التوصية ITU-R M.1039-3

تقاسم الترددات المشتركة بين محطات الخدمة المتنقلة العاملة تحت GHz 1 والمحطات الأرضية المتنقلة للأنظمة الساتلية المتنقلة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (أرض – فضاء) تستعمل النفاذ المتعدد بتقسيم التردد (FDMA)

(المسألة ITU-R 83/8 والمسألة ITU-R 84/8 والمسألة ITU-R 201/8)

(2006-2000-1997-1994)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية منهجيات حسابية لتناول تقاسم الترددات المشتركة بين المحطات في الخدمة المتنقلة العاملة تحت GHz 1 والمحطات الأرضية المتنقلة للأنظمة الساتلية المتنقلة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض. وترد فيها أيضاً منهجية سريعة لإعطاء تقريب للتداخلات وكذلك إجراء حسابات أدق باستعمال طرائق إحصائية مفصلة.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الطيف الراديوي الذي خصصته المؤتمرات العالمية للاتصالات الراديوية (WARC-92 وWRC-95 وWRC-97) للخدمات المتنقلة الساتلية (MSS) العاملة بسواتل مدار منخفض على الأرض (LEO) تحت GHz 1، ينبغي أن يضمن لهذه الخدمات، في حالة التقاسم مع خدمات متنقلة، حماية كافية من التداخل الضار؛

ب) أن الخدمات المتنقلة الساتلية العاملة بسواتل مدار منخفض على الأرض (LEO MSS) يمكن أن تضمن خدمات الاتصالات الراديوية المطلوبة، لا سيما خدمات الإنذار في حالات الطوارئ (راجع الملاحظة 1)؛

الملاحظة 1 – إلا أن هذه الخدمات لن تعرف بخدمات السلامة، وفقاً لتعريف لوائح الاتصالات الراديوية.

ج) أن استعمال المدارات المنخفضة حول الأرض (LEO) يتيح للمحطات الفضائية أن تستخدم الترددات الواقعة تحت GHz 1 بشكل فعال؛

د) أن بعض تقنيات تنسيق وترتيب القنوات التي تستعملها الأنظمة الراديوية للخدمات الثابتة والمتنقلة في نطاق الترددات تحت GHz 1 يمكن أن تؤدي إلى تخفيض حمولة الحركة بالإرلنغ في القنوات الفردية؛

هـ) أن تقنيات التخصيص الدينامي للقنوات هي ذات جدوى تقنية ملائمة، وهي تسمح عند الاقتضاء، بتقاسم الطيف بين الخدمات المتنقلة من ناحية، والخدمات المتنقلة الساتلية (MSS) ذات القدرة المنخفضة وعامل الاستخدام المحدود من ناحية أخرى؛

و) أن مستعملي الخدمات المتنقلة الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO MSS) يمكنهم الاستفادة من هذه الخدمات داخل مناطق جغرافية واسعة؛

ز) أن المحطات الأرضية المتنقلة (MES) تقوم بإرسال رشقات قصيرة؛

ح) أن خصائص الإشارة تحت GHz 1 للخدمات المتنقلة الساتلية (MSS) تسمح بتقاسم الترددات المشتركة مع الخدمات المتنقلة؛

ط) أن ثمة ضرورة لتحديد إمكانيات التقاسم بين الخدمات المتنقلة الساتلية (MSS) والخدمة المتنقلة (MS) عند النظر في تأثير إرسالات الخدمة المتنقلة في مستقبلي سواتل الخدمات MSS؛

ي) أن تقنيات النمذجة الإحصائية تسمح بتقدير احتمال التداخل الذي تسببه خدمات MSS في الخدمة المتنقلة،

وإذ تضع في اعتبارها كذلك

أ) الاستعمال المكثف لتوزيعات الخدمات المتنقلة في عدد كبير من البلدان، الأمر الذي يفسر ارتفاع حمولة الحركة في بعض الأحيان؛

ب) أن أسلوب الانتشار الذي يستعمل أسلوب الانتثار في شكل موجات مترية يرد في التوصية ITU-R P.1546،

وإذ تلاحظ

أ) أن من الضروري إعداد دراسات إضافية لتحديد قابلية النماذج الإحصائية للتطبيق بالكامل على الخدمات المتنقلة البحرية وفي الخدمات المتنقلة للطيران؛

ب) أنه يمكن تركيز توزيع مستعملي المحطات الأرضية المتنقلة (MES) في منطقة محددة في أثر إحدى السواتل مع مراعاة للعوائق الجغرافية؛

ج) أن التوصية ITU-R M. 1184 تعرض الخصائص التقنية لشبكات الخدمات المتنقلة الساتلية العاملة بمدار سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO MSS) تحت 1 GHz، التي تعتبر ملائمة للنمذجة ولتحليل التقاسم والتداخل المحتمل بين المحطات الأرضية المتنقلة (MES) ومحطات الخدمات المتنقلة،

توصي

1 باستعمال المنهجية التحليلية الواردة في الملحق 1 للحصول على تقريب أولي لاحتمالات التداخل الذي تسببه المحطات الأرضية المتنقلة (LMS) التي تعمل عادة في نفس النطاق الترددي، في المحطات المتنقلة الأرضية لنظام (MES) للخدمات non-GSO MSS؛

2 بحساب احتمالات التداخل حساباً دقيقاً باستعمال الطرائق الإحصائية التي تم تفصيلها في الملحقين 2 و3 لتقييم إمكانيات التقاسم بين محطات الخدمات المتنقلة والمحطات المتنقلة الأرضية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO MES) التي تستعمل النفاذ المتعدد بتقسيم التردد (FDMA) وتتمتع بتوزيعات أولية (أرض – فضاء) في النطاق الترددي نفسه تحت 1 GHz؛

3 باستعمال تقنيات التخصيص الدينامي للقنوات التي تماثل التقنيات المذكورة في الملحق 4 في حالة أنظمة الخدمات non-GSO MSS (بنطاق ضيق) التي تُستعمل في توزيعات خدمات MSS تحت 1 GHz في نطاقات تسمح بتعزيز الملاءمة مع خدمات الأرض.

الملحق 1

منهجية تحليلية لحساب احتمال التداخل الذي تسببه المحطات الأرضية للخدمات non-GSO MSS في محطات LMS العاملة تحت 1 GHz

1 مقدمة

يرد في هذا الملحق وصف منهجية تحليلية لحساب احتمال التداخل، الذي يأخذ بعين الاعتبار التداخلات التي قد تسببها محطات MES في محطات القاعدة للمحطة الحالية LMS، وهي تستعمل نموذج انتشار يستند إلى الصيغة الأخيرة من التوصية ITU-R P.1546 (ITU-R P.370 سابقاً).

وتسمح المنهجية المقترحة بتقييم احتمال التداخل تقييماً سهلاً وهي تنطبق على كل نظام non-GSO MSS يستعمل النفاذ المتعدد بتقسيم التردد (FDMA). وعلاوة على ذلك، قد تسمح هذه الطريقة بتحليل أكثر سهولة لإمكانيات تقاسم الترددات بين الأنظمة non-GSO MSS والأنظمة الحالية للخدمة المتنقلة العاملة تحت GHz 1.

2 نموذج التداخل بين النظام non-GSO MSS ونظام الاتصالات المتنقلة الأرضية

تَستعمل وصلات أنظمة الاتصالات المتنقلة الأرضية ذهاباً وإياباً نطاق الترددات 148 – 149,9 MHz الموزعة على الأنظمة non-GSO MSS في الاتجاه أرض – فضاء. ويمكن أن يؤدي عمل أنظمة non-GSO MSS في نطاق الترددات 148 – 149,9 MHz، كما يوضح ذلك الشكل 1، إلى أربعة حالات من التداخل بين النظامين:

(1) تداخل تسببه المحطة MES للنظام non-GSO MSS في محطة القاعدة للنظام الحالي للخدمة المتنقلة؛

(2) تداخل تسببه المحطة MES في محطة LMS للنظام الحالي للخدمة المتنقلة؛

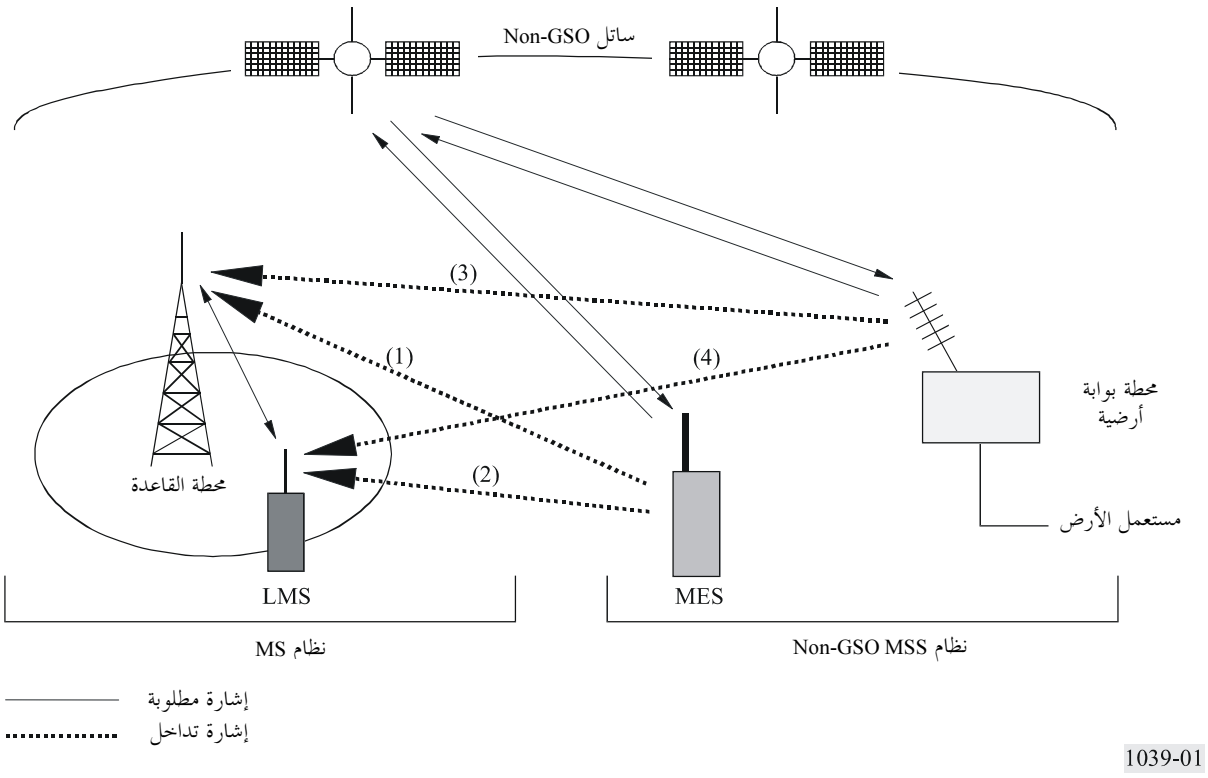
(3) تداخل تسببه المحطة الأرضية البوابية للنظام non-GSO MSS في محطة القاعدة؛

(4) تداخل تسببه المحطة الأرضية البوابية في المحطة LMS.

وتتطابق الحالتان (1) و(2) ضمن حالات التداخل الأربع مع مسيرات التداخل بين المحطة MES والأنظمة الحالية للخدمة المتنقلة.

الشكل 1

نموذج التداخل بين النظام non-GSO MSS وأنظمة الخدمة المتنقلة



يصف هذا الملحق طريقة تقييم احتمال التداخل في المسيرين (1) و(2).

ومن الضروري، فيما يتعلق بمسيري التداخل (1) و(2)، تقييم الأنظمة الحالية في أسلوبَي التشغيل التاليين:

- أسلوب الاتصال،
- أسلوب الانتظار.

لا يحدث، في أسلوب الانتظار، تبادل أية معلومات بين المحطتين، إلا أن مستقبلي الخدمة المتنقلة هم حالة عمل ويمكنهم استقبال نداء أو معلومة. وعندما يكون نظام الخدمة المتنقلة في أسلوب الانتظار، يتوقف إسكات المستقبل خلال مدة الرشقة التي ترسلها المحطة الأرضية المتنقلة α+ (على سبيل المثال، α + 450 ms .max) نظراً إلى احتمال التداخل المشار إليه أدناه، ما عدا المستقبلون الذين يستعملون الإسكات بواسطة التحكم النغمي.

