الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R SA.1155-2
(2017/07)

معايير الحماية المتعلقة بتشغيل الأنظمة الساتلية لترحيل البيانات

السلسلة SA
التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية

تمهيد

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	العنوان
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، 2018

© ITU 2018
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).

التوصية ITU-R SA.1155-2*

معايير الحماية المتعلقة بتشغيل الأنظمة الساتلية لترحيل البيانات

(2017-2013-1995)

مجال التطبيق

تحدد هذه التوصية معايير الحماية للأنظمة الساتلية لتوصيل البيانات وتعرضها في شكل قيم للنسبة إشارة إلى ضوضاء (I_0/N_0) وتقدم تحليلاً داعماً ونصاً يتفق مع معايير الحماية ويرتبط بها.

مصطلحات أساسية

DRS، فضاء–أرض، أرض–فضاء، فضاء–فضاء، وصلة تغذية أمامية، وصلة تغذية للعودة

توصيات قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة

التوصيات ITU-R SA.510 وITU-R SA.1018 وITU-R SA.1019 وITU-R SA.1274 وITU R SA.1275 وITU-R SA.1276 وITU-R SA.1414.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الأنظمة الساتلية لترحيل البيانات تعمل حالياً أو مخطط لها أن تعمل طبقاً لنظام مرجعي افتراضي موصوف في التوصية ITU-R SA.1018؛

ب) أن الأنظمة الساتلية لترحيل البيانات هذه تدعم وصلات ذات خصائص مختلفة اختلافاً كبيراً كما هو موضح في التوصية ITU-R SA.1414؛

ج) أن نطاقات التردد المفضلة للأنظمة الساتلية لترحيل البيانات تم تحديدها في التوصية ITU-R SA.1019؛

د) أن التقاسم بين الأنظمة الساتلية لترحيل البيانات والأنظمة الراديوية الفضائية والأرضية الأخرى ضروري في جميع نطاقات التردد المفضلة المحددة في التوصية ITU-R SA.1019؛

هـ) أن أعداد الأنظمة الراديوية الفضائية والأرضية التي تستعمل نطاقات متقاسمة مع الأنظمة السابقة لترحيل البيانات ستزيد في المستقبل مما يزيد من إمكانية حدوث حالات تداخل؛

و) أن هوامش الوصلات للوصلات الساتلية لترحيل البيانات في الاتجاه الأساسي وفي اتجاه العودة تساوي نمطياً من 2 إلى 4 dB، غير أنه قد تكون في حدود 1 dB في بعض الحالات؛

ز) أن هامش تعميم الوصلة للوصلة في الاتجاه فضاء–فضاء يمثل في الغالب العامل المحدد؛

ح) أن الأنظمة الساتلية لترحيل البيانات ستقوم بإرسال واستقبال إشارات في خدمات العمليات الفضائية والأبحاث الفضائية واستكشاف الأرض الساتلية والثابتة الساتلية والخدمة فيما بين السواتل؛

ط) أن المعلومات التقنية التفصيلية المتعلقة بمعايير الحماية ترد في الملحق،

---

* ينبغي رفع هذه التوصية إلى عناية لجنتي الدراسات 4 و5 للاتصالات الراديوية.

توصي

1 بأن تكون معايير الحماية، الموصفة بالقيمة القصوى الإجمالية للنسبة بين الكثافة الطيفية لقدرة التداخل إلى كثافة قدرة ضوضاء النظام، من جميع المصادر، التي لا ينبغي تجاوزها لأكثر من 0,1% من الوقت بالنسبة للوصلات المختلفة للأنظمة الساتلية لترحيل البيانات، كما هي مبينة في الجدول 1؛

2 بأن تستعمل معايير الحماية الواردة في الجدول 1 كأساس لوضع معايير التقاسم في الدراسات الخاصة بذلك مع الأنظمة الأرضية والفضائية الأخرى.

