الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R F.557-5

(2014/02)

هدف التيسُّر لأنظمة مرحلات راديوية على مسير رقمي افتراضي مرجعي

السلسلة F

الخدمة الثابتة

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

150 ITU 1865-2015

تمهيـــد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

السلسلة	العنـــوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	**الخدمة الثابتة**
M	الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بُعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2015

© ITU 2015
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصيـــة ITU-R F.557-5

هدف التيسُّر لأنظمة مرحّلات راديوية على مسير رقمي افتراضي مرجعي

(2014-1997-1991-1990-1986-1978)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية هدف التيسُّر لأنظمة مرحّلات راديوية على مسير رقمي افتراضي مرجعي (HRDP)، بما في ذلك مفهوم عدم تيسُّر المسير HRDP والعوامل التي يجب أن يتضمنها تقييم عدم التيسُّر. كما تقدم هذه التوصية توجيهات بشأن تيسُّر واعتمادية أنظمة المرحلات الراديوية.

وجدير بالذكر أنه لا يمكن استعمال هذه التوصية إلا للأنظمة التي صُمّمت قبل الموافقة على التوصية ITU-R F.1703 في 2005.

وحُذفت الإشارة إلى الدارة الافتراضية المرجعية (HRC) والمعلومات التماثلية ذات الصلة من هذه الصيغة المنقحة. وللاطّلاع على هذه المعلومات، راجع الصيغة السابقة من هذه التوصية والدليل – قائمة توصيات قطاع الاتصالات الراديوية بشأن الأنظمة التماثلية في الخدمات الثابتة في نطاقات التردد فوق 30 MHz (هذه الوثيقة متاحة على صفحة الويب الخاصة بفرقة العمل 5C لقطاع الاتصالات الراديوية)، الذي يتضمن قائمة بجميع التوصيات التي تتناول أنظمة الخدمة الثابتة التماثلية، بما في ذلك التوصيات الملغاة.

كلمات رئيسية

الخدمة الثابتة، وهدف التيسُّر لأنظمة مرحّلات راديوية على مسير رقمي افتراضي مرجعي (HRDP)، والتيسُّر، وعدم التيسُّر، والوقت المتوسط بين الأعطال (MTBF)، والوقت المتوسط للاستعادة (MTTR)

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الغرض من هدف التيسُّر لأنظمة مرحّلات راديوية على مسير رقمي افتراضي مرجعي (HRDP) أن يكون بمثابة توجيه للمصممين والمخططين للأنظمة المصممة قبل 2005؛

ب) أن تيسُّر أي نظام ترحيل راديوي يعتمد على عوامل كثيرة وخاصة على: منظمة الصيانة (التي تحدد وقت الاستعادة) واعتمادية المعدات وتصميم النظام وظروف الانتشار. وقد تكون هناك اختلافات كبيرة بين الأهمية النسبية لهذه العوامل المختلفة، قد تخرج في بعض الأحيان عن السيطرة، من مجال لآخر؛

ج) أنه يفضل تطبيق أهداف تيسُّر مشتركة لكل من النظام الكبلي ونظام الترحيل الراديوي،

توصـــي

1 بأن يكون هدف التيسُّر لمسير HRDP طوله 2 500 km لأنظمة الترحيل الراديوي الرقمية (التوصية ITU-R F.556) 99,7% من الزمن، على أن تُراعى هذه النسبة المئوية خلال فترة زمنية طويلة بما يكفي للسلامة الإحصائية، وتزيد على الأرجح عن سنة؛ وهذه الفترة الزمنية قيد الدراسة (انظر الملاحظات 2 و3 و4)؛

2 أن يكون مفهوم عدم تيسُّر مسير HRDP على النحو التالي:

1.2 تبدأ فترة عدم التيسُّر عند بداية فترة عشر ثوان شديدة الأخطاء (SES) متتالية، في اتجاه واحد على الأقل للإرسال. (انظر الملاحظتين 1 و9) وتعتبر فترة العشر ثوان هذه فترة عدم تيسُّر. وللحصول على تعريف الثواني شديدة الأخطاء، يرجى الرجوع إلى التوصيتين ITU-T G.821 وITU-T G.826؛

