الاتحـــــــــــاد الدولـــــــــــي للاتصـــــــــــالات

ITU-T

قطاع تقييس الاتصالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

السلسلة J

الإضافة 11
(2021/04)

السلسلة J: الشبكات الكبلية وإرسال إشارات تلفزيونية وبرامج صوتية وإشارات أخرى متعددة الوسائط

مبادئ توجيهية بشأن تركيب خدمة التلفزيون الرقمي للشبكات الكبلية بناءً على توصيات قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة J من توصيات قطاع تقييس الاتصالات – الإضافة 11

الإضافة 11 لسلسة التوصيات J لقطاع تقييس الاتصالات

مبادئ توجيهية بشأن تركيب خدمة التلفزيون الرقمي للشبكات الكبلية بناءً على توصيات قطاع تقييس الاتصالات

ملخص

يخطط العديد من البلدان النامية لنشر مرافق الألياف البصرية والإرسال الرقمي المتقدم عبر الشبكات الهجينة من كبلات ألياف بصرية وكبلات متحدة المحور (HFC) بهدف إدخال خدمات التلفزيون الكبلي الرقمي في بنيتها التحتية. وتوفر الإضافة 11 للسلسلة J من توصيات قطاع تقييس الاتصالات مبادئ توجيهية كي تنظر فيها البلدان التي تطور أنظمتها بناءً على توصيات قطاع تقييس الاتصالات.

التسلسل التاريخي

الطبعة	التوصية	تاريخ الموافقة	لجنة الدراسات	معرف الهوية الفريد*
1.0	ITU-T J Suppl. 11	2021-04-28	9	11.1002/1000/14640

مصطلحات أساسية

الشبكات الكبلية، النشر، التلفزيون الرقمي، الشبكات الهجينة من كبلات ألياف بصرية وكبلات متحدة المحور (HFC)، التنفيذ، الألياف البصرية.

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

تمهيد

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

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

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

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

ملاحظة

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

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

حقوق الملكية الفكرية

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

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

© ITU 2021

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 1

1.3 المصطلحات المعرَّفة في وثائق أخرى 1

2.3 مصطلحات معرّفة في هذه الإضافة 2

4 الاختصارات والأسماء المختصرة 2

5 الاصطلاحات 3

6 توصيات قطاع تقييس الاتصالات بشأن خدمة التلفزيون الرقمي عبر الشبكات الكبلية 3

1.6 ملخص التوصيات 5

2.6 اختيار التوصيات 6

التذييل I – نظام بصري لإرسال إشارات الإذاعة الفيديوية الرقمية 8

1.I مقدمة 8

2.I النموذج المرجعي للنظام البصري 8

3.I نقاط وبنود القياس 11

4.I مواصفة النظام البصري من أجل إرسال الإشارة الإذاعية 12

5.I معايير اللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC) 13

6.I برنامج البلدان المنتسبة باللجنة الكهرتقنية الدولية 14

التذييل II – تلفزيون بروتوكول الإنترنت (IPTV) عبر الشبكات HFC وFTTH 15

1.II مقدمة 15

2.II تصنيف تلفزيون بروتوكول الإنترنت 15

3.II تلفزيون بروتوكول الإنترنت عبر نظام شبكة بصرية منفعلة (PON) 15

4.II تلفزيون بروتوكول الإنترنت عبر المواصفات DOCSIS 16

5.II الخيارات الأخرى لإرسال تلفزيون بروتوكول الإنترنت 17

التذييل III – خدمات التلفزيون فائق الوضوح (8K/4K) 19

1.III إرسال خدمة التلفزيون فائق الوضوح (8K/4K) باستخدام خطوط نفاذ HFC 19

2.III إرسال خدمة التلفزيون فائق الوضوح 8K/4K باستخدام خطوط نفاذ ألياف بصرية/شبكة FTTH . 20

3.III جهاز فك التشفير (STB) للخدمة 4K 20

بيبليوغرافيا 22

مقدمة

يعمل العديد من البلدان النامية على نشر الألياف البصرية، وبالتالي يُتوخى نشر التلفزيون الرقمي (TV) عبر الألياف البصرية. وتتطابق إشارات التلفزيون الرقمي المنقولة عبر الألياف البصرية مع توصيات من بينها التوصيات ITU-T J.185 وJ.186 وJ.83 وJ.382، لكن الاختيار الصحيح للتوصيات ضروري لتلبية متطلبات كل بلد.

الإضافة 11 لسلسة التوصيات J لقطاع تقييس الاتصالات

مبادئ توجيهية بشأن تركيب خدمة التلفزيون الرقمي للشبكات الكبلية بناءً على توصيات قطاع تقييس الاتصالات

1 مجال التطبيق

تقدم هذه الإضافة قائمة بالتوصيات الحالية واستخدامها من أجل المساعدة على نشر خدمات التلفزيون الرقمي على الشبكات الكبلية استناداً إلى شبكات الألياف البصرية والشبكات الهجينة من كبلات ألياف بصرية وكبلات متحدة المحور (HFC).

2 المراجع

[ITU-T J.83] التوصية ITU-T J.83 (2007)، *الأنظمة الرقمية متعددة البرامج لخدمات التلفزيون والصوت والبيانات في التوزيع الكبلي.*

[ITU-T J.94] التوصية ITU-T J.94 (2016)، *معلومات الخدمة من أجل الإذاعة الرقمية في أنظمة التلفزيون الكبلي.*

[ITU-T J.183] التوصية ITU-T J.183 (2016)، *تعدد الإرسال بتقسيم الزمن لأنظمة تدفقات نقل MPEG-2 متعددة وأنساق عامة لقطارات النقل في أنظمة التلفزيون الكبلي.*

[ITU-T J.185] التوصية ITU-T J.185 (2012)، *تجهيزات الإرسال من أجل نقل الإشارات التلفزيونية متعددة القنوات عبر شبكات النفاذ البصرية بواسطة تحويل التشكيل الترددي.*

[ITU-T J.186] التوصية ITU-T J.186 (2008)، *تجهيزات الإرسال من أجل الإشارات التلفزيونية متعددة القنوات عبر شبكات النفاذ البصرية بواسطة تعدد إرسال الموجات الحاملة الفرعية (SCM).*

[ITU-T J.288] التوصية ITU-T J.288 (2019)، *كبسلة الرزم نمط–طول–قيمة (TLV) لأنظمة الإرسال الكبلية.*

[ITU-T J.382] التوصية ITU-T J.382 (2018)، *أنظمة الإرسال الرقمية المتقدمة في اتجاه المقصد من أجل خدمات التلفزيون والصوت والبيانات للتوزيع الكبلي.*

[ITU-R BT.1869] التوصية ITU-R BT.1869 (2010)، *مخطط تعدد الإرسال لرزم متغيرة الأطوال في أنظمة الإذاعة الرقمية متعددة الوسائط.*

[IEC 60728-x] المعيار IEC 60728 (جميع الأجزاء)، *الشبكات الكبلية من أجل الإشارات التلفزيونية والإشارات الصوتية والخدمات التفاعلية.*

[ISO/IEC/IEEE 8802-3] المعيار ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021، *تبادل الاتصالات والمعلومات بين أنظمة تكنولوجيا المعلومات – متطلبات الشبكات المحلية وشبكات المناطق الحضرية – الجزء 3: معيار للإثرنت.*

3 التعاريف

لا توجد.

1.3 المصطلحات المعرَّفة في وثائق أخرى

لا توجد.

2.3 مصطلحات معرّفة في هذه الإضافة

لا توجد.

4 الاختصارات والأسماء المختصرة

تستخدم هذه الإضافة المختصرات والأسماء المختصرة التالية:

ADSL الخط الرقمي اللاتناظري للمشترك *(Asymmetric Digital Subscriber Line)*

CAS نظام النفاذ المشروط *(Conditional Access System)*

CATV التلفزيون الكبلي *(Cable Television)*

CM المودم الكبلي *(Cable Modem)*

CMTS نظام انتهائية المودم الكبلي *(Cable Modem Terminating System)*

CPE معدات منشآت العملاء *(Customer Premises Equipment)*

DOCSIS مواصفات السطوح البينية لخدمات البيانات عبر الكبلات *(Data Over Cable Service Interface Specifications)*

DVB الإذاعة الفيديوية الرقمية *(Digital Video Broadcasting)*

END التدهور المكافئ للضوضاء *(Equivalent Noise Degradation)*

EPON شبكة الإثرنت البصرية المنفعلة *(Ethernet Passive Optical Network)*

EVM القيمة المتجهية للأخطاء *(Error Vector Magnitude)*

FDM تعدد الإرسال بتقسيم التردد *(Frequency Division Multiplexing)*

FEC التصحيح الأمامي للأخطاء *(Forward Error Correction)*

FTTH توصيل الألياف إلى المنازل *(Fibre to the Home)*

FM تشكيل التردد *(Frequency Modulation)*

GPON شبكة بصرية منفعلة بسرعات الغيغابتة *(Gigabit Passive Optical Network)*

GSE تغليف قطار تنوعي *(Generic Stream Encapsulation)*

HD عالي الوضوح *(High Definition)*

HFC الشبكات الهجينة من كبلات ألياف بصرية وكبلات متحدة المحور *(Hybrid Fibre/Coaxial)*

IF تردد متوسط *(Intermediate Frequency)*

IM تشكيل الشدة *(Intensity Modulation)*

IPVB إذاعة فيديوية قائمة على بروتوكول الإنترنت *(IP Video Broadcasting)*

IP بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol)*

IPTV تلفزيون بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol Television)*

LDPC شفرة اختبار التعادلية منخفض الكثافة *(Low Density Parity Check code)*

MER معدل الخطأ في التشكيل *(Modulation Error Ratio)*

MDU الإسكان متعدد الوحدات *(Multi-Dwelling Units)*

MPEG فريق خبراء الصور المتحركة *(Moving Picture Expert Group)*

NM هامش الضوضاء *(Noise Margin)*

OFDM تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد *(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)*

ONT/ONU انتهائية شبكة بصرية/وحدة شبكة بصرية *(Optical Network Termination/Unit)*

OTT متاح بحرية على الإنترنت *(Over the Top)*

PD كاشف ضوئي *(Photo Detector)*

PON شبكة بصرية منفعلة *(Passive Optical Network)*

QAM التشكيل التعامدي للاتساع *(Quadrature Amplitude Modulation)*

RF تردد راديوي *(Radio Frequency)*

SCM تعدد إرسال الموجات الحاملة الفرعية *(Sub-Carrier Multiplexing)*

SI معلومات الخدمة *(Service Information)*

STB جهاز فك التشفير *(Set Top Box)*

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

UDP بروتوكول وحدات بيانات المستعمل *(User Diagram Protocol)*

TLV النمط، الطول، القيمة *(Type Length Value)*

TS قطار نقل *(Transport Stream)*

UHD فائق الوضوح *(Ultra-High Definition)*

VOD/VoD الفيديو حسب الطلب *(Video on Demand)*

V-ONT مطراف شبكة فيديوية بصرية *(Video-optical Network Terminal)*

VSB نطاق جانبي متبقّ *(Vestigial SideBand)*

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

5 الاصطلاحات

لا توجد.

