

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R F.1891
(2011/05)

ما يتعين استخدامه في دراسات التشارك
من الخصائص التقنية والتشغيلية لوصلات
البوابة في الخدمة الثابتة التي تستعمل
محطات منصات عالية الارتفاع
في النطاق 7 075-5 850 MHz

السلسلة F
الخدمة الثابتة

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 مدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجميعيات 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 الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات 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>)

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

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

النشر الإلكتروني

جنيف، 2011

© ITU 2011

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 F.1891*

ما يتعين استخدامه في دراسات التشارك من الخصائص التقنية والتشغيلية
لوصلات البوابة في الخدمة الثابتة التي تستعمل محطات منصات
عالية الارتفاع في النطاق MHz 7 075-5 850

(2011)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية لوصلات البوابة ضمن الخدمة الثابتة (FS) في محطات منصات عالية الارتفاع (HAPS) في النطاق MHz 7 075-5 850. ومن المزمع تزويد الإدارات بمعلومات عن وصلات البوابة لمحطات المنصات عالية الارتفاع لاستعمالها في دراسات التشارك مع الأنماط التقليدية لأنظمة الخدمة الثابتة ومع أنظمة الخدمات الأخرى وشبكاتها في النطاق الأعلى والنطاقات المجاورة. كما يمكن الحصول على معلومات عن العلاقة بين وصلات البوابة ووصلات المستخدم من هذا النص.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

(أ) أن مؤتمر الاتصالات الراديوية لعام 2007 (WRC-07) استحسن زيادة المرونة في اختيار طيف عمليات البوابات دعماً لشبكات محطات منصات عالية الارتفاع (HAPS)؛

(ب) أن مؤتمر الاتصالات الراديوية لعام 2007 طلب إجراء دراسات للنظر في تحديد الطيف لوصلات البوابة في محطات منصات عالية الارتفاع (HAPS) في المدى MHz 7 075-5 850؛

(ج) أن وصلات البوابة في محطات منصات عالية الارتفاع (HAPS) يمكن أن تُستخدم لدعم العمليات في الخدمات الثابتة والمتنقلة؛

(د) أن وصلات البوابة في محطات منصات عالية الارتفاع (HAPS) في هذا النطاق ستحتاج للتشارك مع الأنظمة العاملة في الخدمات الثابتة والمتنقلة والثابتة الساتلية، وربما يكون لها تأثير على الخدمات المنفصلة مثل خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) وعلم الفلك الراديوي؛

(هـ) أن وصلات البوابة في نظام محطات منصات عالية الارتفاع (HAPS) من شأنها أن تكون محدودة العدد وبحاجة لاستخدام هوائيات عالية الأداء وقدرات إرسال أعلى مقارنةً مع وصلات المستخدم مما يتيح استخدام أساليب تشكيل أعلى مرتبةً وتشفيراً أعقد؛

(و) أن الكفاءة الطيفية لوصلات البوابة في محطات منصات عالية الارتفاع (HAPS) أفضل منها لوصلات المستخدم، بناءً على ما جاء في فقرة 4.1.1 (ب) من قرار (WRC-07)؛

(ز) أن الخصائص التقنية والتشغيلية لوصلات البوابة في محطات منصات عالية الارتفاع (HAPS) ضمن الخدمة الثابتة (FS) لازمة لإجراء دراسات تشارك مع أنواع أخرى من أنظمة الخدمة الثابتة ومع أنظمة الخدمات الأخرى وشبكاتها في النطاق MHz 7 075-5 850، وكذلك لاحتساب البث خارج النطاق من أو إلى الخدمات في نطاقات قريبة أو مجاورة،

* أعدت هذه التوصية دعماً للبند 20.1 في جدول أعمال مؤتمر الاتصالات الراديوية لعام 2012 (WRC-12). وفي حال عدم تحديد المؤتمر طيفاً لوصلات بوابات في محطات منصات عالية الارتفاع، ستلغى هذه التوصية.

وإذ تدرك

أ) أن القرار (Rev.WRC-07) 734 استحسن التوفر الكافي لوصلات البوابة لتخدم عمليات محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)؛

ب) أن القرار (Rev.WRC-07) 734 قرر أيضاً دعوة قطاع الاتصالات الراديوية إلى التوسع في دراسات التشارك بغية تحديد قناتين عرض كل منهما 80 MHz لوصلات البوابة من أجل محطات المنصات عالية الارتفاع في المدى 7 075-5 850 MHz في النطاقات الموزعة على الخدمة الثابتة، والعمل في الحين ذاته على ضمان حماية الخدمات القائمة،

توصي

1 باستخدام الخصائص التقنية والتشغيلية لوصلات البوابة في محطات منصات عالية الارتفاع (HAPS) كما ترد في الملحق 1 بهذه التوصية لدى تحليل جدوى التشارك في وصلات البوابة في محطات منصات عالية الارتفاع في المدى الترددي 7 075-5 850 MHz.

الملحق 1

الخصائص التقنية والتشغيلية لوصلات البوابة في محطات منصات عالية الارتفاع (HAPS) ضمن الخدمة الثابتة (FS) العاملة في النطاق 7 075-5 850 MHz

1 مقدمة

إن الخصائص التقنية والتشغيلية لنظام محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) الذي يرد وصفها فيما يلي تقوم على تصميم عام قابل للتحقيق لحمولة هذه المحطات، وللمنصة والشبكة الستراتوسفيرية.

2 استقرار المنصة في محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)

تحقق محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) استقرار حركتها نسبةً إلى الأرض من خلال الطيران المتحكم فيه عبر تيار هوائي منخفض الكثافة متدفق باطراد وخالٍ من المطبات وموجود على ارتفاعات ستراتوسفيرية معينة. وتعمل محطات HAPS في موقع ثابت اسمياً في طبقة الستراتوسفير على ارتفاع يتراوح بين 20 و 25 km. وإذ يجتمع التيار الهوائي لمتدفق بسلاسة نسبياً مع التصاميم الراقية من حيث الدفع الآلي والحراك الهوائي والحراري، تتوفر رحلة مستقرة مضبوطة تؤدي إلى دقة الاحتفاظ بالموضع وإلى حد أدنى من الدوران (التمور، التمايل، التعرج) المحوري. وتسيطر أنظمة الدفع والتحكم في المنصة سيطرة جيدة على معدل التغير في سرعة الرياح الستراتوسفيرية للحفاظ على ما يرام من موضع ووجهة. ويمكن تحقيق نفس مستويات الاستقرار والحفاظ على الارتفاع والموضع من خلال منصات أثقل من الهواء (HTA) وأخف من الهواء (LTA).