وتعرض الفقرات التالية المنهجية اللازمة لتقييم احتمال التداخل في مسيري التداخل (1) و(2) (انظر الشكل 1)، حيث تكون الأنظمة الحالية في أسلوبي اتصال وانتظار في آن معاً.

3 خسارة الانتشار بين المحطة MES ومحطة القاعدة لنظام الخدمة المتنقلة

تصف التوصية ITU-R P.1546، ضمن نصوص قطاع الاتصالات الراديوية، خسارة الانتشار في نطاق الموجات المترية (هوائيات عالية الارتفاع). وتقدم هذه التوصية نتائج قياسات مجال إشارات التلفزيون في نطاق الموجات المترية على مستوى محطة استقبال تقع على d km. وتتعلق النتائج المقدمة بارتفاعات هوائيات مختلفة. وبالنظر إلى الأسباب الواردة أعلاه، تقدر خسارة الانتشار التي تحدد مسافة تنسيق التداخلات بين المحطة MES ومحطة القاعدة في هذا النموذج، وفقاً للتوصية ITU-R P1546. ويوضح الشكل 2 خسارة الانتشار في نطاق الموجات المترية بحسب مسافة الانتشار التي تخص ارتفاعات الهوائي المشار إليها في الصيغة الأخيرة من التوصية ITU-R P.1546 (ITU-R P.370 سابقاً). ويستعمل في حساب خسارة الانتشار في الشكل 2، 10% من القيم الزمنية. أما فيما يتعلق بنطاقات الترددات الأخرى، فيتعين تحيين الشكل 2.

4 معلمات النظام

يمثل الشكل 3 نموذج التداخل الذي تسببه المحطة MES في محطة القاعدة والمحطة LMS للنظام الحالي للخدمة المتنقلة. وفيما يلي ملخص معلمات نظام محطة القاعدة، والمحطة LMS، والمحطة MES المستعملة في هذا السياق. ويشير الدليل i إلى النظام الذي يسبب التداخل، والدليل w إلى نظام معرفي التداخل، والدليل t إلى المرسل، والدليل r إلى المستقبل؛ ويشير الدليلان b وm إلى محطة القاعدة والمحطة LMS على التوالي.

1.4 معلمات المحطة MES (محطة مسببة للتداخل):

- جانب الإرسال
  - قدرة الإرسال: P_{it} (dBm)
  - كسب هوائي الإرسال: G_{it} (dB)
  - ارتفاع هوائي المحطة h_i (m)

2.4 معلمات محطة القاعدة (محطة معرضة للتداخل):

- جانب الإرسال
  - قدرة الإرسال: P_{bwt} (dBm)
  - كسب هوائي الإرسال: G_{bwt} (dB)
  - خسارة مغذي الإرسال: L_{bwt} (dB)

– ارتفاع هوائي محطة القاعدة: h_{bw} (m)

– جانب الاستقبال

– كسب هوائي الاستقبال: G_{bwr} (dB)

– خسارة مغذي الاستقبال: L_{bwr} (dB)

– ارتفاع هوائي محطة القاعدة : h_{bw} (m)

– حساسية المستقبل: C_b (dBm)

– نسبة C/I المطلوبة: $(C/I)_{br}$ (dB)

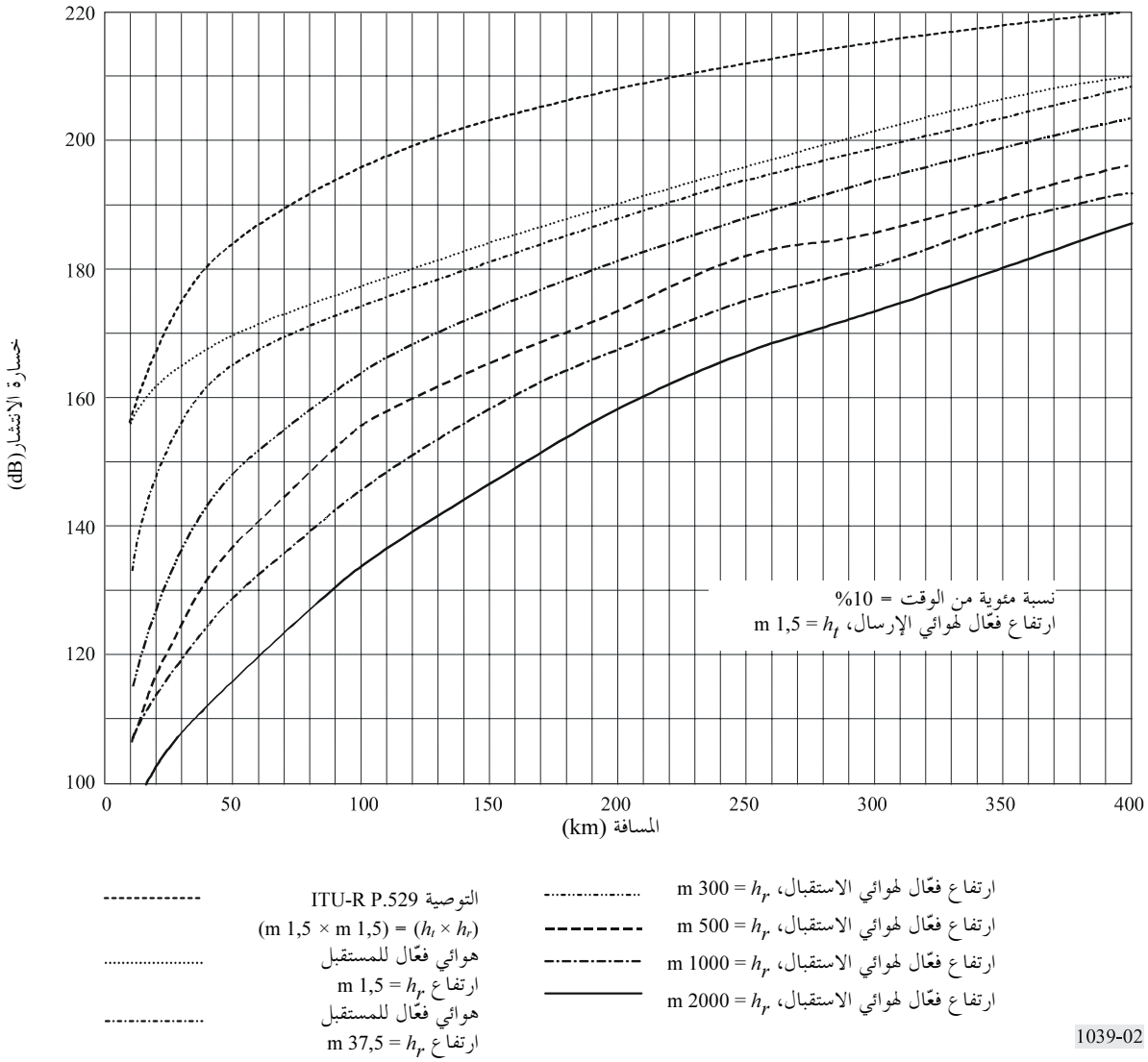
– سوية التداخل المسموح بها: I_b (dBm)

– حساسية الإسكات: P_{bsd} (dBm)

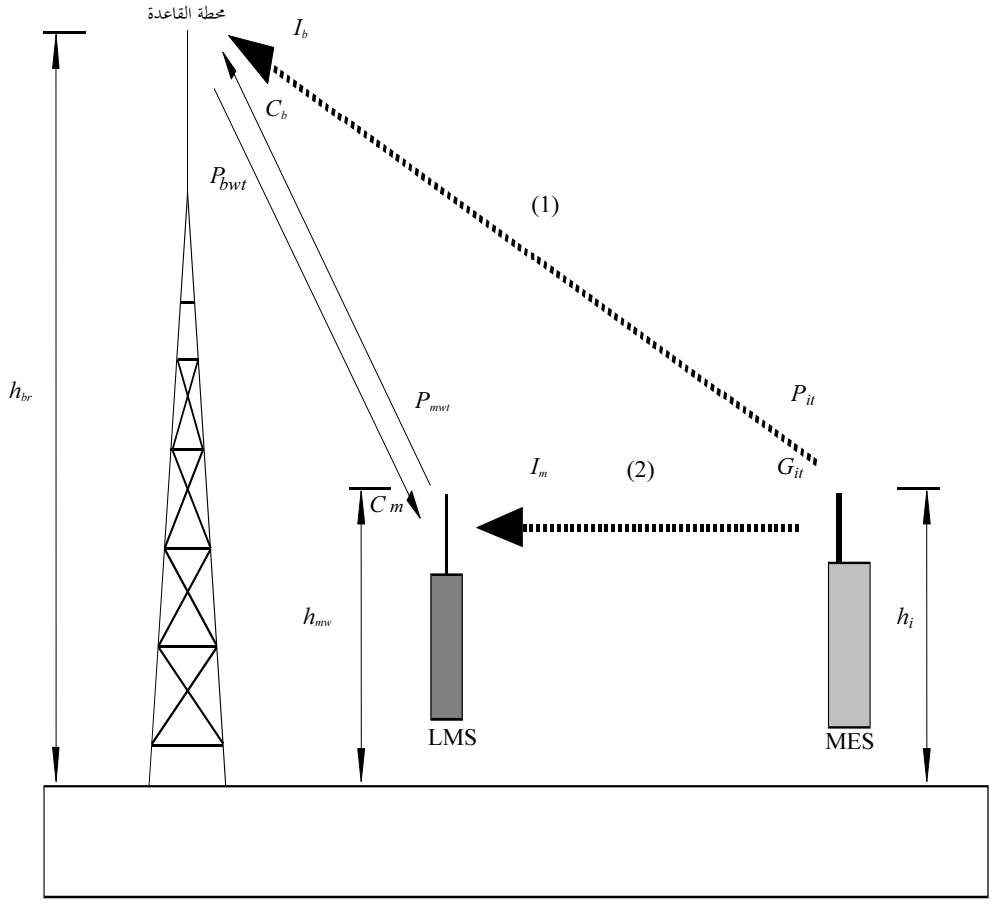
الشكل 2

خسارة الانتشار في نطاق الموجات المترية

(استناداً إلى التوصية ITU-R P.370)



الشكل 3
أسلوب التداخل بين MES ونظام MS الحالي



1039-03

3.4 معلمات محطة LMS (محطة معرضة للتداخل):

- جانب الإرسال
  - قدرة الإرسال: P_{mwt} (dBm)
  - كسب هوائي الإرسال: G_{mwt} (dB)
  - ارتفاع هوائي المحطة: h_{mw} (m)
- جانب الاستقبال
  - كسب هوائي الاستقبال: G_{mwr} (dB)
  - ارتفاع هوائي المحطة: h_{mw} (m)
  - حساسية المستقبل: C_m (dBm)
  - نسبة C/I المطلوبة: $(C/I)_{mr}$ (dB)
  - سوية التداخل المسموح بها: I_m (dBm)
  - حساسية الإسكات: P_{msd} (dBm).

5 حساب مسافة تنسيق التداخلات عندما يكون النظام الحالي للخدمة المتنقلة في أسلوب اتصال

1.5 التداخل الذي تسببه المحطة MES في محطة القاعدة (المسير (1) من الشكل 3)

لنفترض أن d_1 تمثل المسافة القصوى بين محطة القاعدة والمحطة LMS وأنه يمكن استقبال الإشارة التي ترسلها المحطة LMS بنسبة *S/N* اللازمة على مستوى محطة القاعدة. وتعادل هذه المسافة d_1 نصف قطر منطقة خدمة النظام الحالي للخدمة المتنقلة؛ وتمثل دائرة نصف القطر d_1 الذي يحيط بمحطة القاعدة، على وجه الخصوص، منطقة خدمة النظام للخدمة المتنقلة. وإذا كانت C_b تمثل حساسية مستقبل محطة القاعدة، نحصل، بناء على ما تقدم من الفرضيات، على المعادلة (1):

$$C_b = P_{mwt} + G_{mwt} - L(d_1) + G_{bwr} - L_{bwr} \quad (1)$$

حيث:

P_{mwt}: قدرة إرسال المحطة LMS

G_{mwt}: كسب هوائي إرسال المحطة LMS

$L(d_1)$: خسارة الانتشار على المسافة d_1 بين محطة القاعدة ومحطة LMS

G_{bwr}: كسب هوائي استقبال محطة القاعدة

L_{bwr}: خسارة الاستقبال في مغذي محطة القاعدة.