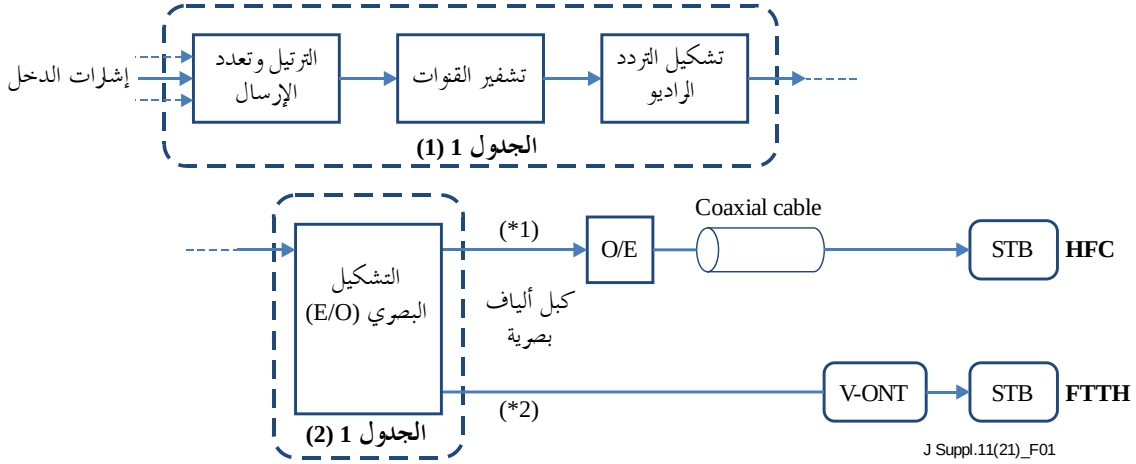
6 توصيات قطاع تقييس الاتصالات بشأن خدمة التلفزيون الرقمي عبر الشبكات الكبلية

يتم نقل إشارات التلفزيون الكبلي الرقمي إما من خلال المرافق الهجينة من كبلات ألياف بصرية وكبلات متحدة المحور (HFC) أو مرافق الألياف البصرية بالكامل مثل توصيل الألياف إلى المنازل (FTTH). ويوضح الشكل 1 المكونات التي تشكل تلك المرافق.

وفي كل من المرافق HFC ومرافق الألياف البصرية، يتم تعدد إرسال واحدة أو أكثر من إشارات التلفزيون الكبلي الرقمي، عادة في شكل قطار نقل (TS) من النمط MPEG-2، في بنية رتل، ثم تُشكل إلى إشارة التردد الراديوي (RF)، عادة دون 770 MHz،

حسب اللوائح المعمول بها في كل بلد. ويتم وضع عدد من الإشارات RF بترددات مختلفة في شكل تعدد إرسال بتقسيم التردد (FDM)، ويتم تحويل هذه الحزمة من الإشارات RF إلى إشارة البصرية للإرسال عبر كبلات الألياف البصرية.

وفي النظام HFC، يتم تحويل هذه الإشارة البصرية مرة أخرى إلى إشارة كهربائية للإرسال عبر الكبلات المحورية التي تخدم الأميال الأخيرة من خط نفاذ المشترك. وفي مرافق الألياف البصرية بالكامل مثل FTTH، يتم تغذية الإشارة البصرية الأصلية مباشرة إلى منشآت العملاء.



ملاحظة – يستعمل كبل الألياف البصرية في **(*1)** و**(*2)** طول موجة مختلف

الشكل 1 – المرافق HFC وFTTH للتلفزيون الكبلي

ويبين الجدول 1 قائمة توصيات قطاع تقييس الاتصالات المطبقة على هذه المرافق.

ويمكن تصنيفها في فئتين. تتعلق المجموعة الأولى من التوصيات بالوظائف المنبثقة عن الترتيل إلى تشكيل التردد الراديوي، وتتناول المجموعة الثانية التشكيل البصري لإشارة التردد الراديوي هذه.

الجدول 1 – توصيات قطاع تقييس الاتصالات المطبقة على خدمات التلفزيون الكبلي الرقمي القائمة على شبكات الألياف البصرية والشبكات HFC

(1) الترتيل إلى تشكيل RF

	العنوان	الوصف
ITU-T J. 83	الأنظمة الرقمية متعددة البرامج لخدمات التلفزيون والصوت والبيانات في التوزيع الكبلي	قطار نقل من النمط MPEG-2 وحيد عبر قناة QAM
ITU-T J.183	تعدد الإرسال بتقسيم الزمن لأنظمة تدفقات نقل MPEG-2 متعددة وأنساق عامة لقطارات النقل في أنظمة التلفزيون الكبلي	تعدد الإرسال بتقسيم الزمن لقطارات نقل MPEG-2 متعددة وبنية الترتيل من أجل إرسال عالي السرعة بتجميع القنوات
ITU-T J.288	تغليف الرزم نمط–طول–قيمة (TLV) لأنظمة الإرسال الكبلية	تغليف الرزم نمط–طول–قيمة عبلر قناة كبلية ITU-T J.83 وITU-T J.183 لإرسال رزم متغيرة الطول، مثل رزم بروتوكول الإنترنت
ITU-T J.382	أنظمة الإرسال الرقمية المتقدمة في اتجاه المقصد من أجل خدمات التلفزيون والصوت والبيانات للتوزيع الكبلي	الإرسال الكبلي الرقمي المتقدم بكفاءة طيفية عالية باستخدام تعدد الإرسال OFDM وشفرة LDPC، والمعروف أيضاً بالإصدار 2 من الإذاعة الفيديوية الرقمية الكبلية (DVB-C2)

(2) التشكيل البصري

	العنوان	الوصف
ITU-T J.185	تجهيزات الإرسال من أجل نقل الإشارات التلفزيونية متعددة القنوات عبر شبكات النفاذ البصرية بواسطة تحويل التشكيل الترددي	تشكيل التردد قبل تشكيل الشدة
ITU-T J.186	تجهيزات الإرسال من أجل الإشارات التلفزيونية متعددة القنوات عبر شبكات النفاذ البصرية بواسطة تعدد إرسال الموجات الحاملة الفرعية (SCM)	تشكيل الشدة

بالإضافة إلى ذلك، يمكن إرسال إشارات التلفزيون الرقمي في شكل رزم IP من خلال المرافق HFC باستخدام اتصالات البيانات عبر نظام كبلي (DOCSIS) أو نظام شبكة بصرية منفعلة (PON) مع المرافق FTTH. وحالة الاستخدام هذه ليست الموضوع الرئيسي لهذه الإضافة، ولكن يمكن الاطلاع على وصف موجز للنظام DOCSIS والشبكة PON في التذييل I.

1.6 ملخص التوصيات

(1) التوصية ITU-T J.83

التوصية [ITU-T J.83] تغطي تعريف بنية الترتيل، وتشفير القناة والتشكيل لإشارات البرامج المتعددة الرقمية في خدمات التلفزيون والصوت والبيانات التي توزعها الشبكات الكبلية.

وتضم هذه التوصية أربعة ملحقات (الملحقات A وB وC وD) توفر المواصفات للأنظمة الكبلة للتلفزيون الرقمي الأربعة المستخدمة في مختلف المناطق. فالملحقات A وB وC تختص بالأنظمة الكبلية التي تحمل قطار نقل MPEG-2 وحيداً عبر قناة QAM، بينما يختص الملحق D بالإرسال الرقمي 16-VSB. وتوصي هذه التوصية القائمين على تنفيذ خدمات البرامج المتعددة الرقمية على شبكات الكبل الحالية والمستقبلية باستخدام أحد الأنظمة التي يرد لها توصيف هيكل التأطير وقناة التشفير والتشكيل في الملحقات A وB وC وD.

(2) التوصية ITU-T J.183

التوصية [ITU-T J.183] تصف نسقاً لتعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) من أجل إرسال قطارات نقل MPEG-2 متعددة و/أو أنساق عامة لقطارات النقل باستخدام تنفيذ بسيط للسطح البيني المادي للأنظمة MPEG-2 على أنظمة التلفزيون الكبلي. ويغلف الرتل TDM قطارات النقل MPEG-2 و/أو الأنساق العامة لقطارات النقل المرزمة بطول 188 بايتة قبل الإرسال. كما تصف بنية ترتيل الإرسال عالي السرعة بواسطة تكنولوجيا تجميع القنوات.

يتيح نسق الرتل لمشغل التلفزيون الكبلي تجميع قطارات نقل متعددة في قناة واحدة أو قنوات متعددة. وسيصبح تشغيل شبكة التوزيع الكبلية مرناً إذا أمكن دمج الخدمات على أساس قطارات النقل.

(3) التوصية ITU-T J.288

تقترح التوصية [ITU-T J.288] مخطط تغليف للنمط، الطول، القيمة (TLV) الوارد توصيفه في التوصية ITU-R BT.1869 من أجل أنظمة الإرسال الكبلية المصممة وفقاً للتوصية [ITU-T J.83].

ويستعمل العديد من الأنظمة الإذاعية الرقمية الحالية تدفقات النقل للمعيار 2 لفريق خبراء الصور المتحركة (MPEG-2) كنسق للدخل. وعلى النقيض من ذلك، تُحدد أنساق رزم متغيرة الطول مثل القيمة TLV من أجل إرسال رزم بروتوكول الإنترنت بكفاءة عبر قنوات الإذاعة كتجميعات رزم متغيرة الطول. وبغية إرسال القيمة TVL بنظام الإرسال الحالي للتوصية ITU-T J.83، من الضروري تجزئة وتغليف الرزم TVL متغيرة الطول إلى رزم ثابتة الطول طول كل منها 188 بايتة.

(4) التوصية ITU-T J.382

تقدم التوصية [ITU-T J.382] مواصفات لمراعاتها من أجل تكنولوجيات الإرسال الكبلي الرقمي المتقدم في اتجاه المقصد لتوفير مخططات ذات كفاءة عالية في استهلاك الطيف توفر موارد الإرسال في اتجاه المقصد في شبكات هجينة من الألياف والكبلات

المحورية (HFC). وتتناول هذه التوصية التعريف المشترك لكل من بنية الترتيل. وتشفير القناة والتشكيل من أجل خدمات التلفزيون والصوت والبيانات بما في ذلك خدمات البث والبث المتعدد عالية الجودة التي توزع عبر شبكات قائمة على المرافق HFC.

والتوصية [ITU-T J.382] مكافئة للإصدار DVB-C2، الجيل الثاني من نظام الإرسال الرقمي متعدد البرامج للكبلات الذي طوره مشروع الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB) لأوروبا. وهي تزيد من سعة إرسال القناة الكبلية باستخدام شفرة قوية للتصحيح المامي للأخطاء (FEC) تسمى شفرة اختبار التعادلية منخفض الكثافة (LDPC)، والتشكيل بتعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM). وهي تدعم قطارات النقل، وأي أنساق للدخل مرزمة ومستمرة فضلاً عن تغليف القطار التنوعي.

