات وظيفة التشغيل البيني (IWF)
في خدمة مضاهاة الدارة (CES) المتعلقة بالتزامن

(يشكل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.C واجهات الحركة

المتطلبات التالية مقتطفة من توصيات قائمة (مثل [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824]).

ملاحظة – يرد ذكر واجهات التراتب الرقمي المتزامن في البنود التالية للعلم فقط، ذلك لأن نقل إشارات التراتب SDH عبر شبكة الرزم يحتاج إلى المزيد من الدراسة.

1.1.C الخصائص الفيزيائية والكهربائية والبصرية

يتعيّن أن تمتثل الخصائص الفيزيائية والكهربائية للواجهات E0 (64 kbit/s) وE11 (1 544 kbit/s) وE12 (2 048 kbit/s)، ولجميع واجهات التراتب الرقمي المتزامن، وللواجهتين (STM-0) 51 840 kbit/s و(STM-1) ES1، لمتطلبات التوصية [ITU-T G.703].

ويتعيّن أن تمتثل الخصائص الفيزيائية والبصرية للواجهات STM-1 وSTM-4 وSTM-16 لمتطلبات توصيات الواجهة المادية ذات الصلة مثل [ITU-T G.957] و[ITU-T G.691] و[ITU-T G.959.1].

2.1.C مدى التسامح في الارتعاش والجنوح

يتعيّن أن يمتثل مدى التسامح في الارتعاش والجنوح للشبكات القائمة على تراتب 2 048 kbit/s في واجهات الحركة E0 وE12 وE22 وE31 وE4 لمتطلبات البند 1.7 في التوصية [ITU-T G.823].

ويتعيّن أن يمتثل مدى التسامح في الارتعاش والجنوح للشبكات القائمة على تراتب 1 544 kbit/s في واجهات الحركة E11 وE21 و64 032 kbit/s وE32 و728 97 kbit/s لمتطلبات البند 2.7 في التوصية [ITU-T G.824].

ويتعيّن أن يمتثل مدى التسامح في ارتعاش الدخل للشبكات القائمة على تراتب SDH في واجهات الحركة STM-1e وSTM-1 وSTM-4 وSTM-16 لمتطلبات البند 2.1.6 في التوصية [ITU-T G.825]. ويتعيّن أن يمتثل مدى تسامح ارتعاش الدخل في واجهة الحركة 51 840 kbit/s لمتطلبات البند 3.16 في التوصية [ITU-T G.703].

كما يتعيّن أن يمتثل مدى التسامح في جنوح الدخل للشبكات القائمة على تراتب SDH في واجهات للحركة 51 840 kbit/s وSTM-1e وSTM-1 وSTM-4 وSTM-16، وفق البند 1.1.6 في التوصية [ITU-T G.825] لمتطلبات البند 1.9 في التوصية [ITU-T G.812] والبند 1.8 في التوصية [ITU-T G.813]، أيهما يقتضيه الحال. ويتم تحديد هذه المتطلبات بالنسبة لواجهتي التزامن (وحدة تزويد التزامن SSU وميقاتية تجهيزات التراتب الرقمي المتزامن SEC على التوالي) لأن واجهات الحركة STM-N تُعتبر واجهات تزامن.

ويرد تعريف طرائق القياس في التوصيتين [ITU-T O.171] و[ITU-T O.172].

2.C واجهات التزامن

المتطلبات التالية مقتطفة من توصيات قائمة (مثل التوصية [ITU-T G.703]).

1.2.C الخصائص الفيزيائية والكهربائية

يتعيّن أن تمتثل الخصائص الفيزيائية والكهربائية لواجهة التزامن T12 (2 048 kHz) لمتطلبات البند 13 في التوصية [ITU-T G.703].

كما يتعيّن أن تمتثل الخصائص الفيزيائية والكهربائية لواجهة التزامن E12 (2 048 kbit/s) لمتطلبات البند 9 في التوصية [ITU-T G.703].

ويتعيّن أن تمتثل الخصائص الفيزيائية والكهربائية لواجهة التزامن E11 (1 544 kbit/s) لمتطلبات البند 5 في التوصية [ITU-T G.703].

2.2.C مدى التسامح في الارتعاش والجنوح

يجب أن يمتثل مدى التسامح في الارتعاش والجنوح لواجهتي التزامن T12 وE12، وفق البند 2.7 في التوصية [ITU-T G.823]، لمتطلبات البند 2.9، النمط I في التوصية [ITU-T G.812] لواجهات وحدة تزويد التزامن (SSU) والبند 2.8، الخيار 1 في التوصية [ITU-T G.813] لواجهات ميقاتية تجهيزات التراتب الرقمي المتزامن (SEC)، أيهما يقتضيه الحال.

ويجب أن يمتثل مدى التسامح في ارتعاش الدخل لواجهة التزامن E11، وفق البند 3.7 في التوصية [ITU-T G.824] لمتطلبات البند 2.9، النمطان II وIII في التوصية [ITU-T G.812] لواجهات الوحدة SSU، والبند 2.8، الخيار 2 في التوصية [ITU-T G.813] لواجهات الميقاتية SEC، أيهما يقتضيه الحال.

كما يجب أن يمتثل مدى التسامح في جنوح الدخل لواجهتي التزامن T12 وE12، وفق البند 2.7 في التوصية [ITU T G.823]، لمتطلبات البند 1.9، النمط I في التوصية [ITU-T G.812] لواجهات الوحدة SSU، والبند 1.8، الخيار 1 في التوصية [ITU-T G.813] لواجهات الميقاتية SEC، أيهما يقتضيه الحال.

ويجب أن يتطابق مدى التسامح في جنوح الدخل لواجهة التزامن E11، وفق البند 3.7 في التوصية [ITU-T G.824]، لمتطلبات البند 1.9، النمطان II وIII في التوصية [ITU-T G.812] لواجهات الوحدة SSU، والبند 1.8، الخيار 2 في التوصية [ITU-T G.813] لواجهات الميقاتية SEC، أيهما يقتضيه الحال.

3.C وظيفة تزامن التشغيل البيني IWF

تفاصيل وظيفة تزامن التشغيل البيني (IWF) واردة في الملحق B.

ويتعيّن، تبعاً للخدمات المزمع تقديمها، أن تدعم الوظيفة IWF مجموعة فرعية مناسبة من وظيفة التوقيت الموصوفة في الملحق B.

ويوصى، بالنسبة لوظيفة الخدمة CES IWF في الشكل 4.B، بالتحكم بالانزلاق في اتجاه مرسل تعدد الإرسال TDM للتحكم بفرط/نقص التدفق الممكن حدوثهما في الدارئة. ويتعيّن إجراء الانزلاقات على أرتال n × 125 ميكروثانية.

وستحدث انزلاقات (غير متحكم بها على الأرجح) عندما تكون ميقاتية مرسل و/أو مستقبل TDM في حالة الاستبقاء أو عندما تعزى إلى ميقاتية في حالة الاستبقاء وعندما تستعمل تقنية استعادة الميقاتية المتزامنة (الطريقة التفاضلية أو التشغيل المتزامن مع الشبكة).

وعند انتقاء مصدر توقيت جديد، قد يتجاوز جنوح الخرج مؤقتاً حد جنوح الخرج، بيد أنه يجب أن يكون ضمن هذا الحد عند نهاية الفترة التي تدعى "فترة الاستقرار". وتحتاج متطلبات فترة الاستقرار إلى المزيد من الدراسة؛ كما يرد المزيد من المعلومات في التذييل II.

وهناك خاصية أخرى تتعلق بوظيفة IWF هي الكمون. ويتم تحديد متطلبات الكمون عادةً على مستوى الشبكة بتحديد الكمون الكلي في التوصيل من طرف إلى طرف. وتحتاج المتطلبات بشأن مساهمة الوظيفة IWF في الكمون الكلي إلى المزيد من الدراسة.

ويرد في البند 1.9 تحديد مجموع الضوضاء التي يمكن أن يُدخلها مقطع الخدمة CES. وهذا يحدد أيضاً خصائص نقل الضوضاء على كامل مقطع الخدمة CES بما في ذلك زوج وظائف IWF التي تكيّف تدفق تعدد الإرسال TDM إلى شبكة الرزم.

الملحق D

تطبيقات ومتطلبات الشبكة للميقاتيات المحددة في التوصية ITU-T G.8262/Y.1362

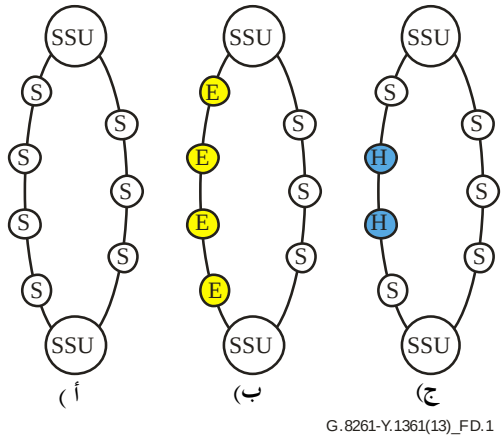
(يشكل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

تستخدم شبكة التزامن بموجب التوصية [ITU-T G.803] ميقاتية (ميقاتيات) مرجعية أولية (PRC) ووحدات إمداد بالتزامن (SSU) وميقاتيات تجهيزات تراتب رقمي متزامن (SEC). وغالباً ما تكون وحدات الإمداد SSU مستقلة بذاتها. وتنقل معلومات التوقيت عبر عناصر شبكة (NE) التراتب SDH من الميقاتية PRC إلى وحدة الإمداد SSU ومن وحدة SSU إلى وحدة SSU في مستوى تراتب أخفض. ويُستخدم مسيران أو أكثر رغبة في المرونة. وهذا موضح في الشكل 1.D–أ.

وبفضل إدخال التزامن في شبكات تبديل الرزم (PSN)، يجب أن تكون عناصر الشبكة المبدّلة الرزم التي تدعم الإثرنت المتزامنة قادرة على نقل معلومات التوقيت والتشغيل البيني مع عناصر شبكة تراتب SDH (التي تحتوي على الميقاتية SEC مثلاً). ويجب أن تكون عناصر الشبكة المبدلة الرزم التي تحتوي على الميقاتية EEC قادرة على توفير خطوط التزامن بين الميقاتية PRC ووحدات الإمداد SSU وأن توفر التزامن للتطبيقات الحساسة للزمن. ويجب أن تكون وصلات التوقيت الجديدة عبر الشبكات المبدلة بالرزم متوافقة مع وصلات توقيت التراتب SDH القائمة من أجل قابلية التشغيل البيني مع شبكة التزامن. ويبين الشكل 1.D–ب سلسلتي تزامن، واحدة مشكلة بعنصر شبكة تراتب SDH (دوائر تحمل السمة "S") وأخرى مشكلة بعنصر شبكة مبدل الرزم يستخدم واجهات الإثرنت المتزامنة (دوائر تحمل السمة "E").

والعناصر الهجينة في الشبكة موصوفة في التذييل I في التوصية [ITU-T G.8262]. وترتبط العناصر الهجينة التي توفر كلتا واجهتي النميطة STM-N مع وظائف تقاطع التوصيل في الحاوية SDH-VC المصاحبة لها، كما ترتبط واجهات الإثرنت المتزامنة في الطبقة المادية (ETY) مع التبديل بالرزم المصاحب لها. وينبغي أن يكون من الممكن استخدام عناصر الشبكة الهجينة هذه في أي مكان في سلاسل التزامن. وثمة مثال لذلك موضح في الشكل 1.D–ج. ويستخدم عنصر الشبكة الهجين الأعلى (دائرة تحمل السمة "H") واجهة النميطة STM-N عند الدخول وواجهة الطبقة المادية ETY عند الخروج. ويستخدم عنصر الشبكة الهجين الأدنى واجهة ETY عند الدخول وواجهة STM-N عند الخروج. وينقل التوقيت من STM-N إلى ETY ومن ETY إلى STM-N، على التوالي.

ويمكن لخصائص الميقاتيات EEC أن تدعم بناء سلاسل توزيع التوقيت موفرة نفس السلوك الذي توفره سلاسل الميقاتيات SEC (انظر الشكل 1.D–ب).



الشكل 1.D – سلاسل التزامن المنفذة بأنماط مختلفة من عناصر الشبكة

التذييل I

خصائص بدالات الإثرنت وشبكات الإثرنت والمسيّرات وتقنيات النفاذ

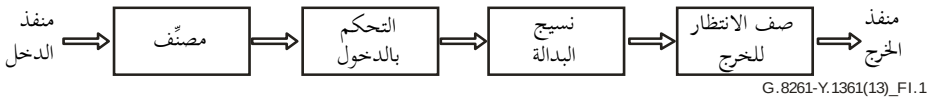
(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.I خصائص بدالات وشبكات الإثرنت

1.1.I خصائص التأخير لبدالات الإثرنت

1.1.1.I العمليات الوظيفية داخل بدالة إثرنت

من منظور "صندوق أسود"، يمر رتل إثرنت عبر أربع عمليات وظيفية في بدالة إثرنت نمطية، وتظهر العمليات مبينة في الشكل 1.I:



الشكل 1.I – الوظائف النمطية ضمن بدالة إثرنت

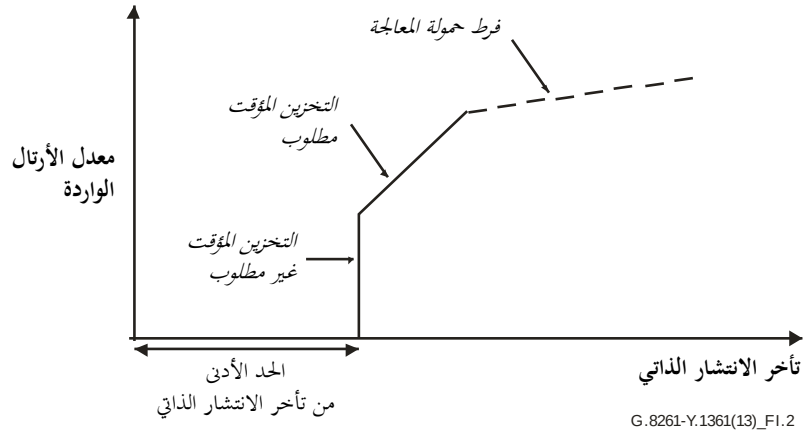
- التصنيف – هو التعرّف على هوية التدفق الذي ينتمي الرتل إليه وتحديد منفذ الخرج والأولوية.
- التحكم في الدخول – تطبيق إدارة الحركة للتدفق (ترتيب، تشكيل، وسم).
- التبديل – إعادة التسيير إلى منفذ الخرج المناسب.
- الصف الانتظاري للخرج – انتظار فاصل زمني للإرسال على منفذ الخرج. وتُطبَّق نمطياً سياسات صف الانتظار من قبيل الأولوية الصارمة وصف الانتظار العادل المرجّح (WFQ) أو الدوّار.

وتبحث البنود التالية في خواص التأخير لمختلف الوظائف داخل بدالة ما.

2.1.1.I تأخير مرحلة الدخل

ينبغي أن يكون الوقت اللازم لمرحلتي التصنيف والتحكم في الدخول ثابتاً تقريباً في معظم الحالات. غير أنه قد يتغاير التأخير خلال هاتين الوظيفتين تبعاً لتصميم البدالة وتحميل الحركة. إذ يمكن مثلاً إجراء التصنيف والتحكم في الدخول على السواء، في بعض البدالات، في البرمجيات على معالج الشبكة. وعند اكتمال العبء، قد تعجز البرمجيات عن مواكبة عدد الأرتال الواجب معالجتها مما يمكن أن يزيد من التأخير ويتسبب في إسقاط بعض الأرتال. وقد يصح الأمر نفسه بالنسبة لبعض التصميمات القائمة على المعدات الحاسوبية.

ويبيّن الشكل 2.I شكلاً مبسّطاً لتغاير تأخير مرحلة الدخل لدى تحميل البدالة. وفي ظروف الأحمال المنخفضة للحركة، تستطيع البدالة مجاراة عدد الأرتال المارة عبرها دون زيادة في التأخير. ومع ازدياد معدل الأرتال، دون تجاوز سعة المعالجة الكلية للبدالة، قد يتجاوز معدل الأرتال الآني معدل المعالجة المتيسر. ويتسبب ذلك في تخزين الأرتال في الدارئة بانتظار معالجتها مفضياً إلى بعض التأخير الإضافي. وأخيراً قد يتجاوز متوسط معدل الأرتال الواردة، في مرحلة ما، سعة المعالجة متسبباً في زيادة إضافية في التأخير، وبإسقاط أرتال في بعض الحالات بسبب نقص سعة التخزين في الدارئة.



الشكل 2.I – تغاير تأخر مرحلة الدخل مع التحميل

3.1.1.I تأخير نسيج البدالة

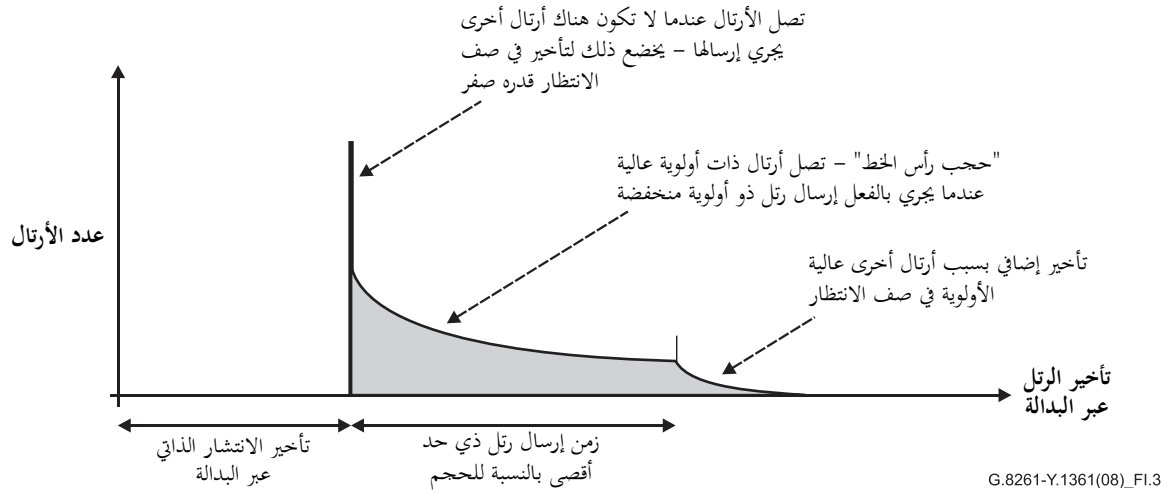
يتوقف التأخر عبر نسيج البدالة نفسه أيضاً على معمارية البدالة وتحميل الحركة على السواء. مثال ذلك، يقوم العديد من البدالات بتشغيل خوارزميات جدولة لتبديل الأرتال من منافذ الدخل عبوراً إلى منافذ الخرج، مما قد يسبب تغيراً طفيفاً في تأخير الأرتال تبعاً لوقت وصولها بالنسبة إلى "علامة" المجدْوِل. بيد أن هذا التغاير في التأخير طفيف، في معظم الحالات، نظراً للتواتر المرتفع الذي يعمل به المجدْوِل.

وفي المعدلات العالية جداً للبيانات الواردة، قد يعاني نسيج البدالة نفسه من فرط الحمولة ويعجز عن مجاراة كامل حجم الحركة المطلوبة للتبديل. وسينتج عن ذلك إسقاط بعض الأرتال.

4.1.1.I التأخر في صف الانتظار للخرج

يتوقف مقدار التأخير المضاف جراء صف انتظار الخرج على سياسة الانتظار المستخدمة وأولوية تدفق الحركة. مثال ذلك، قد ينتج عن تدفق أولوية عالية (مثلما قد يُستعمل من أجل تدفق توقيت الرزم) بالاقتران مع سياسة أولوية صارمة تأخير يسمى "عرقلة رأس الخط". وهذا ما يحدث، رغم الأولوية العالية للرتل، عندما يصل إلى منفذ الخرج مباشرةً بعد البدء بإرسال الرتل المنخفض الأولوية. وعندها يتعيّن على الرتل صاحب الأولوية العالية الانتظار حتى انتهاء إرسال الرتل الآخر.

ويبيِّن الشكل 3.I جانبية التأخير الذي يطرأ بفعل مجموعة من الأرتال ذات الأولوية العالية بالاقتران مع سياسة انتظار ذات أولوية صارمة. ومن باب التبسيط، يفترض هذا المخطط أن الأرتال تعاني تأخيراً ثابتاً تقريباً عبر الوظائف الأخرى للبدالة والذي يُصطلح على تسميته هنا "تأخير الانتشار الذاتي عبر البدالة". وتصل نسبة من الأرتال إلى صف انتظار الخرج في الوقت الذي لا تُرسل فيه أرتال أخرى. ويتم إرسال هذه الأرتال في الحال. بينما يتعيّن على باقي الأرتال الانتظار ريثما يُستكمل الإرسال الجاري. وقد يطرأ تأخير إضافي مردّه رزم أخرى ذات أولوية عالية موجودة أيضاً في صف الانتظار.



الشكل I.3 – صف الانتظار ذو الأولوية الصارمة: العرقلة عند رأس الخط

5.1.1.I التأخيرات النمطية في بدالات الإثرنت

استناداً إلى النموذج الموصوف في البند I.1، يمكن تقديم نمذجة مبسّطة للتأخيرات التي تسببها بدالة إثرنت، بتحديد مساهمتين رئيسيتين.

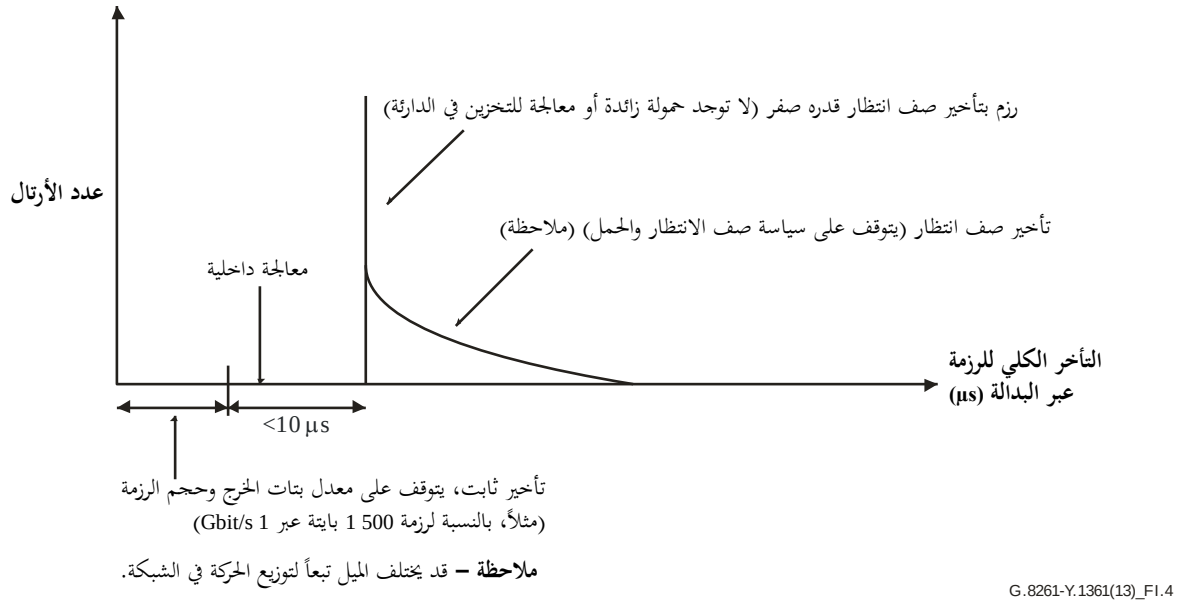
يتعلق النمط الأول من المساهمتين بعمليات التصنيف والتحكم في الدخول والتبديل، ويتعلق النمط الثاني بصف انتظار الخرج وبالإرسال.

ومن ثم يتعلق النمط الأول من التأخير بسعة معالجة البدالة بالدرجة الأولى، بينما يتوقف الآخر على معدل البتات للخط الصادر (Gbit/s 1 مثلاً) وعلى سياسات/أولويات الانتظار المنفّذة.

وعلى افتراض أن تصميم شبكة إثرنت لن يُنفِّذ بدالات إثرنت حيثما ينشأ اختناق في سعة المعالجة لبدالة الإثرنت، يمكن القول إن سعة المعالجة ينبغي أن تسهم بقيم أدنى من 10 ميكروثانية (في الواقع، تستغرق رزمة من 500 1 بايتة في صف انتظار الخرج 12 ميكروثانية على وصلة Gbit/s 1)، وفضلاً عن ذلك لن تكون هنالك مشكلة في فرط حمولة المعالجة أو معالجة التخزين في الدارئة (انظر الشكل I.2).

وبالنسبة للنمط الثاني من التأخير، يمكن حساب ما تقدم وفق النموذج المقدم في التذييل V.

ويبين الشكل I.4 النموذج المبسط.



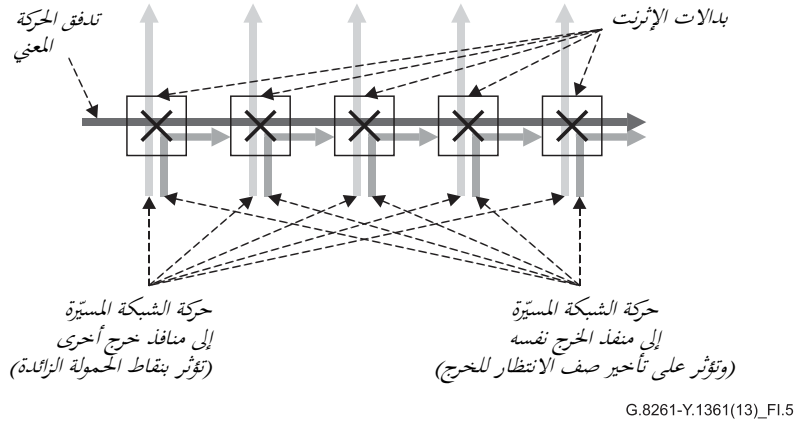
الشكل I.4 – النموذج المبسط للتأخيرات في بدالة الإثرنت

وبالإشارة إلى الشكل 4.I يلاحظ أن معالجة الانتظار قد تؤثر أيضاً في شكل توزيع التأخير.

