الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R SA.364-6
(2018/12)

الترددات وعروض النطاق المفضلة للسواتل المأهولة وغير المأهولة لخدمة الأبحاث الفضائية بالقرب من الأرض

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 القرار 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، 2019

© ITU 2019
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.364-6

الترددات وعروض النطاق المفضلة للسواتل المأهولة وغير المأهولة لخدمة الأبحاث الفضائية بالقرب من الأرض

(2018-1992-1986-1978-1970-1966-1963)

مجال التطبيق

توفر هذه التوصية إرشادات بشأن اختيار الترددات وعروض النطاق من أجل السواتل المأهولة وغير المأهولة لخدمة الأبحاث الفضائية بالقرب من الأرض، وذلك بتقديم قائمة بالترددات وعروض النطاق المفضلة.

كلمات أساسية

الترددات وعروض النطاق المفضلة، خدمة الأبحاث الفضائية (SRS)، بالقرب من الأرض، مأهولة، غير مأهولة

التوصيات والتقارير ذات الصلة

التوصيات ITU-R SA.363 وITU-R SA.1019 وITU-R SA.1863

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الترددات المناسبة وعروض نطاق الترددات الراديوية اللازمة لمهمات الأبحاث الفضائية بالقرب من الأرض تحددها عوامل انتشار الموجات الراديوية والمتطلبات التقنية؛

ب) أن الاتصال في الاتجاهين مطلوب للعديد من المهمات بالقرب من الأرض وذو أهمية حيوية للمهمات المأهولة؛

ج) أن من الضروري الوفاء بمتطلبات موثوقية الاتصالات الراديوية في فترات الظروف الجوية غير المؤاتية؛

د) أن استخدام وصلة واحدة لوظائف الاتصالات الراديوية أمر عملي ومرغوب فيه؛

هـ) أن دقة التتبع تتطلب زوجاً من الترددات المترابطة بشكلٍ متسق للوصلتين أرض–فضاء وفضاء–أرض؛

و) أنه، فيما يتعلق بعمليات الإرسال/الاستقبال التي يُستخدم فيها هوائي واحد، ينبغي فصل الترددات المتزاوجة للوصلتين أرض–فضاء وفضاء–أرض بنسبة 6% على الأقل؛

ز) أن من الضروري استخدام وصلات الاتصالات الراديوية فضاء–فضاء وأرض–فضاء لسواتل الترحيل من أجل استيعاب نمو وتطور أنشطة الاستكشاف بالقرب من الأرض في خدمة الأبحاث الفضائية؛

ح) أن استخدام تقنيات خاصة للتشكيل وتشفير القناة قد يكون مطلوباً لبعض الوصلات من أجل التقيد بحدود كثافة تدفق القدرة (pfd) أو حمايةً من آثار المسارات المتعددة و/أو التداخلات،

توصي

1 بأن يتم اختيار نطاقات الترددات للمهمات بالقرب من الأرض في خدمة الأبحاث الفضائية في مديات التردد المفضلة الواردة في الجدول 1، مع إيلاء الاعتبار الواجب للغرض من الوصلة وإمكانية التقاسم؛

2 بأن تُستخدم المعلومات المتعلقة بعروض نطاق الوصلات الفردية النمطية واستعمالاتها الواردة في الجدول 2 من الملحق من أجل ضمان الاتصالات الحالية والمستقبلية بالقرب من الأرض في الأنظمة متعددة المركبات الفضائية ومتعددة المهمات، في إطار خدمة الأبحاث الفضائية؛

3 بأن تؤخذ في الاعتبار عند تصميم أنظمة الأبحاث الفضائية نطاقات التردد الموزعة لخدمة الأبحاث الفضائية والحدود المقابلة لكثافة تدفق القدرة (pfd) والاستخدام النمطي لنطاقات التردد هذه على النحو الوارد في المرفق بالملحق.