(5) التوصية ITU-T J.186

توضح التوصية [ITU-T J.186] أسلوب إرسال لإشارات التلفزيون متعدد القنوات على شبكات النفاذ البصرية. ومعدات إرسال التوصية ITU-T J.186 قادرة على إرسال الإشارات 64-QAM و256-QAM متعددة القنوات، وإشارات الفيديو الأخرى، باستخدام تعدد الإرسال للموجات الحاملة الفرعية (SCM).

وفي التقنية SCM، تكون الموجة الحاملة الرئيسية هو الموجة الحاملة لإشارة التردد البصري؛ وتنقل الموجات الحاملة الفرعية إشارات الفيديو FDM المتعددة الإرسال كهربائياً في النطاق الجانبي البصري. ونسق خرج الإشارات من الكاشف الضوئي (PD) لمطراف الشبكة البصرية (ONT) هو نفسه نسق إشارات الدخل إلى مُشكِّل المرسل البصري. وتُستخدم طريقة SCM في الخط الرئيسي للأنظمة الهجينة من الألياف والكبلات المحورية (HFC)

(6) التوصية ITU-T J.185

تصف التوصية [ITU-T J.185] أسلوب الإرسال لنقل الإشارات التلفزيونية متعددة القنوات عبر شبكات النفاذ البصرية. ومعدات الإرسال الموصفة في التوصية ITU-T J.185 قادرة على إرسال الإشارات 64-QAM و256-QAM متعددة القنوات من خلال استعمال تحويل تشكيل التردد (FM).

وفي نظام الإرسال FM هذا، يتم في آن واحد تحويل الإشارات التلفزيونية بتعدد الإرسال بتقسيم التردد (FDM) متعددة القنوات إلى إشارة FM وحيدة واسعة النطاق. وتُرسل الإشارة FM تلك بعد ذلك عبر شبكة النفاذ البصرية باستخدام تقنية تشكيل الشدة. ويحول مطراف الشبكة الفيديوية البصرية (V-ONT) في منشآت العملاء الإشارة FM المستقبلة إلى الإشارات FDM الأصلية متعددة القنوات من أجل تلفزيون الكبلات المحورية. والسطح البيني لنظام الإرسال FM هذا هو نفسه السطح البيني الخاص بنظام تعدد إرسال الموجات الحاملة الفرعية بتشكيل الاتساع (AM-SCM) الوارد تعريفه في التوصية [ITU-T J.186].

2.6 اختيار التوصيات

(1) تعدد إرسال الإشارات التلفزيونية الرقمية متعددة البرامج

لإرسال إشارة تلفزيونية رقمية متعددة البرامج باستخدام قناة QAM كبلية، يتم استخدام التوصية [ITU-T J.83] أو التوصية [ITU-T J.183] اعتماداً على كيفية تكوين الإشارة متعددة البرامج.

وتأخذ التوصية [ITU-T J.83] قطار نقل (TS) وحيد من النمط MPEG2 كدخل وترسل قناة QAM وحيدة. ويحتوي قطار النقل هذا على واحد أو أكثر من البرامج التلفزيونية والصوتية الرقمية. ويتم تمييز كل برنامج بمعرف هوية الخدمة الذي يعد أحد معلومات الخدمة (SI) الواردة في ترتيل التوصية [ITU-T J.83]. وترد تفاصيل معلومات الخدمة في التوصية ITU-T J.94 "معلومات الخدمة من أجل الإذاعة الرقمية في أنظمة التلفزيون الكبلي".

عندما تنشأ قطارات نقل MPEG2 من مصادر مختلفة مثل محطات التلفزيون، سيكون لها معرف هوية للقطار TS مختلف عن بعضها البعض. وعندما يكون كل قطار بالحجم (معدل البتات) الذي يشغل قناة QAM وحيدة، يتم استخدام التوصية [ITU-T J.83]. ومع ذلك، إذا كانت معدلات البتات الإجمالية لقطاري نقل أو أكثر مجتمعة ضمن ما يمكن إرساله عبر قناة QAM، فمن المعقول تعدد إرسالها معاً، باستخدام التوصية [ITU-T J.183]، لشغل قناة QAM وحيدة. وتعرف التوصية

[ITU-T J.183] "رتل تعدد إرسال قطار النقل (TSMF)" الذي يقوم بتعدد إرسال اثنين أو أكثر من قطارات النقل MPEG2 لتكوين قطار وحيد يتم إرساله عبر قناة QAM وحيدة.

وللتوصية [ITU-T J.83] أربعة ملحقات. حيث يستخدم الملحق A في الغالب في أوروبا وإفريقيا وآسيا وأمريكا الجنوبية، والملحق B في أمريكا الشمالية، والملحق C في اليابان. أما الملحق D فهو مخصص للإذاعة 16-VSB في أمريكا الشمالية، لكنه غير مستخدم. والاختيار الصحيح للملحق القابل للتطبيق مطلوب عند النظر في قابلية التشغيل البيني بين مختلف المشغلين في المنطقة ومن أجل عوامل أخرى.

(2) أنظمة الإرسال البصرية

لإرسال إشارة RF مُشكلة بالتشكيل QAM عبر جزء ألياف من شبكة HFC أو FTTH، يجب تحويلها من الشكل الكهربائي إلى الشكل البصري، باستخدام أي من التوصيتين [ITU-T J.186] أو [ITU-T J.185].

وتحمل التوصية [ITU-T J.186] العنوان "تجهيزات الإرسال من أجل الإشارات التلفزيونية متعددة القنوات عبر شبكات النفاذ البصرية بواسطة تعدد إرسال الموجات الحاملة الفرعية (SCM)". ويستخدم مصطلح تعدد إرسال الموجات الحاملة الفرعية (SCM) هنا لوصف نظام يتم فيه إجراء تعدد إرسال بتقسيم التردد (FDM) لإشارات RF تلفزيونية كبلية متعددة (موجات حاملة فرعية)، ثم يُجرى لها تشكيل الشدة بواسطة إشارة بصرية بطول موجة وحيد.

ومن ناحية أخرى، تطبق التوصية [ITU-T J.185] تشكيل التردد (FM) على الإشارة FDM قبل أن تخضع لتشكيل الشدة بواسطة إشارة بصرية بطول موجة وحيد على النحو الوارد في التوصية [ITU-T J.186].

ويقارن الجدول 2 بين خصائص تشكيل الشدة (ITU-T J.186) وتشكيل التردد (ITU-T J.185). باختصار، يضيف استخدام تشكيل التردد تعقيداً للمعدات والتكلفة، ولكنه يقلل من الانحطاط الناتج عن الضوضاء والتشويه. وينبغي اتخاذ القرار النهائي باستخدام التوصية [ITU-T J.186] أو التوصية [ITU-T J.185] بعد مقارنة تلك العوامل.

الجدول 2 – مقارنة بين التوصيتين ITU-T J.186 وITU-T J.185

	ITU-T J.186	ITU-T J.185
التشكيل	تشكيل الشدة (IM)	تشكيل التردد (FM) قبل تشكيل الشدة (IM)
تعقيد الأجهزة	بسيط	معقد
الحساسية للضوضاء	عرضة للضوضاء وبالتالي: – تتطلب شدة إشارة أكبر عند المستقبل – تتطلب المزيد من المكررات	قادرة على تحمل الضوضاء وبالتالي: – تتطلب شدة إشارة أقل عند المستقبل – تتطلب عدداً أقل من المكررات للإرسال لمسافات طويلة
الحساسية للتشوه	– عرضة للتشوه – تحتاج إلى مكبر بصري عالي الجودة	– غير عرضة للتشوه – يمكنها استخدام مكبر بصرص عادي الجودة
عرض النطاق	حتى 3,2 GHz	حتى 1,0 GHz

لتصميم ونشر نظام إرسال بصري قائم على التوصية ITU-T J.186، تقدم السلسلة IEC 60728 من المعايير الدولية معلومات عملية مثل تشكيلة النظام ومعلمات النظام الأساسية وطرق القياس وما إلى ذلك. ويلخص التذييل I هذه الوثائق. ويُلاحظ أنه في حين أن التوصية [ITU-T J.186] تنطبق على كل من إشارات الفيديو التماثلية والرقمية، فإن التذييل I يتعامل مع معايير IEC 60728 للإشارات المشكلة رقمياً فقط.

التذييل I

نظام بصري لإرسال إشارات الإذاعة الفيديوية الرقمية

(السلسلة IEC 60728)

1.I مقدمة

السلسلة [IEC 60728-x] من المعايير الدولية، "الشبكات الكبلية من أجل الإشارات التلفزيونية والإشارات الصوتية والخدمات التفاعلية"، تصف تشكيلة النظام ومواصفات النظام وطرق القياس واعتبارات التصميم لأنظمة الخدمة العملية التي يتم تصميمها ونشرها على أساس معدات الإرسال المعرفة في التوصية [ITU-T J.186].

وبعض هذه المعايير، بما في ذلك الجزء 113 والجزء 115، قابلة للتطبيق على أنظمة الإرسال البصرية لإرسال إشارة الإذاعة التي تتكون من معدات إعادة الإرسال وخطوط الإرسال البصرية وشبكة التوصيلات الداخلية ومنافذ النظام. وخلافاً للتوصية [ITU-T J.186] التي تتعامل مع إشارات الفيديو التماثلية والرقمية على السواء، فإن أحدث معايير اللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC) مخصصة أساساً للإشارات التلفزيونية التي تستخدم تكنولوجيا الإرسال الرقمي فقط. كما أنها تحدد معلمات النظام الأساسية وطرق القياس لأنظمة التوزيع البصرية بين معدات إعادة الإرسال ومنافذ النظام من أجل تقييم أداء النظام وحدود أدائه. وفي هذه المعايير، يقتصر تردد الإشارة الأعلى على حوالي 3 300 MHz.

وتصف هذه المعايير إرسال الترددات الراديوية للإذاعة المرقمنة بالكامل وإشارات البث الضيق (توزيع البث على مساحة محدودة) عبر الشبكة FTTH وتقدم النظام xPON كوسيط طبقة مادية. ولا يندرج الوصف التفصيلي للطبقة المادية ضمن نطاق هذه المعايير. ويقتصر النطاق على إرسال إشارة RF عبر الشبكة FTTH، وبالتالي، فهي لا تشمل تكنولوجيات النقل القائمة على بروتوكول الإنترنت، مثل البث المتعدد القائم على بروتوكول الإنترنت والبروتوكولات المرتبطة، ولكنها قابلة للتطبيق أيضاً على إرسال إشارة الإذاعة باستخدام شبكة اتصالات إذا كانت تفي بالجزء البصري من هذه المعايير.

2.I النموذج المرجعي للنظام البصري

يبين الشكل 1.I النموذج المرجعي للنظام FTTH لإرسال إشارة إذاعية. وعلى الرغم من أن أعداد المكبرات البصرية والمقسمات البصرية تعتمد على حجم النظام البصري، أو على عدد المشتركين المراد توصيلهم، يجب أن تتبع التشكيلة الأساسية للشبكة النموذج المرجعي للنظام. بالإضافة إلى ذلك، فإن المستويات البصرية في التشغيل المطلوبة للنظام مرتفعة نسبياً، وبالتالي، يجب إيلاء اهتمام خاص للسلامة طبقاً للمعايير [IEC 60825-1] و[IEC 60825-2] و[IEC 60825-12].