2.1.I خصائص شبكات الإثرنت المبدلة

1.2.1.I طوبولوجيا شبكات الإثرنت

رغم وجود العديد من الطوبولوجيات الممكنة المختلفة للشبكة فإن من الممكن، لأغراض النظر في تدفق معيّن عبر شبكة ما، نمذجة الطوبولوجيا كسلسلة من بدالات الإثرنت كما يتبين في الشكل 5.I. وفي كل بدالة في السلسلة، يمكن حدوث تأخير لرتل إثرنت بسبب الآليات الموصوفة في البند 1.I. وسيتأثر هذا التأخير بالحركة الأخرى المتدفقة عبر البدالة. وستؤثّر الحركة الموجهة إلى منفذ الخرج نفسه على تأخير صف انتظار الخرج، بينما يؤثر المجموع الإجمالي لكل الحركة المتدفقة عبر البدالة (بما فيها الحركة المتدفقة إلى منافذ أخرى) على تأخيريْ المعالجة ونسيج البدالة.



الشكل 5.I – تدفقات البيانات داخل شبكة إثرنت

ويؤثر طول السلسلة على مجمل تأخير النظام، فمن الواضح أنه كلما ازداد عدد البدالات ازداد التأخير الإجمالي وازداد تغاير التأخير أيضاً. غير أن السلسلة قد تكون قصيرةً جداً في العديد من شبكات الإثرنت. ففي شبكة تراتبية مثلاً، كثيراً ما يكون هناك مستويان أو ثلاثة فقط من التراتب، مما يفضي إلى سلسلة يصل طولها إلى خمس بدالات.

ويمكن في بعض الحالات استخدام طوبولوجيا حلقية. وتحتوي هذه الحالات نمطياً على نحو عشر بدالات، مما يعطي "مسافة" قصوى حول الحلقة قدرها خمس بدالات. ويمكن أحياناً استعمال حلقات موصولة فيما بينها مما قد يضاعف "المسافة" إلى نحو عشر بدالات.

2.2.1.I مخططات ومستويات الحركة

معظم حركة الشبكة ذات طبيعة رشقية جداً، باستثناء حركة معدل البتات الثابت والوقت الفعلي. وقد لوحظ أن في الإمكان رصد تغاير في الحركة على أي مستوى كان. فعلى مستوى بالغ الصغر مثلاً ثمة ظاهرة رشقية ناجمة عن زيادة وخفض حجم نافذة بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP). وعلى مستوى أكبر، قد تكون هناك ظاهرة رشقية نتيجة لطبيعة التطبيق (مثل عمليات التنزيل للملفات الكبيرة)، في حين يستمر احتمال حدوث ظاهرة رشقية تبعاً لميقات اليوم (أي مستويات نشاط أعلى أثناء النهار مما هي في الليل).

وعند النظر في أداء التأخير لتدفق نقل تعدد الإرسال TDM، ينبغي أن تؤخذ تأثيرات الحركة الأخرى داخل الشبكة في الحسبان. ففي الشكل 5.I مثلاً، قد يتغاير كل من تدفقات حركة الشبكة بشكل ما بغض النظر عن التدفقات الأخرى.

وتقترح التوصية [b-ITU-T G.1020] استعمال نماذج 'ماركوف' رباعية الحالة لنمذجة توزيع فقدان الرزم. ويمكن تطبيق تقنية شبيهة على أطوال الرشقة في كل تدفق، مما يتيح نمذجة الرشقات ومجموعات الرشقات. وعندئذ يمكن تطبيق التغاير الأطول أجلاً (اليومي مثلاً) كتغاير تدريجي في كثافات الرشقة.

3.2.1.I الأحداث المعوقة في شبكات الإثرنت

هناك عدة أنماط من "الأحداث المعوقة" التي قد تسبب تغييرات مفاجئة في التأخير في شبكة إثرنت. وقد تكون التغيرات الناجمة في التأخير دائمة أو مؤقتة. وتتضمن هذه الأحداث المعوقة:

- تغيير التسيير، مما يتسبب في تغيير متدرج دائم في التأخير
- زيادة مؤقتة في حمولة الشبكة، مما يتسبب في تغيير كبير ولكنه مؤقت في التأخير
- فقدان مؤقت للخدمة، مما يتسبب في خسارة كل الرزم لفترة ما.

2.I خصائص التأخير في المسيّرات

يصف هذا البند خصائص التأخير في المسيّرات. وثمة أوجه شبه مع بدالات إثرنت التي ورد بحثها في البنود السابقة.

ورغبة في تحديد المصادر المحتملة للتأخيرات في مسيّر ما، قد يكون من المفيد وصف المسار الذي تتبعه رزمة توقيت عندما تُحمل عبر عقدة الشبكة.

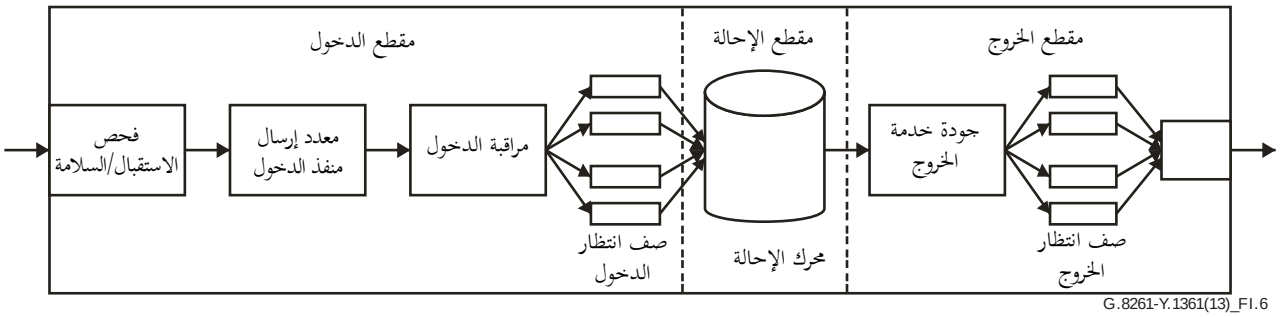
ويمكن نمذجة عقدة الشبكة عموماً على أساس ثلاثة قطاعات رئيسية هي:

1) قطاع الدخول: وهو يقابل جميع الوظائف التي قد تستخدمها رزم توقيت في عقدة الشبكة من المنفذ المادي للدخول إلى محرك إعادة التوجيه في العقدة.

2) قطاع إعادة التوجيه: وهو يقابل محرك إعادة التوجيه في عقدة الشبكة.

3) قطاع الخروج: وهو يقابل جميع الوظائف التي قد تستخدمها رزم التوقيت في عقدة الشبكة من مخرج محرك إعادة التوجيه في العقدة إلى المنفذ المادي للخروج.

ويحدد الشكل أدناه هذه المقاطع الرئيسية الثلاثة:



الشكل 6.I – توضيح القطاعات الرئيسية الثلاثة في مسيّر

تحتاج النماذج التي تميز كلاً من هذه القطاعات إلى المزيد من الدراسة.

3.I خصائص التأخير في تقنيات النفاذ (عقد الموجات الصغرية، الشبكة البصرية المنفعلة (PON)، خط المشترك الرقمي (DSL))

تحتاج خصائص التأخير في تقنيات النفاذ (عقد الموجات الصغرية، PON، DSL) إلى المزيد من الدراسة.

التذييل II

فترة الاستقرار

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

فترة الاستقرار هي معلمة قد تكون مهمة أثناء مرحلة الانطلاق (من أجل التركيب السريع للتجهيزات) أو عند التبديل بين مراجع التوقيت (للحد من عابر الطور). وفي حالة المعدات العاملة في وضع الاستبقاء لفترات طويلة (ساعات مثلاً)، فإن خطأ الطور، عند انتقاء مرجع ميقاتية جديدة، سوف يطغى عليه إلى حد كبير خطأ الطور الناجم عن خطأ التردد للميقاتية في وضع الاستبقاء.

وفي حال استعمال الطريقة التكييفية، قد يتوقف اشتراط فترة الاستقرار على ضوضاء الطور الفعلية في شبكة الرزم. وفي الواقع، قد يتطلب التغاير الكبير في تأخير الرزمة داخل شبكة الرزم فترة طويلة قبل أن تتمكن الميقاتية من التطابق مع مرجع التوقيت.

ولا يقل أهمية تنفيذ المرشاح وخصائص المذبذب الداخلي. وفي الواقع، وتبعاً لخصائص الاستبقاء (مثل النمط II مقابل النمط III في التوصية [ITU-T G.812])، يمكن القبول بوقت أطول عند التبديل من مرجع إلى آخر ذلك لأن الاستبقاء الجيد يمكن أن يتيح فترات تطابق أطول (الاشتراط الرئيسي هو الحد من الخطأ الكلي في الطور أثناء تبديل المرجع).

والمتطلبات المتعلقة بفترة الاستقرار قيد الدراسة.

ولأغراض الاختبارات الواردة بالتفصيل في التذييل VI، يُقترح فترة استقرار قدرها 900 ثانية على الأقل للطرائق التكييفية، ذلك لأن الأمر قد يحتاج إلى فترة طويلة بما فيه الكفاية للقيام بالتوصيف المناسب لإحصاءات تغاير تأخير الرزم في شبكة ما.

التذييل III

اعتبارات بشأن الطرائق القائمة على الرزم

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

من المطلوب، في بعض التطبيقات، استعادة إشارات التوقيت المرجعية التي تتوافق مع مدى الجنوح الذي يمكن التعبير عنه من حيث أقنعة الحركة في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824]. وفي ظل ظروف معينة، تقع حدود الشبكة هذه ضمن حدود الأداء الممكنة في الطرائق القائمة على الرزم في شبكات الرزم المصممة على النحو الملائم (أي الشبكات التي يمكن نمذجتها مثل الشبكة الواردة في النموذج A، انظر التذييل V). وما يشكل شبكة رزم مصممة على النحو الملائم هو قيد الدراسة حالياً، انظر أيضاً الفقرة 2.2.12.

بالنسبة لحالة التوصيلات المتنقلة، يتوقف استخدام الطريقة القائمة على الرزم لمزامنة العقدة B في المحطة القاعدة للإرسال والاستقبال (BTS) على عدد من المسائل المعقدة التي تتحدد إلى حد كبير بحكم الوظيفة المندمجة في العقدة B في المحطة BTS.

ويتعين النظر في المسائل التالية:

1) استقرار المذبذب في BTS/Node_B

2) واجهة الطبقة المادية نحو BTS/Node_B (TDM أو إثرنت مثلاً)

3) مواصفة مدى التسامح في دخل BTS/Node_B (المحددة من حيث أقنعة واجهة الحركة في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824] من خلال مشروع شراكة الجيل الثالث (3GPP) في حالة واجهات تعدد الإرسال TDM).

وفيما يتعلق بالنقطة 1)، حيث تكون دقة التردد هي الشاغل الوحيد، من شأن مذبذب مستقر أن يسمح بتخفيف متطلبات تغاير تأخير الرزم في الشبكة ذلك لأن من الممكن تصميم فترة ترشيح أطول. ويلاحظ أن مؤشرات تذبذب مستقرة تنفذ عادة في المحطات القاعدة، نظراً للاستقرار القصير الأجل المطلوب في الواجهة الراديوية ومتطلبات الاستبقاء. ويحتاج هذا المجال إلى المزيد من الدراسة (من قبيل الوقت المطلوب لتلبية متطلبات معينة بعد توصيل المذبذب بالطاقة).

التذييل IV

التطبيقات وحالات الاستعمال

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.IV خلفية

الغرض من هذا التذييل هو توفير بعض المعلومات التوضيحية المتعلقة بثلاث فئات من حالات الاستخدام. وهو يولي اهتماماً خاصاً للحالات التي تتغير فيها شبكة النقل التي تدعم حالة الاستخدام من تراتب رقمي متزامن/متقارب التزامن (PDH/SDH) إلى إثرنت.

هناك ثلاثة أنماط رئيسية من التزامن تتسم بالأهمية. وقد يكون لكل تطبيق معين احتياجات مختلفة، ومن الضروري التأكد من أن شبكة النقل قادرة على توفير هذه الوظيفة أو من أن مشغل الشبكة يجب عليه توفير طرائق بديلة. وفئات التزامن الثلاث هي:

1) تزامن التردد

2) تزامن الطور

3) تزامن الوقت.

ويتعلق تزامن التردد بمواءمة الميقاتيات من حيث التردد، وهي عملية يطلق عليها أيضاً اسم تزامن التردد الرنيني. ويرد تعريف تزامن الطور وتزامن الوقت في التوصية [ITU-T G.8260]. وبالنسبة لبعض التطبيقات قد يكون تزامن التردد كافياً؛ وبالنسبة لتطبيقات أخرى قد يحتاج الأمر إلى مزيج من التردد والوقت/الطور. وبالنسبة لبعض التطبيقات، يمكن تحديد مصدر الوقت/التوقيت، وبالنسبة للبعض الآخر يمكن أن يكون المصدر أياً من مجموعة ميقاتيات (سيّد).

ولمزيد من التفاصيل بشأن جوانب تزامن الطور والوقت، انظر التوصية [ITU-T G.8271].

وفئات حالات الاستخدام الثلاث قيد النظر هنا هي:

1) اللاسلكي

2) البنية التحتية

3) بوابة الوسائط.

2.IV اللاسلكي

1.2.IV تطبيقات

هناك في هذه الفئة العامة لحالات الاستخدام العديد من التطبيقات ذات الأهمية. وبعضها يتطلب مجرد معلومات تردد، والبعض الآخر يتطلب ميقات اليوم، والبعض الآخر يتطلب الطور. والتطبيق، من منظور التوقيت، هو تقديم معلومات التوقيت الملائمة لمحطة قاعدة (عقدة B مثلاً).

2.2.IV أمثلة

1.2.2.IV المحطة القاعدة في النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM) (تزامن التردد)

يرد اشتراط التوقيت الذي ينطبق على واجهة راديوية GSM في المعيار [b-ETSI TS 145 010]. واشتراط الواجهة الراديوية لمحطة قاعدة GSM هو دقة تردد بمقدار ± 50 ppb. وفي حالة المحطات القاعدة Pico، يمكن التساهل بالدقة حتى ± 100 ppb. وتنبع الحاجة إلى هذا الاشتراط في المقام الأول من الحاجة إلى دعم تسليم الاتصالات المتنقلة بين المحطات القاعدة. وجدير بالذكر أن

وثائق المتطلبات ذات الصلة لا تعالج مباشرة واجهة الشبكة (السلكية). ومع ذلك، وفي حالة الشبكات TDM، يعبّر عن متطلبات التزامن بشأن إشارات الدخل عادة من حيث أقنعة جنوح الخرج الواردة في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824]، وإمكانية التتبع إلى مصدر الميقاتية المرجعية الأولية (PRC).

وجدير بالملاحظة أنه في حالة شبكة النفاذ الراديوي GSM، ليس هناك من متطلبات دقة تردد صارمة جداً ذات صلة للحد من معدل الانزلاق. وفي الواقع، وفي هذه الحالات، يتم تخزين البيانات الخاصة بمستعمل واحد في دارئة كبيرة نسبياً (من 10 إلى 30 ms) و كذلك على افتراض دقة تردد بمقدار 50 ppb سوف تُفقد البيانات (سواء كانت الدارئة فارغة أو ممتلئة) بعد فترات طويلة من الزمن، أطول بكثير إذا ما قورنت بعناصر الشبكة التبديلية التقليدية حيث الدارئات التي تعالج البيانات أصغر بكثير (125 µs).

2.2.2.IV المحطات القاعدة بإرسال مزدوج بتقسيم التردد (FDD) في نظام الاتصالات المتنقلة العالمية (UMTS) (تزامن التردد)

يرد اشتراط التوقيت الذي ينطبق على واجهة راديوية لنفاذ نطاق عريض متعدد بتقسيم الشفرة (WCDMA) بأسلوب ازدواج الإرسال بتقسيم التردد (FDD) في المواصفة التقنية [b-ETSI TS 125 104].

واشتراط الواجهة الراديوية لأنظمة الاتصالات المتنقلة العالمية (UMTS) بأسلوب ازدواج الإرسال بتقسيم التردد (FDD) هو دقة تردد بمقدار ±50 ppb؛ وبالنسبة لأسلوب FDD ليس هنالك من متطلبات بشأن مواءمة الطور.

أما بالنسبة لحالة شبكات GSM، فليس هناك من متطلبات دقة تردد صارمة جداً ذات صلة للحد من معدل الانزلاق بسبب الدارئة الكبيرة المستخدمة لتخزين البيانات الخاصة بمستعمل واحد.

3.2.2.IV المحطة القاعدة للإرسال المزدوج بتقسيم الزمن (TDD) في نظام الاتصالات المتنقلة العالمية (UMTS) (تزامن التردد والطور)

يرد اشتراط التوقيت الذي ينطبق على واجهة راديوية لنفاذ نطاق عريض متعدد بتقسيم الشفرة (WCDMA) بأسلوب ازدواج الإرسال بتقسيم الزمن (TDD) في المواصفة التقنية [b-ETSI TS 125 105].

واشتراط الواجهة الراديوية لأنظمة الاتصالات المتنقلة العالمية (UMTS) بأسلوب ازدواج الإرسال بتقسيم الزمن (TDD) هو دقة تردد بمقدار ±50 ppb؛ وبالنسبة لأسلوب TDD، هنالك اشتراط إضافي بمواءمة الطور في المحطات القاعدة المجاورة ضمن 2,5 µs.

أما بالنسبة لحالة شبكات النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM)، فليس هناك من متطلبات دقة تردد صارمة جداً ذات صلة للحد من معدل الانزلاق بسبب الدارئة الكبيرة المستخدمة لتخزين البيانات الخاصة بمستعمل واحد.

4.2.2.IV المحطة القاعدة للنفاذ المتعدد بتقسيم الشفرة (CDMA2000) في مشروع شراكة الجيل الثالث (3GPP2) (تزامن التردد والوقت)

معيارا النفاذ المتعدد CDMA2000 المعنيات هما [b-3GPP2 C.S0010-B] و[b-3GPP2 C.S0002-C].

وفقاً لمواصفات CDMA2000، يجب أن يكون متوسط فرق التردد بين التردد الفعلي للموجة الحاملة لإرسال النفاذ CDMA والتخصيص المحدد لتردد إرسال CDMA أقل من ±50 ppb.

وحددت مواصفات CDMA2000 أيضاً أن على كل محطة قاعدة أن تستخدم مرجع قاعدة زمنية متوائماً مع نظام وقت CDMA. ونظام وقت CDMA متزامن مع التوقيت العالمي المنسق UTC (باستثناء ما يتعلق بالثواني الكبيسة) وهو يستخدم نفس أصل الوقت الذي يستخدمه النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS). وتستخدم جميع المحطات القاعدة نفس نظام الوقت (ضمن هامش ضيق من التسامح بالخطأ). وبالنسبة لجميع المحطات القاعدية، ينبغي أن يكون خطأ تسوية الزمن الدليل أقل من 3 ويجب أن يكون أقل من 10 µs.

وفي ضوء المتطلبات المذكورة أعلاه، فإن الممارسة شائعة لتجهيز المحطات القاعدة CDMA بمستقبلات النظام GPS.

5.2.2.IV المحطة القاعدة للنفاذ المتعدد بالتقسيم الشفري التزامني والتقسيم الزمني (TD-SCDMA) (تزامن التردد والطور)

يرد اشتراط التوقيت الذي ينطبق على الواجهة الراديوية للنفاذ TD-SCDMA في التقرير [b-3GPP TR 25.836].

واشتراط الواجهة الراديوية للمحطات القاعدة للنفاذ TD-SCDMA هو دقة تردد بمقدار ±50 ppb؛ وهنالك الاشتراط الإضافي بالنسبة لمواءمة الطور في المحطات القاعدة المجاورة ضمن 3 µs (ويقاس هذا الاشتراط عندئذ بمقارنة الطور بين المحطات القاعدة المتجاورة).

وفي ضوء المتطلبات المذكورة أعلاه، فإن الممارسة شائعة لتجهيز المحطات القاعدة للنفاذ TD-SCDMA بمستقبلات النظام GPS.

3.2.IV ملاحظات

تنطبق المتطلبات الواردة في البنود السابقة على الواجهة الراديوية. وعندما تحمل الشبكة مرجع الوقت أو التردد، تنطبق متطلبات أخرى. وتتوقف هذه المتطلبات على عدة عوامل مثل خصائص مذبذب المحطة القاعدة الراديوية وقدرة الترشيح لدى المحطة القاعدة الراديوية، وما إلى ذلك. وعلى سبيل المثال، قد يتطلب الأمر دقة تردد طويل الأجل أفضل بكثير من 50 ppb من أجل إشارة التوقيت المرجعية التي تُحمل عبر الشبكة في حالة اشتراط دقة تردد بمقدار 50 ppb يتعين الوفاء بها على الواجهة الراديوية. وقد ذكرت أحياناً قيمة 16 ppb (دقة تردد النمط II [ITU-T G.812]).

وعموماً، وعلى المدى الطويل، يمكن أن يسمح لإشارة التوقيت المرجعية بالانزياح بمقدار *n* ppb بشرط أن يكون ذلك أدنى بما فيه الكفاية من الحد الأقصى المسموح به للانحراف (أي، *n* ppb << 50 ppb << 100 ppb، أو << 250 ppb لمختلف الحالات). وهذا من شأنه أن يؤدي إلى قناع الخطأ الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE) للتسامح حيث يتم تعيين الحدود على المدى القصير بموجب أقنعة الحركة [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824] وعلى المدى الطويل بموجب خط *n* ppb (حيث يجب أن تكون *n* أقل من الاشتراط الواجب التطبيق على الواجهة الراديوية).

ملاحظة – ذُكر أن هناك حالات من المحطات القاعدة الأقل تسامحاً بالجنوح في المدى القصير مما هو محدد بأقنعة الحركة في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824].

وكذلك، وفي حال وجوب توزيع دقيق للوقت و/أو الطور إلى المحطات القاعدة الراديوية، فقد تكون الميزانية الواجب تخصيصها للشبكة أصغر بكثير من المتطلبات المحددة في المعايير اللاسلكية الواجب الوفاء بها في الواجهة الراديوية. وتحتاج هذه الجوانب إلى المزيد من الدراسة.

وفي العديد من الحالات، مثل حالات المحطة القاعدة في النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM)، تنشر هذه المعدات وتعمل وهي قادرة على استخلاص حاجتها من التوقيتة من واجهة الحركة إلى الشبكة (السلكية)، مثل التراتب PDH أو SDH. وإذا استبدلت الوصلة PDH/SDH بوصلة إثرنت أو إثرنت متزامنة، ما زال يتعين الوفاء باحتياجات المحطة القاعدة.

وتوزيع الطور/الوقت ليس شائعاً في حالة وصلات PDH/SDH. ومن الشائع توزيع الطور والوقت الدقيقين بواسطة النظام GPS. وتبعاً لمتطلبات الدقة ولأحوال الشبكة، قد تكون الطرائق التي تقوم على أختام الوقت (انظر البند 2.7) ملائمة لهذا الغرض أيضاً. وفي بعض حالات التنفيذ، تستخدم بروتوكولات ذات اتجاهين.

3.IV البنية التحتية

هناك العديد من التطبيقات في هذه الفئة من حالات الاستخدام بما في ذلك معدد إرسال نفاذ خط المشترك الرقمي في بروتوكول الإنترنت (IP DSLAM)، ونظام انتهاء المودم الكبلي المنمط (M-CMTS)، وعقدة النفاذ المتعددة الخدمات (MSAN)، وانتهاء الخط البصري (OLT)، وما إلى ذلك. وهذا المجال بحاجة إلى المزيد من الدراسة.

4.IV بوابة الوسائط

تحتاج إلى المزيد من الدراسة.

التذييل V

النماذج المرجعية لشبكات الرزم

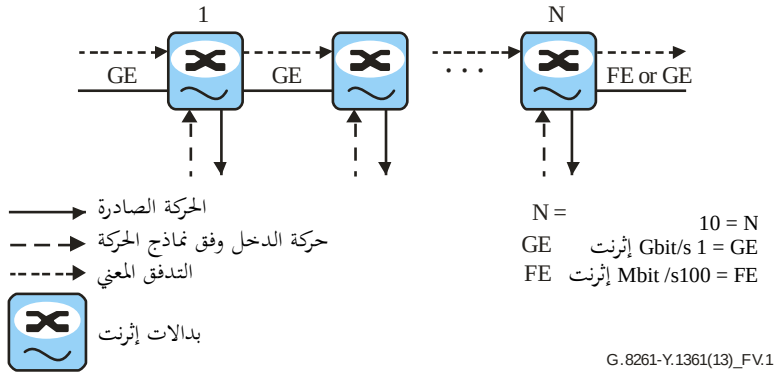
(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يرد في الشكلين 1.V و2.V نموذجان مرجعيان لشبكة رزم استعملا في توصيف أداء شبكات الرزم، من حيث تغاير تأخير الرزم: يتعلق النموذج A في الشكل 1.V بالتطبيقات التي تفرض متطلبات تأخير وتغاير تأخير صارمة جداً؛ أما النموذج B في الشكل 2.V فهو يشير إلى سيناريوهات تفرض متطلبات تغاير تأخير رزم أقل صرامة.

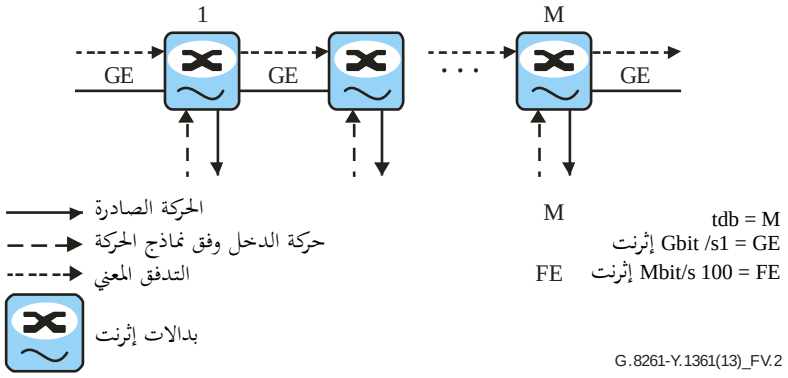
ولا يوضح هذان النموذجان الكيفية التي يتعيّن بها تصميم شبكات الرزم. والغرض من هذين النموذجين هو التوصل إلى فهم عام لخصائص شبكات الرزم النمطية.

1.V نماذج شبكات الإثرنت

حدد النموذجان التاليان لحالة شبكات الإثرنت (الشكلان 1.V و2.V)



الشكل 1.V – النموذج A المرجعي لشبكة الرزم (شبكة إثرنت مبدلة)



الشكل 2.V – النموذج B المرجعي لشبكة الرزم (شبكة إثرنت مبدلة)

الملاحظة 1 – بالنسبة إلى عدد بدالات إثرنت ("M") في الشكل 2.V، ثمة اتفاق عام على أن 20 هو رقم معقول. ويتعين تأكيد ذلك.

الملاحظة 2 – يمكن النظر في استخدام وصلات 10 Gbit/s في النماذج الجديدة.