وانطلاقاً من المعادلة (1)، يُعبر عن خسارة الانتشار بين محطة القاعدة ومحطة LMS بواسطة المعادلة (2) ونحصل على مسافة الانتشار، d_1، انطلاقاً من الشكل 2:

$$L(d_1) = P_{mwt} + G_{mwt} + G_{bwr} - L_{bwr} - C_b \quad (2)$$

تحتوي المعادلة (3) على نسبة $(C/I)_{br}$ المطلوبة على مستوى محطة القاعدة:

$$(C/I)_{br} = C_b - I_b \quad (3)$$

حيث:

$(C/I)_{br}$: نسبة قدرة الإشارة المطلوبة إلى قدرة إشارة التداخل على مستوى محطة القاعدة

C_b: حساسية مستقبل محطة القاعدة

I_b: قدرة إشارة التداخل المسموح بها التي ترسلها محطة MES.

يُعبر عن سوية التداخل المسموح به، انطلاقاً من المعادلة (3)، بواسطة المعادلة (4):

$$I_b = C_b - (C/I)_{br} \quad (4)$$

ومع افتراض أن عدة أنظمة non-GSO MSS تعمل في نفس النطاق، توزع سوية قدرة التداخل المسموح بها والتي نحصل عليها بواسطة المعادلة (4) على هذه الأنظمة non-GSO MSS. وتحل المعادلة (5) محل المعادلة (4) في حالة وجود عدة أنظمة non-GSO MSS تعمل في نفس النطاق الترددي:

$$I_b = C_b - (C/I)_{br} - \alpha \quad (5)$$

حيث تمثل α عامل تصحيح تشغيل عدة أنظمة non-GSO MSS في نفس النطاق الترددي. وتعطي المعادلة (4)، عندما يمكن لكل نظام من الأنظمة non-GSO MSS أن يستعمل النطاق الترددي المتخصص (باستعمال طريقة التجزئة)، سوية قدرة التداخل المسموح بها بالنسبة إلى كل نظام.

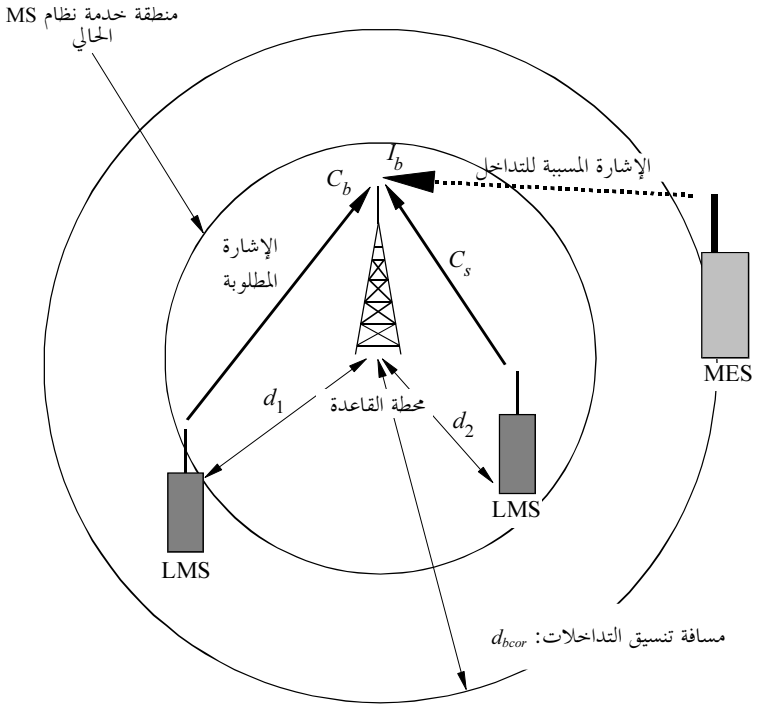
وعندما يُفصل بين محطة القاعدة والمحطة MES بواسطة مسافة التنسيق، d_{bcor}، يمكن أن تُعادل قدرة التداخل التي ترسلها محطة MES وتستقبلها المحطة سوية التداخل المسموح به، I_b. ونحصل عندئذ على المعادلة (6). ويحتوي الشكل 4 على العلاقات القائمة بين مختلف العناصر:

$$I_b = P_{it} + G_{it} - L(d_{bcor}) + G_{bwr} - L_{bwr} - I_{so} \quad (6)$$

حيث تمثل I_{so} العزل في حالة اعتماد نظام non-GSO MSS للقنوات الواقعة بين القنوات الحالية للنظام. ويعرض الملحق 2 نتائج المحاكاة بالحاسوب التي تتعلق بتحسين سوية عزل القنوات المتجاورة التي نحصل عليها بمثل هذه التشكيلة.

الشكل 4

مسافة تنسيق التداخلات لمحطة القاعدة في أسلوب الاتصال



ويعبر عن خسارة الانتشار $L(d_{bcor})$ عندما يُفصل بين محطة القاعدة والمحطة MES بواسطة مسافة التنسيق d_{bcor}، بواسطة المعادلة (7) انطلاقاً من المعادلتين (4) و(6):

$$\begin{aligned} L(d_{bcor}) &= P_{it} + G_{it} + G_{bwr} - L_{bwr} - I_{so} - I_b \\ &= P_{it} + G_{it} + G_{bwr} - L_{bwr} - I_{so} - C_b + (C/I)_{br} \end{aligned} \quad (7)$$

ونحصل على d_{bcor}، التي تمثل مسافة التنسيق بين محطة القاعدة والمحطة MES عندما توجد محطة LMS للنظام الحالي على طول منطقة الخدمة، انطلاقاً من المعادلة (7) والشكل 2. وبعبارة أخرى، نفترض أن جميع محطات LMS تعمل على طول منطقة الخدمة. ومن الطبيعي أن ندرك، بالاستناد إلى الشكل 4، أن محطات LMS التي تكون أكثر قرباً من محطة القاعدة تتمتع بنسبة S/N أكثر ارتفاعاً.

2.5 التداخل الذي تسببه المحطة MES في المحطة LMS (المسير (2) في الشكل 3)

نفترض أن d_2 تمثل المسافة القصوى التي تفصل محطة القاعدة عن محطة LMS، هذه الأخيرة التي تستقبل الإشارة التي ترسلها محطة القاعدة مع نسبة *S/N* المطلوبة. وتعادل هذه المسافة d_2 المسافة القصوى التي تستقبل عندها محطة LMS إشارات محطة القاعدة مع نسبة *S/N* المطلوبة.

ويتم الحصول، بالنظر إلى الفرضيات الواردة أدناه، على حساسية مستقبل المحطة LMS، C_m، بواسطة المعادلة (8):

$$C_m = P_{bwt} + G_{bwt} - L_{bwt} - L(d_2) + G_{mwr} \quad (8)$$

حيث:

P_{bwt}: قدرة إرسال محطة القاعدة

G_{bwt}: كسب هوائي إرسال محطة القاعدة

L_{bwt}: خسارة الإرسال في مغذي محطة القاعدة

$L(d_2)$: خسارة الانتشار في المسافة d_2 التي تفصل محطة القاعدة عن محطة LMS

G_{mwr}: كسب هوائي استقبال محطة LMS.

ويمكن، انطلاقاً من المعادلة (8)، التعبير عن خسارة الانتشار بين محطة القاعدة ومحطة LMS بواسطة المعادلة (9):

$$L(d_2) = P_{bwt} + G_{bwt} - L_{bwt} + G_{mwr} - C_m \quad (9)$$

حيث:

$(C/I)_{mr}$: نسبة قدرة الإشارة المطلوبة إلى قدرة إشارة التداخل على محطة LMS

C_m: حساسية مستقبل المحطة LMS

I_m: قدرة التداخل المسموح به.

وهو ما تعبر عنه المعادلة (10):

$$(C/I)_{mr} = C_m - I_m \quad (10)$$

ويُعبر، انطلاقاً من المعادلة (10)، على سوية التداخل المسموح به، I_m، بواسطة المعادلة (11):

$$I_m = C_m - (C/I)_{mr} \quad (11)$$

وينبغي تطبيق عامل التصحيح المحدد في المعادلة (5) عندما تعمل عدة أنظمة non-GSO MSS في نفس النطاق، وذلك للحصول على السوية المسموح بها لقدرة التداخل المسموح بها لكل نظام non-GSO MSS.

وعندما يُفصل بين المحطة LMS والمحطة MES بواسطة مسافة التنسيق d_{mcor}، تتطابق قدرة التداخل التي ترسلها محطة MES وتستقبلها المحطة LMS مع قدرة التداخل المسموح بها، I_m ، (انظر الشكل 5)، وهو ما تعبر عنه المعادلة (12):

$$I_m = P_{it} + G_{it} - L(d_{mcor}) + G_{mwr} - I_{so} \quad (12)$$

ويمكن لنا، انطلاقاً من المعادلتين (11) و(12)، أن نعبر عن خسارة الانتشار في مسافة التنسيق $L(d_{mcor})$، بواسطة المعادلة (13):

$$\begin{aligned} L(d_{mcor}) &= P_{it} + G_{it} + G_{mwr} - I_{so} - I_m \\ &= P_{it} + G_{it} + G_{mwr} - I_{so} - C_m + (C/I)_{mr} \end{aligned} \quad (13)$$

ونحصل على d_{mcor}، التي تمثل مسافة التنسيق بين المحطة LMS والمحطة MES، انطلاقاً من المعادلة (13) ومن الشكل 2. وتوجد المحطة LMS، عند مسافة التنسيق هذه، على طول منطقة خدمة النظام الحالي. ويمكن في هذه التشكيلة التي يوضحها الشكل 5، للمحطات المتنقلة الأرضية التي تقع أكثر قرباً من محطة القاعدة، أن تتمتع بنسبة *S/N* أكثر ارتفاعاً.

6 حساب مسافة التنسيق في الحالة التي يكون فيها النظام الحالي للخدمة المتنقلة في أسلوب انتظار

1.6 تداخل تسببه المحطة MES في محطة القاعدة (المسير (1) في الشكل 3)

نفترض أن قدرة التداخل التي تستقبلها محطة القاعدة، كما يوضح ذلك الشكل 6، تعادل حساسية إسكاتها عندما تقوم المحطة MES بالإرسال على مسافة d_{bi} من محطة القاعدة. وتمثل المسافة d_{bi} في هذه الحالة، مسافة التنسيق بين المحطة MES ومحطة القاعدة في أسلوب انتظار. وتحتوي المعادلة (14) على حساسية إسكات محطة القاعدة، P_{bsd}:

$$P_{bsd} = P_{it} + G_{it} - L(d_{bi}) + G_{bwr} - L_{bwr} - I_{so} \quad (14)$$

تمثل $L(d_{bi})$ المسافة الفاصلة بين محطة القاعدة والمحطة MES، التي تستقبل عندها محطة القاعدة قدرة تداخل تُعادل حساسية إسكاتها. ونحصل على مسافة التنسيق، d_{bi} ، انطلاقاً من المعادلة (14) والشكل 2.

