الاتحـــــــــــاد الدولـــــــــــي للاتصـــــــــــالات

G.8262/Y.1362

(2015/01)

ITU-T

قطاع تقييس الاتصالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

السلسلة G: أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

جوانب الرزم عبر طبقة النقل – أهداف التزامن والجودة والتيسر

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

جوانب بروتوكول الإنترنت – النقل

خصائص التوقيت للميقاتيات التابعة لتجهيزات الإثرنت المتزامنة

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 للأرسال	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
جودة الخدمة والأداء للوسائط المتعددة – الجوانب العامة والجوانب المتعلقة بالمستعمل	G.1999–G.1000
خصائص وسائط الإرسال	G.6999–G.6000
البيانات عبر طبقة النقل – الجوانب العامة	G.7999–G.7000
جوانب الرزم عبر طبقة النقل	G.8999–G.8000
الجوانب المتعلقة بالإثرنت عبر شبكات النقل	G.8099–G.8000
جوانب تبديل الوسم متعدد البروتوكول عبر شبكات النقل	G.8199–G.8100
أهداف التزامن والجودة 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.8262/Y.1362

خصائص التوقيت للميقاتيات التابعة لتجهيزات الإثرنت المتزامن

ملخص

تحدد التوصية ITU-T G.8262/Y.1362 متطلبات أجهزة التوقيت المستعملة في مزامنة معدات الشبكات التي تستعمل الإثرنت المتزامن. وتحدد هذه التوصية متطلبات الميقاتيات، مثل عرض النطاق ودقة الترددات ومدة الاستمرار وتوليد الضوضاء.

التسلسل التاريخي

الإصدار	التوصية	تاريخ الموافقة	لجنة الدراسات	معرّف الهوية الوحيد*
1.0	ITU-T G.8262/Y.1362	2007-08-13	15	11.1002/1000/9190
1.1	ITU-T G.8262/Y.1362 (2007) Amd. 1	2008-04-29	15	11.1002/1000/9417
1.2	ITU-T G.8262/Y.1362 (2007) Amd.2	2010-01-13	15	11.1002/1000/10432
2.0	ITU-T G.8262/Y.1362	2010-07-29	15	11.1002/1000/10909
2.1	ITU-T G.8262/Y.1362 (2010) Amd. 1	2012-02-13	15	11.1002/1000/11523
2.2	ITU-T G.8262/Y.1362 (2010) Amd. 2	2012-10-29	15	11.1002/1000/11814
3.0	ITU-T G.8262/Y.1362	2015-01-13	15	11.1002/1000/12389

الكلمات الرئيسية

ميقاتية، ارتعاش، تزامن، جنوح.

* للاطلاع على التوصية، اكتب العنوان الإلكتروني http://handle.itu.int/ في حقل العنوان الخاص بمتُصَفِّح الويب لديك، متبوعاً بمعرِّف الهوية الوحيد 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 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.

المحتويات

الصفحة

1 مجال التطبيق 1
2 المراجع 2
3 تعاريف 2
4 المختصرات والأسماء المختصرة 2
5 اصطلاحات 3
6 دقة التردد 3
1.6 الخيار 1 في الميقاتية EEC 3
2.6 الخيار 2 في الميقاتية EEC 4
7 مديات الالتقاط والإبقاء والانسحاب 4
1.7 مدى الالتقاط 4
2.7 مدى الإبقاء 4
3.7 مدى الانسحاب 4
8 توليد الضوضاء 4
1.8 الجنوح في أسلوب الإطباق 5
2.8 جنوح غير محكم 7
3.8 الارتعاش 7
9 التفاوت المسموح به في الضوضاء 9
1.9 التفاوت المسموح به في الجنوح 9
2.9 التفاوت المسموح به في الارتعاش 12
10 نقل الضوضاء 15
1.10 الخيار 1 للميقاتية EEC 15
2.10 الخيار 2 للميقاتية EEC 15
11 الاستجابة العابرة وأداء الاستبقاء 17
1.11 الاستجابة العابرة للطور على الأجل القصير 17
2.11 الاستجابة العابرة للطور طويلة الأجل 18
3.11 استجابة الطور لانقطاعات إشارة الدخل 20
4.11 عدم استمرارية الطيف 20
12 السطوح البينية 21
1.12 السطوح البينية للتزامن الخارجي 22

الصفحة

التذييل I – عناصر الشبكة الهجينة التي تستعمل السطحين البينيين STM-N والإثرنت (ETY)..... 23

التذييل II – العلاقة بين المتطلبات الواردة في هذه التوصية والتوصيات الأخرى الرئيسية المتعلقة بالمتزامن..... 24

التذييل III – قائمة بالسطوح البينية للإثرنت المطبقة على الإثرنت المتزامنة 25

التذييل IV – اعتبارات بشأن الإثرنت المتزامنة عبر السطحين البينيين 1000BASE-T و10GBASE-T 29

التذييل V – اعتبارات من أجل قياس نقل الضوضاء بالنسبة للخيار 2 للميقاتيات EEC 31

بيبليوغرافيا 32

مقدمة

يشير أسلوب الإثرنت المتزامن إلى الميقاتية المرجعية الأولية (PRC) أو أسلوب التوزيع لساعة التوقيت المرجعية الأولية (PRTC) (استناداً إلى النظام العالمي للملاحة الساتلية (GNSS) مثلاً) أو أسلوب الرئيس–التابع باستخدام طبقة مادية متزامنة (مثل ETY، STM-N). تنفذ هذه الأساليب على نحو واسع لتحقيق تزامن تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) وشبكات التوصيل المتنقلة.

التوصية ITU-T G.8262/Y.1362

خصائص التوقيت للميقاتيات التابعة لتجهيزات الإثرنت المتزامنة

1 مجال التطبيق

تحدد هذه التوصية المتطلبات الدنيا لأجهزة التوقيت المستعملة في مزامنة معدات الشبكة التي تدعم الإثرنت المتزامنة. وتدعم توزيع الميقاتية استناداً إلى أساليب الشفرات الخطية تزامنية الشبكات (الإثرنت المتزامنة مثلاً).

وتسمح هذه التوصية بالتشغيل السليم للشبكة عندما يشتق توقيت ميقاتية معدات الإثرنت المتزامنة (EEC) (الخيار 1 أو 2) من ميقاتية معدات شبكة أخرى أو ميقاتية ذات جودة أعلى.

وتشتمل هذه التوصية على متطلبات من أجل دقة الميقاتية ونقل الضوضاء وأداء الاستبقاء والتسامح بالضوضاء وتوليد الضوضاء. وتنطبق هذه المتطلبات في ظل الظروف البيئية الاعتيادية المحددة للمعدات.

وتتضمن هذه التوصية خيارين للإثرنت المتزامنة. ينطبق الخيار الأول، الذي يشار إليه بعبارة "EEC – الخيار 1"، على معدات الإثرنت المتزامنة المصممة من أجل التشغيل البيني مع شبكات مستمثلة من أجل تراتب 2 048 kbit/s. وتسمح هذه الشبكات بأسوأ حالة في السلسلة المرجعية للتزامن على النحو المحدد في الشكل 8-5 من التوصية [ITU-T G.803]. وينطبق الخيار الثاني، الذي يشار إليه بعبارة "EEC – الخيار 2"، على معدات الإثرنت المتزامنة المصممة من أجل التشغيل البيني مع شبكات مستمثلة من أجل التراتب بمقدار 1 544 kbit/s. وتُحدد السلسلة المرجعية للتزامن بشأن هذه الشبكات في الفقرة 3.II من التوصية [ITU-T G.813].

وينبغي لأي ميقاتية تابعة لمعدات الإثرنت المتزامنة أن تمتثل لجميع المتطلبات الخاصة بخيار واحد وينبغي عدم خلط المتطلبات بين الخيارين 1 و2 في الميقاتية EEC. وفي الفقرات التي يُحدد فيها متطلب واحد، تكون المتطلبات مشتركة لكلا الخيارين. وهذا هو القصد من ضرورة تنسيق الخيارين 1 و2 مستقبلاً. والهدف من الإثرنت المتزامنة التشغيل البيني مع شبكات التزامن الحالية استناداً إلى التوصية [ITU-T G.813].

وينبغي إيلاء الاعتبار الواجب عند التشغيل البيني بين الشبكات ذات الإثرنت المتزامنة القائمة على الخيار 1 في الميقاتية EEC والشبكات ذات الإثرنت المتزامنة القائمة على الخيار 2 في المقاتية EEC.

ويمكن أن يكون لبعض عناصر الشبكة (NE) في الإثرنت المتزامنة ميقاتية ذات جودة أعلى. وتسمح هذه التوصية بالتشغيل السليم للشبكة عندما يتم اشتقاق توقيت معدات الإثرنت المتزامنة (الخياران 1 أو 2 في المقاتية EEC) إما من معدات إثرنت متزامنة أخرى (نفس الخيار) أو من ميقاتية معدات التراتب الرقمي المتزامن (SEC) أو من ميقاتية على درجة أعلى من الجودة. ويوصى بتوزيع التوقيت التراتبي من أجل شبكات الإثرنت المتزامنة. وينبغي عدم تمرير التوقيت من الإثرنت المتزامنة في أسلوب تشغيل حر/استبقاء إلى ميقاتية على درجة أعلى من الجودة، إذ ينبغي ألا تتبع هذه الميقاتية إشارة الإثرنت المتزامنة أثناء ظروف العطل.

ويجب أن توفر بعض معدات الإثرنت مثل معيدات التوليد/المكررات قدرة توقيت تامة لإرسال إشارات التوقيت عبر الإثرنت المتزامنة. وهذه المتطلبات بحاجة إلى مزيد من الدراسة.

ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات عن الإثرنت المتزامنة في التوصيات [ITU-T G.781] و[ITU-T G.8261] و[ITU-T G.8264].

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

[ITU-T G.781] Recommendation ITU-T G.781 (1999), *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.810] Recommendation ITU-T G.810 (1996), *Definitions and terminology for synchronization networks*.

[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.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.8261] Recommendation ITU-T G.8261/Y.1361 (2008), *Timing and synchronization aspects in packet networks*.

[ITU-T G.8264] Recommendation ITU-T G.8264/Y.1364 (2008), *Distribution of timing information through packet networks*.

[ITU-T G.8272] Recommendation ITU-T G.8272 (2015), *Timing characteristics of primary reference time clocks*.

[IEEE 802.3] IEEE Standard 802.3 (2012), *IEEE Standard for Ethernet*.

3 تعاريف

ترد في التوصية [ITU-T G.810] المصطلحات والتعاريف المستخدمة في هذه التوصية.

4 المختصرات والأسماء المختصرة

تستعمل هذه التوصية المختصرات والأسماء المختصرة التالية:

BITS بناء مصدر توقيت متكامل *(Building Integrated Timing Source)*

BPSK إبراق اثنيني بزحزحة الطور *(Binary Phase Shift Keying)*

CSMA/CD النفاذ المتعدد بتحسس الموجات الحاملة مع كشف التصادم *(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)*

DSL خط المشترك الرقمي *(Digital Subscriber Line)*

EC ميقاتية المعدات *(Equipment Clock)*

EEC ميقاتية معدات الإثرنت المتزامنة *(synchronous Ethernet Equipment Clock)*

ESMC قناة رسالة تزامن الإثرنت *(Ethernet Synchronization Message Channel)*

ETH شبكة طبقة MAC إثرنت *(Ethernet MAC layer network)*

ETY شبكة طبقة PHY إثرنت *(Ethernet PHY layer network)*

GNSS النظام العالمي للملاحة الساتلية *(Global Navigation Satellite System)*

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

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

NE عنصر الشبكة *(Network Element)*

NRZ عدم العودة إلى الصفر *(Non-Return to Zero)*

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

PAM تشكيل اتساع النبضة *(Pulse Amplitude Modulation)*

PHY مادية (طبقة) *((Physical (layer))*

ppm جزء في المليون *(parts per million)*

PRC ميقاتية مرجعية أولية *(Primary Reference Clock)*

PRTC ساعة التوقيت المرجعية الأولية *(Primary Reference Time Clock)*

SDH تراتب رقمي متزامن *(Synchronous Digital Hierarchy)*

SEC ميقاتية تجهيزات SDH *(SDH Equipment Clock)*

SSM قناة رسالة التزامن *(Synchronization Message Channel)*

SSU وحدة الإمداد بالتزامن *(Synchronization Supply Unit)*

STM-N وحدة النقل المتزامن من المستوى N *(Synchronous Transport Module-N)*

TDEV انحراف زمني *(Time Deviation)*

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

UI فاصل الوحدة *(Unit Interval)*

UTC توقيت عالمي منسق *(Coordinated Universal Time)*

5 اصطلاحات

لا يوجد.

6 دقة التردد

1.6 الخيار 1 في الميقاتية EEC

في ظروف التشغيل الحر، ينبغي ألا تتجاوز دقة تردد خرج الميقاتية EEC مقدار 4,6 ppm فيما يتعلق بمرجع يمكن تتبعه حسب ميقاتية التوصيتين [ITU-T G.811] أو [ITU-T G.8272].

ملاحظة – يحتاج الفاصل الزمني اللازم لتحقيق هذه الدقة إلى مزيد من الدراسة. اقتُرحت قيمتان لشهر واحد ولسنة واحدة.

2.6 الخيار 2 في الميقاتية EEC

في ظروف الاستبقاء المطولة، ينبغي ألا تتجاوز دقة تردد خرج الأنماط المختلفة لميقاتيات العقد مقدار 4,6 ppm فيما يتعلق بمرجع يمكن تتبعه إزاء ميقاتية مرجعية أولية عبر فترة زمنية T مدتها سنة واحدة.

ملاحظة – تطبق الفترة الزمنية T بعد 30 يوماً من التشغيل المتزامن المستمر.

7 مديات الالتقاط والإبقاء والانسحاب

1.7 مدى الالتقاط

1.1.7 الخيار 1 في الميقاتية EEC

ينبغي أن يبلغ الحد الأدنى لمدى الالتقاط ±4,6 ppm أياً كان تخالف تردد المذبذب الداخلي.

2.1.7 الخيار 2 في الميقاتية EEC

ينبغي أن يبلغ الحد الأدنى لمدى الالتقاط ±4,6 ppm أياً كان تخالف تردد المذبذب الداخلي.

2.7 مدى الإبقاء

1.2.7 الخيار 1 في الميقاتية EEC

مدى الإبقاء من أجل الخيار 1 في الميقاتية EEC غير مطلوب.