وقد تم أخذ الحالات التالية في الاعتبار:

- السيناريو 1: شبكة إثرنت مبدلة، أقصى جهد إزاء التزويد الزائد (صف انتظار واحد)؛
- السيناريو 2: شبكة إثرنت مبدلة، جودة الخدمة وفق المعيارين [IEEE 802.1Q] و[b-IEEE 802.1p] (صفّا انتظار على الأقل، أحدهما مخصص لتناول البيانات في الوقت الفعلي والانتظار العادل المرجّح (WFQ))؛
- السيناريو 3: شبكة إثرنت مبدلة، جودة الخدمة وفق المعيارين [IEEE 802.1Q] و[b-IEEE 802.1p] (مع تخصيص صف انتظار واحد لمعالجة البيانات المستعملة من أجل استعادة التوقيت، مثل أختام التوقيت).

الملاحظة 3 – ثمة نهج بسيط يمكن اتباعه لفهم قابلية تطبيق نموذجي الشكلين 1.V و2.V وهو تحديد صنفين رئيسيين من سيناريوهات الشبكة: شبكة فقرية، يمكن استعمالها أيضاً لتقديم خدمات في شبكة النفاذ (تأجير عرض نطاق مثلاً)، وشبكة مخصصة للنفاذ. ويمكن أن يكون النموذج B (الشكل 2.V) نموذجاً مرجعياً يُطبَّق بالدرجة الأولى على النمط الأول من شبكة الرزم (الفقرية)، بينما يمكن أن يكون النموذج A (الشكل 1.V) نموذجاً مرجعياً يُطبَّق بصفة أساسية على شبكة نفاذ (مثل شبكة نفاذ لاسلكية).

وبالإشارة إلى النماذج الموصوفة في البند 9، يعني ذلك بوجه عام (في معظم الحالات) أنه يمكن توصيف جزيرة تجهيزات العميل (CE) في الحالتين 1 و3 بالنموذج المرجعي B لشبكة الرزم، بينما يمكن توصيف جزيرة التجهيزات CE في الحالة 2 بالنموذج المرجعي A لشبكة الرزم. والحالة الثالثة هي عندما يقوم مشغّل بتأجير عرض نطاق بغية توصيل نقطتين طرفيتين موصولتين عبر بدالتي إثرنت (مثل عرض نطاق 100 Mbit/s مضمون عبر نقل بمعدل 1 Gbit/s). ويمكن في هذه الحالة أيضاً استعمال النماذج الواردة في هذا التذييل). ويمكن، بموجب اتفاق مناسب لمستوى الخدمة بين العميل ومشغّل شبكة الإثرنت، افتراض أن الحركة المتداخلة في العقد الوسيطة حركة ذات أولوية منخفضة. ويمكن لاتفاق مستوى الخدمة (SLA) في هذه الحالة أن يضمن عرض النطاق ويزيد من الأولوية لأن كليهما عنصر رئيسي لأي اتفاق SLA متميز، مثل ما يتطلبه مثلاً مشغّلو الخلوي من مورّدي الإثرنت. ومن ثم يمكن اعتبار ذلك سيناريو لخصائص تناول الحركة بين السيناريوهين 2 و3. وفيما يتعلق بالنتيجة المرجوة، عند تأجير عرض نطاق في شبكة الرزم، يمكن عندئذ تحقيق أداء أفضل عادةً مقارنةً بالسيناريوهين 1 و2.

وفيما يلي الشروط التي تُعتبر أساساً لتوصيل شبكة رزم:

- حمولة الحركة: 60% سكونية؛
- معدّل الرزم: 10 رزم في الثانية؛
- فترات الرصد: 60 دقيقة؛
- نماذج الحركة: وفق التذييل VI؛
- طول الرزمة: 90 أثموناً.

ويمكن أيضاً، فيما يتعلق بالشروط المدرجة أعلاه، النظر في خصائص إشارات بمعدل 2 Mbit/s، أي الرزم ذات حمولة نافعة بمقدار 256 أثموناً ومعدل رزم قدره 000 1 رزمة في الثانية.

واستناداً إلى النماذج الواردة أعلاه، تصف المعلمات التالية السلوك النمطي لشبكة الرزم في الحالات المختلفة:

الجدول 1.V – معلمات لنماذج الشبكة ذات الصلة

نموذج الشبكة		متوسط التأخير (µs)	الحد الأدنى من التأخير + عتبة (ملاحظة) (µs) (%x)
النموذج A	السيناريو 1	1 400	(%95) 1 700 + 800 (%50) 800 + 800 (%10) 20 + 800 (%1) 1 + 800
	السيناريو 2	يتطلب المزيد من الدراسة	يتطلب المزيد من الدراسة
	السيناريو 3	يتطلب المزيد من الدراسة	يتطلب المزيد من الدراسة
النموذج B	السيناريو 1	يتطلب المزيد من الدراسة	يتطلب المزيد من الدراسة
	السيناريو 2	يتطلب المزيد من الدراسة	يتطلب المزيد من الدراسة
	السيناريو 3	يتطلب المزيد من الدراسة	يتطلب المزيد من الدراسة
ملاحظة – هذه القيمة هي التغاير الأقصى للتأخير بالنسبة إلى x% من الرزم (95% و50% و10% و1% هي القيم المرجعية).			

الملاحظة 4 – تستند القيم إلى تشكيل لوصلات 100 Mbit/s فقط. وهذا يوفر سيناريو متحفظ، خاصة للرزم ذات التغيّر الأعلى في التأخير. وثمة حاجة للمزيد من العمل لتأكيد الجدول واستكماله.

وترد في التذييل VI، تفاصيل حالات الاختبار اللازمة لاختبار الشبكة أيضاً في الشروط اللاسكونية أو حالات الأعطال.

ويمكن استعمال معدلات رزم مختلفة لاختبار مختلف التطبيقات وتحسين أداء خوارزميات الترشيح (ويتعلق ذلك بالطرائق التكييفية أو، على نحو أعم، عندما يكون التزامن محمولاً عبر الرزم).

2.V نماذج شبكات أخرى

يمكن تعريف نماذج شبكات أخرى على أساس الاعتبارات الواردة في هذا البند.

على وجه الخصوص، يؤكد هذا البند على الشبكات المركبة التي يمكن أن تدعم خدمات مضاهاة الدارة، وتبين أن تصاميم الشبكة المختلفة قد تدخل متغيرات جديدة في سيناريوهات إرسال التوقيت والأداء والاختبار.

الملاحظة 1 – يستخدم مصطلح تعدد الإرسال بتقسيم الزمن شبه السلكي (TDM PW) في سياقات أخرى لوصف تعدد الإرسال TDM عبر شبكة الرزم، وسوف تستخدم في هذا البند باعتباره وسيلة مختلفة لمعالجة جوانب خدمة مضاهاة الدارة (CES).

وعلى وجه الخصوص، تبين سيناريوهات الشبكة المعروضة هنا ما يلي:

- قد يمر تعدد الإرسال TDM PW عبر ميدان فريد مؤلف من تقنية نقل فريدة (إثرنت أو IP أو تبديل الوسم بعدة بروتوكولات (MPLS))؛
- قد يمر تعدد الإرسال TDM PW عبر ميدان فريد مؤلف من تقنيات نقل متنوعة؛
- قد يمر تعدد الإرسال TDM PW عبر ميدان فريد مؤلف من تقنيات نقل فريدة أو متنوعة؛
- قد يستدعي تعدد الإرسال TDM PW الذي يعبر ميادين أو تقنيات نقل مختلفة تعديل طبقات رزمة وظيفة IWF (من IP إلى تبديل الوسم MPLS مثلاً).

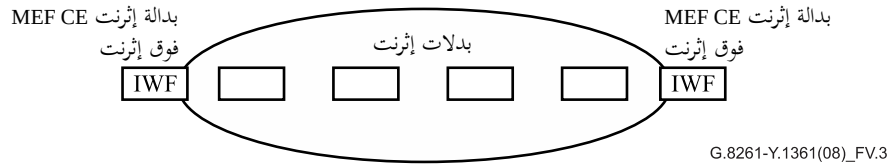
وبالنسبة لتوقيت تعدد الإرسال TDM PW الذي يستخدم نموذج استعادة الميقاتية التكييفية، قد يؤثر تنوع المعدات والسياسة (جودة الخدمة مثلاً) وطرائق الإرسال على جودة التوقيت المستعاد.

والأمثلة الواردة في هذا البند هي الأكثر شيوعاً، والتي من المتوقع نشرها. ومع ذلك، فهي لا تعتزم تغطية أي سيناريوهات ممكنة، عند استخدام هندسة تمرير الحركة مثلاً (تكديس عناوين تبديل الوسم MPLS أو [b-IEEE 802.1ah]) أو توضيع طبقات (إجراء التأطير النوعي (GFP)، (T-MPLS)).

وتتألف الشبكات المنشورة من تقنيات مختلفة. وبالنظر في تعدد الإرسال TDM PW على سبيل المثال، فإن إقامة خدمة TDM بين وظيفتين IWF قد يعبُر تقنيات إرسال وميادين شبكة متعددة.

وفيما يلي بعض الأمثلة.

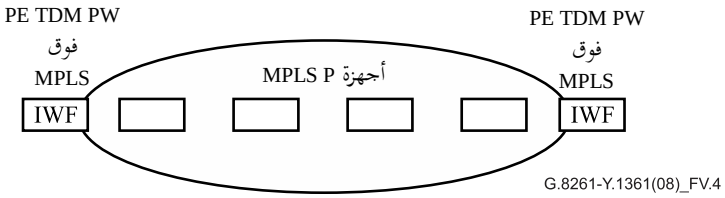
عند النفاذ، قد تكون شبكة إثرنت تتألف من بدالات إثرنت فقط، كما هو موضح في الشكل 3.V.



الشكل 3.V – شبكة إثرنت من بدلات فقط

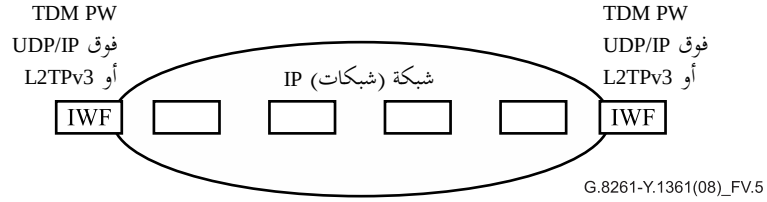
الملاحظة 2 – يمكن نمذجة السيناريو المبين في هذا الشكل مع النماذج المرجعية المبينة في الشكلين 1.V و2.V.

ويمكن أيضاً أن يكون شبكة لتبديل الوسم MPLS لها أجهزة مزود P ووظيفة IWF عند حافة المزود (PE)، كما هو مبين في الشكل 4.V.



الشكل 4.V – شبكة تبديل الوسم MPLS PE/P فقط

يمكن أن تكون هناك أيضاً شبكة IP مع مسيرات IP بوجود وظيفة IWF في المسيرات كما هو موضح في الشكل 5.V



الشكل 5.V – شبكة مسيّرات IP فقط

الملاحظة 3 – يمكن أن تستند خصائص الشبكة من حيث تغاير تأخير الرزم في السيناريوهات المبينة في الشكلين 4.V و5.V (باستثناء استخدام معيد اتجاه على أساس برمجية) إلى النتائج المستخلصة من النماذج المبينة في الشكلين 1.V و2.V.

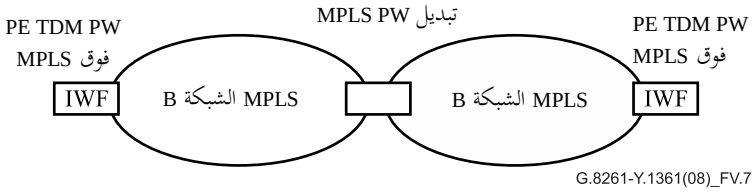
ومع ذلك، غالباً ما تكون الشبكات الحالية أكثر تعقيداً؛ ذلك أنها يمكن أن تتكون من تقنيات نقل مختلفة حتى داخل ميدان واحد أو لدى مشغل واحد. وقد يعبُر تعدد الإرسال TDM PW أيضاً ميادين مختلفة.

وفيما يلي خمسة أمثلة.

1) تعدد الإرسال TDM MPLS PW يعبُر حاملة تبديل الوسم MPLS لدى طرف ثالث (الشكل 6.V).

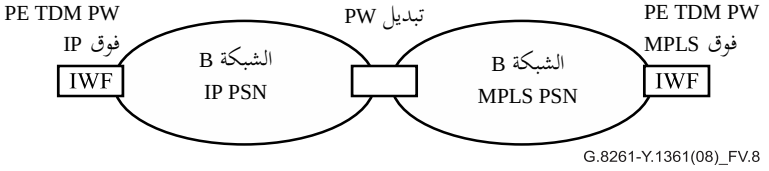
الشكل 6.V – شبكة MPLS فوق شبكة MPLS

2) تعدد الإرسال TDM MPLS PW ينتهي في أجهزة IWF في حاملة منفصلة (الشكل 7.V).



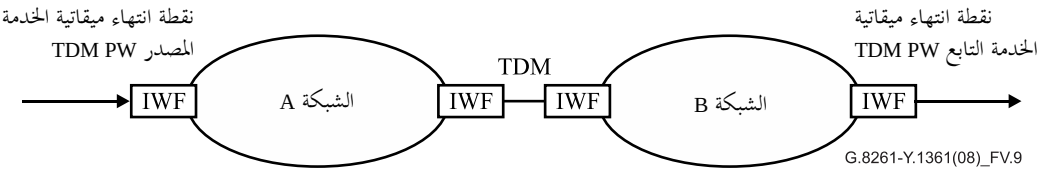
الشكل 7.V – عبور شبكات أو ميادين تبديل الوسم MPLS منفصلة

الملاحظة 4 – قد يصف هذا السيناريو أيضاً تغيراً في طبقة النقل كما هو مبين في الشكل 8.V، حيث ينتقل تعدد الإرسال TDM PW من تبديل الوسم MPLS إلى IP. في هذه الحالة، لا تتغير الحمولة النافعة لكبسلة رزم تعدد الإرسال TDM؛ ولا يتغير سوى طبقة شبكة تبديل الرزم (PSN).



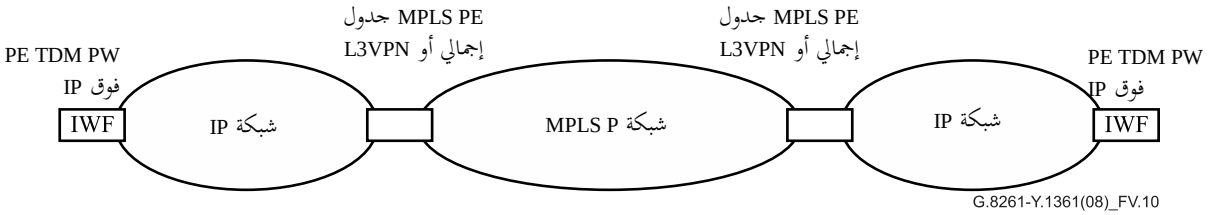
الشكل 8.V – مقايضة طبقات شبكات تبديل الرزم PSN

الملاحظة 5 – قد يكون من الممكن أن يتعين استعادة قطار تعدد الإرسال TDM عند نقطة توصيل بين ميدانيْن أو مشغليْن، إما لأن السيناريو السابق غير ممكن (كبسلات TDM PW مختلفة)، أو لأن المشغليْن لا يتفقان على طريقة التوصيل (يمكن أن يكون بالنسبة إلى الموقع أو إدارة عقدة التبديل، أو الكبسلة أو مستوي التحكم). وهذا هو مبين في الشكل 9.V.



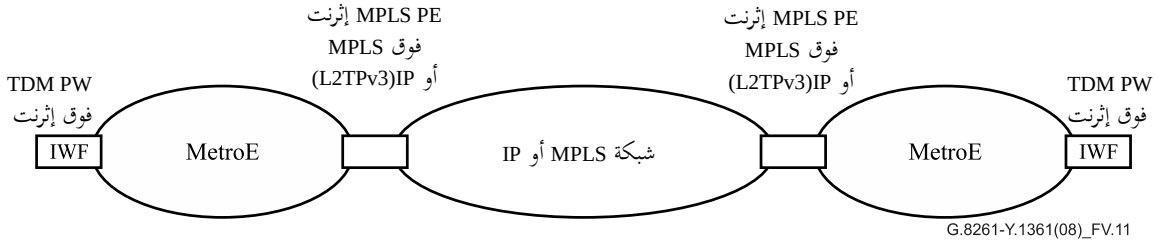
الشكل 9.V – عبور شبكات مشغل منفصلة دون وظيفة تبديل شبه سلكية PW

3) يستخدم تعدد الإرسال TDM IP PW شبكة تبديل الوسم MPLS، ويستخدم خيارياً خدمة شبكة خاصة افتراضية L3VPN (الشكل 10.V).



الشكل 10.V – بروتوكول الإنترنت IP فوق شبكة تبديل الوسم MPLS

4) يستخدم تعدد الإرسال TDM Ethernet PW شبكة تبديل الوسم MPLS للإرسال (الشكل 11.V).



الشكل 11.V – إثرنت فوق شبكة تبديل الوسم MPLS أو شبكة بروتوكول الإنترنت IP

5) يستخدم تعدد الإرسال TDM IP PW خدمة إثرنت PW فوق شبكة تبديل الوسم MPLS (الشكل 12.V).

الشكل 12.V – بروتوكول الإنترنت IP فوق إثرنت فوق شبكة تبديل الوسم MPLS

تشمل بعض الجوانب الرئيسية لهذه الشبكات المركبة ما يلي:

- يكون لتجهيزات الشبكة خصائص مختلفة؛
- قد تكون سياسة الشبكة (جودة الخدمة مثلاً) مختلفة إذا كانت تعبر ميادين مختلفة؛
- قد تكون معمارية التوقيت مختلفة.

التذييل VI

المبادئ التوجيهية للقياس بموجب الطرائق القائمة على الرزم

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

الغرض من المبادئ التوجيهية في هذا التذييل هو المساعدة في الحصول على خصائص الأداء المستخدمة لتحديد نتائج القياس المرجعي.

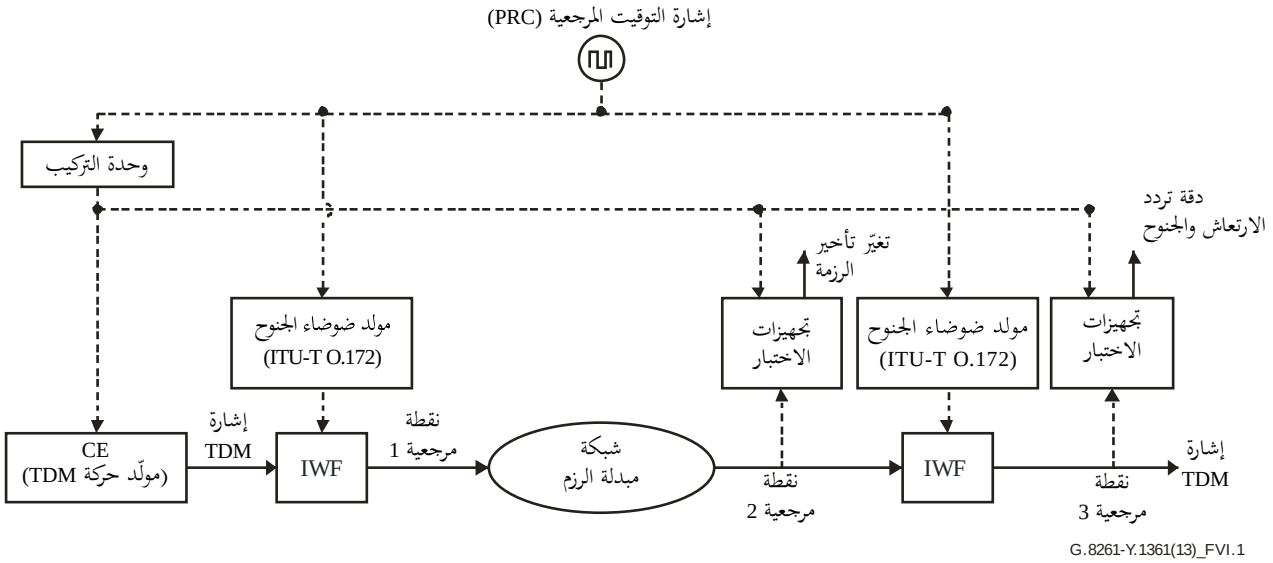
ومن المهم، عند القيام بمقارنات الأداء، الحرص على أن تكون تشكيلات الأنظمة قيد المقارنة متشابهة قدر الإمكان.

والنتائج من حالات الاختبار الواردة في هذا التذييل لا توفر أي ضمان بأن أداء التجهيزات سوف يكون حسبما هو متوقع في وضع شبكة معقدة في ظل مجموعة من ظروف التحميل المعقدة والمتغيرة.

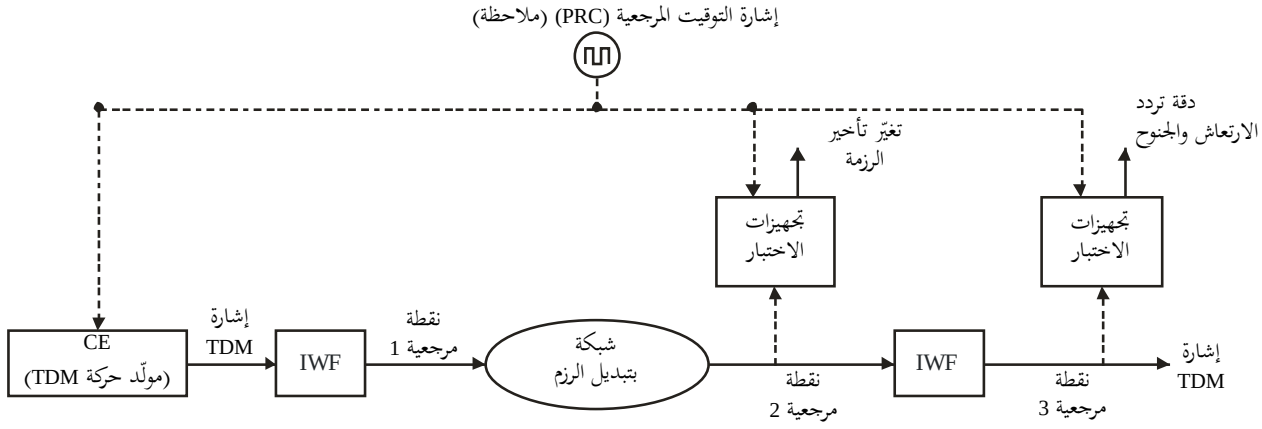
على الرغم من أن حالات الاختبار في هذا التذييل توفر توجيهاً مفيداً بشأن أداء تقنيات مضاهاة الدارة القائمة على الإثرنت، فإنه ينصح بشدة إجراء التقييم في سيناريوهات شبكة معقدة تحاكي جانبية النشر.

1.VI النقاط المرجعية للقياس

ترد النقاط المرجعية للقياس في الشكل 1.VI (الطريقة التفاضلية لاستعادة الميقاتية) والشكل 2.VI (الطريقة التكييفية لاستعادة الميقاتية). ويقدم الشكلان في هذا البند سيناريوهين من أكثر السيناريوهات صلة بعملية الاختبار. ويمكن تحديد سيناريوهات إضافية في إصدارات مقبلة من هذه التوصية.



الشكل 1.VI – النقاط المرجعية للقياس في الطريقة التفاضلية لاستعادة الميقاتية



ملاحظة – تُستعمل إشارة التوقيت المرجعية (PRC) لتمثل ميقاتية خدمة TDM.

الشكل 2.VI – نقاط القياس المرجعية في طريقة استرجاع الميقاتية التكييفية

الملاحظة 1 – يُدمج "مولد ضوضاء الجنوح" الوارد في الشكل 1.VI لمحاكاة الضوضاء التي تولدها شبكة التزامن (على النحو المحدد في التوصية [ITU-T O.172]). وينبغي أن يمتثل خرج توليد ضوضاء الجنوح مع واجهة التزامن حسبما هو محدد في التوصيتين [ITU-T G.824] و[ITU-T G.823].

الملاحظة 2 – يحتاج الأمر إلى وحدة التركيب في الشكل 1.VI لتغيير تردد إشارات تعدد الإرسال TDM اللامتزامنة (ضمن الحدود الواردة في التوصية [ITU-T G.703]).

الملاحظة 3 – يضم هذا التذييل مجموعة من الاختبارات لتقييم أداء استعادة الميقاتية التكييفية في مختلف أنواع طوبولوجيات الشبكة وخصائص الحركة وأشكال انحطاطها. بيد أن الاختبارات المحددة هنا لا تحيط بجوانب الموضوع بالكامل ولا تغطي كل أشكال الانحطاط الممكنة التي يمكن أن تسببها شبكة الرزم. وقد يتم تحديد المزيد من الاختبارات في المستقبل، من قبيل:

- استعادة الميقاتية بوجود تجمع للوصلات، كما في المعيار [IEEE 802.1ad]؛
- استعادة الميقاتية بوجود جودة الخدمة (QoS)؛
- استعادة الميقاتية بوجود تحكم في التدفق، مثل أرتال التوقف في المعيار [b-IEEE 802.3x].

الملاحظة 4 – ترد منهجيات القياس للإشارات اللاتزامنية في التذييل II من التوصية [ITU-T G.813].

2.VI خصائص حركة الدخل

للتمكن من تفسير مختلف أنماط الحركة في الشبكة يتم تحديد نمطين من نماذج الحركة المعوقة، على النحو الوارد في البندين 1.2.VI و2.2.VI أدناه.

والغاية من النموذج 1 لحركة الشبكة هي نمذجة الحركة في شبكة النفاذ حيث غالبية الحركة عبارة عن صوت. بينما الغاية من النموذج 2 لحركة الشبكة هي نمذجة الحركة في الشبكات حيث غالبية الحركة عبارة عن بيانات.

وجدير بالملاحظة أن حركة خدمة مضاهاة الدارة (CES) تأتي بالإضافة إلى الحركة المعوقة.

الملاحظة 1 – يتعين توفير التفاصيل عن كيفية دمج حركة عند أداء الاختبارات. وينبغي أن تغطي التفاصيل جوانب مثل كيفية مزج الحركة، وما هي بدالات إثرنت التي تتلقى الحركة، ومعدل الرزم لتدفقات معدل البتات الثابت (CBR)، وما إلى ذلك. وكمثال على تفاصيل كيفية يتم مزج الحركة، يمكن اتباع النهج التالي:

- تَظهر جانبيات مختلف أحجام الرزم بطريقة عشوائية مع احتمال 0,8 و0,15 و0,05 على التوالي. وتكون عملية التوليد العشوائية مستقلة على نحو مماثل وموزعة (غير مترابطة) استناداً إلى تسلسل ما ثنائي شبه عشوائي (PRBS) بفترة دنيا قدرها 1-223 رتل.