الملحق

الترددات وعروض النطاق المفضلة للسواتل المأهولة وغير المأهولة لخدمة الأبحاث الفضائية بالقرب من الأرض

1 مقدمة

تقدم هذه التوصية معلومات بشأن الترددات وعروض النطاق المفضلة من أجل السواتل المأهولة وغير المأهولة العاملة في خدمة الأبحاث الفضائية (SRS) بالقرب من الأرض. ويستكشف القسم 2 مختلف وظائف اتصالات خدمة الأبحاث الفضائية، بما في ذلك التحكم والقياس عن بُعد والتتبع. ويناقش القسم 3 نطاقات التردد لمهمات خدمة الأبحاث الفضائية، بما في ذلك المتطلبات المتعلقة بالمهمة والمعدات وآثار الانتشار والإشعاع والاعتبارات المتعلقة بأداء الوصلات وتوصيات قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة. ويتضمن القسم 4 جدول نطاقات التردد المفضلة واستعمالاتها وجدول عروض نطاق الوصلات الفردية النمطية واستعمالاتها.

2 وظائف الاتصال والتتبع في خدمة الأبحاث الفضائية ومتطلباتها التقنية

تُعتبر الوظائف الثلاث الأساسية للمركبات الفضائية التي ترد مناقشتها أدناه، وهي التحكم والقياس عن بُعد والتتبع، وظائف خاصة بعمليات الفضاء. وتستخدم مهمات الأبحاث الفضائية نطاقات التردد الموزعة لخدمة الأبحاث الفضائية لتأمين وظائف العمليات الفضائية فضلاً عن بيانات القياس عن بُعد الخاصة بالمهمة ضمن نظام راديوي واحد. ويسمح ذلك بزيادة في كفاءة استعمال طيف الترددات الراديوية، فضلاً عن تخفيف المتطلبات الصارمة للمركبة الفضائية من القدرة والحيز المخصص للمكونات والوزن.

1.2 الوظائف

1.1.2 إرسال الأوامر

تقوم الأوامر بالتحكم بالمركبة الفضائية وتفعيل مختلف الوظائف المتعلقة بالمهمة أو تعديل عمليات المركبة الفضائية أو حمولتها النافعة ومواجهة حالات الشذوذ التشغيلية. وأثناء عمليات الإطلاق، تُسجل معظم الأوامر وتُنقل بواسطة برنامج التتابع المحمول على متن المركبة. وتُرسل الأوامر الموجهة من الأرض إلى الفضاء لتنفيذها في الوقت الفعلي أو قد تُخزن من أجل برمجة تتابعها لاحقاً. وغالباً ما ترسل الأوامر الهامة على مرحلتين، فيعمل الأمر الأول على تشكيل العملية المزمع القيام بها فيما يقوم الأمر الثاني بتنفيذ العملية. ويرتهن تنفيذ العملية بتلقي كلا الأمرين في المجموعة المؤلفة من مرحلتين بنجاح.

2.1.2 إرسالات بيانات القياس عن بُعد الخاصة بالمركبة الفضائية

يقدم النظام الفرعي للقياس عن بُعد في المركبة الفضائية معلومات عن وضع أنظمة المركبة الفضائية وحمولتها النافعة، ويزود محطة أرضية معينة بالبيانات المقيسة الصادرة عن أجهزة قياس المركبة الفضائية. كما يبين هذا النظام وضع استقبال الأوامر وتنفيذها. ويمكن تخزين بيانات القياس عن بُعد من أجل إرسالها في وقت لاحق أو قد يلزم إرسالها في الوقت الفعلي كما هو الحال في عمليات الإطلاق والطوارئ.

3.1.2 إرسالات بيانات القياس عن بُعد الخاصة بالمهمة

يتولى النظام الفرعي للقياس عن بُعد الخاص بالمهمة إرسال البيانات العلمية والتقنية التي تم تجميعها أثناء التجارب إلى الأرض، ونتائج الاستشعار النشيط والمنفعل، والبيانات التي تولّدها المركبة الفضائية والحمولات النافعة مثل المسابير ومركبات الهبوط. وتتطلب كذلك المهمات المأهولة النظام الفرعي للقياس عن بُعد لإرسال بيانات الصوت والفيديو.

4.1.2 التتبع

يعتبر التتبع مطلباً أساسياً لأي مهمة من مهمات الأبحاث الفضائية. فبالإضافة إلى توفير المعلومات الضرورية لتحديد موقع المركبة الفضائية وسرعتها، يعتبر التتبع مطلوباً أيضاً لتقييم أداء الإطلاق والأداء في المدار، وتصويبات المسار، وتحديد التوقيت الدقيق للوظائف الهامة من قبيل إطلاق صواريخ الكبح والتنبؤ برؤية المركبة الفضائية وزوايا تسديد الهوائي التي تتطلبها المركبة الفضائية والمحطات الأرضية.