2.2.7 الخيار 2 في الميقاتية EEC

ينبغي أن يبلغ مدى الإبقاء للخيار 2 في الميقاتية EEC مقدار ±4,6 ppm أياً كان تخالف تردد المذبذب الداخلي.

3.7 مدى الانسحاب

1.3.7 الخيار 1 في الميقاتية EEC

يحتاج مدى الانسحاب لمزيد من الدراسة. اقتُرحت قيمة دنيا تبلغ ±4,6 ppm.

2.3.7 الخيار 2 في الميقاتية EEC

لا ينطبق مدى الانسحاب.

8 توليد الضوضاء

يمثل توليد ضوضاء ميقاتية EEC كمية ضوضاء الطور المنتجة عند الخرج عندما تكون هناك إشارة دخل مرجعية مثالية أو عندما تكون الميقاتية في حالة استبقاء. ولأغراض الاختبار العملي، ينطوي مرجع مناسب على مستوى أداء أكثر استقراراً بعشر مرات على الأقل من متطلبات الخرج. وتُوصّف قدرة الميقاتية على الحد من هذه الضوضاء باستقرارها الترددي. ويمثل الخطأ الأقصى للفاصل الزمني (MTIE) وانحراف الوقت (TDEV) وسيلة مفيدة لوصف أداء توليد الضوضاء.

ويقاس الخطأ MTIE والانحراف TDEV بواسطة مرشاح قياس مكافئ بتمرير منخفض من الرتبة الأولى بتردد قدره 10-Hz عند وقت اعتيان أقصى τ_0 يبلغ 30/1 ثانية. والحد الأدنى لفترة القياس لانحراف الوقت هو اثنا عشر ضعف فترة التكامل ($T = 12\tau$).

1.8 الجنوح في أسلوب الإطباق

1.1.8 الخيار 1 في الميقاتية EEC

عندما تكون الميقاتية EEC في أسلوب التشغيل بالإطباق متزامنة مع مرجع خالٍ من الجنوح، ينبغي أن يكون للخطأ MTIE الذي يُقاس باستعمال تشكيل الميقاتية المتزامنة المعرّف في الشكل 1a من التوصية [ITU-T G.810] الحدود المبينة في الجدول 1، إذا كانت درجة الحرارة ثابتة (في حدود ±1°K):

الجدول 1 – توليد الجنوح (MTIE) من أجل الخيار 1 في الميقاتية EEC مع درجة حرارة ثابتة

حدود الخطأ MTIE [ns]	فترة الرصد τ [s]
40	$0,1 < \tau \leq 1$
$40\ \tau^{0,1}$	$1 < \tau \leq 100$
$25,25\ \tau^{0,2}$	$100 < \tau \leq 1\ 000$

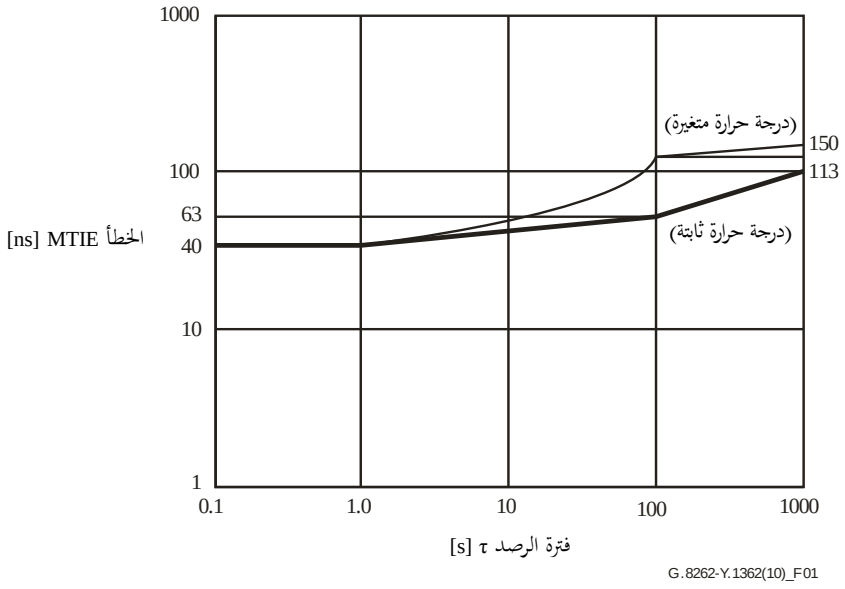
يُبين الشكل 1 المتطلب الناجم بخط متصل سميك.

عند إدراج آثار درجة الحرارة، يزداد التفاوت المسموح به لمساهمة الخطأ MTIE الإجمالية لميقاتية EEC واحدة بالقيم المبينة في الجدول 2.

الجدول 2 – توليد جنوح إضافي (MTIE) من أجل الخيار 1 في الميقاتية EEC مع مراعاة آثار درجة الحرارة

التفاوت الإضافي المسموح به للخطأ MTIE [ns]	فترة الرصد τ [s]
$0,5\ \tau$	$\tau \leq 100$
50	$\tau > 100$

يُبين الشكل 1 المتطلبات الناجمة بخط متصل رفيع.



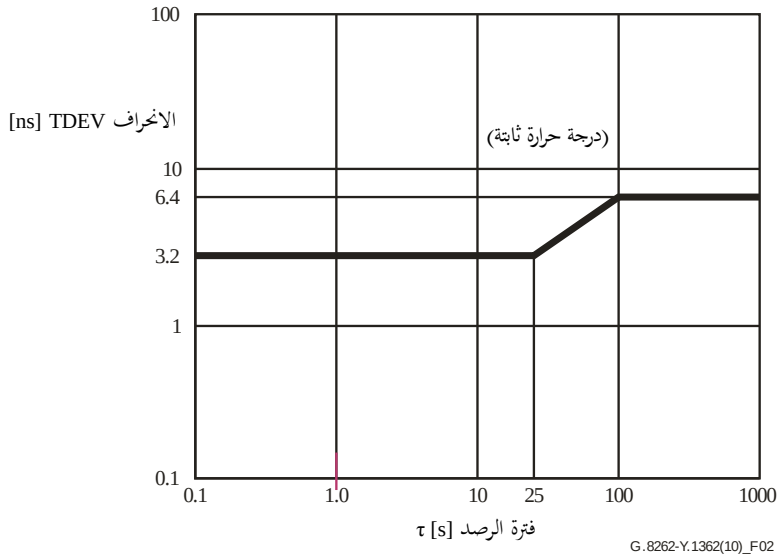
الشكل 1 – توليد الجنوح (MTIE) من أجل الخيار 1 في الميقاتية EEC

عندما تكون الميقاتية EEC في أسلوب التشغيل بالإطباق، ينبغي أن يكون للانحراف TDEV الذي يُقاس باستعمال تشكيل الميقاتية المتزامنة المعرّف في الشكل 1a من التوصية [ITU-T G.810] الحدود المبينة في الجدول 3، إذا كانت درجة الحرارة ثابتة (في حدود ±1°K):

الجدول 3 – توليد الجنوح (TDEV) من أجل الخيار 1 في الميقاتية EEC مع درجة حرارة ثابتة

حدود الخطأ TDEV [ns]	فترة الرصد τ [s]
3,2	$0,1 < \tau \leq 25$
$0,64\ \tau^{0,5}$	$25 < \tau \leq 100$
6,4	$100 < \tau \leq 1\ 000$

تُبين الشكل 2 المتطلبات الناجمة.



الشكل 2 – توليد الجنوح (TDEV) من أجل الخيار 1 في الميقاتية EEC مع درجة حرارة ثابتة

هناك حاجة إلى مزيد من الدراسة للتفاوت المسموح به للمساهمة TDEV الإجمالية لميقاتية EEC واحدة عند إدراج آثار درجة الحرارة.

2.1.8 الخيار 2 في الميقاتية EEC

عندما تكون الميقاتية EEC في أسلوب التشغيل بالإطباق متزامنة مع مرجع خالٍ من الجنوح، ينبغي أن يكون الخطأ MTIE والانحراف TDEV المقيسان عند الخرج في درجة حرارة ثابتة (في حدود ±1°K) دون الحدود المبينة في الجدولين 4 و5 على التوالي.

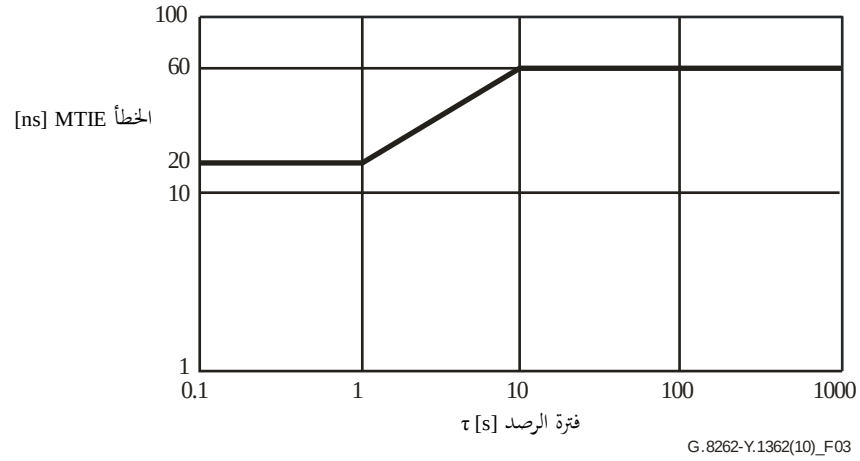
الجدول 4 – توليد الجنوح (MTIE) من أجل الخيار 2 في الميقاتية EEC مع درجة حرارة ثابتة

حدود الخطأ MTIE [ns]	فترة الرصد τ [s]
20	$0,1 < \tau \leq 1$
$20\ \tau^{0,48}$	$1 < \tau \leq 10$
60	$10 < \tau \leq 1\ 000$

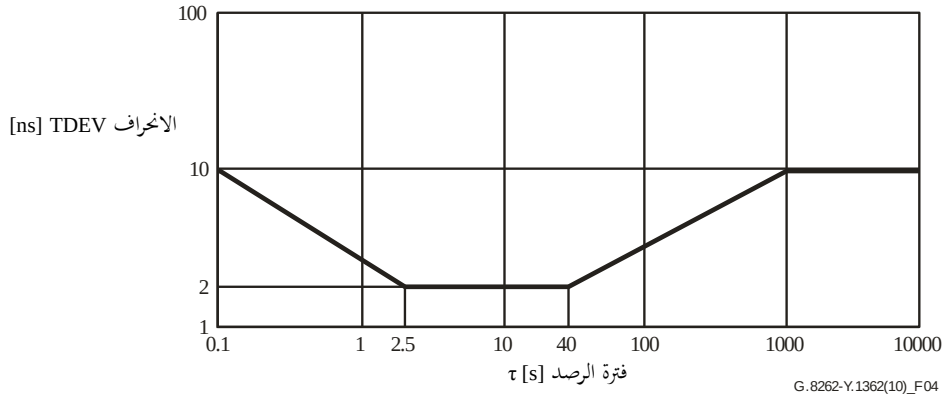
الجدول 5 – توليد الجنوح (TDEV) من أجل الخيار 2 في الميقاتية EEC مع درجة حرارة ثابتة

حدود الخطأ TDEV [ns]	فترة الرصد τ [s]
$3,2\ \tau^{-0,5}$	$0,1 < \tau \leq 2,5$
2	$2,5 < \tau \leq 40$
$0,32\ \tau^{0,5}$	$40 < \tau \leq 1\ 000$
10	$1\ 000 < \tau \leq 10\ 000$

يبين الشكلان 3 و4 المتطلبات الناجمة.



الشكل 3 – توليد الجنوح (MTIE) من أجل الخيار 2 في الميقاتية EEC مع درجة حرارة ثابتة



الشكل 4 – توليد الجنوح (TDEV) من أجل الخيار 2 في الميقاتية EEC مع درجة حرارة ثابتة

2.8 جنوح غير محكم

في حالة عدم إطباق المقاتية على مرجع للتزامن، تكون مكونات الضوضاء العشوائية مهملة بالمقارنة مع الآثار الحتمية كتخالف التردد الأولي. ولذلك، تُدرج في الفقرة 2.11 آثار الجنوح في أسلوب عدم الإطباق.

3.8 الارتعاش

على الرغم من أن معظم المتطلبات الواردة في هذه التوصية مستقلة عن السطح البيني للخرج الذي تُقاس عنده، فإن الحالة ليست كذلك بالنسبة لإنتاج الارتعاش؛ وتستند متطلبات توليد الارتعاش إلى التوصيات الحالية التي تتضمن حدوداً مختلفة لمعدلات السطوح البينية المختلفة. ويشار إلى هذه المتطلبات بصورة منفصلة فيما يخص السطوح البينية المحددة في الفقرة 12.

1.3.8 الخياران 1 و2 في الميقاتية EEC

ارتعاش الخرج عند سطح بيني لإثرنت متزامنة:

عند غياب ارتعاش الدخل عند السطح البيني للتزامن، ينبغي ألا يتجاوز الارتعاش المتأصل عند السطوح البينية لخرج الإثرنت المتزامنة المقيس على مدى 60 ثانية، الحدود المبينة في الجدول 6.

الجدول 6 – توليد ارتعاش الإثرنت المتزامنة فيما يتعلق بالخيارين 1 و2 في الميقاتية EEC

السطح البيني	مرشاح القياس	الاتساع من ذروة إلى ذروة (UI)
1G (الملاحظات 1 و2 و4 و5)	2,5 kHz إلى 10 MHz	0,50
10G (الملاحظات 1 و3 و4 و5)	20 kHz إلى 80 MHz	0,50
25G (الملاحظات 1 و4 و5 و6)	20 kHz إلى 200 MHz	1,2

الملاحظة 1 – لا توجد أي متطلبات محددة للارتعاش عالي النطاق من أجل الإثرنت المتزامنة. ويتعين الوفاء بمتطلبات الارتعاش ذات الصلة للمعيار IEEE 802.3 بالإضافة إلى متطلبات الارتعاش واسع النطاق للإثرنت المتزامنة المحددة في هذا الجدول. ويعرّف المعيار [IEEE 802.3] منهجيات القياس. وهناك حاجة إلى مزيد من الدراسة لإمكانية تطبيق منهجيات القياس في بيئة شبكة متزامنة.

الملاحظة 2 – تشمل السلسلة 1G السطوح البينية 1000BASE-KX و1000BASE-SX و1000BASE-LX؛ وتحتاج السطوح البينية متعددة الممرات إلى مزيد من الدراسة.