2.6 تداخل تسببه المحطة MES في المحطة LMS (المسير (2) في الشكل 3)

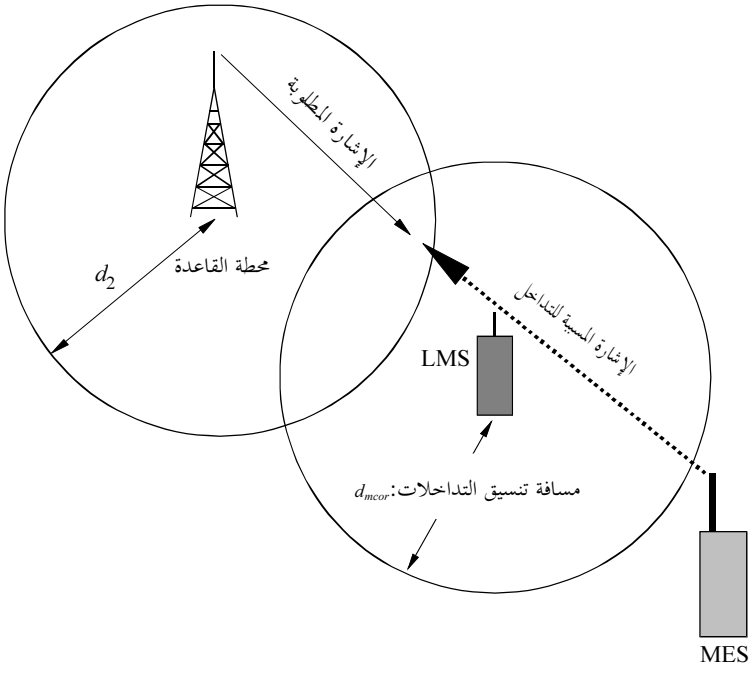
نفترض، كما يوضح ذلك الشكل 7، أن المحطة MES تستقبل قدرة تداخل تعادل حساسية إسكاتها عندما تقوم المحطة MES بالإرسال على مسافة d_{mi} من المحطة LMS. وتمثل المسافة d_{mi} في هذه الحالة، مسافة التنسيق بين المحطة MES والمحطة LMS في أسلوب انتظار. وتعطي المعادلة (15) حساسية الإسكات، P_{msd}:

$$P_{msd} = P_{it} + G_{it} - L(d_{mi}) + G_{mwr} - L_{mwr} - I_{so} \quad (15)$$

تمثل $L(d_{mi})$ المسافة الفاصلة بين المحطة LMS والمحطة MES، التي تستقبل عندها المحطة LMS قدرة تداخل تعادل حساسية إسكاتها. ونحصل على مسافة التنسيق، d_{mi} ، انطلاقاً من المعادلة (15) ومن الشكل 2.

الشكل 5

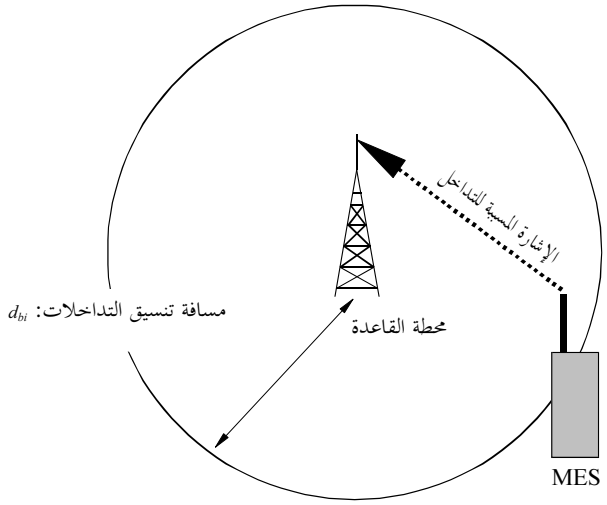
مسافة تنسيق التداخلات للمحطة LMS في أسلوب الاتصال



1039-05

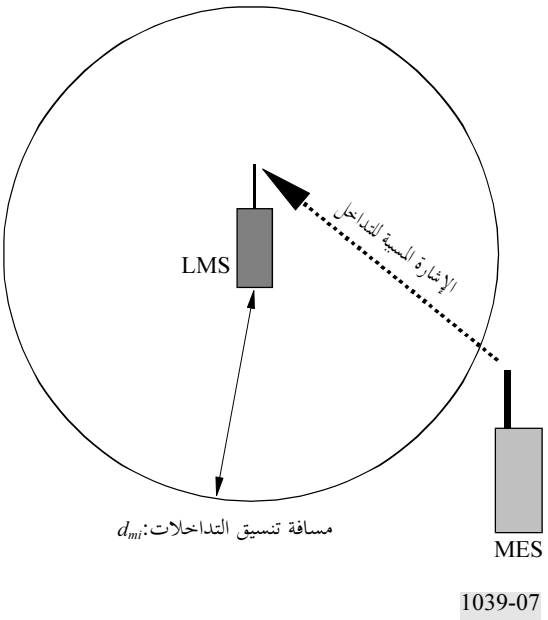
الشكل 6

مسافة تنسيق التداخلات لمحطة القاعدة بأسلوب الانتظار



الشكل 7

مسافة تنسيق التداخلات لمحطة LMS بأسلوب الانتظار



7 تقدير احتمال التداخل

لقد استعرضنا، في الفقرات السابقة، طرق تقدير مسافات التنسيق بالنسبة إلى مسيرين من التداخل المحتمل بين المحطة MES ومحطة القاعدة وبين المحطة MES والمحطة LMS، في الحالات التي تكون فيها الأنظمة الحالية في أسلوب اتصال وأسلوب انتظار على التوالي. وتصف الفقرات اللاحقة طريقة تقدير احتمال التداخل.

1.7 احتمال الإرسال في نفس قناة نظام الخدمة المتنقلة والمحطة MES

لنفترض أن P_I تمثل احتمال استقبال قناة يستعملها نظام الخدمة المتنقلة لتداخل تسببه المحطة MES. تقدر P_I على النحو التالي:

$$P_I = \sum_{i=0}^{m} \left(P(\text{Interference into MS} | i \text{ channels active}) \times P(i \text{ channels active}) \right) \quad (16)$$

حيث تشير P (i قنوات نشيطة) إلى احتمال أن تكون القنوات i مشغولة من طرف المحطات MES النشيطة لنظام بسواتل وحيث تشير m إلى العدد الأقصى للقنوات العاملة في آن معاً بالنسبة إلى ساتل non-GSO. ويمكن تقدير الحالة الأسوأ لـــ P_I بالنسبة إلى الشروط التالية:

P (m قنوات نشيطة) = 1

P (i قنوات نشيطة) = 0 $(m \neq i)$

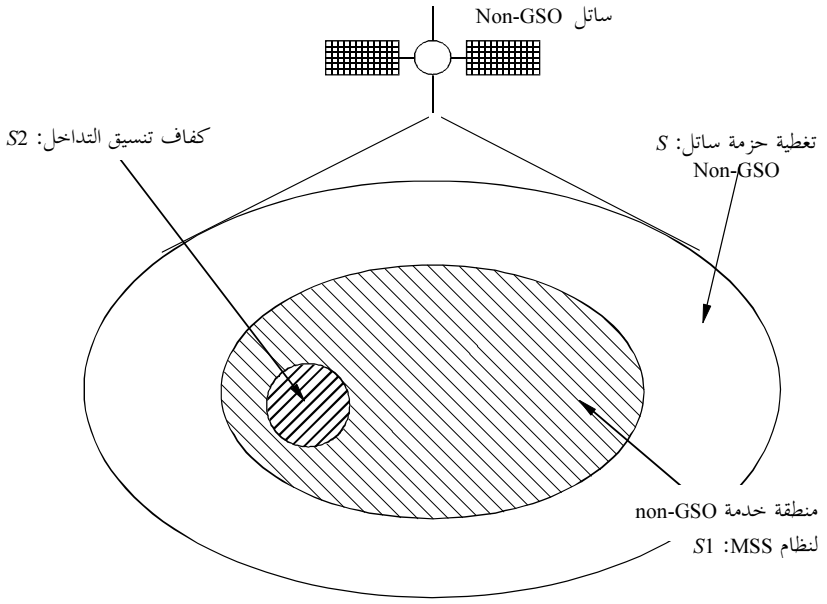
وإذا افترضنا أن محطات MES موزعة بشكل منتظم في منطقة تغطية نظام MSS، نحصل انطلاقاً من المعادلة (17) على العدد الأقصى للقنوات التي تستخدم في آن معاً بالنسبة لساتل non-GSO:

$$m(S2) = m \times \frac{S2}{S1} \quad (17)$$

حيث تمثل $S1$ تغطية خدمة نظام MSS وتمثل $S2$ كفاف تنسيق التداخل (نصف قطر مساوٍ لمسافة التنسيق). ويبين الشكل 8 العلاقة القائمة بين $S1$ و$S2$.

الشكل 8

مخطط توضيحي للحصول على احتمال أن تكون
محطة MES واحدة نشيطة



1039-08

وبالفعل، تبلغ P (تداخل يحدثُ في الخدمة المتنقلة MS | i قنوات نشيطة) قيمتها القصوى عندما تكون $m(S2) = i$. وهكذا تكتب معادلة حساب P_I في الحالة الأسوأ:

$$P_I = P\left(\text{Interference into MS} \mid m(S2) \text{ channels active}\right) \quad (18)$$

ومن الممكن، إذا كانت هذه الفرضية كثيرة التشاؤم، تطبيق عامل η_L لمراعاة النسبة المئوية من الزمن الذي يُستعمل فيها نظام non-GSO MSS:

$$P_I = P\left(\text{Interference into MS} \mid m(S2) \text{ channels active}\right) \times \eta_L \tag{19}$$

وإذا كانت M تمثل العدد الأقصى للقنوات المتاحة بالنسبة لنظام non-GSO MSS، نحصل على احتمال أن تُسبب قناة تختارها المحطة MES على $m(S2)$ قنوات مسببة للتداخل في نظام الخدمة المتنقلة التي تستعمل نفس القناة، η_c، انطلاقاً من المعادلة (20):

$$\eta_c = \frac{m(S2)}{M} \times \gamma \tag{20}$$

حيث تمثل γ عامل تصحيح احتمال انتقاء قنوات المحطة MES. وطالما أن M قنوات لا تكون عادة نشيطة على نحو منتظم نظراً لتأثير نظام التخصيص الدينامي للقنوات (DCAAS) بدالة النشاط الملحوظ، يمكن أن نطبق عامل التصحيح على العدد الأقصى للقنوات المتاحة.

ويمكن، انطلاقاً من المعادلتين (17) و(19)، كتابة احتمال P_I المعطاة بالمعادلة (18) بواسطة المعادلة (21):

$$\begin{aligned} P_I &= \eta_c \times \eta_L \\ &= \frac{m(S2)}{M} \times \gamma \times \eta_L = \frac{m}{M} \times \gamma \times \frac{S2}{S1} \times \eta_L \end{aligned} \tag{21}$$

ونحصل على منطقة $S2$ في المعادلة (21)، بواسطة مسافة التنسيق الواردة في المعادلات (7)، (13)، (14)، (15).

وعندما تكون محطة القاعدة أو المحطة LMS للنظام الحالي للخدمة المتنقلة في أسلوب اتصال، نحصل على احتمال P_I انطلاقاً من المعادلتين (22) و(23) على التوالي:

محطة القاعدة لنظام الخدمة المتنقلة في أسلوب اتصال

$$P_{bc} = \left(\frac{m}{M}\right) \times \gamma \times \eta_L \times \pi \times \frac{(d_{bcor})^2}{S1} \tag{22}$$

محطة LMS لنظام الخدمة المتنقلة في أسلوب اتصال

$$P_{mc} = \left(\frac{m}{M}\right) \times \gamma \times \eta_L \times \pi \times \frac{(d_{mcor})^2}{S1} \tag{23}$$

عندما تكون محطة القاعدة أو محطة LMS للنظام الحالي للخدمة المتنقلة في أسلوب انتظار، نحصل على احتمال P_I انطلاقاً من المعادلتين (24) و(25) على التوالي:

محطة القاعدة لنظام الخدمة المتنقلة في أسلوب انتظار

$$P_{bw} = \left(\frac{m}{M}\right) \times \gamma \times \eta_L \times \pi \times \frac{(d_{bi})^2}{S1} \tag{24}$$

محطة LMS لنظام الخدمة المتنقلة في أسلوب انتظار

$$P_{mw} = \left(\frac{m}{M}\right) \times \gamma \times \eta_L \times \pi \times \frac{(d_{mi})^2}{S1} \tag{25}$$

2.7 معلمات أخرى تؤخذ في الاعتبار

من الضروري مراعاة، في ما يتعلق بتقدير احتمال التداخل الذي تسببه محطة MES في النظام الحالي في أسلوب الاتصال أو أسلوب الانتظار، إضافة إلى احتمال أن تسبب محطة MES تعمل في نفس القناة، التداخل في إحدى القنوات التي يستعملها نظام المحطة المتنقلة، المعلمات التالية:

المعلمة 1: النسبة المئوية من الزمن التي يكون فيها النظام الحالي في أسلوب اتصال

نفترض أن η_m تمثل النسبة المئوية من الزمن التي يكون فيها النظام الحالي في أسلوب اتصال. وعلى الصعيد العملي، يعمل النظام الحالي دوماً في أسلوب أحادي الاتجاه بواسطة مطراف زر ضاغط. وفي هذه الحالة، تبلغ نسبة وقت شغل القناة في كل اتجاه في الاتصال 1/2 من η_m.

