

التوصية ITU-R SA.1015-1

متطلبات عرض النطاق لأغراض البحث في الفضاء البعيد

(المسألة ITU-R 209/7)

(1994، 2007)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية متطلبات عرض النطاق لخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء البعيد) من أجل أخذها بالحسبان مستقبلاً في توزيع النطاقات على خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء البعيد) وتضم أيضاً شرحاً للأسس التقنية لمتطلبات عرض النطاق هذه.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

(أ) أنه تم تحديد معدلات الرموز القصوى اللازمة للاتصالات في الفضاء البعيد في الاتجاهين (فضاء - أرض - أرض - فضاء) لأغراض المستقبل القريب، (انظر الملحق 1)؛

(ب) أنه تم تحديد عروض النطاقات اللازمة المقابلة لهذه الاتصالات باستعمال التقنيات المتاحة حالياً؛

(ج) أن العرض اللازم للنطاقات الموزعة يخضع لمتطلبات كل وصلة وعلى عدد الوصلات الموجودة في فتحة حزمة هوائي المحطة الأرضية للبحث في الفضاء البعيد؛

(د) أنه سيتم التوصل مستقبلاً إلى تقنيات جديدة لتخفيض عرض النطاق اللازم لبعض وظائف الاتصالات المقترنة بالبحث في الفضاء البعيد،

توصي

1. بمراجعة متطلبات عرض النطاق المشار إليها في الملحق 1 عند توزيع نطاقات تخصص للبحث في الفضاء البعيد؛

2. بالنظر في كافة الخطوات الممكنة التي يمكن بها خفض عرض النطاق المطلوب لأنظمة الاتصالات التي ستخصص للبحث في الفضاء البعيد.

الملحق 1

عرض النطاق المطلوب للبحث في الفضاء البعيد

1 مقدمة

يتوقف عرض النطاق الكلي اللازم للاتصالات في الفضاء البعيد على معدلات الرموز المحددة وعدد الوصلات الفضائية المستعملة في كل مهمة وعدد المهمات وإمكانات توسيع تقاسم الترددات دون أن يؤدي ذلك إلى تداخل ضار.

2 عرض نطاق الوصلات

يتوقف عرض نطاق الوصلات أرض-فضاء وفضاء-أرض على القيود التي تفرضها معدلات الرموز المقترنة بالقياسات عن بعد وعلى دقة قياسات الزوايا والمسافات.

ويرد في الجدول 1 عرض شامل لمعدلات الرموز اللازمة وعروض النطاقات المقابلة للوظائف المختلفة الخاصة بالبحث في الفضاء البعيد.

الجدول 1

معدلات الرموز القصوى وعروض النطاق المطلوبة في مهمات الفضاء البعيد

عرض النطاق (MHz)	معدل الرموز (MS/s)	الاتجاه والوظيفة
		أرض - فضاء
⁽¹⁾ 0,040	0,002	التحكم عن بعد
0,8	0,2	البرمجة بالحاسوب
0,18	0,045	الصوت
120	30	التلفزيون
400	⁽²⁾ 100	القياس عن بعد
		فضاء - أرض
4,8	⁽³⁾ 1,2	القياس عن بعد للصيانة
⁽⁵⁾ 1 200	⁽⁴⁾ 600	معطيات علمية
1,08	⁽³⁾ 0,27	الصوت
240	⁽⁴⁾ 60	التلفزيون
400	⁽²⁾ 100	القياس عن بعد

(1) تستعمل في العادة موجة حاملة فرعية.

(2) الوحدة المستخدمة في القياس عن بعد بالموجات الجيبية هي MHz وفي القياس عن بعد بشبه الضوضاء (PN) هي Mchip/s (ميغا رقاقة في الثانية).

(3) بافتراض استعمال شفرة تصحيح الخطأ بمعدل 1/6.

(4) بافتراض استعمال شفرة تصحيح الخطأ بمعدل 1/2.