الملاحظة 3 – تشمل السلسلة 10G السطوح البينية 10GBASE-SR/LR/ER و10GBASE-LRM و10GBASE-SW/LW/EW وسطوحاً بينية متعددة الممرات تتكون من ممرات 10G بما في ذلك 40GBASE-KR4/CR4/SR4/LR4 و100GBASE-CR10/SR10.

الملاحظة 4 – تشمل السلسلة 25G سطوحاً بينية متعددة الممرات تتألف من ممرات 25G بما في ذلك 100GBASE-LR4/ER4.

الملاحظة 5 – 1G: (1000BASE-KX, -SX, -LX) 1 UI = 0.8 ns

10G (10GBASE-SR/LR/ER, -LRM)،

40GBASE-KR4/CR4/SR4/LR4،

100GBASE-CR10/SR10): 1 UI = 96,97 ps

10G (10GBASE-SW/LW/EW): 1 UI = 100,47 ps

25G (100GBASE-LR4/ER4): 1 UI = 38,79 ps

الملاحظة 6 – يزداد اتساع الارتعاش من ذروة إلى ذروة للممرات 25G من 0,5 UI إلى 1,2 UI، أي بمعامل 2,4. وللتعويض عن هذه الزيادة، ينبغي أولاً زيادة تردد ركن التمرير العالي المستخدم من أجل السلسلة 10G بمعامل 2,5 لمراعاة الزيادة في المعدل الخطي من السلسلة 10G، ثم تخفيضه بمعامل 2,4 لمراعاة الزيادة في الاتساع. وهذا يؤدي إلى تردد ركن تمرير عالٍ قدره 20,833 kHz تم تقريبه إلى 20 kHz للتسهيل؛ وهذا التقريب إلى قيمة أدنى أكثر صرامة إلى حد ما.

ارتعاش الخرج عند السطوح البينية 2 048 kHz و2 048 kbit/s و1 544 kbit/s وSTM-N:

توليد الارتعاش بالنسبة للسطح البيني 2 048 kHz و2 048 kbit/s، وبالنسبة للسطح البيني لوحدة النقل المتزامن N (STM-N) تعرف للخيار 1 في الفقرة 3.7 من التوصية [ITU-T G.813].

وتوليد الارتعاش بالنسبة للسطح البيني 1 544 kbit/s وللسطوح البينية STM-N تعرف بالنسبة للخيار 2 في الفقرة 3.7 من التوصية [ITU-T G.813].

9 التفاوت المسموح به في الضوضاء

يشير التفاوت المسموح به في الضوضاء لميقاتية EEC إلى المستوى الأدنى لضوضاء الطور عند دخل الميقاتية الذي ينبغي تأمينه مع:

- الحفاظ على الميقاتية ضمن حدود الأداء المحددة. وتحتاج حدود الأداء المحددة إلى مزيد من الدراسة؛
- عدم التسبب في إطلاق أي إنذارات؛
- عدم التسبب في تبديل الميقاتية للمرجع؛
- عدم التسبب في دخول الميقاتية في مرحلة الاستبقاء.

وعموماً، يكون تفاوت الضوضاء للميقاتية EEC هو نفسه حد الشبكة بالنسبة للسطح البيني للتزامن من أجل الحفاظ على أداء مقبول. بيد أن حد الشبكة للسطح البيني للتزامن قد يختلف حسب التطبيق. لذا، فإنه لتحديد التفاوت المسموح به في الضوضاء للميقاتية EEC، ينبغي استعمال حد الشبكة الخاص بالحالة الأسوأ. ويرد شرح لمختلف حدود الشبكة في التذييل I بالتوصية [ITU-T G.813].

وقيم التفاوت المسموح به في الجنوح والارتعاش الواردة في الفقرتين 1.9 و2.9 تمثل المستويات الأسوأ التي يتعين أن يظهرها أي سطح بيني حامل للتزامن. والإشارة TDEV المستعملة لأغراض اختبار المطابقة ينبغي توليدها بإضافة مصادر الضوضاء الغوسية البيضاء التي يتم ترشيح كل مصدر منها للحصول على النوع الأمثل من الضوضاء مع الاتساع الأمثل.

وتقاس قيم MTIE وTDEV عن طريق مرشاح قياس 10-Hz من الدرجة الأولى منخفض التمرير عند زمن اعتيان أقصى τ_0 بقيمة 1/30 ثانية. وتبلغ المدة الدنيا لقياس الانحراف TDEV اثني عشر ضعفاً من قيمة مدة التكامل ($T = 12\tau$).

1.9 التفاوت المسموح به في الجنوح

1.1.9 الخيار 1 للميقاتية EEC

يرد التفاوت المسموح به للجنوح الخاص بالدخل معبراً عنه بحدود MTIE وTDEV. في الجدولين 7 و8، على التوالي.

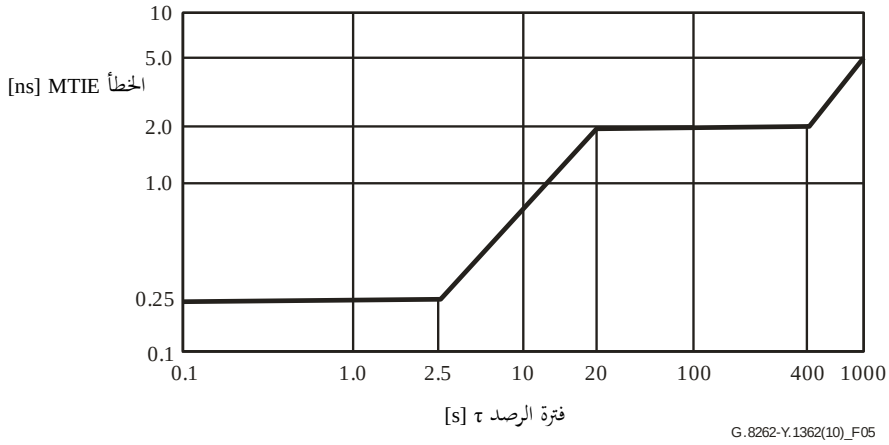
الجدول 7 – التفاوت المسموح به في الجنوح عند الدخل (MTIE) للخيار 1 للميقاتية EEC

حد الخطأ MTIE [µs]	فترة الرصد τ [s]
0,25	$0,1 < \tau \leq 2,5$
0,1 τ	$2,5 < \tau \leq 20$
2	$20 < \tau \leq 400$
0,005 τ	$400 < \tau \leq 1\,000$

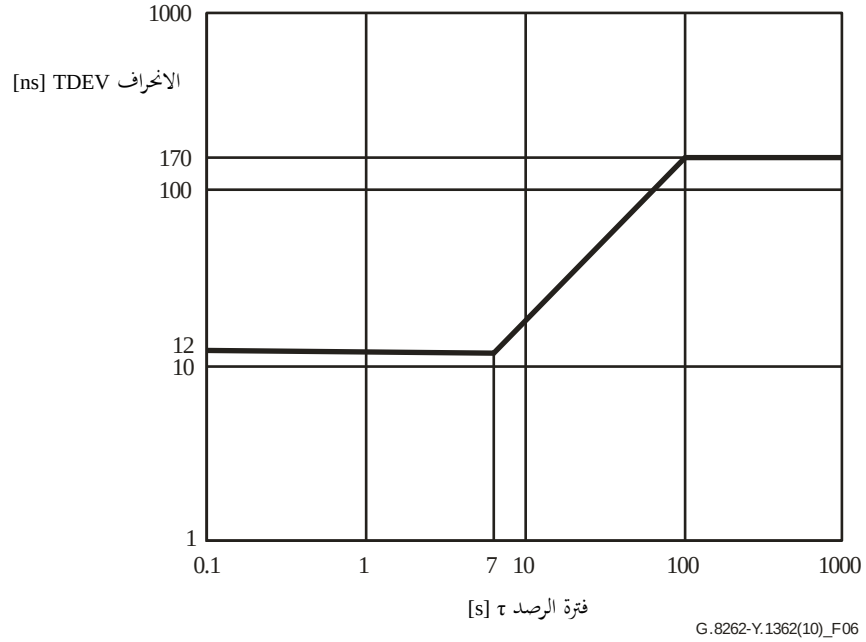
الجدول 8 – التفاوت المسموح به في الجنوح عند الدخل (TDEV) للخيار 1 للميقاتية EEC

حد الانحراف TDEV [ns]	فترة الرصد τ [s]
12	$0,1 < \tau \leq 7$
1,7 τ	$7 < \tau \leq 100$
170	$100 < \tau \leq 1\,000$

وتعرض المتطلبات الناتجة في الشكلين 5 و6.



الشكل 5 – التفاوت المسموح به في الجنوح عند الدخل (MTIE) للخيار 1 للميقاتية EEC



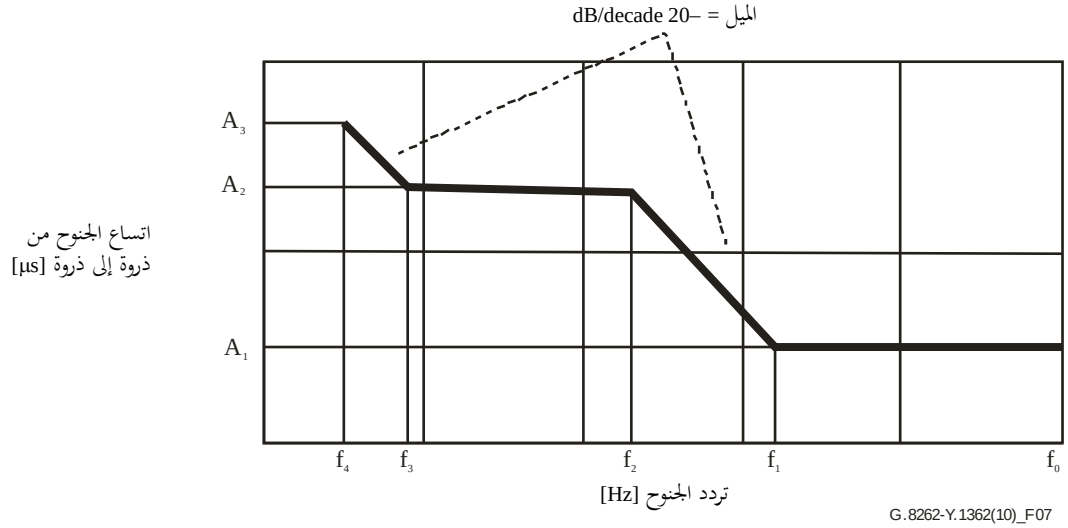
الشكل 6 – التفاوت المسموح به في الجنوح عند الدخل (TDEV) للخيار 1 للميقاتية EEC

وجاري دراسة إشارات الاختبار المناسبة للتحقق من المطابقة مع القناع المبين في الشكل 6. ويمكن استعمال إشارات اختبار بتغير جيبي للطيف طبقاً للمستويات المحددة في الجدول 9، وذلك للتحقق من المطابقة مع القناع المبين في الشكل 5.

الجدول 9 – الحد الأدنى للتفاوت الأقصى المسموح به في جنوح دخل جيبي للخيار 1 للميقاتية EEC

تردد الجنوح					**اتساع الجنوح من ذروة إلى ذروة**		
f_0 [Hz]	f_1 [Hz]	f_2 [mHz]	f_3 [mHz]	f_4 [mHz]	A_3 [µs]	A_2 [µs]	A_1 [µs]
10	0,13	16	0,8	0,32	5	2	0,25

وتعرض المتطلبات الناتجة في الشكل 7.



الشكل 7 – الحد الأدنى للتفاوت الأقصى المسموح به في جنوح دخل جيبي للخيار 1 للميقاتية EEC

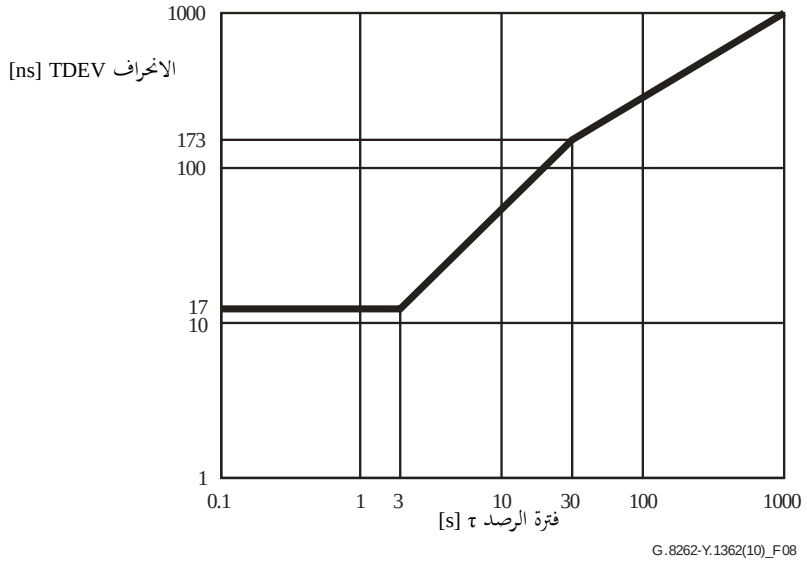
2.1.9 الخيار 2 للميقاتية EEC

يرد التفاوت المسموح به للجنوح الخاص بالدخل للميقاتية EEC معبراً عنه بالانحراف TDEV في الجدول 10.

الجدول 10 – التفاوت المسموح به لجنوح الدخل (TDEV) للخيار 2 للميقاتية EEC

فترة الرصد τ [s]	حد الانحراف TDEV [ns]
$0,1 < \tau \leq 3$	17
$3 < \tau \leq 30$	$5,77\ \tau$
$30 < \tau \leq 1\ 000$	$31,6325\ \tau^{0.5}$

ويعرض المتطلب الناتج في الشكل 8. ولا يرد تعريف لمتطلب معبراً عنه بالخطأ MTIE.



