|  |  |
| --- | --- |
| **جمعية الاتصالات الراديوية (RA‑15)**  **جنيف، 30-26 أكتوبر 2015** |  |
| **الاتحــــاد الـدولــــي للاتصــــالات** |  |
|  |  |
| الجلسة العامة | الإضافة 3 للوثيقة RA15/PLEN/34-A |
|  | 13 أكتوبر 2015 |
|  | الأصل: بالإنكليزية |
|  | |
| المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات | |
| مشروع ال‍مسألة ال‍جديدة ITU-R [EUR/VISIBLE LIGHT] | |
| دراسة خصائص الاتصالات بالضوء المرئي أو الاتصالات البصرية من أجل الاتصالات عريضة النطاق | |

# 1 مقدمة

ينص الرقم 78 من المادة 12 من دستور الاتحاد الدولي للاتصالات على أن وظيفة قطاع الاتصالات الراديوية تتضمن "...إجراء دراسات من دون تحديد لمدى الترددات، واعتماد توصيات".

ويمثل تطور التكنولوجيا، وخاصة تطور التكنولوجيا الرقمية، عملية جارية ومستمرة، وتفتح أيضاً سبلاً جديدة للاتصالات. ولعل الاتصالات البصرية تقدم بوجه خاص فرصة إضافية لتلبية الطلب المتزايد على اتصالات (البيانات).

وصارت هذه المسألة تستأثر باهتمام كبير مؤخراً، ليس من مجرد الناحية العلمية كما في الجامعات، بل إن عدداً من الشركات أيضاً يبدي اهتماماً متزايداً في هذه المسألة. ويتمثل الهدف الأول في استقصاء ماهية الظروف التي يمكن فيها للاتصالات البصرية، المعدة للاستخدام في الأماكن المغلقة وعبر مسافات قصيرة نسبياً، أن تيسر الطلب المتزايد على اتصالات (البيانات) عريضة النطاق.

وليست الاتصالات البصرية مسألة جديدة على الاتحاد الدولي للاتصالات، فقد أسفرت دراسات سابقة عن عدة توصيات وتقارير بشأن مختلف تطبيقات الوصلات البصرية. ولم ترد معلومات تشير إلى ما يدعو للقلق بشأن التداخل بين الأنظمة البصرية.

وحتى الآن، لا تشير الوثائق التي تتعلق بهذه المسألة والتي أُعدت ضمن قطاع الاتصالات الراديوية إلى الاتصالات "البصرية"، نظراً لتعذر التوصل إلى اتفاق على تعريف "البصرية" فيما مضى. إذ إن "البصرية" = "المرئية". في بعض الأوساط. وفي أوساط أخرى، "البصرية" = "المرئية + المجال القريب من الأشعة تحت الحمراء". وقد جرت محاولات لاستحداث مصطلحات جديدة مثل "الاتصالات الفوتونية" أو "الاتصالات الضوئية" لكن هذا النقاش لم يؤد إلى فهم مشترك أيضاً. وفي النهاية، يُستخدم العديد من المصطلحات الراديوية للتكنولوجيا البصرية. ولذلك، فإن التوصيات تتحدث عن الترددات في مجال 283 THz.

ويُلحَق بهذه الوثيقة (الملحق 1) ملخص للدراسات التقنية والتشغيلية التي اضطُلع بها حتى الآن وتوصيات قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة بهذه المسألة ، وكذلك لمحة عامة عن الوثائق التي وضعت ضمن قطاع الاتصالات الراديوية حتى الآن (الملحق 2).

# 2 الدراسات السابقة عن الوصلات البصرية في الفضاء الحر

أجريت الدراسات سابقاً بناء على قرار المؤتمر WRC-07 بشأن أنظمة الاتصالات البصرية في الفضاء الحر العاملة في اتجاهات أرض-فضاء وفضاء-أرض وفضاء-فضاء للاتصالات عبر مسافات طويلة.

وسعت هذه الدراسات إلى تحديد ما إذا كانت الضرورة تقتضي تكييف لوائح الراديو، لأن جزءاً من الطيف الذي تستخدمه هذه الوصلات يقع خارج جدول الترددات الحالي في المادة 5 من لوائح الراديو. ودعا قرار المؤتمر WRC‑07 لإجراء دراسات بشأن جوانب التقاسم مع الخدمات الأخرى، وإجراء تحديد واضح لحدود النطاق والنظر في التدابير التي يتعيَّن بحثها إذا اعتُبرت التوزيعات لمختلف الخدمات الواردة في لوائح الراديو فوق GHz 3 000 ممكنة التحقيق عملياً. وأجري عدد من الدراسات، وفي المؤتمر WRC‑12، خُلص إلى أن استيعاب هذه التطبيقات لا يستلزم إدخال أي تغييرات على لوائح الراديو.