وبشكل عام، هناك حلان لإنشاء نظام إرسال بصري: حلول أحادية الألياف وثنائية الألياف. ويشتمل النموذج المرجعي كما هو مبين في الشكل 1.I على نظام إرسال إشارة الإذاعة ونظام إرسال إشارة البيانات. ويستخدم نظام إرسال إشارة البيانات اتجاهي الإرسال على السواء عبر الألياف البصرية بأطوال موجة بصرية مختلفة. ويتم الجمع بين كلا النظامين بواسطة مرشحات تعدد الإرسال بتقسيم طول الموجة (WDM) عند دخل وخرج شبكة التوزيع كمثال. ويجب أن تتكون شبكة التوزيع من مكونات بصرية منفعلة مثل الألياف البصرية ومقسمات القدرة البصرية فقط، مع مراعاة الصيانة والتوسع المستقبلي للنظام.

وفي بعض الحالات، تُستخدم وحدة شبكة بصرية (ONU) ثلاثية التشغيل للحل أحادي الألياف (ONU من أجل V-ONU وdata-ONU ومطراف الهاتف). وفي بعض الحالات، توجد وحدات ONU خارج منازل المشتركين (ملاحظة – تُستخدم وحدة الشبكة البصرية/ONU في معايير اللجنة IEC بدلاً من إنهائية الشبكة البصرية/ONT المستخدمة في توصيات قطاع تقييس الاتصالات.)

وهناك عدة طرق لتوصيل وحدات الإسكان متعدد الوحدات (MDU) بالأنظمة FTTH (انظر الشكل 1.I). أحدها هو توصيل الوحدة MDU بمنفذ كهربائي بعد خرج الوحدة V-ONU والآخر هو توصيل الوحدة MDU بمنفذ بصري من مصدر خارجي.

وفي الحل أحادي الألياف، يلزم تجنب اللغط البصري والكهربائي.

يتولد اللغط البصري بين إشارة البيانات في اتجاه المقصد التي يتم إرسالها على طول موجة 490 1 nm وإشارة التلفزيون الكبلي (CATV) في اتجاه المقصد إذا لم يوفر تعدد الإرسال WDM بطول الموجة 550 1 nm عزلاً كافياً عن الإشارة 490 1 nm.

ويحدث اللغط الكهربائي بين إشارة محرك البيانات 310 1 nm وإشارة دخل المستقبل CATV PD بطول الموجة 550 1 nm بسبب الإشعاع الكهرمغنطيسي في صندوق التجميع الثلاثي المدمج للغاية.

ينظر في استخدام الأطوال الموجية الضوئية ونطاقات التردد الكهربائية المدرجة في الجدول 1.I و2.I.

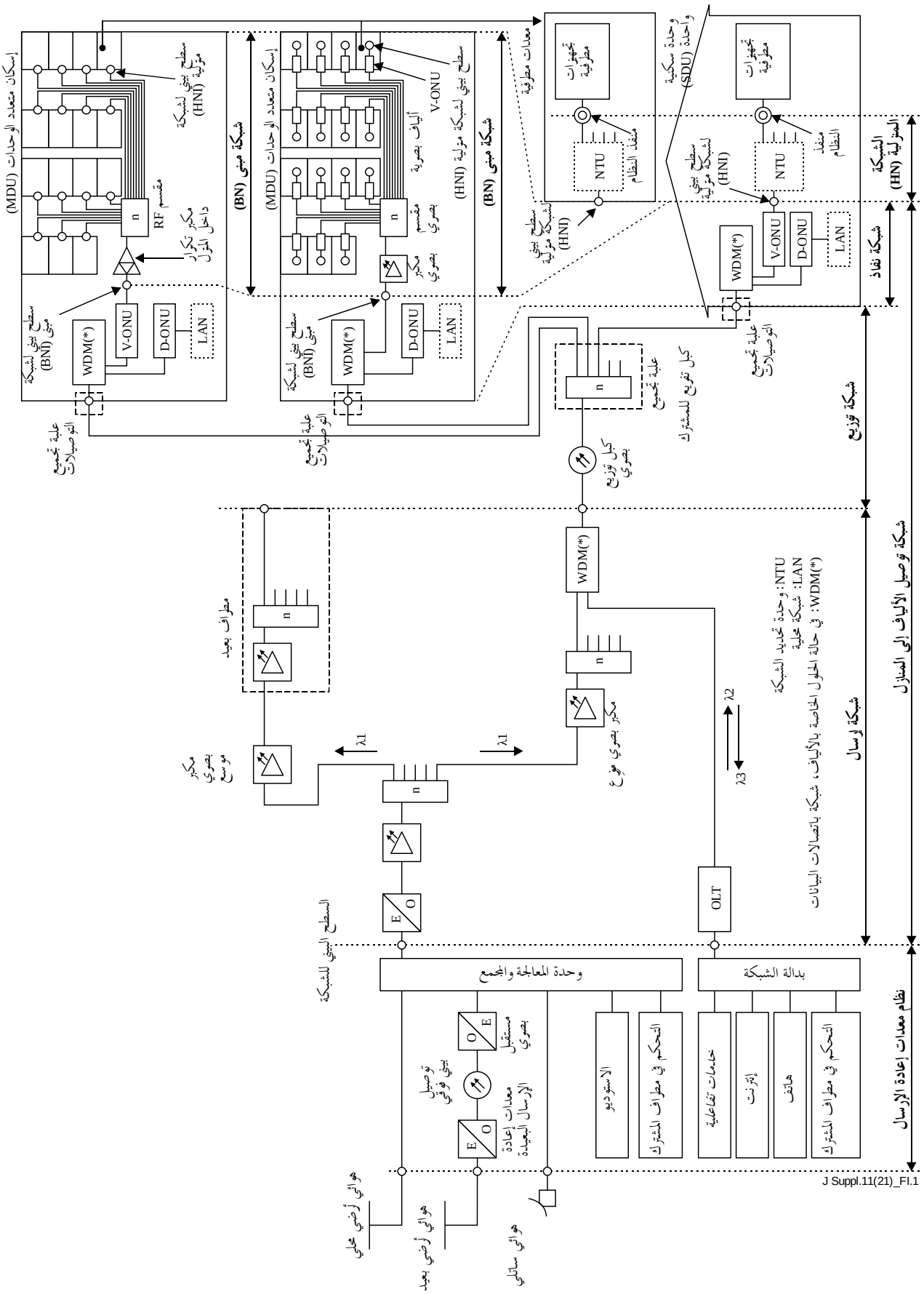
الجدول 1.I – الأطوال الموجية البصرية للنظام FTTH

الإشارة البصرية	طول الموجة	الوثيقة
إرسال فيديوي	550 1 nm	[IEC 60728-113]
إعادة RF (RFoG)	610 1 nm	[IEC 60728-14]
بيانات (في اتجاه المقصد)	577 1 nm/490 1 nm	[ISO/IEC/IEEE 8802-3]
بيانات (في اتجاه المصدر)	270 1 nm/310 1 nm	[ISO/IEC/IEEE 8802-3]

الجدول 2.I – مدى الترددات

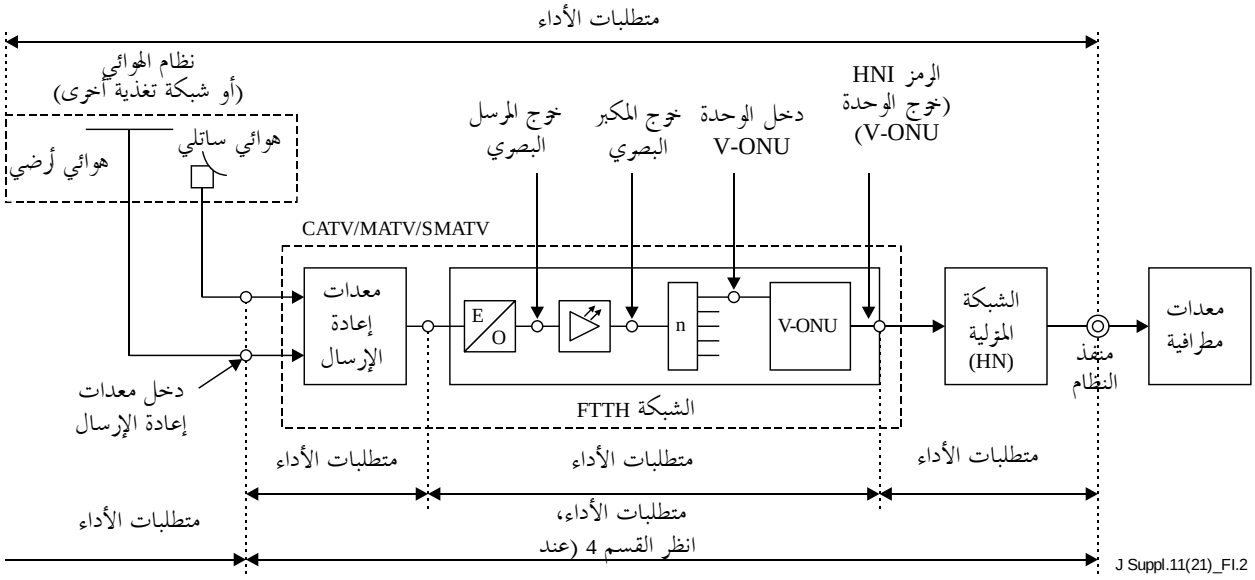
نطاق التردد	الوثيقة
من 47 MHz إلى 862 MHz (الإشارات المشكلة رقمياص فقط)	[IEC 60728-101]، [IEC 60728-113] [IEC 60728-115]
من 950 MHz إلى 300 3 MHz (إرسال الإشارات الساتلية)	[IEC 60728-13-1]، [IEC 60728-115]

ملاحظة – سيُدمج المعيار [IEC 60728-113 Ed1] (مدى التردد: من 47 MHz إلى 862 MHz) والمعيار [IEC 60728-13-1 Ed2] (مدى التردد: من 950 MHz إلى 300 3 MHz) خلال سنوات قليلة في صورة المعيار [IEC 60728-113 Ed2] (مدى التردد: من 47 MHz إلى 300 3 MHz).



الشكل I.1 – مثال لنظام FTTH من أجل الإشارة التلفزيونية والصوتية

وتُعرض في الشكل 2.I نقاط مواصفة أداء النظام البصري.