الشكل 8 – التفاوت المسموح به لجنوح الدخل (TDEV) للخيار 2 للميقاتية EEC

2.9 التفاوت المسموح به في الارتعاش

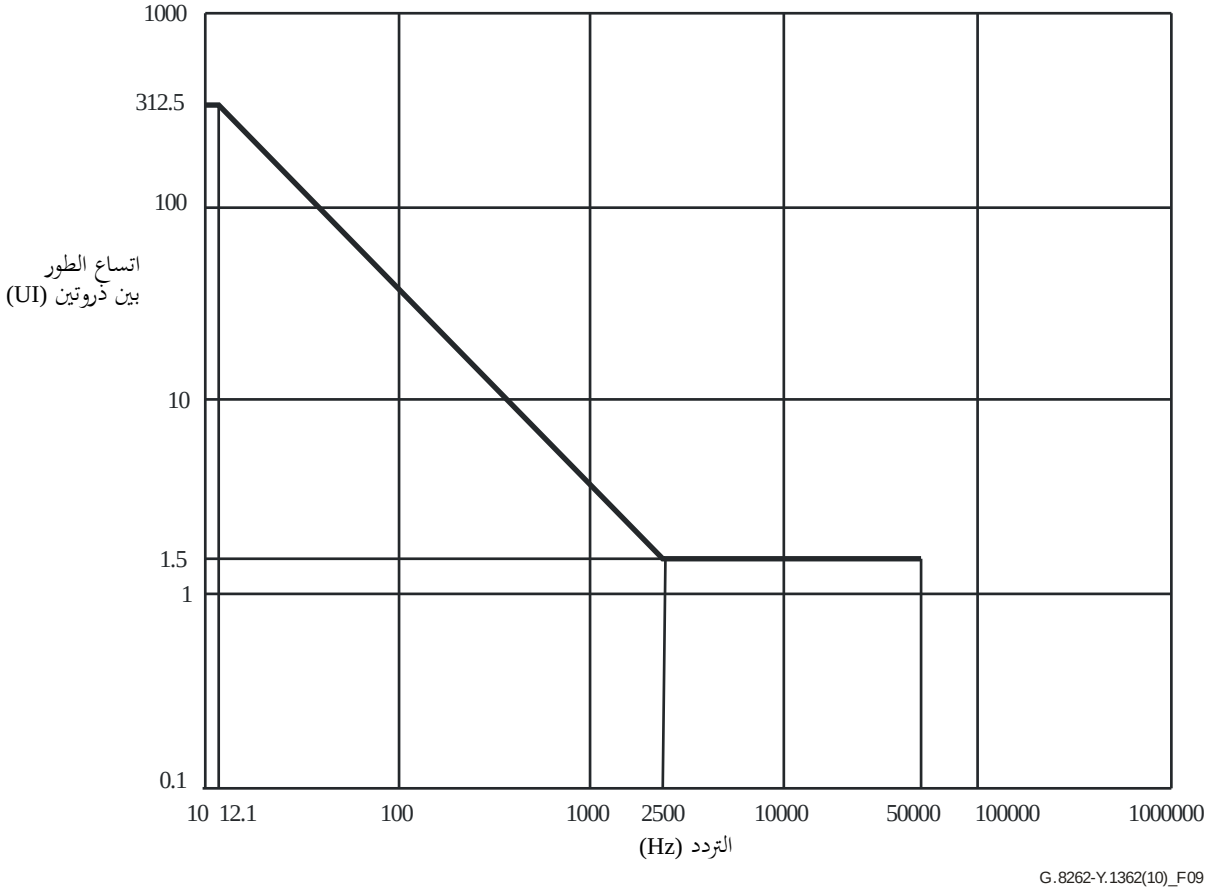
1.2.9 الخياران 1 و2 للميقاتية EEC

التفاوت المسموح به في الارتعاش عند سطح بيني لإثرنت متزامنة:

يرد في الجدول 11 والشكل 9 الحد الأدنى للتفاوت الأقصى المسموح به في ارتعاش الدخل بالنسبة للسطوح البينية للإثرنت من السلسلة 1G للخيار 1 و2 للميقاتية EEC.

الجدول 11 – التفاوت المسموح به
في الارتعاش عريض النطاق للإثرنت المتزامنة من السلسلة 1G للخيارين 1 و2 للميقاتية EEC

الاتساع في الارتعاش من ذروة إلى ذروة (UI)	التردد f (Hz)
312,5	$10 < f \leq 12{,}1$
$3\,750\ f^{-1}$	$12{,}1 < f \leq 2{,}5$ k
1,5	$2{,}5$ k $< f \leq 50$ k
ملاحظة – تشمل السلسلة 1G السطوح 1000BASE-KX وSX- وLX- ؛ وتخضع السطوح البينية متعددة الممرات لمزيد من الدراسة.	



الشكل 9 – التفاوت المسموح به
في الارتعاش عريض النطاق للإثرنت المتزامنة من السلسلة 1G للخيارين 1 و2 للميقاتية EEC

الملاحظة 1 – يجب استيفاء متطلبات التفاوت المسموح به للارتعاش الخاصة بالمعيار IEEE 802.3 ذات الصلة إضافةً إلى المتطلبات المحددة للتفاوت المسموح به للارتعاش عريض النطاق للإثرنت المتزامنة.

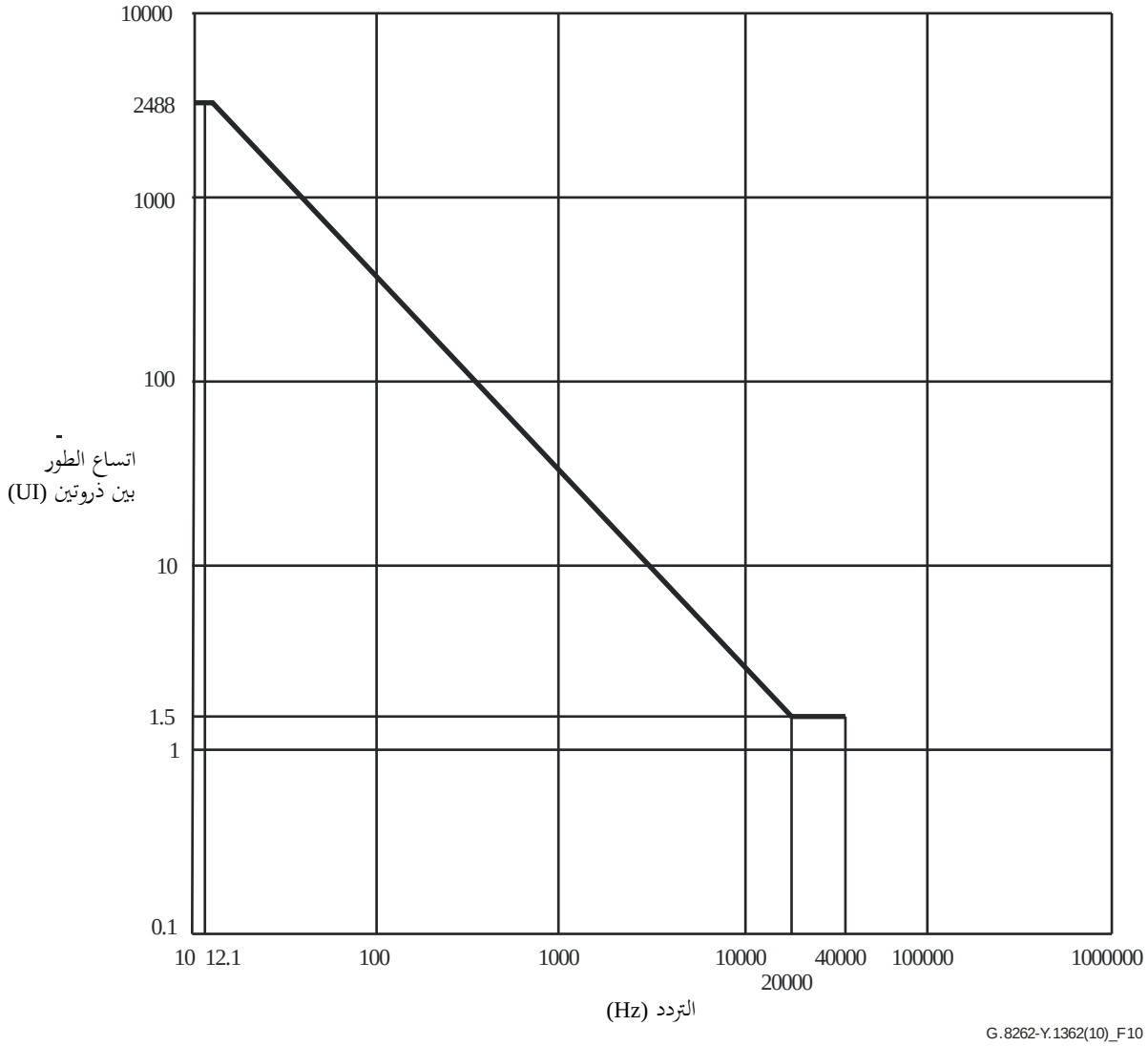
الملاحظة 2 – لأغراض الاختبار، يرد التفاوت المسموح به للارتعاش للترددات العالية وتوليد إشارة الاختبار بالنسبة للسطوح البينية لحركة الإثرنت فوق 637 kHz في المعيار [IEEE 802.3].

الملاحظة 3 – الميل فوق 50 kHz يساوي 20 dB/decade. وتخضع القيم الفعلية بين 50 و637 kHz لمزيد من الدراسة لأن طرائق القياس غير قابلة للمقارنة بشكل كامل بين [IEEE 802.3] وقطاع تقييس الاتصالات. ويمكن الاطلاع على المعلومات بشأن مواصفة الارتعاش الخاصة بالاتحاد الدولي للاتصالات في التذييل I بالتوصية [ITU-T G.825].

ويرد الحد الأدنى للارتعاش الأقصى للدخل الذي يمكن تحمله بالنسبة للسطوح البينية للإثرنت من السلسلة 10G للخيارين 1 و2 للميقاتية EEC في الجدول 12 والشكل 10.

الجدول 12 – التفاوت المسموح به
في الارتعاش عريض النطاق للإثرنت المتزامنة 10G للخيارين 1 و2 للميقاتية EEC

اتساع الارتعاش بين ذروتين (UI)	التردد f (Hz)
2 488	$10 < f \leq 12{,}1$
$30\,000\ f^{-1}$	$12{,}1 < f \leq 20$ k
1,5	20 k $< f \leq 40$ k
الملاحظة 1 – تشمل السلسلة 10G السطوح 10GBASE-SR/LR/ER و10GBASE-LRM و10GBASE-SW/LW/EW والسطوح البينية متعددة الممرات التي تتألف من ممرات 10G بما في ذلك 40GBASE-KR4/CR4/SR4/LR4 و100GBASE-CR10/SR10.	



الشكل 10 – التفاوت المسموح به في الارتعاش عريض النطاق للإثرنت المتزامنة 10G للخيارين 1 و2 للميقاتية EEC

الملاحظة 4 – يجب استيفاء متطلبات تفادي الارتعاش للمعيار [IEEE 802.3] ذات الصلة إضافةً إلى المتطلبات المحددة لتفاوت الارتعاش عريضة النطاق للإثرنت المتزامنة.

الملاحظة 5 – طرائق القياس غير قابلة للمقارنة بشكل كامل بين المعيار [IEEE 802.3] وقطاع تقييس الاتصالات. ويمكن الاطلاع على المعلومات بشأن مواصفة الارتعاش للاتحاد الدولي للاتصالات بالتذييل I من التوصية [ITU-T G.825].

ويرد في الجدول 13 الحد الأدنى لأقصى ارتعاش يمكن تحمله عند الدخل بالنسبة للسطوح البينية للإثرنت من السلسلة 25G للخيارين 1 و2 للميقاتية EEC.

الجدول 13 – التفاوت المسموح به
للارتعاش عريض النطاق للإثرنت المتزامنة من السلسلة 25G للخيارين 1 و2 للميقاتية EEC

اتساع الارتعاش بين ذروتين (UI)	التردد f (Hz)
6 445	$10 < f \leq 11{,}17$
$72\,000f^{-1}$	$11{,}17 < f \leq 20$ k
3,6	20 k $< f \leq 100$ k
ملاحظة – تشمل السلسلة 25G السطوح البينية متعددة الممرات التي تتألف من ممرات 25G بما في ذلك 100GBASE-LR4/ER4.	

التفاوت المسموح به للارتعاش عند السطوح البينية 048 2 kHz و048 2 kbit/s و544 1 kbit/s و STM-N:

يرد تعريف الحد الأدنى لأقصى ارتعاش يمكن تحمله عند الدخل للإشارتين 048 2 kHz و048 2 kbit/s للخيار 1 في الفقرة 2.8 من التوصية [ITU-T G.813].

يرد تعريف الحد الأدنى لأقصى ارتعاش يمكن تحمله بالنسبة للتزامن الخارجي 544 1 kbit/s بالنسبة للخيار 2 في الفقرة 2.8 من التوصية [ITU-T G.813].

يرد تعريف الحد الأدنى لأقصى ارتعاش يمكن تحمله بالنسبة للسطوح البينية STM-N في التوصية [ITU-T G.825].

10 نقل الضوضاء

خصائص النقل بالنسبة للميقاتية EEC تحدد خواصها فيما يتعلق بنقل انحرافات طور الدخل نسبةً إلى طور الموجة الحاملة. ويمكن اعتبار الميقاتية EEC مرشاحاً منخفض التمرير للاختلافات بين طور الدخل الفعلي وطور الدخل النموذجي للمرجع. وعروض النطاق الدنيا والقصوى المسموح بها لسلوك المرشاح منخفض التمرير هذا تستند إلى اعتبارات يرد شرحها في التذييل II من التوصية [ITU-T G.813] ويرد تبيانها أدناه.

في نطاق التمرير، ينبغي لكسب الطور للميقاتية EEC أن يكون أقل من 0,2 dB (2,3%). وما ورد أعلاه ينطبق على النموذج الخطي للميقاتية EEC. بيد أنه لا ينبغي لهذا النموضح أن يقيد التنفيذ.

1.10 الخيار 1 للميقاتية EEC

المتطلب الخاص بعرض النطاق الأدنى لأي ميقاتية EEC هو 1 Hz. وبالنسبة لعرض النطاق الأقصى لأي ميقاتية EEC، فإن المتطلب هو 10 Hz.

