

تأثير الانتشار على تصميم الأنظمة المتنقلة الساتلية غير المستقرة
بالنسبة إلى الأرض التي لا تستعمل تنوع السواتل
والتي تؤمن الخدمة لتجهيزات تُحمل باليد

(المسألة 88/8 ITU-R)

(1995-2006)

نطاق التطبيق

تعرض هذه التوصية العوامل التي يجب مراعاتها في تصميم نظام MSS بمدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض يُحمل باليد ولا يستعمل تنوع السواتل. ويقدم الملحق 1 الاعتبارات الخاصة بأعطال الانتشار. إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أنه يجب في تصميم نظام في الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) مراعاة خصائص الانتشار؛
- ب) أن مسيرات الانتشار للسواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض لها خصائص مختلفة عن خصائص الأنظمة المتنقلة للأرض؛
- ج) أن توفير الاعتمادية والجودة في اتصالات الأجهزة المحمولة باليد يتطلب هامشاً مناسباً للوصلة في النظام من أجل مكافحة الانحطاط في الانتشار؛
- د) أن تحديد هامش الوصلة المطلوب يتأثر بطبيعة الانحطاط في الانتشار وبتفاصيل تنفيذ الأنظمة تأثيراً عميقاً؛
- هـ) أن زاوية الارتفاع تؤثر في الخبو تأثيراً قوياً؛
- و) أن معدل التغيير في سوية الإشارة (عرض نطاق الخبو) العائد إلى الهندسة المتغيرة بين النقطتين الطرفيتين للاتصال يبدو أنه يتغير إلى معدلات تصل إلى 200 Hz؛
- ز) أن من الممكن أن يحدث خبو كبير في ظروف مسيرات خط البصر الخالية، وظروف الحجب الكثيف كذلك، وذلك بسبب تحرك المستعمل والتداخل الذي يسببه رأس المستعمل أو جسمه؛
- ح) أن التوصية ITU-R P.681 رقم تقدم طرائق للتنبؤ بالانتشار من أجل الأنظمة الساتلية المتنقلة البرية، وأن العمل مستمر داخل لجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية في إطار المسألة ITU-R رقم 207/3 من أجل توسيع هذه المعلومات،

توصي

- 1 عند تصميم نظام اتصالات يحمل باليد في الخدمة MSS بسواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض ولا يستعمل تنوع السواتل للتشغيل في النطاق 1 إلى 3 GHz:
- مراعاة تأثيرات تغير معدل الخبو في تصميم أوقات حيازة المستقبل؛

- أن تكون هوامش الوصلات وتصميم النظام مناسبة في ظروف الخبو الكبير العائد إلى تحرك المستعمل والتداخل الذي يسببه رأس المستعمل أو جسمه وتأثيرات الحجب كذلك، ويجب أن يعوض تصميم النظام الانحطاط في القناة؛
- أن تستعمل المعلومات الواردة في التوصية P.681 الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية مرجعاً لمعلومات الانتشار. وتعلق المعلومات الخاصة بالانحطاط الانتشار في الملحق 1 بنظام واحد مقترح؛
- أن تستعمل تقنيات تشذير المعطيات، وتقنيات تصحيح الخطأ الأمامي في مكافحة ظروف الخبو.

الملحق 1

انحطاط الانتشار للأنظمة المتنقلة الساتلية بمدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض التي توفر خدمات اتصال فردي لا تستعمل تنوع السواتل

1 المقدمة

يجب من أجل تحقيق أداء فعال وأمثلة لأنظمة الاتصالات، أن يراعي تصميم النظام الانحطاط في مسير الانتشار، ويخفف من هذا الانحطاط.

2 ملخص تأثيرات الانتشار القابلة للتطبيق

ترد معطيات الانتشار المناسبة لهذه التطبيقات في آخر مراجعة للتوصية P.681 الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية. تعرض هذه التوصية الإحصائيات المفصلة عن الخبو المتوقع على مسيرات تعيقها الأشجار، وفي المناطق الحضرية من أجل زوايا ارتفاع مختلفة، كما تناقش تأثيرات العرقلة التي يسببها رأس المستعمل. وقد يؤثر السميت في هذه العرقلة. وسوف يلاحظ، في حالات كثيرة، خبو منظم بالنسبة إلى التردد.