وترسل الرزم ذات الحجم الأقصى في رشقات تدوم ما بين 0,1 و3 ثوان. ويتم اختيار طول كل رشقة عشوائياً باستخدام مولد عشوائي متجانس التوزيع مستقل على نحو مماثل بين 0,1 و3 ثوان.

الملاحظة 1A – اقترحت في نماذج حركة الشبكة التالية تفسيرات مختلفة بشأن كيفية توليد رشقات الحركة. وقد تتوقف نتيجة الاختبار على تفسير معين سبق اعتماده.

الملاحظة 2 – يمكن إدراج الحركة بالتسلسل (في منفذ واحد في بدالة إثرنت) أو بالتوازي (في منافذ متعددة في بدالة إثرنت)، ويتوقع عموماً أن يكون السلوك مختلفاً. ومع ذلك، لوحظت خصائص الإحصائية متماثلة في تغاير تأخير الرزمة عند خرج شبكة الرزم لحالات التسلسل والتوازي عندما لا تتأثر إحصاءات الرزم ذات الحد الأدنى من التأخير كثيراً جراء شروط الحمولة. وفيما يلي بعض الجوانب التي قد تؤثر في إحصاءات الرزم ذات الحد الأدنى من التأخير:

- استراتيجية صف الانتظار في البدلات
- عدد البدلات في السلسلة
- الحمولة الساكنة مقابل الحمولة غير الساكنة.

قد تؤدي الحركة المدرجة في شبكة تبديل الرزم في بعض حالات الاختبار (مثل الحالات 2 و3 و13 و14) إلى تغاير منخفض جداً في التردد في معلومات التوقيت التي تحملها رزم التوقيت. في هذه الحالة، ومن أجل تخفيف أو ترشيح أو قمع هذه الآثار ذات التردد المنخفض، قد تتطلب خدمة مضاهاة الدارة (CES) التابع أو الميقاتية التكييفية PSC-A أو ميقاتية التجهيزات PEC-S قدرة ترشيح منخفضة التردد.

1.2.VI النموذج 1 لحركة الشبكة

تتألف حركة النفاذ، طبقاً لمشروع الشراكة 3GPP، من إشارات كلامية (صوت)، وتدفقات (سمعية–فيديوية)، وتفاعلية (من قبيل http)، وخلفية (خدمة الرسائل القصيرة، والبريد الإلكتروني). ومن المعروف أن نحو 80% إلى 90% من الحركة في أي شبكة لاسلكية تكون كلامية، بمدة نداء تتراوح في المتوسط من دقيقة واحدة إلى دقيقتين. وللتمكن من نمذجة هذه الحركة، ينبغي أن يكون 80% من الحمولة رزماً صغيرة الحجم ثابتة بمعدل بتات ثابت، وأن يكون 20% من الحمولة مزيجاً من الرزم ذات الحجم المتوسط والأقصى.

وتكون جانبية حجم الرزم كما يلي:

- يجب أن يكون 80% من الحمولة رزماً ذات حجم أدنى (64 أثموناً)؛
- يجب أن يكون 15% من الحمولة رزماً ذات حجم أقصى (518 1 أثموناً)؛
- يجب أن يكون 5% من الحمولة رزماً ذات حجم متوسط (76 5 أثموناً).

وتأتي الرزم ذات الحجم الأقصى في رشقات تدوم ما بين 0,1 ثانية و3 ثوان.

2.2.VI النموذج 2 لحركة الشبكة

تشكل الرزم الأكبر، مقارنة برزم النموذج 1 لحركة الشبكة، الشبكات التي تتناول المزيد من حركة البيانات. وللتمكن من نمذجة هذه الحركة، ينبغي أن يكون 60% من الحمولة رزماً ذات حجم أقصى، وأن يكون 20% من الحمولة مزيجاً من الرزم ذات الحجمين المتوسط والأدنى.

وتكون جانبية حجم الرزم كما يلي:

- يجب أن يكون 60% من الحمولة رزماً ذات حجم أقصى (518 1 أثموناً)؛
- يجب أن يكون 30% من الحمولة رزماً ذات حجم أدنى (64 أثموناً)؛
- يجب أن يكون 10% من الحمولة رزماً ذات حجم متوسط (576 أثموناً).

وتأتي الرزم ذات الحجم الأقصى في رشقات تدوم ما بين 0,1 ثانية إلى 3 ثوان.

ملاحظة – يستند نموذج الحركة 1 على خصائص الحركة النموذجية لشبكات النفاذ اللاسلكية التي تقوم على الأجيال الأولى من التقنيات المتنقلة (من قبيل النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM) ونفاذ نطاق عريض متعدد بتقسيم الشفرة (WCDMA) وإصدارات الشراكة 3GPP حتى الإصدار 4). ومع ذلك، هناك حالات يمكن فيها، توخياً لتحسين استخدام عرض النطاق الترددي أثناء ساعات ذروة الحركة، تجميع الرزم المرسلة إلى

المحطات القاعدة والواردة منها والتي لها واجهة إثرنت في رزم من حجم أكبر مما يؤدى إلى خصائص حركة متعلقة بخصائص نموذج الحركة 2 بدلاً من ذلك. وفي هذه الحالة يمكن أن تتغير خصائص نماذج الحركة بمرور الوقت.

3.VI طوبولوجيات الاختبار للطرائق التكييفية

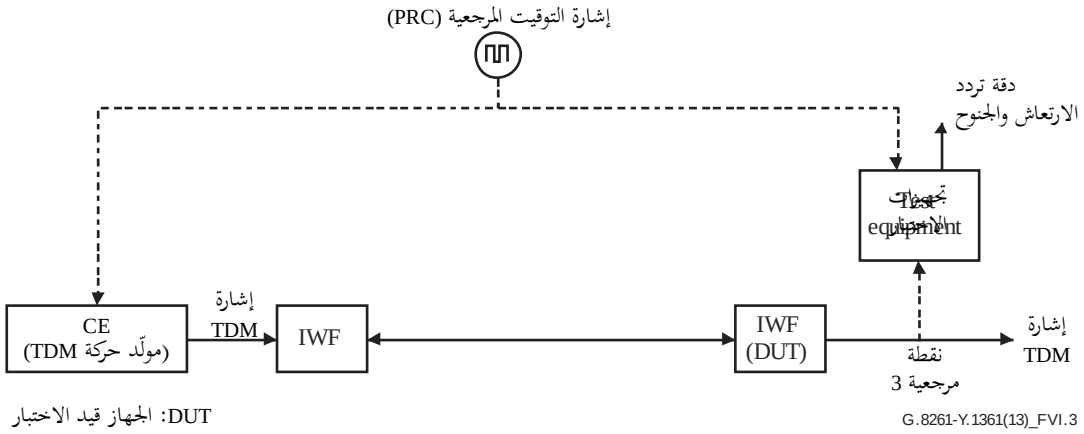
تتضمن طوبولوجيات الاختبار الموصوفة في هذا البند طرائق لاختبار طرائق التزامن المنطبقة على هذه التوصية.

وتم تحديد هذه الاختبارات في بيئة متحكم بها (أي ليس ميدانياً).

ملاحظة – حالات الاختبار المقدمة في هذا البند تتناول اختبار ميدان خدمة مضاهاة الدارة (CES). ويمكن اختبار ميدان توقيت شبكة الرزم (PNT) عندما تستخدم الطرائق التكييفية لاستعادة الميقاتية باستخدام نفس النهج. ولهذا الغرض قد يحتاج الأمر إلى بعض التكييف لمعلمات حالات الاختبار. وهذا يحتاج إلى المزيد من الدراسة.

1.3.VI اختبار خط الأساس

يبين الشكل 3.VI طوبولوجيا اختبار خط الأساس.



ملاحظة – تُستعمل إشارة التوقيت المرجعية (PRC) لتمثل ميقاتية خدمة TDM.

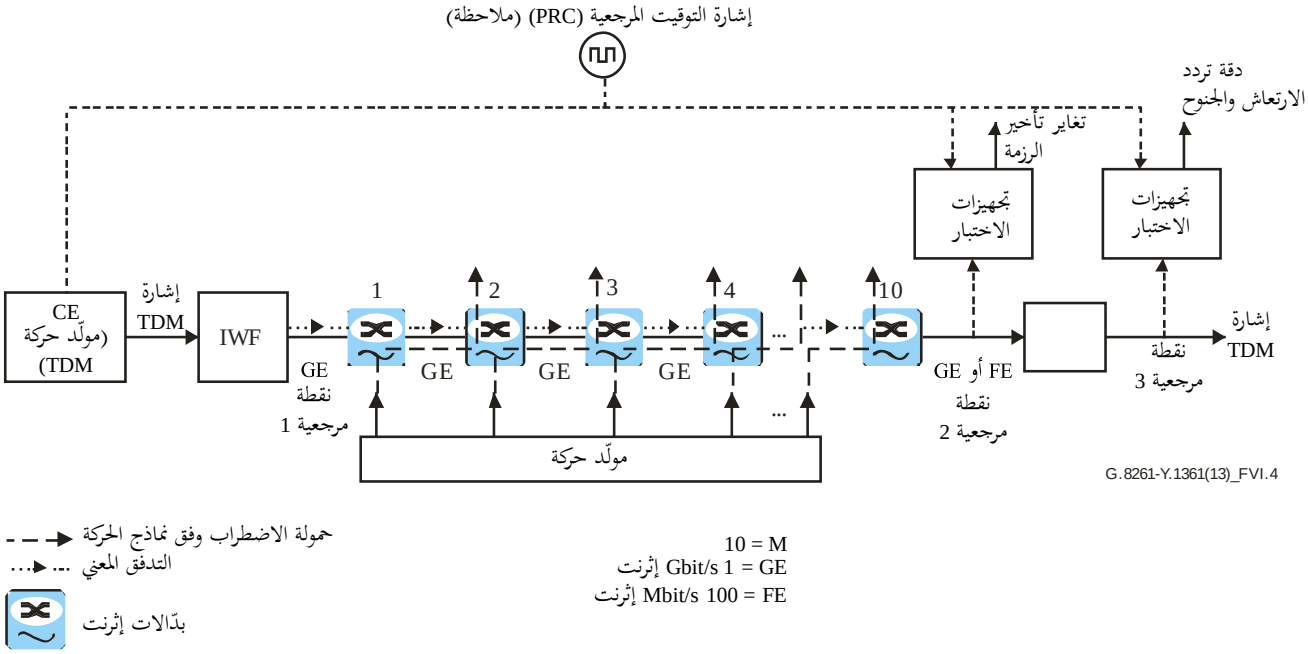
الشكل 3.VI – طوبولوجيا اختبار خط الأساس

ينبغي إجراء اختبار خط الأساس في ظل الشروط التالية:

- عدم وجود حمولة رزم
- القياسات الخاصة بالاختبار
  - قياس خطأ الفاصل الزمني (TIE) والخطأ الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE) والخطأ النسبي الأقصى في الفاصل الزمني (MRTIE) (على النحو الموضح في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824])
  - قياس دقة التردد (تعتمد قيمة وقت تكامل قياس دقة التردد على التجهيزات الطرفية ذات الصلة)
  - ينبغي أن يفي الأداء بحدود الشبكة للحالات ذات الصلة على النحو المحدد في البند 9.

2.3.VI اختبار الأداء

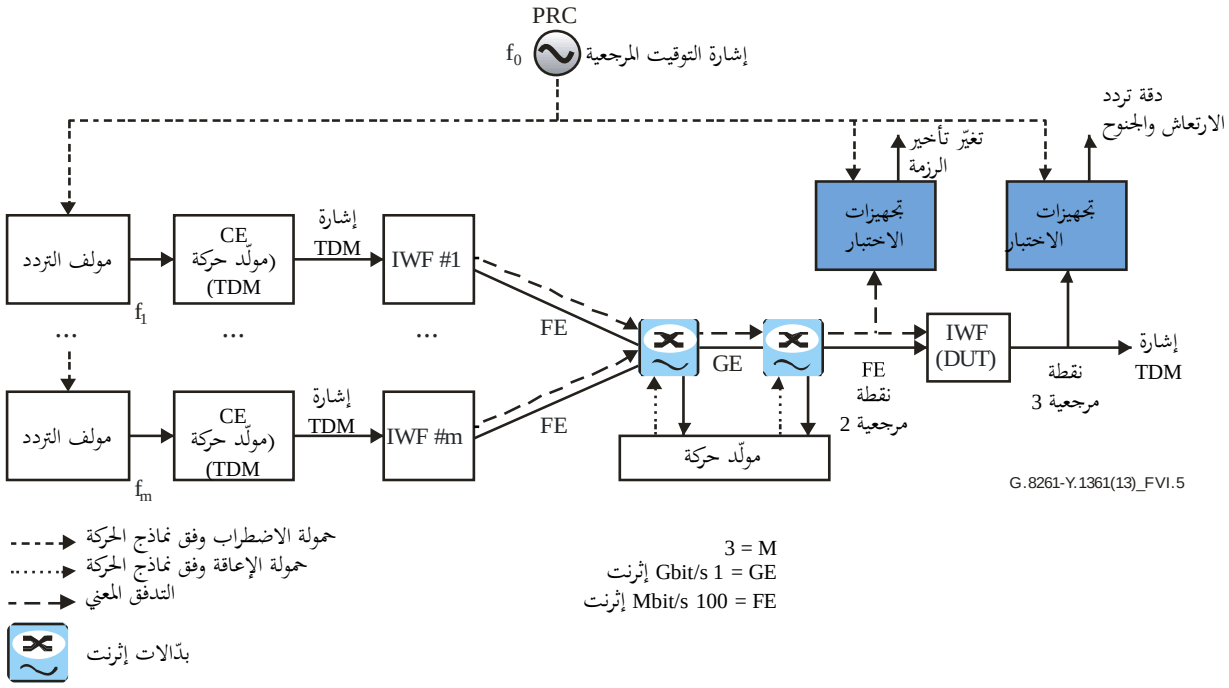
اختبار الأداء مماثل للاختبار الوارد في النموذج A في التذييل V، الذي يتألف من بدالات إثرنت 10 غيغابتة أو بدالات إثرنت 9 غيغابتة (GE) ومن بدالة إثرنت واحدة سريعة (FE) ويبين الشكل 4.VI طوبولوجيا الاختبار هذه.



ملاحظة – تُستعمل إشارة التوقيت المرجعية (PRC) لتمثل ميقاتية خدمة TDM.

الشكل 4.VI – طوبولوجيا اختبار الأداء

ويحتاج الأمر إلى طوبولوجيا اختبار محددة على النحو المبين في الشكل 5.VI لأداء حالة الاختبار على كثافة الحركة التي تشكل الاختناق يتسبب هذا النوع من التشكيلات في التأثير المسمى بالخفقان (انظر الشكلين 20 و21).



الشكل 5.VI – طوبولوجيا اختبار الأداء لحالة اختبار كثافة الحركة

يجب اختبار الجهاز الخاضع للاختبار (DUT) من أجل استقرار التشغيل خلال الأحداث المعوقة التي قد تتسبب في تعطل التزامن أو الخروج عن المواصفة. ويتم إجراء حالات الاختبار الموصوفة في هذا البند لاختبار الجهاز الخاضع للاختبار في ظل تغاير الحمولة وتغييرات الشبكة وخسارة الرزم.

وبالنسبة إلى كل حالة من حالات الاختبار الموصوفة في هذا البند، ينبغي إجراء القياسات التالية:

- قياس خطأ الفاصل الزمني (TIE) والخطأ الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE) والخطأ النسبي الأقصى في الفاصل الزمني (MRTIE) (على النحو الموضح في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824])؛
- قياس دقة التردد (تتوقف قيمة وقت تكامل قياس دقة التردد على التجهيزات الطرفية ذات الصلة)؛
- قياس التغاير في تأخير الرزمة؛
- ينبغي أن يفي الأداء بحدود الشبكة للحالات ذات الصلة على النحو المحدد في البند 9.

الملاحظة 1 – يوفر التشكيل الخاص بالاختبار الموصوف في الشكل 4.VI نقطة البداية لسيناريو اختبار موحد.

غير أنه لتبسيط تنفيذ بيئة الاختبار لإزالة أي خطر في الحصول على نتائج مختلفة عند استعمال بدالات إثرنت من تقنيات مختلفة، يجري البحث في مقترح لاستبدال المواصفة المحددة في الشكل 4.VI بتشكيل اختباري جديد حيث يمكن، بدلاً من بدالات الإثرنت ومولّد الحركة، استحداث تغاير التأخير بواسطة جهاز اختبار تستخدم فيه جانبية تغاير التأخير بمثابة دخل.

ويمكن التعبير عن هذه الجانبية لتغاير التأخير بموجب "متجهات اختبار" لتغاير التأخير (تتابع الاختبار) بفترات تبلغ 15 دقيقة و60 دقيقة و24 ساعة. ويعبّر عن تغاير التأخير باستبانة التوقيت المناسبة.

وتستند تتابعات الاختبار إلى النتائج المستقاة من الاختبارات المؤداة باستعمال طوبولوجيا الاختبارات على النحو الموضح في الشكل 4.VI.

الملاحظة 2 – يمكن أيضاً النظر في حالات الاختبار القطعية بالإضافة إلى حالات الاختبار الموصوفة في هذا البند. وهذا يحتاج إلى المزيد من الدراسة.

1.2.3.VI حالة الاختبار 1

تقوم حالة الاختبار 1 بنمذجة حمولة الرزمة "السكونية"، ويجب أن تستعمل هذه الحالة الشروط التالية للشبكة:

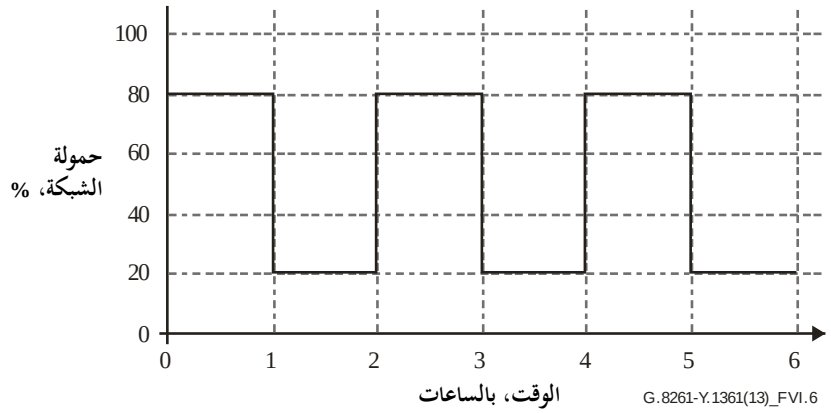
- حمولة إعاقة شبكة بنسبة 80% لمدة ساعة واحدة. وينبغي أن تبدأ قياسات الاختبار بعد أن تكون عملية استعادة الميقاتية في حالة مستقرة. ويرد إرشاد بشأن فترة الاستقرار في التذييل II. ويتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 2.2.VI.

2.2.3.VI حالة الاختبار 2

تقوم حالة الاختبار 2 بنمذجة التغييرات الدائمة في حمولة الشبكة. وهي تظهر الاستقرار إثر تغييرات كبيرة مفاجئة في ظروف الشبكة، وتبيِّن أداء الجنوح بوجود تغاير في تأخير الرزم (PDV) منخفض التواتر.

ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 2 الشروط التالية للشبكة:

- يتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو الوارد في الفقرة 1.2.VI.
- يسمح بفترة استقرار وفق التذييل II كي تستقر عملية استعادة الميقاتية قبل إجراء القياسات.
- يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 80% لمدة ساعة واحدة، ثم تخفض إلى 20% لمدة ساعة أخرى، ثم تزاد النسبة ثانية إلى 80% لمدة ساعة، ثم تخفض تارةً أخرى إلى 20% لمدة ساعة، ثم تزاد ثانية إلى 80% لمدة ساعة، وتخفض إلى 20% لمدة ساعة (انظر الشكل 6.VI).



الشكل 6.VI – تشكيل حمولة إعاقة مفاجئة للشبكة

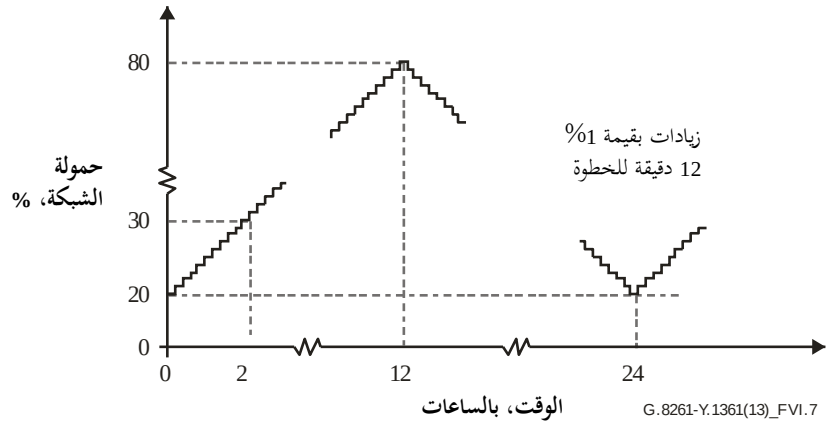
- يعاد الاختبار باستعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 2.2.VI من أجل تحميل الشبكة.

3.2.3.VI حالة الاختبار 3

تقوم حالة الاختبار 3 بنمذجة التغيير البطيء في حمولة الشبكة عبر فترة زمنية طويلة جداً. وهي تبيِّن الاستقرار مع التغييرات البطيئة جداً في ظروف الشبكة، وتبيِّن كذلك أداء الجنوح بوجود تغاير تأخير رزم (PDV) ذي تواتر منخفض جداً.

ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 3 الشروط التالية للشبكة:

- يتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 1.2.VI.
- يسمح بفترة استقرار وفق التذييل II كي تستقر عملية استعادة الميقاتية قبل إجراء القياسات.
- يتم تغيير حمولة إعاقة الشبكة بسلاسة من 20% إلى 80% وبالعكس على مدار فترة 24 ساعة (انظر الشكل 7.VI).



الشكل 7.VI – تشكيل حمولة الشبكة البطيئة

- يُعاد الاختبار باستعمال النموذج 2 لحركة الشبكة كما هو محدد في البند 2.2.VI من أجل تحميل الشبكة.

4.2.3.VI حالة الاختبار 4

تقوم حالة الاختبار 4 بنمذجة انقطاعات الشبكة المؤقتة والاستعادة لفترات متفاوتة من الوقت. وهي تبيِّن القدرة على الاستمرار بعد انقطاعات الشبكة والاستعادة. وجدير بالملاحظة أن الخطأ الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE) خلال انقطاع لمدة 1 000 ثانية يتوقف إلى حد كبير على جودة المذبذب المحلي، وينبغي ألا يؤخذ كمؤشر على جودة عملية استعادة الميقاتية.

يجب أن تستعمل حالة الاختبار 4 الشروط التالية للشبكة:

- يتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 1.2.VI.
- يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 40%. وبعد فترة استقرار وفق التذييل II، يلغى توصيل الشبكة لمدة 10 ثوان، ويُسترجع التوصيل بعدها. ويسمح بفترة استقرار وفق التذييل II كي تستقر عملية استعادة الميقاتية. وتكرر هذه العملية بانقطاعات شبكة مدتها 100 ثانية.
- يُعاد الاختبار باستعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 2.2.VI.من أجل تحميل الشبكة.

5.2.3.VI حالة الاختبار 5

تقوم حالة الاختبار 5 بنمذجة الازدحام المؤقت في الشبكة والاستعادة لفترات متفاوتة من الوقت. وهي تبيِّن القدرة على الاستمرار بعد ازدحام مؤقت في شبكة الرزم.

ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 5 الشروط التالية للشبكة:

- يتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 1.2.VI.
- يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 40%. وبعد فترة استقرار وفق التذييل II، يتم زيادة حمولة إعاقة الشبكة إلى 100% (وهو ما يُحدِث تأخيرات شديدة وخسارة رزم) لمدة 10 ثوان، ثم الاستعادة. ويسمح بفترة استقرار وفق التذييل II كي تستقر عملية استعادة الميقاتية. وتعاد الكرّة بفترة ازدحام مدتها 100 ثانية.
- يُعاد الاختبار باستعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 2.2.VI.

6.2.3.VI حالة الاختبار 6

تقوم حالة الاختبار 6 بنمذجة تغييرات التسيير الناجمة عن أعطال في الشبكة.

ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 6 الشروط التالية للشبكة:

- يتم تغيير عدد البدالات بين الأجهزة قيد الاختبار (DUT)، مما يتسبب في تغيير تدريجي في تأخير شبكة الرزم.
  - يتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 1.2.VI.
  - يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 40%. وبعد فترة استقرار وفق التذييل II، يعاد تسيير الحركة لكي تتجاوز بدالة واحدة في مسير الحركة. ويتم ذلك بتحديث تشكيل الاختبار في الشكل 4.VI وإضافة كبل من البدالة في وضع "n" للبدالة في وضع "n+2"، وإما استخدام بكرة الألياف أو إضافة صندوق أعطال قادر على محاكاة أطوال الكبلات المختلفة (يمكن محاكاة 10 ميكروثانية و200 ميكروثانية كأمثلة نموذجية). ويجب أداء التشكيل بحيث يتم تسيير الحركة تحت الاختبار مباشرة من البدالة في وضع "n" عبر الوصلة الجديدة للبدالة في وضع "n+2".

    وبعد إزالة توصيل الكبل من البدالة "n" إلى البدالة "n+2" (بحيث يتسنى تسيير الحركة تحت الاختبار من البدالة "n" إلى البدالة "n+1")، يسمح بفترة استقرار وفق التذييل II لتحقيق استقرار عملية استعادة الميقاتية، ومن ثم يعاد توصيل الوصلة التي فصلت من أجل استعادة الحركة على المسير الأصلي.
  - يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 40%. وبعد فترة استقرار وفق التذييل II، يعاد تسيير الحركة لكي تتجاوز ثلاث بدالات في مسير الحركة. ويتم ذلك بتحديث تشكيل الاختبار في الشكل 4.VI وإضافة كبل من البدالة في وضع "n" للبدالة في وضع "n+4"، وإما استخدام بكرة الألياف أو إضافة صندوق أعطال قادر على محاكاة أطوال الكبلات المختلفة (يمكن محاكاة 10 ميكروثانية و200 ميكروثانية كأمثلة نموذجية). ويجب أداء التشكيل بحيث يتم تسيير الحركة تحت الاختبار مباشرة من البدالة في وضع "n" عبر الوصلة الجديدة للبدالة في وضع "n+4".