# 3 الوضع الراهن

قُدم مؤخراً بيان عملي لمعدلات بيانات تزيد عن 10 Gb/s في اتصالات الضوء المرئي (VLC) المحتملة لثنائيات المساري ذات الانبعاث الضوئي (LEDs). بيد أن ثنائيات المساري الليزرية (LDs) يمكن اعتبارها بديلاً واعداً أفضل بعد لتحسين استخدام طيف الضوء المرئي لأغراض الاتصالات. ويستقصي هذا العمل قدرات الاتصالات لثنائيات المساري الليزرية الجاهزة في عدد من السيناريوهات ذات القيود في الإنارة. وتشير النتائج إلى إمكانية تحقيق معدلات بيانات نفاذ لاسلكية بصرية تزيد عن 100 Gb/s في مستويات الإنارة المعيارية في الأماكن المغلقة.

# 4 المقترح

تلاحظ أوروبا أن "الاتصالات البصرية" تعمل في الجزء غير المنظم من الطيف الترددي، وبالتالي فهي لا تحتاج إلى توزيع في لوائح الراديو. وتلاحظ أوروبا كذلك أن مسألة الإمكانيات الجديدة لاستخدام النطاق العريض تتطلب مزيداً من الدراسة ضمن الاتحاد الدولي للاتصالات، وبالتالي، فهي تقترح أن تعتمد جمعية الاتصالات الراديوية مسألة جديدة بقطاع الاتصالات الراديوية لدراسة خصائص الاتصالات بالضوء المرئي أو الاتصالات البصرية من أجل الاتصالات عريضة النطاق.

مشروع المسألة الجديدة ITU-R [EUR/VISIBLE LIGHT]

دراسة خصائص الاتصالات بالضوء المرئي أو الاتصالات البصرية  
من أجل الاتصالات عريضة النطاق

(2015)

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

*أ )* أن تطور التكنولوجيا عملية جارية تفتح أيضاً سبلاً جديدة لاستخدام الطيف؛

*ب)* أن استخدام الضوء المرئي للاتصالات يسترعي حالياً اهتماماً متجدداً؛

*ج)* أن اتصالات الضوء المرئي تعمل في الجزء غير المنظم من الطيف الترددي، وبالتالي لا تتطلب توزيعاً في لوائح الراديو؛

*د )* أن موضوع إمكانيات استخدام النطاق العريض عبر الضوء المرئي يتطلب مزيداً من الدراسة داخل الاتحاد،

تقـرر أن تخضع المسائل التالية للدراسة

1 ما هي الخصائص المميزة ومكاسب الكفاءة لاستخدام الضوء المرئي للاتصالات عريضة النطاق من حيث استخدامها للطيف؟

2 ما هي الأهداف العامة واحتياجات المستخدم في تطوير الاتصالات عريضة النطاق عبر مسافة قصيرة في مجال الضوء المرئي من الطيف؟

3 ما هي التطبيقات الجديدة المرتبطة بالضوء المرئي المستخدَم للاتصالات عريضة النطاق؟

4 ما هي الخصائص التقنية والتشغيلية اللازمة لمواصلة تطوير الاتصالات بالضوء المرئي؟

5 ما الذي يمكن تعلمه من النتائج المستقاة من مجالات أخرى، مثل صناعة الفضاء والسواتل، عند النظر في الاتصالات البصرية؟

تقرر كذلك

1 إدراج نتائج الدراسات المذكورة أعلاه في تقرير و/أو توصية أو أكثر؛

2 ضرورة إنجاز الدراسات أعلاه بحلول عام 2019.

الملحق 1

تحليل نتائج الدراسات التي أجريت ضمن الاتحاد الدولي للاتصالات [[1]](#footnote-1)

فيما يلي ملخص النتائج ذات الصلة للدراسات التي أجريت.

يتأثر أداء المحطات الأرضية العاملة مع سواتل في الترددات فوق THz 30 تأثراً شديداً بالجو. وتشمل اعتبارات الانتشار الامتصاص الجوي وانتشار رايلي (Rayleigh) ومي (Mie) والانكسارات والاضطرابات. ولتجنّب الخسائر في الجو إلى أبعد حد ممكن، يتم اختيار أفضل المواقع للمحطات الأرضية عادة على ارتفاعات كبيرة تبلغ عادة 2 كيلومتر على الأقل عن مستوى سطح البحر. كما أنه من الصعب المحافظة على وصلة بصرية للاتصالات مع محطة أرضية تعمل بزاوية ارتفاع تقل عن °40، وذلك بسبب الآثار الجوية في الزوايا الأكثر انخفاضاً.

