الاتحـــــــــــاد الدولـــــــــــي للاتصـــــــــــالات

G.8264/Y.1364

التعديل 1

(2018/03)

ITU-T

قطاع تقييس الاتصالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

السلسلة G: أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

الجوانب المتعلقة بشبكات الرزم عبر شبكات النقل – التزامن وأهداف الجودة والتيسّر

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

جوانب بروتوكول الإنترنت – النقل

توزيع معلومات التوقيت عبر شبكات الرزم

التعديل 1

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 للإرسال	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
تجهيزات مطرافية رقمية	G.799–G.700
الشبكات الرقمية	G.899–G.800
الأقسام الرقمية وأنظمة الخطوط الرقمية	G.999–G.900
جودة الخدمة والأداء للوسائط 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
الجوانب المتعلقة بشبكات 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
التزامن وأهداف 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.

التوصية ITU-T G.8264/Y.1364

توزيع معلومات التوقيت عبر شبكات الرزم

التعديل 1

ملخص

توضح التوصية ITU-T G.8264/Y.1364 جوانب توزيع معلومات التوقيت من خلال شبكات الرزم وتركز في البداية على شبكات الإثرنت. وهناك عدد من الأساليب التي يمكن استخدامها لنقل التردد وهي قد تستند إلى الطبقة المادية أو إلى طبقة البروتوكول. وتوفر هذه التوصية معلومات عن الجوانب المعمارية لتدفقات التوقيت في شبكات الإثرنت التي ستشكل الأساس للعمل المستقبلي المتعلق بنقل الوقت والطور.

وتوصِّف هذه التوصية بروتوكول رسالة حالة التزامن (SSM) والأنساق المعدة للاستخدام مع إثرنت متزامن. ويُتطلب الالتزام بأنساق رسالة حالة التزامن الموصَّفة في هذه التوصية لضمان قابلية التشغيل البيني لمعدات الإثرنت المتزامنة المشاركة في نقل التردد.

يدخل التعديل 1 تغييرات لإدراج الميقاتية المرجعية الأولية المحسنة (ePRC) في جداول شفرات رسائل حالة التزامن (SSM) من أجل الإثرنت المتزامن.

التسلسل التاريخي

الطبعة	التوصية	تاريخ الموافقة	لجنة الدراسات	معرف الهوية الفريد*
1.0	ITU-T G.8264/Y.1364	2008-10-29	15	11.1002/1000/9420
1.1	ITU-T G.8264/Y.1364 (2008) Cor. 1	2009-11-13	15	11.1002/1000/10433
1.2	ITU-T G.8264/Y.1364 (2008) Amd. 1	2010-09-22	15	11.1002/1000/10927
1.3	ITU-T G.8264/Y.1364 (2008) Cor. 2	2012-02-13	15	11.1002/1000/11526
1.4	ITU-T G.8264/Y.1364 (2008) Amd. 2	2012-02-13	15	11.1002/1000/11525
2.0	ITU-T G.8264/Y.1364	2014-05-14	15	11.1002/1000/12192
2.1	ITU-T G.8264/Y.1364 (2014) Amd. 1	2015-01-13	15	11.1002/1000/12390
2.2	ITU-T G.8264/Y.1364 (2014) Amd. 2	2016-04-13	15	11.1002/1000/12810
3.0	ITU-T G.8264/Y.1364	2017-08-29	15	11.1002/1000/13321
3.1	ITU-T G.8264/Y.1364 (2017) Amd. 1	2018-03-16	15	11.1002/1000/13547

مصطلحات أساسية

قناة رسالة تزامن الإثرنت، توقيت الرزمة، التوقيت المادي، التزامن، الإثرنت المتزامن.

* للنفاذ إلى التوصية، اطبع العنوان الإلكتروني http://handle.itu.int/ في حقل العنوان بمتصفح الويب الخاص بك، متبوعاً بمعرف الهوية الفريد للتوصية. على سبيل المثال، http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en.

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

© ITU 2019

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 التعاريف 2
1.3 المصطلحات المعرَّفة في وثائق أخرى 2
2.3 مصطلحات معرّفة في هذه التوصية 2
4 الاختصارات والأسماء المختصرة 3
5 الاصطلاحات 5
6 معماريات شبكات الرزم 5
1.6 طبقات الشبكة والتزامن 6
2.6 آثار أداء طبقة الشبكة على التزامن 6
7 تدفقات التوقيت 6
8 المكونات الوظيفية 8
9 معماريات توقيت الجيل التالي 9
1.9 التزامن الحالي القائم على التراتب SDH 9
2.9 أداء التزامن 9
3.9 تطور الشبكة 9
4.9 شبكات تزامن لجيل التالي 9
10 نقل التردد باستعمال الإثرنت المتزامن 10
1.10 الإثرنت المتزامن: عام 10
2.10 أساليب التشغيل 11
11 رسالة حالة التزامن (SSM) للإثرنت المتزامن 12
1.11 رسالة حالة التزامن على مستوى الرزمة 12
2.11 اختيار التزامن استناداً إلى الرسالة SSM 13
3.11 الرسائل SSM للإثرنت المتزامن: النسق والبروتوكول 13
4.11 تمديدات الوحدات ESMC PDU 20
5.11 التشغيل البيني مع شبكات التزامن القائمة 21
6.11 الرسائل SSM للميقاتيات ذات الاستبقاء المعزز 21
12 استعمال الإثرنت المتزامن في بيئة مشغلين متعددين 21
1.12 الخدمة المدارة بالإثرنت ذات التوقيت الشفاف 22
2.12 خدمة التزامن المقدمة من مشغل شركة اتصالات استناداً إلى سطح بيني يوفر مرجع توقيت مادياً (توليد مرجع إثرنت متزامن) 23
13 جوانب اتفاقات التزامن 24

الصفحة

الملحق A – آلية اختيار المصدر المرجعي 25
1.A المتطلبات 25
2.A المدخلات 25
3.A المذبذب الداخلي 25
4.A تدفقات التوقيت المادية الداخلية 25
5.A آلية الاختيار 25
6.A اختيار رسالة حالة التزامن 26
7.A وظيفة اختيار المعدات الهجين 26
التذييل I – أمثلة على تدفقات التوقيت 28
التذييل II – النماذج الوظيفية القائمة على التوصيتين ITU-T G.805 وITU-T G.809 30
1.II خلفية 30
2.II تطبيق التوصية ITU-T G.805 على IWF 30
3.II معلومات التوقيت المنقولة عبر شبكات الطبقة 31
4.II النموذج الوظيفي لتوقيت الطبقة المادية للإثرنت 32
5.II نموذج وظيفي للطرائق التفاضلية والتكييفية 33
بيبليوغرافيا 35

توزيع معلومات التوقيت عبر شبكات الرزم

التعديل 1

ملاحظة صياغية: هذا منشور نص كامل. والتنقيحات المطروحة بهذا التعديل مبينة بعلامات المراجعة بالنسبة إلى التوصية ITU-T G.8264/Y.1364 (2017).

1 مجال التطبيق

تحدد هذه الرسالة المتطلبات بشأن شبكات الإثرنت فيما يتعلق بنقل التردد. وهي تحدد قناة نقل رسالة حالة التزامن (SSM)، وتحديداً قناة رسالة تزامن الإثرنت، وسلوك البروتوكول ونسق الرسالة.

وهناك عدد من الأساليب التي يمكن استخدامها لنقل التردد وهي قد تستند إلى الطبقة المادية أو إلى طبقة البروتوكول. وستعتمد الطريقة المستعملة على المعمارية الفعلية وما يمكن دعمه. وتركز هذه التوصية على تزامن الطبقة المادية. والطبقة 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 إلى جانب تكنولوجيات الرزم الأخرى في صيغ لاحقة من هذه التوصية.

وتتناول هذه التوصية أيضاً بالتفصيل المعمارية المطلوبة في لغة النمذجة الرسمية. وتستعمل تدفقات التوقيت لوصف مكان وكيفية تدفق الوقت والتوقيت عبر المعمارية. وتصف هذه التدفقات ما هو المسموح به وظيفياً كمصدر توقيت مقبول. ومصدر كهذا قد لا يتاح استعماله إلا في المعدات أو ربما يتاح خارجياً كخدمة من خدمات العملاء.

2 المراجع

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

[ITU-T G.709] التوصية ITU-T G.709/Y.1331 (2016)، *السطوح البينية في شبكة النقل البصرية*.
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.709/>

[ITU-T G.781] التوصية ITU-T G.781 (2017)، *وظائف طبقة التزامن*.
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.781>

[ITU-T G.803] التوصية ITU-T G.803 (2000)، *معمارية شبكات النقل القائمة على التراتب الرقمي المتزامن (SDH)*.
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.803>

[ITU-T G.805] التوصية ITU-T G.805 (2000)، *المعمارية الوظيفية النوعية لشبكات النقل*.
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.805>

[ITU-T G.809] التوصية ITU-T G.809 (2003)، *المعمارية الوظيفية لشبكات الطبقة الخالية من التوصيل*.
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.809>

[ITU-T G.811] التوصية ITU-T G.811 (1997)، *خصائص التوقيت للميقاتيات المرجعية الأولية*.
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.811>

[ITU-T G.812] التوصية ITU-T G.812 (2004)، *متطلبات توقيت الميقاتيات المنقادة المناسبة للاستخدام كميقاتيات عقد في شبكات التزامن*.
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.812>

[ITU-T G.813] التوصية ITU-T G.813 (2003)، *خصائص توقيت الميقاتيات المنقادة لمعدات التراتب الرقمي المتزامن (SDH).*
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.813>

[ITU-T G.822] التوصية ITU-T G.822 (1988)، *Controlled slip rate objectives on an international digital connection.*
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.822>

[ITU-T G.823] التوصية ITU-T G.823 (2000)، *التحكم في الارتعاش والانحراف في الشبكات الرقمية القائمة على التراتب بمعدل 2048 kbit/s.*
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.823>

[ITU-T G.824] التوصية ITU-T G.824 (2000)، *ضبط الارتعاش والجنوح في الشبكات الرقمية القائمة على التراتب بمعدل 1 544 kbit/s.*
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.824>

[ITU-T G.825] التوصية ITU-T G.825 (2000)، *ضبط الارتعاش والجنوح في الشبكات الرقمية القائمة على التراتب الرقمي المتزامن (SDH).*
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.825>

[ITU-T G.8010] التوصية ITU-T G.8010/Y.1306 (2004)، *معمارية شبكات طبقة الإثرنت.*
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.8010>

[ITU-T G.8261] التوصية ITU-T G.8261/Y.1361 (2013)، *جوانب التوقيت والتزامن في شبكات الرزم.*
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.8261>

[ITU-T G.8262] التوصية ITU-T G.8262/Y.1362 (2015)، *خصائص التوقيت للميقاتيات المنقادة في معدات الإثرنت المتزامنة.*
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.8262>

[IEEE 802] المعيار IEEE 802-2014، *معيار معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات بشأن الشبكات المحلية وشبكات المناطق الحضرية – نظرة عامة والمعمارية.*
<http://ieeexplore.ieee.org/document/6847097/>

[IEEE 802.1AX] المعيار IEEE 802.1AX-2014، *معيار معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات بشأن الشبكات المحلية وشبكات المناطق الحضرية – بجميع الوصلات.*
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7055197/>

[IEEE 802.3] المعيار IEEE 802.3 (2015)، *معيار معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات بشأن الإثرنت.*
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=8042052>

3 التعاريف

1.3 المصطلحات المعرَّفة في وثائق أخرى

تستخدم هذه التوصية المصطلحات التالية المعرَّفة في وثائق أخرى:

1.1.3 ميقاتية الشبكة [ITU-T G.8261]: الميقاتية التي تولد إشارة ميقاتية الشبكة.

2.1.3 ميقاتية الخدمة [ITU-T G.8261]: الميقاتية التي تولد إشارة ميقاتية الخدمة.

2.3 مصطلحات معرّفة في هذه التوصية

تعرّف هذه التوصية المصطلحات التالية:

1.2.3 قناة رسالة تزامن الإثرنت: القناة المنطقية التي تحمل شفرة رسالة حالة التزامن (SSM) التي تمثل مستوى جودة ميقاتية معدات الإثرنت (EEC) المتزامنة المربوطة بالطبقة المادية. ويوفر أحد البروتوكولات البطيئة الخاصة بالتنظيم (OSSP) بنية القناة.

2.2.3 أسلوب التشغيل غير المتزامن: السطح البيني للإثرنت المتزامن المشكل في أسلوب لا تزامني هو سطح بيني لا يمرر، من جانب الاستقبال، الميقاتية المستعادة إلى ميقاتية النظام وبالتالي، لا يكون مرجعاً مرشحاً لعملية اختيار التزامن. وهو لا يقوم بمعالجة قناة مراسلة تزامن الإثرنت التي قد تكون موجودة وبالتالي لا يستطيع استخلاص قيمة مستوى الجودة (QL).

وعلى جانب الإرسال، يمكن مزامنة تردد خرجه مع ميقاتية معدات الإثرنت المتزامنة، بيد أن ذلك يظل مجهولاً للسطح البيني للاستقبال عند النهاية الأخرى للوصلة. وفي الواقع، لا يولد السطح البيني عند التشغيل بالأسلوب اللاتزامني قناة (ESMC) وبالتالي لا يرسل أي مستوى للجودة.

وأي سطح بيني كهذا لا يشارك في شبكة التزامن وهو يماثل وظيفياً أي سطح بيني غير متزامن، كما هو معرف في المعيار [IEEE 802.3].

3.2.3 أسلوب التشغيل المتزامن: سطح بيني للإثرنت المتزامن يمكن تشكيله في أسلوب التشغيل المتزامن.

وبمقدور جانب الاستقبال فيه استخلاص التردد بين إشارة دخله وتمريره إلى ميقاتية النظام (ميقاتية لمعدات الإثرنت المتزامنة) أو إلى ميقاتية ذات جودة أعلى. وهو يعالج القناة ESMC ويستخلص مستوى الجودة. وهنا، يمكن استعمال هذه الإشارة كمرجع ترددي مرشح.

وجانب المرسل من السطح البيني مقيد بتوقيت خرج ميقاتية النظام ويولد القناة ESMC لنقل مستوى الجودة.

4 المختصرات والأسماء المختصرة

تستعمل هذه التوصية المختصرات والأسماء المختصرة التالية:

AAL1	الطبقة 1 لتكييف أسلوب النقل غير المتزامن *(Asynchronous transfer mode Adaptation Layer 1)*
AI	معلومات مكيفة *(Adapted Information)*
ATM	أسلوب النقل غير المتزامن *(Asynchronous Transfer Mode)*
BITS	بناء مورد توقيت مدمج *(Building Integrated Timing Supply)*
BS	محطة قاعدة *(Base Station)*
CES	خدمات مضاهاة الدارة *(Circuit Emulation Services)*
CI	معلومات مميزة *(Characteristic Information)*
DNU	لا يستعمل *(Do Not Use)*
DUS	لا يستعمل للتزامن *(Do not Use for Synchronization)*
EEC	ميقاتية معدات إثرنت متزامنة *(synchronous Ethernet Equipment Clock)*
eEEC	ميقاتية معدات إثرنت محسنة *(Enhanced Ethernet Equipment Clock)*
EPL	خط خاص للإثرنت *(Ethernet Private Line)*
ePRC	الميقاتية المرجعية الأولية المحسنة *(enhanced Primary Reference Clock)*
ePRTC	ميقاتية التوقيت المرجعي الأولية المحسنة *(enhanced Primary Reference Time Clock)*
ESMC	قناة مراسلة تزامن إثرنت *(Ethernet Synchronization Messaging Channel)*
ETH	شبكة طبقة MAC إثرنت *(Ethernet MAC layer network)*
ETY	شبكة طبقة PHY إثرنت *(Ethernet PHY layer network)*
EVPL	الخط الخاص الافتراضي إثرنت *(Ethernet Virtual Private Line)*
GPS	النظام العالمي لتحديد الموقع *(Global Positioning System)*

HOP مسار عالي الرتبة *(High Order Path)*

IWF وظيفة تشغيل بيني *(Interworking Function)*

LAG تجمّع الوصلات *(Link Aggregation)*

LOP مسار منخفض الرتبة *(Low Order Path)*

LSB البتة الأقل دلالة *(Least Significant Bit)*

MAC تحكم في النفاذ إلى الوسائط *(Media Access Control)*

MA-M عنوان MAC – متوسط *(MAC Address – Medium)*

MA-S عنوان MAC – صغير *(MAC Address – Small)*

MPLS التبديل بالوسم متعدد البروتوكولات *(Multiprotocol Label Switching)*

MTIE أقصى خطأ للفاصل الزمني *(Maximum Time Interval Error)*

MS قسم تعدد الإرسال *(Multiplex Section)*

NC وحدة التحكم في الشبكة *(Network Controller)*

NE عنصر شبكة *(Network Element)*

NTP بروتوكول وقت الشبكة *(Network Time Protocol)*

OAM التشغيل والإدارة والصيانة *(Operation, Administration and Maintenance)*

OSI التوصيل البيني للأنظمة المفتوحة *(Open Systems Interconnection)*

OSSP بروتوكول بطيء خاص بالتنظيم *(Organizational Specific Slow Protocol)*

OTN شبكة نقل بصرية *(Optical Transport Network)*

OUI معرف الهوية الفريد على مستوى المنظمة *(Organizationally Unique Identifier)*

PDH التراتب الرقمي متقارب الزمن *(Plesiochronous Digital Hierarchy)*

PDU وحدة بيانات البروتوكول *(Protocol Data Unit)*

PRC ميقاتية مرجعية أولية *(Primary Reference Clock)*

PRTC ميقاتية الوقت المرجعي الأولية *(Primary Reference Time Clock)*

PTP بروتوكول الوقت الدقيق *(Precision Time Protocol)*

QL مستوى الجودة *(Quality Level)*

QL TLV النوع والطول والقيمة لمستوى الجودة *(Quality Level Type Length Value)*

RAN شبكة النفاذ الراديوي *(Radio Access Network)*

RS قسم معيد التوليد *(Regenerator Section)*

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

SDH التراتب الرقمي المتزامن *(Synchronous Digital Hierarchy)*

SETG مولد توقيت المعدات المتزامنة *(Synchronous Equipment Timing Generator)*

SETS مصدر توقيت المعدات المتزامنة *(Synchronous Equipment Timing Source)*

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

SSM رسالة حالة التزامن *(Synchronization Status Message)*

SSU وحدة توريد التزامن *(Synchronization Supply Unit)*

SyncE الإثرنت المتزامن *(Synchronous Ethernet)*

TDEV الانحراف الزمني *(Time Deviation)*

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

TLV النوع والطول والقيمة *(Type Length Value)*

UTC التوقيت العالمي المنسق *(Coordinated Universal Time)*

VC حاوية افتراضية *(Virtual Container)*

WAN شبكة منطقة واسعة *(Wide Area Network)*

WDM تعدد الإرسال بتقسيم طول الموجة *(Wave Division Multiplexing)*

5 الاصطلاحات

في إطار هذه التوصية، يشير مصطلح "إثرنت" إلى سطح بيني على النحو الوارد في المعيار [IEEE 802.3] ولا يمتثل لمتطلبات التوقيت الإضافية للإثرنت المتزامن كما هي محددة في هذه التوصية، وفي التوصيتين [ITU-T G.8261] و[ITU-T G.8262].