المعلمة 2: احتمال إخفاق نظام التخصيص الدينامي للقنوات (DCAAS) في الكشف عن القناة النشيطة التي يستعملها النظام الحالي

يملك نظام التخصيص الدينامي للقنوات (DCAAS) الذي يقع على متن الساتل القدرة على الكشف عن جميع القنوات التي يستعملها النظام الحالي. غير أنه يمكن أن يحدث اعتراض بين المحطة LMS والساتل الذي لا يقوم بتنشيط نظام DCAAS للكشف عن الإشارات التي ترسلها المحطة LMS. وبالتالي، نفترض أن احتمال عدم كشف نظام DCAAS للقناة النشيطة التي يستعملها النظام الحالي هو η_D.

المعلمة 3: عامل إمكانية رؤية الساتل في حالة المحطات الأرضية البوابية المتعددة

إذا كانت هناك عدة محطات أرضية بوابية تقع في نفس المنطقة، يرتفع عدد السواتل التي يمكن لمحطات MES النفاذ إليها في آن واحد كما يرتفع احتمال تداخل النظام الحالي. وتشير η_G إلى نسبة عدد القنوات المتاحة في تشكيلة ذات المحطات الأرضية البوابية المتعددة وعدد القنوات المتاحة في حالة محطة أرضية بوابية واحدة.

المعلمة 4: عدد إشارات التداخل في عرض النطاق الذي تشغله حاملة الخدمة المتنقلة

عندما يكون عرض النطاق الذي تشغله الموجة الحاملة لنظام non-GSO MSS أكثر ضيقاً من عرض النطاق الذي تشغله الموجة الحاملة للخدمة المتنقلة، نلاحظ إشارات تداخل متعددة في عرض النطاق الذي تشغله الموجة الحاملة للخدمة المتنقلة المطلوبة. ويمكن أن نأخذ في الاعتبار، في هذه الحالة، سوية قدرة التداخل الإضافي التي ترد في المعادلة (26) من أجل نسبة (C/I):

$$I = 10 \log \left(\frac{B_w}{B_i} \right) \tag{26}$$

حيث تمثل على التوالي B_w و B_i عرض النطاق الذي تشغله الموجة الحاملة للخدمة المتنقلة وعرض النطاق الذي تشغله محطة MES. وليس من الضروري أن يؤخذ في الحسبان التداخل الإضافي الذي يرد في المعادلة (26) عندما لا يقوم النظام العامل بمدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض بتعيين عدة قنوات لكل واحدة من شبكات التردد الموزعة على النظام الحالي.

ومن الضروري، لتقدير احتمال التداخل، استعمال، ضمن المعلمات التي سبق ذكرها، المعلمات من 1 إلى 4 عندما يكون النظام الحالي في أسلوب اتصال، واستعمال المعلمتين 3 و4 عندما يكون النظام الحالي في أسلوب انتظار.

3.7 احتمال التداخل عموماً

بناء على ما تقدم، يُعبر عن احتمال التداخل، P_t ، بالنسبة إلى مسيرين من مسيرات التداخل المحتملة بين المحطة MES ومحطة القاعدة وبين المحطة MES والمحطة LMS، في أسلوب الاتصال والانتظار، بواسطة المعادلات التالية:

– النظام الحالي للخدمة المتنقلة في أسلوب الاتصال

$$P_t \text{ (base station)} = P_{bc} \times \eta_D \times \eta_G \quad (27)$$

$$P_t(LMS) = P_{mc} \times \eta_D \times \eta_G \quad (28)$$

وتجدر الإشارة إلى أنه بوسعنا أن نحسب النسبة المئوية من زمن التداخل بمضاعفة P_t بواسطة العامل η_m.

– النظام الحالي للخدمة المتنقلة في أسلوب الانتظار

$$P_I \text{ (base station)} = P_{bw} \times \eta_G \quad (29)$$

$$P_I(LMS) = P_{mw} \times \eta_G \quad (30)$$

الملحق 2

الطرائق والإحصاءات التي تحدد التقاسم بين مرسلات المحطات الأرضية في الخدمات المتنقلة الساتلية MSS تحت GHz 1 والمحطات المتنقلة

1 مقدمة

تصف الطرائق التي يعرضها هذا الملحق طريقة تحدد إمكانية تقاسم الطيف بين مرسلات المحطات الأرضية المتنقلة (MES) في الخدمات المتنقلة الساتلية (MSS) والخدمات المتنقلة. وتوفر الطرائق الموصوفة قاعدة لتقدير فعالية حدود سوية القدرة بالنسبة إلى القدرة e.i.r.p. في المحطات MES، والتي يمكن أن تحدد من أجل إتاحة التقاسم مع الخدمات المتنقلة (راجع الملاحظة 1).

الملاحظة 1 – يكون لإرسالات الوصلة الصاعدة من المحطة MES، بالإضافة إلى ذلك، مدة مثلى للتقاسم مع بعض الخدمات الصوتية للأرض. وأشير إلى أن هذه القيمة قد تصل إلى 500 ms. أما متوسط الأزمنة التي قد يقوم في أثنائها هذا النمط من الإرسالات فهي تخضع لمزيد من الدراسات (اقترحت نسبة 1% خلال فترة من 1 إلى 15 دقيقة).

2 التداخل الذي يحتمل أن تسببه الخدمات MSS للخدمات المتنقلة

تتميز عموماً الخدمات المتنقلة في نطاق الموجات المترية (VHF) بتشكيل ترددي لموجات حاملة للصوت والمعطيات تخصص على شبكة من القنوات منتظمة التباعد. وتتضمن مباعدات القنوات المستعملة القيم 6,25 kHz و12,5 kHz و15 kHz و25 kHz و30 kHz.

ويمكن أن تستعمل الأنظمة MSS تحت GHz 1 خوارزمية للتخصيص الديناميكي للقنوات تسمح بالتعرف إلى القنوات التي لا تشغلها المحطات المتنقلة التي تتقاسم الطيف معها. وبهذا يتوقع أن يكون هناك فصل دلالي للترددات (15 kHz أو أقل) بين إرسال الخدمة MSS والتردد المركزي لمستقبل محطة متنقلة. غير أن من المتعذر لأغراض هذه المنهجية التنبؤ بعد بفعالية عملية التخصيص الديناميكي للقنوات. ومن ثم يفترض أن انتقاء القنوات للوصلات الصاعدة MSS يوزع توزيعاً عشوائياً على درجات من 2,5 kHz (راجع الملاحظة 1) داخل توزيع الترددات للخدمات المتنقلة.

الملاحظة 1 – تمثل قيمة الدرجة هذه قيوداً عملية على تنفيذ المركب مع خسارة صغيرة تتعلق بالتحليل.

3 تلخيص المنهجية

يجب اتخاذ عدة خطوات من أجل تحديد احتمالات التداخل الضار الذي قد تسببه مرسلات المحطات MES في المحطات المتنقلة. ويبين هذا القسم المنهجية الخاصة بهذا الغرض. أما الوصف التفصيلي لكل درجة من الدرجات فهو متضمن في الفقرات التالية.

1.3 كفاف التنسيق

تكمن الخطوة الأولى في تحديد كفاف نمطي للتنسيق حول المستقبل المتنقل الواجب حمايته. ويتحدد ذلك من خلال المدى الذي ينتج عنده مرسل لمحطة MES أو زمرة من هذه المرسلات كثافة لتدفق القدرة تتجاوز السوية المحددة باعتبارها معياراً للحماية. ويجب، من أجل حساب هذه المسافة أن تعرف القيم التالية:

$e.i.r.p._{mes}$: أقصى قدرة e.i.r.p. لمحطة MES (W)

BW_{mes} : عرض نطاق الإشارة لمرسل محطة MES (Hz)

pfd_t: كثافة تدفق القدرة pfd التي تعتبر ضارة (W/m^2)

N_t: أقصى عدد متوقع لمرسلات محطات MES تعمل في آن معاً

$L(d)$: خسارة الانتشار بدلالة المسافة.

فإذا أمكن التحقق من أن كفاف التنسيق صغير بما يكفي مقارنة مع التحركات المتوقعة للمحطات المتنقلة والمحطات MES، فلا حاجة لحسابات لاحقة. أما إذا كان كفاف التنسيق كبيراً إلى حد لا يسمح بهذا التحديد، فيجب أن تنفذ الخطوات التالية.

2.3 حساب احتمال تجاوز العتبة

تستعمل تقنيات إحصائية من أجل تحديد النسبة المئوية من الزمن التي تتجاوز في أثنائها الكثافة pfd عتبة الحماية عند مستقبل المحطة المتنقلة. فإذا كان "احتمال التجاوز" منخفضاً بما يكفي، لا يعتبر تجاوز سوية الحماية تداخلاً ضاراً.

1.2.3 المنطقة الجغرافية الخاضعة للحساب

تكمن الخطوة الأولى في تحديد المنطقة التي تساهم فيها إرسالات المحطات MES مساهمة دلالية في إحصائيات الكثافة pfd المستقبلة عند المستقبل المتنقل. أما إذا استعملت منطقة واسعة للغاية، فمن المحتمل أن يقلل نتيجة لذلك من احتمال التجاوز المحسوب. وتحدد عادة هذه المنطقة بنصف قطر يقابل كفاف الحماية المعرف أعلاه.

2.2.3 دالة كثافة احتمال القدرة pfd لمرسل واحد

إذا أخذت منطقة معينة تجرى فيها الحسابات، تحسب بعدها دالة منفصلة لكثافة الاحتمال (راجع الملاحظة 1) بالنسبة إلى قيم كثافة القدرة pfd المتوقعة عند مستقبل متنقل. وتجري هذه العملية وفق مرحلتين، بدءاً بتحديد متغير عشوائي يصف التوزيع الاحتمالي للمدى الذي يفصل بين المحطة MES والمستقبل المتنقل. ثم يقدر احتمال كثافة خاصة لتدفق القدرة pfd باعتباره مصاحباً للمدى الذي ينتج هذه الكثافة pfd وفقاً للقدرة e.i.r.p. في المحطة MES ونموذج الانتشار والعزل المحتمل للمرشاح.

الملاحظة 1 – تعرف دالة كثافة احتمال القدرة (PDF) لمتغير عشوائي الترجيح الاحتمالي لكل من القيم التي قد يحملها هذا المتغير العشوائي. وتساوي تكاملية دالة كثافة الاحتمال الوحدة. وإذا ما حددت دالة جديدة لكل من القيم التي قد يحملها المتغير العشوائي بواسطة تكامل دالة كثافة الاحتمال من ناقص اللانهاية إلى قيمة المتغير العشوائي المعينة، فتكون قد أنشأت دالة التوزيع التراكمي.

3.2.3 دالة كثافة احتمال القدرة pfd في تشغيل متعدد الموجات الحاملة

تطبق دالة كثافة احتمال القدرة pfd المقابلة لهذا التعريف عند تنشيط مرسل محطة MES واحد. وتشتق دوال كثافة احتمال القدرة pfd المصاحبة لمرسلين أو أكثر من المحطات MES، انطلاقاً من دالة كثافة احتمال التشغيل بموجة واحدة وبواسطة طريقة تلافيفية تعرض في الفقرة 7.

4.2.3 احتمال تنشيط مرسلات المحطة MES

يجب أن تخضع توزيعات كثافة تدفق القدرة pfd للاحتمال الفعلي بأن ينشط مرسل واحد أو أكثر من مرسل واحد للمحطة MES وذلك داخل منطقة المستقبل الواجب حمايته. وتتعلق هذه الاحتمالات بسوية الحركة وتمثل عادة بتوزيع "بواسون". ويتوقف هذا الجزء من الحسابات بنمط خطة النفاذ المختار للنظام MSS، إلا أن أقصى احتمالات الإرسال تحدد مع افتراض استعمال فعال جداً للقنوات التي يجعلها مشغل النظام MSS متيسرة للاستعمال.