كما أن ظواهر الامتصاص الجوي والانتثار والاضطراب هي بدورها ذات أهمية بالغة بالنسبة إلى الأنظمة البصرية للأرض في الفضاء الحر. وقد تعمل هذه الأنظمة أيضاً بدرجة من الانحطاط في الضباب والمطر والثلج.

والأنظمة البصرية للاتصالات في الفضاء الحر العاملة في اتجاهات أرض-فضاء وفضاء-أرض وفضاء-فضاء تتجسد جميعها في حزم ضيقة جداً. وتُستعمل أوسع مجالات النظر بين مركبات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في أسلوب الحيازة، لكنها لا تتعدى حتى الآن μradian 700 (°0,04) ويقتصر عادة مجال رؤيتها إلى ما يقارب (°0,0006) μradian 10 للاتصال العادي. ويجوز إهمال الطاقة غير المطلوبة الناتجة في الفصوص الجانبية لمخطط إشعاع هوائي الاستقبال عند إجراء دراسات التداخل. كما أن عروض حزم الإرسال العادية تقارب أيضاً μradian 10.

وستكون التوصيلات لا سلكية عريضة النطاق بالألياف البصرية والوصلات البصرية في الفضاء الحر مستقبلاً أنظمة واعدة لتوفير شبكات خط البصر من نقطة إلى نقطة. وفيما يتعلق بالتطبيقات الأرضية، فإن قيم التباعد بين حزمة إشارات الإرسال ومجال رؤية المستقبِل تقدّر عادة ببضعة أجزاء من الألف من الراديان أو أقل. لكن في حالة الحيازة الأولية للمطراف المستهدف، غالباً ما يستعمل للتطبيقات الأرضية مزيج من منار بقدرة أكثر ارتفاعاً وتباعد حزمة أكبر ومحساس حيازة حساس مع مجال رؤية واسع مثل محساس صورة CCD (جهاز اقتران الشحنات). وتنتشر الوصلات البصرية للأرض في الفضاء الحر في أي زمان ومكان. ويفترض اليوم أن لا حاجة للتنسيق من أجل تفادي التداخل بين هذه الوصلات التي يشغلها مشغلون مختلفون. ويمكن نظرياً أن يحدث تداخل بين وصلات بصرية في الفضاء الحر. غير أن التداخل لا تكون له آثار ضارة إلا إذا عملت وصلتان في بيئة جغرافية محدودة جداً.

وهنالك العديد من التلسكوبات في العالم قادرة على إجراء عمليات رصد فلكية في نطاقات الترددات THz، وعددها دائماً في اطّراد. وعلى الرغم من أن "حزم الهوائي" ضيقة كل على حدة، بحيث يتضاءل احتمال الاقتران بين الحزم، لكن معظم هذه التلسكوبات مصورات ذات صفيف بيكسلات كثيرة في البؤرة "ترى" جماعياً فسحة من السماء يمكن أن تشكل جزءاً كبيراً من درجة العرض. ونظراً لأن تلسكوبات الرصد في الترددات فوق THz 100 تقوم على مواقع معزولة وعالية الارتفاع، فلا يوجد في العالم إلا بضعة أمكنة مناسبة بعيدة عادة عن التجمّعات السكانية (باستثناء مونا كيا في الولايات المتحدة الأمريكية). لذا فإنه من الممكن تجنّب الإرسال باتجاه هذه المواقع. ويمكن استعمال نوافذ منخفضة التوهين في الجو للخدمات النشطة والخدمات المنفعلة على حد سواء شريطة أن يكون التباعد المكاني كافياً.

وتقدم أجهزة الاستشعار النشيطة والمنفعلة التي تستعمل طيف ترددات أعلى من GHz 3 000 الخصائص التقنية والتشغيلية الأكثر تنوعاً لأي تكنولوجيا يجري دراستها من خلال الحساسيات ومجالات الرؤية المتغيّرة بتغيّر الاتساع. وتتخذ أجهزة الاستشعار النشيطة شكل أجهزة كشف الضوء وقياس (LIDAR) التي تستعملها خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) وتطبيقات للأرض من نوع مساعدات الأرصاد الجوية. ومجالات رؤية عروض الحزم والمستقبِلات لتطبيقات الأرض أوسع من مجالات رؤية أجهزة الاستشعار النشيطة للفضاء، لكنها لا تتجاوز بضعة أجزاء من الألف من الراديان. كما تجري أنظمة مساعدات الأرصاد الجوية للأرض أيضاً قياسات نشيطة من خلال إرسال إشارات نبضية من مصدر ثابت. وتتحدد الظروف الجوية بدراسة خصائص الإشارات التي تصل إلى الطرف الآخر من المسير. ومن أجل تخفيف آثار الطاقة الصادرة من مصادر أخرى إلى أبعد حد، توضع مرشحات التداخل الكهرمغنطيسي (EMI) في مستقبِلات هذه الأنواع من الأنظمة.