وتعرف هذه التوصية بعض تتابعات البتات التي تشكل جزءاً من رتل إثرنت. وتستعمل الاصطلاحات التالية عند تعريف قيم محددة.

وتمثل السلاسل الإثنينية بأزواج من السمات الست عشرية (الأثمونات) التي يفصل بينها بالسمة شرطة (.-.). ويتفق هذا الاصطلاح مع تمثيل السلاسل الست عشرية للبيانات في المعيار [IEEE 802.3]. فمثلاً، النوع الفرعي لقطاع تقييس الاتصالات المكون من ثلاث بايتات المخصص من المعهد IEEE يمثل كالتالي: 00-19-A7.

وفي الحالات التي يجب ألا يحدد فيها أكثر من أثمونين، يشير استعمال السابقة 0x إلى أن السمات ست عشرية. فمثلاً يمثل 0x12 تتابع البتات الإثنيني 00010010.

ويشير مصطلح ميقاتية معدات إثرنت محسنة (eEEC) إلى وظيفة ميقاتية معدات إثرنت متزامنة (EEC) على النحو المعرف في التوصية [ITU-T G.8262] ولكن مع أداء محسن. ويحتاج أداء الميقاتية إلى مزيد من الدراسة.

6 معماريات شبكات الرزم

مبادئ النمذجة المعمارية الواردة في التوصيتين [ITU-T G.805] و[ITU-T G.809] معروفة جيداً وتستخدم في تطوير معدات شبكات النقل وشبكات النقل نفسها وأصبحت تستخدم مؤخراً في تحديد مواصفات شبكات الرزم. ومن الضروري وجود وصف رسمي معماري رفيع المستوى لتعريف التفاصيل الأساسية للمعدات الواردة في توصيات أخرى.

وتعرف التوصية [ITU-T G.805] خواص المكونات المعمارية (الوظائف الذرية) التي تسمح بالتوصيف العام لمعماريات الشبكات. وهي تستعمل على سبيل المثال، لتعريف المسارات (أي ما الذي يمكن مراقبته) وتوصيلات الشبكات الفرعية (أي ما الذي يمكن تبديله أو توصيله شبكياً). وقد وضعت التوصية [ITU-T G.805] لوصف شبكات النقل التقليدية (أي الطبقة 1) وتم توسيعها مؤخراً من خلال التوصية [ITU-T G.809] لتغطي شبكات الرزم.

وتشمل النقاط الرئيسية للمعمارية مفهوم شبكة طبقة والمعلومات المميزة (CI) والتكرار. والمعلومات CI إشارة بنسق محدد تنقل عبر توصيل شبكة [ITU-T G.805] أو تدفق [ITU-T G.809]. وتتألف شبكة الطبقة من نقاط النفاذ المرتبطة بنوع محدد من المعلومات CI. ويكمن التكرار داخل نموذج الطبقة من تحديد تعاريف الطبقات الأساسية بدون قيود. ومن الأمثلة على شبكات

الطبقات دون الطبقة MAC للإثرنت (ETH) والطبقة المادية للإثرنت (ETY) يمكن أن تكون، على سبيل المثال، تعدد الإرسال بتقسيم طول الموجة (WDM) أو حتى مسار توصيل.

ووضعت أوصاف لشبكات الطبقات تتعلق بالتراتب الرقمي المتزامن (SDH) وأسلوب النقل غير المتزامن (ATM) والإثرنت وتبديل الوسم متعدد البروتوكولات (MPLS). ومن المهم الإشارة إلى أن التكنولوجيات المذكورة أعلاه يمكن أن تضم طبقات متعددة. فمثلاً، تتضمن الإثرنت الطبقات ETY وETH بينما يتضمن التراتب الرقمي المتزامن طبقات قسم معيد التوليد (RS) وقسم تعدد الإرسال (MS) والمسار عالي الرتبة (HOP) والمسار منخفض الرتبة (LOP). ونتيجة للطابع التكراري للمعمارية، تنطبق نفس مجموعة قواعد التوصيل البيني على أي شبكة طبقة.

وبالنسبة للإثرنت، تعرف شبكتان من الشبكات الطبقية: الطبقتان ETH وETY والمعلومات CI للطبقة ETH عبارة عن أرتال تحكم في النفاذ إلى الوسائط (MAC) والطبقة ETY هي الطبقة المادية التي تدعم الطبقة ETH (مثل 10BaseT و100Base). ويعرض في الشكل 4 بالتوصية [ITU-T G.8010] نموذج شبكي مبسط للإثرنت.

1.6 طبقات الشبكة والتزامن

الشبكات الطبقية التي تعرف تكنولوجيا شبكية تحمل معلومات عبر شبكة. وقد ينتج عن حمل هذه المعلومات تمرير المعلومات عبر طبقات شبكات متعددة. وينفذ عبور أي طبقة عن طريق وظيفة تكييف من طبقة عميل أعلى إلى طبقة مخدم أدنى. وبيانات طبقة العميل الأعلى، المعلومات CI، تكيف بوظيفة التكييف لتصبح المعلومات المكيفة (AI) وتحمل عبر طبقة المخدم. وبالنسبة لبعض التكنولوجيات، وتحديداً تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) وتعدد الإرسال بتقسيم طول الموجة (WDM)، فإن معلومات التوقيت تكون جزءاً من المعلومات CI التي تحمل عبر الشبكة. فمثلاً، يجب حمل توقيت التراتب الرقمي متقارب الزمن (PDH) عبر الشبكة. ويكيف التراتب الرقمي المتزامن معلومات التوقيت ويحمل الحمولة النافعة المكيفة مع التوقيت (في صورة بتات تحكم للحشو) ليسمح لكل من التوقيت والبيانات من الخروج من الشبكة.

وبالنسبة لشبكات الرزم، لن تتضمن جميع الطبقات معلومات التوقيت كجزء من المعلومات CI. ولن تكون معلومات التوقيت موجودة إلا في الطبقة المادية. فعلى سبيل المثال، تكون معلومات التوقيت جزءاً من الطبقة ETY المتزامنة. ولا تكون معلومات التوقيت جزءاً من المعلومات CI الخاصة بطبقات الرزم؛ وبالتالي، لا يحمل التوقيت بواسطة شبكة الرزم في الأساس. ولهذا الأمر تداعيات بالنسبة لبعض الخدمات المتعلقة بالتوقيت، مثل مضاهاة الدارة حيث يتعين حمل توقيت العميل عبر الشبكة. وفي هذه الحالات، بالنسبة لمضاهاة الدارة، مثلاً، يلزم وجود أساليب بديلة لحمل معلومات التوقيت. ووظائف التشغيل البيني (IWF) الموصوفة في التوصية [ITU-T G.8261] هي أمثلة لهذه الأساليب البديلة.

2.6 آثار أداء طبقة الشبكة على التزامن

تقوم الشبكة الطبقية بتكييف المعلومات CI من طبقة لتصبح معلومات AI لطبقة أدنى (نتيجة للخواص التكرارية للشبكات الطبقية، تصبح المعلومات AI تلك الآن جزءاً من المعلومات CI للطبقة الأدنى). ومن منظور التوقيت، فإن عملية التكييف ليست خالية من الضوضاء. فمثلاً، تكييف عميل PDH إلى حاوية افتراضية (VC) للتراتب SDH يتسبب في ارتعاش نتيجة لآلية بتات الحشو (بتات التحكم هي معلومات AI) وتكييف القسم MS يضيف الارتعاش والجنوح نتيجة للمؤشرات. وبالنسبة لشبكات الرزم، تعتمد وظيفة التبديل على رزم الدرء، مما يؤدي إلى تغير في تأخير الرزم. وبالنسبة للتطبيقات الحساسة بالنسبة للوقت، لا بد من مراعاة التغير في تأخير الرزم.

7 تدفقات التوقيت

تمثل تدفقات التوقيت معلومات التوقيت التي يمكن أن تحمل عبر الشبكة الطبقية. وقد تكون معلومات التوقيت هذه مطلوبة لدعم احتياجات خدمة أو شبكة أو لكي تكون جزءاً من المعلومات CI لهذه الخدمة. فعلى سبيل المثال، يجب أن يكون للخدمة TDM ميقاتية مرتبطة بها وتكون بالتالي جزءاً من المعلومات CI التي تعرف الخدمة (مثلاً، الخدمة E1 التي تتفق مع التوصية [ITU-T G.823]).

وفي شبكات التزامن الحالية، يشار إلى معلومات التوقيت التي تحمل عبر الشبكة غالباً بأنها مسار توقيت (انظر التوصية [ITU-T G.781]). ويأتي ذلك من تعريف "المسار" في التوصية [ITU-T G.805]. وفي حالة شبكات الرزم، تم توسيع مفهوم "المسار" وأطلق عليه مسمى "تدفق"، أولاً في التوصية [ITU-T G.809] لوصف الطابع المحتمل غير المستمر للحركة والحالة التي تحمل فيها قطارات رزم متعددة عبر توصيل وحيد لشبكة طبقة أدنى. ويمكن اعتبار مفهوم تدفق التوقيت مرادفاً لمفهوم مسار التوقيت، بيد أن استعمال مفهوم تدفق التوقيت سيمكن التوقيت من تغطية كل من بيئتي الرزم وتعدد الإرسال TDM.

ولأغراض نقل تردد الطبقة المادية، يعادل تدفق التوقيت مسار التوقيت.

ويمكن لأي شبكة طبقية حمل العديد من تدفقات التوقيت. فعلى سبيل المثال، يمكن للشبكة SDH أن تتضمن عدداً من الإشارات PDH التي أجري لها تقابل مع إشارة وحيدة من المستوى N لوحدة نقل متزامنة (STM-N). وفي الطبقة PDH، لكل إشارة PDH تدفق توقيت مرتبط بها. وبالنسبة لخدمة محددة، فإنه مع ذلك، يرتبط عموماً بخدمة تدفق توقيت واحد فقط. وفي حالة شبكات الرزم، يمكن لطبقة الرزم ألا تتضمن أي تدفق توقيت (مثلاً، يكون التوقيت جزءاً من المعلومات CI وبالتالي يتعين حمله من طرف إلى طرف)، بيد أن الطبقة المادية تحتوي دائماً على تدفق توقيت.

وعندما يتحدد أن خدمة الشبكة تتضمن توقيتاً كجزء من معلوماتها CI، يجب وجود تدفق توقيت عبر الشبكة (مثلاً، توفر الخدمة E1 عبر الشبكة SDH تدفق التوقيت عبر الشبكة WDM/SDH) ويجب وجود الآليات المناسبة إذا ما تعين عبور شبكات طبقية متعددة (مثلاً، بتات الحشو التي تمثل تخالف التردد تحمل عبر الشبكة).

ولأغراض تزامن الشبكة، هناك ثلاث فئات لتدفقات التوقيت: مادي، وخدمة، ورسالة.

تمثل *تدفقات التوقيت المادية* تدفق التوقيت المرتبط بشبكة الطبقة الأدنى الذي يمكن استخدامه في التزامن (الإثرنت المتزامن، والتراتب SDH، مثلاً). وتمثل التدفقات المادية بعمليات انتقال البتات في أي شبكة رقمية.

وتمثل *تدفقات توقيت الخدمة* التوقيت المرتبط بخدمة محددة حساسة للتوقيت (مثل توقيت الخدمة PDH). ويمكن حمل تدفقات التوقيت لهذه الخدمات عبر شبكة مخدم واحدة أو أكثر. وتوصف الوظائف المحددة لأي شبكة طبقة الكيفية التي تكيف بها إشارات العملاء وتحمل عبر شبكة المخدم. وبوجه عام، عندما تشترط الخدمة وجود معلومات توقيت لإشارة من إشارات العملاء (مثل خدمة E1)، يحدد وجوب حمل الطبقات الدنيا هذه المعلومات بشكل ما (مثلاً، تشفير معلومات توقيت الخدمة E1 التي تحمل عبر الشبكة SDH في بايتات حشو الحاوية VC12).

وفي الحالات التي لا تحمل فيها شبكة طبقة المخدم التوقيت بصورة فعلية، يتعين تحديد آليات بعينها لتمكين حمل توقيت العميل داخل شبكة طبقة المخدم. ويسمح ذلك لمعلومات توقيت العميل بعبور الشبكة. ومن أمثلة ذلك مضاهاة الدارة TDM عبر شبكة رزم. ولا يمكن لشبكة الرزم أن تنقل أصلاً معلومات التردد الخاصة بعميلها، لذا، يجب أن يُتضمن التوقيت المرتبط بالعميل PDH ضمن الحمولة النافعة لشبكة الرزم ذاتها. وحمل خدمة TDM عبر شبكة رزم يطلق عليه غالباً *مخالفة طبقية* نظراً إلى أن الطبقات الأدنى لا تستطيع تغليف جميع المعلومات CI المرتبطة بشبكة العميل.

ويمكن عدم ربط تدفق توقيت الخدمة بخدمة مستعمل نهائي ولكنه يربط بالشبكة فقط. فمثلاً، توزيع التوقيت عبر الخطوط SDH لا يرتبط بأي خدمة من خدمات المستعمل النهائي.

وتمثل *تدفقات توقيت الرسائل* النوع الثالث من التدفقات. ويتعلق ذلك بالرسائل التي تحمل عبر شبكة طبقة والتي تتضمن بعض المعلومات المتعلقة بالتوقيت التي ستستعملها الطبقة الأعلى (أعلى مثلاً من شبكة الطبقة الحالية) لاشتقاق توقيت الشبكة أو الخدمة. ومن أمثلة تدفقات الرسائل بروتوكول وقت الشبكة (NTP) وبروتوكول الوقت الدقيق (PTP).

ويمكن قصر تدفقات توقيت الرسائل على التوقيت بين نقاط تكييف طبقة الشبكة فقط (في حالة مضاهاة الدارة، مثلاً) أو يمكن حملها عبر شبكة طبقة. وفي حالة حملها عبر شبكة طبقة، تكون تدفقات الرسائل عادةً بروتوكولات تعمل في الطبقتين 2 أو 3.

وتعرض في التذييل I أمثلة تدفقات التوقيت.

وتحتاج تفاصيل الجمع بين الوقت والتردد إلى مزيد من الدراسة.

8 المكونات الوظيفية

تعرف معماريات الشبكة التي طورها قطاع تقييس الاتصالات من خلال نماذج وظيفية. وتعرف هذه النماذج مجموعة من المكونات الأساسية التي تمثل وظائف محددة تستعمل داخل أي شبكة. وتشكل المكونات الوظيفية الأساس لوضع توصيات المعدات والإدارة.

بيد أن المعماريات الوظيفية تم توصيفها لتعريف الشبكة من منظور نقل معلومات المستعمل (مثل البيانات) من طرف إلى طرف. وفي شبكات النقل التي تم تعريف النماذج الوظيفية لها (مثل SDH وشبكة النقل البصرية وPDH)، لا يتعين أن يتم صراحة تحديد تزامن التردد، طالما كان التوقيت موجوداً دائماً مع قناة الحمالة. وتعرض هذه الفقرة المكونات الخاصة بالتزامن من أجل الاستعمال.

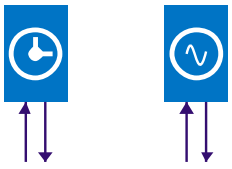
والمكونات الوظيفية التي تعرف من أجل التزامن يمكن دمجها ضمن معدات الشبكة (مثل ميقاتيات التوصية [ITU-T G.8262]) أو ضمن معدات أخرى مثل معدات التزامن القائمة بذاتها (SASE) أو وحدة توريد التزامن (SSU). وتشمل المكونات الوظيفية التي تعرف من أجل الوظائف المتعلقة بالتزامن: وظائف الميقاتية، ووظائف توزيع الوقت، ووظائف اختيار الميقاتية ووظائف التشغيل البيني اللازمة لتنفيذ مضاهاة الدارة. ويعرض ذلك في الشكل 8-1.

وتقليدياً، يعرف التزامن الميقاتيات من حيث التردد. والمكونات الوظيفية الحالية التي تمثل وظائف الميقاتية الواردة في التوصية [ITU-T G.781] لا توفر إلا التردد. ويمكن للميقاتيات الداخلية داخل أي عنصر شبكة (NE) أن توفر بياناً لبدء الرتل؛ ومع ذلك، يقتصر هذا الأمر داخلياً على عنصر الشبكة ولا يتولد بواسطة وظيفة الميقاتية.

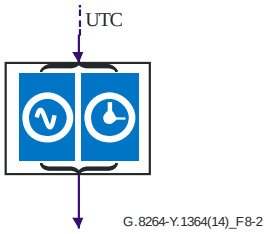
وتوزيع الوقت هو وظيفة مطلوبة داخل الشبكة، مثلاً، لدعم ضبط الوقت من أجل ترابط الإنذارات. وللتمييز بين توزيع الوقت وتوزيع التردد، يتاح رمزان. وتعرض في الشكل 8-2 ميقاتية وظيفية خاصة تجمع بين الوقت والتردد على السواء. وتحتاج التفاصيل إلى مزيد من الدراسة.

وكما ورد أعلاه، يقوم التزامن التقليدي على توزيع تردد ما. ويرتبط هذا التردد عادةً بقناة الحمالة الأساسية. وفي هذه الحالة، يكون منشأ ومقصد مصدر التوقيت متضمنين في النماذج الوظيفية المناسبة. ولا توجد حاجة إلى تصور صريح. بيد أنه في حالة قطار رزم يمثل تدفق توقيت، يستعمل واصفان محددان لمنشأ ومقصد التوقيت. ويوضح هذان الواصفان في الشكل 8-3. والاستعمال قيد مزيد من الدراسة.

ويمكن تعريف مكونات وظيفية إضافية، ولكنها تحتاج إلى مزيد من الدراسة. وترد في التذييل II أمثلة على كيفية استعمال هذه المكونات في خدمات مضاهاة الدارة (CES).