3 نطاقات التردد الخاصة بمهمات الأبحاث الفضائية

تشمل العوامل التي تحدد مدى ملاءمة ترددات معينة لمهمات الأبحاث الفضائية متطلبات المهمات، وتوافر الأجهزة والتكلفة، وتأثيرات انتشار الموجات الراديوية والإشعاع الناجم عنها، وأداء الوصلات، وتوزيعات التردد القائمة لخدمة الأبحاث الفضائية. وتُستخدم متطلبات المهمات الآخذة في التطور وتأثيراتها المادية في تحديد متطلبات التوزيعات الجديدة لترددات الأبحاث الفضائية.

1.3 المتطلبات المتعلقة بالمهمات

تتطلب مهمات الأبحاث الفضائية أنماطاً مختلفة من البيانات لدعم وظائف التحكم والقياس عن بُعد والتتبّع. وتعتبر بيانات الصوت والفيديو في الوقت الفعلي ضرورية للمهمات المأهولة. ويُعدد إرسال هذه المتطلبات عادة في تردد موجة حاملة وحيدة لتحقيق الكفاءة في استخدام الطيف.

وتسمح توزيعات الترددات العالية عموماً باستعمال عروض نطاق أوسع. وتمكِّن عروض النطاق الأوسع من دعم متطلبات بيانات بمعدلات أعلى واتصالات فيديوية واستخدام مخططات تشفير أكثر تعقيداً من أجل خفض معدلات الخطأ وتخفيف التعرض للتداخل بشكل فعّال.

ويمكن أن يعاد استعمال الترددات بين المركبات الفضائية إذا كانت خصائصها المدارية ومتطلبات الإرسال الخاصة بها على نحو قد يؤدي إلى تجنب مستويات مفرطة من التداخل. ومع ذلك، تحتاج المركبات الفضائية إلى ترددات مختلفة إذا كانت خصائصها المدارية ومتطلبات الإرسال الخاصة بها على نحو قد يؤدي إلى تعرضها لمستويات مفرطة من التداخل.

وتتطلب الدقة في التتبع أن تكون الترددات لإشارات التتبّع أرض–فضاء وفضاء–أرض مترابطة بشكل متسق بواسطة نسبة تحول (ذهاب وإياب) مناسبة. ويتحقق هذا الشرط عن طريق التأكد من أن مدى التباعد بين تردد الوصلة الأمامية وتردد وصلة العودة يتراوح بين 6 و10 في المائة من التردد الأعلى.

وتعتمد نطاقات التردد المخصصة للاستشعار النشط والمنفعل على المعلومات الخاصة التي يتم الحصول عليها فيما يتعلق بخصائص الجسم وبيئة الفضاء، و/أو على الظاهرة المعينة التي تجري دراستها في الفضاء. وتكون نطاقات التردد التي يقع الاختيار عليها هي

تلك التي يحدد علم الفيزياء بأنها الترددات النطاقات المثلى للتحقيقات العلمية. وبدورها فإن عروض النطاقات هي التي تحدد الاستبانة والدقة اللتين يمكن الحصول عليهما.

2.3 المتطلبات المتعلقة بالأجهزة

تؤثر العوامل المتعلقة بالأجهزة التي تعتمد على التردد بشكل مباشر على أداء الوصلة، مثل كسب الهوائي والكفاءة ودقة التسديد، أو لا تؤثر بشكل مباشر على أداء الوصلة ومع ذلك يجب أخذها في الاعتبار لدى اختيار الترددات. وفيما يتعلق بعمليات الإرسال والاستقبال المتزامنة التي تتضمن هوائيات وحيدة، ينبغي فصل نطاقات التردد المتزاوجة من الأرض إلى الفضاء ومن الفضاء إلى الأرض بنسبة 6-7 في المائة من التردد العالي للمهمات القريبة من الأرض وبنسبة 8-20 في المائة من التردد العالي لمهمات الفضاء السحيق.