الجدول 1

معايير الحماية

وصلة ساتلية لترحيل البيانات	موقع المستقبِل	النسبة I_0/N_0 (dB)
وصلة أمامية بين المدارات	مركبة فضائية للمستعمل	
MHZ 2 110-2 025 GHz 14,3-13,4 GHz 23,55-22,55		10–
وصلة عودة بين المدارات	ساتل لترحيل البيانات	
MHZ 2 290-2 200 GHz 15,35-14,5 GHz 27,5-25,25		10–
وصلة تغذية أمامية	ساتل لترحيل البيانات	
GHz 15,35-14,5 GHz 31,0-27,5		6–
وصلة تغذية للعودة	محطة أرضية	
GHz 14,05-13,4 GHz 10,95-10,7 GHz 21,2-17,7 GHz 27-25,5 (أنظر الملاحظة)		6–

ملاحظة – في النطاق الترددي GHz 27-25,5، تحمل وصلة التغذية للعودة إشارات في خدمتي الأبحاث الفضائية واستكشاف الأرض الساتلية.

الملحق

تحليل إمكانية تسبب الوصلات الساتلية لترحيل البيانات في تداخلات

1 مقدمة

الكثير من الطيف المناسب للأبحاث الفضائية موزع أيضاً لخدمة أو أكثر من الخدمات الأخرى، ومن ثم، هناك ضرورة لتقاسم الترددات بين الخدمات. وتناقش هذه التوصية العوامل التي تؤثر في إمكانية تسبب هذه الوصلات في تداخلات على المحطات الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض العاملة كسواتل لترحيل البيانات من المركبات الفضائية التي تعمل على مدارات منخفضة في خدمات الأبحاث الفضائية والعمليات الفضائية واستكشاف الأرض الساتلية ومن المحطات الأرضية العاملة في نفس هذه

الخدمات أو في الخدمة الثابتة الساتلية. وهي تحدد معايير الحماية المناسبة لهذه الخدمات في نطاقات التردد من 2 حتى 30 GHz. ومعايير الحماية معدة للاستعمال في تنسيق وتحليل التداخل عندما لا تتوفر بيانات لنظام فعلي.

2 اعتبارات عامة

كانت أنظمة الأبحاث الفضائية والعمليات الفضائية واستكشاف الأرض العاملة في المنطقة القريبة من الأرض تعتمد دائماً على اتصالات منتظمة خالية من التداخلات ثنائية الاتجاه بين المركبة الفضائية ومراكز التحكم وغيرها من المنشآت على الأرض. وأصبح تطور هذه الأنشطة وتوسعها يعتمد على سواتل ترحيل البيانات، كما هو موضح في التوصية ITU-R SA.1414.

وتعتمد هذه العمليات على وصلات في الاتجاه فضاء–فضاء تتسم بصعوبة أكبر في التصميم والتنفيذ مقارنة بالوصلات في الاتجاه فضاء–أرض نظراً إلى أن نظامي الإرسال والاستقبال يخضعان لقيود تتعلق بالكتلة والقدرة ويخضعان كذلك في معظم الحالات لقيود التحكم عن بُعد وعدم الصيانة المتعلقة بالأنظمة المحمولة في الفضاء.

والاتجاه بالنسبة لهذه الأنواع من الأنظمة هو أن تستعمل مخططات تشكيل تتسم بالكفاءة فيما يتعلق بعرض النطاق مثل 2-PSK و4-PSK إلى جانب تقنيات التشفير بالتصحيح الأمامي للأخطاء مثل التشفير التلافيفي وتشفير مجموعات الترددات وذلك من أجل زيادة جودة الإشارة وخفض القدرة المطلوبة للإشارة في نفس الوقت. وفي بعض الأنظمة، تستعمل تقنيات تشكيل الإشارة أو التتابع شبه العشوائي (مماثلة أو مطابقة لتقنيات التشكيل بتمديد الطيف) وذلك من أجل قياسات المدى لتحديد موقع المركبة الفضائية. كما أن دارات العروة محكمة الطور أثناء تتابعات البحث والالتقاط والتتبع.

3 معايير الحماية

يوجد في الوصلات فضاء–أرض وأرض–فضاء حافز لتدنية هوامش الوصلات من أجل توفير الكتلة والقدرة والحد من التداخل ولصالح الاقتصاد. ويتضاعف هذا الحافز في الوصلات فضاء–فضاء نظراً إلى أن طرفي الوصلة محمولان في الفضاء. والهوامش العامة النمطية لتصميم الوصلات التي تعتبر في حالة سواتل ترحيل البيانات الوصلات فضاء–فضاء المرادفة للوصلات فضاء-أرض أو أرض–فضاء (يشار إليها في بعض الأحيان بوصلات التغذية)، تبلغ عادة نحو 2-4 dB، غير أنها قد تكون في حدود 1 dB في بعض الحالات، وذلك بعد السماح لأي هوامش ضرورية من أجل تعويض أثر الطقس على وصلات التغذية. وهامش تصميم الوصلة للوصلات فضاء –فضاء يمثل في الغالب العامل المقيد نتيجة للقيود الشديدة المتعلقة بإطلاق نظامي الإرسال والاستقبال في الفضاء على النقيض من إمكانية زيادة أبعاد هوائي محطة الاستقبال الأرضية.