الشكل 8-1 – وظيفتا الوقت والمذبذب (التردد)



الشكل 8-2 – ميقاتية مجمعة (الوقت والتردد)

الشكل 8-3 – منشأ ومقصد تدفق التوقيت

9 معماريات توقيت الجيل التالي

1.9 التزامن الحالي القائم على التراتب SDH

ارتبط تزامن الشبكة تقليدياً بتوزيع تردد دقيق عبر كامل الشبكة. ويتم تأمين ذلك باستعمال توليفة من ميقاتيات الشبكة والمعدات، وربما بعض أشكال آليات نقل التوقيت بين الأقسام. ويتم تصنيف الميقاتيات داخل الشبكة طبقاً للأداء، ويستخدم مخطط تزامن أساسي/تابع. وفي بعض الحالات يتم اللجوء إلى السواتل لتوزيع التردد (مثل النظام العالمي لتحديد الموقع (GPS)). ويرد تعريف الميقاتيات في الشبكة الحالية في التوصيات [ITU-T G.811] و[ITU-T G.812] و[ITU-T G.813]. ويرد وصف المعمارية العامة للشبكة في التوصية [ITU-T G.803].

وقد تطور التوقيت بين الأقسام لكي يغطي التراتب SDH كمكون رئيسي في توزيع تزامن الشبكة. ونتيجة لذلك، يرد وصف المعمارية العامة لتزامن الشبكة في التوصية [ITU-T G.803]. ويرد أيضاً تعريف الوظائف الخاصة بالتزامن في التوصية [ITU-T G.781].

2.9 أداء التزامن

يستند أداء الميقاتيات في شبكات التزامن إلى الحاجة إلى الحفاظ على تفاوت مقبول في الأداء استناداً إلى المتطلبات الواردة في التوصية [ITU-T G.822]. وسيتراكم الارتعاش والجنوح في الشبكة ويتم التحكم فيهما من خلال التصميم السليم للشبكة والمعدات. ونتيجة للتقييس، يتم التحكم في أداء التزامن داخل الشبكة بحيث يتم استيفاء المتطلبات المحددة للسطوح البينية عبر الشبكة بأكملها. وتعرف هذه الحدود في التوصيتين [ITU-T G.823] و[ITU-T G.824] من أجل الشبكات PDH وفي التوصية [ITU-T G.825] من أجل الشبكات SDH. ويرد تعريف حدود السطوح البينية للخدمات CES في التوصية [ITU-T G.8261].

3.9 تطور الشبكة

يتعين استيفاء شبكة النقل لمتطلبات الارتعاش والجنوح للخدمات التي يمكن حملها على الشبكة. وقد تطورت شبكة التزامن الحالية لتحقيق أهداف الانزلاق اللازمة لضمان الأداء المناسب للصوت الذي يحمل على نطاق واسع على الدارات DS-1 وE1.

ومع ذلك، لم يعد الصوت هو المهيمن على الحركة على الشبكات الحالية، ولكن بيانات الرزم. ونتيجة لطابع نقل الرزم، لا توجد حاجة إلى متطلبات التزامن الصارمة لشبكات الصوت من أجل خدمات الرزم الخالصة، لأن هذه الخدمات يمكن أن تخضع لعمليات درء كبيرة (مثل البريد الإلكتروني). ومع ذلك، ونظراً إلى أن تكنولوجيا شبكات الرزم آخذة في أن تحل محل التكنولوجيا TDM (مثل SDH) كتكنولوجيا أساسية للسطح البيني للخدمة، ستبقى الحاجة إلى الحفاظ على شبكة التزامن من أجل التمكن من دعم بعض الخدمات (مثل مضاهاة الدارة) أو دعم متطلبات بعض البنى التحتية (مثل اللاسلكي).

4.9 شبكات تزامن الجيل التالي

تتطور الشبكات من تلك التي توفر التوصيلية للخدمات بتبديل الدارات إلى تلك التي توفر إمكانيات الخدمات بدون توصيل (مثل الإنترنت). وبالنسبة لشبكات التزامن، يمكن اعتبار شبكات التزامن شكلاً من أشكال الشبكات بتبديل الدارات من حيث أن هدف توزيع التزامن يتمثل في توزيع إشارة التوقيت عبر مسار محدد في الشبكة. وقد لا ترتبط هذه المسارات بأي مسار محدد للخدمة (مثلاً، إشارات الميقاتيات لا تنتهي على نفس النقاط في الشبكة التي تنتهي فيها الخدمة) ويجب أن تدار تبعاً لذلك (بمنأى عن الحركة، ربما كشبكة أساسية).

1.4.9 الإثرنت المتزامن

يتوقع تطور شبكات التزامن مع الاستعاضة عن تكنولوجيا الشبكات TDM بتكنولوجيا شبكات الرزم. وقام قطاع تقييس الاتصالات بتوصيف إثرنت متزامن يسمح بتوزيع التردد عبر وصلات الإثرنت المادية. ويوضح هذا المفهوم في التوصية [ITU-T G.8261] ويسمح بدعم توزيع التوقيت بصورة تتفق مع توزيع التوقيت على أساس تردد التراتب SDH. ويرد تعريف ميقاتيات معدات الشبكة المستخدمة

من أجل الإثرنت المتزامن في التوصية [ITU-T G.8262] وتم توصيفها بحيث تكون متوافقة مع قدرات توزيع التزامن للشبكات الحالية القائمة على التراتب SDH. ونتيجة لذلك، تظل هندسة الشبكات متسقة مع الممارسات القائمة.

2.4.9 آليات توقيت الرزم

يتعلق توزيع الوقت بنقل الوقت بدلاً من التردد. والتردد هو مقياس نسبي ولكنه يفترض أن يقاس عموماً نسبة إلى تردد قياسي. ويختلف الوقت عن التردد من حيث إنه يمثل قيمة مطلقة متزايدة برتابة يمكن نسبتها بوجه عام إلى دوران الأرض (مثل السنة واليوم والساعة والدقيقة والثانية).

وتختلف آليات توزيع الوقت كثيراً عن الآليات المستعملة في توزيع التردد. وكوسم، يحمل الوقت كسلسلة يمكن للآلة قراءتها. وتوجد بروتوكولات تعمل على طبقات محددة تحمل توزيع الوقت (مثل، المعايير [b-IETF RFC 1305] و[b-IETF RFC 3550] و[b-IEEE 1588]). وقد تختلف مستويات استبانة الوقت باختلاف البروتوكولات.

ويمكن استعمال أختام التوقيت في بعض تطبيقات الشبكة لدعم توليد التردد. ومفهوم الوقت الذي تحمله أختام التوقيت تلك مقارنة بالوقت الذي يولده المذبذب المحلي يمكن استعماله لاستعادة المرجع الترددي للمذبذب المحلي.

ويمكن أيضاً استخدام طرائق تفاضلية لاستعادة التوقيت من الرزم. وفي هذه الحالة لا يتعين إلا أن يكون خاتم التوقيت نسبياً ويمكن استعماله كقيمة تقديرية للطور. وبما أن الطور والتردد مرتبطان ببعضهما، فإنه يمكن استعمال هذه المعلومات النسبية لإعادة توليد المرجع الترددي. ويعرف ذلك بالتوقيت التفاضلي (انظر أيضاً التوصية [ITU-T G.8261]). وكمثال، فإن خاتم التوقيت SRTS طريقة مقيسة معروفة جيداً للاستعمال في طبقة التكييف رقم 1 لأسلوب النقل غير المتزامن ATM (AAL1) تسمح بتشوير الطور النسبي كخاتم توقيت وإرساله عبر شبكة رزم لكي يستعمل في توليد تردد إشارة PDH.

10 نقل التردد باستعمال الإثرنت المتزامن

1.10 الإثرنت المتزامن: عام

يعرف الاتحاد الدولي للاتصالات الإثرنت المتزامن على أنه وسيلة لاستخدام الإثرنت في نقل التوقيت (التردد) عبر طبقة ETY. وهذه حالة عامة لتوقيت الطبقة رقم 1 وتم طرحها في التوصية [ITU-T G.8261].

ويرد تعريف الميقاتيات المستخدمة في الإثرنت المتزامن في التوصية [ITU-T G.8262] وهي متوافقة مع الميقاتيات المستخدمة في شبكة التزامن الحالية. ونتيجة لذلك، يظل تصميم تزامن الشبكة متسقاً مع الممارسات الحالية لتزامن الشبكة. ويظل الارتعاش والجنوح متوافقين مع التوصيات الحالية (انظر التوصية [ITU-T G.8262]).

وتستوجب المعايير [IEEE 802.3] أن يعمل معدل خط الإثرنت ضمن معدل محدد (±100 ppm) نسبة إلى مرجع مطلق. وينطوي الإثرنت المتزامن ببساطة على أن ينسب هذا المعدل إلى مرجع خارجي. ولذلك، لا يفرض الإثرنت المتزامن أي قيود على أجهزة الإثرنت القائمة التي لا تحتاج إلى قدرات متزامنة. ومع ذلك، ففي الحالات التي تتطلب استعادة التردد باستعمال الإثرنت المتزامن، يحتاج الأمر إلى رسالة لحالة التزامن (SSM).

وتعمل منافذ الإثرنت المتزامن عادة ضمن مدى تسامح للتردد مقداره ±4,6 ppm. بيد أنه للتشغيل مع سطوح بينية غير متزامنة، يجب أن تعمل مستقبلات الإثرنت المتزامن هي الأخرى على تردد ±100 ppm لاستمرارية البيانات.

ملاحظة – قد تكون هناك سطوح بينية للإثرنت المتزامن بإمكانات وظيفية مخفضة من حيث إنه يمكنها أن توفر وظائف الإثرنت المتزامن في اتجاه واحد فقط (إرسال أو استقبال). وتحتاج التفاصيل إلى مزيد من الدراسة.

ويرد في هذه التوصية وصف الرسائل SSM من أجل الإثرنت. والغرض من الرسالة SSM هو أن تستخدم في خوارزميات انتقاء التزامن على أساس التوصية [ITU-T G.781]. ومع ذلك، قد لا يتطلب الأمر كامل وظيفية الرسائل SSM في جميع العقد في الشبكة. وتتوقف القدرة على استلام الرسائل SSM على التطبيق المخصص للسطوح البينية التي تنوي استخدام طبقة الإثرنت المادية لاستخلاص ميقاتية الشبكة. غير أن القدرة على توليد رسائل SSM لا تطلب إلا في الحالات التي يشارك فيها عنصر

الشبكة في توزيع توقيت الشبكة. وقد يترتب على ذلك آثار بالنسبة لبعض أحوال التنفيذ التي قد تصادف عند حافة شبكة ما، حيث ينتهي التزامن في عنصر الشبكة.

وفي بعض حالات التطبيق، في شبكات النفاذ بصورة أساسية، ربما يتسنى استعادة التوقيت من إشارة إثرنت لا تحمل قناة ESMC وتوليد إشارة إثرنت متزامن بدون قناة ESMC. ويتحمل المشغل مسؤولية هذا الاستعمال ويحتاج إلى مزيد من الدراسة.

2.10 أساليب التشغيل

تعمل معدات الإثرنت غير المزودة بإمكانات الإثرنت المتزامن بأسلوب لا تزامني يحصل فيه كل سطح بيني للدخل على توقيته من إشارة الدخل الخاصة به التي تكون ضمن مدى تردد يبلغ ±100 ppm (±20 ppm لشبكة المنطقة الواسعة (WAN) ذات السرعة 10 G كما هو محدد في الفقرة 2.6.57 من المعيار [IEEE 802.3]) والذي قد يتضمن فيه كل سطح بيني للخرج مذبذب طليق يولد توقيتاً ضمن معدل تردد يبلغ ±100 ppm (±20 ppm لشبكة المنطقة الواسعة (WAN) ذات السرعة 10 G).

وتزود معدات الإثرنت المتزامنة بميقاتية نظام (مثل ميقاتية معدات الإثرنت المتزامنة). وبمقدور السطوح البينية للإثرنت المتزامنة استخلاص الميقاتية المستقبِلة وتمريرها إلى ميقاتية النظام.

وميقاتية المعدات هذه يمكنها العمل بواحد من الأسلوبين: QL-enabled وQL-disabled كما هو موصف في التوصية [ITU-T G.781]. ويجوز تشكيل كل سطح بيني لمعدة من معدات الإثرنت المتزامنة بحيث تعمل إما بالأسلوب غير المتزامن أو بالأسلوب المتزامن.

أسلوب التشغيل غير المتزامن

السطح البيني للإثرنت المتزامن المشكل بالأسلوب غير المتزامن هو سطح بيني لا يمرر، فيما يتعلق بجانب الاستقبال، الميقاتية المستعادة إلى ميقاتية النظام وبالتالي لا يعد مرجعاً لعملية اختيار التزامن. وهو لا يعالج القناة ESMC التي قد تكون موجودة ومن ثم لا يمكنه استخلاص قيمة مستوى الجودة (QL).

وعلى جانب الإرسال، يمكن مزامنة تردد خرجه مع الميقاتية EEC، بيد أن هذا الأمر يظل مجهولاً بالنسبة للسطح البيني للاستقبال عند النهاية الأخرى للوصلة. وفي الواقع، لا يولد السطح البيني العامل بأسلوب التشغيل غير المتزامن أي قناة ESMC وبالتالي، لا يرسل قيمة لمستوى الجودة (QL).

وسطح بيني كهذا لا يشارك في شبكة التزامن وتماثل وظيفته السطح البيني المتزامن المعرف في المعيار [IEEE 802.3].

أسلوب التشغيل المتزامن:

يمكن تشكيل السطح البيني للإثرنت المتزامن بأسلوب التشغيل المتزامن.

ويكون جانب الاستقبال الخاص به قادراً على استخلاص تردد إشارة دخله وتمريره إلى ميقاتية النظام (ميقاتية EEC أو ميقاتية ذات جودة أفضل). وهو يعالج القناة ESMC ويستخلص قيمة لمستوى الجودة (QL). ويمكن الآن استعمال هذه الإشارة كمرجع تردد مرشّح.

ويثبت جانب الإرسال في السطح البيني على توقيت خرج ميقاتية النظام ويولد القناة ESMC لنقل قيمة لمستوى الجودة (QL).

وفي الحالة الخاصة للسطوح البينية للإثرنت للكبلات النحاسية 1G الموصفة في المعيار [IEEE 802.3]، تجري هذه السطوح تفاوض تلقائي للوصلة لتحديد الميقاتيتين الأساسية والتابعة للوصلة. وفي الحالة التي تستخدم فيها هذه السطوح البينية للإثرنت المتزامن، يتعين مراعاة مسار التوقيت الناتج في حالة استعمال توزيع الترددات القائم على الإثرنت المتزامن. ويجب أن تتسق الميقاتية الأساسية مع خطة تزامن الشبكة.

ويعود الاختيار للمشغل فيما يتعلق باستخدام سطح بيني للإثرنت المتزامن كسطح بيني مرشّح للتزامن في حالة غياب قيم للقناة ESMC ومستوى الجودة (QL). ويخضع هذا الاستخدام لمسؤولية المشغل ويحتاج إلى مزيد من الدراسة.

11 رسالة حالة التزامن (SSM) للإثرنت المتزامن

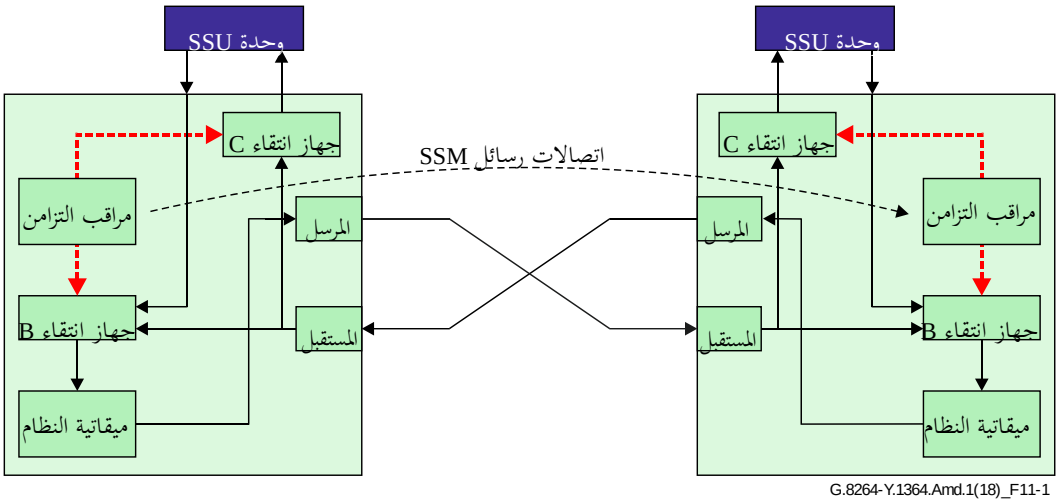
1.11 رسالة حالة التزامن على مستوى الرزمة

بالنسبة إلى رسائل SSM القائمة على التراتب SDH، فإن الرسالة تُحمل في مواقع ثابتة ضمن رتل SDH. وفي حالة الإثرنت، ليس هنالك مكافئ لرتل ثابت. وتُحمل الرأسية لمختلف الوظائف، مثل الراحة والتشغيل والإدارة والصيانة (OAM) وغير ذلك، من خلال بروتوكولات تعمل عبر الطبقة المادية. وعلى هذا الأساس، يجب أن تُحمل الرسالة SSM عبر بروتوكول ما.

ومن الناحية المنطقية، يمكن اعتبار الرأسية SSM في التراتب SDH بمثابة قناة اتصال وحيد الاتجاه مخصصة بين كيانين يعالجان رسائل SSM. ويعرض الشكل 1-11 مثالاً مبسطاً لعنصري شبكة موصولين ببعضهما. وكل من العنصرين موصل أيضاً بوحدة SSU. ويوجد داخل كل عنصر شبكة منتقيات لتوفير انتقاء المصدر لميقاتية النظام. وتخضع المنتقيات لسيطرة وحدة تسمى "مراقب التزامن". وهذه الوحدة مسؤولة أيضاً عن مراقبة حماية التوقيت. وهناك سطح بيني لنظام الإدارة غير ظاهر في الشكل.

ويمكن تنفيذ وحدة التزامن في صورة برمجية تعمل على عنصر شبكة ويمكن أن يكون دخلها الرسالة SSM لمستوى الجودة على إشارات الدخل المختلفة (مثل إشارات الدخل الخارجية أو إشارات الدخل الخطية). ووحدة مراقبة التزامن هي المسؤولة أيضاً عن توليد رسالة SSM على إشارات الخرج المناسبة لبيان شروط معينة (مثل إدخال أمر "لا يستعمل" على بعض المنافذ – انظر [ITU-T G.781])

وتمثل SSM دلالة تعبر عن مستوى جودة ميقاتية الإرسال، وبالتالي تمثل قناة وحيدة الاتجاه بين وحدة مراقب التزامن في عنصر الشبكة للإرسال وهذه الوحدة في عنصر الشبكة للاستقبال.



الشكل 1-11 – قناة مبسطة لرسالة SSM

لا يشير الشكل 1.11 إلى استعمال نوع قناة بعينه. وفي حالة التراتب SDH، توجد رأسية مخصصة في رأسية النقل. وفي حالة الإثرنت، لا توجد هذه الرأسية، بيد أن الأمر يتطلب آلية لتوفير قدرة الاتصال هذه.