ويكون حجم هوائي المركبة الفضائية محدوداً بسبب قيود تتعلق بالحيز والوزن، ومدى تطور تكنولوجيا الهوائيات الكبيرة القابلة للنشر، ومقدرة الساتل على توجيه الهوائي بالدقة المطلوبة. ويعتبر مدى الترددات من 100 MHz إلى 1 GHz مناسباً للمركبات الفضائية المزودة بهوائيات واسعة الحزمة أو شاملة الاتجاهات وتتطلب عرض نطاق ضيق وللمحطات الأرضية البسيطة التي تخلو من المرافق اللازمة لتتبع الهوائيات. أما في مدى التردد 1-10 GHz، فإن هوائيات المركبات الفضائية تتميز بكسب يتوافق مع متطلبات ثبات الارتفاع وتوجيه الحزمة. كما يمكن تلبية الشروط المتعلقة بالسطح ودقة التوجيه اللازمة للمحطات الأرضية الكبيرة ضمن هذا المدى الذي يناسب أيضاً أنظمة التتبع الدقيق والاتصالات عريضة النطاق.

وقد يشكل توافر المعدات المؤهلة للعمل في الفضاء عاملاً مقيّداً في استخدام الترددات العالية. وقد تم حالياً تطوير معدات لأبحاث الفضاء بلغت مرحلة كافية من النضج لكي تعمل عند نطاقات التردد 2 GHz و8/7 GHz التي تعتبر أساسية لتأمين وصلات تتحمل ظروف الأحوال الجوية. كما تعتبر هذه المعدات جذّابة ومتوفرة بسهولة للمهمات/المشاريع الصغيرة التي تتطلب بيانات بمعدلات منخفضة وتواجه ضغوطاً في الميزانية. أما المعدات الخاصة بنطاقات التردد 34/32/27 GHz التي توفر ميزة عروض النطاق الأوسع للمركبات الفضائية القريبة من الأرض وتلك الخاصة بالفضاء السحيق فهي آخذة بالتطور والاكتمال.

3.3 تأثيرات الانتشار والإشعاع

تمر وصلات الاتصالات الراديوية القائمة بين المحطات الأرضية وسواتل الأبحاث الفضائية عبر الغلاف الجوي للأرض حيث يؤثر الامتصاص وتهاطل الأمطار والانتشار على انتشار الإشارات الراديوية ويحد من استخدام عدد من نطاقات التردد. فالهواطل، ولا سيّما الأمطار، تتسبب في امتصاص وانتشار الموجات الراديوية الأمر الذي قد ينتج عنه توهين شديد للإشارات. وبالنسبة لجميع معدلات هطول المطر، تتزايد شدة التوهين بسرعة مع تزايد التردد المستخدم حتى 100 GHz تقريباً، وبعد ذلك لا يرتفع معدل التوهين بشكل ملحوظ كدالّة في التردد. وبالنسبة للبلدان التي تقع في مناطق تشهد معدلات أمطار مرتفعة، يعتبر اختيار الترددات المناسبة حاسم الأهمية إذ ما أرادت هذه البلدان أن تحافظ على جودة أداء عالية في ظل ظروف الطقس السيئة.

ويعود الامتصاص الجزيئي بالدرجة الأولى إلى بخار الماء والأكسجين في الجو. وفي حالة انعدام بخار الماء، يمكن للغازات النزرة أن تسهم أيضاً في إحداث توهين كبير عند الترددات التي تزيد على 70 GHz. ويتميز بخار الماء بخطوط امتصاص تتمركز عند الترددات 22,235 GHz و183,3 GHz وحوالي 325 GHz. أما الأكسجين فيتميز بسلسلة من خطوط الامتصاص تمتد من 53,5 إلى 65,2 GHz إضافة إلى خط منعزل يتمركز حول التردد 118,74 GHz. وقد يكون من المستصوب في المستقبل استخدام محطات ترحيل مستقرة بالنسبة إلى الأرض تعمل عند ترددات كتيمة نسبياً لإرسالات الإشارات الراديوية عبر الغلاف الجوي للأرض، مما يحد من التداخل الذي تسببه المحطات الأرضية في محطات الترحيل والمركبة الفضائية.