2.10 الخيار 2 للميقاتية EEC

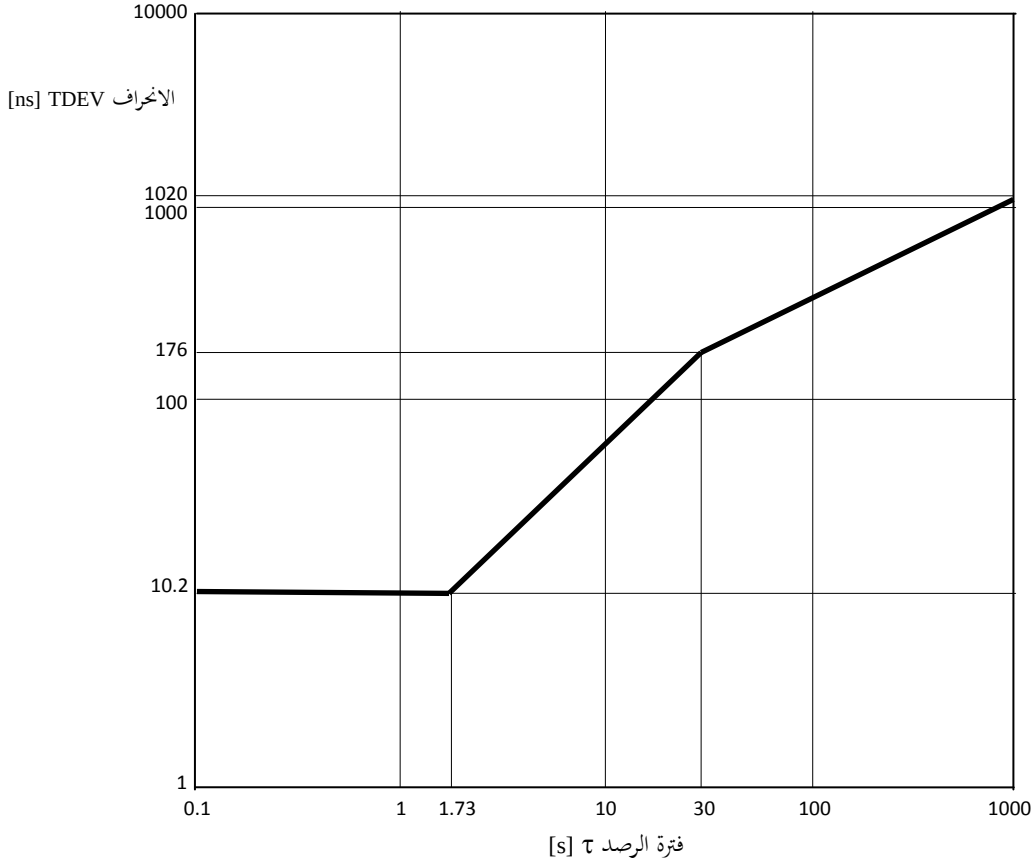
الإثرنت المتزامنة أو عناصر شبكة إثرنت بالتراتب SDH عندما يكون مرجعها إثرنت متزامنة أو إشارة توقيت STM-N تفي بقناع الانحراف TDEV للدخل المبين في الشكل 10، يجب أن يكون خرجها إشارات تفي بحدود الانحراف TDEV للخرج الواردة في الجدول 14:

الجدول 14 – نقل الجنوح بالنسبة للخيار 2 للميقاتية EEC
(أقصى جنوح للخرج عندما يفي جنوح الدخل بالجدول 10)

فترة الرصد τ [s]	حد الانحراف TDEV [ns]
$0,1 < \tau \leq 1,73$	10,2
$1,73 < \tau \leq 30$	$5,88\ \tau$
$30 < \tau \leq 1\ 000$	$32,26\ \tau^{0,5}$

ويعرض الشكل 11 المتطلب الناتج. والغرض من هذه الأقنعة هو ضمان أن يكون عرض النطاق الأقصى في قناع لأي ميقاتية EEC مساوياً 0,1 Hz. وينبغي عدم استعمال هذه الأقنعة للتحقق من الوصول إلى الذروة بالنسبة لكسب الطور. ولا توجد متطلبات بالنسبة لعرض النطاق الأدنى.

ويقاس الانحراف TDEV عن طريق مرشاح قياس منخفض التمرير مكافئ 10-Hz من الدرجة الأولى عند زمن اعتيان أقصى يساوي 1/30 ثانية. ومدة القياس الدنيا للانحراف TDEV تساوي اثنتي عشرة مرة مدة التكامل ($T = 12\tau$).



الشكل 11 – نقل الجنوح للخيار 2 للميقاتية EEC (الجنوح الأقصى للخرج عندما يفي جنوح الدخل بالشكل 8)

ملاحظة – تزيد قيم قناع النقل هذا نسبة 2% عن القناع المبين في الشكل 8 في نطاق التمرير.

ويستعمل القناعان المبينان في الشكلين 8 و11 للتحقق من تفاوت الجنوح وقياس نقل الانحراف TDEV، على التوالي؛ وهما لا يمثلان حد جنوح الشبكة الواجب الوفاء به بالنسبة للمتطلب المتراكم لجنوح الحمولة النافعة. وعملياً، لن يتسبب ذلك في فقدان التزامن عند أي ميقاتية EEC حيث يقع حد تفاوت جنوح الشبكة المبين في الشكل 11 ضمن نطاق تمرير الخيار 2 للميقاتية EEC. بيد أنه سيتسبب في تراكم أكبر للجنوح.

11 الاستجابة العابرة وأداء الاستبقاء

تنطبق متطلبات هذه الفقرة على الحالات التي تتأثر فيها إشارة الدخل من التشويش أو أعطال الإرسال (مثل الانقطاعات القصيرة، والتبديل بين إشارات تزامن مختلفة، وفقدان المرجع، وما إلى ذلك) والتي تؤدي إلى حالات عبور في الطور عند خرج الميقاتية EEC. والقدرة على تحمل التشويش ضرورية لتفادي أعطاب أو أعطال الإرسال. وأعطال الإرسال والتشويش ظروف ضاغطة شائعة في بيئة الإرسال.

ويوصى بأن تبقى جميع حركات الطور عند خرج الميقاتية EEC ضمن المستويات الموضحة في الفقرات التالية.

وتجرى قياسات الخطأ MTIE للخيار 2 للميقاتيات EEC عن طريق مرشاح قياس منخفض التمرير مكافئ من الدرجة الأولى 100-Hz.

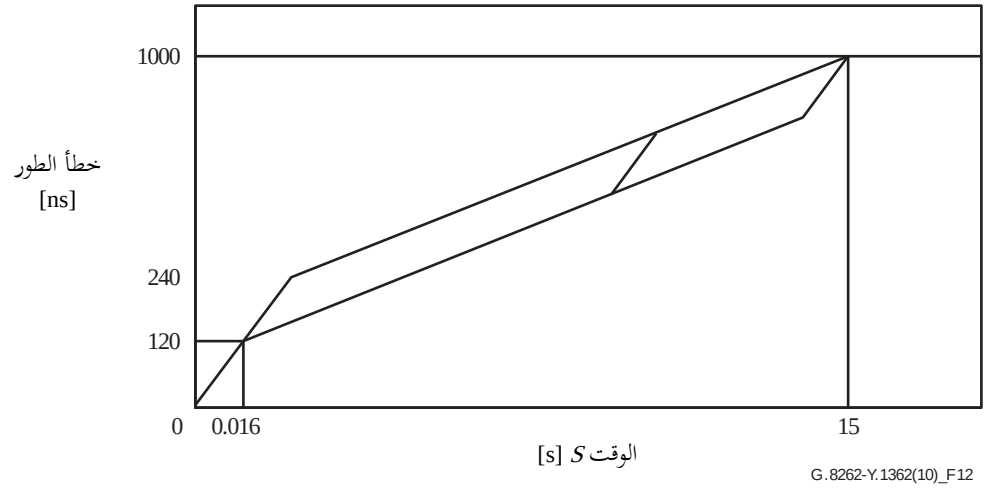
1.11 الاستجابة العابرة للطور على الأجل القصير

1.1.11 الخيار 1 للميقاتية EEC

يعكس هذا المتطلب أداء الميقاتية في الحالات التي يفقد فيها مرجع الدخل (المختار) بسبب عطل في مسير المرجع ووجود إشارة دخل مرجع ثان مصدرها نفس الميقاتية المرجعية، في نفس اللحظة أو بعد اكتشاف العطل بوقت قصير (مثل حالات الاستعادة المستقلة). وفي هذه الحالات، يفقد المرجع لمدة 15 ثانية على الأكثر. ويقيد تغير طور الخرج نسبةً إلى مرجع الدخل قبل فقدانه بالمتطلبات التالية:

ينبغي ألا يتجاوز خطأ الطور $\Delta t + 5 \times 10^{-8} \times S$ ثانية خلال أي فترة S حتى 15 ثانية. وتمثل Δt قفزتين للطور قد تحدثان أثناء الانتقال إلى حالة الاستبقاء أو الخروج منها حيث لا تتجاوز القفزتان معاً 120 ns مع تخالف تردد مؤقت لا يزيد عن 7,5 ppm.

ويلخص في الشكل 12 المتطلب الإجمالي الناتج. والغرض من هذا الشكل تصوير حركة الطور في الحالة الأسوأ نسبةً إلى تبديل ميقاتية مرجعية EEC. ويمكن للميقاتيات أن تغير الحالة. بصورة أسرع مما هو معروض هنا. وترد في التذييل II من التوصية [ITU-T G.813] معلومات أساسية بشأن المتطلبات التي يشتق منها هذا المتطلب.



الشكل 12 – العبور الأقصى للطور عند الخرج نتيجةً لتبديل مرجع للخيار 1 للميقاتية EEC

ويبين الشكل 12 قفزتين في الطور في عبور تبديل الميقاتية. وتعكس القفزة الأولى الاستجابة الأولية لفقدان مصدر مرجع التزامن والدخول المترتب على ذلك في حالة الاستبقاء. ويقابل مقدار هذه القفزة تخالفاً في التردد أقل من 7,5 ppm لمدة أقل من 16 ms. وبعد مدة 16 ms هذه، تقيد حركة الطور بحيث تقع أسفل الخط الذي يبلغ ميله 5×10^{-8} من أجل تقييد نشاط المؤشر. والقفزة الثانية التي تحدث في غضون 15 ثانية بعد الدخول في حالة الاستبقاء، ستكون من أجل التبديل للمرجع الثانوي. وتنطبق نفس المتطلبات على هذه القفزة. وبعد القفزة الثانية، ينبغي للخطأ في الطور أي يظل ثابتاً وأقل من 1 µs.

ملاحظة – انحراف طور الخرج عند التبديل بين المرجعين اللذين لا يمكن تتبعهما إلى نفس الميقاتية المرجعية الأولية (PRC) يحتاج إلى مزيد من الدراسة.

وفي الحالات التي تفقد فيها إشارة تزامن الدخل لأكثر من 15 ثانية، تنطبق المتطلبات الواردة في الفقرة 2.11.

2.1.11 الخيار 2 للميقاتية EEC

أثناء عمليات إعادة ترتيب الميقاتية (مثل تبديل المرجع)، ينبغي لخرج الميقاتية أن يفي بتمطلب الخطأ MTIE المعرف في الفقرة 2.4.11.

2.11 الاستجابة العابرة للطور طويلة الأجل (الاستبقاء)

يقيد هذا المتطلب الانحرافات القصوى في إشارة توقيت الخرج. كما أنه يقيد تراكم حركة الطور أثناء حالات تدهور إشارة الدخل أو التشويش الداخلي.

1.2.11 الخيار 1 للميقاتية EEC

عندما تفقد الميقاتية EEC جميع المراجع، يقال أنها دخلت حالة الاستبقاء. وخطأ الطور، ΔT، عند خرج الميقاتية EEC بالنسبة إلى الدخل لخطة فقدان المرجع ينبغي ألا يتجاوز الحد التالي، في أي فترة S أكبر من 15 ثانية:

$$\Delta T(S) = \left\{(a_1 + a_2)S + 0{,}5bS^2 + c\right\} \qquad [\text{ns}]$$

حيث:

a_1 = 50 ns/s (انظر الملاحظة 1)

a_2 = 2 000 ns/s (انظر الملاحظة 2)

b = $1{,}16 \times 10^{-4}$ ns/s^2 (انظر الملاحظة 3)

c = 120 ns (انظر الملاحظة 4)

ويخضع هذا الحد لتخالف أقصى في التردد يساوي ±4,6 ppm. ويحدد السلوك بالنسبة لمدة S أقل من 15 ثانية في الفقرة 1.11.

الملاحظة 1 – يمثل تخالف التردد، a_1، تخالفاً أولياً في التردد يقابل 5×10^{-8} (0,05 ppm).

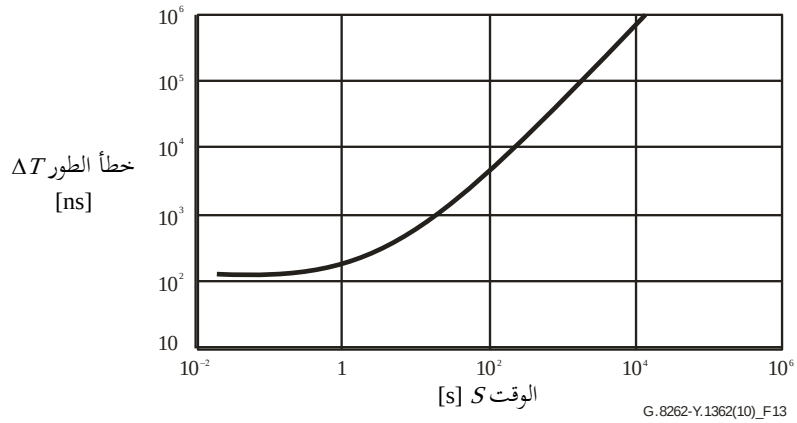
الملاحظة 2 – يقابل تخالف التردد، a_2، لتغايرات في درجة الحرارة بعد دخول الميقاتية في حالة الاستبقاء ويقابل 2×10^{-6} (2 ppm). وفي حالة عدم وجود تغايرات في درجة الحرارة، ينبغي ألا يساهم الحد a_2S في خطأ الطور.

الملاحظة 3 – ينشأ الانسياق b عن التقادم: والقيمة $1{,}16 \times 10^{-4}$ ns/s^2 تقابل انسياقاً في التردد قيمته 1×10^{-8} في اليوم (0,01 ppm/day). وتشتق هذه القيمة من الخصائص النمطية للتقادم بعد عشرة أيام من التشغيل المستمر. ومن غير المزمع قياس هذه القيمة بصورة يومية، حيث سيسود أثر درجات الحرارة.

الملاحظة 4 – تخالف الطور، c، يتولى أي تخالف إضافي في الطور قد ينشأ أثناء فترة العبور عند الدخول في حالة الاستبقاء.