وبالنسبة لحالة الرسالة SSM في الإثرنت المتزامن، تستند قناة الرسالة إلى عمليات OAM للوصلة الخاصة بالمعيار [IEEE 802.3] ويستخدم بروتوكول OSSP الخاص بمعهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات لنقل قيمة مستوى الجودة الخاصة بإشارة الإثرنت المادية المعنية.

1.1.11 تشغيل القناة ESMC مع تجميع الوصلات

يعرف المعيار [IEEE 802.3] العديد من البروتوكولات البطيئة ويسمح باستعمال بروتوكولات مختلفة منها في نظام وحيد عبر مقطع وصلة وحيد. وبالنسبة لعمليات تنفيذ القناة ESMC، فإنها يجب أن تراعي أن مستوى الجودة ينطبق على ميقاتية الطبقة المادية وأن تعالج القناة تبعاً لذلك. فعلى سبيل المثال، تعد وظيفة تجميع الوصلات (LAG) للمعيار [IEEE 802.1AX] وظيفة أخرى تستخدم البروتوكولات البطيئة وتوفر آلية لحمل الأرتال MAC عبر مجموعة من الوصلات، وكما تشير الفقرة 2.2.57 من المعيار [IEEE 802.3]،

يتم تجميع الوصلات فوق العمليات OAM وبالتالي فوق القناة ESMC. وبما أن القناة ESMC تنمذج على العمليات OAM للوصلة، فإنه يلزم معالجة رسائل القناة ESMC بالتالي على كل وصلة مفعلة بالإثرنت المتزامن في المجموعة LAG.

ومن المهم الإشارة أيضاً إلى أن استعمال الوصلات المتوازية، كما هو الحال في عملية تجميع الوصلات يتطلب أن ينظر إليه بعناية نتيجة لاحتمال تولد عروات توقيت (انظر الفقرتين 2.13.5 و1.3.13.5 من التوصية [ITU-T G.781]). وكما تشير الفقرة 2.13.5 من التوصية [ITU-T G.781]، فإن مفهوم "حزمة" يطرح في الحالات التي تتقاسم فيها وصلات توقيت متعددة مصدر التزامن نفسه (أي نفس الميقاتية EEC في حالة الإثرنت المتزامن). وفي هذه الحالة، التي تنطبق أيضاً على تجميع الوصلات، فإنه عندما يختار عنصر من عناصر الشبكة أحد منافذ الحزمة كدخل تزامن له، فإنه يجب أن يعيد أمر لا يستعمل/لا يستعمل للتزامن (DUS/DNU) على جميع منافذ التوقيت المدمجة في الحزمة. ويعود للمشغلين إما بتشكيل العديد من المنافذ المفعلة بالإثرنت المتزامن أو منفذ واحد منها في عملية تجميع الوصلات.

2.11 اختيار التزامن استناداً إلى الرسالة SSM

تمثل رسائل SSM مستوى جودة ميقاتيات النظام الواقعة في مختلف عناصر الشبكة. ويشير مستوى الجودة إلى أداء الاستبقاء في الميقاتية. والميقاتيتان المعرّفتان من أجل معدات الإثرنت المتزامن في التوصية [ITU-T G.8262] لهما خصائص مختلفة وأداء استبقاء مختلف إلى حد ما.

ملاحظة – لأغراض انتقاء الرسالة SSM، تعامل ميقاتية الخيار 1 في الميقاتية EEC للتوصية [ITU-T G.8262] بمثابة الخيار 1 للتوصية [ITU-T G.813]، بينما تعامل ميقاتية الخيار 2 في الميقاتية EEC بمثابة ميقاتية من النمط الرابع للتوصية [ITU-T G.812] أي (QL-SEC وQL-ST3، على التوالي). وترد الرسائل SSM في الجدول 11-1 وتعرف قيمة للحقل QL TLV أيضاً لدعم الميقاتيات ذات الأداء المحسن. (وترد هذه الميقاتيات الإضافية والقيم QL الخاصة بها في الجدول 11-6)

الجدول 11-1 – الرسائل SSM للإثرنت المتزامن

الميقاتية	مستوى الجودة	شفرة الرسالة SSM
EEC1	QL-EEC1	0xB
EEC2	QL-EEC2	0xA

وترد عملية اختيار التزامن بالتفصيل في الملحق A.

3.11 الرسائل SSM للإثرنت المتزامن: النسق والبروتوكول

وكما سبق القول، تُحمل دلالة مستوى جودة الميقاتية عبر بروتوكول يعمل فوق وصلة إثرنت متزامن. وتستخدم رسائل حالة التزامن للإثرنت قناة SSM باستخدام بروتوكول بطيء خاص بالمنظمة (OSSP) بحسب المعيار [IEEE 802.3]. ومستوى الشبكة لرسائل SSM معرّف في التوصية [ITU-T G.781]. وتقوم أوقات معالجة الرسائل الواردة ضمن التوصية [ITU-T G.781] على أساس أهداف إعادة تشكيل الشبكة، وهي معرّفة استناداً إلى خصائص الأداء لميقاتيات النظام (الميقاتية SEC لحالة SDH، والميقاتية EEC لحالة إثرنت المتزامنة). وحرصاً على تلبية متطلبات الأداء من أجل تبديل المراجع في التوصية [ITU-T G.781]، تم تعريف نمطين من أنماط رسائل البروتوكول. وبصفة عامة، تستخدم رسالة خلفية أو رسالة "نابضة" لتوفير دلالة مستمرة عن مستوى جودة الميقاتية. وتلبي فترة رسالة بمقدار ثانية واحدة متطلبات معدل الرسائل بموجب البروتوكولات البطيئة للمعيار [IEEE 802.3]. ولتدنية آثار الجنوح التي قد تحدث أثناء الاستبقاء، يتم فوراً توليد رسالة من نمط الحدث مقرونة بشفرة جديدة للرسالة SSM، رهناً بمتطلبات معالجة الميقاتية في التوصية [ITU-T G.781]. وللحماية من احتمال العطل، يعتبر غياب الرسائل حالة عطل. ويكون سلوك البروتوكول على أساس أن مستوى الجودة يعتبر QL-FAILED في حالة عدم استلام أي رسائل SSM بعد مدة تبلغ 5 ثوان. وترد التفاصيل في الفقرات التالية.

1.3.11 نسق القناة ESMC

الرسالة SSM للإثرنت هي بروتوكول بطيء للإثرنت معرف من جانب قطاع تقييس الاتصالات في الاتحاد، وقد زود معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE) قطع تقييس الاتصالات بمعرف هوية OUI ونوع فرعي للبروتوكول البطيء، وهما تستخدمان لتمييز

وحدة بيانات البروتوكول (PDU) الخاصة بالرسالة SSM للإثرنت. وتعرض القيم المخصصة من معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات في الجدول 11-2.

الجدول 11-2 – القيم المخصصة من معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات لمعرف الهوية OUI والنوع الفرعي للبروتوكول البطيء

معرف الهوية OUI	00-19-A7
النوع الفرعي للبروتوكول البطيء	0x0A

ويحمل مستوى الجودة في حقل TLV ضمن الوحدة PDU للقناة ESMC. ويعرف نوعان من أرتال الوحدة ESMC PDU ويتم التمييز بينهما بواسطة عَلم الحدث، وهما الوحدة PDU لمعلومات القناة ESMC والوحدة PDU لحدث القناة ESMC.

ويجب على عنصر الشبكة أن ينبذ أي حقل TLV ضمن الوحدة ESMC PDU لا يتعرف عليه ولا يقوم بتمريره عند استلامه.

1.1.3.11 نسق الوحدة PDU للقناة ESMC

يعرض نسق الوحدة ESMC PDU في الجدول 11-3. وتعرض قيمة الحقل TLV لمستوى الجودة (QL TLV) في الجدول 11-4.

ويشير الجدول 11-3 إلى موقع البتات والبايتات بالنسبة لنسق الوحدة PDU. ويكون ترتيب الإرسال كالتالي: يُرسَل الأثمون رقم 1 في الجدول أولاً. وبالنسبة لكل أثمون، فإن البتة الأقل دلالة (LSB) هي التي تُرسَل أولاً.

الجدول 11-3 – نسق الوحدة PDU للقناة ESMC

رقم الأثمون	الحجم/البتات	الحقل
6-1	6 أثمونات	عنوان المقصد = 01-80-C2-00-00-02 (hex)
12-7	6 أثمونات	عنوان المصدر
14-13	أثمونان	نوع إثرنت البروتوكول البطيء = 88-09 (hex)
15	أثمون واحد	النوع الفرعي للبروتوكول البطيء = 0A (hex)
18-16	3 أثمونات	المعرف OUI الخاص بالاتحاد = 00-19-A7 (hex)
20-19	2 أثمونان	النوع الفرعي الخاص بالاتحاد
21	البتات 4:7 (الملاحظة 1)	الإصدار
	البتة 3	علم الحدث
	البتات 0:2 (الملاحظة 2)	محجوز
24-22	3 أثمونات	محجوز
1532-25	1490-36 أثمون	بيانات وحشو (انظر البند ي)
آخر 4 أثمونات	4 أثمونات	تتابع التحقق من الرتل (FSC)

الملاحظة 1 – البتة 7 هي البتة الأكثر دلالة في الأثمون 21. والبتات من 7 إلى 4 (البتات 7:4) تمثل رقم الإصدار المكون من أربع بتات للقناة ESMC.
الملاحظة 2 – البتات الثلاث الأقل دلالة (البتات 2:0) محجوزة.

وللوحدات ESMC PDU الحقول التالية حسب الترتيب المحدد أعلاه:

أ) عنوان المقصد (DA): هو عنوان بث متعدد للبروتوكول البطيء المعرف من المعهد IEEE. ويعرف النسق في الملحق 57B بالمعيار [IEEE 802.3].

ب) عنوان المصدر (SA): هو عنوان MAC مرتبط بالمنفذ الذي ترسل عبره الوحدة ESMC PDU.

ج) نوع إثرنت البروتوكول البطيء: يجب أن تكون الوحدات ESMC PDU مشفرة حسب النوع ويجب أن تحمل قيمة لحقل نوع البروتوكول البطيء. ويرد وصف أنواع الإثرنت في المعيار [IEEE 802].

د) النوع الفرعي للبروتوكول البطيء: يخصصه المعهد IEEE وهو ثابت القيمة 0x0A.

هـ) المعرف OUI الخاص بالاتحاد: معرف OUI مخصص من قبل سلطة التسجيل التابعة للمعهد IEEE.

و) يخصص قطاع تقييس الاتصالات النوع الفرعي الخاص بالاتحاد. وتطبق القيمة 01-00 على جميع الاستعمالات المحددة في هذه التوصية.

ز) الإصدار: حقل من أربع بتات يشير إلى إصدار نسق الرتل OSSP الخاص بقطاع تقييس الاتصالات. ويجب أن يتضمن هذا الحقل القيمة 0x1 لإعلان الامتثال للإصدار 1 من هذا البروتوكول.

ح) عَلَم الحدث: تميز هذه البتة السلوك الحرج الحساس من حيث الزمن للوحدة PDU الخاصة بحدث القناة ESMC عن الوحدة PDU لمعلومات القناة ESMC. وتشير القيمة 1 إلى وحدة PDU خاصة بحدث والقيمة 0 إلى وحدة PDU خاصة بمعلومات.

الملاحظة 1 – سلوك الوحدة PDU الخاصة بالحدث مشابه للحدث الحرج المعرف للعمليات OAM للإثرنت الوارد في الفقرة 57 من المعيار [IEEE 802.3]. ويجب أن تفي رسائل الأحداث بأزمنة المعالجة المحددة في التوصية [ITU-T G.781].

ط) تحجز لأعمال تقييس مستقبلية (27 بتة). وتضبط هذه الحقول على قيم صفرية كاملة عند المرسل وتغفل من جانب المستقبل.

ي) بيانات وحشو: يتضمن هذا الحقل على البيانات والحشو الضرورية لتحقيق الحجم الأدنى للرتل البالغ 64 بايتة. ويجب أن تكون الوحدة PDU عدداً صحيحاً من البايتات (الأثمونات). وتضبط رموز الحشو على قيمة الصفر المنطقية وتغفل من جانب المستقبلات.

الملاحظة 2 – الحجم الأقصى الموصى به للوحدة ESMC PDU هو 128 بايتة حسب الملحق 57B من المعيار [IEEE 802.3]. ومع ذلك، يمكن السماح بأحجام أكبر من 128 بايتة للوحدة PDU.

ك) تتابع التحقق من الرتل (FSC): تتابع التحقق من الرتل المكون من 4 بايتات كما هو معرف في الفقرة 4 من المعيار [IEEE 802.3].

2.1.3.11 نسق الحقل TLV لمستوى الجودة

يعرض نسق بيانات مستوى الجودة الجدول 11-4 أدناه؛ ويستعمل هذا النسق في كل من رسائل المعلومات والأحداث. ويضم حقل الطول الحقل TLV بالكامل، بما في ذلك قيمتا النوع والطول. ويتبع ذلك اصطلاح الحقل TLV الموضح في الفقرة 1.2.5.57 من المعيار [IEEE 802.3].

الجدول 11-4 – نسق الحقل TLV لمستوى الجودة

رقم الأثمون	الحجم/البتات	الحقل
1	8 بتات	النوع: 0x01
3-2	16 بتة	الطول: 04-00
4	البتات 7:4 (الملاحظة)	0x0 (غير مستعمل)
	البتات 3:0	شفرة الرسالة SSM
ملاحظة – البتة 7 في الأثمون 4 هي البتة الأكثر دلالة. والمقطع الصغير الأقل دلالة، البتات من 3 إلى 0 (البتات 3:0) يتضمن شفرة الرسالة SSM المكونة من 4 بتات.		

لتمكين عمليات التنفيذ المحتملة للعتاد، يرسل الحقل QL TLV عادة كقيمة TLV أولى في حقل البيانات/الحشو. ويعني ذلك أن بيان مستوى الجودة (QL) يظل ثابتاً دائماً في الوحدة PDU. وجميع القيم TLV الإضافية (مثل القيمة QL TLV الموسعة) يجب أن تحدث بعد القيمة QL TLV وبدون حشو بين القيم TLV. ويجب أن يوضع أي حشو بعد آخر قيمة TLV.

3.1.3.11 نسق القيمة QL TLV الموسعة

لدعم الميقاتيات الجديدة والوظائف المضافة، يعرف في الجدول 11-5 نسق للقيمة QL TLV الموسعة. وهذه القيمة TLV طولها 20 بايتة وتدعم المعلومات المتضمنة في الحقول الموصفة. وتعرف مستويات جودة الميقاتيات الجديدة في الجدول 11-6. ويدعم ذلك أنواع الميقاتيات الجديدة ويحمل معلومات جديدة.

الملاحظة 1 – في الصيغ السابقة من هذه التوصية، كانت الأثمونات 4-20 في الجدول 11-5 يشار إليها على أنها "رسالة SSM موسعة" ولم يعد هذا المصطلح يستعمل في هذه التوصية.

الملاحظة 2 – ويمكن تحديث هذين الجدولين بحيث تضاف إليهما ميقاتيات أخرى متى تم استحداثها.

الجدول 11-5 – القيمة QL TLV الموسعة

رقم الأثمون	الحجم/البتات	الحقل
1	8 بتات	النوع: 0x02
3-2	16 بتة	الطول: 0x0014
4	8 بتات	شفرة رسالة SSM معززة (انظر الجدول 11-6)
12-5	64 بتة	هوية ميقاتية الإثرنت المتزامن لمنشأ القيمة QL TLV الموسعة (الملاحظة 1)
13	8 بتات	علم (الملاحظة 2)
14	8 بتات	عدد الميقاتيات eEEC المتعاقبة من أقرب وحدة SSU/ميقاتية PRC/ميقاتية ePRC
15	8 بتات	عدد الميقاتيات EEC المتعاقبة من أقرب وحدة SSU/ميقاتية PRC/ميقاتية ePRC
20-16	40 بتة	محجوز للاستعمال في المستقبل

الملاحظة 1 – تنسق هوية ميقاتية الإثرنت المتزامن طبقاً لهذه الفقرة. ويشير منشأ القيمة QL TLV الموسعة إلى الميقاتية التي تبدأ أو تعيد بدء عد الميقاتيات المتعاقبة داخل القيمة TLV. فإذا بدأ العد أو أعيد البدء في العد في وسط السلسلة، تضبط بتة السلسلة الجزئية على القيمة 1 (انظر الملاحظة 2 والفقرة 4.1.3.11)

الملاحظة 2 – البتة 0 تعني ميقاتية eEEC/EEC مختلطة (أي 1 إذا لم تكن ميقاتية واحدة على الأقل eEEC؛ و0 إذا كانت جميع الميقاتيات eEEC)؛ والبتة 1 تعني سلسلة فرعية (أي 1 إذا تولدت القيمة TLV في وسط السلسلة ولم يكتمل عدد الميقاتيات eEEC/EEC)؛ والبتات 7-2 محجوزة للاستعمال في المستقبل. انظر أيضاً الفقرة 4.1.3.11.

الجدول 11-6 – شفرات الرسائل SSM المعززة للإثرنت المتزامن

الميقاتية	مستوى الجودة	شفرة الرسائل SSM المعززة
EEC1	QL-EEC1	0xFF
EEC2	QL-EEC2	0xFF
أنواع الميقاتيات الأخرى الواردة في التوصية [ITU-T G.781] (الملاحظة)	رسالة مستوى الجودة (يشير إلى القيمة QL TLV) (الملاحظة)	0xFF
PRTC	QL-PRTC	0x20
ePRTC	QL-ePRTC	0x21
eEEC	QL-eEEC	0x22
ePRC	QL-ePRC	0x23

ملاحظة – يوضح الجدولان 11-8 و11-9 مجموعة كاملة من أنواع الميقاتيات المأخوذة من التوصية [ITU-T G.781].

ينبغي لهوية ميقاتية الإثرنت المتزامن أن تتولد طبقاً للقواعد التالية:

أ) إذا كانت العقدة SyncE تدعم القيمة QL TLV الموسعة ولا تدعم ميقاتية PTP، فإنه يمكن بناء هوية ميقاتية الإثرنت المتزامن من معرف OUI أو عنوان MAC – متوسط (MA-M) أو عنوان MAC – صغير (MA-S)، مثلاً،

'1' إذا كانت هوية الميقاتية SyncE تُبنى باستعمال معرف OUI للأثمونات الثلاثة الأولية، فإن المنظمة التي تمتلك المعرف OUI يجب أن تضمن أن الأثمونات الخمسة الباقية من المعرف EUI-64 متفردة داخل نطاق قيم هوية الميقاتية SyncE المخصصة من المنظمة؛

'2' إذا كانت هوية الميقاتية SyncE تُبنى باستعمال عنوان MA-M للأثمونات الأولية البالغ عددها 3,5 أثمون، فإن المنظمة التي تمتلك المعرف OUI يجب أن تضمن أن الأثمونات المتبقية البالغ عددها 4,5 أثمون من المعرف EUI-64 متفردة داخل نطاق قيم هوية الميقاتية SyncE المخصصة من المنظمة؛

'3' إذا كانت هوية الميقاتية SyncE تُبنى باستعمال عنوان MA-S للأثمونات الأولية البالغ عددها 4,5 أثمون، فإن المنظمة التي تمتلك المعرف OUI يجب أن تضمن أن الأثمونات المتبقية البالغ عددها 3,5 أثمون من المعرف EUI-64 متفردة داخل نطاق قيم هوية الميقاتية SyncE المخصصة من المنظمة.