الشكل 2.I – نقاط مواصفة أداء النظام FTTH

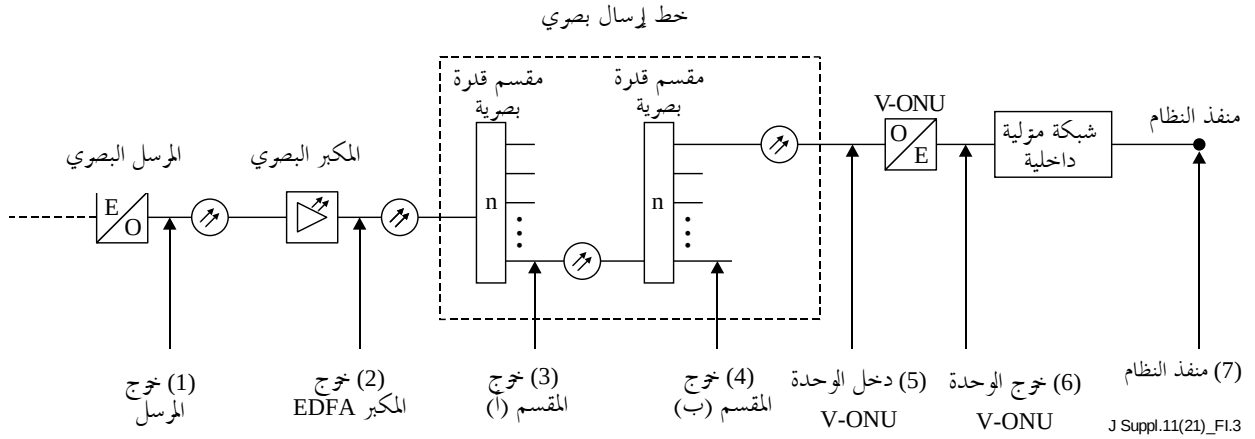
3.I نقاط وبنود القياس

تصف هذا الفقرة طرق القياس المصممة خصيصاً للنظام FTTH.

وتقتصر نقاط القياس الموضحة في هذه الإضافة على جزء النظام الذي يتراوح من مطراف خرج المرسل البصري إلى منفذ النظام.

1.3.I نقاط القياس

يتعين قياس القدرة البصرية عند النقاط من (1) إلى (5)، ومستوى الإشارة الكهربائية عند النقطتين (6) و(7) من الشكل 3.I لضمان الأداء الكلي للنظام. ويجب قياس النقاط (5) و(6) و(7) لضمان أداء النظام عند النقطة الطرفية للقسم البصري وعند نقطة السطح البيني إلى منشآت العملاء. ويجب قياس ضوضاء الشدة النسبية (RIN) عند النقاط من (1) إلى (5) والنسبة S/N (للإشارة الكهربائية) عند النقطتين (6) و(7).



الشكل 3.I – نقاط قياس نظام توزيع الفيديو

2.3.I بنود القياس

يرد في الجدول 3.I ملخص لنقاط القياس والمعلمات المقاسة.

القياس عند النقاط (5) و(6) و(7) إلزامي، بينما يلزم القياس عند النقاط الأخرى لضمان أداء النظام.

الجدول 3.I – نقاط القياس والمعلمات المقاسة

المعلمات المقاسة (أمثلة)	نقاط القياس						
	(1) خرج المرسل	(2) خرج المكبر EDFA	(3) خرج المقسم (أ)	(4) خرج المقسم (ب)	(5) دخل الوحدة V-ONU	(6) خرج الوحدة V-ONU	(7) منفذ النظام
القدرة البصرية	○	○	○	○	○	–	–
النسبة S/N (للإشارة الكهربائية)	–	–	–	–	–	○	○
النسبة S/N (ضوضاء الشدة النسبية) (انظر الملاحظة)	○	○	Δ	Δ	Δ	–	–
معدل الخطأ في البتات (BER)، معدل الخطأ في التشكيل (MER)	–	–	–	–	–	○	○

○ القياسات ممكنة عند هذه النقاط

Δ القياسات ممكنة عند هذه النقاط عندما تكون القدرة البصرية أكبر من –3 dB(mW).

ملاحظة – التقدير النظري للنسبة S/N عند النقطة (6)، خرج الوحدة V-ONU، يستند إلى نتائج قياس القطع الفردية من المعدات.

4.I مواصفة النظام البصري من أجل إرسال الإشارة الإذاعية

بالنسبة لخدمات الإذاعة الرقمية عبر الشبكات البصرية، تُستخدم طرق التشكيل QAM 64/256 أو OFDM مع 256/1 024/4 QAM 096 بشكل أساسي. ويعرض الشكل 2.I نقاط الأداء المحددة للنظام FTTH النموذجي. كما يصور نقاط القياس (مثل نقاط الأداء المحددة) ونقاط القياس الإضافية من أجل التحقق من أداء تشغيل النظام البصري. ويشار إلى الحد الأدنى للنسبة S/N عند خرج معدات إعادة الإرسال وخرج الوحدة V-ONU ومنفذ النظام مع جزء النسبة S/N لخط الإرسال والشبكة المنزلية الداخلية في الجدول 4.I. (يتعلق الأمر بحالة الوحدة SDU، بينما يوجد جدول آخر لحالة الوحدة MDU في المعيار IEC 60728-113.)

بالنسبة للإشارات المشكّلة رقمياً، يجب استخدام معدل الخطأ في البتات (BER) كمعلمة مواصفة عند دخل معدات إعادة الإرسال فقط. ويلزم معدل 1×10^{-4} لإشارات الإذاعة المشكّلة رقمياً قبل التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) في حالة RS (204, 188). وفي حالة أساليب التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) الأخرى، يلزم معد 1×10^{-11} بعد التصحيح FEC. كمعلمات تكميلية عند دخل معدات إعادة الإرسال، ويمكن استخدام الانحطاط المكافئ للضوضاء (END) وهامش الضوضاء (NM) ومعدل الخطأ في التشكيل (MER) ومقدار متجه الخطأ (EVM).

الجدول 4.I – متطلبات النسبة S/N الدنيا عند التشغيل (حالة الوحدة SDU في النطاق 47 MHz-000 1 MHz)

إشارة الإذاعة			النسبة S/N عند خرج معدات إعادة الإرسال	النسبة S/N عند خط الإرسال البصري (5)	النسبة S/N عند خرج الوحدة V- ONU (6)	النسبة S/N عند السطح البيني للشبكة المنزلية الداخلية	النسبة S/N عند منفذ النظام (7)
النظام	التشكيل	الموجة الحاملة الفرعية	dB	dB	dB	dB	dB
ISDB-T	OFDM	64 QAM	27	30	25	45	24
ISDB-C [ITU-T J.83]	64 QAM	–	35	28	27	45	26
	256 QAM	–	43	37	36	51	32
ISDB-C2 [ITU-T J.382]	OFDM	256 QAM	35	28	27	45	26
		1 024 QAM	42	36	35	51	33
		4 096 QAM(4/5)	46	39	38	53	37
		4 096 QAM(5/6)	49	42	41	55	40
DVB-T	COFDM	64 QAM	27	–	25	–	24
DVB-T2	COFDM	256 QAM	33	–	31	–	30
DVB-C	64 QAM	–	36	–	29	–	28
	256 QAM	–	42	–	35	–	34
DVB-C2	COFDM	256 QAM	35	–	29	–	28
		1 024 QAM	42	–	35	–	34
		4 096 QAM(5/6)	46	–	38	–	37
		4 096 QAM(9/10)	49	–	41	–	40
ملاحظة – تُظهر قيم المواصفات هذه مثالاً لوحدة سكنية واحدة (SDU) بمدى تردد يبلغ 1 GHz أو أقل.							

5.I معايير اللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC)

فيما يلي قائمة بمعايير اللجنة IEC المفيدة لبناء وتشغيل نظام FTTH. ومع ذلك، ترد معظم المعلومات الواردة في هذا الملحق في المعيارين [IEC 60728-113] و[IEC 60728-13-1].

بالنسبة للمراجع المؤرخة، لا تُطبق إلا الطبعة المستشهد بها. وبالنسبة للمراجع غير المؤرخة، تُطبق أحدث طبعة من الوثيقة المرجعية (بما في ذلك أي تعديلات).

IEC 60728-13-1:2017، الشبكات الكبلية من أجل الإشارات التلفزيونية والإشارات الصوتية والخدمات التفاعلية – الجزء 13-1: تمديد عرض النطاق من أجل نقل الإشارة التلفزيونية عبر النظام FTTH

IEC 60728-101:2016، الشبكات الكبلية من أجل الإشارات التلفزيونية والإشارات الصوتية والخدمات التفاعلية – الجزء 101: أداء النظام للمسيرات الأمامية المحملة بقنوات رقمية فقط

IEC 60728-106 (قيد الإعداد)، المعدات البصرية من أجل الأنظمة المحملة بقنوات رقمية فقط

IEC 60728-113:2018، الشبكات الكبلية من أجل الإشارات التلفزيونية والإشارات الصوتية والخدمات التفاعلية – الجزء 113: الأنظمة البصرية من أجل إرسالات الإشارات الإذاعية المحملة بقنوات رقمية فقط

IEC 60728-115:2021، الشبكات الكبلية من أجل الإشارات التلفزيونية والإشارات الصوتية والخدمات التفاعلية – الجزء 115: الأنظمة البصرية داخل المباني من أجل إرسال الإشارة الإذاعية

IEC 60068-1:1988، الاختبارات البيئية – الجزء 1: اعتبارات عامة وتوجيهات

IEC 60825-1، سلامة منتجات الليزر – الجزء 1: تصنيف المعدات والمتطلبات

IEC 60825-2، سلامة منتجات الليزر – الجزء 2: سلامة أنظمة اتصالات الألياف البصرية (OFCS)

IEC 60825-12، سلامة منتجات الليزر – الجزء 12: سلامة أنظمة الاتصالات البصرية في الفضاء الحر المستخدمة في إرسال المعلومات

IEC 61755-1:2005، السطوح البينية البصرية لموصلات الألياف البصرية – الجزء 1: السطوح البينية البصرية للألياف أحادية الأسلوب المزحزحة بدون تشتت – اعتبارات عامة وتوجيهات

IEC TR 61930، الرموز البيانية للألياف البصرية

IEC TR 61931:1998، الألياف البصرية – المصطلحات

الملاحظة 1 – سيشمل المعيار IEC 60728-113 Ed.2، المقرر استكماله في عام 2022، نطاق تردد يصل إلى GHz 3,3 لإرسال إشارات IF ساتلية، بيد أن المعيارين [IEC 60728-13] و[IEC 60728-1-13] بشأن إرسال الإشارات التماثلية سيظلان بدون تغيير.

الملاحظة 2 – المعيار IEC 60728-115 قيد الإعداد حالياً. ويُتوقع الانتهاء من هذا العمل بحلول نهاية عام 2021.

الملاحظة 3 – المعيار IEC 60728-106 قيد الإعداد حالياً. ويُتوقع الانتهاء من هذا العمل بحلول نهاية عام 2022.

6.I برنامج البلدان المنتسبة باللجنة الكهرتقنية الدولية

برنامج البلدان المنتسبة نظام يسمح للبلدان غير الأعضاء بالمشاركة في اللجنة الكهرتقنية الدولية.

وقد أطلقت اللجنة IEC برنامج البلدان المنتسبة في عام 2001 لتشجيع البلدان النامية على المشاركة في أعمال اللجنة IEC ولتوصيل فوائد التكنولوجيا إلى البلدان النامية بكفاءة وبأقل تكلفة ممكنة. وفي 2019، بلغ عدد أعضاء البرنامج 86 بلداً، ويتولى السيد روجاس مانيامي (ناميبيا) رئاسة البرنامج منذ يناير 2018.