(5) بافتراض استعمال أسلوب التشكيل QPSK.

تتطلب تقنية الملاحظة الدقيقة للغاية التي تستعمل قياس التداخل على مدى بعيد جداً (VLBI) نقل النغمات بتباعد كبير بين الترددات نسبة إلى الموجة الحاملة. وعموماً، يمكن لهذا التباعد أن يتغير بمعدل يتراوح بين 200/1 و 600/1 من التردد المرسل من سفينة الفضاء وتبلغ عادة القدرة النسبية لهذه النغمات بالمقارنة بالحاملة -15 dB. وإرسال هذه النغمات ليس مستمراً. لذلك لا يعتبر خط الفصل الطيفي لنغمات التردد عند قياس التداخلات على مدى بعيد عاملاً من العوامل التي تحدد عرض النطاق.

وقد ترتب على تبسيط تصميم مركبات الفضاء وإمكانية الاعتماد عليها والأداء الأمثل لوصلات الاتصال أن أصبح التشكيل ثنائي الطور بحاملة متبقية التقنية التقليدية المستعملة لنقل المعلومات في الفضاء البعيد. وحتى يتسنى إرسال تشكيل مربع دوري بتوهين يقل عن 0,3 dB ، ينبغي أن يحتوي عرض النطاق على التوافقية الخامسة للإشارة المربعة المستعملة للتشكيل. وفي حالة إشارة للقياس عن بعد؛ ينبغي أن يكون عرض النطاق كافياً بحيث يتضمن التوافقية الخامسة لتردد الحاملة الفرعية والتوافقية الخامسة لتردد الميقاتية (1/2 معدل الرموز). وتفترض التقنيات الحالية أن يكون تردد الحاملة الفرعية كافياً بما يتيح على الأقل مدة ونصف المدة للحاملة الفرعية لكل رمز. وفي هذه الحالة يكون عرض النطاق الأقصى اللازم:

$$BW = 2 [(SR \times 1,5 \times 5) + 5 \times 0,5 SR] = 20 SR$$

حيث:

BW : عرض النطاق

SR : معدل الرموز.

وكلما ارتفع معدل الرموز المستعملة للقياس عن بعد كلما تناقصت أهمية محافظة الموجة الحاملة الفرعية على القدرة اللازمة لإرسال المعطيات خارج مجال تشغيل تردد عروة التتبع، وذلك لأن عرض نطاق عروة الحاملة يعتبر كسراً أصغر نسبياً من عرض نطاق طيف إرسال الرموز؛ وهكذا فإن القدرة اللازمة لإرسال الرموز التي لا تخضع لتتبع عروة الطور تصبح ضئيلة للغاية. ويمكن بتشغيل مناسب أن تخفض إلى الحد الأدنى قدرة إرسال الرموز بالقرب من الحاملة بحيث تصبح الموجات الحاملة الفرعية غير لازمة. وإلغاء الموجات الحاملة الفرعية يؤدي إلى عرض النطاق التالي:

$$BW = 2 (2 SR) = 4 SR$$

وفيما يتعلق بمعدلات المعطيات المرتفعة يمكن استعمال أسلوب التشكيل QPSK لتقليص الاحتياجات من عرض النطاق إلى النصف.

وتستعمل التطبيقات الحالية للقياس عن بعد إشارات ميقاتية بالموجات المربعة أو الموجات الجيبية المشكولة بطور الموجة الحاملة. وتخطط بعض المهمات القادمة لاستعمال القياس عن بعد PN. ويبلغ عرض النطاق المطلوب لأداء القياس المقبول أربعة أضعاف تردد الميقاتية في القياس بالموجة الجيبية أو الموجة المربعة أربعة أضعاف معدل الرقاقات في القياس PN. وسابقاً كان عرض النطاق المطلوب لمهمة ما رهناً بالقياس عن بعد. أما مع الزيادة السريعة للمعدلات اللازمة للقياس عن بعد لم يعد عرض النطاق المطلوب لعدد كبير من المهمات الجديدة العامل الحاسم في تحديد القياس عن بعد.