وتجمع الأنظمة المنفعلة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية المعلومات المتعلقة بخصائص الأرض وظواهرها الطبيعية، بما في ذلك بيانات عن حالة البيئة. ويمكن تواجد الأجهزة العاملة فوق التردد GHz 3 000 في حوالي نصف إجمالي المركبات الفضائية العاملة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS). ويتوقع إطلاق حوالي من واحد إلى ثلاثة أنظمة EESS (خدمة استكشاف الأرض الساتلية) جديدة تستعمل ترددات فوق GHz 3 000 كل عام في المستقبل المنظور مع أجهزة إضافية تنشر مؤقتاً في مكونات فضائية ومحطة الفضاء الدولية. وغالبية أنظمة خدمة استكشاف الأرض الساتلية تستعمل مدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض ومنها جزء كبير في مدارات متزامنة مع الشمس. ويتميز كل نظام EESS (خدمة استكشاف الأرض الساتلية) بخصائص تقنية فريدة ومتطلبات تشغيل تؤثر مباشرة على حساسية الأجهزة. وتتغير متطلبات الحساسية أيضاً بتغيّر الإضاءة الشمسية وموضع القياس وحتى بعمر الجهاز. وكما هو الحال بالنسبة إلى الأجهزة المنفعلة لمساعدات الأرصاد الجوية، تقوم هذه المتطلبات بقياسات مثل كشف بزوغ الشمس وإضاءة السماء. وتستعمل كل منهما أجهزة استشعار يجوز تعريضها لضوء الشمس المباشر.

وبإيجاز، وبما أن عرض حزم المرسلات المستعملة في وصلات الفضاء الحر القريبة من الأشعة تحت الحمراء ضيقة للغاية، وأن مرسلات الأرض لا تسبب تداخلاً إلا على مسافات قصيرة جداً، فإن حالات التداخل الأرضي ستكون نادرة للغاية وسهلة الحل محلياً. وعلاوة على ذلك، سيكون التداخل فيما بين وصلات السواتل نادراً أيضاً بسبب عرض الحزم الضيّق والموجّه، فضلاً عن اتساع الفضاء.

ولا دليل حتى الآن أظهر أن التداخل بين الأنظمة البصرية في الفضاء الحر أمر يدعو للقلق. وتوصيات قطاع الاتصالات الراديوية وتقاريره الحالية تعالج بصورة كافية الوصلات البصرية في الفضاء الحر. كما لم تتحدد أي إجراءات ممكنة يمكن اتخاذها حيال هذه الوصلات.

الملحق 2

ملخص للدراسات التقنية والتشغيلية  
وتوصيات قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة

**ITU‑R P.1621 - بيانات الانتشار المطلوبة لتصميم الأنظمة باتجاه أرض-فضاء العاملة بين THz 20 وTHz 375**

تتضمن هذه التوصية بيانات الانتشار بشأن إمكانية استخدام الطيف بين THz 20 وTHz 375 للاتصالات في البيئة القريبة من الأرض وبيئة الفضاء السحيق.

وهي توصي باعتماد أساليب التنبؤ بمعلمات الانتشار الواردة في الملحق بالتوصية للتخطيط لأنظمة أرض‑فضاء، في مديات الصلاحية المقابلة المحددة في الملحق.

**ITU‑R P.1622 - طرائق التنبؤ المطلوبة لتصميم الأنظمة أرض-فضاء العاملة بين THz 20 وTHz 375**

تتضمن هذه التوصية أساليب التنبؤ اللازمة للتخطيط السليم لأنظمة أرض-فضاء التي تعمل بين THz 20 وTHz 375 لبعض الاتصالات القائمة في الفضاء في البيئة القريبة من الأرض وبيئة الفضاء السحيق.

وهي توصي باستخدام أساليب التنبؤ بالمؤثرات على النظام المتعلقة بالانتشار الواردة في الملحق بالتوصية للتخطيط لأنظمة أرض‑فضاء، في مديات الصلاحية المقابلة المحددة في الملحقات بالتوصية.