وبهذا يمكن لأنساق الإشارات ضيقة النطاق أن تتعرض لبعض تأثيرات الخبو على عرض نطاق تشغيلها.

ويمكن أيضاً توقع أن يتميز الخبو في هذا النطاق بخصائص الرشقة، سواء كان ذلك في ظروف الرؤية الصافية في خط البصر، أو في ظروف الحجب العائد إلى تحرك الساتل وحركة المستعمل. ومن ثم يجب أن يراعي تصميم النظام هذه الخصائص للخبو، عند تحديد بنية الإشارة، وبنية النطاق الأساسي.

1.2 الخبو في ظروف الرؤية الصافية في خط البصر

إن ظروف الرؤية الصافية LoS هي الظروف التي لا يعرقل فيها أي عائق إشارة الساتل. ويجب أن يواجه مطراف الاتصال المحمول في هذه الظروف تأثيرين للانحطاط قد يتطلبان هامشاً إضافياً، أي الانعكاس من الأرض، والتداخل الذي يسببه الجسم. ويمكن أن يوصف هذا الأخير كعائق بسبب رأس المستعمل، أو تداخل بسبب الرأس عندما تستعمل المحطة الأرضية المتنقلة (MSS) التي تحمل باليد، على شكل مهتفة.

تدخل الهندسات بزوايا ارتفاع منخفضة انحطاطاً أكثر وضوحاً. وتصبح الاحتمالات عالية نسبياً، في جانب الزوايا الاعتبارية للمصدر، بأن يحجب الرأس جزئياً المسير المباشر للهوائي في خط البصر، أو اتجاه المسيرات المتعددة على الأرض.

يتحدد أقصى معدل تغيير للخبو، الذي يسمى أيضاً بعرض نطاق الخبو، وفقاً للتغيير الهندسي بين نقطتين طرفيتين من الاتصال، ووفقاً لأنماط الأشياء التي تولد ظواهر الخبو مثل الأشجار والتلال، إلخ. فعندما تكون النقطة الطرفية، على سبيل المثال، ساتلاً بمدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض والنقطة الطرفية الأخرى محطة MES مستقرة تحمل باليد، يكون عرض نطاق الخبو منخفضاً، ويتأثر بالتحرك النسبي للساتل. من ناحية أخرى، عندما تكون النقطتان محطة MES وساتلاً غير مستقر بالنسبة إلى الأرض، يكون عرض نطاق الخبو أعلى، ويتأثر بشكل أولي، بسرعة المطراف المتنقل. وقد بينت دراسة معطيات سابقة أن عرض نطاق الخبو يتراوح بين 20 Hz و 200 Hz. وسوف تؤثر قيم عرض نطاق الخبو الأعلى في تصميم حيازة المستقبلات، وتصميم الأنظمة التي تتعلق بالتحكم في القدرة.

2.2 الانحطاط العائد إلى الحجب بسبب الأشجار

يقدر أن ثمة فارقاً ضئيلاً، في انحطاط الخبو، بين مدى زوايا الارتفاع الوسيطة، والزوايا العالية، في ظروف الحجب بسبب الأشجار، لأن تأثير الحجب هو الذي يسود وليس تأثير زاوية الارتفاع. (راجع التوصية ITU-R P.681 الفقرة 1.4 من الملحق 1).

3.2 التأثيرات العائدة إلى تعدد المسيرات بسبب الإنشاءات

عندما توجد إنشاءات عالية، مثل ما يحدث في بيئة الضواحي، أو البيئة الحضرية، يمكن ملاحظة تأثيرين إضافيين للانحطاط في الإشارة وهما:

- العرقلة شبه الكلية لمركبة الإشارة في خط البصر المباشر LoS؛
- المسيرات المتعددة (غير مسيرات المركبة المرآوية على الأرض) الناتجة عن الإنشاءات الكبيرة، مثل المباني، أو خزانات المياه، والمتعلقة بالإشارات في خط البصر المباشر.