وبما أنه يمكن مستقبلاً استعمال معدلات تشغيل أعلى للقياسات عن بعد، فقد يتوجب خفض عرض النطاق الطيفي المرسل حتى يمكن مركبة فضائية أو أكثر استعمال نفس النطاق. وهناك عدة تقنيات لتحقيق ذلك نذكر منها التشكيل بزحزحة الطور الرباعي وتقنيات تشكيل أخرى تستعمل عرض الطيف استعمالاً فعالاً.

ويتوقف عرض النطاق الأقصى المطلوب لمهمة معينة على معدل الرموز الإجمالي اللازم لتنفيذ عدة وظائف في نفس الوقت وعلى تقنية التشكيل المطبقة. ويبلغ حالياً أقصى عرض النطاق المطلوب لسفينة فضائية غير مسكونة 12 MHz. ولأداء قياس التداخل VLBI فقد يكون جزءاً من الإشارة المرسله بخطين طيفيين متزاوجين بتباعد 115 MHz من تردد الحاملة. وحيث أن المستقبل قد يقتضي استعمال معدلات مرتفعة للغاية فقد تصل عروض النطاقات اللازمة للإرسال عدة مئات MHz (انظر الجدول 1).

3 عرض النطاق اللازم لمهمات معينة حول كوكب

عندما تدور عدة مركبات فضائية حول كوكب ما غالباً ما تقع هذه المركبات داخل فتحة حزمة هوائي محطة أرضية. ويستدعى التشغيل المتآون لوصلات الاتصالات عندئذ عرض نطاق تردد راديوي يكفي للتمكن من نقل الإشارات المختلفة دون إحداث تداخل متبادل.

ونظراً لخصائص المهمات النمطية واعتمادات المتطلبات الوظيفية المتآونة لكل مركبة فضائية، فقد تتطلب المهمات المتعددة في الفضاء البعيد عرض نطاق كلي يتراوح بين 4 000 و 5 000 MHz تقريباً بافتراض أن ثلاث أو أربع مهمات تعمل في نفس الوقت بأعلى معدل معطيات علمية. وبالإمكان خفض عرض النطاق المجمع خفضاً كبيراً قد يصل إلى النصف أو الربع إذا أمكن في المستقبل استخدام تقنيات تشكيل فعالة من حيث استعمال عرض النطاق بمعدلات معطيات مرتفعة.

4 اعتمادية الوصلات واستعمال النطاقات الموزعة

تتناول هذه الفقرة عرض النطاق الأقصى الذي تستلزمه أنشطة البحث في الفضاء البعيد. والتوزيعات الحالية بالقرب من 2 و 8 GHz لا تكفي للوفاء بجميع احتياجات البحث، ومع ذلك فهي لازمة لأداء هذه الأنشطة.

إن توزيعات عرض 10 MHz بالقرب من 2 GHz تكفي للوصلات التي لا تتأثر كثيراً بالأمطار والسحب. وتزود معظم المركبات الفضائية الحالية أو التي ينوى استحداثها بأجهزة يمكن تشغيلها في هذه التوزيعات، مما يكفل نجاح هذه المهمات عندما يتعذر بسبب سوء الأحوال الجوية استعمال نطاقات ترددات أعلى.

وتستعمل المهمات الحالية أساساً عرض نطاق 50 MHz بالقرب من 8 GHz للعمليات العادية. وسوف يستمر استعمال نفس هذا العرض لوصلات الفضاء البعيد في حالة المهمات التي لا تتطلب معدلات الرموز القصوى.

ومستقبلاً سيوفر عرض النطاق 500 MHz الموزع بالقرب من 32 GHz عرض نطاق إضافي لمهمات الفضاء البعيد على الرغم من أنه يتعارض مع المواصفات الواردة في الجدول 1 الخاص بعرض النطاق الأقصى المطلوب للمعطيات العلمية.