2.2 وتبدأ فترة تيسُّر جديدة عند بداية 10 ثوان متتالية خالية من ثوان شديدة الأخطاء في اتجاهي الإرسال. وتعتبر الثواني العشر هذه فترة تيسُّر. وللحصول على تعريف الثواني شديدة الأخطاء، يرجى الرجوع إلى التوصيتين ITU-T G.821 وITU-T G.826؛

3 بأنه يجب، عند تقدير عدم التيسُّر، إدراج جميع الأسباب التي يمكن التنبؤ بها إحصائياً وغير المتعمدة والناتجة عن معدات راديوية* ومصادر الإمداد بالطاقة والانتشار والتداخل وعن الأجهزة المساعدة وعن الأنشطة البشرية. ويتضمن تقدير عدم التيسُّر متوسط وقت الاستعادة (انظر الملاحظتين 6 و7)؛

4 بأن يستعمل الملحق 1 كتوجيه بشأن تيسُّر واعتمادية أنظمة الترحيل الراديوي؛

5 بأن تعامل الملاحظات التالية كجزء من التوصية:

الملاحظـــة 1 – يحدد التيسُّر الكلي A بالصيغة التالية:

$$A = 100\,[1 - \{(T_1 + T_2 - T_b)/T_e\}]$$

حيث:

A: النسبة المئوية للتيسُّر

T_1: مدة عدم التيسُّر الكلية في أحد اتجاهي الإرسال

T_2: مدة عدم التيسُّر الكلية في اتجاه الإرسال الآخر

T_b: مدة عدم التيسُّر في الاتجاهين

T_e: الفترة الزمنية للتقييم.

بالنسبة للإرسال في اتجاه واحد: $T_2 = 0$ و$T_b = 0$.

الملاحظـــة 2 – النسبة 99,7% قيمة مؤقتة ومن المعروف عملياً أن الأهداف المختارة قد تقع في مدى يتراوح بين 99,5% و99,9%. ويعتمد اختيار قيمة محددة في هذا المدى على التوزيع الأمثل لوقت الانقطاع فيما بين الأسباب المختلفة التي قد لا تكون واحدة عندما تؤخذ الظروف المحلية في الاعتبار (مثل الانتشار والمساحة الجغرافية وتوزيع السكان وتنظيم الصيانة).

كما أن تيسُّر أنظمة الترحيل الراديوي واحد فقط من الجوانب المتعددة التي تضمن مستوى مقبول من الخدمة لحركة الإرسال الرقمي؛ واختيار قيمة مثلى لهذا الجانب بعينه لا يمكن تحقيقه إلا بمراعاة جميع أنظمة الإرسال سواء القائمة أو المخططة في الشبكة قيد الدراسة.

وقد تختار الإدارات، لأسباب عديدة، قيماً مختلفة لهدف التيسُّر للاستعمال من أجل ما تخطط له، وتقع هذه القيم داخل المدى المشار إليه أعلاه.

الملاحظـــة 3 – ويستثنى تيسُّر معدات تعدد الإرسال مما سبق. ويُتوقع أن يضع قطاع تقييس الاتصالات بالاتحاد أهداف التيسُّر لهذه المعدات.

* وهذا يشمل جميع المعدات داخل قسم الإذاعة الرقمية للأنظمة الرقمية.

الملاحظـــة 4 – تتعلق هذه التوصية بالمسير HRDP. والغرض منها تحديد قيمة للتيسُّر كهدف مخطط لأنظمة الترحيل الراديوي الجديدة.

ومن غير المخطط الاستشهاد بهذه القيمة في مواصفات الأنظمة الحقيقية أو اختبارات القبول أو الترتيبات التشغيلية.

وتظهر البيانات المقاسة لقيم التيسُّر للمسيرات الحقيقية توزيعاً واسعاً، ولا يمكن تقدير قيمة موثوقة للتيسُّر الفعلي إلا كمتوسط لكمٍّ كبير من البيانات المجمعة من الكثير من مسارات الترحيل الراديوي خلال فترة زمنية طويلة مناسبة.