5.2.3 احتمال التجاوز

يتعلق احتمال التجاوز الفعلي بحصة حركة النظام MSS المغادرة وذلك داخل كفاف الحماية للمستقبل المتنقل. وتساوي في العادة نسبة منطقة تغطية المحطة الفضائية في النظام MSS إلى المنطقة التي يحدها كفاف الحماية نسبة 0,1% أو أقل. ونظراً إلى أنه من المتعذر تحديد التوزيع الفعلي لحركة النظام قبل تشغيل هذا الأخير، فإن الطريقة المذكورة لحساب احتمال التجاوز تبين كيف يحول هذا العامل إلى معلمة. وسوف تسهل هذه الطريقة فهم مدى تأثير سويات الحركة المتوقعة في احتمال تعرض محطة متنقلة لتداخل ضار.

6.2.3 احتمال التجاوز بدلالة التداخل الفعلي

تبالغ في الواقع القيمة المحسوبة لاحتمال التجاوز في احتمالات التداخل الضار للأسباب التالية:

- تفترض الحسابات أن كل وصلة متنقلة تبقى نشيطة سواء كانت في حالة إرسال أم استقبال؛
- تفترض الحسابات أن كل مستقبل متنقل يشغل في أقصى مداه (أدنى عتبة للأداء) ودون هامش إضافي للوصلة. إلا أنه يمكن استعمال التحكم في القدرة في بعض الأنظمة مما يلغي هذا التأثير؛
- تسقط هذه الحسابات قيام الأنظمة MSS التي تستعمل تقنيات تخصيص القناة الدينامي بتجنب ترددات المستقبلات النشطة؛
- سوف ترسل بعض إرسالات المحطات MES رشقات قصيرة قد لا تؤدي إلى فتح جهاز الإسكات في مستقبلات عديدة وقد لا تكون مسموعة إذا ما حدثت في أثناء النشاط الكلامي على قنوات المحادثة. إلا أن الأداء قد يتعرض للانحطاط إذا ما استعملت القناة لإرسال المعطيات أو في وصلة تشوير وذلك مهما كانت مدة الرشقة قصيرة.

4 نموذج الانتشار المرجعي

يشار إلى نموذج مرجعي للوصلة وذلك لغرض تقدير احتمالات التداخل الذي قد تسببه مرسلات الوصلة الصاعدة لنظام LEO MSS في المحطات المتنقلة أو محطات قاعدة (BS) في نطاقات الترددات تحت 1 GHz.

تعتبر خسارة الانتشار المتوقعة دالة لمسافة الفصل بين المرسل والمستقبل. وتعطي المعادلة التالية في تقريب أولي قيمة المجال عند الاستقبال:

$$E(1\text{ kW}) = 70 - 40\log(d) - 10\log(f) + 20\log(h_1 h_2) - 10\log(0.02\,p)\,[1 - \exp(-0.1d)]^2 \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{31}$$

حيث:

f : تردد يقع بين 20 و1 000 MHz

d : طول المسير الواقع بين 1 و600 km

h_1، h_2: ارتفاعات الهوائي الفعلية (m) لهوائي الإرسال وهوائي الاستقبال على التوالي، ولكل واحد منهما قيمة دنيا قدرها 1 m، ويحدد الناتج ($h_1 h_2$) بقيمة قصوى مقدارها 300 m^2

p: النسبة المئوية من الزمن التي يقع في أثنائها تجاوز قيمة المجال، وهي تقع بين 1 و50%

حيث تقدر E بالنسبة إلى قدرة 1 kW مشع بثنائي نصف الموجة (e.i.r.p. dBW 32,15) وينبغي ألا تتجاوز E قيمة المجال المحرر، E_{fs} ، التي ترد في المعادلة dB (μV/m) بواسطة:

$$E_{fs}(1\text{ kW}) = 107 - 20\log(d) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{32}$$

ينبغي تعديل القيمة المحسوبة للمجال حتى تؤخذ قدرة e.i.r.p. للمحطة MES في الاعتبار:

$$E = E(1\text{ kW}) + (P_{mes} - 32{,}15)$$

حيث:

P_{mes}: قدرة e.i.r.p. لمحطة MES (dBW).

وإذا حولت شدة المجال إلى كثافة تدفق القدرة التي ينتجها هذا المرسل عند مسافة d ، نحصل على:

$$pfd(d) = \frac{(E \times 10^{-6})^2}{120\,\pi} \quad \text{W/m}^2 \tag{33}$$

حيث يعبر عن E بواسطة μV/m.

ينبغي، من أجل تقدير احتمال التداخل الذي يسببه مرسل من النظام LEO MSS في محطة متنقلة، أن يستعمل ارتفاع الهوائي بمقدار 10 m^2 . وتأخذ هذه القيمة في الاعتبار إمكانية أن تكون مرسلات النظام LEO MSS محمولة باليد أو مركبة على متن مركبات وليست مثبتة على أبراج. أما في حالة محطات القاعدة في الخدمة المتنقلة وفي حالة المستقبلات المحمولة جواً أو مرسلات النظام MSS، فينبغي أن تستعمل هوائيات أكبر.

5 احتمال إرسالات متعددة من محطة MES

يتوقف احتمال التداخل كما أشير إليه في الفقرة 1.3، على العدد المتوقع لمرسلات المحطات MES العاملة في آن معاً والتي قد تساهم في كثافة تدفق القدرة pfd الكلية الواردة عند مستقبل الخدمة المتنقلة. وتسمح بروتوكولات النفاذ العشوائي (راجع الملاحظة 1)، في بعض المناسبات، بإرسالات متعددة على التردد نفسه في آن واحد وتمثل، من ثم، حالة الحد الأعلى للتداخل الكلي المحتمل في مستقبل محطة متنقلة. ويقدر احتمال تشغيل عدة مرسلات في آن واحد بواسطة توزيع بواسون:

$$P_a(n) = \frac{\Lambda^n}{n!} \cdot \text{e}^{-\Lambda} \tag{34}$$

حيث:

n: عدد المرسلات المشغلة في آن معاً

Λ: متوسط عدد الإرسالات لكل وحدة زمنية.

الملاحظة 1 – تسمى عدة بروتوكولات نفاذ عشوائي ببروتوكولات "ALOHA" وهو اسم نمط محدد من بروتوكولات النفاذ العشوائي.

يحدد النمط الخاص لبروتوكول النفاذ العشوائي المختار قيمة Λ المناسبة. ويسمح استخدام بروتوكولات النفاذ العشوائي ذات الفواصل الزمنية بالحصول على أعلى قيمة للحركة المحمولة أي قيمة قصوى نظرية بنسبة 36,8%، أما الحدود العليا العملية فتبقى مجاورة لنسبة 30%. وهذا ما يقابل قيمة مضاعفة لقيمة الحركة ولقيمة Λ بالنسبة إلى تقنية بسيطة دون فواصل زمنية. ويجب أن تصمم الأنظمة تصميماً يسمح بتشغيلها ضمن قيود الصبيب لبروتوكول النفاذ العشوائي من أجل المحافظة على جودة الخدمة. وبهذا وعلى الرغم من أن فترات قصيرة من تحميل للحركة إلى ما وراء قيم الاستقرار قد تلاحظ أحياناً، إلا أن من المعقول الافتراض بأن تشغيل هذه الأنظمة قد يبقى تحت حدود هذه القيم إذا أراد مشغلوها المحافظة على زبائنهم.

ويؤدي اختيار قيمة $\Lambda = 0{,}4$ في عبارة توزيع بواسون إلى سويات ذروية للحركة يمكن تحقيقها عملياً في بروتوكول النفاذ العشوائي ذي الفواصل الزمنية. ويبين الجدول 1 احتمال تشغيل عدد من المرسلات من 0 مرسل أو 1 أو 2 لغاية 6 أو مرسلات في آن معاً مع قيمة $\Lambda = 0{,}4$. ويكون احتمال تشغيل أكثر من 4 مرسلات في آن معاً 0,00001، وفقاً لهذا الجدول، فتصبح القيمة المناسبة N_t هي 4. إلا أن من الممكن أن ينظر في استخدام قيم أخرى.

الجدول 1

القيم الممثلة لاحتمالات الإرسال من المحطات MES

n	$P_a(n)$	$C_a(n)$[1]	$1 - C_a(n)$
0	0,670320	0,670320	0,329680
1	0,268128	0,938448	0,061552
2	0,053626	0,992074	0,007926
3	0,007150	0,999224	0,000776
4	0,000715	0,999939	0,000061
5	0,000057	0,999996	0,000004
6	0,000004	1,000000	0,000000

(1) $C_a(n)$: دالة توزيع تراكمية لقيم $P_a(n)$.

6 تقدير توزيع احتمالات الكثافة pfd في موجة حاملة واحدة

يقدر توزيع احتمالات الكثافة pfd في موجة حاملة واحدة وفقاً لفرضيتين أساسيتين: أن خسارة الانتشار بين المحطة MES ومستقبل المحطة المتنقلة يتعلق بالمسافة من ناحية وأن توزيع احتمالات كل مسافات الفصل الممكنة معروف. راجع بالنسبة إلى الفرضية الأولى الفقرة 4 المتعلقة بنموذج خسارة الانتشار. أما بالنسبة إلى الفرضية الثانية فتستعمل كثافة منتظمة للمحطات MES (عدد المطاريف في المتر المربع). ويمكن استعمال توزيعات أكثر تعقيداً لكن اختيارها قد يفترض ضمناً أن خاصية معينة لمستقبل الخدمة المتنقلة – ولا ترتبط هذه الظاهرة بترتيب مواقع المحطات MES – قد تؤثر في توزيع هذه المحطات MES.

ويثبت بسهولة أن كثافة منتظمة لمحطات MES تنتج دالة لكثافة الاحتمال من نمط المنحدر بالوحدات خاصة بالمتغير العشوائي الذي يصف الفصل بين المحطات MES ومستقبل الخدمة المتنقلة. وتبنى هذه الدالة المنفصلة لكثافة الاحتمال على النحو التالي:

$$P_S(d_i) = 2d_i / R^2 \tag{35}$$

حيث:

d_i: القيم المنفصلة لمسافات الفصل

R: نصف قطر مسافة التنسيق التي تحيط بمستقبل الخدمة المتنقلة (km).

وينبغي أن يحسب تمييز المرشاح بالنسبة إلى إرسال محطة MES عند مستقبلات المحطة المتنقلة من أجل تخالفات بقيمة 2,5 kHz انطلاقاً من تردد اشتغال مستقبل الخدمة المتنقلة.

وينشأ صفيف من القيم مع دليل مقابل لقيم كثافة القدرة pfd بينما تقابل قيم الصفيف قيم الاحتمالات. وتثبت كل القيم الأولية عند الصفر.

تستعمل كل قيمة من قيم المسافة كثافة احتمالات الفصل من أجل حساب كثافة pfd يوهنها تمييز الترشيح عند كل موقع من مواقع التخالف 2,5 kHz. وتقسم قيمة الاحتمال المصاحبة للمسافة على عدد حسابات تمييز المرشاح المنفصلة وتضاف إلى قيمة الاحتمال المصاحبة من قبل للكثافة pfd المحسوبة. وتتكرر هذه العملية على امتداد جميع القيم ذات الدلالة الإحصائية وذلك لاستحداث تابع كامل لتوزيع الاحتمال ويعبر عن هذا الحساب في المعادلة التالية:

$$\sum_{i=0}^{N_i} \sum_{j=0}^{N_f} P_{pfd}\left(\frac{pfd(d_i)}{A_j}\right) + = \frac{P_S(d)}{N_f} \tag{36}$$

حيث:

A_j: تمييز المرشاح $j \times$ kHz 2,5 من التردد المركزي في المستقبل المتنقل

N_f: عدد قنوات التردد التي يستعملها نظام MSS.

يشير الرمز "= +" إلى إضافة العبارة في يمين المعادلة إلى المحتوى الحالي للمتغير عند الجانب الأيسر من المعادلة.

7 تقدير التوزيع الاحتمالي لكثافة القدرة pfd في التشغيل متعدد الموجات الحاملة

تقدر توزيعات احتمالات الكثافة pfd بتعدد الموجات الحاملة تقديراً تكرارياً يبدأ بالتوزيع pfd مع موجة حاملة واحدة المشار إليه أعلاه. ويستند ذلك إلى المبدأ القائل بأن التوزيع pfd لكل مرسل محطة MES واحد لا يتغير وأن إرسالات المحطة MES مستقلة حسابياً.