    وبعد إزالة توصيل الكبل من البدالة "n" إلى البدالة "n+4" (بحيث يتسنى تسيير الحركة تحت الاختبار من البدالة "n" إلى البدالة "n+1")، يسمح بفترة استقرار وفق التذييل II لتحقيق استقرار عملية استعادة الميقاتية، ومن ثم يعاد توصيل الوصلة التي فصلت من أجل استعادة الحركة على المسير الأصلي.
- يكرر الاختبار باستخدام نموذج شبكة المرور 2 على النحو المحدد في البند 2.2.VI لتحميل الشبكة.

7.2.3.VI حالة الاختبار 7

تقوم حالة الاختبار 7 بنمذجة تأثير التصادم بسبب كثافة الحركة واختلاف تواتر مصادر تعدد الإرسال TDM. وعلى وجه الخصوص، تشير حالة الاختبار هذه إلى تدفقات TDM في خدمة CES المرتبطة بتدفقات بتات Mbit/s 2 048 أو Mbit/s 1 544. ويبدو تشكيل الاختبار في الشكل 5.VI ويجب أن يستخدم شروط الشبكة التالية:

- حمولة إعاقة شبكة بنسبة 60% طوال فترة الاختبار بأكملها. وينبغي أن تبدأ قياسات الاختبار بعد أن تكون عملية استعادة الميقاتية في حالة مستقرة وينبغي أن تعمل طوال 24 ساعة. ويرد إرشاد بشأن فترة الاستقرار في التذييل II. ويتعيّن على حركة خلفية الإعاقة استعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 2.2.VI.
- تطبيق الترددات التالية مع مولفات التردد لاختبار حالة الخدمات اللامتزامنة:

$f_0 = f_1$

$ppm\ 1 + f_0 = f_2$

$ppm\ 50 – f_0 = f_3$ (إشارات kbits/s 2 048) أو $ppm\ 32 – f_0$ (إشارات kbits/s 1 544)

- في خرج الوظيفة IWF على اليمين (النقطة المرجعية 3)، تنتقى إشارة خرج تعدد الإرسال TDM التي أرسلتها الوظيفة IWF #0 لقياس حدود الارتعاش والجنوح المعمول بها وإشارة خرج TDM التي أرسلتها IWF #3 لقياس مقياتية الخدمة اللامتزامنة.
- يتم تشغيل الاختبار مرة أخرى مع الترددات التالية لاختبار حالة الميقاتيات في حالة الاستبقاء مختلطة مع خدمات لامتزامنة:

$f_0 = f_1$

$ppb\ 16 + f_0 = f_2$

$ppm\ 50 – f_0 = f_3$ (إشارات kbits/s 2 048) أو $ppm\ 32 – f_0$ (إشارات kbits/s 1 544)

الملاحظة 1 – يجب أن يكون حجم الرزم نفسه بالنسبة لجميع تدفقات رزم الخدمة CES.

الملاحظة 2 – يمكن أيضاً استخدام نفس السيناريو لاختبار مختلف تدفقات بتات CES TDM (من قبيل DS3 CES).

الملاحظة 3 – تحتاج حالات الاختبار الأخرى القائمة على أساس حالة الاختبار هذه (من قبيل الاختبارات غير الساكنة حيث ينحاز تخالف التردد على مر الزمن) إلى المزيد من الدراسة.

8.2.3.VI حالة الاختبار 8

تقوم حالة الاختبار 8 على نمذجة آلية تعتمد على طوبولوجيا في شبكات الرزم التي يمكن أن تؤخر الرزم بأكثر مما يتوقع من اعتبارات حجم الحركة وحدها (انظر البند 6.2.1.10).

يجري اختبار الشبكة على النحو الوارد في الشكل 4.VI في البند 2.3.VI، مع التغيير التالي: هناك مصدر واحد فقط من "حركة الإعاقة"، الذي يدرج في البدالة 1، ويعبر الشبكة بأكملها ليخرج عند البدالة 10 في منفذ منفصل للحركة الحساسة للوقت.

- الجزء A من اختبار الحالة

حالة الاختبار هذه مشابهة لحالة الاختبار 3 (البند 3.2.3.VI). وهي تختبر حالات الزيادة والنقصان التدريجية في حمولة الحركة بوجود تأثير حجب، كما هو موضح في البند 6.2.1.10. ولا يعتقد أن من الضروري الوصول إلى نفس التردد المنخفض للغاية، وبالتالي الاختبارات الطويلة الأجل كما في حالة الاختبار 3 من أجل التدليل على المرونة إزاء هذا التأثير بالذات.

باستخدام نموذج حركة الشبكة 2، يتم البدء بحمولة حركة إعاقة بنسبة 0%. ويُسمح بفترة استقرار أولية، وفقاً للتذييل II. ثم تزاد حمولة الحركة تدريجياً بنسبة 1% كل دقيقة حتى حمولة 50% ثم تخفض الحمولة مرة أخرى تدريجياً بنسبة 1% نزولاً إلى 0%.

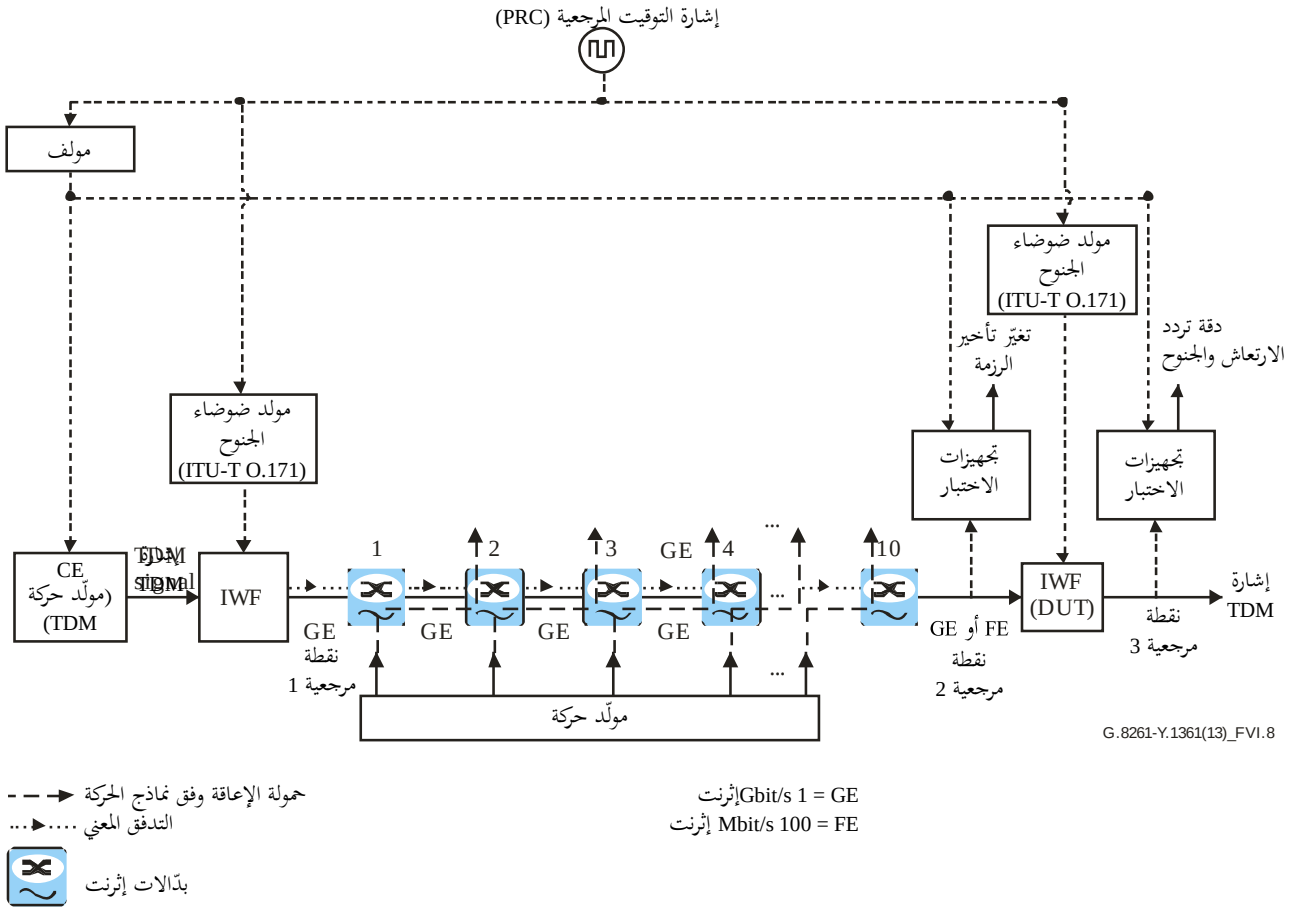
- الجزء B من اختبار حالة

حالة الاختبار هذه مشابهة لحالة الاختبار 2 (البند 2.2.3.VI). وهي تختبر حالات الزيادة والنقصان المفاجئة في حمولة الحركة بوجود تأثير حجب، كما هو موضح في البند 6.2.1.10.

باستخدام نموذج حركة الشبكة 2، يتم البدء بحمولة حركة إعاقة بنسبة 0% ويُسمح بفترة استقرار أولية، وفقاً للتذييل II. ثم تنقص حمولة الحركة تدريجياً بنسبة تصل إلى 50% لمدة ساعة واحدة. تكرر العملية ثلاث مرات.

4.VI طوبولوجيات اختبار من أجل الطرائق التفاضلية

طوبولوجيا الاختبار موضحة في الشكل 8.VI.



الشكل 8.VI – طوبولوجيا اختبار الأداء للطريقة التفاضلية في استعادة الميقاتية

ملاحظة – ينبغي أن يكون تخالف التردد من الميقاتية PRC التي أدخلها جهاز التوليف + (أو –) 50 ppm (2 048 kbit/s) و+ (أو –) 32 ppm (1 544 kbit/s) لجميع حالات الاختبار.

1.4.VI حالة الاختبار 9

تقوم حالة الاختبار 9 بنمذجة أداء الطريقة التفاضلية لاستعادة الميقاتية في ظروف حمولة الرزمة "الساكنة"، ويجب أن تستعمل حالة الاختبار هذه الشروط التالية للشبكة:

- حمولة إعاقة شبكة بنسبة 80% لمدة ساعة واحدة. وينبغي أن تبدأ قياسات الاختبار بعد أن تكون عملية استعادة الميقاتية في حالة مستقرة. ويرد إرشاد بشأن فترة الاستقرار في التذييل II. ويتعيّن على حركة خلفية الإعاقة التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 2.2.VI.

2.4.VI حالة الاختبار 10

تقوم حالة الاختبار 10 بنمذجة أداء الطريقة التفاضلية لاستعادة الميقاتية مع إضافة الضوضاء إلى إشارة التوقيت المرجعية في الوظيفة IWF. وهي تستخدم لمحاكاة الضوضاء التي تولدها شبكة التزامن (حسبما هو محدد في التوصية [ITU-T O.172]).

ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 10 الشروط التالية للشبكة:

- تدرج ضوضاء الجنوح وفقاً للملحق C في التوصية [ITU-T O.172] لمحاكاة ضوضاء الجنوح التي تولدها شبكة التزامن. وتتوقف القيم الفعلية لضوضاء الجنوح على التطبيق (من قبيل E1 وDS1). وتحتاج أقنعة ضوضاء الجنوح المنطبقة لمزيد من الدراسة.
- حمولة إعاقة الشبكة بنسبة 80% لمدة ساعة واحدة على افتراض أن استعادة الميقاتية في حالة استقرار. ويسمح بفترة استقرار وفق التذييل II كي تستقر عملية استعادة الميقاتية قبل إجراء القياسات. ويتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 2.2.VI.

3.4.VI حالة الاختبار 11

تقوم حالة الاختبار 11 بنمذجة أداء الطريقة التفاضلية لاستعادة الميقاتية مع ازدحام مؤقت في الشبكة والاستعادة لفترات متفاوتة من الوقت. وهي تبيِّن القدرة على الاستمرار بعد ازدحام مؤقت في شبكة الرزم.

ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 11 الشروط التالية للشبكة:

- يتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 1.2.VI.
- يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 40%. وبعد فترة استقرار وفق التذييل II، يتم زيادة حمولة إعاقة الشبكة إلى 100% (وهو ما يُحدِث تأخيرات شديدة وخسارة رزم) لمدة 10 ثوان، ثم تعاد إلى ما كانت عليه. ويسمح بفترة استقرار وفق التذييل II كي تستقر عملية استعادة الميقاتية. وتعاد الكرّة بفترة ازدحام قدرها 100 ثانية.

ملاحظة – بالنسبة للطريقة التفاضلية، تم تعرف حالات الاختبار التالية أيضاً باعتبارها ذات صلة: الاستبقاء (فقدان إشارة التوقيت المرجعية)؛ وحالات مختلفة من جودة الخدمة. وهي تحتاج إلى المزيد من الدراسة.

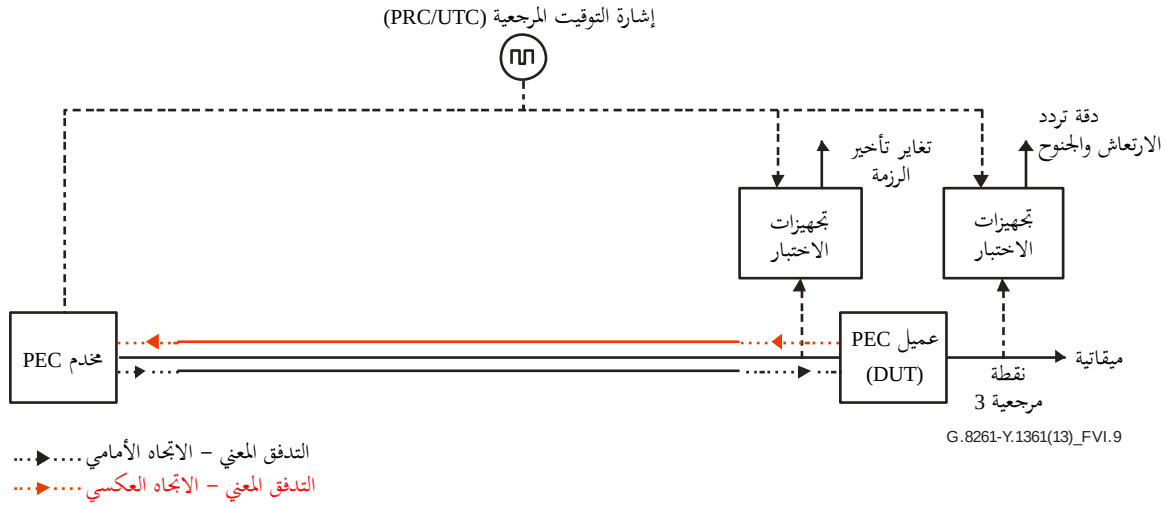
5.VI اختبار من أجل البروتوكولات ثنائية الاتجاه

تتضمن طوبولوجيات الاختبار الموصوفة في هذا البند طرائق لاختبار طرائق التزامن الثنائية الاتجاه (مثل بروتوكولات توزيع الزمن) المنطبقة على هذه التوصية.

وتم تحديد هذه الاختبارات في بيئة متحكم بها (أي ليس ميدانياً).

1.5.VI اختبار خط الأساس

يبين الشكل 9.VI طوبولوجيا اختبار خط الأساس.



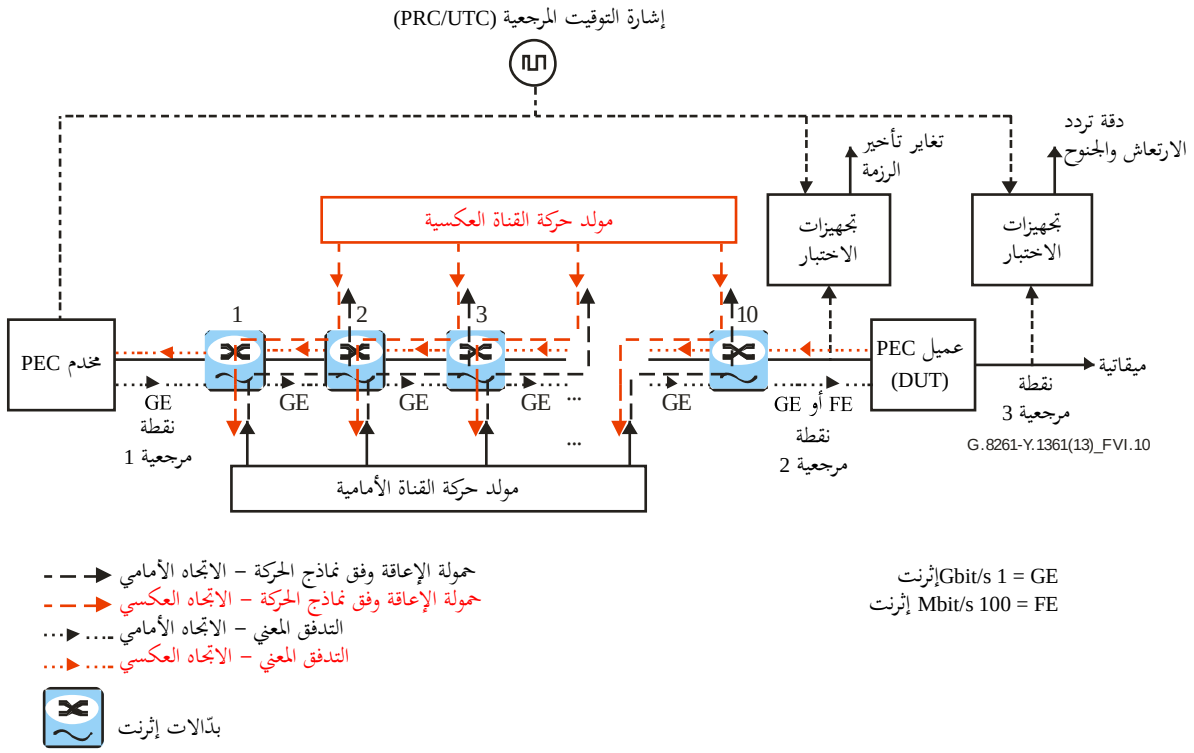
الشكل 9.VI – طوبولوجيا اختبار خط الأساس ثنائي الاتجاه

ينبغي إجراء اختبار خط الأساس في ظل الشروط التالية:

- عدم وجود حمولة رزم
- القياسات الخاصة بالاختبار:
  - قياس خطأ الفاصل الزمني (TIE) والخطأ الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE) والخطأ النسبي الأقصى في الفاصل الزمني (MRTIE) (على النحو الموضح في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824])؛
  - قياس دقة التردد (تتوقف قيمة وقت تكامل قياس دقة التردد على التجهيزات الطرفية ذات الصلة)؛
  - قياس دقة ميقات اليوم (TOD) من ذروة إلى ذروة؛
  - ينبغي أن يفي الأداء بحدود الشبكة للحالات ذات الصلة على النحو المحدد في البند 9.

2.5.VI اختبار الأداء

اختبار الأداء مماثل للنموذج A، في التذييل V، الذي يتألف من بدالات إثرنت 10 غيغابتة أو بدالات إثرنت 9 غيغابتة ومن بدالة إثرنت واحدة سريعة. ويبين الشكل 10.VI طوبولوجيا الاختبار هذه.



الشكل 10.VI – طوبولوجيا اختبار أداء لاختبار بروتوكولات ثنائية الاتجاه

يجب فحص الجهاز قيد الاختبار (DUT) من أجل استقرار التشغيل خلال الأحداث المعوقة التي قد تتسبب في تعطل التزامن أو الخروج عن المواصفة. ويتم إجراء حالات الاختبار في هذا البند لفحص الجهاز DUT في ظل تغاير الحمولة وتغييرات الشبكة وخسارة الرزم.

وبالنسبة إلى كل حالة من حالات الاختبار الواردة في هذا البند، ينبغي إجراء القياسات التالية:

- قياس خطأ الفاصل الزمني (TIE) والخطأ الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE) والخطأ النسبي الأقصى في الفاصل الزمني (MRTIE) (على النحو الموضح في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824])؛
- قياس دقة التردد (تتوقف قيمة وقت تكامل قياس دقة التردد على التجهيزات الطرفية ذات الصلة)؛
- قياس التغاير في تأخير الرزمة؛
- قياس دقة ميقات اليوم (TOD) من ذروة إلى ذروة؛
- ينبغي أن يفي الأداء بحدود الشبكة للحالات ذات الصلة على النحو المحدد في البند 9.

الملاحظة 1 – يوفر التشكيل الخاص بالاختبار الموصوف في الشكل 10.VI نقطة البداية لسيناريو اختبار موحد.

غير أنه لتبسيط تنفيذ بيئة الاختبار لإزالة أي خطر في الحصول على نتائج مختلفة عند استعمال بدالات إثرنت من تقنيات مختلفة، يجري البحث في مقترح لاستبدال المواصفة المحددة في الشكل 10.VI بتشكيل اختباري جديد حيث يمكن، بدلاً من بدالات الإثرنت ومولّد الحركة، استحداث تغاير التأخير بواسطة جهاز اختبار تستخدم فيه جانبية تغاير التأخير بمثابة دخل.

ويمكن التعبير عن هذه الجانبية لتغاير التأخير بموجب "متجهات اختبار" لتغاير التأخير (تتابع الاختبار) بفترات تبلغ 15 دقيقة و60 دقيقة و24 ساعة. ويعبّر عن تغاير التأخير باستبانة التوقيت المناسبة.

وتستند تتابعات الاختبار إلى النتائج المستقاة من الاختبارات المؤداة باستعمال طوبولوجيا الاختبارات على النحو الموضح في الشكل 10.VI.

الملاحظة 2 – يمكن أيضاً النظر في حالات الاختبار القطعية بالإضافة إلى حالات الاختبار الموصوفة في هذا البند. وهذا يحتاج إلى المزيد من الدراسة.

1.2.5.VI خصائص حركة الدخل

يعاد هنا استخدام نفس نموذجي الحركة 1 و2 المحددين في البندين 1.2.VI و2.2.VI لحالات الاختبار ثنائي الاتجاه.

ملاحظة – يحتاج تعريف الشروط المحددة لاختبار اللاتناظر إلى المزيد من الدراسة. وهناك تشكيل اختبار بسيط يمكن أيضاً أن ينظر في التأخير الثابت في اتجاه واحد.

2.2.5.VI حالة الاختبار 12

تقوم حالة الاختبار 12 بنمذجة حمولة الرزمة "الساكنة"، ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 12 الشروط التالية للشبكة:

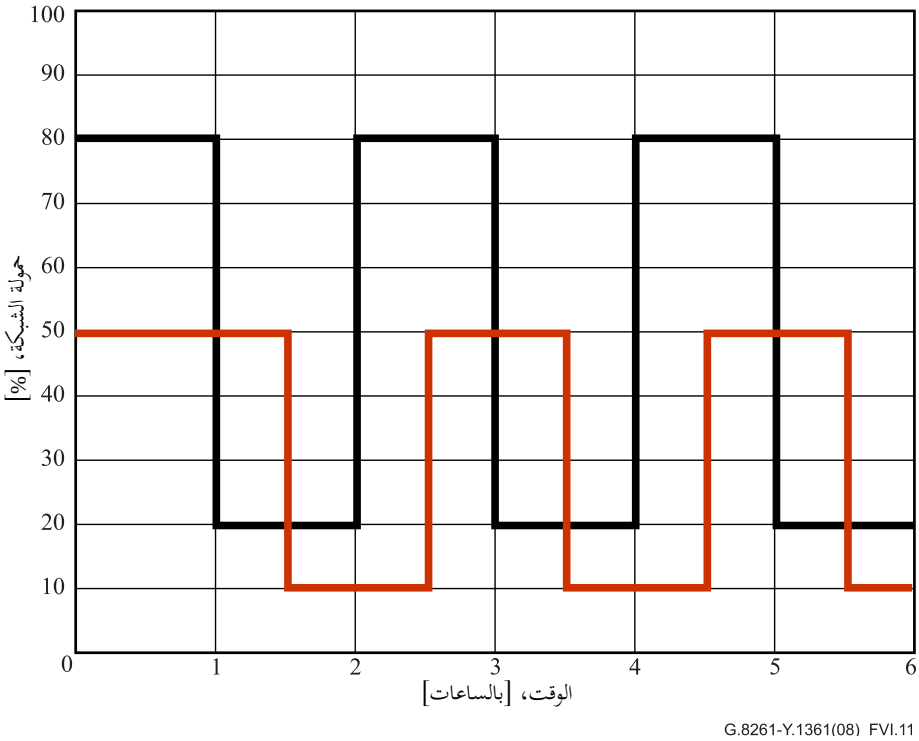
- حمولة إعاقة شبكة بنسبة 80% للاتجاه الأمامي (مخدم إلى عميل) و20% في الاتجاه المعاكس (عميل إلى مخدم) لمدة ساعة واحدة. وينبغي أن تبدأ قياسات الاختبار بعد أن تكون عملية استعادة الميقاتية في حالة مستقرة. ويرد إرشاد بشأن فترة الاستقرار في التذييل II. ويتعيّن على حركة خلفية الإعاقة التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 2.2.VI.

3.2.5.VI حالة الاختبار 13

تقوم حالة الاختبار 13 بنمذجة التغييرات الكبيرة المفاجئة والدائمة في حمولة الشبكة. وهي تبيّن الاستقرار إثر تغييرات كبيرة مفاجئة في ظروف الشبكة، وتبيِّن أداء الجنوح بوجود تغاير في تأخير الرزم (PDV) منخفض التردد.

ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 13 الشروط التالية للشبكة:

- يتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو الوارد في البند 1.2.VI.
- يسمح بفترة استقرار وفق التذييل II كي تستقر عملية استعادة الميقاتية قبل إجراء القياسات.
- في الاتجاه **الأمامي**: يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 80% لمدة ساعة واحدة، ثم تخفض إلى 20% لمدة ساعة، ثم تزاد النسبة ثانية إلى 80% لمدة ساعة، ثم تخفض تارةً أخرى إلى 20% لمدة ساعة، ثم تزاد ثانية إلى 80% لمدة ساعة، وتخفض إلى 20% لمدة ساعة. وفي نفس الوقت، في الاتجاه **العكسي**: يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 50% لمدة ساعة ونصف، ثم تخفض إلى 10% لمدة ساعة، ثم تزاد النسبة ثانية إلى 50% لمدة ساعة، ثم تخفض تارةً أخرى إلى 10% لمدة ساعة، ثم تزاد ثانية إلى 50% لمدة ساعة، وتخفض إلى 10% لمدة نصف ساعة (انظر الشكل 11.VI).



الشكل 11.VI – تشكيل حمولة إعاقة مفاجئة للشبكة في اتجاهين

- يعاد الاختبار باستعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في الفقرة 2.2.VI من أجل تحميل الشبكة.