وتعتبر درجة حرارة ضوضاء السماء كما يلتقطها هوائي المحطة الأرضية دالّة في التردد وزاوية ارتفاع الهوائي والأحوال الجوية. فعند الترددات التي تزيد على 4 GHz تقريباً، يمكن أن تسبب الهواطل زيادة في ضوضاء السماء التي تكون في العادة أكبر بعدة مرات من درجة حرارة ضوضاء جهاز الاستقبال. أما درجة حرارة ضوضاء السماء التي تلتقطها المركبة الفضائية فتحددها بصورة أساسية الأجرام السماوية كالأقمار والكواكب التي تؤمن الخلفية لمعظم مهمات الأبحاث الفضائية. فالشمس، التي تبلغ درجة حرارة إشعاع الجسم الأسود الخاص بها 6 000 K، تعمل على زيادة درجة حرارة ضوضاء النظام إلى حد كبير وبالتالي يتم تجنب الإرسالات

التي تتطلب أن يكون هوائي الاستقبال موجهاً نحو نقطة على الشمس أو على مقربة منها. وتتراوح درجات حرارة إشعاع الجسم الأسود الخاص بالقمر والكواكب من حوالي 50-700 K (درجة حرارة الأرض تساوي 290 K). وفيما يتعلق بالكثير من المهمات القريبة من الأرض، تكون الأرض عموماً ضمن الفص الرئيسي لهوائي المركبة الفضائية أو هوائي ساتل ترحيل البيانات وتسهم في درجة الحرارة الكلية لنظام الاستقبال. أما درجة حرارة ضوضاء النظام لمركبة فضائية نموذجية فتتراوح بين 600 و500 1 K.

وفيما يتعلق بالأبحاث الفضائية، لا يؤخذ طيف الترددات الراديوية التي تقل عن 100 MHz في الاعتبار عموماً لأن التأثيرات الأيونوسفيرية والضوضاء الكونية والاصطناعية تخفّف من استعمال الترددات في هذا النطاق. وفي المدى الذي يتراوح بين 100 MHz و1 GHz، يكون الامتصاص الجوي متدنياً وتأثير الطقس على انتشار الإشارة ضعيفاً جداً. ومع ذلك تكون ضوضاء الخلفية مرتفعة نسبياً وتتزايد على أساس $1/f^2$، وبالتالي فإن استخدام أجهزة الاستقبال المنخفضة الضوضاء لا يوفر تحسناً كبيراً في الأداء ضمن مدى الترددات هذا. وفي مدى الترددات الممتد من 1 إلى 10 GHz فإن تأثيرات الطقس تكون ضئيلة جداً وخاصة عند الحد الأدنى للنطاق مما يسمح باتصالات لا تعتمد أساساً على ظروف الطقس. وتكون كل من ضوضاء المجرّة والضوضاء الجوية متدنية مما يسمح باستخدام أجهزة استقبال منخفضة الضوضاء. أما عند الترددات التي تزيد على 10 GHz وتصل إلى 275 GHz، فإن انتشار الإشارات عبر الغلاف الجوي يكون معرضاً لتوهين كبير ينجم بصورة أساسية عن الهواطل والامتصاص الغازي. ويمكن أن يكون لهذين الظرفين تأثير كبير على مسيرات الاتصالات من الأرض إلى الفضاء.

4.3 أداء الوصلات

تعتبر موثوقية الوصلة شرطاً هاماً لنجاح المهمة. وتقتضي العمليات الحرجة كالإطلاق وعمليات الطوارئ حين يتعذر ضمان توجيه المركبة الفضائية وجود وصلات موثوقة إلى حد كبير. وتتسم الموثوقية بأهمية قصوى لجميع المهمات المأهولة. وتُستخدم توزيعات الترددات لخدمة لأبحاث الفضائية في النطاق 2 GHz لتوفير وصلة موثوقة لمهمات الأبحاث الفضائية لا ترتهن بظروف الطقس وتُستخدم لتنفيذ هذه الوظائف الحاسمة الأهمية.