وتشمل فوائد المشاركة في البرنامج:

- الحصول على نسخة إلكترونية من وثائق اللجنة IEC (بالإضافة إلى ذلك، يمكنك الحصول على المزيد من معايير اللجنة IEC مجانًا إذا أصبحت عضوًا في البرنامج "Affiliate Plus")
- تركيب واستخدام مكتبة اللجنة IEC
- طريقة اعتماد أبسط لمعايير اللجنة IEC
- لا توجد مستحقات مطلوبة، وما إلى ذلك.

التذييل II

تلفزيون بروتوكول الإنترنت (IPTV) عبر الشبكات HFC وFTTH

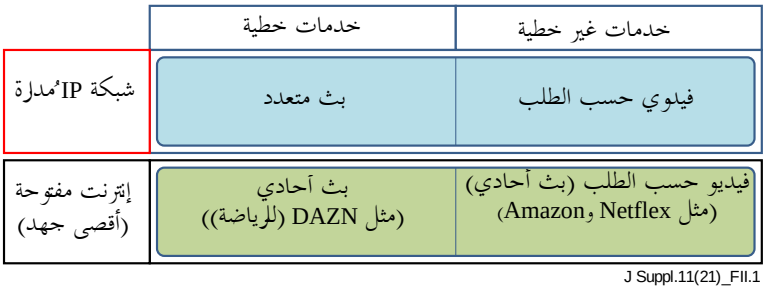
1.II مقدمة

الجزء الرئيسي من هذه المبادئ التوجيهية مخصص للتلفزيون الرقمي المنقول عبر شبكة التلفزيون الكبلي التقليدية أحادية الاتجاه المكونة من الألياف البصرية والشبكات الهجينة من ألياف وكبلات محورية. ومع ذلك، فإن الشبكة الكبلية هي الآن في طور الانتقال إلى البنية التحتية ثنائية الاتجاه القائمة على بروتوكول الإنترنت، إما بتنفيذ المواصفة DOCSIS عبر شبكة HFC أو نظام PON عبر الألياف، ويتم نقل ما يسمى بتلفزيون بروتوكول الإنترنت "IPTV" على تلك الشبكات. ويقدم هذا التذييل نظرة عامة على تلفزيون بروتوكول الإنترنت (IPTV) عبر الشبكة FTTH PON والمواصفة DOCSIS.

2.II تصنيف تلفزيون بروتوكول الإنترنت

يتخذ تلفزيون بروتوكول الإنترنت عدة أشكال. فقد يكون في شكل خدمة خطية أو في الوقت الفعلي، أو خدمة غير خطية مثل الفيديو حسب الطلب (VoD). وقد يتم نقل الخدمات عبر سيناريو أقصى جهد للإنترنت المفتوحة، أو عبر شبكة IP مُدارة. وهذه التصنيفات موضحة في الشكل 1.II.

وتستخدم الخدمات غير الخطية دائماً البث الأحادي أو التوصيل من طرف إلى طرف. وتستخدم معظم الخدمات الخطية حالياً البث الأحادي، ولكن لتحقيق كفاءة في استخدام عرض النطاق، يعد البث المتعدد أو التوصيل من نقطة إلى عدة نقاط تكنولوجيا أفضل لهذا الغرض.



الشكل 1.II – تصنيف تلفزيون بروتوكول الإنترنت

3.II تلفزيون بروتوكول الإنترنت عبر نظام شبكة بصرية منفعلة (PON)

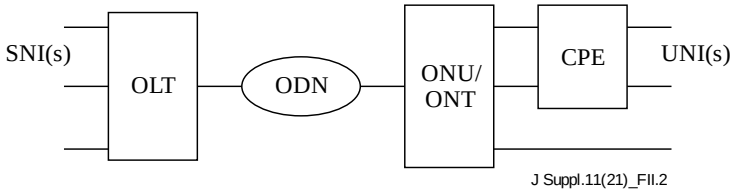
قد تعني الشبكة البصرية المنفعلة (PON) أي شبكة بصرية تتكون من أجهزة منفعلة، ولكن هنا في هذا السياق تشير إما إلى شبكة GPON أو شبكة E-PON.

والشبكة GPON هي الشبكات البصرية المنفعلة بسرعات الغيغابتة المحددة في سلسلة التوصيات [b-ITU-T G.984.x] وتستخدم كتكنولوجيا شبكة نفاذ للتوصيل البيني لمستخدمي الشبكات الكبلية أو الاتصالات بالشبكة الأساسية. والشبكة GPON لديها معدل بتات للوصلة الهابطة يبلغ 2,4 Gbit/s ومعدل بتات للوصلة الصاعدة يبلغ 1,2 أو 2,4 Gbit/s (1,2 Gbit/s عادة). وهي تخدم ما يصل إلى 64 مشتركاً على مسافة مادية تصل إلى 10 و20 km.

والشبكة E-PON هي "شبكة بصرية منفعلة إثرنت" معرفة بالمعيار [b-IEEE 802.3ah]. وهي تخدم نفس الغرض مثل الشبكة GPON، لكن معدلات بتات الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة هي 1,2 Gbit/s بحد أقصى 32 مشتركاً.

وتحتوي كل من الشبكة GPON وE-PON على إصدارات Gbit/s 10 من المعايير والمنتجات المتاحة اليوم. فعلى سبيل المثال، ترد تفاصيل لشبكة 10 Gigabit G-PON، تسمى XG-PON في سلسلة التوصيات [b-ITU-T G.987.x]، ويتم تعريف 10 Gigabit E-PON بواسطة المعيار [b-IEEE 802.3av].

وتتكون كل من أنظمة الشبكات GPON وE-PON في الشبكة الكبلية من نظام انتهائية الخط البصري (OLT) عند معدات إعادة الإرسال الكبلية، ووحدة الشبكة البصرية (ONU) في منشآت المشتركين، مع شبكة توزيع بصرية منفعلة (ODN) توصلهم بينياً. يوضح الشكل 2.II هذا الهيكل العام.



الشكل 2.II – نظام عام لشبكة GPON (من التوصية ITU-T G.983)

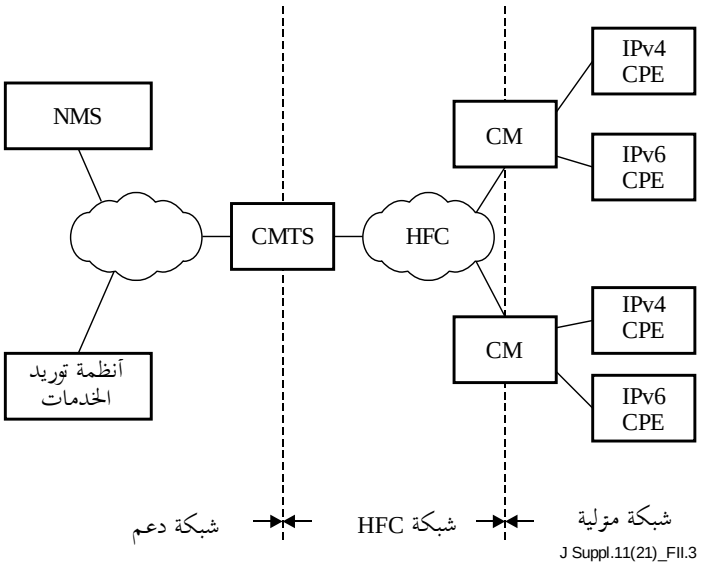
يتمثل الشكل الأكثر شيوعاً من تلفزيون بروتوكول الإنترنت في إرسال قطار نقل MPEG2 (MPEG2-TS) باستخدام البروتوكول IP عن طريق إضافة رأسية IP لكل حزمة من حزم قطار النقل. ويسمى هذا بالقطار MPEG2-TS عبر البروتوكول IP.

وفي كل من الأنظمة GPON وE-PON، يتقاسم المشتركون في عرض النطاق للوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة. فإذا استخدم جميع المشتركين الوصلة الهابطة في نفس الوقت، فسيكون لكل مشترك متوسط معدل بتات يبلغ حوالي Mbit/s 30. وهذا يكفي لإرسال التلفزيون IPTV بجودة جيدة، لكن استخدام البث المتعدد سيقلل من المتطلبات الإجمالية من عرض النطاق.

4.II تلفزيون بروتوكول الإنترنت عبر المواصفات DOCSIS

يجري تطوير مواصفات السطوح البينية لخدمات البيانات عبر الكبلات (DOCSIS) في CableLabs، كتكنولوجيا شبكة نفاذ لإرسال البيانات واستقبالها عبر شبكة HFC كبلية. وخضعت المواصفات DOCSIS للتنقيح عدة مرات، وأحدث توصية تمت الموافقة عليها هي التوصية ITU-T H.224، التي توصف الجيل الخامس من أنظمة نقل البيانات عالية السرعة عبر الكبلات. وتدخل أنظمة الإرسال من الجيل الخامس عدداً من الخواص الجديدة القائمة على ما كان موجوداً في توصيات سابقة لقطاع تقييس الاتصالات وتحديداً سلاسل التوصيات ITU-T J.222.x (DOCSIS 3.0) وITU-T J.225.x (DOCSIS 3.1). وتتضمن التوصية [b ITU-T J.224] الخواص الجديدة الرئيسية للطبقة المادية (PHY) وتحدد أسلوب تشغيل كامل الازدواج للمواصفات DOCSIS.

والعلاقة والتقابل بين الأجيال المتعددة للمواصفات DOCSIS الصادرة عن CableLabs والسلسلة ITU-T J من التوصيات المستندة إلى المواصفات DOCSIS موجودة في [b ITU T J series Sup 10].



الشكل 3.II – شبكة DOCSIS (من التوصية [b-ITU-T J.222.1])

كما هو مبين في الشكل 3.II، يتألف النظام DOCSIS من نظام انتهائية المودم الكبلي (CMTS) في معدات إعادة الإرسال الكبلية، ومودم كبلي (CM) في منشأة المستخدم، وشبكة HFC توصل بين النظام CMTS والمودم CM.

ويتم نقل التلفزيون IPTV عبر النظام DOCSIS بنفس طريقة نقل التلفزيون IPTV عبر أنظمة الشبكة PON.

5.II الخيارات الأخرى لإرسال تلفزيون بروتوكول الإنترنت

(1) تلفزيون بروتوكول الإنترنت عبر الخط الرقمي اللاتناظري للمشترك

الخط الرقمي اللاتناظري للمشترك (ADSL) تكنولوجيا شبكة نفاذ عبر خطوط المشتركين المعدنية (النحاسية). وتتسم بمعدلات بتات أعلى على الوصلة الهابطة، ومعدلات بتات أقل على الوصلة الصاعدة، ومن هنا جاءت تسمية اللاتناظري.