**ITU‑R S.1590 - الخصائص التقنية والتشغيلية للسواتل العاملة في المدى THz 375-20**

تتضمن هذه التوصية معلومات عن الخصائص التقنية والتشغيلية للسواتل العاملة في المدى 20 -THz 375.

وهي توصي بأن تراعي دراساتُ التقاسم للسواتل العاملة في المدى 20-THz 375 المعلمات التقنية والتشغيلية المعروضة في الملحق بالتوصية.

**ITU‑R RA.1630 - الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة علم الفلك القائمة على سطح الأرض للاستخدام في دراسات التقاسم مع الخدمات النشيطة بين THz 10 وTHz 1 000**

تتضمن هذه التوصية معلومات عن الخصائص التقنية والتشغيلية لمحطات علم الفلك المرابطة في الأرض لاستخدامها في دراسات التقاسم مع الخدمة النشيطة بين THz 10 وTHz 1000.

وهي توصي بأن يأخذ علماء الفلك في الاعتبار إمكانية التداخل من المرسلات العاملة بين THz 10 وTHz 1000 في معرض اختيارهم مواقع المرصد وتصميم الأجهزة. وهي توصي، علاوة على ذلك، بأن يزود علماء الفلك لجان الدراسات المناسبة في قطاع الاتصالات الراديوية بمعلومات عن أحدث التطورات التكنولوجية في الأرصاد الفلكية المرابطة في الأرض في النطاقات المشار إليها، وبأن تراعي الدراسات بشأن التداخل على أنظمة علم الفلك العاملة في النطاقات المشار إليها المعلمات التقنية والتشغيلية الواردة في الملحقات بالتوصية.

**ITU‑R SA.1742 - الخصائص التقنية والتشغيلية للأنظمة الكوكبية وأنظمة الفضاء البعيد والتي تعمل في الاتجاه فضاء‑أرض حوالي THz 283**

تحدد هذه التوصية المعلمات التقنية (خصائص الترددات والوصلات والإشارات والبيانات ومعلمات الهوائي، وما إلى ذلك). والخصائص التشغيلية للأنظمة الكوكبية وأنظمة الفضاء السحيق والتي تعمل في الاتجاه فضاء-أرض حوالي THz 283 والتي يمكن أن تُستخدم في دراسات التقاسم.

**ITU-R SA.1805 - الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة الاتصالات فضاء-فضاء العاملة في جوار THz 354 وTHz 366**

تحدد هذه التوصية المعلمات التقنية (الترددات واتجاه الوصلات وخصائص الإشارات والبيانات ومعلمات الهوائي وغيرها) والخصائص التشغيلية لأنظمة الاتصالات التي تعمل في الاتجاه فضاء‑فضاء حوالي الترددين THz 354 وTHz 366 والتي يمكن أن تستخدم في دراسات التقاسم.

**ITU‑R SA.1744 - الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة مساعدة الأرصاد الجوية القائمة على الأرض والتي تعمل في مدى التردد THz 750-272**

تعرض هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة مساعدة الأرصاد الجوية المعهودة التي تعمل في مدى التردد البصري THz 750-272.

وهي توصي بأن يأخذ مشغلو أنظمة مساعدة الأرصاد الجوية التي تعمل في مدى التردد البصري في الحسبان، عند اختيارهم مواقع المراصد وتصميمهم للمحاسيس احتمال حدوث تداخل من مرسلات بصرية أخرى. وتوصي كذلك بأن تراعي الدراسات المتعلقة بالتداخل على ومن الأنظمة البصرية الخاصة بمساعدة الأرصاد الجوية، المعلمات التقنية والتشغيلية الواردة في الملحق بالتوصية.

**التوصيات والتقارير الأخرى ذات الصلة الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية: التوصيات ITU‑R P.1814 و ITU‑R P.1817 و ITU‑R RS.1804 والتقريران ITU‑R F.2106 وITU‑R RA.2163**

يمكن الاستنتاج أن هذه الدراسات لا تشير إلى استخدام الاتصالات البصرية للاتصالات عريضة النطاق.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. المصدر: تقرير الاجتماع التحضيري للمؤتمر إلى المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2012 بشأن البند 6.1 من جدول الأعمال – الجزء من هذا البند المتعلق "بالنظر في الإجراءات الممكنة بشأن الوصلات البصرية في الفضاء الحر، مع مراعاة نتائج دراسات قطاع الاتصالات الراديوية، وفقاً للقرار 955 (WRC‑07)". [↑](#footnote-ref-1)