توصف عملية حساب القدرة pfd في خوارزمية إذ إن الحاسوب وحده يسمح بحساب التوزيعات بطريقة مبسطة. ويعتبر وجود توزيعين pfd منفصلين على شكل صفيفين من القيم P_{pfd1} وP_{pfd2}. وتجدر الإشارة إلى أن القيم pfd تقابل، عبر الدليل، قيم الصفيف بينما تساوي قيمة الاحتمال المصاحبة لسوية pfd معينة قيمة الصفيف بالنسبة إلى هذا الدليل.

وينشأ عندئذ صفيف ثالث P_{pfd3} مع مدى كاف لتغير الدليل يسمح بترتيب قيم pfd ابتداء من أدنى قيمة في توزيعات الدخول إلى مجموع أعلى القيم في توزيعات الدخول، وتثبت كل قيم هذا الصفيف الثالث عند الصفر. وتحسب عندها العبارة التالية بالنسبة إلى كل قيم مؤشرات الدليل من أجل الحصول على التوزيع الكامل للكثافة pfd.

$$\sum_{i=0}^{I_{max}} \sum_{j=0}^{J_{max}} P_{pfd3}(pfd_i + pfd_j) \; + = \; P_{pfd1}(pfd_i) \cdot P_{pfd2}(pfd_j) \tag{37}$$

وهذا يعني أن توزيع الكثافة pfd بالنسبة إلى موجتين حاملتين مشتق من التوزيع بموجة حاملة واحدة. وتشتق التوزيعات متعددة الموجات الحاملة من تركيبة مناسبة لتوزيعات خاصة بعدد أقل من الموجات الحاملة. فيشتق مثلاً التوزيع الخاص بخمس موجات حاملة من خلال ضم التوزيعات بموجتين حاملتين وثلاث موجات حاملة أو بأربع موجات حاملة وموجة واحدة وفقاً للطريقة المذكورة أعلاه.

8 تحديد احتمالات الإرسال من محطة MES

يسمح توزيع بواسون بتقدير احتمالات أن يشغل مرسل واحد لمحطة MES أو أكثر من مرسل أثناء وحدة معينة من الزمن. وتعرض الفقرة 5 الصيغة الخاصة بهذه العملية. وهذا ما يحدد توزيع الاحتمالات pfd من أجل عدد n من الموجات الحاملة بالنسبة إلى الاحتمالات الحالية لتنشيط عدد n من المرسلات في آن واحد. ويحدد المتغير Λ المعرف غالباً بشدة الحركة، الشكل الخاص لتوزيع بواسون.

وتقدر سويات شدة الحركة اللازمة لتحديد التداخل الكامن في الأنظمة MSS وفقاً لنسبة الحركة الكلية المرسلة إلى المحطة الفضائية في النظام MSS والتي تولد داخل المنطقة المحلية للمحطة المتنقلة الواجب حمايتها. وتجدر الإشارة إلى أن هذه الشروط العملية لتنفيذ النظام تحدد أقصى قيمة للمتغير Λ في توزيع بواسون بالقيمة 0,4 بينما يحدد تأثير نسبة مئوية معينة من الحركة الكلية من خلال تنقيص قيمة Λ القصوى بالنسبة المئوية نفسها.

فإذا كان من المتوقع مثلاً أن تكون نسبة الحركة المولدة في المنطقة المحلية للمحطة المتنقلة مساوية لنسبة المنطقة المحلية المعنية إلى منطقة التغطية الكلية لحزمة نمطية لساتل على مدار منخفض LEO (0,002)، فينبغي أن تستعمل قيمة Λ تساوي 0,0008. ويجب، في التطبيق العملي، أن يؤخذ عامل يصل إلى 50 من أجل مراعاة التأثيرات الجغرافية الذروية.

9 حساب احتمالات التجاوز

يمكن أن تدمج الحسابات الإحصائية السابقة من أجل تحديد احتمالات تجاوز قيمة معينة لعتبة الكثافة pfd وسويات محددة لكثافة حركة المحطة MES المحلية. ويوصى بأن تقدر العبارة المتضمنة في هذه الفقرة بالنسبة إلى سلسلة من هذه المعلمات نظراً إلى مدى التشكيك الخاص بكل منها. وينبغي أن تستعمل العبارة التالية من أجل تحديد قيمة احتمالات التجاوز التي تصاحب هذه المعلمات.

$$P_e(\Lambda,\tau) = \sum_{i=1}^{N_t} \frac{\Lambda^n}{n!} \cdot e^{-\Lambda} \cdot \left(1 - \sum_{-\infty}^{\tau} P_{pfdn}(pfd)\right) \quad (38)$$

التذييل 1
بالملحق 2
مثال تطبيق لمنهجية الحساب

1 مقدمة

يعطي هذا التذييل مثالاً لتطبيق المنهجية المشار إليها في هذه التوصية. ويتميز النمط الخاص من المحطات MES قيد الدراسة بالخصائص التالية:

- أقصى قدرة e.i.r.p.: dBW 9
- عرض نطاق التشكيل: $<$ kHz 4
- تردد الإرسال: حوالي MHz 150
- عرض نطاق عمل نظام MSS: حوالي MHz 2.

يقدم لاحقاً وصف تقنية التخصيص الدينامي للقنوات المقترحة للأنظمة MSS المشغلة تحت GHz 1، وتليه نتائج الحسابات المعروضة في هذه المنهجية.

ويفترض المثال العزل التالي بين مرسل المحطة MES ومستقبل المحطة المتنقلة MS بخصوص تخالف الترددات بالنسبة إلى تردد تشغيل هذا المستقبل. ونفترض فيما يتعلق بإرسالات المحطة MES التي يفوق تخالف الترددات فيها kHz 12,5 بالنسبة إلى تردد مستقبل المحطة المتنقلة، عزلاً قدره dB 23.

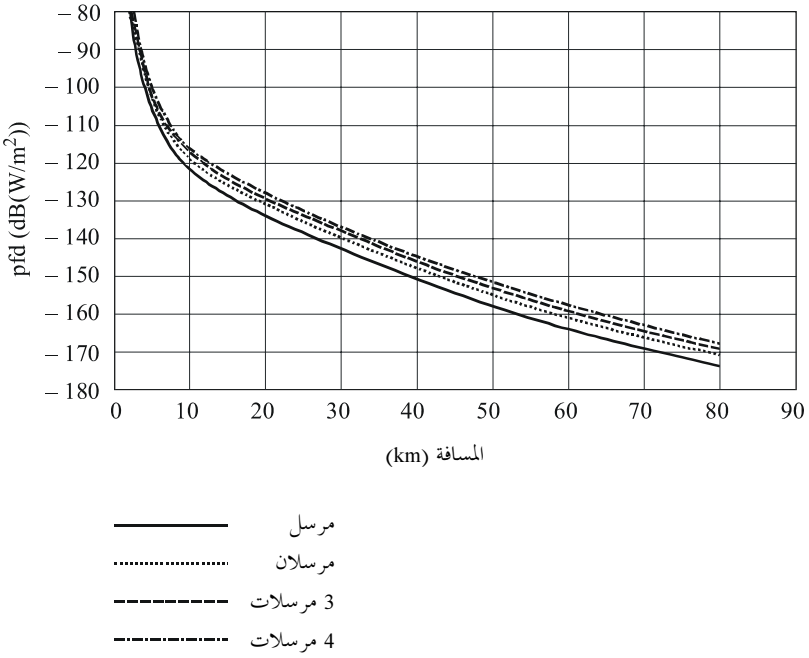
الفصل (kHz)	العزل (dB)
0	0
2,5	0
5,0	0
7,5	2
10,0	8
12,5	23

2 حساب كفاف الحماية

يمكن، بالنسبة إلى نموذج معين لخسارة الانتشار وقيمة قصوى للقدرة e.i.r.p. التي ترسلها محطة MES، أن تحسب الكثافة pfd بدلالة المسافة كما تشير إليه الفقرة 4 من الملحق 2 بهذه التوصية. وتستعمل p في هذا المثال بالقيمة التالية : p = 1%. ويمثل الشكل 9 الكثافة pfd بدلالة المسافة في حالة تشغيل مرسل لمحطة MES إلى 4 مرسلات في آن معاً. والقيمة 4 هي القيمة المختارة لـــ N_t وهي أقصى عدد متوقع للمرسلات على تردد معين كما تشير إليه الفقرة 5 من الملحق 2.

الشكل 9

الكثافة pfd بدلالة المسافة



وفقاً للشكل 9 ، يتبين أن من الممكن تجاوز سوية حماية بقيمة –140 dB (W/(m² · 4 kHz)) عند وجود:

- مرسل على مسافة 27 km؛
- مرسلين على مسافة 30 km؛
- ثلاثة مرسلات على مسافة 33 km؛
- أربعة مرسلات على مسافة 35 km.

ومن ثم ينبغي أن يعرف كفاف التنسيق من أجل مسافة 34 km ومقياس للحماية بقيمة –140 dB (W/(m² · 4 kHz)) .

وإذا كان تجاوز سوية الحماية ممكناً، فيجب أن تحدد احتمالات هذا التجاوز. ويصار إلى هذا التحديد من خلال تحليل الاحتمالات المعروض في الفقرات 6 إلى 9 من الملحق 2.

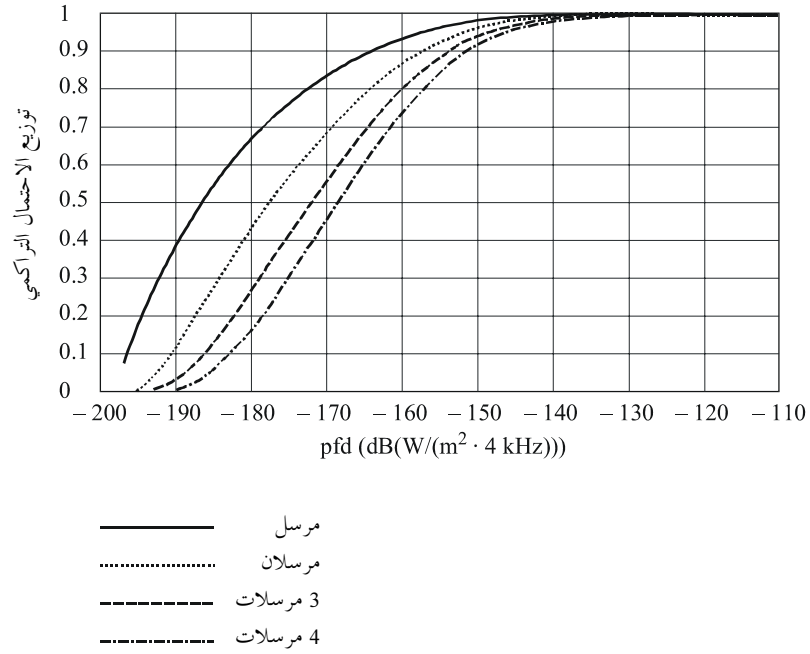
3 توزيعات كثافة تدفق القدرة (pfd)

يوضح الشكل 10 نتائج اشتقاق توزيع الاحتمالات للكثافة pfd بناء على e.i.r.p. بقيمة 9 dBW مرسلة من المحطة MES، وبالنسبة إلى تشغيل بموجة حاملة واحدة أو 2 أو 3 أو 4. وقد حسب التوزيع داخل كفاف للتنسيق من 80 km، أي القيمة المختارة لمقياس من الحماية –150 dB(W/(m² · 4 kHz)). وتتمثل النتائج في دوال للتوزيع التراكمي. وتقدر قيمة كثافة تدفق

القدرة الأكثر انخفاضاً لدالة التوزيع التراكمي –174 (dB(W/(m^2 · 4 kHz)). وتعد هذه القيمة تركيبة كثافة القدرة –174 (dB(W/(m^2 · 4 kHz)) مشتقة من أسلوب الانتشار وعزل الترددات 23 dB.