تلعب المسيرات المتعددة دوراً مهماً في الاتصالات الشخصية الساتلية، في حالة وجودها عند سوية دلالية للقدرة، وإذا كان التأخر عبر مسيرات متعددة طويلاً بالنسبة إلى مدة الرمز. وقد يعني ذلك أن الخبو قد يكون انتقائياً في الترددات، وأن مستويات قد تكون ضرورية في تصميم المستقبلات. ويختلف التأثير اختلافاً كبيراً عن التأثير في أنظمة الاتصالات الخلوية للأرض، أو أنظمة الاتصالات البعيدة للأرض التي صممت لتجاوز هذا الانحطاط بواسطة قدرة إرسال عالية تتعلق بالمدى المائل.

ثمة معطيات كمية قليلة جداً عن المسيرات المتعددة من أجل هندسة مسيرات الإرسال الساتلية. إلا أن مجموعة معطيات واحدة من حملة للقياسات في بنية حضرية كثيفة تبين أن مركبات الإشارة عبر مسيرات متعددة المسجلة أثناء هذه الحملة من القياسات تتميز كلها بسوية منخفضة للقدرة، أو بسوية احتمالات منخفضة جداً، أو بالاثنتين، مقارنة بسوية المركبة في خط البصر المباشر LoS. وبهذا تؤدي هذه القياسات إلى الاستنتاج بأن المسيرات المتعددة النابعة عن الإنشاءات لن تكون ضارة للاتصالات في خط البصر LoS في الأنظمة MSS غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

يصف التذييل 1 مثلاً لتصميم نظام TDM/FDM يراعي الاعتبارات أعلاه.

التذييل 1 للملحق 1

1 انحطاط الانتشار في الأنظمة المتنقلة الساتلية بمدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض تؤمن خدمات اتصالات شخصية لا تستعمل تنوع السواتل

1.1 الأداء في قناة ضيقة النطاق مشفرة بالصوت

يصار إلى استعمال معطيات الانتشار المحدودة المجمعة في أثناء تصميم هذا النظام الخاص (وقد سميت لاحقاً في هذا التذييل "معطيات الاختبار"، من أجل تقدير نوعية الأداء للاتصالات TDMA ضيقة النطاق بأسلوب الرشقة وذلك في الخدمة بساتل واحد غير مستقر بالنسبة إلى الأرض إلى محطة MES تحمل باليد. ويستخدم نسق الرشقة الانضغاط الزمني بعامل من 11 من أجل إعداد رزم إرسال من 8 ms ترسل كل 90 ms من المعطيات المشفرة صوتياً. وتلخص نتائج مثال للتقدير شروط هامش الوصلة المطلوبة لنوعية مقبولة من الاتصالات المشفرة صوتياً. وتتميز الانحطاطات بسوية خبو برتبة 90 من أجزاء المئة (dB). وتتضمن الانحطاطات شروط حجب بسبب الأشجار وشروط رؤية في خط البصر. تصف المعطيات شكلاً من مقاومة التشوير، أي في بيئة تكون فيها 90% من ظواهر الخبو تحت سوية محددة، وفي وصلة مع معدل محدد للخطأ في البتات (BER)، يكون الهامش المطلوب من مشفر الصوت لنوعية مقبولة من الصوت في الاتصالات، أقل بكثير من أقصى عمق للخبو. فيسمح مثلاً هامش وصلة من 8 dB بتحقيق وصلة تصل فيها نسبة 90% من ظواهر الخبو إلى أقل من 10 dB. وقد حدد بواسطة تقنيات المحاكاة، أن نوعية مقبولة للاتصالات المشفرة صوتياً تساوي، في الأقل، 90% من علامة النوعية لقناة مثالية من مشفر الصوت (متوسط الآراء - قيمة MOS، على سبيل المثال).