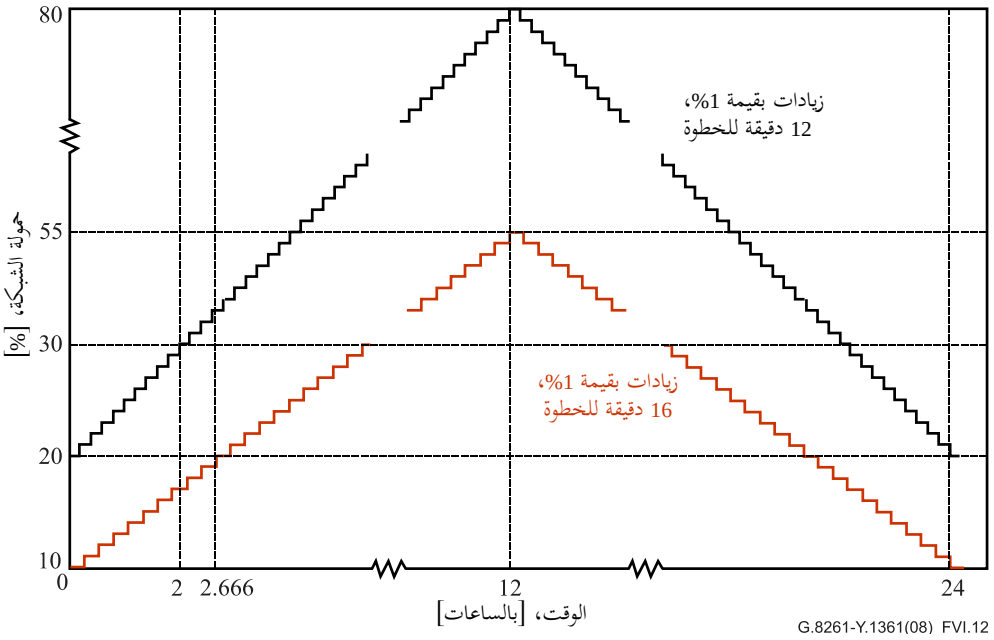
ملاحظة – مولدات الحركة في تشكيل الاختبار مستقلة، ولهذا قد يحيد شكل الحركة المبين في الشكل 11.VI مع مرور الوقت.

4.2.5.VI حالة الاختبار 14

تقوم حالة الاختبار 14 بنمذجة التغيير البطيء في حمولة الشبكة على امتداد فترة طويلة جداً من الزمن. وهي تبيِّن الاستقرار مع التغييرات البطيئة جداً في ظروف الشبكة، وتبيِّن كذلك أداء الجنوح بوجود تغاير تأخير رزم (PDV) ذي تردد منخفض جداً.

ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 14 الشروط التالية للشبكة:

- يتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو المحدد في الفقرة 1.2.VI.
- يسمح بفترة استقرار وفق التذييل II كي تستقر عملية استعادة الميقاتية قبل إجراء القياسات.
- في الاتجاه **الأمامي**: يتم تغاير حمولة إعاقة الشبكة بسلاسة من 20% إلى 80% وبالعكس لمدة 24 ساعة. وفي نفس الوقت، في الاتجاه **العكسي**: يتم تغاير حمولة إعاقة الشبكة بسلاسة من 10% إلى 55% وبالعكس لمدة 24 ساعة (انظر الشكل 12.VI).



الشكل VI.12 – تشكيل حمولة الشبكة البطيء في اتجاهين

- يُعاد الاختبار باستعمال النموذج 2 لحركة الشبكة كما هو محدد في البند VI.2.2 من أجل تحميل الشبكة.

VI.5.2.5 حالة الاختبار 15

تقوم حالة الاختبار 15 بنمذجة انقطاعات الشبكة المؤقتة والاستعادة لفترات متفاوتة من الوقت. وهي تبيِّن القدرة على الاستمرار بعد انقطاعات الشبكة والاستعادة. وجدير بالملاحظة أن الخطأ الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE) خلال انقطاع 1 000 ثانية ستتحكم فيه بشكل كبير جودة المذبذب المحلي، وينبغي ألا يؤخذ كمؤشر على جودة عملية استعادة الميقاتية.

يجب أن تستعمل حالة الاختبار 15 الشروط التالية للشبكة:

- يتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند VI.1.2.
- يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 40% في الاتجاه **الأمامي** و30% في الاتجاه **العكسي**. وبعد فترة استقرار وفق التذييل II، يلغى توصيل الشبكة لمدة 10 ثوان، ويُسترجع التوصيل بعدها. ويسمح بفترة استقرار وفق التذييل II كي تستقر عملية استعادة الميقاتية. وتكرر هذه العملية بانقطاعات شبكة مدتها 100 ثانية.
- يُعاد الاختبار باستعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في الفقرة VI.2.2 من أجل تحميل الشبكة.

VI.6.2.5 حالة الاختبار 16

تقوم حالة الاختبار 16 بنمذجة الازدحام المؤقت والاستعادة لفترات متفاوتة من الوقت. وهي تبيِّن القدرة على الاستمرار بعد ازدحام مؤقت في شبكة الرزم.

ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 16 الشروط التالية للشبكة:

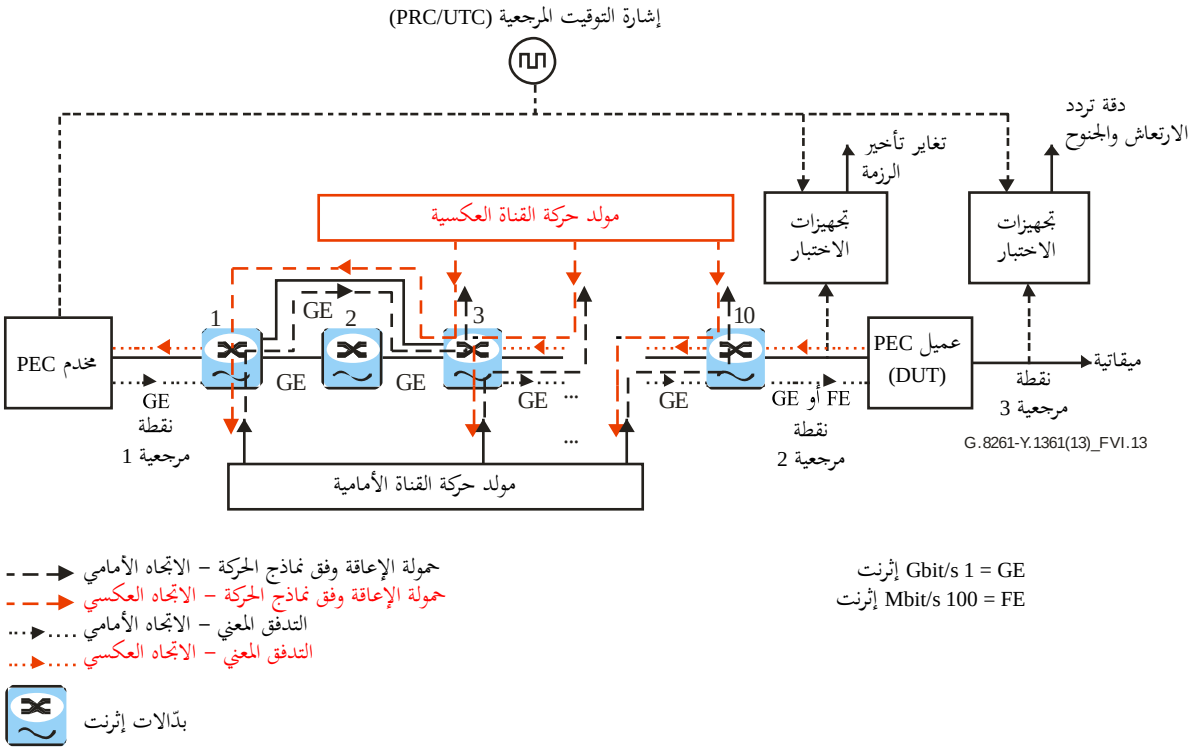
- يتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند VI.1.2.
- يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 40% في الاتجاه **الأمامي** و30% في الاتجاه **العكسي**. وبعد فترة استقرار وفق التذييل II، يتم زيادة حمولة إعاقة الشبكة إلى 100% في كلا الاتجاهين (وهو ما يُحدِث تأخيرات شديدة وخسارة رزم) لمدة 10 ثوان، ثم الاستعادة. ويسمح بفترة استقرار وفق التذييل II كي تستقر عملية استعادة الميقاتية. وتعاد الكرّة بفترة ازدحام مدتها 100 ثانية.
- يُعاد الاختبار باستعمال النموذج 2 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند VI.2.2 لتحميل الشبكة.

7.2.5.VI حالة الاختبار 17

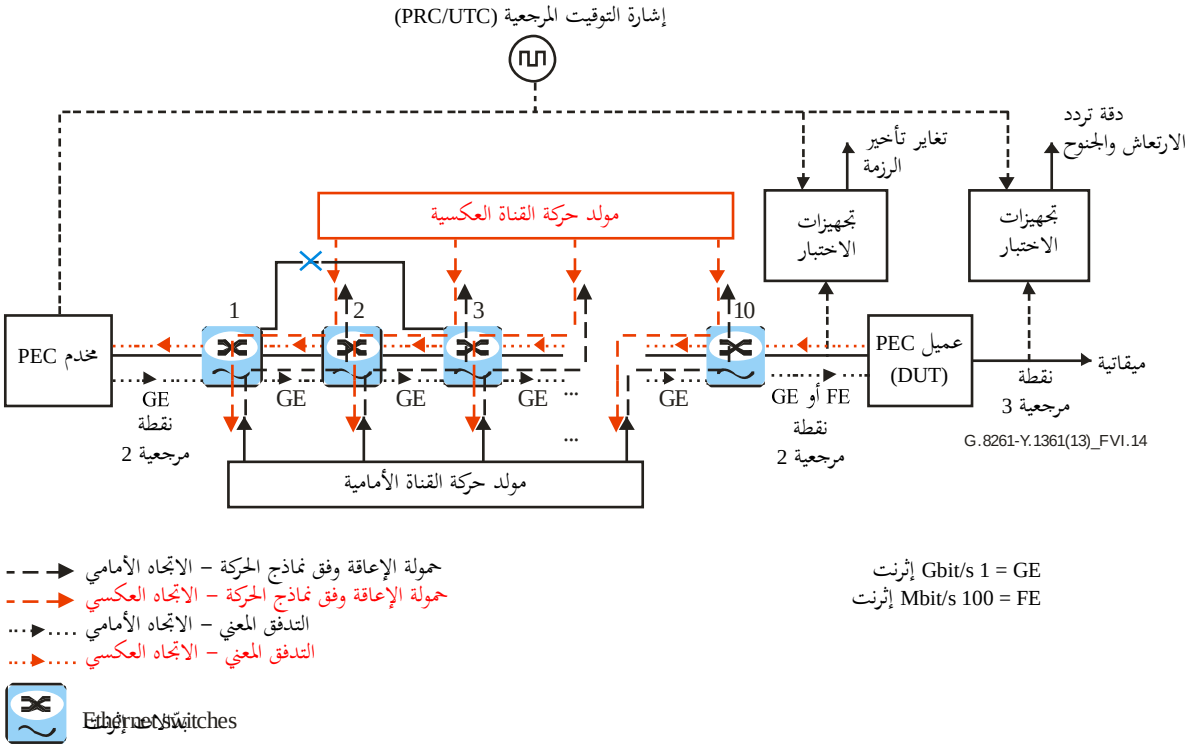
تقوم حالة الاختبار 17 بنمذجة تغييرات التسيير الناجمة عن أعطال في الشبكة.

ويجب أن تستعمل حالة الاختبار 17 الشروط التالية للشبكة:

- يتم تغيير عدد البدالات بين الأجهزة قيد الاختبار (DUT)، مما يتسبب في تغيير تدريجي في تأخير شبكة الرزم. ويتعيّن على الرزم التي ستحمّل الشبكة استعمال النموذج 1 لحركة الشبكة على النحو المحدد في البند 1.2.VI:
  - يتم تحديث تشكيل الاختبار في الشكل 10.VI وإضافة كبل من البدالة في وضع "n" للبدالة في وضع "2+n" (يبين الشكل 13.VI أين يمكن تجاوز 1=n والبدالة 2). وعلى هذا النحو، يتم إعادة تسيير الحركة (في الاتجاهين) لتجاوز بدالة واحدة في مسير الحركة. ويحدث ذلك إما باستخدام بكرة ألياف أو إضافة صندوق أعطال قادر على محاكاة أطوال الكبلات المختلفة (يمكن محاكاة 10 ميكروثانية و200 ميكروثانية كأمثلة نموذجية). ويجب أداء التشكيل بحيث يتم تسيير الحركة تحت الاختبار مباشرة من البدالة في وضع "n" عبر الوصلة الجديدة للبدالة في وضع "2+n".
  - يتم البدء بحمولة إعاقة شبكة بنسبة 40% في الاتجاه الأمامي وحمولة 30% في الاتجاه العكسي.
  - وبعد فترة استقرار وفق التذييل II، يزال توصيل الكبل من البدالة "n" إلى البدالة "2+n"، بحيث تضطر الحركة قيد الاختبار إلى المرور عبر البدالة في الوضع "1+n" (يبين الشكل 14.VI أين يمكن أن تكون 1=n، ويزال الكبل من البدالة 1 إلى البدالة 3، ويستعاد التوصيل إلى البدالة 2 لكي تمر الحركة عبر البدالة 2).
  - يسمح بفترة استقرار وفق التذييل II لتحقيق استقرار عملية استعادة الميقاتية، ومن ثم يعاد توصيل الوصلة التي فصلت من أجل استعادة الحركة على المسير الأصلي.
- يكرر الاختبار بغية استحداث خطوة طور أوسع:
  - يتم تحديث تشكيل الاختبار في الشكل 10.VI وإضافة كبل من البدالة في وضع "n" للبدالة في وضع "4+n". وعلى هذا النحو، يتم إعادة تسيير الحركة (في الاتجاهين) لتجاوز ثلاث بدالات في مسير الحركة. ويحدث ذلك إما باستخدام بكرة ألياف أو إضافة صندوق أعطال قادر على محاكاة أطوال الكبلات المختلفة (يمكن محاكاة 10 ميكروثانية و200 ميكروثانية كأمثلة نموذجية). ويجب أداء التشكيل بحيث يتم تسيير الحركة تحت الاختبار مباشرة من البدالة في وضع "n" عبر الوصلة الجديدة للبدالة في وضع "4+n".
  - يتم تحميل إعاقة شبكة بنسبة 40% في الاتجاه الأمامي وحمولة 30% في الاتجاه العكسي.
  - وبعد فترة استقرار وفق التذييل II، يزال توصيل الكبل من البدالة "n" إلى البدالة "4+n" (بحيث تضطر الحركة قيد الاختبار إلى المرور عبر البدالة في الوضع "1+n").
  - يسمح بفترة استقرار وفق التذييل II لتحقيق استقرار عملية استعادة الميقاتية، ومن ثم يعاد توصيل الوصلة التي فصلت من أجل استعادة الحركة على المسير الأصلي.
  - يكرر الاختبار باستعمال النموذج 2 لحركة الشبكة كما هو محدد في الفترة 2.2.VI لتحميل الشبكة.



الشكل VI.13 – تفاصيل اختبار الحالة 17



الشكل VI.14 – تفاصيل اختبار الحالة 17

التذييل VII

حدود الجنوح في حالة النشر 1

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.VII الحدود للواجهة 2 048 kbit/s

تم حساب الجدول 1 استناداً إلى الاعتبارات التالية، طبقاً للملحق A من التوصية [ITU-T G.823].

ويمكن تقسيم ميزانية الجنوح إلى ثلاثة مكونات رئيسية:

- الجنوح اليومي
- تقابل لاتزامني للمعدل 2 048 kbit/s؛
- الجنوح الناجم عن ضوضاء الميقاتية وفتراتها الانتقالية.

الجنوح اليومي

ليس من سبب لتغييره، واتساعه صغير: 1 µs.

تقابل لاتزامني للمعدل 2 048 kbit/s

استُعمل قانون جذر متوسط التربيع (RMS) لحساب تراكم 2UI لكل جزيرة، وستراكم ثلاث جزر ما مقداره √3 * 2UI، أي 1,7 µs بدلاً من 2 µs في نموذج الشبكة الأصلي.

الجنوح الناجم عن ضوضاء الميقاتية وفتراتها الانتقالية

طبقاً للبند 5.1.I في التوصية [ITU-T G.823]، قد تختلف عملية التراكم تبعاً لمقدار تخالف الترددات مما قد يُسفر عن آثار مرتبطة أو غير مرتبطة. وقد اتُّفق على تسميتها تراكم الضوضاء جذر متوسط التربيع (RMS). وهذا يعني أن كلاً من الجزر الأربع مسؤول عن نصف ميزانية الجنوح، كما هو محدد في هذه التوصية. أما في نموذج الشبكة الجديد، فتكون جزر التراتب SDH الثلاث مسؤولة عن √3 لميزانية جزيرة SDH واحدة وفقاً لقانون تراكم جذر متوسط التربيع.

ويبلغ المقدار الكلي للجنوح الذي تخصصه التوصية [ITU-T G.823] مقدار 15 µs، فيما أبلغت عمليات المحاكاة عن 12,6 µs.

ويختلف قانون التراكم بين التراتب SDH والخدمة CES عما هو بين جزر SDH.

وتكون الضوضاء المولّدة في الجزيرة SDH نتيجة لأحداث مؤشر الحاوية التقديرية للسوية 12 (VC-12) القليلة الحدوث، على الأقل من أجل تخالف ترددات في المدى من 10^{-9} إلى 10^{-10}، كما جاء في البند 5.1.I في التوصية [ITU-T G.823]؛ ويؤدي ذلك إلى احتمال منخفض جداً بحدوث مؤشرات في نفس الوقت في عدة جزر.

أما بالنسبة للضوضاء في جزيرة الخدمة CES، فهي تبدو مختلفة جداً عن تلك المرصودة في جزر التراتب SDH، ومردّها تغاير تأخر الرزم (PDV).

ونظراً لأنه لم يتبين ما إذا كان يمكن تطبيق قانون تراكم جذر متوسط التربيع (RMS) بين جزر الخدمة CES والتراتب SDH، يُقترح أن يُفترض بأن النموذج الجديد لديه قانون تراكم RMS من أجل جزر التراتب SDH الثلاث وتراكم خطي من أجل الخدمة CES.

وعلى هذا تكون ميزانية الجنوح التي يمكن توزيعها لخدمة CES:

18 – (1 (جنوح يومي) + √3 * 2UI (تقابل 3 VC-12) + 12,6/2 * √3 جزر SDH) = 4,3 µs

ومن ثم يتم تخصيص جنوح قدره 4,3 µs إلى خدمة CES لفترة 24 ساعة، ويُخفض النموذج المعياري للجنوح بعامل 18/4,3 (0,24) بالنسبة إلى حالات الاستقرار الأخرى المستقاة من الجدول 2 في التوصية [ITU-T G.823].

2.VII الحدود للسطح البيني 544 1 kbit/s

يرد وصف النموذج المرجع للجنوح وميزانيته بالنسبة إلى 544 1 kbit/s في التوصية [ITU-T G.824]، وهو يتألف من ثماني جزر التراتب SDH. وتتضمن مكونات ميزانية الجنوح تزامن البدالة، وتقابل DS1 مع DS3، وDS1 مع VC-11، والجنوح اليومي (تأثيرات درجة الحرارة على الليف)، وتزامن الضوضاء المكافئة (NE) والجنوح الناجم عن مؤشرات عشوائية. وتسمح الميزانية الإجمالية التي تبلغ 18 µs (خلال 24 ساعة) بجنوح قدره 14,3 µs بين البدالات (راجع الشكل 1.A في التوصية [ITU-T G.824]) وقد تم تقسيمه فرعياً لمراعاة استبدال جزيرة التراتب SDH بجزيرة الخدمة CES. ويفترض الإجراء المتبع أن تراكم جنوح التقابل وضوضاء التزامن والجنوح الناجم عن المؤشرات يستند إلى عملية جمع قيم جذر متوسط التربيع (RMS). وبناءً على جمع قيم RMS، يصبح الجزء من 18 µs المتيسر (أي 12,7، انظر الجدول 1.VII) لكل من الجزر الثماني 4,5 µs الآن (12,7/الجذر التربيعي (8)).

الجدول 1.VII – توزيع مكون ميزانية الجنوح 544 1 kbit/s

مكون الميزانية	التوزيع	القسم المتيسر للقسمة الفرعية
تزامن البدالة	3,7	
تقابل E11-E31	0,3	
تقابل E11 إلى VC-11	2,6	2,6
جنوح يومي (درجة الحرارة)	1,3	
تزامن ضوضاء/مؤشرات مكافئ الضوضاء	10,1	10,1
الإجمالي	18,0	12,7

ويرد في الجدول 2 الجنوح الناتج لكل جزيرة من حيث الخطأ الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE) عبر كل أوقات الرصد حتى 24 ساعة. ويستند هذا الجدول إلى خفض منتظم لمواصفة واجهة في الجدول 2 في التوصية [ITU-T G.824]. ويلاحظ أن هذا الجدول يراعي أيضاً متطلبات ارتعاش التقابل لجزيرة VC-11 واحدة، 0,7 UIpp حسبما هو محدد في التوصية [b-ITU-T G.783] (انظر الجدول 15-3 في التوصية [b-ITU-T G.783]).

وقد استندت دراسات تراكم الجنوح التي أجريت لاستخراج مكونات جنوح التراتب SDH إلى عمليات محاكاة مكثفة للتحقق من إمكانية استيفاء شرط 18 ميكرو ثانية عبر نموذج تراتب SDH المرجعي. وقد يحتاج الأمر إلى إجراء عملية محاكاة في المستقبل عند تحديد نماذج وتقابلات شبكة الخدمة CES بمزيد من التفصيل. وقد تُنقح هذه الأرقام استناداً إلى نتائج هذا العمل.

التذييل VIII

عملية إرسال رسائل حالة التزامن في الطبقة المادية للإثرنت المتزامنة

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يرد تعريض تفاصيل رسالة حالة التزامن (SSM) للإثرنت المتزامنة في التوصية [ITU-T G.8264].

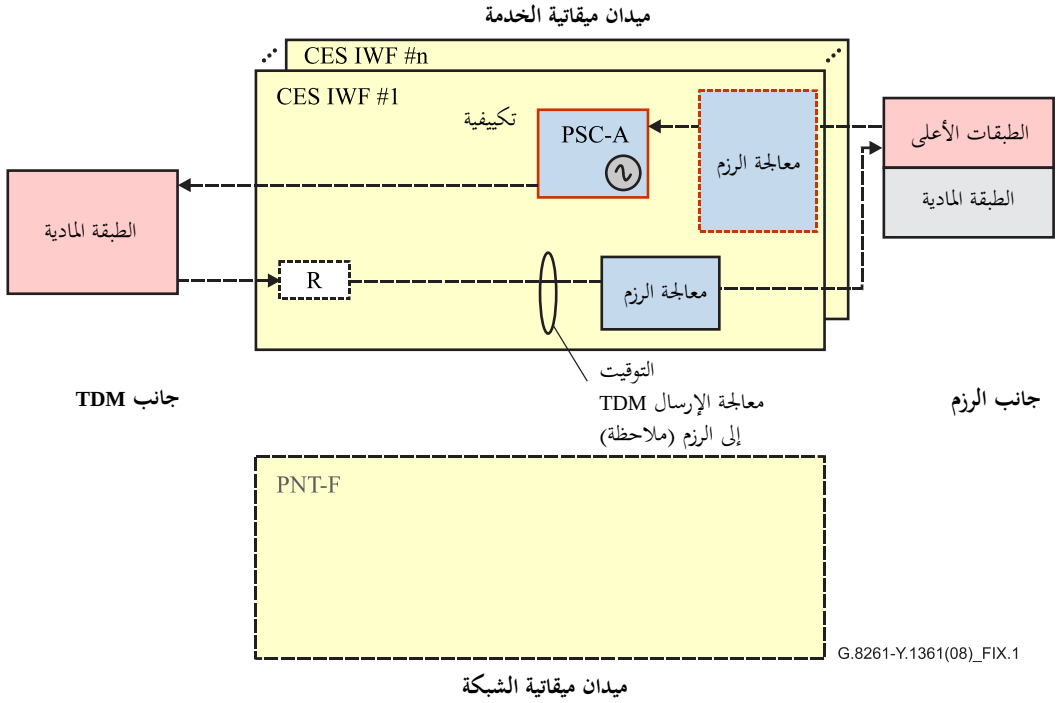
التذييل IX

أمثلة وظيفة التشغيل البيني (IWF)

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

تقدم فيما يلي أمثلة على تطبيقات وظيفة IWF النموذجية.

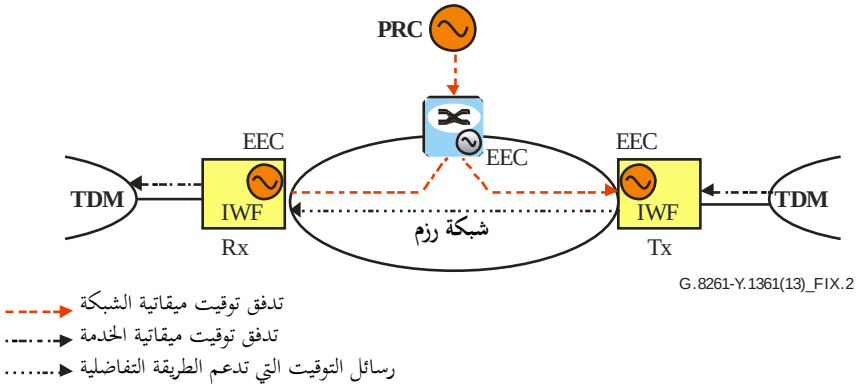
ويبين الشكل 1.IX الحالة عند تناول توقيت ميقاتية الخدمة بطريقة التكييف ولا تنفذ أي وظيفة لتوقيت شبكة الرزم (PNT) (أي لا نفاذ إلى ميقاتية الشبكة).