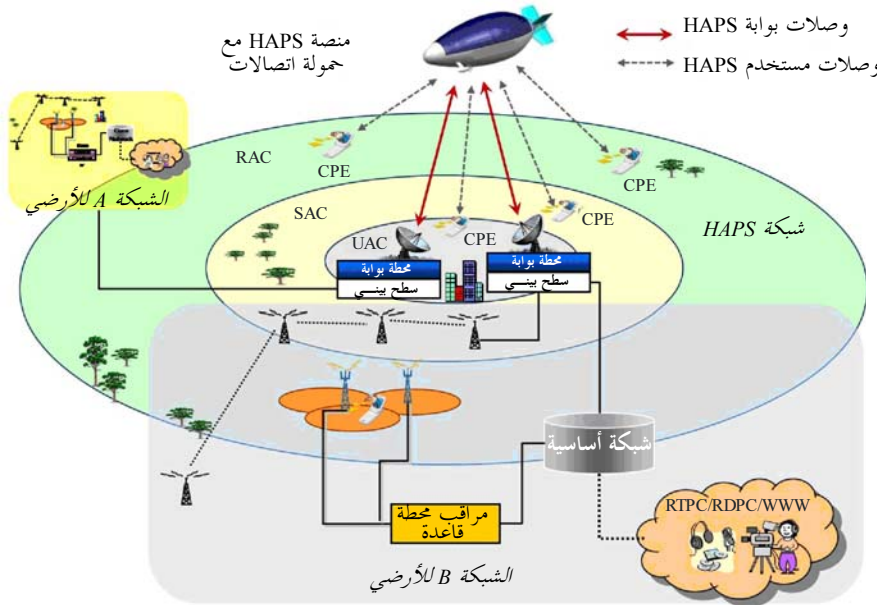
وعادةً ما تحافظ محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) على موضعها بحدود 0,5 km ويقل التغير في وجهتها عن 1/2°/h وتقل تغيرات الارتفاع عن 45 m/h بدون أي دوران محوري عملياً. وبالإضافة إلى ذلك، فإن تطبيق هوائيات تشكيل الحزمة القابلة للتوجيه إلكترونياً على المنصات ومحطاتها الأرضية سيضيف المزيد من الاتجاهية والانتقائية والفعالية إلى وصلات البوابة وسيجيد بسهولة أي تحرك طفيف للمنصة.

3 معمارية شبكة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)

إن محطات المنصات عالية الارتفاع قادرة على حمل حمولات كبيرة متنوعة من الاتصالات التي يمكن أن توفر خدمات النطاق العريض ذات السعة العالية للمستخدمين النهائيين. وتظهر في الشكل 1 معمارية شبكة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)، ويرد وصف لها بمزيد من التفصيل في هذه الفقرة والفقرات الأخرى التالية. وهناك نوعان من الوصلات بين الحمولة والمعدات الأرضية: وصلات البوابة ووصلات المستخدم. ويقتصر وصف هذا النص على الخصائص التقنية والتشغيلية لوصلات البوابة في محطات المنصات عالية الارتفاع التي يُعتمز تشغيلها في النطاق 7 075-5 850 MHz.

الشكل 1

تشكيلة شبكة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) بما فيها وصلات البوابة ووصلات المستخدم



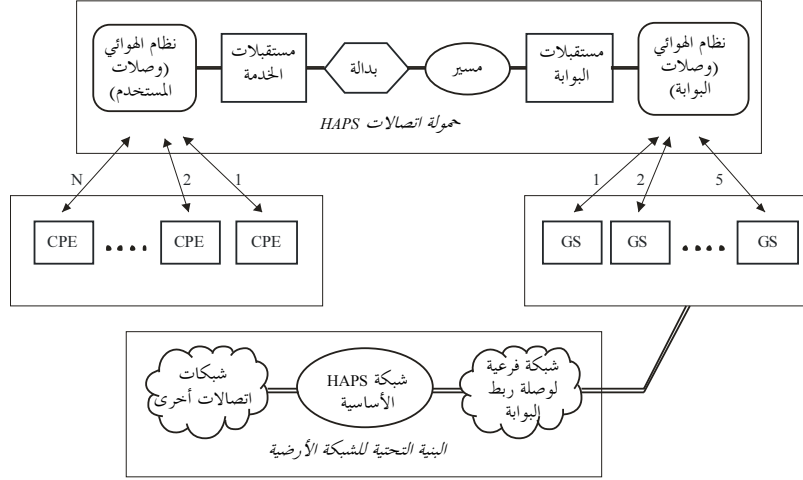
F.1891-01

في وصلات المستخدم، يجري الاتصال بين المنصة ومباني معدات العميل (CPE) على الأرض في ترتيب خلوي يسمح بقدر كبير من معاودة استخدام الترددات. وتوصف مباني معدات العميل على أنها موجودة ضمن واحدة من ثلاث مناطق تغطية: حضرية وفي الضواحي وريفية (UAC و SAC و RAC، على التوالي)¹. ويمكن لمحطات المنصات عالية الارتفاع في مباني معدات العميل (HAPS CPE) أن تقيم الاتصال مع الحمولة على منصة HAPS مباشرة ويتم تبديل الاتصالات بين هذه المحطات من خلال حمولة تحوي بدالة كبيرة عبر وصلات المستخدم. وتُنقل الإشارة المرسلة من محطات المنصات عالية الارتفاع في مباني معدات العميل إلى قسم الاستقبال في حمولة منصة HAPS. وتحدد البدالة الموجودة في الحمولة خلية وصل الإشارة. ثم تُنقل الإشارة إلى الخلية التي توجد فيها المحطة الأخرى التي يراد التوصيل بها من محطات المنصات عالية الارتفاع في مباني معدات العميل. ويؤكد أن وصلات المستخدم تستخدم الطيف الترددي خارج النطاق 7 075-5 850 MHz وفقاً للأحكام ذات الصلة من لوائح الراديو. وفي وصلات البوابة، يقام الاتصال في النطاق 7 075-5 850 MHz بين المنصة ومحطات البوابة على الأرض، الواقعة في منطقة التغطية الحضرية (UAC)، التي توفر التوصيل البيئي مع شبكات الاتصالات الأخرى. وتتألف معمارية حمولة اتصالات محطات المنصات عالية الارتفاع من ستة أنظمة فرعية أساسية على النحو المبين في الشكل 2.