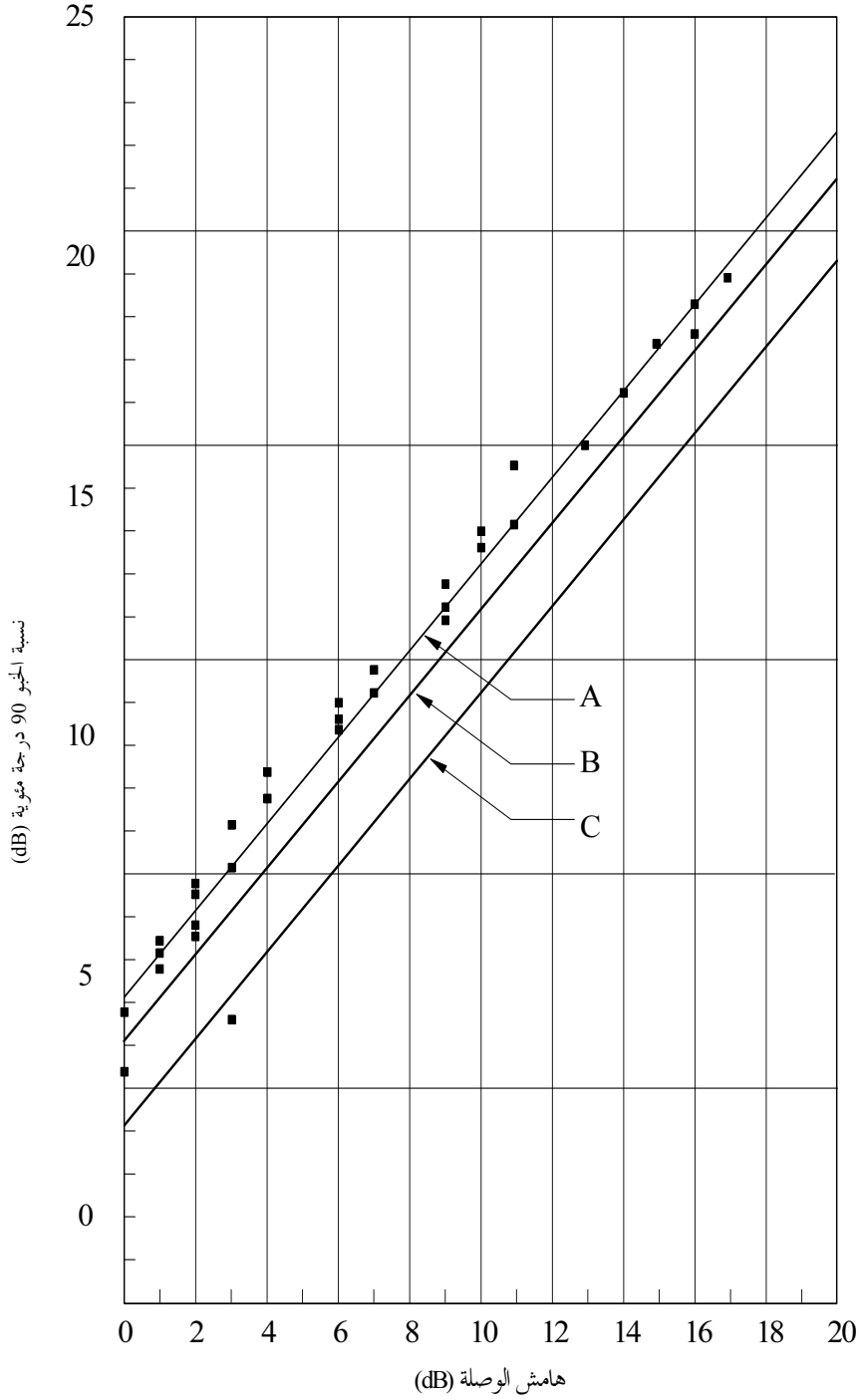
إن قيم هامش الوصلة هي قيم الديسبل dB، تتجاوز قيم النسبة E_b/N_0 اللازمة للحفاظ على معدل BER معين من أجل التشوير QPSK في قناة غوسية سكونية. وقد حددت القيم في هذا المثال بواسطة تطبيق قياسات خبو القناة على وصلة مشفرة صوتياً مع معدل تشفير انتقائي بقيمة 2/3. والمشفر الصوتي المستعمل لهذا التحديد كان مشفراً VSELP 4800. وقد يسمح نظام مشفر صوتي/حمية من الأخطاء مصمم تصميمًا جيداً باتصالات ذات نوعية حسنة في قناة بمعدل BER من 1%. وإن خط المعطيات مع معدل BER من 1% هو أقل جذر تربيعي لمتوسط مربعات الخطأ والضبط الخطي لقيم المعطيات. ومن الممكن، عبر وسائل نظرية، أن تسقط مقدرة الأداء المطلوبة لنسب مئوية من المعدلات BER الأعلى، وهذا ما يبينه أيضاً الشكل 1. ويظهر بشكل خاص، بالنسبة إلى المنحني المعياري BER للتشوير QPSK، أن زيادة المعدل BER من 1% إلى 5% مكافئة لتناقص في قدرة الإشارة بمقدار 3 dB. ومن ثم يجب أن يزداد هامش الوصلة زيادة تناسبية لزيادة المعدل BER، من أجل الحفاظ على نوعية ثابتة للصوت عند سوية خبو معينة. وينطبق هذا الشرط على القنوات التي تتعرض للخبو من النمط غير الغوسي. وأن سويات الخبو المستحثة في قناة الاتصال التي تتجاوز شروط معدل الخطأ من 1 إلى 3%، تتطلب عموماً حماية إضافية لمعطيات مشفر الصوت ويعتبر أن أكثر الوسائل فعالية لتحقيق ذلك الهامش الزائد للوصلة.