الملاحظـــة 5 – التقسيم الفرعي لهدف التيسُّر في الجزء الحساس من المسيرات التي تحدد عبر وصلات حقيقية، يرد في التوصية ITU-R F.695.

الملاحظـــة 6 – ينبغي للمخططين إعلان افتراضاتهم بشأن الوقت المتوسط بين الأعطال (MTBF) والوقت المتوسط للاستعادة (MTTR) والاحتياطات المتخذة إزاء الانقطاعات والخبوّ (خاصة استعمال قنوات حماية وعدد القفزات لكل قسم تبديل) وتوزيع الخبو الذي يستمر لمدة تزيد عن 10 ثوان.

الملاحظـــة 7 – الوقت المستغرق للاستعادة الذي يقدر بالوقت المستغرق بين انقطاع الحركة واستعادتها يتضمن وقت العلم بالعطب ووقت الترحال إلى الموقع ووقت الإصلاح. وتتفاوت قيمة الوقت المستغرق للاستعادة بين الإدارات نتيجة لعوامل مختلفة مثل سهولة الوصول إلى الموقع والطقس وسياسات الصيانة واعتبارات اقتصادية أخرى.

الملاحظـــة 8 – لا تأخذ هذه التوصية في الاعتبار التحسينات التي يمكن تحقيقها من خلال إعادة تسيير الحركة عبر أنظمة أخرى، مثل الكبلات وأي أنظمة ترحيل راديوي أخرى.

الملاحظـــة 9 – بالنسبة للانقطاعات التي تستمر لفترات أقل من 10 ثوان، تلزم دراسات أخرى تأخذ في الاعتبار أيضاً الانقطاعات المتوسطة.

الملاحظـــة 10 – الفترات التي تقل عن 10 ثوان ويزيد فيها معدل الأخطاء عن 1×10^{-3} يتم تناولها في التوصية ITU-R F.594.

الملحـــق 1

تيسُّر واعتمادية أنظمة الترحيل الراديوي

1 مقدمة

يقدم هذا الملحق توجيهات تساعد في شرح هذه التوصية. ومع ذلك، من الجدير بالذكر أن القيم والمعلمات المُستشهد بها هي على سبيل المثال ليس إلاّ.

ويتبع مصطلحا التيسُّر والاعتمادية في هذا الملحق التعريف المتفق عليه بين قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد واللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC).

2 أسباب عدم التيسُّر

يرد مفهوم عدم تيسُّر أنظمة الترحيل الراديوي الرقمية في الفقرة 2 من *توصي*. وينبغي لمخططي الأنظمة مراعاة جميع أسباب الانقطاعات أو حالات الانحطاط في الجودة التي تؤدي إلى عدم تيسُّر النظام.

وترد أدناه السمات والمسببات الرئيسية لعدم التيسُّر في أنظمة الترحيل الراديوي.

1.2 المعدّات

- عطل أو تدهور في المعدات الراديوية بما في ذلك المشكلات ومزيلات التشكيل
- عطل في المعدات المساعدة مثل معدات التبديل
- عطل في معدات الإمداد بالطاقة للنظام الراديوي
- عطل في الهوائي أو المغذي.

وأنظمة الترحيل الراديوي الحديثة مصممة بحيث تتسم باعتمادية أكبر ولكي يصبح الوقت المتوسط بين الأعطال طويلاً جداً. كما يعتمد عدم التيسُّر على الوقت المتوسط للاستعادة كما ورد في الملاحظة 6.

وداخل أي قسم تبديل نمطي، قد يكون عدم التيسُّر نتيجة لأعطال المعدات في حدود 0,01% (انظر التوصية ITU-R F.695). وهذه قيمة تمثيلية لمعدات نمطية تكون فيها قيمة الوقت MTBF في حدود عدة مرات من الرقم 10^4 ساعة والتوقيت MTTR عدة ساعات. بيد أن أي مسير HRDP يتألف من عدد كبير من أقسام التبديل. وعادةً، يكون احتمال حدوث عطل في كل قسم منخفضاً وربما لا يحدث إلاّ مرة كل عدة سنوات. وبالتالي، من المنطقي اختيار فترة تكامل طويلة لكي يُقاس بها عدم التيسُّر، سنة، مثلاً.