ويتم تحديد نطاقات التردد التي توفر الأداء الأفضل لوصلات اتصالات الأبحاث الفضائية ووصلات التتبع عند تحليل أداء الوصلات ويعتمد على معلمات انتشار الموجات الراديوية وخصائص التجهيزات. وهناك مؤشر ملائم على أداء الوصلة يتمثل في النسبة بين قدرة الإشارة المستقبَلة وبين نسبة الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء P_r/N_0. وتسهم المنحنيات الإعلامية المستمدة من تحليل أداء الوصلات في تحديد مديات التردد التي توفر الأداء الأمثل لأوضاع المهمة المقترحة. وتعمل الافتراضات المختلفة بشأن مسافة الاتصال وخصائص الهوائي وقدرة جهاز الإرسال على تغيير القيم المطلقة للنسبة P_r/N_0 دون أن تغير شكل المنحنيات. ويعرّف نطاق التردد المفضّل بأنه النطاق الذي يوفر أعلى قيمة للنسبة P_r/N_0 المتعلقة بنظام معين وبمجموعة من ظروف الانتشار.

5.3 التوصيات المتعلقة بتوزيعات التردد في خدمة الأبحاث الفضائية

استُحدثت توزيعات نطاقات التردد المتعلقة بالأبحاث الفضائية أثناء الدورة العادية للمؤتمر الإداري للراديو التي انعقدت عام 1959 في جنيف، حين وضعت توزيعات مؤقتة لعمليات الإرسال بين الأرض وأقمار الأرض الاصطناعية في نطاقي التردد 136-137 MHz و290 2-300 2 MHz. وفي عام 1963، قام المؤتمر الإداري الاستثنائي للراديو بتحصين هذين التوزيعين لأبحاث الفضاء وجعلهما أساسيين ومعادلين لخدمات أخرى وحصريين في الإقليم 2. وفي ذلك الوقت، استدعت التطورات الحاصلة في تكنولوجيا الأبحاث الفضائية والاتصالات والطلب على تلبية المتطلبات المتزايدة للبيانات توزيع نطاقات إضافية تفي بالاحتياجات المتنامية لخدمة الأبحاث الفضائية.

ويمكن الاطلاع على نطاقات التردد المفضلة لخدمة الأبحاث الفضائية في التوصيات التالية لقطاع الاتصالات الراديوية:

- التوصية ITU-R SA.363 – أنظمة التشغيل الفضائي.
- التوصية ITU-R SA.1019 – نطاقات الترددات المفضلة واتجاهات البث بالأنظمة الساتلية لترحيل البيانات.
- التوصية ITU-R SA.1863 – الاتصالات الراديوية المستعملة لأغراض الطوارئ في الرحلات الفضائية المأهولة.

ويقدم المرفق بهذا الملحق جدولاً شاملاً لتوزيعات خدمة الأبحاث الفضائية واستعمالاتها من جانب أنظمة هذه الخدمة والحدود المقابلة لكثافة تدفق القدرة (pfd).

4 نطاقات التردد المفضلة واستعمالاتها من جانب أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية، وعروض نطاق الوصلات الفردية النمطية واستعمالاتها

يمكن الحصول على القدرة القصوى لمعدل البيانات باستعمال نطاقات التردد التي تبلغ فيها النسبة P_r/N_0 الحد الأقصى، مع مراعاة الظروف الجوية والقيود المفروضة على هوائي المحطة الفضائية. ويلخص الجدول 1 نطاقات التردد المفضلة لمختلف التطبيقات. وافتُرضت معدلات أمطار مرتفعة عند تحديد عروض نطاقات التردد المستخدمة في جميع الظروف الجوية لكي تكون النتائج قابلة للتطبيق في جميع أنحاء العالم. وقد تكون نطاقات التردد خارج هذا المدى مناسبة للمناطق ذات معدلات أمطار أقل.

ومديات التردد الفضلى للوصلات فضاء–فضاء هي المديات التي يكون فيها التوهين الجوي مرتفعاً لأن ذلك يزيل عملياً أي مشكلة تداخل من/على خدمات الأرض.

وفوق حوالي 150 GHz، تتعرض الاتصالات العابرة للغلاف الجوي لمستوى عال من توهين الإشارة عندما تكون زاوية الارتفاع منخفضة. ومع ذلك، يمكن النظر في مدى الترددات فوق 150 GHz للوصلات التي تتم من خلال الغلاف الجوي حيث زاوية ارتفاع التشغيل منخفضة.