¹ انظر التوصية ITU-R F.1500 للاطلاع على وصف بمزيد من التفاصيل لمناطق التغطية هذه.

الشكل 2

معمارية شبكة اتصالات محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)



F.1891-02

تقوم الأنظمة الفرعية للتبديل والتسيير المركزيين بتوصيل الرسائل المستقبلات والهوائيات في البوابات بقسم إيصال الخدمة في الحمولة (الهوائيات والرسائل المستقبلات). وتحتوي الأنظمة الفرعية لإيصال الخدمة وصلات مستخدم مباشرة (HAPS-CPE) منفصلة تماماً ومختلفة عن وصلات بوابات محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS). وترد إدارة الشبكة وتوصيلية شبكة الاتصالات وغيرها من وظائف الشبكة الأساسية في قسم البنية التحتية الأرضية للشبكة.

وسيتعين أيضاً على شبكة وصلة الربط الفرعية للأرض القيام بالتحكم والدمج وتوفير التركيز الأرضي وتوصيل جميع وصلات البوابة إلى الشبكة الأساسية. وستحتاج كل من محطات البوابات الخمس وصلة بيانات قاعدة مرجعية من الألياف البصرية إلى الشبكة الأساسية بواقع 1 Gbit/s لكل محطة بوابة. ويرد وصف طوبولوجيا شبكة بوابات محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS).

4 وصف واستخدام وصلة بوابة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)

طبقاً للمعمول به في هذه الوثيقة، تعرّف وصلة بوابة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)² كوصلة راديوية بين منصة HAPS ثابتة نسبياً ومحطة بوابة HAPS. وعلى وجه التحديد، تتألف وصلة بوابة HAPS من وصلة صاعدة منفصلة بعرض 80 MHz (أرض-جو) ووصلة هابطة منفصلة بعرض 80 MHz (جو-أرض). وضمن كل نطاق بعرض 80 MHz، تعمل وصلة بوابة HAPS باتجاه واحد وتحتوي على تدفق المعلومات مثل مجمل حركة المستخدم النهائي من اتصالات الصوت والبيانات والفيديو. كما يمكن لوصلة بوابة HAPS أن تحوي القياس عن بعد والتتبع، ومعلومات القيادة والسيطرة المتعلقة بتشغيل مركبة محطة المنصة عالية الارتفاع نفسها. ويمكن تقسيم كل نطاق بوابة HAPS بعرض 80 MHz إلى عدد من القنوات الفرعية التي تدعم كلها وصلات راديوية في نفس الاتجاه (جو-أرض أو أرض-جو) باستخدام أي من أساليب الاستقطاب والتشكيل والتشفير.

وستستخدم منصة HAPS الواحدة بحد أقصى خمس وصلات محطة بوابة لدعم حمولة الحركة المتوقعة القصوى للمنصة الواحدة بأكملها. ويعتمد عدد وصلات البوابة المنشورة لكل محطة من محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) على مقدار

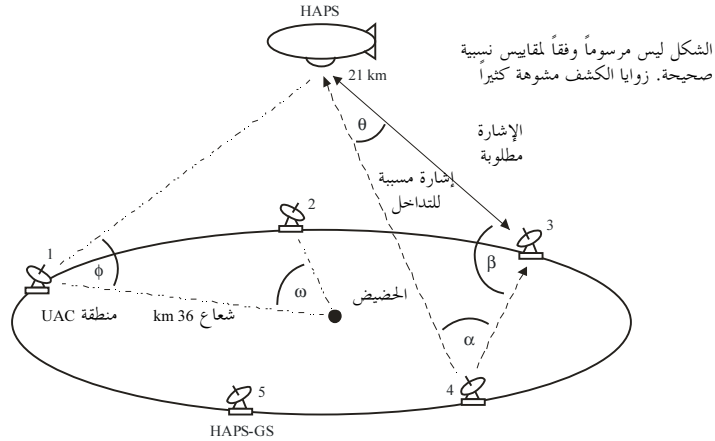
² في مجال تطبيق هذه التوصية، وصلة بوابة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) هو وصلة راديوية من محطة بوابة محطات المنصات عالية الارتفاع مرابطة في الأرض في موقع معين إلى منصة HAPS، أو العكس بالعكس، لنقل معلومات في وصلة اتصالات HAPS تشمل القياس عن بعد والتحكم عن بعد ولتقديم التوصيل البيئي مع شبكات الاتصالات الأخرى على الأرض.

حركة تطبيق المستخدم النهائي الذي يتعين على شبكة أو نظام المحطات المنصات عالية الارتفاع دعمه على أساس وصلة الربط. وبازدياد الحركة الفعلية يمكن نشر المزيد من وصلات البوابة المتماثلة ترددياً (حتى خمس منها، حسب الحاجة). ويوضح الشكل 3 تشكيلة الأرض القصوى لخمس وصلات بوابة تعمل على التردد نفسه وتعاود استخدام الطيف الترددي 2×80 MHz المحدد لاستخدام محطات المنصات عالية الارتفاع، وينبغي استخدام هذه التشكيلة في دراسات التشارك.