2.2 الانتشار

انقطاعات الأنظمة الناتجة عن الخبو العميق لتعدد المسيرات تُستعاد عادةً في غضون 10 ثوان، بيد أنها قد تستمر في بعض الأحيان لأطول من 10 ثوان، مما يتسبَّب في عدم التيسُّر.

التوهين الزائد الناتج عن الهواطل نتيجة للتساقط الشديد للأمطار أو الثلوج يستمر لمدة طويلة إلى حد ما ويتسبب في عدم التيسُّر للأنظمة التي تعمل في نطاقات تردد فوق 10 GHz. وقد يتسنى اشتقاق إحصاءات تنبؤ بشأن آثار الانتشار بتطبيق المعادلات أو الطرائق الواردة في السلسلة P من توصيات قطاعات الاتصالات الراديوية. كما أنه نتيجة لقلة احتمال حدوث هواطل شديدة بوجه عام، فإن وقت عدم التيسُّر الناتج عنها يختلف من سنة لأخرى. ولتحديد قيمة وقت عدم التيسُّر، يمكن تطبيق نفس الاعتبارات الموضحة في الفقرة 1.2.

3.2 الأسباب الأخرى

رشقات الضوضاء غير المتوقعة نتيجة للتداخل الذي يصدر بشكل أساسي من مصادر خارج النظام الواقع عليه التداخل، يمكن أن تتسبَّب في عدم تيسّر إذا تجاوزت قدرة الضوضاء عتبة معينة. ويتضمن هذا النوع من الانقطاعات التداخلات من أنظمة فضائية أو أنظمة رادارية مرتبطة بانتشار غير مألوف.

وقد تؤدي الكوارث مثل الزلازل إلى انهيار الأبراج أو المباني مما يؤدي إلى عدم تيسُّر أنظمة الترحيل الراديو.

والتدخلات البشرية أثناء أعمال الصيانة يمكن أن تكون أيضاً سبباً لعدم التيسُّر. ويصعب عادةً التنبؤ بمساهمة هذه العوامل من خلال تحليلي رياضي. ومع ذلك، ينبغي مراعاتها عند تصميم أنظمة الترحيل الراديوي.

3 تبديل الحماية

تبديل الحماية يكون فعّالاً في الغالب لتحسين تيسُّر الأنظمة. وفي أنظمة الترحيل الراديوي، تستعمل عادةً ما تُعرف بطريقة التبديل متعدد الخطوط. وفي هذه الطريقة يتم تجهيز قناة حماية راديوية واحدة أو عدد P من هذه القنوات($1 < P$) لعدد N من القنوات العاملة. وفي حالة حدوث انقطاع لواحدة من القنوات N العاملة، يتم على الفور استعادة الإشارة في القناة المتأثرة بواسطة واحدة من قنوات الحماية خلال عدد m من القفزات الراديوية. وفي هذه الحالة، فإن عدم التيسُّر U لكل اتجاه من اتجاهي القنوات الراديوية، نتيجة فقط لأعطال المعدات، على افتراض أن معدل أعطال معدات التبديل قيمة صغيرة مهملة، يمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية:

$$U = \frac{2}{N}\left[\binom{N+P}{P+1}\right](mq)^{P+1} \quad (1)$$

حيث:

m: عدد القفزات الراديوية في قسم التبديل

q: احتمال الانقطاع في كل قفزة (طالما كان الأمر يتعلق بأعطال المعدات، فإن $q = \text{MTTR/MTBF}$).

$$\binom{N+P}{P+1} = \frac{(N+P)!}{(P+1)!(N-1)!}$$

عدد قنوات الحماية في حالات كثيرة، $P = 1$، ويمكن كتابة المعادلة (1) كالتالي:

$$U = \frac{2}{N}\left[\binom{N+1}{2}\right](mq)^2$$

ويُعد تبديل الحماية فعّالاً ليس فقط بالنسبة لأعطال المعدات ولكن بالنسبة أيضاً للخبو الناتج عن تعدُّد المسيرات من خلال تأثيرات تنوع الترددات. وترد معلومات عن تنوع الترددات في التوصية ITU-R F.752.