ب) إذا كانت العقدة SyncE تدعم القيمة QL TLV الموسعة وميقاتية PTP استناداً إلى المعيار [b-IEEE 1588]، و

'1' فإذا كانت هوية الميقاتية PTP تُبنى باستعمال معرف OUI للأثمونات الثلاثة الأولية وكانت الأثمونات الخمسة المتبقية مخصصة بصورة متفردة من المنظمة، فإنه يمكن للميقاتية SyncE أن تستعمل هوية الميقاتية PTP هذه كهوية للميقاتية SyncE أو تستعمل القاعدة المذكورة في أ) أعلاه لتوليد هوية منفصلة للميقاتية SyncE؛ وخلاف ذلك

'2' إذا كانت هوية الميقاتية PTP تُبنى من معرف EUI-48 أو من معرف خلاف المعرف EUI-64 للمعهد IEEE، فإنه ينبغي للميقاتية SyncE أن تستعمل القاعدة المذكورة في أ) أعلاه لتوليد هوية للميقاتية SyncE:

ج) إذا كانت العقدة SyncE تدعم القيمة QL TLV الموسعة وميقاتية PTP وكانت هوية الميقاتية PTP تُبنى:

'1' باستعمال معرف OUI للأثمونات الثلاثة الأولية وكانت الأثمونات الخمسة المتبقية مخصصة بصورة متفردة من المنظمة؛

'2' أو باستعمال عنوان MA-M للأثمونات الأولية البالغ عددها 3,5 أثمون وكانت الأثمونات المتبقية البالغ عددها 4,5 أثمون مخصصة بصورة متفردة من المنظمة؛

'3' أو باستعمال عنوان MA-S للأثمونات الأولية البالغ عددها 4,5 أثمون وكانت الأثمونات المتبقية البالغ عددها 3,5 أثمون مخصصة بصورة متفردة من المنظمة؛

فإنه يمكن للميقاتية SyncE استعمال هوية الميقاتية PTP هذه كهوية للميقاتية SyncE أو استعمال القاعدة المذكورة في أ) أعلاه لتوليد هوية منفصلة للميقاتية SyncE.

4.1.3.11 التشغيل البيني لأجيال مختلفة من الإثرنت المتزامن

بالرغم من أن القيمة QL TLV الموسعة استُحدثت لكي تستعمل مع الميقاتية eEEC، فإنه يمكن تطبيق الآلية الأساسية في المستقبل من أجل الميقاتيات EEC الأقدم. ويفضي ذلك إلى ثلاث توليفات محتملة للميقاتيات التي يتعين مراعاتها؛ الميقاتية eEEC مع دعم القيمة QL TLV الموسعة، والميقاتية EEC بدون دعم القيمة QL TLV الموسعة والميقاتية EEC بدعم القيمة QL TLV الموسعة.

وفي حالة وجود عقد منشورة بالفعل لا تدعم القيمة QL TLV الموسعة، فإن التشغيل البيني بين أجيال مختلفة من الإثرنت المتزامن يتحقق من فكرة أن عنصر الشبكة يجب أن ينبذ أي قيمة TLV ضمن الوحدة ESMC PDU لا يتعرف عليها ولا يمررها عند استقبالها.

وتمكن القيمة QL TLV الموسعة من تسجيل عدد الميقاتيات eEEC وEEC المتعاقبة. فإذا كانت هناك ميقاتية لا تدعم القيمة QL TLV الموسعة في سلسلة من الميقاتيات، فإن نبذ القيمة TLV، كما تمت الإشارة إليه أعلاه، سيؤدي إلى عدم اكتمال

العد. وتحدد القيمة QL TLV الموسعة علامة من أجل تمكين الميقاتيات التي تدعم الرسائل ESMC المعززة من أن تكون لديها القدرة على الإبلاغ بوجود ميقاتيات قد تكون قامت بنبذ قيم TLV.

وكمثال، فإنه في حالة سلسلة من الميقاتيات eEEC، تأخذ البتتان 0 و1 القيمة "0" عند خرج السلسة وهو ما يشير إلى أن السلسلة SyncE تقوم بشكل كامل على الميقاتيات eEEC وأن عد الميقاتيات مكتمل.

وفي حالة ميقاتية EEC وسيطة غير قادرة على علاج القيمة QL TLV الموسعة، تسقط الميقاتية EEC القيمة TLV. وفي الميقاتية eEEC التالية في السلسلة SyncE، تضاف القيمة TLV بحيث تضبط البتتان 0 و1 على القيمة "1" للإشارة إلى أن السلسلة SyncE لا تقوم بشكل كامل على الميقاتيات eEEC وأن عد الميقاتيات غير مكتمل.

ومع ذلك، ففي حالة ميقاتية EEC وسيطة قادرة على معالجة القيمة QL TLV الموسعة، فإن البتة 0 تضبط عند خرج الميقاتية EEC هذه على القيمة 1 للإشارة إلى أن السلسلة SyncE تتضمن خليطاً من الميقاتيات EEC وeEEC والبتة 1 تضبط على القيمة 0 للإشارة إلى أن عد الميقاتيات في السلسلة مكتمل.

2.3.11 سلوك البروتوكول

تتضمن الوحدة ESMC PDU القيمة QL TLV بالنسبة للإثرنت المتزامن. واختيار مصدر التزامن باستعمال الرسائل SSM معرف في التوصية [ITU-T G.781]. ويمكن تطبيق التوصية [ITU-T G.781] على كل من التراتب SDH والإثرنت المتزامن. والبروتوكولات الخاصة بحمل الرسائل SSM تختلف في كل من التراتب SDH والإثرنت المتزامن. وتوفر المعالجة المسبقة في الوظائف الذرية المناسبة سطحاً بينياً منتظماً لخوارزمية معالجة التزامن. ويلتزم البروتوكول الموصوف في هذه الفقرة بالمتطلبات الخاصة بالبروتوكولات البطيئة الواردة في الملحق 57B من المعيار [IEEE 802.3].

وشفرة الرسالة SSM المتضمنة في القيمة QL TLV تمثل دقة التشغيل الحر للميقاتية التي تعد في ذلك الوقت مصدر الميقاتية لمسار التزامن. وتعرف في التوصية [ITU-T G.781] قيود معينة بشأن أزمنة المعالجة للرسائل.

ملاحظة – توصف أزمنة المعالجة من أجل الظروف النموذجية. وقد تكون هناك حالات لا تُستوفى فيها أزمنة المعالجة تلك.

وعندما يعمل عنصر شبكة في الأسلوب الممكن بمستوى الجودة، فإن توليد البروتوكول واستقباله يجب أن يفي بالمعايير الواردة في الفقرتين 1.2.3.11 و2.2.3.11 أدناه، على الترتيب. وتمت نمذجة وظيفة اختيار التزامن بالملحق A من التوصية [ITU-T G.781] باستعمال واصفات لغة المواصفات والوصف (SDL). وتستند الجوانب الحرجة في الخوارزمية إلى مستوى جودة الدخل لكل نقطة P (أي QL[p] في التوصية [ITU-T G.781]). ومستوى جودة الخرج (QL_out) سيكون الشفرة SSM التي يتعين إرسالها على منافذ الخرج لعنصر الشبكة. وتصف التوصية [ITU-T G.781] حالات تطبق فيها الوحدة DNU بدلاً من المستوى QL النشط. والملحق A بالتوصية [ITU-T G.781] معياري، حيث يصف سلوك عنصر الشبكة. وهو لا يوصي بالضرورة بتنفيذ بعينه.

وفي هذه التوصية، تستعمل حالات مستوى الجودة لوصف سلوك البروتوكول. وحالة مستوى الجودة تلك هي الحالة التي تكون حاضرة عند دخول خوارزمية اختيار التزامن في السطح البيني SD_CI.

ويستند التوليد إلى الحالة QL_out، بينما يستند الاستقبال إلى الحالة QL[p]. ويفترض الحفاظ على هذه الحالات ضمن الوظائف الذرية المناسبة بالنسبة للإثرنت المتزامن أو التراتب SDH (مثل الوظيفة ETY/SD أو الوظيفة MS/SD، على التوالي).

1.2.3.11 توليد مستوى الجودة

الوحدة PDU لمعلومات القناة ESMC التي تتضمن المستوى QL الحالي الذي تستعمله خوارزمية اختيار ميقاتية النظام، تتولد مرة كل ثانية.

وفي حالة حدوث تغير في المستوى QL، تتولد وحدة حدث PDU للقناة ESMC (أي توضع علامة الحدث) تتضمن القيمة QL TLV الجديدة عند اكتشاف التغير في المستوى QL. وذلك طبقاً لأزمنة نقل الرسائل ومعالجتها الواردة في التوصية [ITU-T G.781].

وفي جميع الأحوال لا يتم توليد أكثر من عشر وحدات ESMC PDU (معلومات و/أو أحداث) في أي مدة قوامها ثانية واحدة كما هو وارد في الملحق 57B بالمعيار [IEEE 802.3].

ملاحظة – الوحدة ESMC PDU هي وحدة PDU للبروتوكول البطيء فقط التي يجوز وجودها في أي نظام. ويضع المعيار [IEEE 802.3] حدوداً بخصوص العدد الإجمالي من البروتوكولات البطيئة التي يخضع كل منها لإرسال عشرة أرتال في الثانية كحد أقصى. وينبغي لعمليات التنفيذ التي تشهد العديد من البروتوكولات البطيئة أن تراعي الطبيعة الحساسة للزمن التي تتسم بها الرسالة من نوع الحدث.

وتعرف شيفرات الرسائل SSM للخيارات الإقليمية المختلفة.

بالنسبة لشبكات الخيار 1، إذا كانت الميقاتية لا تدعم إلا القيمة QL TLV، ينبغي ضبط شفرة الرسالة SSM طبقاً للجدول 11-7 وإرسال القيمة QL TLV.

وإذا كانت الميقاتية في إحدى شبكات الخيار 1 تدعم القيمة QL TLV والقيمة QL TLV الموسعة، ينبغي ضبط شفرة الرسالة SSM وشفرة الرسالة SSM المعززة طبقاً للجدول 11-8 وإرسال كل من القيمة QL TLV والقيمة QL TLV الموسعة. ويجب إرسال القيمتين TLV في وحدة ESMC PDU واحدة.

وبالنسبة لشبكات الخيار 2، إذا كانت الميقاتية لا تدعم إلا القيمة QL TLV، ينبغي ضبط شفرة الرسالة SSM طبقاً للجدول 11-8 وإرسال القيمة QL TLV.

وإذا كانت الميقاتية في إحدى شبكات الخيار 2 تدعم القيمة QL TLV والقيمة QL TLV الموسعة، ينبغي ضبط شفرة الرسالة SSM وشفرة الرسالة SSM المعززة طبقاً للجدول 11-9 وإرسال كل من القيمة QL TLV والقيمة QL TLV الموسعة. ويجب إرسال القيمتين TLV في وحدة ESMC PDU واحدة.

وبالنسبة لشبكات الخيار 3، تحتاج شفرات الرسائل SSM وشفرات الرسائل SSM المعززة للإثرنت المتزامن لمزيد من الدراسة.

الجدول 11-7 – شفرات الرسائل SSM وشفرات الرسائل SSM المعززة للإثرنت المتزامن في شبكات الخيار 1

الميقاتية	مستوى الجودة	شفرة الرسالة SSM	شفرة الرسالة SSM المعززة
PRC	QL-PRC	0010	0xFF
SSU-A	QL-SSU-A	0100	0xFF
SSU-B	QL-SSU-B	1000	0xFF
EEC1	QL-EEC1	1011	0xFF
(ملاحظة 1)	QL-DNU	1111	0xFF
PRTC	QL-PRTC	0010	0x20
ePRTC	QL-ePRTC	0010	0x21
eEEC	QL-eEEC	1011	0x22
ePRC	QL-ePRC	0010	0x23
الملاحظة 1 – لا توجد ميقاتية تقابل مستوى الجودة هذا.			
الملاحظة 2 – عند معالجة مستوى جودة الرسالة SSM، تعالج شفرة الرسالة SSM أولاً، ثم شفرة الرسالة SSM المعززة.			

الجدول 11-8 – شفرات الرسائل SSM وشفرات الرسائل SSM المعززة للإثرنت المتزامن في شبكات الخيار 2

الميقاتية	مستوى الجودة	شفرة الرسالة SSM	شفرة الرسالة SSM المعززة
PRS	QL-PRS	0001	0xFF
(الملاحظة 1)	QL-STU	0000	0xFF
ST2	QL-ST2	0111	0xFF
TNC	QL-TNC	0100	0xFF
ST3E	QL-ST3E	1101	0xFF
ST3	QL-ST3	1010	0xFF
EEC2	QL-EEC2	1010	0xFF
(الملاحظة 1)	QL-PROV	1110	0xFF
(الملاحظة 1)	QL-DUS	1111	0xFF
PRTC	QL-PRTC	0001	0x20
ePRTC	QL-ePRTC	0001	0x21
eEEC	QL-eEEC	1010	0x22
ePRC	QL-ePRC	0001	0x23

الملاحظة 1 – لا توجد ميقاتية تقابل مستوى الجودة هذا.
الملاحظة 2 – عند معالجة مستوى جودة الرسالة SSM، تعالج شفرة الرسالة SSM أولاً، ثم شفرة الرسالة SSM المعززة.

2.2.3.11 استقبال مستوى الجودة

تستعمل خوارزمية اختيار التزامن الموصوفة في التوصية [ITU-T G.781] حالة مستوى الجودة (QL_out) (انظر الملحق A بالتوصية [ITU-T G.781]). وبالنسبة للإثرنت المتزامن، يعتمد البروتوكول البطيء الذي يُستعمل لإرسال شفرة الرسالة SSM على استعمال مؤقت "نبضي". وترسل الوحدات PDU لمعلومات القناة ESMC دورياً بمعدل وحدة PDU في الثانية وعدم استقبال أي وحدة معلومات PDU للقناة ESMC خلال فترة تصل إلى 5 ثوان يؤدي إلى أن تكون SSF=true (QL=QL-FAILED في الأسلوب القائم على المستوى QL). ويخضع مرجع التزامن الآن لفترة "انتظار للاستعادة" على النحو المعرف في التوصية [ITU-T G.781].

والقيمة بالتغيب (الأولية) للمستوى QL هي وحدة DNU ويجب ألا تتغير إلا عند استلام قيمة QL TLV سارية.

وعند استعمال قيمة TLV لحدث، تتغير حالة مستوى الجودة إلى القيمة QL الجديدة، ويُعاد ضبط مؤقت المعلومات.

4.11 تمديدات الوحدات ESMC PDU

تخضع التمديدات المستقبلية للوحدات ESMC PDU لمزيد من الدراسة. بيد أنه يتوقع أن تحدد هذه التمديدات من منظور نسق للقيمة TLV. ويُعرض النسق TLV في الجدول 11-9. ويحسب حجم الحقل TLV في صورة العدد الإجمالي للأثمونات في بنية الحقل TLV ويشمل الطول حقلي النوع والطول. ويلزم الحشو للبيانات للتأكد من أن الحقل TLV يتضمن عدداً صحيحاً من الأثمونات.

ملاحظة – تستعمل بايتتان لتمثيل حقل الطول. والحجم الأقصى المقترح للوحدة PDU للبروتوكول البطيء يساوي 128 بايتة طبقاً للملحق 57B بالمعيار [IEEE 802.3]. ومع ذلك، يسمح بأطوال أكبر من 128 بايتة للوحدات PDU للبروتوكول البطيء.

وتخضع التفاصيل الخاصة بالاستعمال لمزيد من الدراسة.

الجدول 11-9 – بنية الحقل TLV

1 byte	النوع
2 bytes	الطول (أثمونات)
N bytes	البيانات إصافة إلى الحشو

5.11 التشغيل البيني مع شبكات التزامن القائمة

انظر الفقرة 5.A من التوصية [ITU-T G.8261].

6.11 الرسائل SSM للميقاتيات ذات الاستبقاء المعزز

في عناصر الشبكة ذات الميقاتيات EEC، قد تكون هناك حالات تكون فيها جودة الاستبقاء الداخلية للميقاتية أفضل من تلك الموصفة في التوصية [ITU-T G.8262]. وفي هذه الحالة، إذا كانت هناك وحدة SSU في الجزء المتبقي من سلسلة التوقيت من أجل توفير استبقاء محسن، قد يكون من الأفضل لعنصر الشبكة أن يرفض الدخل محليا عندما يساوي المستوي QL الوارد الميقاتية EEC وبالتالي يعتمد على استبقاء ميقاتيته الداخلية لاشتقاق ميقاتيات المقصد بدلاً من مواصلة تتبع الدخل. ويمكن أن يوفر ذلك أداء أفضل لميقاتيات المقصد في بعض التطبيقات.

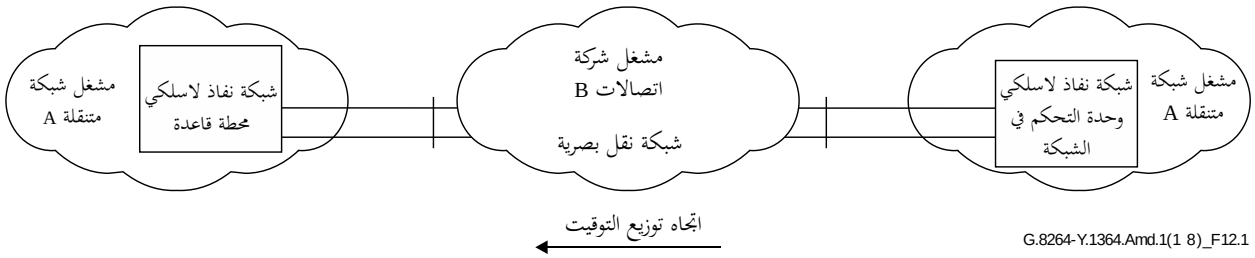
ويمكن تحقيق ذلك من خلال التوفير الجيد للمستوى QL للعقدة. وفي الحالات التي يتسق فيها سلوك الاستبقاء مع الميقاتيات القائمة، ينبغي استعمال القيمة QL المناسبة (مثل SSU-A أو SSU-B)، طبقاً للتوصية [ITU-T G.781].