وبالنظر إلى هوامش التصميم المتدنية هذه، فإن مستويات التداخل التي تتسبب في خفض هامش الوصلة بمقدار بسيط لا يتعدى 0,2 dB يمكن أن تكون ضارة بالنسبة للوصلات فضاء–فضاء.

ومع ذلك، ففي معظم الحالات، خاصة في الترددات الأعلى، لن تتأثر هذه الوصلات دائماً بمصدر تداخل وحيد من الأرض نظراً إلى أن هندسة الوصلة تتغير باستمرار نتيجة لتحرك المركبة الفضائية منخفضة المدار. ومن جهة أخرى، فإن نماذج التداخلات التي تقع عندما تحدث هندسة محددة للوصلة ستتسبب في مشكلات نظامية للرصدات في الوقت الفعلي لسطح الأرض تحت المركبة الفضائية منخفضة المدار.

وتعتمد المستويات المسببة لتداخلات ضارة على الوصلات أرض–فضاء على نسبة الهوامش المحددة للوصلات أرض-فضاء وفضاء-فضاء المرادفة. وهندسة الوصلات أرض–فضاء إزاء سواتل ترحيل البيانات لا تتغير مع الوقت.

وفي التحليل أدناه، تم افتراض قيمة مرجعية لخفض هامش الوصلة بمقدار 0,4 dB نتيجةً لتداخل من مصدر وحيد، وهو ما تم استعماله في حالات أخرى مشابهة. ويقابل ذلك قيمة مطلوبة لنسبة قدرة التداخل إلى قدرة ضوضاء النظام (I/N) داخل عرض النطاق المرجعي تبلغ –10 dB على الأكثر.

1.3 عرض النطاق المرجعي

تستعمل الأنظمة مخططات تشكيل مباشر، لذا، فإن عرض النطاق المرجعي الذي يتعين أن يحدد فيه نسبة حماية يعتمد على معدل البيانات الأدنى وعلى عرض نطاق المستقبِل المرجح استخدامه. وبالنسبة للوصلات فضاء–فضاء التي تعمل على ترددات في النطاق GHz 2، فإن معدل البيانات الأدنى يرجح أن يكون في حدود kbit/s 1، في حين يبلغ Mbit/s 1 على الأقل بالنسبة لنطاقات الترددات الأعلى. لذا، فإن القيمة الموصى بها لعرض النطاق في النطاق GHz 2 تبلغ kHz 1 وتبلغ في النطاقات الأعلى MHz 1.

2.3 النسبة المئوية المرجعية من الوقت

بالنسبة للرحلات الفضائية المأهولة، فإن فقدان الاتصالات لأكثر من 5 دقائق أثناء المراحل الحرجة مثل عمليات الالتقاء والالتحام أو الأنشطة خارج المركبات الفضائية، قد يؤثر في الرحلة تأثيراً خطيراً.

وبالنسبة للرحلات الفضائية المأهولة وغير المأهولة، فإن القيمة المرجعية تساوي 0,1% من الوقت. وبالنسبة للوصلات فضاء–فضاء، ينبغي للنسبة المئوية من الوقت أن يكون مرجعها الفترة التي يكون فيها ساتل المستعمل في مجال رؤية ساتل ترحيل البيانات (DRS) المقابل، حيث إن هذا الأخير الذي يقابل وقت حدوث الاتصالات ويستقبل تداخلات عندما لا تكون هناك اتصالات، لا يعنينا.

3.3 مستويات الحماية المطلوبة

تتضمن الاتصالات عبر ساتل لترحيل البيانات وصلتين على التوالي، إما "أمامية" تكون وصلة "تغذية" أرض–فضاء مرادفة لوصلة "بين المدارات" فضاء–فضاء أو "عودة" تكون وصلة "تغذية" فضاء–أرض.

ويتطلب تحديد مستويات الحماية مراعاة كل من وصلتي التغذية وبين المدارات.