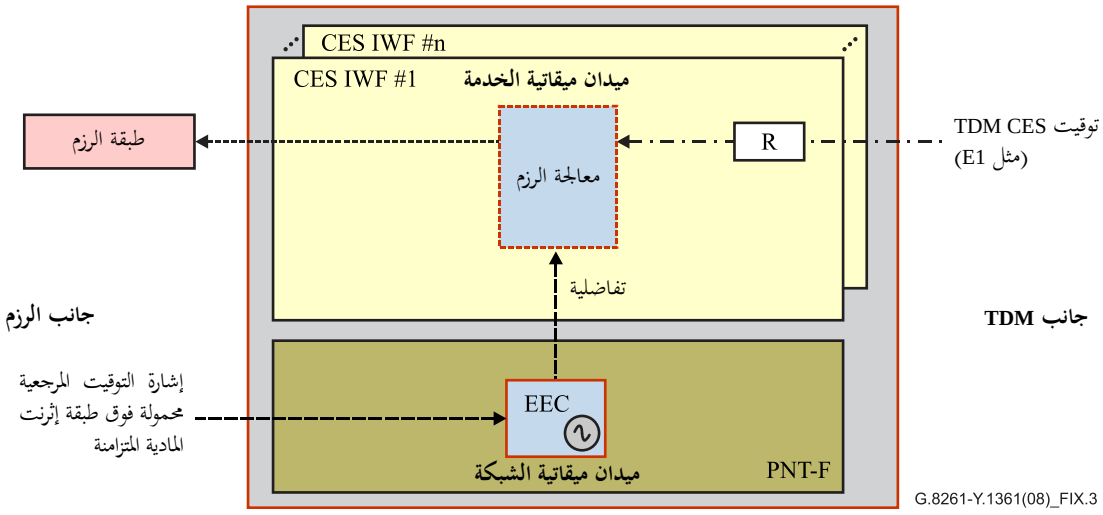
ملاحظة – يدفع هذا التوقيت الرزم الخارجة ويشكل الأساس لتوليد رسائل التوقيت للطرائق التكييفية.

الشكل 1.XI – الطريقة التفاضلية في وظيفة IWF في الخدمة CES:
ليس من وظائف لتوقيت شبكة الرزم (PNT)

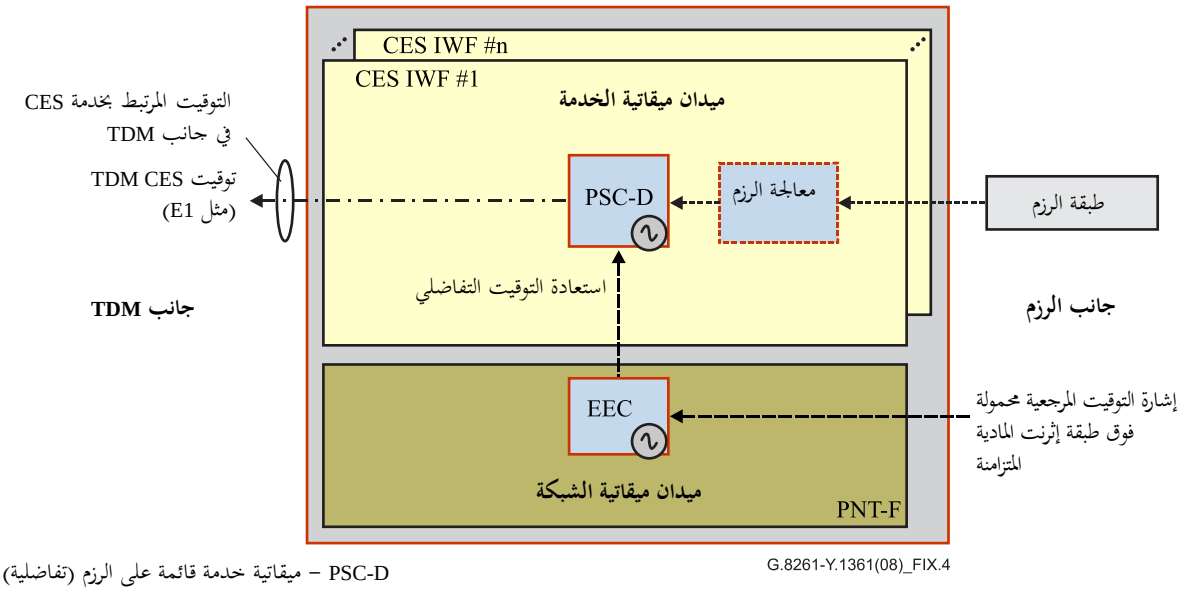
تقدم الأشكال التالية مثالاً على ميادين الخدمة والشبكة في حالة استعادة ميقاتية تعدد الإرسال TDM وفقاً للطريقة التفاضلية حيث يتم توزيع المرجع المشترك عبر إثرنت متزامنة.



الشكل 2.IX – مثال لطريقة تفاضلية باستخدام مرجع مشترك موزع فوق إثرنت متزامنة



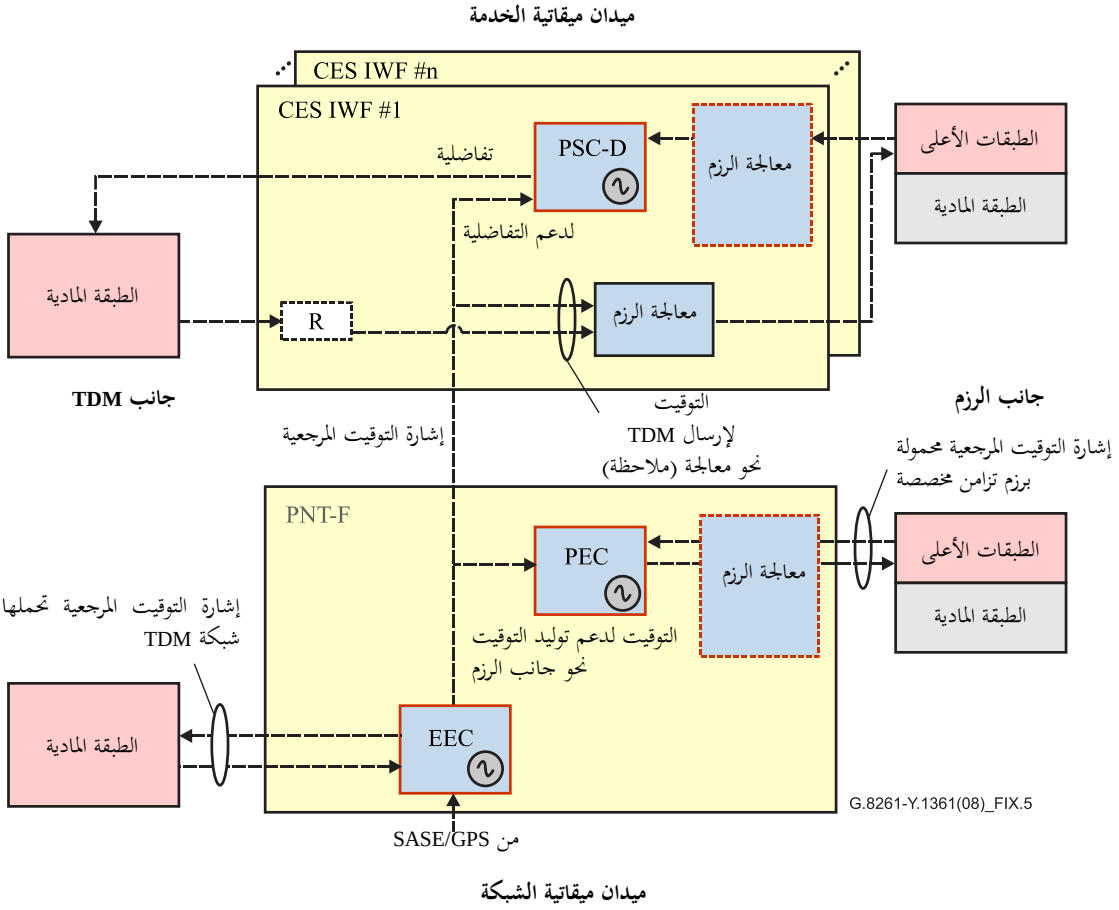
الشكل 3.IX – ميدان ميقاتيات الخدمة والشبكة في وظيفة IWF عند طرف الإرسال (Tx)



PSC-D – ميقاتية خدمة قائمة على الرزم (تفاضلية)

الشكل 4.IX – ميدان ميقاتيات الخدمة والشبكة في وظيفة IWF عند طرف الاستقبال (Rx)

يبين المثال التالي توقيت الشبكة الذي تحمله شبكة تعدد الإرسال TDM. ثم يستخدم هذا التوقيت لدعم العملية التفاضلية في وظيفة IWF في الخدمة CES، وكذلك لمزامنة ميقاتية التجهيزات القائمة على الرزم (PEC) من أجل توليد أختام الوقت لتسليمها عبر شبكة الرزم.



n عدد مستعملي CES الذين تنهيهم الوظيفة CES IWF

ملاحظة – يدفع هذا التوقيت توليد الرزم الخارجة ويشكل الأساس لتوليد رسائل التوقيت للطرائق التفاضلية. ويمكن أن تكون إشارة التوقيت المرجعية التي تولدها PNT-F والإشارة التي تدعم الطريقة التفاضلية مدفوعتين بواسطة ميقاتية مختلفة عن EEC (مثل SEC).

الشكل 5.IX – الطريقة التفاضلية في وظيفة IWF في الخدمة CES:
ميقاتية تجهيزات إثرنت متزامنة (EEC) وميقاتية تجهيزات قائمة على الرزم (PEC) في توقيت شبكة الرزم (PNT)

التذييل X

اعتبارات بشأن قياس الإثرنت المتزامنة وفقاً لمنهجيات ITU-T مقارنة بقياسات الارتعاش بحسب IEEE

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

تختلف مواصفات ومنهجيات اختبار الارتعاش على الإثرنت عن تلك الخاصة بالتراتب الرقمي المتزامن (SDH) نظراً لاستخدام طرائق توقيت مختلفة. ففي النظم المتزامنة مثل التراتب SDH، تتم مزامنة مكونات النظام إزاء ميقاتية مشتركة. أما في الأنظمة اللامتزامنة مثل إثرنت، فيتوفر توقيت المكونات إما بواسطة ميقاتيات موزعة أو إشارات ميقاتيات مستعادة من البيانات. وفي هذه الحالة، فإن الارتعاش الناتج عن المكونات يجب أن يكون محدوداً، ولكن الارتعاش المنقول من مكونة إلى أخرى أقل أهمية من النظم المتزامنة حيث يمكن أن يزداد الارتعاش من مكونة إلى أخرى.

وفي أنظمة التراتب SDH، ثمة ثلاثة قياسات ذات الصلة في تشكيلات اختبار مختلفة تحدد أداء الارتعاش: توليد الارتعاش المحدد بالنطاق، ومدى التسامح بدخل الارتعاش الجيبي، ونقل الارتعاش.

وتستخدم الإثرنت النهج الذي مفاده أن هناك أساساً آليتين تتسببان في الارتعاش، وهما الارتعاش القطعي والارتعاش العشوائي. ويتم تحديد متطلبات منفصلة للمرسلات والمستقبلات.

الجدول X.1 – مقارنة بين قياسات الارتعاش بحسب ITU-T وIEEE

	SDH	إثرنت
معيار الشبكة معيار تجهيزات الاختبار	[b-ITU-T G.783]، [ITU-T G.825] [ITU-T O.172]	[IEEE 802.3]
تطبيقات الارتعاش	توليد الارتعاش مدى التسامح بدخل الارتعاش نقل الارتعاش	(الملاحظة 1) (الملاحظة 2) –

الملاحظة 1 – هناك ثلاث منهجيات ممكنة لقياس خرج الارتعاش:

1) قياس ميدان الزمن باستخدام مذبذب لتوصيف عين البيانات.
2) قياس ميدان الزمن باستخدام ماسح BERT بتحريك نقطة معاينة البيانات ضمن عين البيانات.
3) تحليل الفاصل الزمني على أساس قياس دقيق للفاصل الزمني بين معابر العتبات في الشكل الموجي لجهاز الإرسال.

الملاحظة 2 – يجري اختبار حساسية مستقبِل مجهد (SRS) على المستقبلات. والغرض من الاختبار هو التحقق من أن جهاز استقبال يمكن أن يعمل بمعدل BER أفضل من 10^{-12} عند تلقي إشارة أسوأ حالة مسموح بها. وهذا الاختبار مشابه لمدى التسامح بالارتعاش. ويسمى اختبار SRS أيضاً "اختبار العين المجهدة" أو "اختبار تسامح المستقبِل". ويتكون اختبار SRS من جزأين: قناع عين مع توليفات من الأعطال وقالب ارتعاش جيبي يستخدم لقياس الخطوات العابرة.

التذييل XI

العلاقة بين المتطلبات الواردة في هذه التوصية وغيرها من التوصيات الرئيسية المتصلة بالتزامن

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

وافق القطاع ITU-T على الأسرة التالية من التوصيات (السلسلة G)، التي تصف عدداً من جوانب وظائف تزامن من أجل تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM):

- ITU-T G.803 – معمارية شبكة النقل القائمة على التراتب الرقمي المتزامن (SDH) – وتصف هذه التوصية الهندسة المعمارية الوظيفية لشبكات النقل، بما في ذلك مبادئ التزامن للشبكات القائمة على التراتب SDH.
- ITU-T G.810 – التعاريف والمصطلحات للتزامن في الشبكات – تقدم هذه التوصية التعاريف والمختصرات المستخدمة في توصيات التوقيت والتزامن.
- ITU-T G.823 – ضبط الارتعاش والجنوح في الشبكات الرقمية القائمة على التراتب بمعدل 2 048 kbit/s – تحدد هذه التوصية حدود الشبكة القصوى للارتعاش والجنوح التي يجب عدم تجاوزها، والحد الأدنى للتسامح في التجهيزات إزاء الارتعاش والجنوح التي يجب أن تتوفر في أي من واجهات النقل أو التزامن ذات الصلة القائمة على تراتب 2 048 kbit/s.
- ITU-T G.824 – ضبط الارتعاش والجنوح في الشبكات الرقمية القائمة على التراتب بمعدل 1 544 kbit/s – تحدد هذه التوصية حدود الشبكة القصوى للارتعاش والجنوح التي يجب عدم تجاوزها في واجهات النقل أو التزامن ذات الصلة، والحد الأدنى للتسامح في التجهيزات إزاء الارتعاش والجنوح التي يجب أن تتوفر في أي من واجهات النقل أو التزامن.
- ITU-T G.825 – ضبط الارتعاش والجنوح في الشبكات الرقمية القائمة على التراتب الرقمي المتزامن (SDH) - تحدد هذه التوصية حدود الشبكة القصوى من الارتعاش والجنوح التي يجب عدم تجاوزها، والحد الأدنى للتسامح في التجهيزات إزاء الارتعاش والجنوح التي يجب أن تتوفر في أي من واجهات النقل أو التزامن ذات الصلة والتي تقوم على التراتب الرقمي المتزامن (SDH).
- ITU-T G.812 – متطلبات التوقيت للميقاتيات التابع المناسبة للاستخدام بمثابة ميقاتيات عُقد في شبكات التزامن – تحدد هذه التوصية المتطلبات الدنيا لأجهزة التوقيت المستخدمة بمثابة ميقاتيات عقدة في شبكات التزامن. وتشمل هذه التوصية مواصفات ثلاثة أنماط من الميقاتيات في متن التوصية وثلاث ميقاتيات أخرى في الملحق A.
- ITU-T G.813 – خصائص التوقيت في الميقاتيات التابع في تجهيزات التراتب SDH (SEC) – تحدد هذه التوصية المتطلبات الدنيا لأجهزة التوقيت، المستخدمة في مزامنة تجهيزات الشبكات، والتي تعمل وفقاً للمبادئ التي يحكمها التراتب الرقمي المتزامن (SDH).
- ITU-T G.781 – وظائف طبقات التزامن – تحدد هذه التوصية الوظائف الذرية التي هي جزء من طبقات التزامن 2، وطبقة توزيع التزامن (SD) وطبقة تزامن الشبكة (NS). كما تحدد بعض الوظائف الذرية، وجزء من طبقة النقل، والتي ترتبط مع التزامن.
- ITU-T G.783 – خصائص الفِدرات الوظيفية في تجهيزات التراتب الرقمي المتزامن (SDH) – تحدد هذه التوصية كلاً من المكوّنات والمنهجية التي يتعين استخدامها من أجل تحديد القدرة الوظيفية للتراتب الرقمي المتزامن لعناصر الشبكة.

ويعكف القطاع ITU-T على النظر في الأسرتين التاليتين من التوصيات (السلسلة G.826x والسلسلة Y.136x)، اللتين تصفان عدداً من جوانب وظائف تزامن التردد لشبكات الرزم:

- ITU-T G.8261/Y.1361 – جوانب التوقيت والتزامن في شبكات الرزم – تحدد هذه التوصية جوانب التزامن في شبكات الرزم. وهي تحدد الحدود القصوى للارتعاش والجنوح في الشبكة التي يجب عدم تجاوزها. وهي تحدد أيضاً القدر الأدنى من التسامح في التجهيزات للارتعاش والجنوح الذي يتعيّن توفيره على حدود شبكات الرزم هذه عند واجهات تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM). وهي توجز أيضاً المتطلبات الدنيا لوظيفة التزامن لعناصر الشبكة.
- ITU-T G.8261.1/Y.1361 – الحدود المطبقة على الأساليب القائمة على الرزم (تزامن التردد) لتغير تأخر الرزم في الشبكة – وتتعلق هذه التوصية بجوانب التزامن في شبكات الرزم. وهي تحدد، على وجه الخصوص، النموذج المرجعي الافتراضي وحدود شبكة تغاير تأخر الرزم (PDV) المعمول بها عندما يتم مزامنة التردد عبر الرزم ويتم استرداده وفقاً للطريقة التكييفية لاستعادة الميقاتية كما هي محددة في التوصيتين [ITU-T G.8261] و[ITU-T G.8260]. وهي تحدد الحد الأدنى للتسامح في المعدات لتغاير تأخير الرزم من حيث القياسات المحددة في التوصية [ITU-T G.8260] عند حدود شبكات الرزم هذه.
- ITU-T G.8262/Y.1362 – خصائص التوقيت للميقاتيات التابع لتجهيزات الإثرنت المتزامنة (EEC) - تحدد هذه التوصية متطلبات أجهزة التوقيت المستخدمة في مزامنة تجهيزات الشبكات التي تستعمل الإثرنت المتزامن.
- ITU-T G.8263/Y.1363 – خصائص التوقيت لميقاتيات المعدات القائمة على الرزم – خصائص التوقيت لميقاتيات التجهيزات القائمة على الرزم — تحدد هذه التوصية المتطلبات من أجل أجهزة التوقيت المستخدمة في مزامنة تجهيزات الشبكات التي تعمل في الوظيفة IWF وعناصر الشبكة الأخرى كما هي محددة في التوصية ITU-T G.8261/Y.1361. وتحدد هذه التوصية المتطلبات للميقاتيات القائمة على الرزم.
- ITU-T G.8264/Y.1364 – توزيع معلومات التوقيت من خلال شبكات الرزم – تحدد هذه التوصية المتطلبات في شبكات إثرنت فيما يتعلق بنقل تردد. وهي تحدد قناة نقل رسالة حالة التزامن (SSM)، أي قناة مراسلة تزامن إثرنت، وسلوك البروتوكول ونسق الرسالة. وتتناول هذه التوصية أيضاً بالتفصيل المعمارية المطلوبة في لغة النمذجة الرسمية.
- ITU-T G.8265/Y.1365 – معمارية ومتطلبات تسليم التردد القائم على الرزم — تصف هذه التوصية معمارية ومتطلبات توزيع التردد القائم على الرزم في شبكات الاتصالات. وتشمل أمثلة توزيع التردد القائم على الرزم بروتوكول زمن الشبكة (NTP) والمعيار [b-IEEE 1588-2008]، الموصوفة فيها بإيجاز. والتفاصيل اللازمة لاستخدام المعيار [b-IEEE 1588-2008] بطريقة متسقة مع المعمارية واردة في توصيات أخرى.
- ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 – مواصفة اتصالات بروتوكول دقة التوقيت من أجل مزامنة الترددات – تتضمن هذه التوصية جانبية بروتوكول دقة الوقت (PTP) التي حددها القطاع ITU-T من أجل توزيع التردد دون دعم التوقيت من الشبكة (أسلوب أحادي الإرسال). وهي تقدم التفاصيل اللازمة لاستعمال المعيار [IEEE 1588-2008] بما يتفق مع المعمارية الوارد وصفها في التوصية [ITU-T G.8265]. وتعرّف هذه الصيغة من التوصية جانبية بروتوكول دقة الوقت (PTP) فيما يتعلق بالأسلوب أحادي الإرسال فقط. وستشمل الصيغ المقبلة لهذه التوصية جانبية منفصلة لحالة مختلطة أحادية الإرسال/متعددة الإرسال.

ويبين الجدول 1.XI العلاقة بين أسرة توصيات تزامن تعدد الإرسال TDM وأسرة توصيات التزامن في الرزم.

الجدول 1.XI – أسرة توصيات تزامن تعدد الإرسال TDM وأسرة توصيات التزامن في الرزم

المتطلبات	شبكة TDM	شبكة قائمة على الرزم
متطلبات المعمارية الوظيفية ومزامنة الشبكات	G.803، G.810 G.823، G.824، G.825	G.8261/Y.1361 G.8261.1/Y.1361 G.8265/Y.1365
مواصفة ميقاتيات المعدات	G.812 (النمط IV) G.813	G.8262/Y.1362 G.8263/Y.1363
وظائف طبقة المزامنة والفدرات الوظيفية وتدفق التوقيت ورسائل حالة التزامن (SSM). بروتوكول توقيت الرزم	G.781، G.783	G.781 ،G.8264/Y.1364 G.8265.1/Y.1365.1

التذييل XII

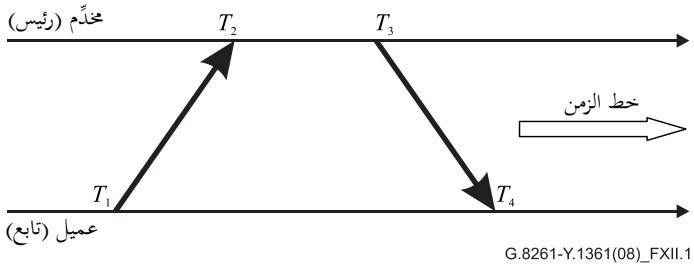
المبادئ الأساسية للتوقيت فوق شبكات الرزم

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.XII نظرة عامة

لنأخذ الحالة التي تستقي فيها ميقاتية تابع (تعرف أيضاً باسم عميل) توقيتها من ميقاتية رئيس (تعرف أيضاً باسم مخدّم). وتوفر تبادلات الرزم بين الرئيس والتابع قياسات بشأن تأخر العبور وتخالف الميقاتية بين الاثنين. وهذا موضح في الشكل 1.XII. ومبادئ التوقيت فوق شبكات الرزم الموصوفة هنا عامة إلى حد بعيد. وهي أمثلة قابلة للتطبيق على كلتا الطريقتين الأحادية الاتجاه والثنائية الاتجاه. ويقرر البروتوكول المحدد ([b-IEEE-1588] أو بروتوكول زمن الشبكة (NTP) مثلاً) التفاصيل (الطريقة والأعراف التي تقوم عليها)، حيث يتم توصيل القياسات ("أختام الوقت") بين الكيانين. وجدير بالملاحظة أن لا ضرورة لأن يكون عدد الرزم المرسلة في الاتجاهين متساوياً، وعلاوة على ذلك قد تكون هنالك رزم إضافية مرسلة تحمل معلومات ولكن تأخير عبورها لا يقاس.

وثمة افتراض أساسي وهو أنه يمكن اعتبار ممرات (مسيرات) الرزم ساكنة عبر فترة من الزمن، حيث لا تحدث التغيرات الأساسية إلا لماماً. فإذا كانت الفترة الزمنية بين التغيرات ذات الدلالة في مسير الإرسال أطول بكثير من فترة تبادل الرزم، عندئذ يمكن معاملة المسير على أنه ثابت بالنسبة إلى مجموعة معينة من القياسات. أي أن المسير الذي تتبعه الرزم لا يتغير طوال فترة القياس.



الشكل 1.XII – مفهوم أختام الوقت في تبادل الرزم بين مخدم وعميل

هنالك أربعة أختام وقت مقترنة مع رزم يخضع زمن عبورها للقياس، وهي محددة كما يلي:

T_1: ختام وقت يمثل أفضل تقدير لفترة نشوء الإرسال لرزمة أو رتل ينشأ في ميقاتية تابع.

T_2: ختام وقت يمثل أفضل تقدير لفترة انتهاء الاستقبال لرزمة أو رتل ينتهي في ميقاتية رئيس.

T_3: ختام وقت يمثل أفضل تقدير لفترة نشوء الإرسال لرزمة أو رتل ينشأ في ميقاتية رئيس.

T_4: ختام وقت يمثل أفضل تقدير لفترة انتهاء الاستقبال لرزمة أو رتل ينتهي في ميقاتية تابع.

ويمكن التعبير عن تمثيل كامل لقيمة ختام الوقت النوعي على النحو التالي:

$$T_{TS}(n) = T(n) + e_{TS}(n) + e_{CLK}(n) \quad \text{(1-XII)}$$

تعبّر المعادلة 1-XII عن أن ختام الوقت (قيمة عددية) المقترن برزمة ما، T_{TS}، متصل بفترة الزمن الحقيقية لتلك الرزمة ($T(n)$) مع حدّيْ خطأ. أولاً، هنالك المساهمة المباشرة لخطأ الميقاتية المحلية، e_{CLK}. وثانياً، هنالك عدم الدقة في عملية ختم الوقت، e_{TS}، مما قد يحجب سلوك الميقاتية. ويدرَج الدليل "n" لتعريف هوية الرزمة بوصفها عضواً في قافلة من الرزم.

وبالنسبة إلى الشكل 1.XII، يمكن تحديد قياسات تدفق التوقيت الهامة التالية بناءً على أختام الوقت. وتنطبق هذه القياسات في كل من عمليات النقل أحادية الاتجاه وثنائية الاتجاه على السواء.

أولاً، لنأخذ حالة عملية نقل (تردد) أحادية الاتجاه.

والنقل باتجاه واحد هو عملية لا متناظرة لا تتطلب سوى رزمة أو تدفق PDU ينشأ في اتجاه واحد. مثال ذلك، تدفق توقيت ينشأ في الميقاتية الرئيس وينتهي في الميقاتية التابع. ومن أصل أختام الوقت الأربعة الموصوفة في الشكل 1.XII، هنالك ختمان فقط ينطبقان في هذا الأسلوب. وعندما تنشئ الميقاتية الرئيس تدفق خاتم الوقت، فإن العرف يملي بأن يصف زوج أختام الوقت (T_3, T_4) هذه العملية. ويمثل خاتم وقت المنشأ T_3 منظور الميقاتية الرئيس للوقت (مقياس زمن الميقاتية الرئيس)، بينما يمثل خاتم وقت الانتهاء T_4 مقياس زمن الميقاتية التابع.