ثمة عوامل كثيرة أخرى غير هامش الوصلة تؤثر أيضاً في نوعية الاتصال داخل وصلة مشفرة صوتياً، لا سيما إحصائيات انحطاط القناة، ومعدل مشفر الصوت، وتشفير الحماية من الأخطاء، وتشذير البتات، يمكن أن تؤثر جميعها في نوعية الاتصال. أما تقدير تأثير انحطاط القناة فيتيح استنتاجات أكثر دقة، إذا استند إلى معطيات في المجال الزمني الفعلي. إضافة إلى ذلك فإن التقدير المبني على معطيات فعلية لا يتطلب أية فرضية تتعلق بالطبيعة الإحصائية للقناة (مستقرة، مثلاً، أو غير مستقرة أو من نمط رايلي، أو من نمط رايس، أو لوغاريتمية عادية). ومن ثم يتجنب التسطير الإضافي. يوضح الشكل 1 مثلاً لمعطيات الاختبار الخاصة باتصالات TDMA. ويبين نتائج الاختبارات لسوية الخبو عند الترتيب 90 من أجزاء المئة. وقد استعملت هذه السوية من أجل الحصول على ثقة أكبر في الاستنتاجات. يبين الشكل أن هامشاً للانحطاط من 16 dB يكفي للحصول

على الجودة في الاتصالات مع التصميم الخاص للنظام MSS المعني هنا، حيث سوية الخبو عند الترتيب 90 من أجزاء المئة هي 18 dB. وإذا قدمت نتائج مشابهة للسوية المتوسطة عند الرتبة 50 من أجزاء المئة، فقد يكون عمق الخبو نفسه أدنى، ومن ثم هامش الوصلة المطلوب لمواجهة هذه السوية من الخبو يكون أدنى كذلك.

الشكل 1

هامش الوصلة اللازم لنوعية مقبولة للصوت



معدل خطأ غير مصحح في القناة:

BER %1 :A

BER %2 :B

BER %5 :C

إن مشفرات الصوت ذات معدل أعلى هي عموماً أكثر مقاومة في القنوات المنحطة، ويمكن، إضافة إلى ذلك، أن يضبط معدل التشفير من أجل توفير حماية أكبر من الأخطاء. لكن في الحالتين الأخيرتين، تعني معدلات أعلى سعة أقل للقناة في قناة بعرض نطاق محدود. وبهذا يصبح من الضروري إقامة تسوية بين هامش الوصلة ومعدل التشفير الصوتي، أو بين هامش الوصلة ومعدل التشفير. وقد تبين، حتى هذا التاريخ، أن هذه التسويات تعطي الأفضلية للحفاظ على هامش أعلى للوصلة. ومن المعروف أن تشديراً للبتات على مدة طويلة نسبياً يحسن النوعية. إلا أن هذه التقنية تفرض خسارة واضحة في القنوات الهاتفية أي تأخراً متزايداً للاتصال. وبهذا قد يؤدي تحسين نوعية الاتصال المعطياتي إلى انحطاط في نوعية الاتصال الصوتي.