وتتبع منصات HAPS فيما بينها بحدود 300 km إلى 1 000 km تقريباً. وتخدم المحطة الواحدة من محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) بكل محطة بوابة تربط بها. ولا تتقاطع عادةً شبكة محطات البوابة مع شبكة محطات البوابة مجاورة في محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS). ويرجح أن تقع شبكة البوابات ضمن دائرة قطرها 72 km تقريباً تتمركز على مقربة من نقطة حضيض الأرض لمحطة المنصة عالية الارتفاع على النحو الموضح في الشكل 3. وكما يظهر في تشكيلة محطة بوابة HAPS (GS)، تبلغ زاوية الارتفاع Φ عن حضيض HAPS 30° في منطقة التغطية الحضرية المبينة. و β هي الزاوية في محطة البوابة المطلوبة بين منصة HAPS ومحطة البوابة المسببة للتداخل. و α هي الزاوية في محطة البوابة المسببة للتداخل بين منصة HAPS ومحطة البوابة المطلوبة. وتبلغ الزاويتان α و β $59,4^\circ$ أو $34,6^\circ$ تبعاً لخصوصية أزواج محطات البوابة والهندسة المرتبطة بها. و θ هي الزاوية في محطة المنصة عالية الارتفاع (HAPS) بين محطة بوابة HAPS المطلوبة لتلك الوصلة ومحطة بوابة HAPS المعينة المسببة للتداخل، وتبلغ 61° أو 111° . و ω هي الزاوية في نقطة حضيض الأرض بين أي محطتي بوابة. ويلخص الجدول 1 الزوايا الأربع (Φ ، θ ، β ، α) لجميع التوليفات المختلفة من أزواج محطات البوابة، فيما يلخص الجدول 2 الزوايا الخمسة المحتملة للزاوية ω .

الشكل 3

مثال على تشكيلة محطة بوابة من محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) والتداخل الداخلي في شبكة محطات المنصات عالية الارتفاع



F.1891-03

وينبغي التأكيد على أن الشكل 3 ليس مرسومًا وفقاً لمقاييس نسبية صحيحة.

الجدول 1

زوايا وصلة بوابة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) (بالدرجات)

أزواج المحطات ⁽¹⁾	α	β	θ	Φ
1-5, 5-1, 4-5, 5-4, 3-4, 4-3, 2-3, 3-2, 1-2, 2-1	59,4	59,4	61	30
2-5, 5-2, 4-1, 3-5, 5-3, 2-4, 4-2, 1-3, 3-1	34,6	34,6	111	30

⁽¹⁾ أزواج المحطات X-Y حيث X هي المحطة المطلوبة و Y هي المحطة المسببة للتداخل.

الجدول 2

زوايا فصل المحطات الأرضية (بالدرجات)

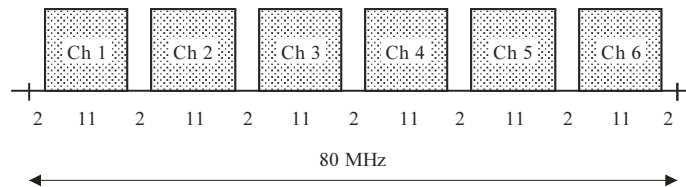
أزواج المحطات	ω
1-1	0
2-1	72
3-1	144
4-1	216
5-1	288

5 تحديد الطيف وتقسيمه إلى قنوات

يُتوقع لتحديد طيف وصلات بوابة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) أن يفرز قناتين بعرض 80 MHz في النطاق 850-7 075 MHz³ أي بعرض إجمالي قدره 160 MHz. ويمكن استخدام خطة التقسيم إلى قنوات فرعية لشطر كل قناة بعرض 80 MHz إلى ست قنوات فرعية بعرض 11 MHz متباعدة بالتساوي تفصلها نطاقات حارسة بعرض 2 MHz على النحو المبين في الشكل 4. ولئن أمكن استخدام خطط أخرى لترددات التقسيم الفرعي إلى قنوات⁴، ينبغي استخدام خطة التقسيم إلى قنوات المبينة في الشكل 4 في دراسات التشارك. وتُستخدم جميع القنوات الفرعية دوماً ضمن نطاق بعرض 80 MHz لاستيعاب الوصلات الراديوية في الاتجاه نفسه. وسيستخدم الأزواج بتقسيم التردد (FDD)/تعدد الإرسال بتقسيم التردد (FDM) حصراً.

الشكل 4

خطة التقسيم إلى قنوات الوصلة الصاعدة أو الهابطة في محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)



F.1891-04

³ انظر القرار (Rev.WRC-07) 734.

⁴ مثلاً، قناتان فرعيتان بعرض 34 MHz مع نطاقات حارسة بعرض 4 MHz وكون كل قناة فرعية ازدواجاً بتقسيم التردد (FDD).

إن موقع الطيف لوصلات بوابة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) ضمن النطاق 7 075-5 850 MHz سيعتمد إلى حد كبير على عوامل التداخل المتبادل بين الخدمات المشاركة في الطيف. وتوفر حمولة HAPS ومعمارية المحطة الأرضية وتصميمها المرونة اللازمة لتشغيل وصلات البوابة في أي مكان تقريباً في النطاق 7 075-5 850 MHz. وستحدد دراسات التشارك المفصلة اللاحقة الموقع الأفضل لتحديد طيف محطات المنصات عالية الارتفاع.

ومن المهم أن نلاحظ أن طيف وصلات بوابة HAPS ستقع في نطاق ترددات مختلف نطاق فرادى وصلات المستخدم بين منصة HAPS ومباني معدات العميل (CPE) على الأرض على النحو الموضح في الشكل 1.

6 خصائص وصلة بوابة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)

يوفر الجدول 3 تحليل الوصلة لوصلة نمطية، صاعدة وهابطة على السواء، لبوابة محطة من محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)، ويظهر قيمة معلمات الوصلة المختلفة باستخدام تشكيل الاتساع التعامدي من المرتبة 64 ذي معدل تشفير قدره 2/3 (64-QAM 2/3). وجدير بالذكر أن هذه الحالة (حالة التشكيل 64-QAM 2/3 في الجدول 3) ينبغي أن تستخدم في دراسات التشارك لتحديد التوافق في النطاق 7 075-5 850 MHz.