وفي المقابل يمكن أيضاً تحقيق سلوك مماثل بتعديل المستوى QL الوارد (من QL=EEC إلى QL=DNU، مثلاً) في ظل ظروف معينة.

وفي الطريقتين، يتعين تشكيل السلوك المعدل لعنصر الشبكة بعناية بحيث يتسق مع الخطة الشاملة لتزامن شبكة المشغل.

12 استعمال الإثرنت المتزامن في بيئة مشغلين متعددين

قد تكون هناك سيناريوهات يتعين فيها توزيع مرجع توقيت في بيئة تضم مشغلين متعددين. ويقابل هذا الوضع الحالة التي تُحمل فيها إشارة توقيت مشغل ما عبر شبكة مشغل آخر. ويمكن إرسال إشارة التوقيت تلك تجاه معدة انتهائية وهو ما قد يتطلب وجود مرجع توقيت (محطة قاعدة (BS) مثلاً). انظر الشكل 12-1.



الشكل 12-1 – توضيح بيئة المشغلين المتعددين

سيستخدم مصطلحا "مشغل شركة اتصالات" و"مشغل شبكة متنقلة" في الأوصاف التالية لتوضيح المناقشة بحالة واقعية؛ ومع ذلك فإنه لا يُستهدف من ذلك تعقيد المناقشة بهذه الحالة وحدها وينبغي النظر في الحالات المتصورة باعتبار أنها قد تكون عامة أكثر.

وفي الحالة التي يحمل فيها الإثرنت المتزامن التوقيت، يمكن تصور نهجين مختلفين يضمان شبكة مشغل شركة الاتصالات من أجل توصيل مرجع التوقيت إلى المعدة الانتهائية، طبقاً لما إذا كانت إشارة الجزء التابع للإثرنت المتزامن تنقل بشفافية أم لا من منظور التوقيت.

وفي الواقع، فإن الأمر يعتمد على نوع الخدمة المدارة بالإثرنت التي يقدمها مشغل شركة الاتصالات فيما إذا كانت إشارة الإثرنت المتزامن الصادرة عن مشغل شبكة متنقلة قد لا تنقل بشفافية من منظور مرجع التوقيت الخاص بها (مثلاً، عندما تكون الطبقة

المادية لشبكة شركة الاتصالات إثرنت). وفي حالة عدم شفافية التوقيت هذه، فإن إشارة الجزء التابع للإثرنت عند خرج الخدمة المدارة بالإثرنت لا تحمل مرجع التوقيت الأصلي للإثرنت المتزامن.

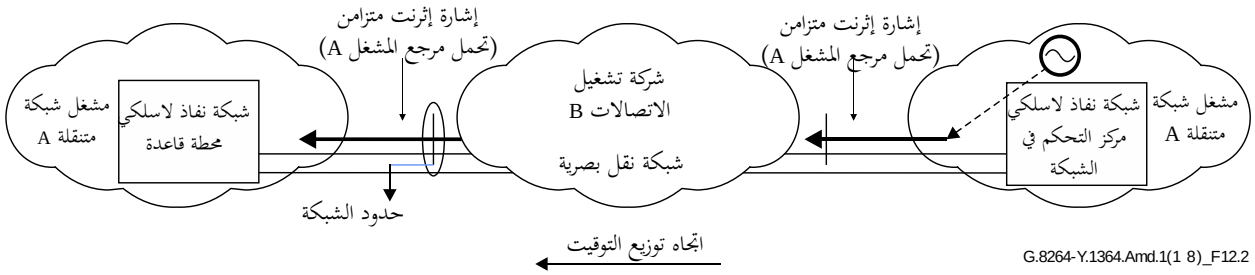
وفي حالة شبكة النقل البصرية، تدعم شفافية التوقيت في التوصية [ITU-T G.709]. فعلى سبيل المثال، يمكّن استخدام التقابل TTT+GMP الموصف في التوصية [ITU-T G.709] النقل الشفاف للتوقيت لإشارات الأجزاء التابعة للإثرنت المتزامن ذات السرعات 1 جيغابتة عبر شبكة النقل البصرية.

وتناقش حالة الخدمة المدارة بالإثرنت ذات التوقيت الشفاف في الفقرة 1.12 وحالة الخدمة المدارة بالإثرنت ذات التوقيت غير الشفاف في الفقرة 2.12.

1.12 الخدمة المدارة بالإثرنت ذات التوقيت الشفاف

يفترض في هذا النهج الأول أنه يمكن نقل معلومات توقيت إشارات الأجزاء التابعة للإثرنت المتزامن بشفافية عبر شبكة مشغل شركة الاتصالات. ويمكن تحقيق ذلك، على سبيل المثال، باستخدام شبكة نقل بصرية مع التقابل المناسب للتوقيت الشفاف. وكما ذكِر، فمن الأمثلة على ذلك نقل الإشارة 1000Base-X باستعمال التقابل TTT+GMP كما هو معرف في التوصية [ITU-T G.709]. ويمكن هذا التقابل من نقل قطار بتات إشارة الجزء التابع عبر شبكة النقل، بما في ذلك التوقيت ورسالة القناة ESMC.

ويقوم مشغل شركة الاتصالات بإجراء التقابل وفك التقابل لإشارة الجزء التابع للإثرنت المتزامن وحمل إشارة التوقيت ورسائل القناة ESMC بشفافية عبر شبكة النقل OTN (الشبكة OTN لا تعلم بوجود التوقيت والرسائل ESMC في إشارة الجزء التابع). ويعتمد التوصيل عبر مشغل شركة الاتصالات بالكامل على معدات الشبكة OTN. ويوضح هذا السيناريو في الشكل 2.12.



الشكل 12-2 – توضيح نقل شفاف للتوقيت لإشارات الأجزاء التابعة للإثرنت المتزامن في بيئة المشغلين المتعددين

وفي هذا السيناريو:

- تحمل إشارة الإثترنت المتزامن التي يولدها مشغل الشبكة المتنقلة مرجع توقيت مشغل الشبكة المتنقلة، بما في ذلك الرسائل ESMC؛
- تُحمل إشارة الإثرنت المتزامن بشفافية عبر شبكة مشغل شركة الاتصالات (ينقل قطار البتات بشفافية بما في ذلك التوقيت والرسائل ESMC)؛
- يستقبل مشغل الشبكة المتنقلة ويستخدم مرجع التوقيت الخاص به، بما في ذلك الرسائل ESMC التي تُحمل بشفافية عبر شبكة مشغل شركة الاتصالات لمزامنة المعدات النهائية في شبكة مشغل الشبكة المتنقلة.

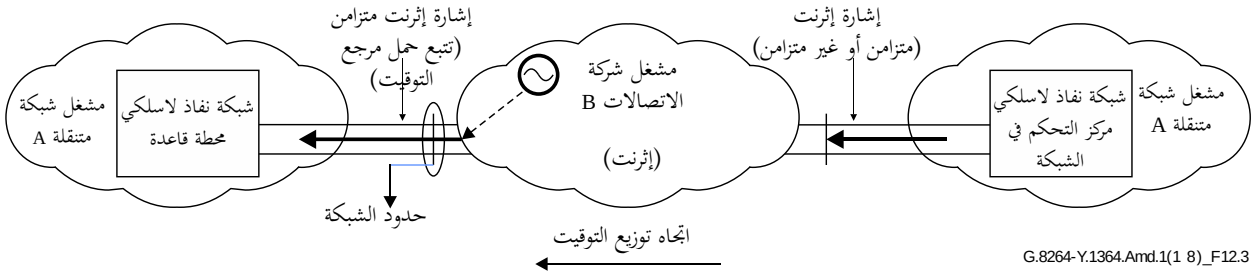
وقد لوحظ أن هذا النهج يتفق تماماً مع الحالة التقليدية لنقل التوقيت الشفاف للإشارات TDM (مثل نقل التراتب PDH في شبكة PDH والتراتب SDH في شبكة OTN).

وحدود الشبكة عند خرج شبكة مشغل شركة الاتصالات تقابل حدود شبكة الإثرنت المتزامن، كما هو معرف في الفقرة 1.2.9 من التوصية [ITU-T G.8261].

2.12 خدمة التزامن المقدمة من مشغل شركة اتصالات استناداً إلى سطح بيني يوفر مرجع توقيت مادياً (توليد مرجع إثرنت متزامن)

يتناول هذا النهج الثاني الحالة التي تكون فيها شبكة مشغل شركة الاتصالات شبكة لتبديل الرزم (مثل، الإثرنت) وتكون غير شفافة بالنسبة لإشارات توقيت الطبقة المادية، مثل الإنترنت المتزامن. فمثلاً، قد يكون هذا هو الوضع عندما تستخدم خدمات الخط الخاص للإثرنت (EPL) والخط الخاص الافتراضي للإثرنت (EVPL) كما هو معرف في التوصية [b-ITU-T G.8011] (أي عندما تُنقل جميع أرتال الإثرنت من الدخل والخرج على شبكة مشغل شركة الاتصالات، مع عدم نقل التوقيت).

ومع ذلك، يمكن لمشغل شركة الاتصالات أن يعرض توصيل مرجع توقيت لمشغل الشبكة المتنقلة. فمثلاً، يمكن توليد إشارة الإثرنت المتزامن التي تُسلّم عند خرج شبكة مشغل شركة الاتصالات بمرجع توقيت مشغل شركة الاتصالات. وتستوجب هذه الحالة وجود اتفاق بين المشغلين. ويُوضح هذا السيناريو في الشكل 12-3.



الشكل 12-3 – توضيح خدمة تزامن للإثرنت المتزامن في بيئة المشغلين المتعددين

في هذا السيناريو:

- يشترك مشغل الشبكة المتنقلة في خدمة تزامن محددة (يمكن أن تكون جزءاً من عرض توصيلية التوصيل المباشر للشبكة المتنقلة)؛
- يرسل مشغل الشبكة المتنقلة إشارة إثرنت تحمل حركته، غير أنه لا يمكن حمل مرجع توقيت المصدر على شبكة شركة الاتصالات. ولا تمر رسائل القناة ESMC الصادرة عن مشغل الشبكة المتنقلة عبر شبكة مشغل شركة الاتصالات. وفي هذه الحالة، لا يلزم أن تكون إشارة الإثرنت للدخل إشارة إثرنت متزامن؛
- يوفر مشغل شركة الاتصالات التوقيت، بما في ذلك القناة ESMC، عند حافة شبكة شركة الاتصالات مما يؤدي إلى إمكانية تتبع الميقاتية لإشارة الإثرنت المتزامن داخل شبكة شركة الاتصالات. ويفترض في هذا النهج أن الرسائل ESMC التي يولدها مشغل شركة الاتصالات يمكن دمجها ضمن إشارة خرج الإثرنت المتزامن جنباً إلى جنب مع حركة بيانات مشغل الشبكة المتنقلة. والحالات المحددة التي قد لا يعالج فيها بشكل سليم دمج الرسائل ESMC (مثل خدمات البتات الشفافة) تحتاج إلى مزيد من الدراسة.
- تستعمل المعدات في إطار مشغل الشبكة المتنقلة مرجع التوقيت والرسائل ESMC المسلمة بواسطة شبكة مشغل شركة الاتصالات.

ومن الجدير الإشارة إلى أن هذا النهج الثاني لا يمكن تطبيقه إلا على المعدات النهائية التي تحتاج إلى مرجع توقيت مطلق (مثل، قابلية تتبع ميقاتية مرجعية أولية (PRC)). فمثلاً، لتسليم مرجع توقيت إلى محطة قاعدة، فإنه بدلاً من إرسال مرجع توقيت لمشغل الشبكة المتنقلة يكون قابلاً للتتبع إزاء التوقيت العالمي المنسق (UTC)، إلى المحطة القاعدة، فإنه يمكن استعمال مرجع توقيت مشغل شركة الاتصالات القابل للتتبع أيضاً إزاء التوقيت UTC.

وبالنسبة للتطبيقات الانتهائية لتعدد الإرسال TDM القابلة للتتبع إزاء ميقاتية PRC/ePRC والتي تحتاج إلى التحكم في معدل الانزلاق، من الجدير القول بأن هذا الوضع يمكن اعتباره مشابهاً للأسلوب شبه المتزامن المحدد في التوصية [b-ITU-T G.810] الذي

يستخدم في بعض الأحيان في ميدان المشغل نفسه (عندما تستعمل ميقاتيات ePRC/PRC متعددة مثلاً) ولا يزال يضمن التحكم في معدل محتمل لانزلاق تعدد الإرسال TDM طبقاً للتوصية [ITU-T G.822].

وحدود الشبكة عند خرج شبكة مشغل شركة الاتصالات ينبغي أن تقابل حدود شبكة الإثرنت المتزامن، على النحو المحدد في الفقرة 1.2.9 بالتوصية [ITU-T G.8261].

وفي هذا النهج الثاني، يجب أن تحمل إشارة الإثرنت المتزامن عند خرج شبكة مشغل شركة الاتصالات قيمة للرسالة SSM عبر القناة ESMC. وتعد المعلومات المتضمنة في القناة ESMC جزءاً من الاتفاق المبرم بين المشغلين.

13 جوانب اتفاقات التزامن

تحتاج إلى مزيد من الدراسة.

الملحق A

آلية اختيار المصدر المرجعي

(يشكل هذا الملحق جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية)

ستحتاج معدات الإثرنت المتزامن إلى آلية لاختيار المصدر المرجعي لتوفير إمكانية التتبع إزاء عناصر المصدر وفي النهاية الميقاتية PRC (أو ePRC) إزاء التردد.

1.A المتطلبات

تتحكم آلية الاختيار في تدفقات التوقيت المادية داخل المعدة.

ويجب أن تكون آلية الاختيار قادرة على اختيار:

- مصدر مرجعي خارجي مناسب؛
- مصدر مرجعي للحركة مناسب؛
- ميقاتية داخلية (أي مذبذب محلي).

لا يجب اختيار مرجع مشتق مصدر حركة إثرنت لا يكون سطحاً بينياً للإثرنت المتزامن.

2.A المدخلات

مصدر تزامن العقدة يمكن أن يكون:

- مرجع دخل خارجي؛
- مرجع ميقاتية مستعادة من الخط.

3.A المذبذب الداخلي

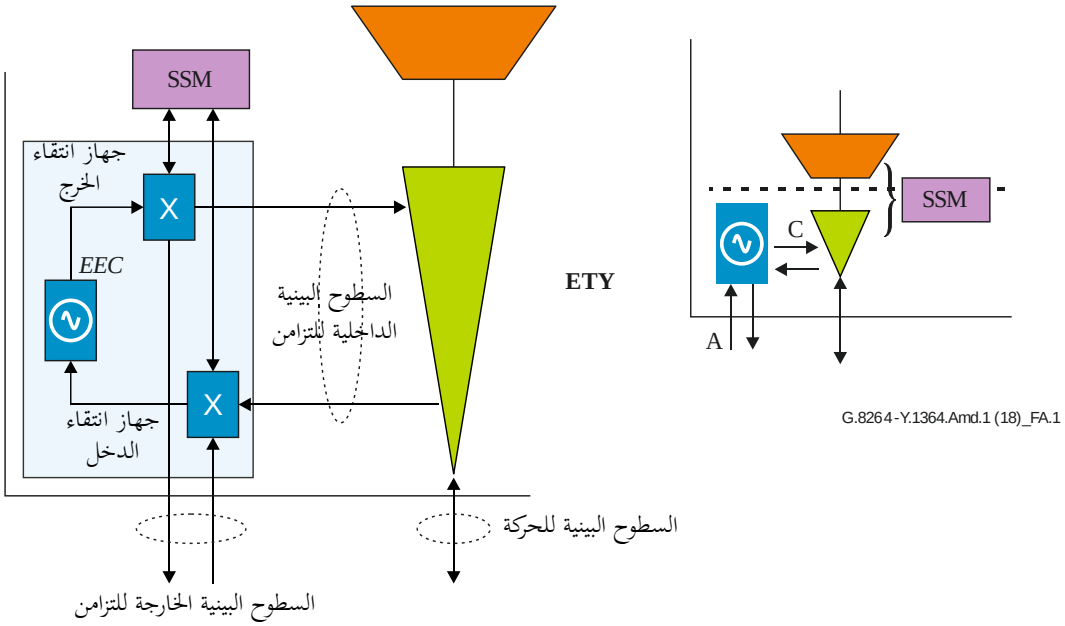
يوفر الترشيح والاستبقاء.

4.A تدفقات التوقيت المادية الداخلية

ستكون هناك حاجة إلى عدد من تدفقات التوقيت المادية الداخلية لمزامنة الطبقة المادية للإثرنت (ETY).

5.A آلية الاختيار

يجب أن تدعم معدات الإثرنت المتزامن آلية اختيار تسمح باشتقاق التزامن من الخط (أي، السطوح البينية الحاملة للحركة) من السطوح البينية الخارجية للتزامن (أي المقدمة من معدات مشاركة في الموقع) أو داخلياً من الميقاتية EEC. ويدعم ذلك مجموعة من الرسائل SSM. ويعرض الشكل 1.A تمثيلاً محبوكاً لآلية اختيار نظام فرعي للتزامن من أجل معدات الإثرنت المتزامن.



الشكل 1.A – معدات الإثرنت المتزامن – تمثيل محبوك لآلية اختيار نظام فرعي للتزامن

الميقاتية EEC داخل النظام الفرعي للتزامن الداخلي يجب أن تمتثل للتوصية [ITU-T G.8262].

يجب أن يكون لدى معدات الإثرنت المتزامن القدرة على استعادة التزامن من مدخلات التزامن الخاصة بالسطوح البينية للحركة عبر "السطوح البينية الداخلية للتزامن" و/أو "السطوح البينية الخارجية للتزامن". ويُضخ ذلك في نظام فرعي داخل للتزامن.

ويجب أن يوفر النظام الفرعي الداخلي للتزامن الأداء الضروري للترشيح والاستبقاء وأن يؤدي أي وظائف تتعلق بمراسلة التزامن.

ويجب أن يكون النظام الفرعي الداخلي للتزامن قادراً على اختيار مصدر تزامن بديل من خلال استعمال جداول الأولويات ومراسلة حالة التزامن.

ويجب أن يستفيد النظام الفرعي الداخلي للتزامن من الرسائل SSM في تحديد الأولوية وقابلية تتبع الميقاتية.

ويجب أن يوفر النظام الفرعي الداخلي للتزامن ميقاتيات بمعدلات مناسبة (السطوح البينية الداخلية للتزامن) من أجل تثبيت الطبقة المادية للإثرنت (ETY) للسطح البيني للحركة.

6.A اختيار رسالة حالة التزامن

يتعين وجود الرسائل SSM لتمكين عنصر المصدر الذي يحتاج إلى التزامن من معرفة جودة ميقاتية المصدر.