وقد تمت الموافقة على التوصية الأولى لقطاع تقييس الاتصالات بشأن التكنولوجيا ADSL، التوصية [b-ITU-T G.992.1]، في عام 1999. ويسمح هذا الإصدار بمعدلات بيانات تصل إلى نحو 6 Mbit/s في اتجاه المقصد ونحو 640 kbit/s في اتجاه المصدر، على الرغم من أن معدلات البيانات الفعلية تعتمد على عوامل مثل المسافة بين المكتب المركزي والمشترك، وما إلى ذلك.

ومنذ ذلك الحين تطورت التكنولوجيا ADSL لدعم معدلات بيانات أعلى، كما هو موضح في الجدول 2.II.

الجدول 2.II – تطور التكنولوجيا ADSL

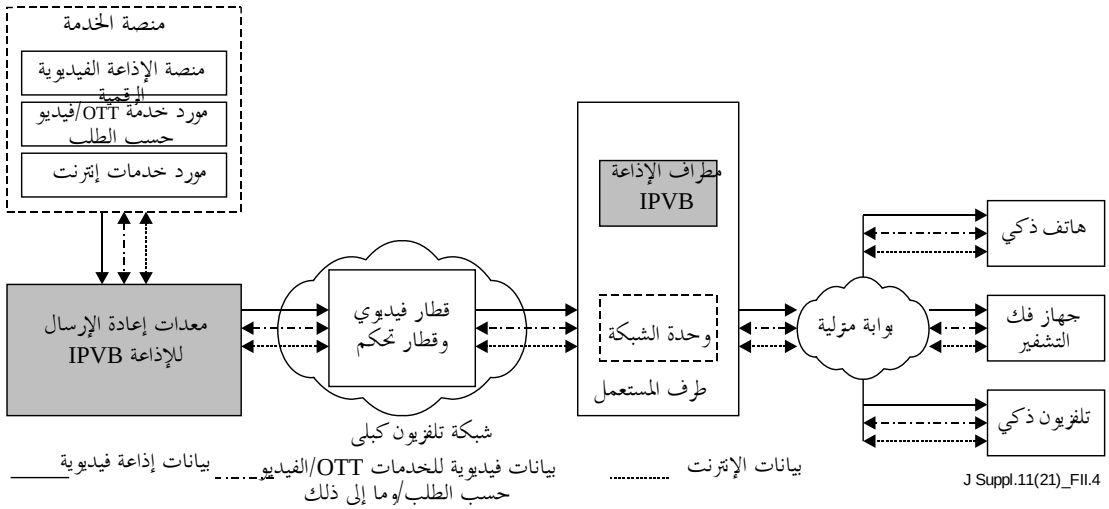
	توصية قطاع تقييس الاتصالات	تاريخ الموافقة	معدلات البتات
ADSL	[b-ITU-T G.992.1]	1999	kbit/s 640/M6
ADSL 2+	[b-ITU-T G.992.5]	2009	kbit/s 800/M16
VDSL	[b-ITU-T G.993.1]	2004	Mbit/s 2,3/M52
VDSL 2	[b-ITU-T G.993.2]	2019	Mbit/s 100
G.fast	[b-ITU-T G.9701]	2019	Gbit/s 1 (إجمالي الاتجاهين المصدر والمقصد)

حتى الإصدار الأول من التكنولوجيا ADSL يتسم بمعدل بيانات كافٍ لحمل فيديو عالي الوضوح (HD) مشفر بواسطة ITU-T H.265/HEVC بمعدل بتات يتراوح بين 4 و6 Mbit/s. ومع ذلك، لا يكفي حمل قنوات متعددة في نفس الوقت أو إرسال فيديو باستبانة أعلى مثل 4K. لذلك تعتبر التكنولوجيا ADSL حلاً مؤقتاً حيث لا توجد خطوط نفاذ كاملة لشبكة FTTH أو HFC بعد.

(2) الإذاعة الفيديوية القائمة على بروتوكول الإنترنت

الإذاعة IPVB هي مخطط تسليم لدعم خدمات الفيديو القائمة على بروتوكول الإنترنت للشبكات CATV، المعرفة في التوصيتين [b-ITU-T J.1210] و [b-ITU-T J.1211]. وتقوم الإذاعة IPVB ببساطة بإضافة نظام إذاعة فيديوية قائمة على بروتوكول الإنترنت أحادي الاتجاه إلى الشبكات CATV ثنائية الاتجاه منخفضة التكلفة القائمة. ومن خلال الدمج مع قناة الوصلة الصاعدة التي توفرها شبكات النفاذ ثنائية الاتجاه الحالية، يمكنها إرسال خدمة فيديوية قائمة على بروتوكول الإنترنت بمعدلات بتات عالية في شبكات التلفزيون CATV إلى المنازل.

وتُعرض معمارية الإذاعة IPVB في الشكل 4.II. ويتكون نظام الإذاعة IPVB بشكل أساسي من جزأين: معدات إعادة الإرسال للإذاعة IPVB ومطراف الإذاعة IPVB. وبين معدات إعادة الإرسال للإذاعة IPVB ومطراف الإذاعة IPVB، تُستخدم الشبكات CATV في اتجاه الوصلة الهابطة فقط لنقل إشارات الفيديو بأنساق IP.



ينبغي أن تُقرأ "وحدة الشبكة "كوحدة مطرافية"

الشكل 4.II – معمارية الإذاعة الفيديوية القائمة على بروتوكول الإنترنت

تقوم منصة الخدمة بتغليف برامج الإذاعة DVB وجداول معلومات الخدمة (SI) والبيانات الأخرى ذات الصلة (على سبيل المثال، معلومات النفاذ المشروط (CA)) في حزم بروتوكول وحدة بيانات المستعمل/بروتوكول الإنترنت (IP/UDP)، ثم تقوم بتقريب هذه البيانات المستندة إلى IP عن طريق تخصيص قنوات الفيديو وتسليمها إلى معدات إعادة الإرسال للإذاعة IPVB.

وتستقبل معدات إعادة الإرسال للإذاعة IPVB حزم IP هذه مثل قطارات الفيديو من منصة الخدمة لنظام تلفزيون DTV، وتحول عناوين البث الأحادي للرزم إلى عناوين للبث المتعدد (عندما تحتوي رزم القطارات على عناوين للبث الأحادي، بما في ذلك قطارات الفيديو حسب الطلب والخدمات OTT وغيرها من القطارات التي تقدم حسب الطلب)، ثم تبث بيانات IP المتقاربة من خلال قناة إذاعية للوصلة الهابطة لشبكات التلفزيون CATV إلى مطاريف الإذاعة IPVB.

يُدمج مطراف الإذاعة IPVB عادة في مطراف المستعمل. ويستقبل حزم البث المتعدد للبروتوكول UDP للوصلة الهابطة القادمة من شبكات التلفزيون CATV، ويختار حزم الخدمة ويوزعها على معدات منشآت العملاء (CPE) من خلال التمييز بين العناوين IP المختلفة للبث المتعدد وأرقام منافذ المقصد للبروتوكول UDP وفقًا لمتطلبات مستعمل نهائي واحد أو أكثر.

كتطبيق نمطي، يمكن لأنظمة الإذاعة IPVB استخدام شبكة إرسال بصرية مع طبقة مادية 10GE، وعرض نطاق قناة إذاعية للوصلة الهابطة للإذاعة IPVB يبلغ 10 Gbps.

وعند دمج نظام IPVB مع شبكة بصرية منفعلة إثرنت (EPON) أو شبكة بصرية منفعلة بسعات غيغابتة (GPON)، يمكن أن يدعم الخدمات التفاعلية مثل الفيديو حسب الطلب أو الخدمات OTT بسعة أكبر. ويمكن لهذا النظام أن يرسل بسهولة فيديوهات حية أو حسب الطلب فائقة الوضوح 4K و8K وفيديوهات الواقع الافتراضي وغيرها من الفيديوهات ذات معدلات البتات العالية.

التذييل III

خدمات التلفزيون فائق الوضوح (8K/4K)

توفر خدمة التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV)، 4K، جودة فيديوية أفضل من خدمة التلفزيون عالي الوضوح (HDTV)، 2K. وقد تم نشرها بالفعل في أوروبا وأمريكا الشمالية ودول آسيا باستخدام شبكات الإذاعة الساتلية والأرضية والكبلية، بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من أسواق الوسائط مثل الأفلام والاتصالات المتنقلة والحواسيب الشخصية.

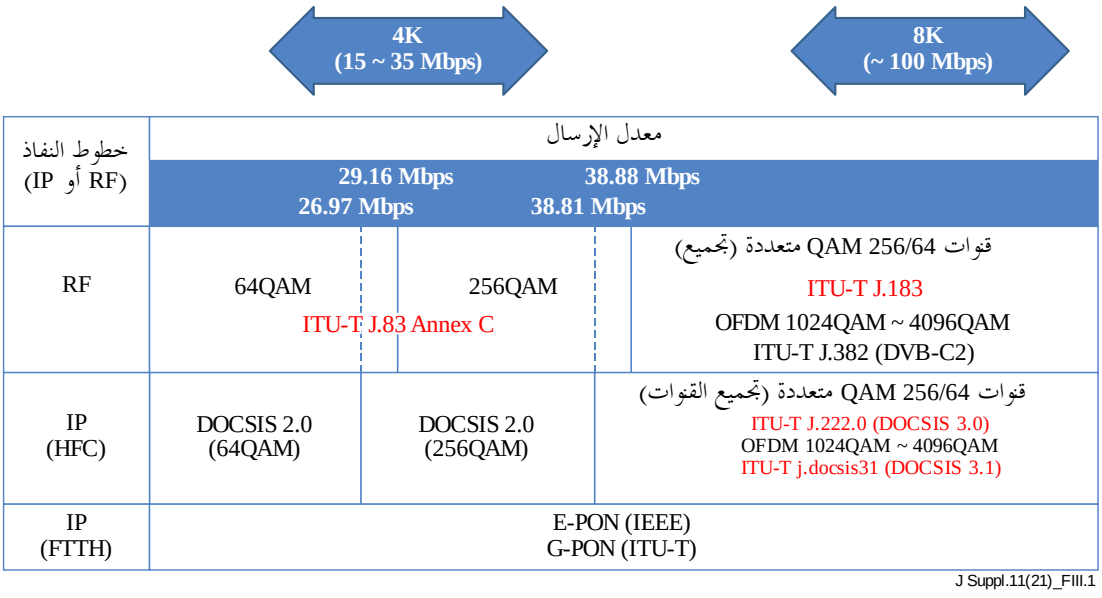
تستخدم الخدمة 4K عادةً طريقة تشفير فيديوي جديدة تسمى التشفير الفيديوي عالي الكفاءة (HEVC) [b-ITU-T H.265]. توفر هذه التكنولوجيا كفاءة انضغاط مضاعفة مثل التشفير الفيديوي المتقدم (AVC) [b-ITU-T H.264]، وغالباً ما تتيح إرسال قطارات الفيديو 4K ذات معدلات البتات العالية باستخدام وسائط الإذاعة الحالية.

ويرد في هذا التذييل، وصف حالات استعمال خدمات التلفزيون فائق الوضوح (8K/4K) من خلال البنية التحتية للشبكات HFC وFTTH (RF)، مع الإحالة إلى التوصية [ITU-T J.83] (بشأن (256QAM)) والتوصية [ITU-T J.183] (تجميع القنوات)، والتوصية [ITU T J.186]، وكذلك التوصية [b-ITU-T J.297] (بشأن (4K STB)).