وتقوم ميزانية وصلة البوابة على قناة فرعية بعرض 11 MHz (بالإضافة إلى نطاقات حارسه)⁵ بما يقابل معدل بتات في القناة الفرعية بمقدار 44 Mbit/s⁶ لتشكيل 64-QAM 2/3. ومن المهم لوصلات البوابة كون التيسر عالياً ونسبة خطأ البتات منخفضة بواقع 99,999% و 10^{-9} على التوالي وذلك للسماح بدرجة عالية من الخدمة لتطبيق المستخدم النهائي والخدمة المقدمة. ويحسب تحليل الوصلة هذا كثافة تدفق القدرة (pdf) وهامشها في خط تسديد الهوائيات. وستنخفض كثيراً كثافة تدفق القدرة ومستويات القدرة المشعة كدالة لخصائص مخطط إشعاع الهوائي وزاوية التخالص عن خط التسديد. كما يمكن لاستخدام هوائيات تشكيل الحزمة أن يوفر تخفيفاً إضافياً للتدخل المتبادل. ومن ثم، فإن تحليل ميزانية الوصلة هذا هو سيناريو الحالة الأسوأ بالنسبة إلى تداخل محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) على أنظمة أخرى ومنها.

وتشمل ميزانيات الوصلة أيضاً تقييماً أولياً للتداخل الداخلي من وصلات البوابة الأخرى العاملة على التردد نفسه والداعمة لنظام محطات المنصات عالية الارتفاع نفسه. وقد قيمت حالات ما مجمله محطة بوابة واحدة وثلاث وخمس محطات بوابة للوقوف على زيادة التداخل وما يقابلها من تقلص الهامش. واستخدمت حالات التداخل بثلاث محطات البوابة محطة البوابة 4 (GS 4) المطلوبة ومحطتي البوابة 1 و2 غير المطلوبتين (المسببة للتداخل). وفي حالة تشكيل 64-QAM 2/3 الظاهر في الجدول 3، يُستخدم صفيق هوائيات مرتبة الأطوار في منصة HAPS ومحطة البوابة على السواء. ويرد وصف أفتعة مخطط كسب الهوائي المستخدمة لميزانية هذه الوصلة في الفقرة 8 من هذه الوثيقة. وينبغي أن تستخدم هذه الحالة لدراسات التشارك؛ علماً بأن صفيق الهوائيات مرتبة الأطوار المستخدم في منصة HAPS ومحطة البوابة سيخفض مستوى التداخل على أنظمة الخدمات القائمة وسيحقق تشاركاً مع هذه الخدمات بمزيد من الفعالية. كما يحوي الجدول 3 ميزانية الوصلة للسماء الصافية، وأخذ معدل المطر 0,01% ($R_{0,01}$) بمقدار 63 mm/h.

⁵ نتائج قناة فرعية بعرض 34 MHz (بالإضافة إلى نطاقات حارسه) في هامش الوصلة نفسها.

⁶ على أساس استخدام تشكيل 64-QAM بمعدل تشفير قدره 2/3 في وصلة بوابة FDM.

الجدول 3

مثال لتحليل ميزانية وصلة محطة بوابة HAPS باستخدام التشكيل 64-QAM 2/3

UAC-سماء صافية	UAC-سماء صافية	UAC-مطر	UAC-مطر	البند
TDM-وصلة صاعدة (لكل موجة حاملة)	TDM-وصلة هابطة (لكل موجة حاملة)	TDM-وصلة صاعدة (لكل موجة حاملة)	TDM-وصلة هابطة (لكل موجة حاملة)	
6,6	6,5	6,6	6,5	التردد (GHz) ⁽¹⁾
11	11	11	11	عرض النطاق (MHz)
19-	22-	19-	22-	قدرة الإرسال (dBW)
47	30	47	30	كسب هوائي الإرسال (dBi)
4,1	4,1	4,1	4,1	فاقد تنفيذ العتاد (dB)
0,0	0,0	8,0	8,0	كسب التحكم في القدرة (dB)
23,9	3,9	23,9	3,9	e.i.r.p. الاسمية (dBW)
23,9	3,9	31,9	11,9	e.i.r.p. (dBW) بعد التحكم في القدرة ⁽²⁾
42,0	42,0	42,0	42,0	المدى المائل (km)
141,3	141,2	141,3	141,2	فاقد الفضاء الحر (dB)
0,3	0,3	0,3	0,3	فاقد الغلاف الجوي (dB) ⁽³⁾
0,0	0,0	9,5	9,0	فاقد المطر (dB) (99.999 % من التيسر) ⁽³⁾
	110,2-		111,2-	pdf على الأرض (dB(W/m ² · MHz))
0,0	17,5	0,0	17,5	G/T للمستقبل (dB/K)
30,0	47,0	30,0	47,0	كسب هوائي الاستقبال (dBi)
0,5	0,5	0,5	0,5	فاقد الاستقطاب (dB)
228,6-	228,6-	228,6-	228,6-	ثابت بولتزمان (dB(W/K*Hz))
76,4	76,4	76,4	76,4	معدل البتات (dB(Hz))
34,0	31,6	32,5	30,6	$E_b/(N_0 + I_0)$ (I = 0) (dB)
33,0	30,6	31,5	29,6	$E_b/(N_0 + I_0)$ (3 GS) (dB)
32,0	29,6	30,5	28,6	$E_b/(N_0 + I_0)$ (5 GS) (dB)
20,3	20,3	20,3	20,3	$E_b/(N_0 + I_0)$ المطلوبة (dB) (64-QAM)
26,3	26,3	26,3	26,3	ما يلزم من $C/(N+I)$ $w/I = I_{tot}^{(4)}$
13,7	11,3	12,2	10,3	هامش (I=0) (dB)
12,7	10,3	11,2	9,3	هامش (3 GS) (dB)
11,7	9,3	10,2	8,3	هامش (5 GS) (dB)

⁽¹⁾ إن التردد المحدد في الجدول 3 يقابل مركز النطاق 7 075-5 850 MHz وليس القصد من استخدام هذا التردد (المحدد) توجيه عمل قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بتحديد الطيف ضمن النطاق 7 075-5 850 MHz للاستخدام في وصلات بوابة HAPS.