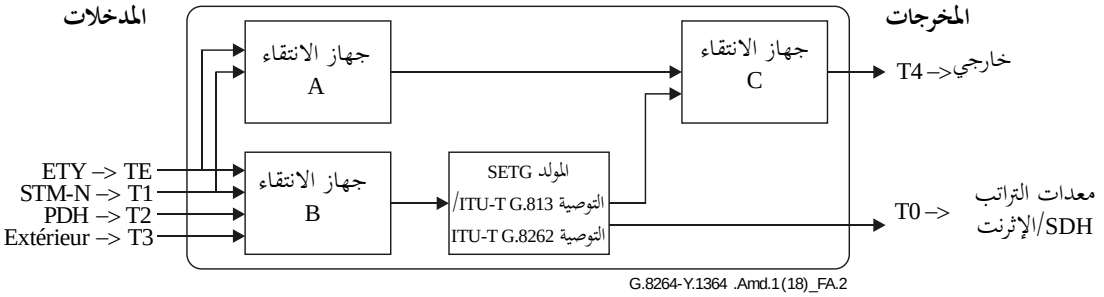
ويجب "دفع" رسالة التزامن من جهاز لآخر يدعم الإثرنت المتزامن. وفي كل جهاز يدعم الإثرنت المتزامن، تُعالج الرسالة ويتم التصرف بناءً عليها. ويعاد تكوين مجموعة الرسائل وتمرر إلى عنصر المقصد التالي.

ويجب أن يكون النظام الفرعي للتزامن قادراً على اختيار مصدر بديل استناداً إلى الأولوية والرسائل SSM.

7.A وظيفة اختيار المعدات الهجين

يبين الشكل 2.A آلية الاختيار المكافئة لوظيفة مصدر توقيت المعدات المتزامنة (SETS) في تراتب SDH التي تم تكييفها مع هجين من معدات التراتب SDH/الإثرنت المتزامن له سطوح بينية للإثرنت المتزامن والتراتب SDH. ويمثل دخل شبكة الطبقة المادية في الإثرنت (ETY) والنميطة STM-N (TE وT1) وخرجها (T0) مختلف السطوح البينية لحركة الإثرنت (مثل 100Base-TX، و1000Base-SX) والسطوح البينية لحركة التراتب SDH. ويتسم مولد توقيت المعدات المتزامنة (SETG) بخصائص معرّفة في التوصية ITU-T G.8262 من أجل الإثرنت المتزامن وفي التوصيتين ITU-T G.813 وITU-T G.812 من أجل التراتب SDH. ويلاحظ

أيضاً، في شبكات أمريكا الشمالية، استخدام السطح البيني T4 لتوفير توقيت الشبكة من أجل بناء نظام توقيت متكامل/ وحدة تزويد التزامن (BITS/SSU) فقط. ولا يتاح اختيار السطوح البينية الخطية (مثلاً، TE أو T1 في الشكل 2.A) إلا من خلال جهاز الانتقاء A. ولا يمكن لجهاز الانتقاء C إلا انتقاء الخرج من جهاز الانتقاء A. ولا يتم ترشيح السطح البيني T4 بواسطة المولد SETG، إذ لا يتم أي ترشيح إلا من قبل BITS/SSU.



الشكل 2.A – وظيفة المصدر SETS لهجين من معدات التراتب SDH/الإثرنت المتزامن

التذييل I

أمثلة على تدفقات التوقيت

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً من هذه التوصية)

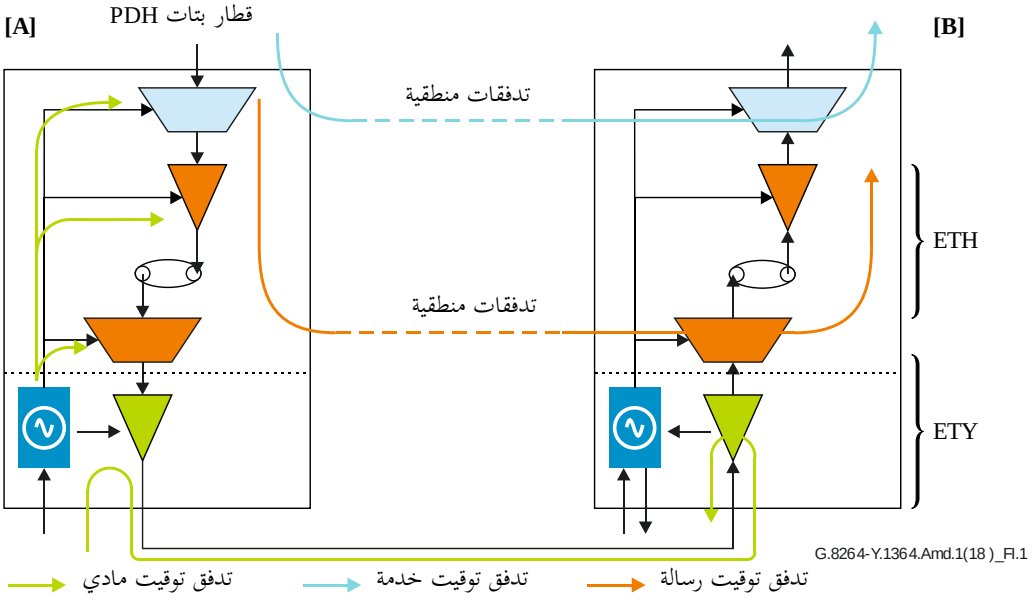
يعد الشكل 1.I مثالاً نموذجياً صُمم لجمع تدفقات التوقيت المختلفة معاً باستخدام دارة TDM بسيطة عبر وصلة إثرنت.

يدخل قطار بتات PDH المعدة [A]. ويوجد بين المعدة [A] والمعدة [B] تدفق توقيت "خدمة" منطقية بين أول نقطتين للتكييف. وأي تخالف يضخ في الوظيفة TDM/الإثرنت عند المعدة [A] يجب الحفاظ عليه عند خرج المعدة [B].

ولتيسير تدفق التوقيت والتأكد من الحفاظ على سلامة الترتيب، سيطبق شكل ما من أختام التوقيت مثل البروتوكول RTP. وهذا عبارة عن تدفق رسالة. وبين المعدة [A] والمعدة [B]، يوجد تدفق توقيت رسالة منطقية يدعم تدفق الخدمة.

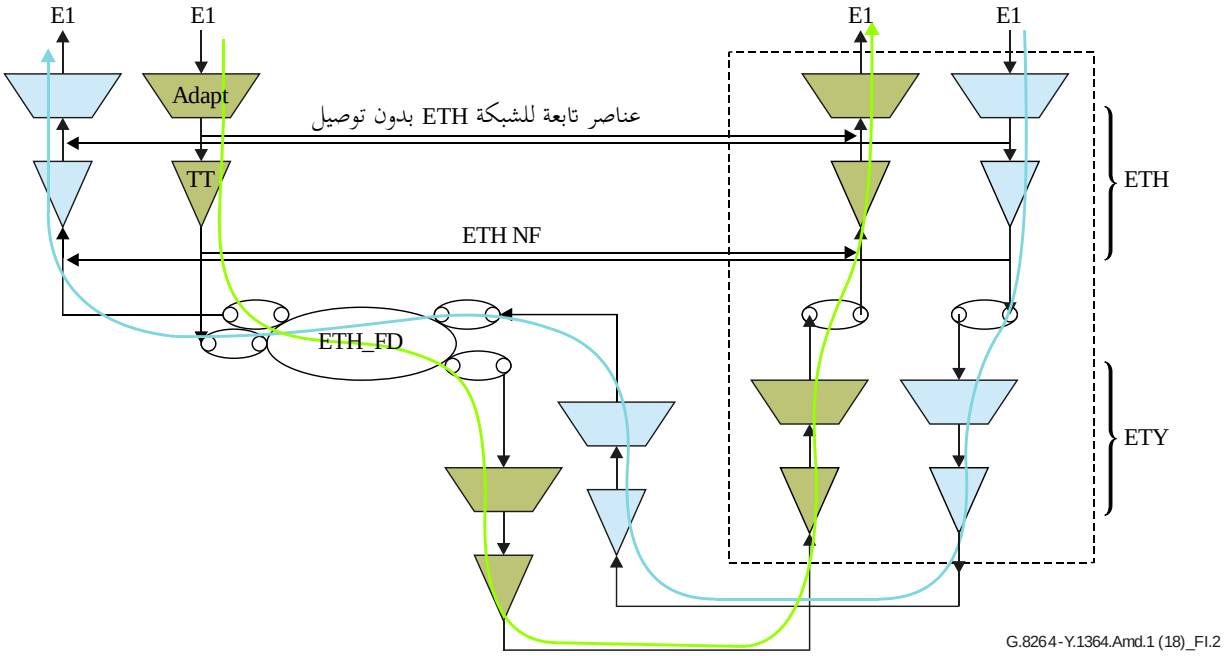
وفي الطبقة المادية، توصل المعدة [A] مادياً بالمعدة [B] عبر نقاط الانتهائية التابعة. ويوفر هذا التوصيل وصلة أو وسطاً مادياً يحمل عليه عرض النطاق غير المعالج وترزم خدمة الطبقة العليا وتحمل عبر هذه الوصلة. ويوجد تدفق توقيت مادي بين المعدة [A] والمعدة [B]، بحيث تشكل ميقاتية الشبكة جزءاً من الشفرة الخطية عند طبقة الشبكة ETS.

وداخل المعدة [A] والمعدة [B]، توجد أيضاً تدفقات توقيت مادية من نقطة إلى نقطة لدعم وظائف التكييف والترزيم. وهذه التدفقات قابلة للتتبع ترددياً إزاء الميقاتية المدمجة.



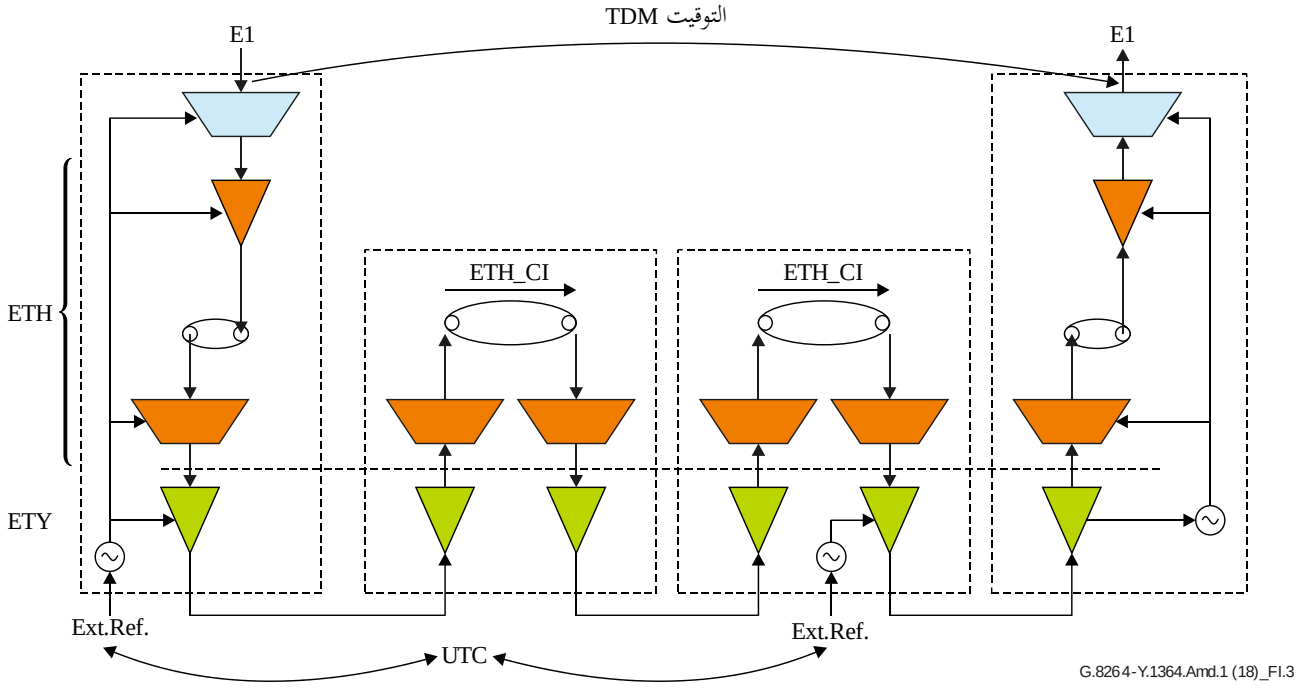
الشكل 1.I – أمثلة للتدفقات

ويمثل الشكل 2-I نموذجاً عاماً من التوصية [ITU-T G.8010] تم توسعته بحيث يعرض تدفقين ETH أحاديي الاتجاه لازمين لدعم مضاهاة الدارة TDM ثنائية الاتجاه. ويضيف هذا الشكل تعدد الإرسال TDM إلى وظائف تكيف الشبكة ETH التي ستكون ضرورية لدعم تعدد الإرسال TDM عبر الإثرنت، فضلاً عن الطبقة المادية (طبقة الشبكة ETY). كما تُعرض أيضاً الوظائف التقريبية (في الإطار المرسوم بالخطوط غير المتصلة) الجاري مناقشتها حالياً في التذييل I بالتوصية [ITU-T G.8261].



الشكل I.2 – معمارية شبكة إثرنت حسب التوصية ITU-T G.8010
تبين مضاهاة الدارة وعناصر التوقيت التابعة

ويزيد الشكل I-3 من توسيع هذا النموذج لإضافة بدالات وسيطة وتوزيع محتمل للتوقيت داخل كل بدالة. ولا يعرض في هذا الشكل إلا اتجاه واحد فقط. وتبين تشكيلة التوقيت في هذه الحالة وظيفة IWF تزود بالتوقيت خارجياً، بينما تزود الأخرى بالتوقيت عبر وصلة الطبقة المادية الواردة. فإذا كانت الميقاتيات المرجعية قابلة للتتبع إزاء الميقاتية PRC/الميقاتية ePRC، فسيكون لدينا في نهاية المطاف نفس الميقاتية (أي التوقيت العالمي المنسق) في الوظيفتين IWF.



الشكل I.3 – تعدد الإرسال TDM عبر شبكة إثرنت

التذييل II

النماذج الوظيفية القائمة على التوصيتين ITU-T G.805 وITU-T G.809

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً من هذه التوصية)

1.II خلفية

يقدم هذا التذييل الرؤية الراهنة بشأن تطور نمذجة التزامن باستعمال بعض المفاهيم الأساسية الواردة في التوصية [ITU-T G.805].

وتوصَّف معمارية شبكات الإثرنت في التوصية [ITU-T G.8010] التي تعرِّف المعمارية بحيثيات التوصيتين [ITU-T G.805] و[ITU-T G.809]. وتضم التوصيتان [ITU-TG.805] و[ITU-T G.809] طرائق النمذجة التي وضعها قطاع التقييس في الاتحاد الدولي للاتصالات بما يتيح التوصيف الرسمي لمعماريات الشبكة وتجهيزاتها.

وتتضمن التوصية [ITU-T G.8261] وصفاً موجزاً للوظيفة IWF الضرورية لحمل حمولات TDM النافعة عبر شبكات قائمة على الرزم. ويقدم هذا التذييل مثالاً للمكونات التي قد تكون لازمة لحمل خدمات PDH المضاهاة عبر شبكات الرزم. ولا يوضح وصف الوظيفة IWF الوارد في التوصية [ITU-T G.8261] للوظيفة IWF وفق الهياكل الراهنة للنمذجة الواردة في التوصية [ITU-T G.805]. ويرجع ذلك إلى أنه يتعذر وصف جوانب معيّنة تتعلق بالتزامن وفق طرائق النمذجة الواردة بالتوصية [ITU-T G.805]. وتلزم تمديدات للنماذج الواردة في التوصية [ITU-T G.805] في هذا الصدد. ويقدم هذا التذييل نماذج وظيفية تمهيدية.

وتحتوي الوظيفة IWF الموصوفة في الشكل 4.B من التوصية [ITU-T G.8261] عدداً من العناصر الرئيسية الضرورية لتكييف إشارات TDM من أجل النقل القائم على الرزم.

وتتضمن هذه الوظائف:

- تحويل من TDM إلى رزمة؛
- تحويل من رزمة إلى TDM؛
- وظائف تتعلق بالرزمة (من قبيل إضافة بتات الخدمة)؛
- نقل الطبقة المادية.

ويُعدّ توفر الميقاتيات المختلفة من الأمور الحاسمة لتزامن الوظيفة IWF، مثلاً:

- استرجاع وتوليد ميقاتية TDM؛
- استرجاع ميقاتية الطبقة المادية؛
- استرجاع الميقاتية القائمة على الرزم.

وبالنسبة لاسترجاع الميقاتية القائمة على الرزم، تصف التوصية [ITU-T G.8261] طريقتين عامتين: التفاضلية والتكييفية.

2.II تطبيق التوصية ITU-T G.805 على IWF

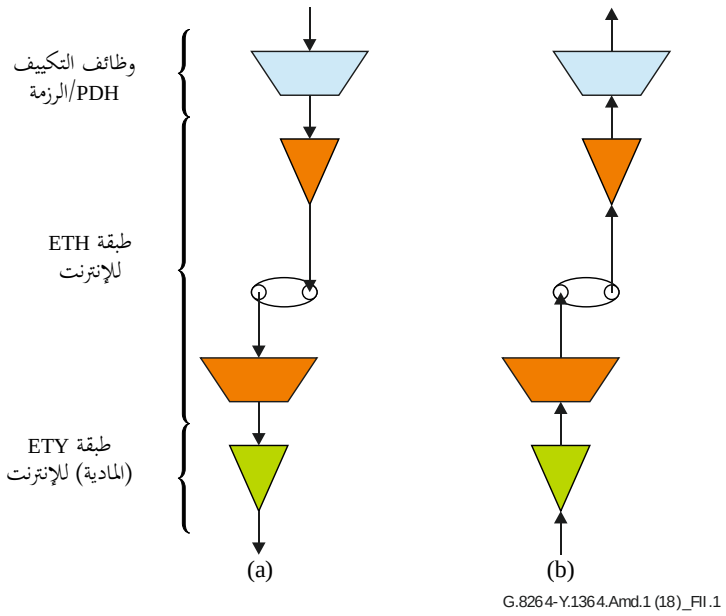
تحتوي التوصية [ITU-T G.805] على عدد من الهياكل المعمارية التي تسمح بتوصيف شبكات الطبقات. والخاصية الأساسية للتوصية [ITU-T G.805] هي فكرة علاقات مخدّم العميل داخل معمارية شبكة. ويمكن أن يكون لشبكة معينة طبقات متعددة يتم التعامل داخل كل طبقة منها في شكل علاقة مخدم عميل. وتتضمن أمثلة الشبكات الطبقية التراتب SDH والشبكة OTN والإثرنت. وفي حالة التراتب SDH، تكون الطبقات الثلاث هي طبقة المسير وطبقة قسم تعدد الإرسال وطبقة قسم إعادة التوليد. وطبقة المسير هي عميل لطبقة تعدد الإرسال، في حين تُعتبر طبقة تعدد الإرسال العميل لطبقة إعادة التوليد. أما في حالة الإثرنت، فتحدد التوصية [ITU-T G.8010] طبقتين، طبقة ETH وطبقة ETY. وطبقة ETH هي نظيرة الطبقة 2 في نموذج مرجع التوصيل

البيني للأنظمة المفتوحة (OSI) (أي طبقة وصلة البيانات) وتقدم الوظائف الخاصة بنوع الرزمة. أما طبقة ETY فهي نظيرة الطبقة المادية للتوصيل البيني للأنظمة المفتوحة OSI (أي الطبقة 1).