والهدف من قائمة نطاقات التردد الواردة في الجدول 1 هو تحديد مديات التردد المفضلة من وجهة نظر تقنية. ولا يُقصد بإدراج نطاق تردد في الجدول الإشارة إلى أنه سيكون هناك هامش أو عرض نطاق كاف للوصلة المتوفرة، ولا يعني أن هذه النطاقات قد تم توزيعها. كما أن استبعاد نطاقات أخرى من الجدول لا يمنع بالضرورة عمليات التشغيل في نطاقات التردد هذه التي تحدِّد استعمالاتِها الاعتباراتُ المتعلقة بتقاسم التردد والقيود المفروضة على المعدات الحديثة.

الجدول 1

مديات التردد المفضلة واستعمالاتها

مديات التردد (GHz)	الاتجاه **s-E = فضاء–أرض** **E-s = أرض–فضاء** **s-s = فضاء–فضاء**	التعليقات
2,5-0,1 3,0-0,1	s-E E-s	وصلة في جميع الظروف الجوية، الخيار الأمثل أيضاً في الحالات التي تقتضي إجراء اتصالات أيّاً كان اتجاه المركبة الفضائية.
10-0,1 10-0,1	s-E E-s	وصلة في ظروف الجو الصافي، الخيار الأمثل في الحالات التي تتطلب وجود هوائي ذي عرض حزمة واسع أو ثابت على متن المركبة الفضائية.
6-0,02 6-0,02	s-E E-s	وصلة في جميع الظروف الجوية تُستخدم مع هوائيات توجيهية.
6-0,02 27,5-13,4 36-31	s-s s-s s-s	نطاقات تردد ضرورية لتوفير الاتصالات فضاء–فضاء مع المعدات والتكنولوجيات الفضائية القائمة والمجرَّبة. وضرورية أيضاً لتأمين استمرار الخدمة إلى أن يتبين أن من الممكن عملياً وتقنياً استخدام نطاقات تردد أخرى.

الجدول 1 *(تتمة)*

مديات التردد المفضلة واستعمالاتها

مديات التردد (GHz)	الاتجاه s-E = فضاء–أرض E-s = أرض–فضاء s-s = فضاء–فضاء	التعليقات
26-10	s-E	وصلة في ظروف الجو الصافي، الخيار الأمثل لهوائي عالي أو متوسط الكسب على متن المركبة الفضائية.
23-14	E-s	
36-31	E-s	
41-40	E-s	
36-31	s-E	
38-37	s-E	
84-74	s-E	
100-85	E-s و s-E	
137-127	E-s و s-E	
65-66	s-s	نطاقات تردد تمنح الوصلات فضاء–فضاء حماية قصوى من التداخل الذي تسببه تطبيقات خدمات الأرض في ظروف السماء الصافية، الخيار الأمثل للهوائيات عالية أو متوسطة الكسب في المركبة الفضائية.
117-120	s-s	
178-188	s-s	
318-328	s-s	

* نطاقات تردد محددة لأنظمة خدمة الأبحاث الفضائية يتعين استخدامها وفقاً لتوزيعات هذه الخدمة (انظر المرفق بالملحق).

تتضمن قائمة عروض نطاق الوصلات الفردية النمطية الواردة في الجدول 2 معلومات عن عروض نطاق الوصلات التي يمكن دعمها بالتكنولوجيا الحالية. ولا يُقصد بإدراج عرض نطاق للوصلة في الجدول الإشارة إلى عرض النطاق الذي قد يكون من المطلوب أن تعمل فيه الوصلة الفردية، ولا الحد من أعداد هذه الوصلات التي قد تكون ضرورية لدعم مركبة فضائية أو أنظمة مهمة معينة.

الجدول 2

عروض نطاق الوصلات الفردية النمطية واستعمالاتها

نوع الاستعمال	الاتجاه	عرض النطاق النمطي	التعليقات
التحكم عن بُعد	E-s	kHz 500-10	
الصيانة والقياس عن بُعد	s-E	kHz 500-5	
القياس عن بُعد	s-E (مباشر)	MHz 100-kHz 100	إرسال ساتلي مباشر إلى الأرض
القياس عن بُعد	s-E (ترحيل)	MHz 650-225	وصلة ترحيل ساتلية نحو محطة أرضية، مصدر البيانات ساتل مستعمِل أو أكثر
القياس عن بُعد	s-s	MHz 225-5	وصلة من ساتل مستعمِل إلى ساتل ترحيل
القياس عن بُعد	s-s	GHz 1 <	وصلة من ساتل ترحيل إلى ساتل ترحيل
التتبع	s-E	kHz 500-Hz 500	القياس بالتداخل
التتبع	E-s	MHz 3-1	نظام تحديد المدى ونظام قياس معدل تغيُّر المدى
التتبع	E-s	MHz 10-1	رادار
التتبع	E-s	MHz 6-5	تحديد المدى بمرجعيْن