ويلخص في الشكل 13 المتطلب الإجمالي الناتج بالنسبة لدرجة الحرارة الثابتة (أي، في حالة إهمال أثر درجات الحرارة).

$$\Delta T(S) = \left(a_1 S + \frac{b}{2}S^2 + c\right) \qquad [ns]$$



الشكل 13 – خطأ الطور المسموح به لميقاتية EEC في الخيار 1 في ظل تشغيل الاستبقاء عند درجة حرارة ثابتة

2.2.11 الخيار 2 للميقاتية EEC

عندما تفقد أي ميقاتية EEC المراجع الخاصة بها، فإنها تدخل في حالة الاستبقاء. وخطأ الطور ΔT عند خرج الميقاتية التابعة من خطة فقدان المرجع، ينبغي أن تفي بما يلي، في أي فترة S من الثواني:

$$\left|\Delta T(S)\right| \le \left\{(a_1 + a_2)S + 0{,}5bS^2 + c\right\} \quad [\text{ns}]$$

ومشتقة الخطأ $\Delta T(S)$، تخالف التردد الجزئي، ينبغي خلال أي فترة مقدارها S ثانية أن تفي بما يلي:

$$\left|d\left(\Delta T(S)\right)/dS\right| \le \left\{a_1 + a_2 + bS\right\} \quad [\text{ns/s}]$$

والمشتقة الثانية للخطأ $\Delta T(S)$، تخالف التردد الجزئي، ينبغي خلال أي فترة مقدارها S ثانية أن تفي بما يلي:

$$\left|d^2\left(\Delta T(S)\right)/dS^2\right| \le d \quad \left[\text{ns/s}^2\right]$$

عند تطبيق المتطلبين أعلاه بالنسبة للمشتقة والمشتقة الثانية للخطأ $\Delta T(S)$، يجب أن تبدأ الفترة S بعد انتهاء أي فترة عبور. مرتبطة بالدخول في حالة الاستبقاء. وخلال فترة العبور هذه، تنطبق متطلبات العبور الواردة في الفقرة 2.4.11.

الملاحظة 1 – a_1، تمثل تخالفاً أولياً في التردد في ظل ظروف درجة الحرارة الثابتة (±1 K).

الملاحظة 2 – يقابل تخالف التردد، a_2، لتغايرات في درجة الحرارة بعد دخول الميقاتية في حالة الاستبقاء. وفي حالة عدم وجود تغايرات في درجة الحرارة، ينبغي ألا يساهم الحد a_2S في خطأ الطور.

الملاحظة 3 – b، تمثل متوسط الانسياق في التردد بسبب التقادم. وتشتق هذه القيمة من الخصائص النمطية للتقادم بعد 60 يوماً من التشغيل المستمر. ومن غير المزمع قياس هذه القيمة بصورة يومية، حيث سيسود أثر درجات الحرارة.

الملاحظة 4 – تخالف الطور، c، يتولى أي تخالف إضافي في الطور قد ينشأ أثناء فترة العبور عند الدخول في حالة الاستبقاء.

الملاحظة 5 – d، تمثل معدل الانسياق الأقصى المؤقت في التردد عند درجة الحرارة الثابتة المسموح به أثناء الاستبقاء. بيد أنه لا يلزم تساوي d وb. ويلاحظ أنه بالنسبة لبعض الفترات الزمنية، خاصة القصيرة منها، قد يصعب اختبار هذه المعلمة وقد لا يكون هناك مغزى للقيمة المقاسة.

ويعرض في الجدول 15 مواصفة الخطأ المسموح به في الطول بالنسبة للخيار 2 للميقاتية EEC.

الجدول 15 – مواصفة الاستجابة العابرة أثناء الاستبقاء

الخيار 2 للميقاتية EEC	
***S*> TBD**	**تنطبق على**
50	a_1 [ns/s]
300	a_2 [ns/s]
$4{,}63 \times 10^{-4}$	b [ns/s^2]
1 000	c [ns]
$4{,}63 \times 10^{-4}$	d [ns/s^2]
TBD: ستحدد فيما بعد.	

3.11 استجابة الطور لانقطاعات إشارة الدخل

1.3.11 الخيار 1 للميقاتية EEC

بالنسبة للانقطاعات قصيرة الأجل لإشارات الدخل الخاصة بالتزامن التي لا تتسبب في تبديل المرجع، ينبغي لتخالف طور الخرج ألا يتجاوز 120 ns مع تخالف أقصى للتردد قيمته 7,5 ppm لمدة قصوى 16 ms.

2.3.11 الخيار 2 للميقاتية EEC

يحتاج إلى مزيد من الدراسة.

4.11 عدم استمرارية الطيف

1.4.11 الخيار 1 للميقاتية EEC

في حالات الاختبار الداخلي غير المتكرر أو أي حالات تشويش داخلي (مع اسبتعاد أعطال العتاد الرئيسية، مثل تلك التي تعزز عمليات تبديل لحماية معدات الميقاتية) ضمن ميقاتية EEC متزامنة، ينبغي استيفاء الشروط التالية:

- تغاير الطور خلال الفترة S (ms) حتى 16 ms، ينبغي ألا يتجاوز 7,5 ns؛
- تغاير الطور خلال الفترة S (ms) بين 16 ms و2,4 ثانية، ينبغي ألا يتجاوز 120 ns؛
- بالنسبة للفترات التي تزيد على 2,4 ثانية، فإن تغاير الطور بالنسبة لكل فترة مقدارها 2,4 ثانية، ينبغي ألا يتجاوز 120 ns مع تخالف مؤقت لا يزيد على 7,5 ppm حتى قيمة إجمالية مقدارها 1 µs.

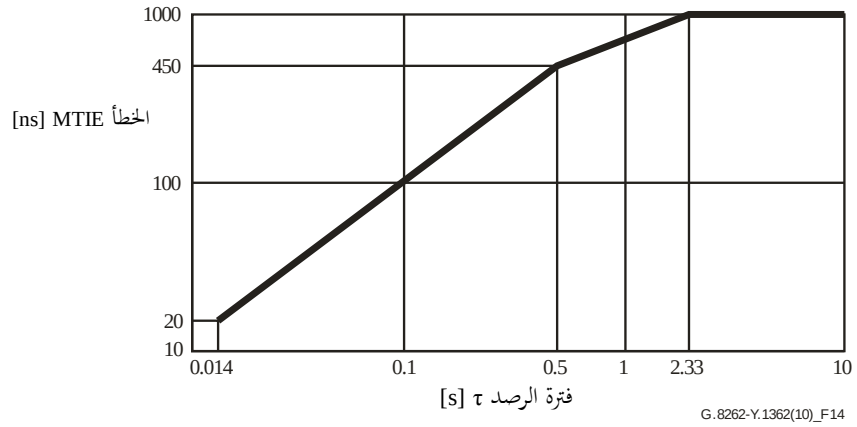
2.4.11 الخيار 2 للميقاتية EEC

في حالات الاختبار الداخلي غير المتكرر أو عمليات إعادة الترتيب ضمن الميقاتية التابعة، ينبغي لعبور الطور عند خرج الميقاتية EEC في الخيار 2 أن يستوفي مواصفات الخطأ MTIE المحددة في الجدول 16.

الجدول 16 – الخطأ MTIE عند الخرج نتيجةً لتبديل المرجع/عمليات إعادة الترتيب للخيار 2 للميقاتية EEC

حد الخطأ MTIE [ns]	فترة الرصد τ [s]
غير موصف	$\tau \leq 0{,}014$
$7{,}6 + 885\ \tau$	$0{,}014 < \tau \leq 0{,}5$
$300 + 300\ \tau$	$0{,}5 < \tau \leq 2{,}33$
1 000	$2{,}33 < \tau$

ويوضح في الشكل 14 هذا المتطلب الخاص بالخطأ MTIE.



الشكل 14 – الخطأ MTIE عند الخرج نتيجةً لتبديل المرجع/عمليات إعادة الترتيب للخيار 2 للميقاتية EEC

12 السطوح البينية

تتعلق المتطلبات الواردة في هذه التوصية بنقاط مرجعية داخلية بالنسبة لعناصر الشبكة (NE) المدمج بينها الميقاتية، وبالتالي، لا يتعين أن تتاح بالضرورة من أجل القياس أو التحليل من جانب المستعمل. لذا، فإن أداء الميقاتية EEC لا يحدد عند النقاط المرجعية الداخلية هذه، ولكن عند السطوح البينية الخارجية للمعدات.

والسطوح البينية للدخل والخرج الخاصة بالتزامن من أجل معدات الإثرنت التي يمكن أن تدرج فيها المقاتية EEC هي:

- السطوح البينية 544 1 kbit/s طبقاً للتوصية [ITU-T G.703]؛
- السطوح البينية الخارجية 048 2 kHz طبقاً للتوصية [ITU-T G.703]؛
- السطوح البينية 048 2 kbit/s طبقاً للتوصية [ITU-T G.703]؛
- السطوح البينية للحركة STM-N (بالنسبة للعناصر NE الهجينة)؛
- السطح البيني 64-kHz طبقاً للتوصية [ITU-T G.703]؛
- السطوح البينية الخارجية 312 6-kHz طبقاً للتوصية [ITU-T G.703]؛
- السطوح البينية للإثرنت المتزامنة.

قد لا يتسنى تنفيذ جميع السطوح البينية أعلاه في جميع المعدات. وينبغي أن تمتثل هذه السطوح البينية لمتطلبات الارتعاش والجنوح المعرفة في هذه التوصية.

والسطوح البينية النحاسية للإثرنت تسمح بأسلوب إرسال نصف مزدوج واصطدامات على خط يمكن أن يخمد الإشارات ويدمر التوقيت، وبالتالي يجب ألاّ تعمل السطوح البينية للإثرنت المتزامنة إلاّ في أسلوب الإرسال كامل الازدواج وأن يكون لها قطار بتات مستمر.

ملاحظة – لدعم قابلية التشغيل البيني مع معدات الشبكات القائمة، فإن السطوح البينية الواصلة إلى أو الخارجة من ميقاتيات الشبكة الخارجية يمكن أن تدعم بشكل اختياري قناة رسالة التزامن (SSM).

1.12 السطوح البينية للتزامن الخارجي

يحتاج تزامن معدات الإثرنت إلى دعم مجموعة من أنواع السطوح البينية للتزامن الخارجي بما يسمح باشتقاق التزامن من ميقاتية SSU/BITS [التوصية ITU-T G.812] أو من خرج ميقاتية معدات تراتب SDH (SEC) [التوصية ITU-T G.813] أو من معدة إثرنت متزامنة أخرى كما هو موصف في هذه التوصية.

والأهداف الأساسية هي:

- توفير مسير انتقال سهل من المعماريات الحالية لتوزيع التزامن القائمة على إرسال بالتراتب الرقمي المتزامن (SDH) إلى معماريات التزامن المستقبلية القائمة على نقل الإثرنت على مستوى الموجة الحاملة مع ميقاتية EEC مدمجة؛
- ضمان نقل التزامن (التردد) عند الطبقة المادية حيث لا تخضع لتشوهات الحمل.

ويعرض الجدول 17 نوع السطح البيني الخارجي.

الجدول 17 نوع السطح البيني الخارجي

نوع السطح البيني الخارجي	وسائل الدعم
Mbit/s 2,048/MHz 2,048 Mbit/s 1,544/MHz 1,544 على أساس التوصية [ITU-T G.703]	معمارية تقليدية/أولية تدعم التردد **ملاحظة** – تسمح بالانتقال من المعمارية التقليدية القائمة على التراتب SDH إلى معمارية إثرنت متزامنة أولية على مستوى الموجة الحاملة بإعادة استعمال وظيفة وحدة الإمداد بالتزامن (SSU) الحالية.
إثرنت متزامنة (يحدد المعدل فيما بعد)	متطلب أولي من أجل التردد

تحتاج أنواع السطوح البينية الخارجة الأخرى إلى مزيد من الدراسة.

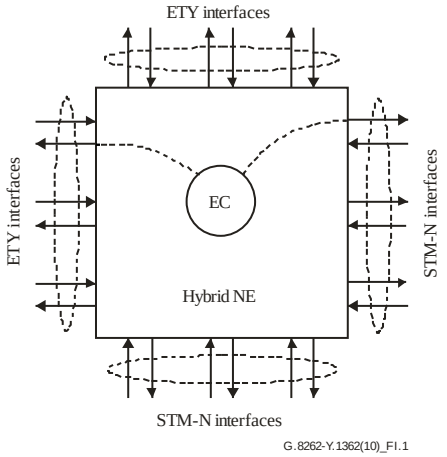
ملاحظة – دعم الإثرنت المتزامنة من أجل نقل الزمن (أي التردد والزمن معاً) يحتاج إلى مزيد من الدراسة.

التذييل I

عناصر الشبكة الهجينة التي تستعمل السطحين البينيين STM-N والإثرنت (ETY)

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يمكن للميقاتيات EEC أن تدعم استعمال عناصر الشبكات الهجينة (NE) في أي موضع في سلسلة التزامن كما هو موضح في التذييل XII من التوصية [ITU-T G.8261]. ويوضح الشكل 1.I عنصر شبكة هجينة وعلاقات التوقيت بين ميقاتية المعدات (EC) والسطحين البينيين STM-N وETY.



الشكل 1.I – عنصر شبكة هجينة يستعمل السطحين البينيين STM-N والإثرنت (ETY)

بالنسبة لعناصر الشبكة الهجينة، يمكن دعم نقل التوقيت من أي نوع من أنواع السطوح البينية للدخل إلى أي نوع من أنواع السطوح البينية للخرج كما هو مبين في الجدول 1.I.

الجدول 1.I – توليفة من منافذ الدخل والخرج لتوزيع التوقيت

دخل التوقيت	خرج التوقيت
STM-N	STM-N
STM-N	ETY
STM-N	T4
ETY	STM-N
ETY	ETY
ETY	T4
T3	STM-N
T3	ETY

وينبغي ألا يحتاج استعمال السطوح البينية ETY لتوزيع التوقيت واستعمال عناصر الشبكات الهجينة إلى تعديلات في عناصر الشبكات SDH أو الميقاتيات المنشورة (PRC، SSU)، مثلاً، عدم وجود أي نقاط شفرة SSM جديدة بالنسبة للسطوح البينية STM-N. وينبغي أيضاً عدم استعمال نقطة الشفرة "0000".