1.3.3 الوصلات فضاء–فضاء

يبلغ إجمال درجات حرارة الضوضاء لمستقبِل نمطي لمحطة فضائية عادة K 600 في النطاق GHz 2 تزيد إلى K 1 200 في النطاق GHz 20 عندما يسدد هوائي المركبة الفضائية نحو الأرض (K 290). وينبغي استخدام قيم الضوضاء هذه عندما لا تتوفر القيم الفعلية وذلك لتحديد ما إذا كان المتطلب الذي ينص على أن تكون النسبة *I/N* تساوي –10 dB مستوفٍ.

ومساهمة الضوضاء في وصلة التغذية الأمامية صغيرة نتيجة لكسب الإرسال السالب لسواتل ترحيل البيانات ومن ثم لا تؤخذ في الاعتبار.

2.3.3 الوصلات من ساتل ترحيل بيانات إلى الأرض ومن الأرض إلى ساتل ترحيل بيانات

يعرض الجدول 2 بعض أمثلة التفاعل بين جزئين من الوصلة العامة من طرف إلى طرف، سواء بالنسبة لوصلات العودة أو الوصلات الأمامية للعديد من نطاقات التردد المختلفة وهوامش الوصلات هي القيم النمطية لوصلات أنظمة ذات صفة تمثيلية. وحيث إن الوصلات تكون من نمط "الأنبوب المعقوف" عادة: أي لا توجد معالجة على المتن في ساتل ترحيل البيانات، وأن الضوضاء تضاف، لذا يتحدد الهامش الإجمالي للوصلة بتجميع متسلسل للهوامش الفردية للوصلة. وفي بعض الحالات، يكون للوصلتين هامشان (مثلاً العودة GHz 13/GHz 15) ومن ثم تتساوى الوصلتان تقريباً في الحساسية إزاء الضوضاء. وفي حالات أخرى، يكون للوصلة فضاء–فضاء هامش أقل كثيراً من وصلة التغذية (مثلاً العودة GHz 13/GHz 2 والأمامية GHz 13/GHz 15)، لذا، فإن الأولى تعد أكثر حساسية إلى حد كبير للضوضاء. ويعني ذلك أنه يمكن السماح بتداخلات أكبر في وصلات التغذية، لذا تتم زيادة المعيار *I/N* إلى القيمة –6 dB لهذه الوصلات.

الجدول 2

التداخل على ساتل لترحيل البيانات (DRS)

وصلة عودة	**النطاق ←**	**13/2**		**13/15**	
وصلة من المستعمل إلى ساتل DRS	الهامش عند ساتل DRS نمطي (dB)	4,01	4,01	3,31	3,31
	الانحطاط (dB)	0,00	0,40	0,00	0,40
	الهامش عند ساتل DRS نمطي بعد الانحطاط (dB)	4,01	3,61	3,31	2,91
وصلة من ساتل DRS إلى الأرض	الهامش عند الأرض (dB)	50,30	50,30	4,45	4,45
	الانحطاط (dB)	1,00	0,00	1,00	0,00
	الهامش عند الأرض بعد الانحطاط (dB)	49,30	50,30	3,45	4,45
وصلة من طرف إلى طرف	الهامش الإجمالي (dB)	4,01	4,01	0,83	0,83
	الانحطاط (dB)	0,00	0,40	0,46	0,23
	الهامش الإجمالي بعد الانحطاط (dB)	4,01	3,61	0,37	0,60
وصلة أمامية	**النطاق ←**	**2/15**		**13/15**	
وصلة من الأرض إلى ساتل DRS	الهامش عند ساتل DRS نمطي (dB)	35,04	35,04	23,63	23,63
	الانحطاط (dB)	1,00	0,00	1,00	0,00
	الهامش عند ساتل DRS نمطي بعد الانحطاط (dB)	34,04	35,04	22,63	23,63
وصلة من ساتل DRS إلى المستعمل	الهامش عند المستعمل (dB)	3,90	3,90	3,50	3,50
	الانحطاط (dB)	0,00	0,40	0,00	0,40
	الهامش عند المستعمل بعد الانحطاط (dB)	3,90	3,50	3,50	3,10
وصلة من طرف إلى طرف	الهامش الإجمالي (dB)	3,90	3,90	3,46	3,46
	الانحطاط (dB)	0,00	0,40	0,01	0,40
	الهامش الإجمالي بعد الانحطاط (dB)	3,90	3,50	3,45	3,06