⁽²⁾ ترمز القدرة المشعة المكافئة المتاحة (e.i.r.p.) الاسمية إلى إعدادات القدرة الأولية. وبعد التحكم التلقائي بالقدرة (APC)، تُرفع قدرة الإرسال من 0 حتى 8 dB حسب مستوى الموجة الحاملة؛ علماً بأن قدرة e.i.r.p. أعلاه تطبق ضمن منطقة التغطية الحضرية (UAC)، ويمكن أن تسري القيود التنظيمية و/أو الحمائية من التداخل خارج هذه المنطقة. ولن يوجه هوائي منصة HAPS خارج تلك المنطقة.

⁽³⁾ توهين المطر وفاقده الغلاف الجوي كما يرد وصفهما في التوصيتين ITU-R P.618 وITU-R SF.1395 على التوالي. وأخذ معدل لمطر 0.01 mm/h بمقدار 63 %.

⁽⁴⁾ $C/N = (E_b/N_0)$ (كفاءة طيفية) ⁽⁵⁾.

⁽⁵⁾ تبلغ الكفاءة الطيفية في هذه الحالة 4 bit/s/Hz.

7 استخدام سعة وصلة بوابة محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)

ستوفر وصلات البوابة سعة توصيلية وصلة الربط دعماً لما يقدّم من نمط الخدمة والتطبيق إلى المستخدمين النهائيين وما يرتبط بهما من إجمالي حمولة حركة المستخدم النهائي الموجهة من خلال وصلات البوابة ثنائية الاتجاه.

وسيلزم حد أدنى من السعة الإجمالية لمعدل بتات بوابة النظام بمقدار 2,67 Gbit/s⁷ لدعم الحمولة القصوى المتوقعة من حركة مستخدم النظام⁸. وسوف يتطلب ذلك قدرًا لا بأس به من معاودة استخدام ترددات تحديد الطيف البالغ 160 MHz (2 × 80 MHz أو 4 × 40 MHz) المعد حالياً لاستخدام وصلة البوابة في أنظمة الاتصالات القائمة على محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) في النطاق 7 075-5 850 MHz. وتبلغ مقدرة معدل البتات لطيف 160 MHz في النطاق 7 075-5 850 MHz باستخدام 2,67 Gbit/s باستخدام خمس وصلات بوابة بالتردد نفسه لكل محطة من محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)، وأسلوب تشكيل/تشفير كفاءته الطيفية 4 bit/s/Hz⁹ وحوالي 17% للنطاقات الحارسة. وهذا يعني أن طيف 160 MHz سيعاد استخدامه لما يصل إلى خمس (5) مرات للحصول على السعة القصوى لوصلة البوابة من هذا الاستخدام للطيف. وقد صُممت وصلات البوابة في هذا النطاق بخطط تشكيل وتشفير تحمي كفاءة طيفية عالية (مثل تشكيل 64-QAM مع معدل تشفير قدره 2/3) لتعظيم مقدرة معدل البتات في كل وصلة. ويتعين أن تحتسب المقدرة المتاحة أيضاً للأعطال المحتملة في فرادى الوصلات.

والأهم في الأمر انتفاء الحاجة لطيف إضافي في النطاق 7 075-5 850 MHz يزيد عن 160 MHz، حيث سيعاد استخدام الطيف لما يصل إلى خمس مرات بغية الحصول على قدر كبير من الكفاءة الطيفية بمعاودة الاستخدام.

8 مخطط كسب الهوائي

يرد أدناه وصف لمخطط إشعاع الهوائي المستخدم في ميزانيات الوصلة المقدمة في هذه الوثيقة. وسيستخدم صيف مرتب الأطوار، على النحو الموضح في القرار (Rev.WRC-07) 221 وعلى نحو يلتزم به، في كل من المحطة (الأرضية) لبوابة HAPS ومنصة HAPS (الحمولة جواً). ولأغراض دراسات التشارك، تبلغ ذروتا الكسب لهوائي المنصة والمحطة الأرضية 30 dBi و 47 dBi، على التوالي. ويرد أدناه وصف لمعادلة قناع مخطط إشعاع الهوائي المستخدمة في محطة بوابة HAPS ومنصة HAPS، وتوضح المعادلة للحالتين في الشكلين 5 و 6 على التوالي بإسناد قيمة -25 dB إلى L_N . ويستخدم قناع مخطط الإشعاع هذا في الوصلات الصاعدة والهابطة على السواء في الهوائي من نمط الصيف مرتب الأطوار الذي سيستخدم لوصلات بوابة HAPS.

$$\begin{array}{llll}
 G(\psi) = G_m - 3(\psi/\psi_b)^2 & \text{dBi} & \text{for} & 0^\circ \leq \psi \leq \psi_1 \\
 G(\psi) = G_m + L_N & \text{dBi} & \text{for} & \psi_1 < \psi \leq \psi_2 \\
 G(\psi) = X - 60 \log(\psi) & \text{dBi} & \text{for} & \psi_2 < \psi \leq \psi_3 \\
 G(\psi) = L_F & \text{dBi} & \text{for} & \psi_3 < \psi \leq 90^\circ
 \end{array}$$

⁷ إن معدل البتات مرادف لعرض نطاق القناة في إطار استخدام الكفاءة الطيفية وتشكيل القناة والتشفير، حيث يعبر عن كل ذلك بوحدّة البتات في الثانية في الهرتز.

⁸ يقوم المتطلب الأدنى البالغ 2,67 Gbit/s على حالة تشكيل 2/3 64-QAM والطاقة الاستيعابية الإجمالية للمشاركين البالغة 3 ملايين في كل محطة HAPS مع كون 300 ألف مشترك (10%) على الخط خلال ساعة الازدحام. وتلك هي حالة القاعدة المرجعية للنفذ الأولي للمستخدم الصوتي مع إضافة قدر متواضع من حركة الإنترنت والبيانات إليها. وهذا يقابل طاقة استيعابية لمستخدم (لا لبوابة) قدرها 300 ألف إيرلانغ (Erlang) باستخدام حركة إيرلانغ B مع حجب بنسبة 1%.