التذييل II

العلاقة بين المتطلبات الواردة في هذه التوصية والتوصيات الأخرى الرئيسية المتعلقة بالمتزامن

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يشرح هذا التذييل العلاقة بين متطلبات أداء الميقاتية الواردة في متن هذه التوصية والتوصيات الرئيسية الخاصة بالتزامن الجاري إعدادها أو التي تم إعدادها ضمن المسألة 13 (أداء توزيع التزامن والوقت في الشبكة) للجنة الدراسات 15 بقطاع تقييس الاتصالات.

وتشرح هذه التوصية متطلبات الأداء لميقاتيات الإثرنت المتزامنة. ويرد شرح المفهوم الأساسي للإثرنت المتزامنة في التوصية [ITU-T G.8261]، وهي أول توصية لقطاع تقييس الاتصالات تفصل جوانب تزامن الشبكات المطبقة على الشبكات القائمة على الرزم.

والميقاتيات الموصوفة في هذه التوصية، في حالة دمجها ضمن عناصر شبكة الإثرنت، تسمح بنقل توقيت الشبكة القابل للتتبع عبر الطبقة المادية للإثرنت. وفي هذا السياق، يقوم المعيار [IEEE 802.3] بتعريف الطبقة المادية للإثرنت.

ومتطلبات الأداء الواردة في هذه التوصية مشتقة من التوصيات الحالية. وتقوم متطلبات الخيار 1 للميقاتية EEC على الخيار 1 للميقاتية الخاصة بالتوصية [ITU-T G.813]، فيما تقوم متطلبات الخيار 2 للميقاتية EEC على الميقاتية من النوع الرابع المستقاة من التوصية [ITU-T G.812]، عندما تُنشر في أحد عناصر الشبكة SDH.

وتقدم الميقاتيتان EEC نفس مستوى الأداء، ولكنهما مصممتان للاستعمال في الشبكات المستمثلة إما للتراتب 2 Mbit/s (للخيار 1) أو للتراتب 1 544 kbit/s (للخيار 2). وحيث إن الميقاتيات EEC متسقة مع ميقاتيات عناصر الشبكة SDH المستعملة في توزيع التردد، فإن هندسة شبكة التزامن لن تحتاج إلى أي تغيير على ممارسات هندسة الشبكات الحالية.

وتستند شبكات التزامن بوجه عام إلى توزيع تزامن SDH كما هو موضح في التوصية [ITU-T G.803]. وقد يتبع توزيع التزامن ممارسات إقليمية معينة من أجل الوفاء بمتطلبات الأداء الأساسية وحدود السطوح البينية للشبكات من أي من التوصيتين [b-ITU-T G.823] أو [b-ITU-T G.824] بالنسبة للتراتبين 2 048 kbit/s أو 1 544 kbit/s، على التوالي. والتوصيتان [b-ITU-T G.823] و[b-ITU-T G.824] يمكن تتبعهما إلى أهداف معدلات الانزلاق الأساسية الواردة في التوصية [b-ITU-T G.822].

وتوصف الميقاتيات EEC عمداً لكي يكون أدواؤها متسقاً مع شبكات التزامن القائمة. ويمكن نشر الخيار 1 للميقاتية EEC في شبكة توزيع تزامن بنفس الطريقة تماماً كالميقاتية SEC الواردة في التوصية [ITU-T G.813]، في حين يمكن نشر الخيار 2 للميقاتية EEC حسب ميقاتيات النوع الرابع القائمة للتوصية [ITU-T G.812].

التذييل III

قائمة بالسطوح البينية للإثرنت المطبقة على الإثرنت المتزامنة

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يعرض الجدول 1.III قائمة بجميع السطوح البينية للإثرنت المدرجة في المعيار [IEEE 802.3]. وهي تحدد السطوح البينية للإثرنت الصالحة لتشغيل الإثرنت المتزامنة. وقد تكون هناك سطوح بينية أخرى؛ وقائمة السطوح البينية ليست حصرية وقد تخضع للتحديث.

وقد أُخذت الاعتبارات التالية في الحسبان عند إعداد هذه القائمة.

النفاذ CSMA/CD

يوصف المعيار [IEEE 802.3] أسلوبين للتشغيل: أسلوب إرسال نصف مزدوج وأسلوب إرسال كامل الازدواج.

وقد طورت السطوح البينية الأصلية للإثرنت من أجل وسط وحيد يتم تقاسمه بين العديد من المحطات الانتهائية باستخدام آلية النفاذ المتعدد بتحسس الموجات الحاملة مع كشف التصادم CSMA/CD. وتستخدم معظم السطوح البينية وسائط منفصلة (أو موجات حاملة منفصلة) من أجل الاتصالات ثنائية الاتجاه بين محطتين انتهائيتين. واستخدام التشغيل بالإرسال نصف المزدوج في مثل هذه الوسائط ثنائية الاتجاه من نقطة إلى نقطة يعمل كمحاكي لسلوك التشغيل التقليدي للوسائط المشتركة. وفي كل الأحوال، لا يوجد اختلاف في سلوك الطبقة المادية بين أسلوب الإرسال نصف المزدوج وكامل الازدوج. ويتم التحكم في وظيفة الإرسال نصف المزدوج بواسطة الطبقة الفرعية للتحكم في النفاذ إلى الوسائط (MAC) ويؤثر فقط على نقل الرزم في الطبقة 2 وما فوقها.

ويمكن استعمال السطوح البينية المعنونة CSMA/CD لأغراض الإثرنت المتزامنة في جميع الحالات التي تكون فيها الوسائط من نقطة إلى نقطة.

الإشارة الثابتة

يجب أن ينقل السطح البيني إشارة دائماً.

ويجب تشفير هذه الإشارة لكي يكون هناك ضمان لعمليات العبور بحيث يتسنى استعادة الميقاتية. ويتحقق ذلك بالشفرة 64B/66B في بعض السطوح البينية 10G؛ والتشوير DSQ-128 (2 × 2 زوج، PAM-16) للسطوح 10G عبر زوج مجدول من النحاس؛ والشفرة 8B/10B لبعض السطوح البينية 1G و10G عبر 4 قنوات من الألياف أو النحاس؛ والشفرة 4D-PAM-5 للسطوح 1G عبر أزواج نحاسية مجدولة؛ والشفرة 4B/5B لبعض السطوح البينية 100M؛ والشفرة MLT-3 للسطوح البينية 100M عبر أزواج نحاسية مجدولة.

وجميع الطبقات المادية من نقطة إلى نقطة للمعيار IEEE 802.3 التي تعمل بسرعة 100 Mbit/s أو أكبر، تستخدم تشوير ثابت.

الرئيس/التابع

تصمم بعض السطوح البينية ثنائية الاتجاه بحيث يرمز لجانب برئيس الميقاتية يعمل كمولد للميقاتية، ويرمز للجانب الآخر بالتابع والذي يجبر على استعادة الميقاتية.

ولا تدعم هذه التشكيلة إلا الإثرنت المتزامنة أحادية الاتجاه. ويمكن الإعلان عن هذه الشروط في إطار الإشراف على عملية قناة رسالة تزامن الإثرنت (ESMC) على النحو المعرف في التوصية [ITU-T G.8264] حيث تطرح سطوح بينية مخفضة للإثرنت المتزامنة. وبالنسبة لهذه السطوح البينية، فإن قرار الرئيس/التابع ينبغي إنفاذه عن طريق إدارة المحطة على النحو المعرف بالفقرة المناسبة

في المعيار [IEEE 802.3]، حسب معمارية شبكة التزامن. وحالة السطح البيني المنخفض للقناة ESMC ينبغي مزامنتها مع حالة الرئيس/التابع.

وهناك مثالان على تشغيل الميقاتية الرئيس/التابع هما 1000BASE-T و10GBASE-T.

التفاوض الأوتوماتي

تستخدم آلية التفاوض الأوتوماتي المعرفة لبعض مجموعات الطبقات المادية (PHY) للتوصل إلى أعلى أسلوب تشغيل مدعوم تبادلياً لشريكين وقت تدميث الوصلة. وتدعم الخوارزمية عادةً سرعة أعلى مقارنة بسرعة أقل وإرسال بازدواج كامل مقارنةً بإرسال نصف مزدوج. ونظراً إلى أن التفاوض يتم وقت تدميث الوصلة، ينبغي أن يكون متوافقاً مع الإثرنت المتزامنة ولكنه قد لا يكون متوافقاً مع خطة توزيع التزامن. ويلاحظ أن التفاوض يعد خياراً لبعض أنواع الطبقات المادية ويمكن للإدارة إنفاذ السرعة وأسلوب الإرسال المزدوج المدعومين للطبقة المادية.

ويلاحظ أن هناك بعض الحالات التي يمكن للتفاوض الأوتوماتي أن يظهر فيها أثناء التشغيل، مثلاً، أثناء عملية تحديث. ويجب ألا يكون للتفاوض الأوتوماتي أي أثر على المعدلات ويجب أن تتوافق الميقاتيات مع الإثرنت المتزامنة.

عروة الرجعة المادية

جميع وظائف عروة الرجعة المادية المحددة على وصلات بإرسال كامل الازدواج والتي تقطع الوصلة من أجل الاختبار/التحقق "أثناء الخدمة" لا تتوافق مع الإثرنت المتزامنة. لذا، لا ينبغي السماح بها إلا أثناء تدميث الوصلة.

التشغيل من نقطة إلى عدة نقاط

تصمم بعض السطوح البينية للطبقة المادية للتشغيل من نقطة إلى عدة نقاط عبر شبكات بصرية منفعلة. وتستخدم هذه الوصلات تشوير وسيط في اتجاه المصدر غير أنها قد تكون مناسبة للإثرنت المتزامنة وحيدة الاتجاه.

متفرقات

نادراً ما تستخدم بعض أنواع الطبقات المادية الأقدم لا يتعين بحثها، فمثلاً يحدد نوعان من الطبقات المادية للاستعمال عبر الخط الرقمي للمشترك (DSL).

مسائل التنفيذ

تنقل بعض السطوح البينية الإشارات عبر كبلات أو ألياف متوازية. وتستعمل هذه السطوح البينية مصدراً واحداً للميقاتية لجميع الممرات المادية، بيد أن الميقاتية المستعادة (والنقطة المرجعية لخاتم التوقيت) قد تتغير حسب تعريف تشغيل الممرات المتعددة. ومن غير الواضح في هذه المرحلة ما إذا كانت ستكون هناك حاجة إلى تعريف آخر من أجل تشغيل الإثرنت المتزامنة عبر هذه السطوح البينية.

واستناداً إلى الاعتبارات أعلاه، يدرج الجدول 1.III السطوح البينية المادية الموصفة في المعيار [IEEE 802.3] وتحدد أيها ينظر فيه فيما يتعلق بالتوافق مع الإثرنت المتزامنة وأيها لا ينبغي أن ينظر فيه وأيها يمكن أن يكون أحادي الاتجاه فقط.

الجدول 1.III – قائمة بالسطوح البينية للإثرنت المؤهلة للإثرنت المتزامنة

الطبقة المادية	الوصف	الفقرة في المعيار [IEEE 802.3]	التشفير	مزودة بإمكانية الإثرنت المتزامنة
10BASE2	10 Mbit/s coaxial	10	Manchester, intermittent	لا
10BASE5	*10 Mbit/s coaxial*	*8*	*Manchester, intermittent*	لا *(الملاحظة 1)*
10BASE-F	10 Mbit/s fibre	15	NRZ, intermittent	لا
10BASE-FP	*10 Mbit/s fibre, star*	*16*	*NRZ, intermittent*	لا *(الملاحظة 1)*
10BASE-T	10 Mbit/s TP copper	14	Manchester, intermittent	لا
100BASE-BX10	100 Mbit/s bidi fibre	58, 66	4B/5B	نعم
100BASE-FX	100 Mbit/s fibre	24, 26	4B/5B	نعم
100BASE-LX10	100 Mbit/s fibre	58, 66	4B/5B	نعم
100BASE-T2	*100 Mbit/s TP copper*	*32*	*PAM-5*	لا *(الملاحظة 1)*
100BASE-T4	*100 Mbit/s TP copper*	*23*	*8B6T*	لا *(الملاحظة 1)*
100BASE-TX	100 Mbit/s TP copper	24, 25	MLT-3	نعم
1000BASE-BX10	1 Gbit/s bidi fibre	59, 66	8B/10B	نعم
1000BASE-CX	1 Gbit/s twinax	39	8B/10B	نعم
1000BASE-KX	1 Gbit/s backplane	70	8B/10B	نعم
1000BASE-LX	1 Gbit/s fibre	38	8B/10B	نعم
1000BASE-PX	1 Gbit/s PON	38	8B/10B	أحادي الاتجاه
1000BASE-SX	1 Gbit/s fibre	38	8B/10B	نعم
1000BASE-T	1 Gbit/s TP copper	40	4D-PAM5	أحادي الاتجاه (الملاحظة 2)
10BROAD36	*10 Mbit/s coax*	*11*	*BPSK*	لا *(الملاحظة 1)*
10GBASE-CX4	10 Gbit/s 4x twinax	54	8B/10B	نعم
10GBASE-ER	10 Gbit/s fibre	49, 52	64B/66B	نعم
10GBASE-EW	10 Gbit/s fibre	50, 52	64B/66B	نعم
10GBASE-KR	10 Gbit/s backplane	72	64B/66B	نعم
10GBASE-KX4	10 Gbit/s 4x backplane	71	8B/10B	نعم
10GBASE-LR	10 Gbit/s fibre	49, 52	64B/66B	نعم
10GBASE-LRM	10 Gbit/s fibre	68	64B/66B	نعم
10GBASE-LW	10 Gbit/s fibre	50, 52	64B/66B	نعم
10GBASE-LX4	10 Gbit/s 4λ fibre	50, 52	8B/10B	نعم
10GBASE-SR	10 Gbit/s fibre	49, 52	64B/66B	نعم
10GBASE-SW	10 Gbit/s fibre	50, 52	64B/66B	نعم

الجدول 1.III – قائمة بالسطوح البينية للإثرنت المؤهلة للإثرنت المتزامنة

الطبقة المادية	الوصف	الفقرة في المعيار [IEEE 802.3]	التشفير	مزودة بإمكانية الإثرنت المتزامنة
10GBASE-T	10 Gbit/s TP copper	55	DSQ-128	نعم (الملاحظة 3)
10PASS-TS	>10 Mbit/s DSL	61, 62	DMT	لا
1BASE-5	*1 Mbit/s TP copper*	*12*	*Manchester*	*لا (الملاحظة 1)*
2BASE-TL	>2 Mbit/s DSL	61, 63	PAM	لا
10/1GBASE-PR	10 Gbit/s/1 Gbit/s PON	76	64B/66B/8B/10B	أحادي الاتجاه
10GBASE-PR	10 Gbit/s PON	76	64B/66B	أحادي الاتجاه
40GBASE-KR4	40 Gbit/s 4x backplane	84	64B/66B	نعم
40GBASE-CR4	40 Gbit/s 4x twinax	85	64B/66B	نعم
40GBASE-SR4	40 Gbit/s 4x fibre	86	64B/66B	نعم
40GBASE-LR4	40 Gbit/s 4λ fibre	87	64B/66B	نعم
100GBASE-CR10	100 Gbit/s 10x twinax	85	64B/66B	نعم
100GBASE-SR10	100 Gbit/s 10x fibre	86	64B/66B	نعم
100GBASE-LR4	100 Gbit/s 4λ fibre	88	64B/66B	نعم
100GBASE-ER4	100 Gbit/s 4λ fibre	88	64B/66B	نعم

الملاحظة 1 – هذه الصفوف (بالكتابة المائلة) ملغاة.