وتوضح التوصية [ITU-T G.805] الوحدات الوظيفية التي توفر القدرة على شرح خواص طبقات الشبكات الإفرادية. والوحدتان الوظيفيتان الأساسيتان هما وظائف التكييف ووظائف انتهاء الخلفية. فبينما تقدم وظائف التكييف التفاعل بين الطبقات، تضيف وظائف انتهاء الخلفية بتات الخدمة اللازمة لحمل الإشارة عبر شبكة طبقة المخدم. فيما يتم حمل شبكة طبقة العميل عبر شبكة طبقة المخدم بتكييف العميل مع المخدّم بواسطة وظيفة تكييف. ويُصطلح على تسمية المعلومات المحمولة عبر طبقة معيّنة المعلومات المميزة (CI). انظر التوصية [ITU-T G.805] للمزيد من المعلومات.

وفيما يتعلق بوظيفة CES IWF، وبالتطبيق على طبقتي ETH وETY للإثرنت، يتضمن الشكل 4.B بالتوصية [ITU-T G.8261] وظيفتي طبقة الرزم والطبقة المادية، ومن ثم يتم تنفيذ طبقتي ETH وETY داخل الوظيفة IWF. أما تحويل PDH إلى الرزمة فهو ليس جزءاً من طبقات الإثرنت لكن يمكن اعتباره وظيفة تكييف طبقاً للتوصية [ITU-T G.805]. ويمكن النظر وظيفياً إلى الوظيفة IWF الأساسية في الاتجاه من الطبقة PDH إلى الرزمة (PDH الدخل إلى الوظيفة IWF) كما يمكن تبينه في الشكل 1.II (أ) بينما يمكن النظر في الاتجاه من الرزمة إلى تعدد الإرسال TDM (خرج PDH) كما يمكن تبينه في الشكل 1.II (ب).

ملاحظة – بعض مكونات ميقاتية وظيفة IWF ليست مبيّنة صراحةً في هذا الشكل (مثل الميقاتيات ومنتخبات مرجع الميقاتية)، في حين أن مكونات أخرى قد تكون موجودة داخل وظائف محددة. فعلى سبيل المثال، يمكن اعتبار استرجاع ميقاتية PDH جزءاً من وظيفة تكييف طبقة PDH إلى الرزمة في سياق تكييف معلومات ميقاتية طبقة العميل مع طبقة المخدّم التحتية (انظر 3.II أدناه). وعلاوة على ذلك، يرد شرح الوحدات الوظيفية التي يضمها الشكل 1.II بطرق لا تقيّد التنفيذ ويمكن تطبيقها على طوبولوجيات مختلفة للتجهيزات.



الشكل 1.II – الوحدات الوظيفية داخل الوظيفة CES IWF

3.II معلومات التوقيت المنقولة عبر شبكات الطبقة

تتيح منهجية نمذجة شبكة الطبقة نقل المعلومات من طبقة العميل عبر شبكة طبقة مخدّم. وتُدعى المعلومات المحمولة المعلومات المميزة (CI)، وهي محددة لشبكة طبقة معينة وتختلف بالنسبة إلى شبكات الطبقة المختلفة. فالمعلومات CI لإشارة PDH، مثلاً، تتألف من معلومات المعطيات والميقاتية.

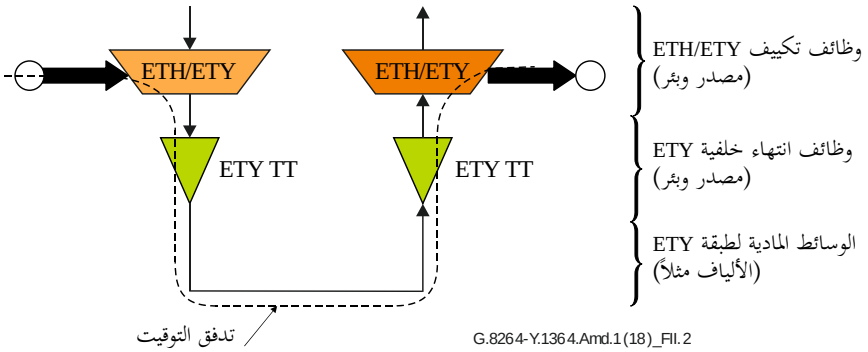
وفيما يتعلق بمعلومات الميقاتية، فإن لشبكة طبقة PDH وشبكة طبقة ETY معلومات توقيت كجزء من المعلومات CI بينما الأمر ليس كذلك بالنسبة لطبقة ETH. وتتألف المعلومات CI لإشارة PDH الداخلة إلى وظيفة IWF من معلومات المعطيات والميقاتية (ميقاتية الخدمة). وتنحصر وظيفة IWF في نقل معلومات المعطيات والميقاتية هذه.

وكما ذُكر أعلاه، تُستعمل وظائف التكييف لتكييف معلومات العميل المزمع نقلها عبر شبكة طبقة مخدّم. وفي هذه الحالة، يطلَق على معلومات CI لشبكة طبقة العميل هنا المعلومات المكيّفة (AI). وفي جميع الحالات، تستطيع شبكات طبقة المخدّم نقل جزء المعطيات من معلومات CI للعميل، لكن لا تستطيع كل شبكات طبقة المخدّم نقل معلومات التوقيت على نحوٍ متلازم مع خصائصها. وفي حالة كتلك، حيث يلزم نقل التوقيت، لا بد من وسائل بديلة للإمداد بالتوقيت.

وفيما يتعلق بشبكات طبقة مخدّم الرزم، تشرح هذه التوصية طريقتين الغرض منهما السماح بحمل معلومات توقيت إشارة PDH لطبقة العميل عبر شبكة طبقة مخدّم قائمة على الرزم. ويشرح القسم 8 من التوصية [ITU-T G.8261] آليات تفاضلية وتكييفية لإنجاز ذلك.

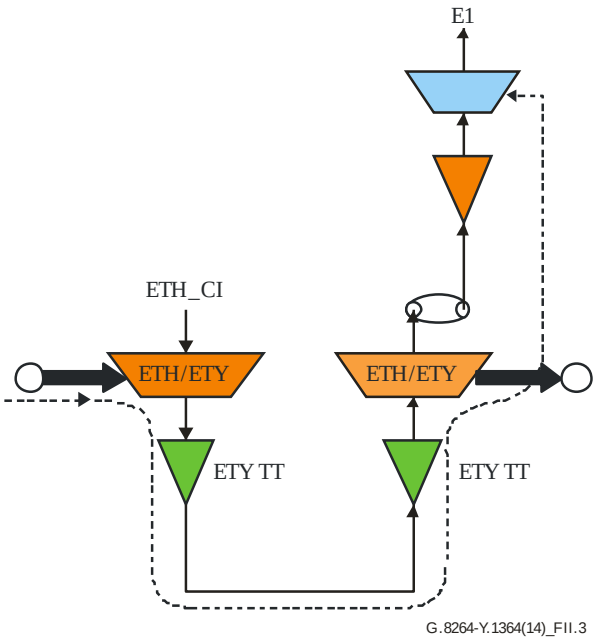
4.II النموذج الوظيفي لتوقيت الطبقة المادية للإثرنت

يبيّن الشكل 4.B من التوصية [ITU-T G.8261] إمكانية توقيت الوظيفة IWF عبر "السطح البيني المادي للرزمة". ومن حيث نموذج معمارية إثرنت، تُستعمل وظيفة انتهاء خلفية ETY ووظيفة تكييف ETH/ETY فقط. ويبيّن الشكل 2.II النموذج الوظيفي لوصلة من نقطة إلى نقطة، كما يبيّن تدفق التوقيت. ويتم الحصول على التوقيت لوظيفة تكييف ETH/ETY إما من مصدر خارجي أو من مذبذب داخلي حر التشغيل.



الشكل 2.II – نموذج وظيفي لتوقيت إثرنت (الطبقة المادية للإثرنت المتزامن)

ويقدم الشكل 3.II مثالاً عن كيفية قيام توقيت الطبقة المادية بتوقيت وظيفة تكييف PDH/ETH البئرية.

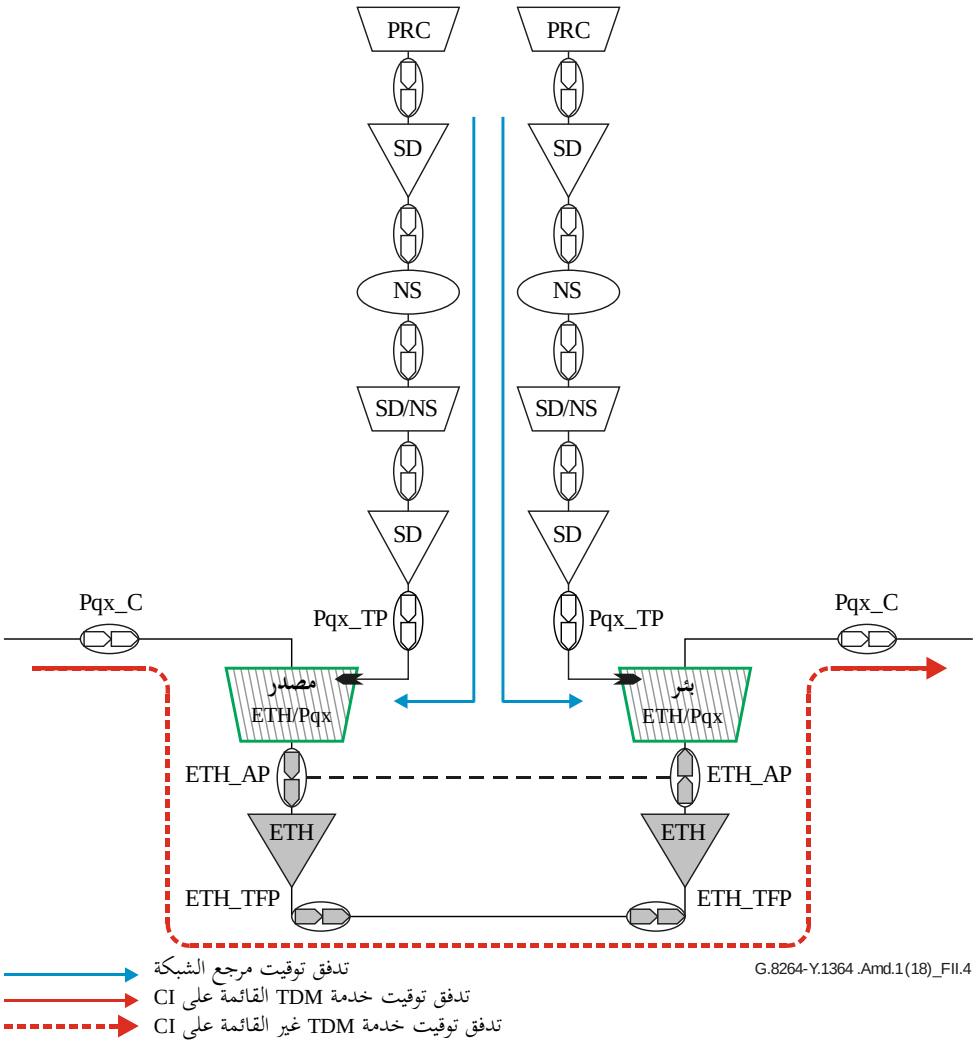


الشكل 3.II – مثال عن استعمال توقيت الطبقة المادية لإمداد وظيفة تكييف ETH/PDH بالتوقيت

5.II نموذج وظيفي للطرائق التفاضلية والتكييفية

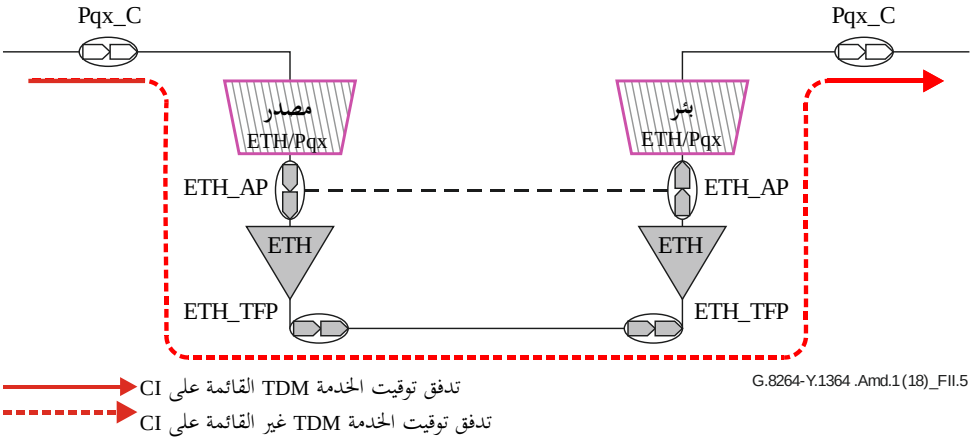
يرد في هذه التوصية شرح الآليات التفاضلية والتكييفية لنقل التوقيت استناداً إلى طرائق الرزمة. وفي كلتا الحالتين، تكمن هذه الوظائف في وظائف تكييف PDH/ETH (انظر الشكل 1.II). والفارق الرئيسي بين هاتين التقنيتين هو أن الطريقة التفاضلية تتطلب توريد مرجع توقيت إلى وظيفة PDH/ETH في البئر والمصدر معاً. وتعتمد الطرائق التكييفية عموماً على متوسط معدل استقبال الرزم على الوظيفة IWF في البئر (يتحقق ذلك عادةً إما بقياس الوقت ما بين وصول الرزم أو برصد مستوى امتلاء الدارئ؛ ويمكن لبعض الآليات التكييفية لاسترجاع الميقاتية أن تستعمل خاتم التوقيت أيضاً) ومن ثم فهي لا تحتاج إلى التزود بمرجع خارجي. ويرد النموذجان الوظيفيان للطريقتين التفاضلية والتكييفية في الشكلين 4.II و5.II على التوالي.

ملاحظة – في هذا التذييل، يتم تحديد وظيفتين منفصلتين للطريقتين التفاضلية والتكييفية بما يتيح التنفيذ بمرونة.



الشكل 4.II – النماذج الوظيفية للتوقيت التفاضلي

في حالة الأسلوب التفاضلي، يتم تغذية وظيفتي IWF للمصدر والبئر معاً (وظيفتا تكييف ETH/Pqx) بميقاتية مرجع يعود أصله لميقاتية PRC/ePRC (تدفقا التوقيت الزرقاوان). ففي وظيفة IWF للمصدر، يُشفَّر الفارق بين توقيت الخدمة (تدفق التوقيت الأحمر المتصل) والمرجع الخارجي في صورة أختام للتوقيت. وتُنقل هذه المعلومات عبر شبكة إثرنت (تدفق التوقيت الأحمر المتقطع). لذا يعتبر المرجع نفسه (الذي يعود أصله لميقاتية PRC/ePRC) ضرورياً عند كل من الطرفين.



الشكل II.5 – النماذج الوظيفية للتوقيت التكييفي

وفي حالة الأسلوب التكييفي، يعتمد استرجاع الميقاتية عند طرف التزامن على متوسط معدل استقبال الرزم على وظيفة IWF في البئر، والذي يتحقق عادةً إما بقياس الوقت ما بين وصول الرزم أو بمراقبة مستوى امتلاء الدارئ (يمكن لبعض الآليات التكييفية لاسترجاع الميقاتية أن تستعمل أختام التوقيت أيضاً). ومن ثم ففي أسلوب توزيع التوقيت هذا، لا توجد ضرورة لاستعمال مرجع خارجي.

وتحتاج تفاصيل وظائف الطريقتين التكييفية والتفاضلية للمزيد من الدراسة.

بيبليوغرافيا

[b-ITU-T G.810] Recommendation ITU-T G.810 (1996), *Definitions and terminology for synchronization networks*.

[b-ITU-T G.8011] Recommendation ITU-T G.8011.1/Y.1307.1 (2016), *Ethernet service characteristics*.
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.8011-201611-I/en>

[b-IEEE 1588] IEEE 1588-2008, *IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*.
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=4579757>

[b-IETF RFC 1305] IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt>

[b-IETF RFC 3550] IETF RFC 3550 (2003), *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>

توصيات السلسلة Y الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

البنية التحتية العالمية للمعلومات وجوانب بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي وإنترنت الأشياء والمدن الذكية

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

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

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
السلسلة D	مبادئ التعريفة والمحاسبة والقضايا الاقتصادية والسياساتية المتصلة بالاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على الصعيد الدولي
السلسلة E	التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية
السلسلة F	خدمات الاتصالات غير الهاتفية
السلسلة G	**أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية**
السلسلة H	الأنظمة السمعية المرئية والأنظمة متعددة الوسائط
السلسلة I	الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات
السلسلة J	الشبكات الكبلية وإرسال إشارات تلفزيونية وبرامج صوتية وإشارات أخرى متعددة الوسائط
السلسلة K	الحماية من التداخلات
السلسلة L	البيئة وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتغير المناخ، والمخلفات الإلكترونية، وكفاءة استخدام الطاقة، وإنشاء الكبلات وغيرها من عناصر المنشآت الخارجية وتركيبها وحمايتها
السلسلة M	إدارة الاتصالات بما في ذلك شبكة إدارة الاتصالات وصيانة الشبكات
السلسلة N	الصيانة: الدارات الدولية لإرسال البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية
السلسلة O	مواصفات تجهيزات القياس
السلسلة P	نوعية الإرسال الهاتفي والمنشآت الهاتفية وشبكات الخطوط المحلية
السلسلة Q	التبديل والتشوير، والقياسات والاختبارات المرتبطة بهما
السلسلة R	الإرسال البرقي
السلسلة S	التجهيزات المطرافية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريف الخاصة بالخدمات التليماتية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات البيانات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات البيانات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة ومسائل الأمن
السلسلة Y	**البنية التحتية العالمية للمعلومات، والجوانب الخاصة ببروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي وإنترنت الأشياء والمدن الذكية**
السلسلة Z	اللغات والجوانب العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات

طُبعت في سويسرا
جنيف، 2019