⁹ يوفر تشكيل 64-QAM مشفوعاً بمعدل تشفير قدره 2/3 كفاءةً طيفية قدرها 4 bit/s/Hz. وستوفر كل وصلة بوابة بعرض 160 MHz بهذا التشكيل مقدرة معدل بتات قدرها 533 Mbit/s. وتوفر خمس وصلات بوابة بالتردد نفسه سعة إجمالية للبوابة قدرها 2,67 Gbit/s (533 Mbit/s مضروبة بخمس محطات أرضية).

حيث:

$G(\psi)$: الكسب عند الزاوية ψ بالنسبة إلى محور الحزمة الرئيسية (dBi)

G_m : الكسب الأقصى في الفص الرئيسي (dBi)

ψ_b : نصف فتحة الحزمة عند 3 dB في المستوى المعني (أقل من G_m بمقدار 3 dB) (درجات)

L_N : سوية أقرب فص جانبي (dB) منسوبة إلى ذروة الكسب المطلوبة في تصميم النظام، والتي تبلغ قيمتها القصوى -25 dB

L_F : سوية أقصى فص جانبي، $G_m - 73$ dBi

$$\psi_b \sqrt{-L_N/3} = \psi_1 \quad \text{بالدرجات}$$

$$3,745 \psi_b = \psi_2 \quad \text{بالدرجات}$$

$$\text{dBi } G_m + L_N + 60 \log(\psi_2) = X$$

$$10^{(X-L_F)/60} = \psi_3 \quad \text{بالدرجات}$$

وتقدر فتحة الحزمة عند 3 dB $(2\psi_b)$ بالعلاقة:

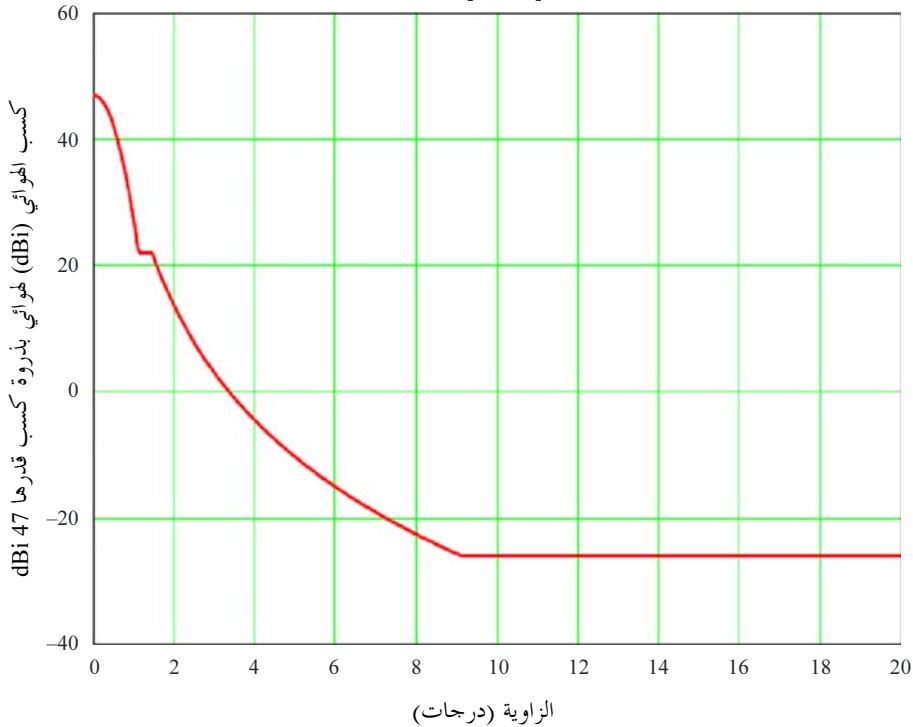
$$7442/(10^{0,1G_m}) = (\psi_b)^2 \quad \text{بالدرجات}^2$$

ويستخدم عامل تناقص تدرجي للهوائي بمقدار 60 dB في كل عشار لهذه الهوائيات عالية الأداء من نمط الصفيف مرتب الأطوار، وذلك طبقاً لقناع إشعاع الهوائي الموصّف في القرار (Rev.WRC-07) 221.

الشكل 5

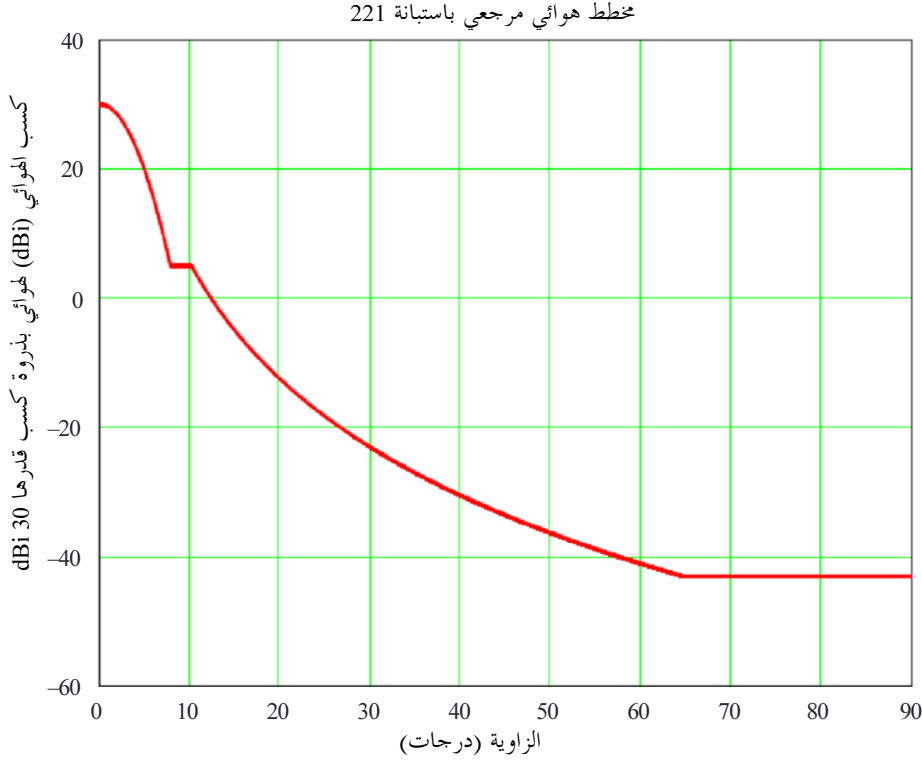
مخطط إشعاع هوائي مرجعي ذروة كسبه 47 dBi نخطه بوابة HAPS