2.1 هامش الوصلة

يمكن للأنظمة MSS المحمولة باليد التي تعمل عبر سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، المصممة لساتل واحد وخدمة واحدة، أن تواجه حالات تكون فيها زاوية الارتفاع منخفضة. وقد تؤدي الانحطاطات الانتشار، في هذه الظروف، إلى عمق للخبو يتراوح بين 6 و 12 dB وفقاً لموقع الهوائي بالنسبة إلى الأرض، والسمت وزاوية الارتفاع وبيئة الانتشار.

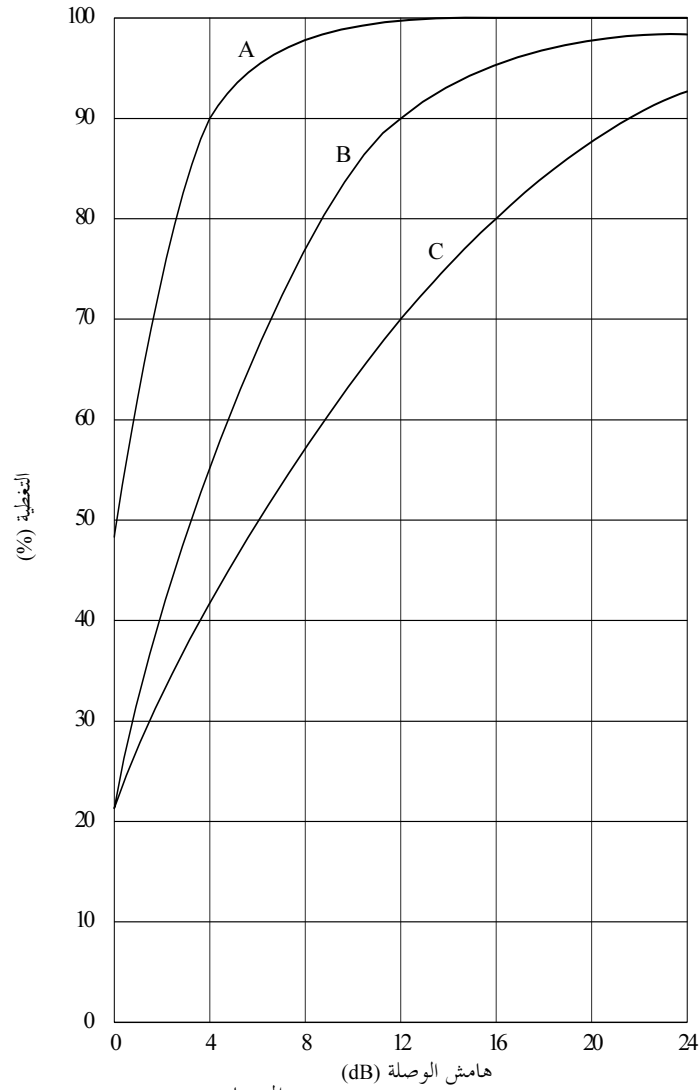
وفيما يتعلق بالشكل 1، إذا اعتبرنا قيمة 12 dB (على المحور) في أسوأ الحالات، فإن وصلة مع معدل BER سكوني من 1% تتطلب، على الأقل، هامشاً للوصلة من 10 dB من أجل توفير اتصال صوتي بنوعية جيدة.