المرفق بالملحق

الجدول 3

نطاقات التردد الموزعة لخدمة الأبحاث الفضائية والحدود المقابلة لكثافة تدفق القدرة (pfd) على النحو المنصوص عليه في لوائح الراديو (طبعة 2016) واستعمال نطاقات التردد هذه من جانب أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية

نطاقات التردد		الاستعمال SRS = غير محدَّد s-E = فضاء–أرض E-s = أرض–فضاء s-s = فضاء–أفضاء	حدود كثافة تدفق القدرة لزوايا الوصول (θ) فوق المستوى الأفقي (dBW/m²)[1]			عرض النطاق المرجعي
			0º≤θ≤5º	5º<θ≤25º	25º<θ≤90º	
2 502-2 501	kHz	SRS				
5 005-5 003	kHz	SRS				
10 005-10 003	kHz	SRS				
15 010-15 005	kHz	SRS				
18 068-18 052	kHz	SRS				
19 995-19 990	kHz	SRS				
25 010-25 005	kHz	SRS				
30,01-30,005	MHz	SRS				
40,02-39,986	MHz	SRS				
41,015-40,98	MHz	SRS				
138-137	MHz	s-E				
143,6-138	MHz	s-E				
143,65-143,6	MHz	s-E				
144-143,65	MHz	s-E				
401-400,15	MHz	s-E				
420-410	MHz	s-s				
1 300-1 215	MHz	استشعار نشط				
2 110-2 025	MHz	E-s، s-s	154–	–154 + 0,5 (θ - 5)	144–	kHz 4
2 290-2 200	MHz	s-E، s-s	154–	–154 + 0,5 (θ - 5)	144–	kHz 4
3 300-3 100	MHz	استشعار نشط				
5 570-5 250	MHz	SRS				
7 235-7 190	MHz	E-s				
8 500-8 450	MHz	s-E	150–	–150 + 0,5 (θ - 5)	140–	kHz 4
8 650-8 550	MHz	استشعار نشط				
9 800-9 300	MHz	استشعار نشط				
9 900-9 800	MHz	استشعار نشط				
13,4-13,25	GHz	استشعار نشط				
14,3-13,4	GHz	استشعار نشط				
14,47-14,4	GHz	s-E				
15,35-14,5	GHz	SRS				
17,3-17,2	GHz	استشعار نشط				
23,55-22,55	GHz	s-s	115–	–115 + 0,5 (θ - 5)	105–	MHz 1
23,15-22,55	GHz	E-s				

الجدول 3 (*تتمة*)

نطاقات التردد		الاستعمال SRS = غير محدَّد s-E = فضاء–أرض E-s = أرض–فضاء s-s = فضاء–أفضاء	حدود كثافة تدفق القدرة لزوايا الوصول (θ) فوق المستوى الأفقي (dBW/m²)[1]			عرض النطاق المرجعي
			0º≤θ≤5º	5º<θ≤25º	25º<θ≤90˚	
GHz	27,5-25,25	s-s	115–	–115 + 0,5 (θ - 5)	105–	MHz 1
GHz	27-25,5	s-E	115–	–115 + 0,5 (θ - 5)	105–	MHz 1
GHz	31,3-31	SRS	115–	–115 + 0,5 (θ - 5)	105–	MHz 1
GHz	35,2-34,7	SRS	115–	–115 + 0,5 (θ - 5)	105–	MHz 1
GHz	36-35,5	استشعار نشط				
GHz	38-37	s-E، غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض	120–	–120 + 0,75 (θ - 5)	105–	MHz 1
GHz	38-37	s-E، مستقرة بالنسبة إلى الأرض	125–	–125 + (θ - 5)	105–	MHz 1
GHz	40,5-40	E-s				
GHz	66-65	SRS				
GHz	84-74	s-E				
GHz	94,1-94	استشعار نشط				

[1] الخلية الشاغرة تعني أن القيمة غير متاحة.