مخطط هوائي مرجعي باستبانة 221



الشكل 6

مخطط إشعاع هوائي مرجعي ذروة كسبه 30 dBi محطة منصة HAPS



F.1891-06

9 التشكيل المتكّيف لوصلات البوابة

تستخدم كل وصلة بوابة فردية تشكياً متكيفاً يوفر القدرة على التأقلم بالخفض التلقائي لمستوى التشكيل في حال ارتفاع مستويات التداخل والضوضاء المتقطعة. فبوسع كل وصلة بوابة أن تضبط مستوى تشكيلها بمعزل عن وصلات البوابة الأخرى حسب مستوى $C/(N + I_{TOT})$ الذي تستقبله كل منها. ويبين الجدول ما يلزم من نسبة $C/(N + I_{TOT})$ المحددة للحفاظ على مستوى معين من تشكيل البوابة وسعة الوصلة الواحدة في طيف معين متاح لوصلة البوابة. وتعاود كل من وصلات البوابة الخمس استخدام طيف 160 MHz نفسه.

وينبغي ألا تقل نسبة C/I_{EX} على المدى القصير عن 12 dB لأكثر من 0,001% من الوقت، وألا تقل على المدى الطويل عن 27 dB لأكثر من 20% من الوقت. وإذا تساوى هذه النسبة 12 dB فهي تقابل تشكيل 16-QAM بمعدل تشفير 1/2، الأمر الذي يقلص من سعة بوابة HAPS إلى النصف (أو 50%) على النحو المبين في الشكل 7.

والتشكيل المتكيف هو تكنولوجيا متداولة تُستخدم في العديد من أنظمة الاتصالات لتحسين توفر الاتصالات وأدائها على الوجه الأمثل في القنوات التي تواجه مستويات معينة من الازدحام بشكل متقطع على أساس قصير أو طويل الأجل. فهي تسمح للوصلات بإبقاء الاتصالات على مستوى منخفض عند اشتداد الضوضاء و/أو التداخل. وبغير التشكيل المتكيف تعجز الوصلة عن العمل ما دون نسبة $C/(N + I_{TOT})$ الدنيا اللازمة لتشغيل تلك الوصلة في مستوى التشكيل الواحد المعين لها.

الجدول 4

سعة البوابة مقابل التشكيل والتشفير

الكفاءة الطيفية bit/s/Hz	% من سعة البوابة	سعة البوابة الواحدة ⁽²⁾ Mbit/s	نسبة ⁽¹⁾ $C/(N+I_{TOT})$ اللازمة dB	تشفير وصلة البوابة	تشكيل وصلة البوابة
4	100	533	26,3	2/3	64-QAM
3	75	396	20,2	3/4	16-QAM
2	50	267	11,9	1/2	16-QAM
1	25	133	4,5	1/2	QPSK

$$I_{TOT} = I_{nGW} + I_{EX} \quad (1)$$

I_{nGW} = التداخل الذاتي من محطات البوابة الأخرى $n - 1$

n يساوي من 1 إلى 5 حسب عدد محطات بوابة HAPS.

I_{EX} = التداخل الخارجي من المحطات الأرضية والمنصات المحمولة جواً المغايرة لمحطات ومنصات HAPS.

$$I_{EX} = I_{ES} + I_{AS} = I_{EX} \text{ = تداخل المحطة الأرضية + تداخل المحطة المحمولة جواً}$$

⁽²⁾ سعة كل من وصلات البوابة الخمس.

~ مقارنة مع حالة 2/3 64-QAM

في حالة القاعدة المرجعية المؤلفة من خمس وصلات بوابة متموضعة تناظرياً، وعلى النحو المبين في الجدول 4، يمكن أن تحبب نسبة $C/(N+I_{TOT})$ الفعلية في وصلة بوابة واحدة مثلاً بما يصل إلى 14 dB دون المقدار المطلوب لتشكيل 64-QAM مع الحفاظ على 50% من سعتها بالتشغيل بتشكيل 16-QAM 1/2. وفي تلك الحالة، تبلغ السعة الكلية فعلياً لمحطات البوابة الخمس 90% من السعة الكاملة، حتى عند تشغيل محطة بوابة واحدة مؤقتاً بنسبة 50% من سعتها والأربع الأخريات بالسعة الكاملة. ويتضح هذا التشكيل وتكييف السعة في الشكل 7. وإذا ما عملت وصلتان من وصلات البوابة الخمس مؤقتاً بنسبة يصل انخفاضها إلى 25% (في تشكيل 1/2 QPSK)، فإن السعة الكلية لوصلات البوابة الخمس ستعمل بما يصل إلى 70% من السعة الكلية. وبالإضافة إلى ذلك، إذا ما فقدت وصلة من الوصلات الخمس بالكامل (100%) لأي سبب من الأسباب، تظل الوصلات الأربع الأخرى بالسعة القصوى وتبقى السعة الإجمالية للوصلات 80%. وإن لم يطرأ هذا الانخفاض في السعة في ساعة الازدحام، لن تكون هناك حاجة لكامل السعة حينها. وإن حصل ذلك بصورة متقطعة خلال ساعة الازدحام¹⁰، سيتعين على وصلات البوابة المتأثرة العمل بدرجة أدنى من الخدمة تقابل السعة الأدنى حتى تستعيد وصلة البوابة السعة الأعلى.

¹⁰ يقدر وقوع ساعة الازدحام بنسبة تقارب 15% من الوقت في المتوسط خلال 24 ساعة. ويقدر مستوى الحركة الأدنى في أي وقت من النهار بنسبة 20% من السعة الكلية.

الشكل 7

مثال تشكيل وصلة البوابة وتكييف السعة