ويرد توصيف دعم فك تشفير الفيديو HEVC للاستبانات 4K للجهاز المطرافي لتلفزيون بروتوكول الإنترنت (IPTV) في التوصية [b-ITU-T H.721].

1.III إرسال خدمة التلفزيون فائق الوضوح (8K/4K) باستخدام خطوط نفاذ HFC

يجب اختيار طريقة الإرسال المناسبة لإرسال قناة تلفزيون UTHDTV باستبانة 4K مشفرة بشفرة HEVC ويتراوح معدل بتاتها بين 15 و35 Mbit/s، حسب جودة الصورة المطلوبة. ويوضح الشكل 1.III الحد الأقصى لمعدل البتات المتاح لطرق الإرسال المختلفة. فعلى سبيل المثال، إذا كان معدل البتات لقناة 4K يبلغ 35 Mbit/s، فإنه يمكن نقلها بواسطة قناة 64 QAM وحيدة استناداً إلى الملحقين A وB من التوصية [ITU- T J.83]، ولكن بالنسبة للأنظمة التي تستخدم الملحق C (اليابان)، يجب استخدام إما قناة 256 QAM أو تجميع قنوات 64 QAM استناداً إلى التوصية [ITU-T J.183].



ملاحظة – بالنسبة إلى الملحق A، يبلغ معدل الإرسال 8/6 مرة (+33%) من الأرقام أعلاه

الشكل 1.III – تكنولوجيا النفاذ الكبلي ومعدل الإرسال

من أجل إرسال قناة 8K ذات معدل بتات يبلغ 100 Mbit/s، يلزم تجميع قنوات QAM 256/64 أو استخدام قناة OFDM استناداً إلى التوصية [ITU-T J.382].

2.III إرسال خدمة التلفزيون فائق الوضوح 8K/4K باستخدام خطوط نفاذ ألياف بصرية/شبكة FTTH

يمكن (إعادة) إرسال الخدمات 8K/4K التي توفرها القنوات الساتلية والأرضية عن طريق خطوط النفاذ الكبلي من الألياف البصرية/الشبكات FTTH باستخدام تعدد إرسال الموجات الحاملة الفرعية (SCM) وتشكيل الشدة (IM) استناداً إلى التوصية [ITU-T J.186].

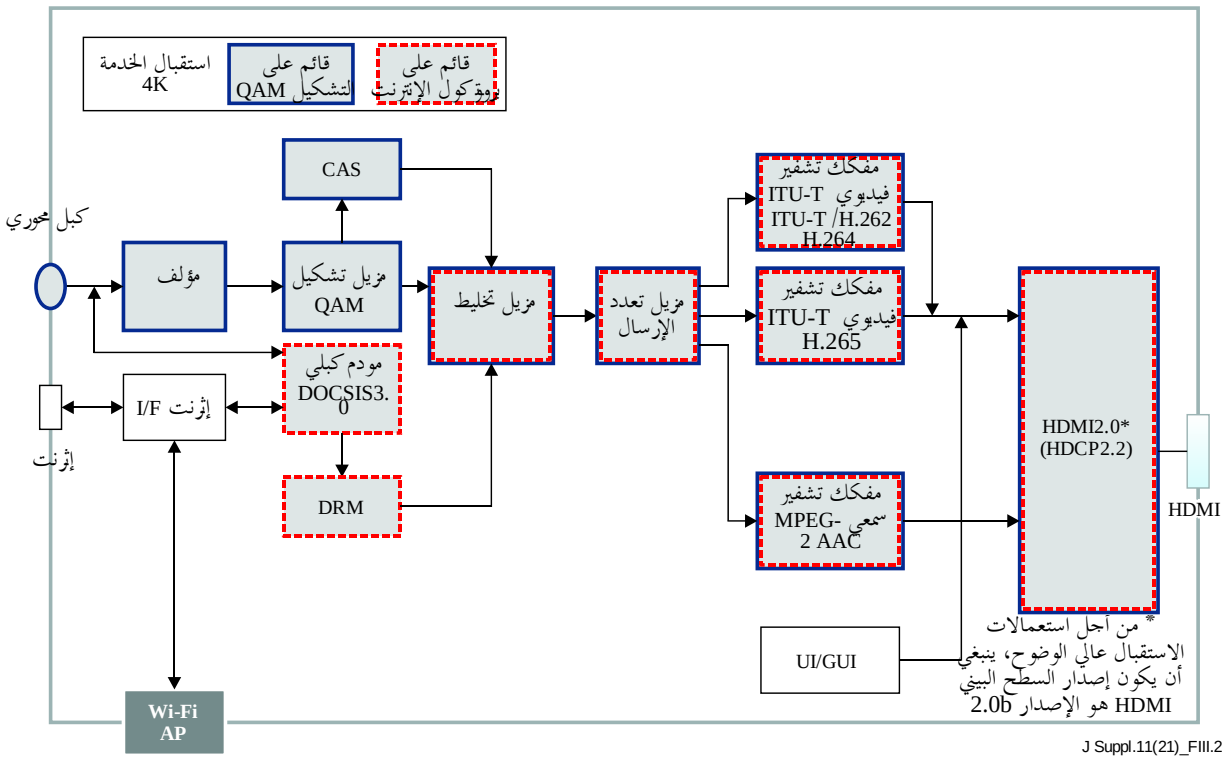
عادةً ما تستخدم إشارة الوصلة الهابطة الساتلية والبث المباشر إلى المنزل (DTH) تردداً يبلغ حوالي 12 GHz. ولإرسال هذه الإشارة عبر خط نفاذ كبلي من الألياف البصرية، يتم تحويلها إلى تردد متوسط (IF) من 1 GHz حتى 3,2 GHz عند خرج طبق استقبال الساتل. ويتم تحويل الإشارة IF ذات الشكل الكهربائي هذه إلى إشارة بصرية باستخدام التوصية [ITU-T J.186]، يتم إرسالها عبر خط نفاذ من الألياف البصرية، وتحويلها مرة أخرى إلى إشارة كهربائية، وتغذيتها إلى أجهزة فك التشفير للخدمات 8K/4K، أو مباشرة إلى أجهزة التلفزيون. ولتوفير هذه الخدمة، يلزم وجود نظام إرسال إشارات RF عبر الألياف استنادا إلى التوصية [ITU-T J.186] يدعم مدى الترددات الأقصى للإشارة IF الساتلية.

بما أن معظم القنوات الأرضية تستخدم النطاق UHF، فيمكن حملها عن طريق خطوط نفاذ كبلي FTTH بدون تحويل التردد.

3.III جهاز فك التشفير (STB) للخدمة 4K

لاستقبال الخدمة 4K، يلزم وجود جهاز STB متوافق مع الخدمة 4K كالجهاز المعرف في التوصية [b-ITU-T J.297]. والشكل 2.III مثال على مخطط صندوقي لجهاز STB كبلي 4K. وأحد أهم أجزاء الجهاز STB هو مفكك التشفير الفيديوي المحدد في التوصية ITU-T H.265 والسطح البيني للخرج الفيديوي HDMI بما يتوافق مع الإصدار HDCP2.2 (السطح البيني للوسائط المتعددة عالية الوضوح) اللذان يحميان محتوى الخدمة 4K من القرصنة.

يعد نظام النفاذ المشروط (CAS) ميزة مهمة أخرى جهاز فك التشفير للخدمة 4K. وينبغي استخدام المعيار AES 128 أو أفضل، للامتثال لمواصفة MoviesLabs (الولايات المتحدة) لتحسين حماية المحتوى (ECP).



الشكل III.2 – مثال على مخطط صندوقي لجهاز STB كبلي 4K (من التوصية [b-ITU-T J.297])

بيبليوغرافيا

[b-ITU-T G.984.1] Recommendation ITU-T G.984.1 (2012), *Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): General Characteristics*.

[b-ITU-T G.987] Recommendation ITU-T G.987 (2012), *10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems*.

[b-ITU-T G.992.1] Recommendation ITU-T G.992.1 (1999), *Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers*.

[b-ITU-T G.992.5] Recommendation ITU-T G.992.5 (2009), *Asymmetric digital subscriber line 2 transceivers (ADSL2) – Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2plus)*.

[b-ITU-T G.993.1] Recommendation ITU-T G.993.1 (2004), *Very high speed digital subscriber line transceivers (VDSL)*.

[b-ITU-T G.993.2] Recommendation ITU-T G.993.2 (2019), *Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)*.

[b-ITU-T G.9701] Recommendation ITU-T G.9701 (2019), *Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Physical layer specification*.

[b-ITU-T H.264] Recommendation ITU-T H.264 (2019), *Advanced video coding for generic audiovisual services*.

[b-ITU-T H.265] Recommendation ITU-T H.265 (2019), *High efficiency video coding*.

[b-ITU-T H.721] Recommendation ITU-T H.721 (2015), *IPTV terminal devices: Basic model*.

[b-ITU-T J.122] Recommendation ITU-T J.122 (2007), *Second-generation transmission systems for interactive cable television services – IP cable modems.*

[b-ITU-T J.222.0] Recommendation ITU-T J.222.0 (2007), *Third-generation transmission systems for* interactive *cable television services – IP cable modems: Overview.*

[b-ITU-T J.222.1] Recommendation ITU-T J.222.1 (2007), *Third-generation transmission systems for* interactive *cable television services – IP cable modems: Physical layer specification.*

[b-ITU-T J.222.2] Recommendation ITU-T J.222.2 (2007), *Third-generation transmission systems for interactive cable television services – IP cable modems: MAC and Upper Layer protocols.*

[b-ITU-T J.222.3] Recommendation ITU-T J.222.3 (2007), *Third-generation transmission systems for* interactive *cable television services – IP cable modems: Security services.*

[b-ITU-T J.224] Recommendation ITU-T J.224 (2020), *Fifth-generation transmission systems for interactive cable television services – IP cable modems.*

[b-ITU-T J.225] Recommendation ITU-T J.225 (2020), *Fourth-generation transmission systems for interactive* cable *television services – IP cable modems.*

[b-ITU-T J series Sup 10] ITU-T J-series Recommendations – Supplement 10, *Correspondence between CableLabs DOCSIS Specifications and ITU-T J-series Recommendations*.

[b-ITU-T J.297] Recommendation ITU-T J.297 (2018), *Requirements and functional specification of cable set top box for 4K ultra high definition television.*

[b-ITU-T J.1210] Recommendation ITU-T J.1210 (2019), *Requirements of IP video broadcast (IPVB) for cable TV networks*.

[b-ITU-T J.1211] Recommendation ITU-T J.1211 (2020), *Specifications of IP video broadcast (IPVB) for cable TV networks*.

[b-IEEE 802.3ah] b-IEEE 802.3ah (2004), *Gigabit Ethernet-Passive Optical Network*.

[b-IEEE 802.3av] b-IEEE 802.3av (2009), *10 Gbit/s Ethernet Passive Optical Network*.

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، 2021