ويمكن حساب تخالف القياس، δ_{MS}، كما يلي (يشير الذيل "*MS*" إلى الاتجاه من الرئيس إلى التابع؛ والذيل "*SM*" إلى الاتجاه من التابع إلى الرئيس):

$$\delta_{MS}(n) = T_4(n) - T_3(n) \quad \text{(2a-XII)}$$

حيث:

$$T_4(n) = T(n) + \Delta_{MS}(n) + e_{S-TS}(n) + e_{S-CLK}(n) \quad \text{(2b-XII)}$$

حيث $\Delta_{MS}(n)$ هو تأخر الشبكة الذي تخضع له الرزمة (التي ترتيبها n) المرسلة من الرئيس إلى التابع:

و

$$T_3(n) = T(n) + e_{M-TS}(n) + e_{M-CLK}(n) \quad \text{(2c-XII)}$$

وعليه،

$$\delta_{MS}(n) = e_{S-CLK}(n) - e_{M-CLK}(n) + \Delta_{MS}(n) + e_{S-TS}(n) - e_{M-TS}(n) \quad \text{(2d-XII)}$$

ويلاحظ أن نقل الرزمة وحيد الاتجاه بين ميقاتية العميل وميقاتية المخدم ممكن أيضاً، ويمكن تحديد تخالف قياس مكافئ في هذه الحالة. ويمكن، على هذا المنوال، حساب تخالف القياس، δ_{SM}، من أجل الاتجاه من التابع إلى الرئيس كما يلي:

$$\delta_{SM}(n) = T_2(n) - T_1(n) \quad \text{(2e-XII)}$$

وعندئذ تتبع المعادلة (2f-XII) المعادلة (2d-XII)، على أن ينعكس دور الرئيس والتابع. ويكون $\Delta_{SM}(n)$ تأخر الشبكة الذي تخضع له الرزمة (التي ترتيبها n) المرسلة من العميل إلى المخدم.

$$\delta_{SM}(n) = e_{M-CLK}(n) - e_{S-CLK}(n) + \Delta_{SM}(n) + e_{M-TS}(n) - e_{S-TS}(n) \quad \text{(2f-XII)}$$

وأهم خصائص تخالف القياس هي:

1) ينحاز تخالف القياس بحكم تأخر الرزمة وحيد الاتجاه (Δ). ولا يمكن تقدير تأخر الرزمة بقياس وحيد الاتجاه إذا كان تخالف ميقاتية العميل مجهولاً. وكل من القيمتين δ_{MS} وδ_{SM} تقدير لتأخر وحيد الاتجاه وتعوزهما الدقة بسبب أخطاء الميقاتية وختم الوقت.

2) من الممكن، باختيار معاملات الرزم وحيدة الاتجاه ذات خصائص تأخر جيدة (مستقرة)، التقليل من محذور انحياز تأخر الرزم.

3) يمكن تخفيض الانحياز المتبقي إما بتقدير التأخر وحيد الاتجاه بأسلوب آخر (من قبيل استخدام أختام الوقت المرتبطة بالاتجاه المعاكس) أو إهماله في حالة تقدير التردد، إذ إن تخالف التردد ما هو إلا معدل تغير تخالف الطور، وهو صفر بالنسبة لخطأ انحياز طور ثابت.

4) لا يمكن إزالة أخطاء ختم الوقت لدى المخدم والعميل ويجب الحد منها على نحو ملائم من أجل تشغيل مقبول.

وتخالف القياس في نقل رزمة وحيد الاتجاه مماثل لقياسات خطأ الطور في التزامن وحيد الاتجاه في الطبقة المادية الحالية. وعليه فهو قادر على دعم نقل التردد ولكن ليس نقل الوقت على وجه الدقة.

وعلى نقيض العملية وحيدة الاتجاه، فإن عملية ختم الوقت ثنائية الاتجاه تعني ضمناً تدفق رزم التوقيت في الاتجاهين. أي تُستخدم جميع أختام الوقت الأربعة الموصوفة في الشكل 1.XII. وفي معاملة لختم وقت الرزم ثنائية الاتجاه، يُستهل تدفق خاتم الوقت من عنصر واحد (عموماً العميل في بروتوكول زمن الشبكة (NTP) والمخدم في بروتوكول دقة الوقت (PTP).

ويعتبر الاتجاه المبادر هو الاتجاه إلى الأمام، في حين تعتبر معاملة العودة الاتجاه المعاكس. ومع ذلك، وبما أن كل اتجاه يمكن اعتباره معاملة في اتجاه واحد، فإن المعاملة في اتجاهين يمكن وصفها على النحو التالي:

$$\delta_{SM}(n) = e_{M-CLK}(n) - e_{S-CLK}(n) + \Delta_{SM}(n) + e_{M-TS}(n) - e_{S-TS}(n) \quad \text{(3a-XII)}$$

$$\delta_{MS}(n) = e_{S-CLK}(n) - e_{M-CLK}(n) + \Delta_{MS}(n) + e_{S-TS}(n) - e_{M-TS}(n) \quad \text{(3b-XII)}$$

ويمكن تقدير معلمتين رئيسيتين من تبادل في الاتجاهين، وذلك من δ_{SM} وδ_{MS} ومن باب التبسيط، نفترض الآن أن أخطاء ختم الوقت تكاد لا تذكر. ويطلق على الأولى المعلمة الرئيسية *offset* (تخالف):

$$offset(n) = \frac{\delta_{MS}(n) - \delta_{SM}(n)}{2} = e_{S-CLK}(n) - e_{M-CLK}(n) + \frac{[\Delta_{MS}(n) - \Delta_{SM}(n)]}{2} \quad \text{(4-XII)}$$

حيث يمثل التخالف تقديراً لتصحيح الميقاتية مطلوب لمواءمة وقت العميل مع وقت المخدم.

والمعلمة الثانية هي تأخير ذهاباً وإياباً (*rtd*) الذي يمثل تقديراً لمجموع التأخير في المسير ذهاباً وإياباً:

$$rtd(n) = \delta_{MS}(n) + \delta_{SM}(n) = \Delta_{MS}(n) + \Delta_{SM}(n) \quad \text{(5-XII)}$$

ومن الواضح، للحصول على تقدير تخالف غير منحاز، يجب أن تكون تأخيرات المسير إلى الأمام وبالعكس إما معروفة أو يفترض أن تكون متناظرة. وجدير بالملاحظة أن تقديراً غير متحيز للتأخير ذهاباً وإياباً يتوقف على كون أخطاء الميقاتية متماثلة لكلا الاتجاهين. وبطبيعة الحال، إذا كان الوقت بين تبادلين من تبادلات الرزمة منخفضاً، عندئذ يمكن الافتراض بأن أخطاء الميقاتيات مشتركة لكلتا المعاملتين.

ويمكن أن يعزى الخطأ في (تقدير) ميقاتية العميل، ε، إلى الأسباب التالية:

1) تأخير عبور في الاتجاهين غير متساوٍ. يؤثر الفرق تأثيراً مباشراً على تقدير الخطأ في ميقاتية العميل. ويعطى الخطأ، Δε، بالعلاقة:

$$\Delta\varepsilon = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\Delta_{MS} - \Delta_{SM}\right) \quad \text{(6-XII)}$$

2) قد لا يكون في الإمكان إجراء قياسات خاتم الوقت على وجه الدقة. أي بينما تكون T_1 هي وقت المغادرة الفعلي للرزمة من المخدم، قد تكون القيمة المستخدمة في الحساب تقديراً لوقت المغادرة. وكذلك، من المقصود أن تكون T_2 وقت الوصول الفعلي؛ وقد تكون القيمة المستخدمة تقديراً. ولكي تكون قيم خاتم الوقت دقيقة، لا بد من الحصول عليها بوسائل قريبة من الطبقة المادية (PHY) قدر الإمكان، ومن ثم فإن وقت المغادرة (أو وقت الوصول) لن يتعرض لأي تأخير (متغاير) يعزى إلى هذه الكيانات، مثل نظام التشغيل ومناولة التوقف. وسيظل هناك بعض الأخطاء المتبقية المرتبطة باستبانة خاتم الوقت وتغاير التأخير في الطبقة المادية بالذات. ويمكن معالجة استبانة خاتم الوقت بالتصميم المناسب. ويتعين إما تقييد ضوضاء الطبقة PHY أو ترشيحها تبعاً لعملية النقل.

3) تأخر عبور كل من Δ_{MS} وΔ_{SM} ليس ثابتاً ويتغير من رزمة إلى أخرى بسبب تغاير تأخر الرزمة (PDV) المرتبط بكل من آثار صف الانتظار ذات الصلة وآثار النقل المادي في الشبكة.

2.XII تخفيف تغاير تأخر الرزم بانتقائها

ثمة مفهوم هام هو أن مرشاح ميقاتية أو مضاعف ميقاتية يعمل على قياس المعلمات المحددة أعلاه قد يختار أو يرجح معاملة ما لتحسين استقرار الميقاتية بشكل عام. أي من الممكن، من خلال تصنيف مناسب واختيار الرزم، تخفيف التأثير الضار لتغاير تأخير الرزمة.

وينطوي الافتراض بأن المسير ثابت طوال فترة المراقبة على حالة يكون فيها لتغاير تأخير الرزم دالة توزيع تتغير عتبتها الدنيا ببطء. وهذه العتبة هي الحد الأدنى للتأخير الذي يمكن أن تعاني منه رزمة (أو وحدة بيانات بروتوكول أخرى مثل رتل في الطبقة 2) في مسير معين. ويمكن اعتبار العتبة الدنيا بمثابة الشرط الذي يكون فيه صف الانتظار في كل من الخرج والنظام (في جميع التجهيزات الضالعة في التدفق، بما في ذلك المصدر والمقصد والعناصر الوسيطة) "فارغاً" عندما تحتاج الرزمة المعينة إلى المورد، ومن ثم لا تؤخر إرسال الرزمة. وعندئذ يرتبط تغاير تأخير الرزمة المتبقي مع آليات الارتعاش والجنوح في الطبقة المادية. وقد لوحظ في ظروف التحميل العادية غير المزدحمة، في كثير من الحالات، أن نسبة معقولة من العدد الإجمالي للرزم تجتاز الشبكة عند العتبة الدنيا أو بالقرب منها، على الرغم من أن البعض الآخر قد يواجه تأخيرات أطول بكثير. وقد بُحث هذا النمط من السلوك في هذه التوصية (انظر التذييل I). وفي هذه الحالات، يظهر توزيع تغاير تأخر الرزم (PDV) درجة عالية من الالتواء عندما تكون حمولة الشبكة خفيفة. أي أن كثافة الاحتمال يمكن أن تكون أكثر تركيزاً بالقرب من هذه العتبة، مع جزء كبير نسبياً من إجمالي الرزم تعاني من هذا "الحد الأدنى" (أو "شبه الحد الأدنى") من التأخير. وهذه الظواهر هي قيد الدراسة. ومن شأن مضاعفة ميقاتية أو مرشاح مصمم بشكل صحيح أن يستفيد من أي التواء للتخفيف من آثار عدم الاستقرار على الذيل الطويل لتوزيع PDV.

ومن حيث المبدأ، تكون ضوضاء النقل القائم على العتبة محدودة جراء عدد من العوامل مثل:

1) تأخر الانتشار "بسرعة الضوء" في الطبقة المادية؛
2) استبانة خاتم الوقت؛
3) مناقلة التأخيرات على طبقة نقل مادية لا تقوم على شبكة إثرنت (الإثرنت فوق خط المشترك الرقمي (xDSL)، الشبكة البصرية المنفعلة (PON)، وما إلى ذلك)؛
4) آليات صغيرة أخرى لتغاير التأخير، مثل الارتعاش في ميقاتية طبقة مادية والارتعاش في ميدان ميقاتية مستوي خلفي؛
5) الميل في تخالف الميقاتية المحلية أثناء تقييم العتبة الدنيا.

3.XII مقارنة الطريقة القائمة على الرزم وطريقة الطبقة المادية المتزامنة

هناك العديد من الاختلافات بين الطرائق القائمة على الرزم (مثل [b-IEEE 1588]، بروتوكول زمن الشبكة (NTP) وطرائق الطبقة المادية (PHY) المتزامنة مثل إثرنت المتزامنة. وتناقش بعض هذه الاختلافات أدناه.

1) طرائق الطبقة المادية المتزامنة هي عموماً طرائق في اتجاه واحد وهي مناسبة لمواءمة التردد. ويمكن تشغيل الطرائق القائمة على الرزم في أسلوب وحيد الاتجاه لتحقيق مواءمة التردد ومواءمة الوقت التقريبية. ويمكن للعملية القائمة على الرزم في أسلوب اتجاهين أن يحقق مواءمة الوقت ومواءمة التردد على السواء.
2) بما أن معلومات التوقيت في طرائق PHY المتزامنة محتواة في إشارة الشفرة الخطية المادية، فإن المعلومات لا تتوقف على تحميل الحركة. بل على العكس، تتأثر الطرائق القائمة على الرزم بأنماط الحركة، خاصة إذا لم تنفذ مخططات أولويات جودة الخدمة.
3) طرائق PHY المتزامنة هي من نقطة إلى نقطة. ويجب أن تكون كل عقدة وسيطة بين PRC وميقاتية العميل قيد النظر جزءاً من نظام توزيع التوقيت لكي لا تنقطع سلاسل التوقيت. ويمكن للطرائق القائمة على الرزم أن تجتاز العقد غير الضالعة في توزيع التوقيت.
4) يعبّر عن تسامح الدخل في ميقاتية طبقة PHY متزامنة من حيث "ضوضاء الميقاتية" في الإشارة المرجعية ويتحدد كمياً باستخدام قياسات انحياز الزمن (TDEV) والخطأ الأقصى في الفاصل الزمني (MTIE). وأعطال الشبكة التي تؤثر في أداء ميقاتية قائم على الرزم هي فقدان الرزم وتغاير تأخر الرزم (PDV) وكلاهما من الطبقة المادية ومصادر التأخير في صف الانتظار. ويجري وضع القياسات المناسبة لقياس كمية تغاير تأخير الرزم من منظور استعادة الميقاتية. وهي تشمل الانحياز TDEV والانحياز الأدنى minTDEV. وليس الخطأ MTIE مفيداً لقياس كمية تغاير تأخر الرزم من منظور استعادة الميقاتية لأن جميع الرزم قد لا تستعمل بالضرورة في خوارزميات الاستعادة.

4.XII المعايير القائمة

المعايير المنشورة للتزامن عبر شبكات الرزم هي بروتوكول زمن الشبكة (NTP) ([b-IETF RFC 5905]، التي تحل محل [b-IETF RFC 1305] (NTP v3) و[b-IETF RFC 4330] (SNTP))، وكذلك بروتوكول دقة الوقت (PTP) [b-IEEE 1588].

وNTP وPTP هما بروتوكولان عموميان لشبكات الرزم ولا يعالجان مباشرة متطلبات الاتصالات. ويجري وضع الجانبيات المناسبة التي توفر المبادئ التوجيهية للنشر في تطبيقات الاتصالات.

وتستخدم التوصية [ITU-T Y.1731] أختام الوقت لإرساء بعض معايير الأداء في شبكات الإثرنت. ومن المفيد أن نرى أن التوصية [ITU-T Y.1731] تستخدم بالضبط 4 أختام للوقت كما هو موضح هنا، وتنقلها في أرتال العمليات والإدارة والصيانة (OAM) بين طرفي الوصلة.

التذييل XIII

تقييم توليد تغاير تأخر الرزم في عقدة شبكة

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.XIII مقدمة

يقدم هذا التذييل الإرشاد بشأن تقييم توليد تغاير تأخر الرزم (PDV) في عقد الشبكة عند استخدام الطرائق القائمة على الرزم دون دعم التوقيت، أو بدعم جزئي للتوقيت من الشبكة. ونمط الاختبار الموضح في هذا التذييل ينطبق على عقد غافلة عن بروتوكول دقة الوقت (PTP) (أي عقد الشبكة التي لا تدعم ميقاتيات الحدود أو الميقاتيات الشفافة).

وضوضاء التغاير PDV ذات صلة بكل من تزامن التردد وتزامن الطور أو الوقت. واللاتناظر ذو صلة فقط بتزامن الطور أو الوقت، ولكن ليس بتزامن التردد. ولا يتناول هذا التذييل سوى تزامن التردد. ويحتاج التقييم والتحليل المتعلقان بتزامن الطور/الوقت إلى المزيد من الدراسة ويمكن تعريفهما في توصية منفصلة.

2.XIII اعتبارات عامة

الغرض من اختبار تغاير تأخر الرزم (PDV) لعقدة واحدة هو تحديد أثر العقدة على توقيت انتشار رزم التوقيت، وبالتالي أثرها على توزيع التوقيت القائم على الرزم.

وأي ميزة متمكنة في التجهيزات من قبيل مسيّر أو بدالة قد يكون له أثر على التغاير PDV. لذا يقترح تجربة عدد من التشكيلات التي تمثل خطط النشر.

مثال ذلك، إذا كان من المخطط استخدام التجهيزات بمثابة مسيّر، فإن مختلف تدفقات الرزم يتعين تسييرها في التجهيزات أثناء الاختبارات. وإذا كان من المخطط استخدام التجهيزات بمثابة بدالة، عندئذ يتعين تبديل مختلف تدفقات الرزم أثناء الاختبارات. وقد تنطبق سيناريوهات مختلطة في بعض الحالات (مثال ذلك، بدالة/مسيّر، حيث يمكن تسيير توقيت الرزم وتبديل حركة الخلفية، أو العكس). ومن التشكيلات الممكنة الأخرى: تمكين جودة الخدمة أو لا، والكبسلة المستخدمة (من قبيل تبديل الوسم بعدة بروتوكولات MPLS)، وقائمة العملاء المقبولة.

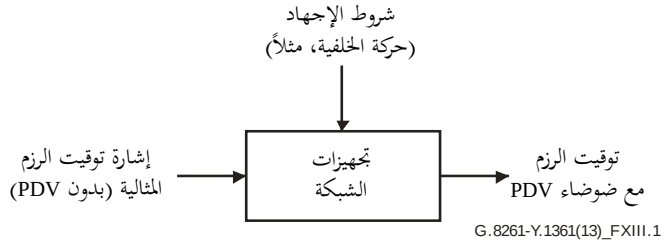
3.XIII التشكيل العام

يصف هذا البند التشكيل العام الذي يتعين استخدامه عند اختبار توليد التغاير PDV من أجل عقدة وحيدة.

1.3.XIII وصف عام لاختبارات توليد تغاير تأخر الرزم (PDV) من أجل عقدة وحيدة

يتألف اختبار توليد التغاير PDV من أجل عقدة وحيدة من قياس التغاير PDV مضافاً إلى إشارة توقيت رزمة (مثل تدفق توقيت [b-IEEE 1588]) عندما تُحمل عبر تجهيزات شبكة واحدة. ويجب أن تكون إشارة توقيت الرزم مثالية عند دخل تجهيزات الشبكة (أي ألا يكون لديها أي PDV قبل الدخول في العقدة)، ويجب أن يقاس التغاير PDV مباشرة عند خرج تجهيزات الشبكة من أجل تحديد PDV التي تولدها العقدة. وتستخدم ظروف الإجهاد أثناء الاختبار، من قبيل تطبيق حركة خلفية على عقدة الشبكة.

ويوضح الشكل 1.XIII اختبار توليد التغاير PDV بوجود عقدة واحدة. ويتناول البند 3.XIII بالتفصيل الاختبارات النوعية التي يمكن تطبيقها.



الشكل 1.XIII – تشكيل عام لاختبارات توليد تغاير تأخر الرزم (PDV) من أجل عقدة وحيدة

الملاحظة 1 – من أجل توليد إشارة توقيت رزمة مثالية عند دخل تجهيزات الشبكة، يمكن توصيل ميقاتية رزمة رئيس (بروتوكول دقة الوقت (PTP) رئيس مثلاً) مباشرة بتجهيزات الشبكة تحت ظروف الإجهاد. ويلاحظ أن ضوضاء التغاير PDV التي تولدها الميقاتية الرئيس يتعين أن تكون منخفضة للغاية من أجل اعتبار أن دخل إشارة توقيت الرزمة خالٍ من الضوضاء (أي مهملة مقارنة بالضوضاء المقيسة).

الملاحظة 2 – يمكن قياس التغاير PDV لإشارة توقيت الرزم (من قبيل تدفق توقيت البروتوكول PTP) عند خرج تجهيزات الشبكة باستخدام مسبار التغاير PDV من أجل تحديد هذا التغاير الذي تولده تجهيزات الشبكة.

الملاحظة 3 – لإعداد اتصال بروتوكول التوقيت (اتصال البروتوكول PTP مثلاً)، يمكن توصيل ميقاتية رزم تابع (بروتوكول PTP تابع مثلاً) بتجهيزات الشبكة بعد مسبار التغاير PDV (يلاحظ مع ذلك، أن الغرض ليس قياس الأداء عند خرج الميقاتية التابع، ولكن فقط التغاير PDV الذي تنتجه التجهيزات).

تحتاج التفاصيل بشأن مختلف التشكيلات الممكنة (من قبيل تدفق توقيت الرزم وتشكيل حركة الخلفية) والاختبارات النوعية إلى المزيد من الدراسة.

بيبليوغرافيا

[b-ITU-T G.701] Recommendation ITU-T G.701 (1993), *Vocabulary of digital transmission and multiplexing, and pulse code modulation (PCM) terms*.

[b-ITU-T G.707] Recommendation ITU-T G.707/Y.1322 (2000), *Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)*.

[b-ITU-T G.783] Recommendation ITU-T G.783 (2004), *Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks*.

[b-ITU-T G.801] Recommendation ITU-T G.801 (1988), *Digital transmission models*.

[b-ITU-T G.810] Recommendation ITU-T G.810 (1996), *Definitions and terminology for synchronization networks*.

[b-ITU-T G.1020] Recommendation ITU-T G.1020 (2006), *Performance parameter definitions for quality of speech and other voiceband applications utilizing IP networks*.

[b-ITU-T I.363.1] Recommendation ITU-T I.363.1 (1996), *B-ISDN ATM Adaptation Layer specification: Type 1 AAL*.

[b-ITU-T T.4] Recommendation ITU-T T.4 (2003), *Standardization of Group 3 facsimile terminals for document transmission*.

[b-ITU-T V.90] Recommendation ITU-T V.90 (1998), *A digital modem and analogue modem pair for use on the Public Switched Telephone Network (PSTN) at data signalling rates of up to 56 000 bit/s downstream and up to 33600 bit/s upstream*.

[b-ITU-T Y.1560] Recommendation ITU-T Y.1560 (2003), *Parameters for TCP connection performance in the presence of middleboxes*.

[b-ETSI TR 101 685] ETSI TR 101 685 (in force), *Transmission and Multiplexing (TM); Timing and synchronization aspects of Asynchronous Transfer Mode (ATM) networks*.
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=7595>

[b-ETSI TS 100 594] ETSI TS 100 594 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Base Station Controller – Base Transceiver Station – (BSC – BTS) interface; Layer 1 Structure of Physical Circuits*.
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=8606>

[b-ETSI TS 125 104] ETSI TS 125 104 (in force), *Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS); Base Station (BS) radio transmission and reception (FDD)*.
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=28301>

[b-ETSI TS 125 105] ETSI TS 125 105 (in force), *Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS); Base Station (BS) radio transmission and reception (TDD)*.
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=28303>

[b-ETSI TS 125 402] ETSI TS 125 402 (in force), *Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS); Synchronization in UTRAN Stage 2*.
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=22972>

[b-ETSI TS 125 431] ETSI TS 125 431 (in force), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); UTRAN Iub interface Layer 1*.
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=24642>

[b-ETSI TS 145 010] ETSI TS 145 010 (in force), *Digital cellular telecommunications systems (Phase 2+), Radio subsystem synchronization*.
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=19334>

[b-IEEE 802.1ah] IEEE 802.1ah-2008, *IEEE Standard for local and metropolitan area network – Virtual Bridged Local Area Networks – Amendment 7: Provider Backbone bridges*.
<http://www.ieee802.org/1/pages/802.1ah.html>

[b-IEEE 802.1p] IEEE 802.1p-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Traffic Class Expediting and Dynamic Multicast Filtering*.

[b-IEEE P802.1Qay] IEEE P802.1Qay-REV-2007, *Draft Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Virtual Bridged Local Area Networks: Amendment Provider Backbone Bridge Traffic Engineering*.
<http://www.ieee802.org/1/pages/802.1ay.html>

[b-IEEE 802.3x] IEEE 802.3x-1997, *IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks: Supplements to Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications – Specification for 802.3 Full Duplex Operation and Physical Layer Specification for 100 Mb/s Operation on Two Pairs of Category 3 or Better Balanced Twisted Pair Cable*.
<http://standards.ieee.org/getieee802/802.3.html>

[b-IEEE 1588] IEEE 1588 STD -2008, *Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*
<http://ieee1588.nist.gov/>

[b-IETF RFC 1305] IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (Version 3) – Specification, Implementation, and Analysis*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt?number=1305>

[b-IETF RFC 4330] IETF RFC 4330 (2006), *Simple Network Time Protocol (SNTP) Version 4 for IPv4, IPv6 and OSI*.

[b-IETF RFC 5905] IETF RFC 5905 (2010), *Network Time Protocol Version 4: Protocol And Algorithms Specification*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc5905.txt?number=59055905>

[b-3GPP2 C.S0010-B] 3GPP2 C.S0010-B (in force), *Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 Spread Spectrum Base Stations*.
<http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/C.S0010-B_v2.0_021704.pdf>

[b-3GPP2 C.S0002-C] 3GPP2 C.S0002-C (2002), *Physical layer standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems*.
<http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/C.S0002-C_v1.0.pdf>

[b-3GPP TR 25.836] 3GPP TR 25.836 (2001), *Node B synchronization for TDD*.
<http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_09/Docs/PDFs/RP-000406.pdf>

[b-MEF 3] MEF 3 (2004), *Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks*.
<http://metroethernetforum.org/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF3.pdf>

توصيات السلسلة Y الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

البنية التحتية العالمية للمعلومات وجوانب بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي

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 القائمة على الرزم	Y.2699-Y.2600
الأمن	Y.2799-Y.2700
التنقلية العامة	Y.2899-Y.2800
البيئة المفتوحة عالية الجودة	Y.2999-Y.2900
شبكات المستقبل	Y.3499-Y.3000
الحوسبة السحابية	Y.3999-Y.3500

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

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
السلسلة D	المبادئ العامة للتعريفة
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	إنشاء الكبلات وغيرها من عناصر المنشآت الخارجية وتركيبها وحمايتها
السلسلة M	إدارة الاتصالات بما في ذلك شبكة إدارة الاتصالات (TMN) وصيانة الشبكات
السلسلة N	الصيانة: الدارات الدولية لإرسال البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية
السلسلة O	مواصفات تجهيزات القياس
السلسلة P	المطاريف وطرائق التقييم الذاتية والموضوعية
السلسلة Q	التبديل والتشوير
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 وجوانب بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي**
السلسلة Z	اللغات والجوانب العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات

طُبعت في سويسرا
جنيف، 2016