الملاحظة 2 – نقل الضوضاء غير مقاس على سطح بيني بتوقيت العروة.

الملاحظة 3 – يمكن للطبقة المادية 10GBASE-T أن تدعم ميقاتية رئيس مزدوجة أو رئيس/تابع (أي إثرنت متزامنة أحادية الاتجاه).

التذييل IV

اعتبارات بشأن الإثرنت المتزامنة عبر السطحين البينيين 1000BASE-T و10GBASE-T

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

تتطلب الإثرنت المتزامنة تشكيل معلمات التزامن ذات الصلة لعناصر الشبكة (مثل اختيار وصلة كمرجع تزامن مرشح، والأولوية) طبقاً لخطة تزامن الشبكة.

وتركز المناقشة أدناه على السطحين البينيين 1000BASE-T و10GBASE-T لأن اتجاه التوقيت بالنسبة لهما قد لا يكون متوافقاً مع خطة تزامن الشبكة بسبب تشكيلة العلاقة رئيس–تابع كما هي معرفة في المعيار [IEEE 802.3].

ملاحظة – ما يلي ينطبق على السطوح البينية أحادية الاتجاه (من منظور التزامن). وتطبيق قواعد متشابهة على وصلات في حلقة قد يتعين فيها عكس سلسلة التوقيت، يحتاج إلى مزيد من الدراسة.

والاصطلاحات التالية تستعمل فيما بعد في النص:

- التشكيلة رئيس/تابع للميقاتية: حالة الرئيس أو التابع للمعيار IEEE 802.3
- التشكيلة رئيس/تابع للتزامن: حالة الرئيس أو التابع لسلسلة توقيت التزامن للتوصية ITU-T G.8264

وللتمكن من إنشاء وصلات تزامن E على النحو السليم عبر السطحين البينيين 1000BASE-T و10GBASE-T، يمكن تشكيل الطبقة المادية للإثرنت إما بتشكيلة يدوية أو عبر التفاوض الأوتوماتي.

وفي حالة استعمال التشكيلة اليديوية، يجب أن ينتبه المشغل إلى التشكيل السليم للتشكيلة رئيس/تابع للميقاتية للمنافذ المادية طبقاً لخطة تزامن الشبكة بحيث تكون العناصر المرشحة للتابعين بالنسبة للتزامن هي العناصر التابعة للميقاتية ومنافذ الرئيس للتزامن هي عناصر الرئيس للميقاتية. واستعمال التشكيلة اليديوية، إذا لم ينفذ بالشكل السليم، يمكن أن يؤدي إلى حالة عطل وبالتالي فقدان توصيلة الحركة بالمعدات.

وكمثال، إذا أُجبر الطرفين، بالخطأ، على أخذ جانب الرئيس، تكون النتيجة عطب في التشكيلة (انظر الجدول 40-5 – جدول قرار التشكيلة رئيس–تابع في السطح البيني 1000BASE-T MASTER-SLAVE في المعيار [IEEE 802.3]).

وفي حالة استعمال التفاوض الأوتوماتي، يتم تجنب المسائل السابقة المحتملة بواسطة عنصر الشبكة وبالتالي تفادي نتيجة وجود وصلة غير عاملة.

ملاحظة – في هذه الحالة، حتى إذا لم يتم تشكيل المنافذ المادية طبقاً لخطة تزامن الشبكة، قد يفشل التفاوض الأوتوماتي في الحصول على تزامن، عامل للشبكة (مع عدم وجود أي بيان لهذا التناقض في التوقيت)، بيد أنه لن يعرض للخطر إمكانية الحصول على حركة عاملة للإثرنت والإجراءات اللاحقة ممكنة من أجل تصحيح ضبط المنفذ المادي.

ويرد أدناه شرح لتتابع الخطوات المحتملة التي يجب اتباعها عند استعمال التفاوض الأوتوماتي.

ملاحظة – يفترض تشكيل السطوح البينية للإثرنت المتزامنة هذه بأسلوب التشغيل المتزامن:

1 يجب أن تسمح جميع المنافذ 1000BASE-T و10GBASE-T بالتفاوض الأوتوماتي.

2 يستهل التفاوض الأوتوماتي:

- في حالة السطح البيني 1000BASE-T، يجب تشكيل جميع المنافذ بالبتة 9,12 = 0 (التفاوض الأوتوماتي – غير مجبر). وفي حالة اشتراك منفذ في خطة تزامن الشبكة، فإن المنفذ الذي ينبغي أن يعمل كرئيس تزامن يجب تشكيله بالبتة 9,10 = 1 (الجدول 40-3 في المعيار [IEEE 802.3]) والمنفذ الذي ينبغي أن يعمل كتابع تزامن يجب تشكيله بالبتة 9,10 = 0. وفي حالة عدم توفر تفاصيل بشأن خطة تزامن الشبكة، ينبغي تشكيل المنافذ

بالبتة 9,10 = 1. وينفذ التشكيل حسب الجدول 40-5 في المعيار [IEEE 802.3] ("الجهاز ذو القيمة SEED الأعلى يشكل كرئيس (MASTER) وخلاف ذلك تابع (SLAVE)). وعند توفر تفاصيل بشأن خطة تزامن الشبكة، فإن وجود منافذ ببتة 9,10 = 1 كحالة مفضلة بالتغيب يسمح بتعديل البتة 9,10 على جانب تابع التزامن فقط، عادةً في مسير البيانات في اتجاه المقصد (انظر البند 4 أدناه).

ملاحظة – وجود منافذ بالبتة 9,10 = 0 كحالة مفضلة بالتغيب تستلزم تعديل البتة 9,10 على جانب رئيس التزامن فقط، يعطى نفس النتيجة. وتقترح هذه التوصية تشكيلة بالتغيب من أجل سهولة قابلية التشغيل البيني.

- في حالة السطح البيني 10GBASE-T، يجب تشكيل جميع المنافذ ببتة U11 = 0 (انظر الجدول 55-11 في المعيار [IEEE 802.3]). وإذا كان هناك منفذ مشارك في خطة تزامن الشبكة، فإن المنفذ الذي ينبغي أن يعمل كرئيس تزامن يجب أن يشكل بالبتة U13 = 1 (جهاز متعدد المنافذ، انظر الجدول 55-11 في المعيار [IEEE 802.3]) والمنفذ الذي ينبغي أن يعمل كتابع تزامن يجب أن يشكل بالبتة U13 = 0 (جهاز وحيد المنفذ، انظر الجدول 55-11 في المعيار [IEEE 802.3]). في حالة عدم توفر تفاصيل بشأن خطة تزامن الشبكة، ينبغي تشكيل المنافذ بالبتة U13 = 1.

وفي حالة توفر تفاصيل بشأن خطة تزامن الشبكة، فإن وجود منافذ بالبتة U13 = 1 كحالة مفضلة بالتغيب يسمح بتعديل البتة U13 على جانب رئيس التزامن فقط، وعادةً في مسير البيانات في اتجاه المقصد (انظر البند 4 أدناه).

ملاحظة – وجود منافذ بالبتة U13 = 0 كحالة مفضلة بالتغيب تتطلب تعديل البتة U13 على جانب رئيس التزامن فقط، سيفضي إلى نفس النتيجة. وتقترح هذه التوصية تشكيلة بالتغيب من أجل سهولة قابلية التشغيل البيني.

3 تشكيلة معلمات تزامن الشبكة في العقدة طبقاً لخطة تزامن الشبكة، ينبغي إجراؤه وفحصه بعد استكمال رئيس/تابع ميقاتية منافذ السطح البيني 1000BASE-T أو السطح البيني 10GBASE-T. وعند هذه المرحلة، فإن المدخلات في العقد التي تعتبر تابع للميقاتية، يمكن تشكيلها كمرشح للتزامن (إذا انقضت خطة تزامن الشبكة ذلك).

4 إذا كانت خطة تزامن الشبكة متاحة فقط بعد استكمال إجراء رئيس/تابع الميقاتية، وإن لم يكن المنفذ 1000BASE-T أو 10GBASE-T تابع للميقاتية، ولكنه مرشح تابع للتزامن طبقاً لخطة تزامن الشبكة ("تابع تزامن")، فإن هذا المنفذ يجب أن يستهل تغييراً في اتجاه الميقاتية (كجزء من تشكيل مرشح التزامن) بواسطة الأدوات المعرفة في الجدول 40-3 (السطح البيني 1000BASE-T) والجدول 55-11 (للسطح البيني 10GBASE-T) من المعيار [IEEE 802.3]. وبوجه خاص.

- في حالة السطح البيني 1000BASE-T، بالنسبة لهذا المنفذ، البتة 9,10 = 0
- في حالة السطح البيني 10GBASE-T، بالنسبة لهذا المنفذ، البتة U13 = 0

ملاحظة 1 – أي تغيير في المعلمات من أجل التفاوض الأوتوماتي حسب المعيار IEEE 802.3 سيفضي حتماً إلى إعادة ضبط السطح البيني، وهو ما يؤدي إلى عطل في الوصلة لفترة معينة من الوقت (متغيرة وتصل إلى عدة ثوان).

ملاحظة 2 – إذا لم تتبع هذه الخطوات بشكل سليم (مثلاً، تشكيل بعض العقد يدوياً)، قد يحتاج الأمر إلى إنذار محدد من أجل إخطار المشغل باتخاذ الإجراءات اللازمة.

التذييل V

اعتبارات من أجل قياس نقل الضوضاء بالنسبة للخيار 2 للميقاتيات EEC

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يتصرف نقل الضوضاء لميقاتية EEC عموماً كنظام من الدرجة الثانية. والمعلمات الرئيسية التي تؤثر على تراكم الجنوح في الشبكة هي عرض نطاق النقل والذروة المسموح بها في الكسب.

وهناك طريقة شائعة لقياس نقل الضوضاء بالنسبة لشبكات الخيار 2 تتضمن استعمال قياسات الانحراف TDEV. وحيث أن التسامح في الميقاتية يقاس باستعمال إشارة تفي بحد الشبكة بالنسبة للانحراف TDEV، فإن قياس الانحراف TDEV للخرج سيعطى مؤشراً بالترشيح الذي توفره الميقاتية. هناك قدر ما من العناية مطلوب لتأمين ذروة الكسب. وبالنسبة للخيار 2 للميقاتية EEC، فإن الانحراف TDEV للخرج يزداد بنسبة 2% تقريباً لكي يعكس الكسب المناسب.

ويجب ألا يتجاوز الانحراف TDEV للخرج القناع المعروض في الشكل 11 عندما تكون الإشارة المرجعية عند مستوى الضوضاء المحدد بقناع تسامح الانحراف TDEV المعروض في الشكل 8 من هذه التوصية.

ويتم تقريب عرض نطاق الميقاتية بنقطة قطع ترصد عند رصدة مدتها 3 ثوان. وتفاصيل علاقة التقريب بين عرض نطاق الميقاتية والانحراف TDEV يمكن الاطلاع عليها في التذييل I من التوصية [ITU-T G.812].

يلاحظ أنه طبقاً للتوصية [b-ITU-T O.174]، قد يتعين مراعاة مصادر إضافية للخطأ في القياس في حالة استعمال هذه المنهجية للتحقق من خصائص النقل. وطبقاً لهذه التوصية، فإن دقة توليد الضوضاء TDEV لمعدات القياس يلزم أن تكون 20% فقط؛ وبالتالي، فإن اتساع الضوضاء يجب معايرته بعناية قبل قياس وظيفة النقل للميقاتية.

وفي بعض الحالات، فإن استعمال الإشارات الجيبية التي تطبق على الدخل وتقاس عند الخرج، قد يكون مناسباً لتحديد خصائص النقل للميقاتية، كما هو موصف للميقاتيات من الخيار 1. حيث إن كسب النقل المسموح به في المعدات قيد الاختبار يساوي 2% فقط؛ ينبغي توخي الحذر بالنسبة لطريقة الاختبار ودقة معدات القياس. وتحتاج المواصفة الخاصة بهذه الطريقة إلى مزيد من الدراسة.

ويرد في الجدول 13 قناع نقل ضوضاء الانحراف TDEV للخرج بالنسبة للخيار 2 للميقاتيات EEC. ويعرض الانحراف TDEV الناتج في القناع المبين في الشكل 11.

بيبليوغرافيا

[b-ITU-T G.783] Recommendation ITU-T G.783 (2006), *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.822] Recommendation ITU-T G.822 (1988), *Controlled slip rate objectives on an international digital connection*.

[b-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*.

[b-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*.

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

[b-ITU-T O.174] Recommendation ITU-T O.174 (2009), *Jitter and wander measuring equipment for digital systems which are based on synchronous Ethernet technology*.

[b-ITU-T Q.551] Recommendation ITU-T Q.551 (2002), *Transmission characteristics of digital exchanges*.

توصيات السلسلة Y الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

البنية التحتية العالمية للمعلومات وملامح 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
الإدارة والتشغيل 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
نوعية الخدمة وأداء الشبكة	Y.1599-Y.1500
التشوير	Y.1699-Y.1600
الإدارة والتشغيل 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
نوعية الخدمة والأداء	Y.2199-Y.2100
الجوانب الخاصة بالخدمة: قدرات ومعمارية الخدمات	Y.2249-Y.2200
الجوانب الخاصة بالخدمة: إمكانية التشغيل البيني للخدمات والشبكات	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 المعممة	Y.2899-Y.2800
البيئة المفتوحة عالية الجودة	Y.2999-Y.2900
شبكات المستقبل	Y.3499-Y.3000
الحوسبة السحابية	Y.3999-Y.3500

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