3.1 التغطية المتأثرة بالحجب

يبين الشكل 2 استعمال مجموعة من معطيات الانتشار في نطاق 1,6 GHz من أجل تحديد تقديرات التغطية لمختلف ظروف الحجب، وهامش الخبو في حالة تصميم النظام الخاص MSS المعني هنا. وقد حدد تمييز المعطيات بالحجب الكثيف، أو المعتدل، أو الخفيف. وكان يستند التمييز لكل مجموعة على احتمالات الحجب، وعلى متوسط عمق الخبو بوجود الحجب، ثم جرى تقدير انحطاط نوعية الصوت وفقاً لهامش الخبو مع فرضية مودم مثالي QPSK تساوي خسارة التنفيذ فيه 2 dB. يعرف هامش الخبو باعتباره هامشاً زائداً بالنسبة إلى المركبة في خط البصر (LoS)، ضمن فرضية نسبية مرجعية E_b/N_0 من أجل 4,3 dB. وتحسب قيم الانحطاط بواسطة مشفر الصوت VSELP بمعدل 4800 bit/s وتشفير فدري للقناة بالقرار العسير عند معدل 3/2. وقدّر انحطاط نوعية الصوت بواسطة علاقة بين نوعية الصوت ومعدل الأخطاء BER في القناة، ومعدل محور الأرتال. وقد استخلصت هذه العلاقة من اختبارات استماع متعددة، واستعملت لتحديد نوعية الصوت لكل سلسلة من معطيات الخبو لثانية واحدة. واعتبر أن انحطاطاً أكبر من 10% بالنسبة إلى الحالة الخالية من الأخطاء، غير مقبول، وأن التغطية المقابلة غير مناسبة. تمثل قيم التغطية المبينة في الشكل 2 النسبة المئوية من النوافذ من ثانية واحدة التي يكون فيها انحطاط نوعية الصوت أقل من 10%. وقد حسبت قيم التغطية من أجل ظروف الحجب الكثيف، والحجب المعتدل والحجب الخفيف.

الشكل 2

التغطية من أجل انخراط >10% بالنسبة إلى الحالة المثالية



المنحنيات
A: حجب خفيف
B: حجب معتدل
C: حجب كثيف

1188-02

2 الاستنتاجات

وصف هذا التذييل بعض انخراطات الانتشار التي تؤثر في نظام MSS غير مستقر بالنسبة إلى الأرض عند 1,6 GHz. ويبين أيضاً كيف يمكن مراعاة هذه الانخراطات في تصميم أنظمة MSS غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض. وتكون الاستنتاجات الرئيسية المتعلقة بتأثيرات الانتشار في هذه المسيرات عبر سائل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض هي التالية:

- الطبيعة الزمنية الدينامية لسويات الإشارة المستقبلية والتي تعود إلى تحرك السائل، وإلى استعمال المشترك للمحطة MSS المحمولة باليد، وإلى البيئة المادية؛

- وجود خبو دلالي ومتغير في الزمن، ضمن شروط الرؤية الصافية في خط البصر، بين الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض، والمطراف المحمول باليد. (يسبب هذا الخبو الانعكاس المرآوي على الأرض في جوار المشترك، والتداخل أو الحجب الذي يدخله رأس المشترك وجسمه؛
 - وجود خبو دلالي في مسيرات الانتشار التي تحجبها الأشجار؛
 - من الضروري التأكيد أنه في احتمال ظهور خبو (منتظم) لا انتقائي في التردد، يمكن عندها استعمال هامش الوصلة من أجل تجاوز هذا الخبو وتحسين نوعية الاتصالات؛
 - تدل بعض القياسات في بيئة حضرية ذات كثافة سكانية عالية، أن الانعكاسات عبر مسيرات متعددة المستحثة من الإنشاءات مع أوقات تأخر طويلة هي، في بيئة من هذا النوع، منخفضة القدرة بالنسبة إلى المركبة في خط البصر (LoS)، وهي إحصائياً قليلة الحدوث.
- تختلف خصائص هذه الانحطاطات في الانتشار للمدارات غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض، عن الخصائص الملاحظة في خدمات شبكات الاتصالات الشخصية للأرض. ومن ثم تعتبر بعض الحلول للأنظمة المستعملة في الاتصالات المتنقلة للأرض، مثل زيادة قدرة الإرسال، أو تناقص المساحة المائلة، غير مناسبة من ناحية الكفاءة التكاليفية لتنفيذ أنظمة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض.
- استناداً إلى خصائص هذه المعلومات الخاصة بالانتشار في السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض، يتبين أن هوامش مناسبة للوصلة هي ضرورية في نظام TDM/FDM ضيق النطاق، من أجل اتصالات ذات نوعية جيدة ضمن مجموعة واسعة من شروط الانتشار الممكنة مع رؤية مباشرة في خط البصر (LoS) باتجاه المركبة الفضائية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض. ويتبين، إضافة إلى ذلك، أن من الممكن لنسق إشارة FDMA/TDMA ضيق النطاق أن يتغلب على انحطاطات الانتشار في قنوات السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض، داخل نطاق 1,6 GHz من خلال استعمال هامش مناسب للوصلة.