الشكل 10

توزيعات الاحتمال التراكمي
لمرسلات 1 أو 2 أو 3 أو 4 للنظام MES



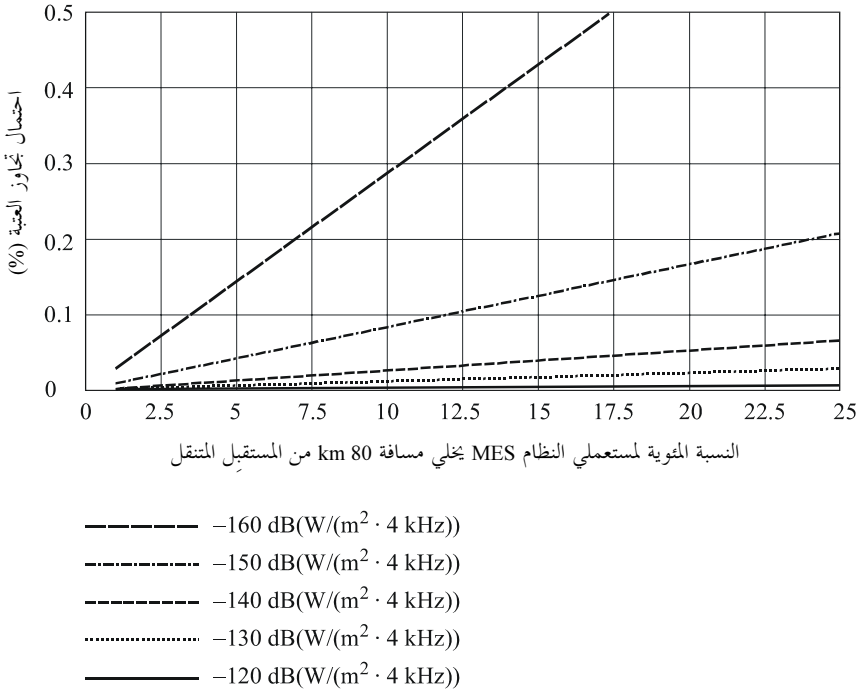
يمكن تحديد احتمال عدم تجاوز مقياس الحماية معبراً عنه بكثافة تدفق القدرة في حالة تنشيط عدد *n* من المرسلات وذلك من خلال تحديد دالة التوزيع التراكمي بالنسبة إلى هذه الكثافة لتدفق القدرة وإلى عدد *n* من الموجات الحاملة. ويساوي احتمال تجاوز العتبة 1 ناقصاً هذه القيمة. ويتعلق احتمال حدوث هذا التداخل باحتمال تنشيط عدد *n* من المرسلات كما تصفه الفقرة التالية.

4 احتمالات التداخل

تتعلق الاحتمالات الفعلية للتداخل في مستقبل معين بالنسبة الكلية من حركة النظام MSS التي تلاحظ داخل منطقة المستقبل المحلية. ويشير الشكل 11 إلى نسبة الحركة التي ينبغي لها أن تصدر عن المنطقة المحلية للمستقبل المتنقل، لكي تؤدي إلى احتمال معين من التداخل. فإذا حددت، مثلاً، سوية الحماية عند كثافة pfd بقيمة –130 (dB(W/(m^2·4 kHz))، فينبغي لنسبة مئوية من 90% من العدد الإجمالي للمحطات الأرضية المتنقلة أن تقع ضمن مسافة 80 km من المستقبل قبل أن يتجاوز احتمال التداخل نسبة 1%.

الشكل 11

احتمال تجاوز العتبة كدالة للنسبة المئوية لمستعملي النظام MSS يغطي مسافة 80 km من المستقبل المتنقل



كذلك تبين هذه النتائج أن قطر منطقة خدمة الساتل الواحد، في نظام MSS يعمل على ارتفاعات مدارية يتراوح مداها من 700 إلى 900 km، يبلغ تقريباً 5 000 km. وتمثل المنطقة التي تغطي مساحتها 80 km والتي ترد في المثال، $(80 \times 2/5\,000)^2$ = 0,1% من منطقة خدمة الساتل. ومن المحتمل، إذا وزعت محطات MES بانتظام في منطقة الخدمة، أن يوجد 0,1% من محطات MES في منطقة 80 km حول المستقبل المتنقل، وحسب ما يتضح من الشكل 11، ينبغي ألا يتجاوز معيار التردد –130 dB(W/(m^2 · 4 kHz)) إلا في مدة 0,0001% من الوقت. وإذا وزعت محطات MES بحيث تحتوي المنطقة التي تغطي 80 km حول المستقبل المتنقل بصفة عشوائية 20 مرة نسبة محطات MES الموزعة بانتظام، فلن يُتجاوز معيار –130 dB(W/(m^2 · 4 kHz)) إلا في مدة 0,0022% من الوقت. ومن ثم، يعد احتمال تجاوز معيار –130 dB(W/(m^2 · 4 kHz)) ضعيفاً، حتى في حالة الفرضيات الحذرة التي تتعلق بتوزيعات محطات MES.

الملحق 3

نمذجة إحصائية لتقاسم الترددات بين محطات الخدمة المتنقلة والمحطات الأرضية للأنظمة الساتلية المتنقلة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض مصحوبة بتوزيعات أولية (أرض – فضاء) تحت GHz 1

1 مقدمة

يصف هذا الملحق طرق نمذجة تقاسم الطيف بين مرسلات المحطات الأرضية لنظام MSS والخدمات المتنقلة. وتُعطى النماذج الإحصائية بالنسبة إلى التداخلات التي قد تسببها مرسلات المحطات الأرضية لنظام MSS في مستقبلي الخدمة المتنقلة وبالنسبة إلى توافر القنوات أرض – فضاء عند تقاسم نظام MSS للترددات مع أنظمة الخدمة المتنقلة.

وعادة ما تختص الخدمات المتنقلة المستعملة تحت GHz 1 بحاملات إشارات صوتية ومعطيات مُحولة تماثلياً أو رقمياً وتُخصص على مجموعة من القنوات ذات التباعد المنتظم. وتتمثل قيم تباعد القنوات في: 6,25 kHz و12,5 kHz و25 kHz . وترسل أنظمة MSS التي تستعمل عادة ترددات متقاسمة في الاتجاه أرض – فضاء، رشقات قصيرة بشكل تناوبي (عامل استعمال ضعيف). ويبين الملحق 2 من هذه التوصية إمكانية أن يصل طول الرشقات إلى 500 ms، وقد اقترحت مدة 1%، تتكون من 1 إلى 15 دقيقة. وأحياناً تستعمل أنظمة MSS العاملة تحت GHz 1 خوارزمية تخصيص دينامي للقنوات (على سبيل المثال، الخوارزمية الواردة في الملحق 4)، تُمكن المحطة الفضائية من التعرف على القنوات التي لا تشْغلها المحطات المتنقلة التي تتقاسم الطيف. ويراقب مستقبل الساتل نطاق الترددات المتقاسمة بأكمله ويحدد أجزاء الطيف التي يستعملها كل من نظام الخدمة المتنقلة والوصلات الصاعدة لسواتل نظام MSS العاملة بمدار غير مستقر بالنسبة للأرض. ويحد مستقبل مسح النطاقات الذي يقع على متن الساتل بشكل كبير من احتمالات التداخل التي تسببها محطات MES في مستقبلي الخدمة المتنقلة. إلا أن تقنية التخصيص الدينامي للقنوات لا تتمكن، في العديد من الحالات، من التعرف على قناة خدمة متنقلة نشيطة:

- سوية قدرة نظام الخدمة المتنقلة أقل من عتبة كشف مستقبل مسح الساتل؛
- انسداد المسير بين مرسل الخدمة المتنقلة والساتل؛ وبالتالي تكون سوية الإشارة المستقبلة ضعيفة جداً بحيث لا يتم الكشف عنها؛
- بدء مرسل الخدمة المتنقلة في العمل على قناة يستعملها نظام MSS في آن معاً، مع أنه قد سبق تعيينها كقناة محررة.

وتسمح الطريقة المشار إليها في الفقرة 2 من هذا الملحق بحساب احتمال التداخل الذي يسببه مستقبل الخدمة المتنقلة بواسطة إرسالات المحطة MES في نظام MSS وحيد، دون استعمال تقنية التخصيص الدينامي للقنوات.

وتتمثل الإمكانية الأخرى للتداخل المتبادل في الحالة التي تسبب فيها إرسالات الخدمة المتنقلة التداخل في مستقبل المحطة الفضائية لنظام MSS. ويمكن تفادي هذا النوع من التداخل بفضل مستقبل مسح النطاقات لنظام MSS الذي يحدد القنوات أرض – فضاء التي تستعملها محطات MES. وتعرض الفقرة 3 من هذا الملحق طريقة إحصائية يمكن استعمالها لضمان عدد كاف من القنوات المحررة اللازمة لتسيير إرسالات MSS أرض – فضاء. إلا أنه لا يمكن استبعاد خطر بدء مرسل الخدمة المتنقلة في استعمال قناة محررة مسبقاً في الوقت الذي ترسل فيه محطة MES على القناة نفسها، وهو ما قد يسبب التداخل في مستقبِل المحطة الفضائية.

2 النمذجة الإحصائية للتداخلات التي تسببها محطات MES للأنظمة الساتلية المتنقلة غير المستقرة بالنسبة إلى لأرض في محطات الخدمة المتنقلة

يحدد النموذج الإحصائي التالي احتمال التداخل دون استعمال تقنية التخصيص الدينامي للقنوات. وتقدم فرضية الحالة الأسوأ هذه حداً أعلى للاحتمال الحقيقي لتداخل شبكة وحيدة من نظام MSS العامل بمدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض مصحوباً بتخصيص دينامي للقنوات.

وتتمثل معلمات المدخلات فيما يلي:

أ) خطة ترتيب قنوات الخدمة المتنقلة (25، 12,5 أو 6,25 kHz)

تُستعمل لتحديد التردد المركزي للوصلة المتنقلة وعرض النطاق IF للمستقبل كما يرد ذلك في الجدول 2.

الجدول 2

خطط نمطية لترتيب قنوات الخدمة المتنقلة

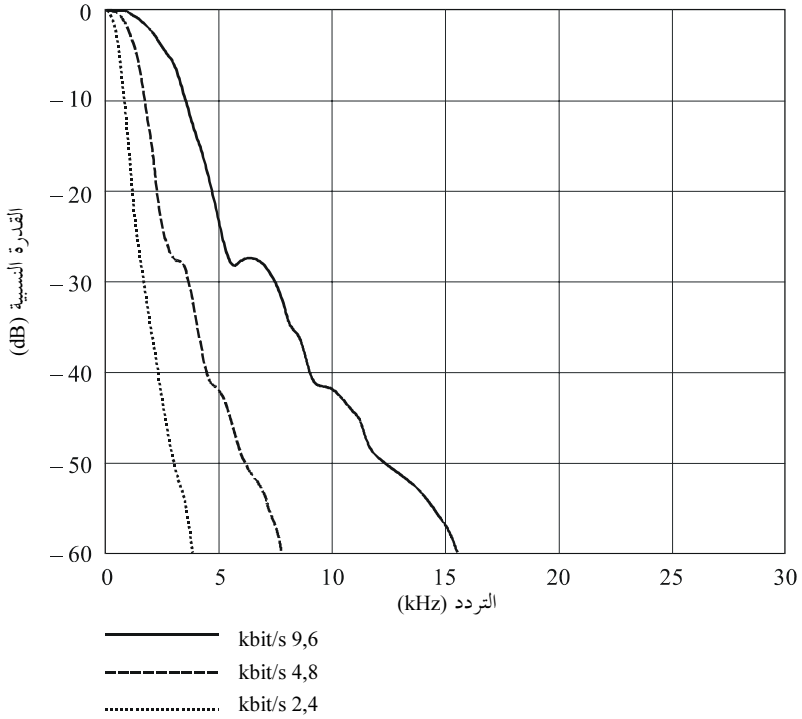
خطة ترتيب القنوات (kHz)	عرض النطاق IF (kHz)
25	16
12,5	8
6,25	4

ب) معدل المعطيات في الوصلات الصاعدة لمحطات MES (9,6، 4,8 أو 2,4 kbit/s)

يُستعمل لتحديد طيف إرسال محطات MES (الشكل 12) وقدرة الإرسال (الجدول 3).

الشكل 12

أقنعة إرسال إشارة المحطة MES



الملاحظة 1 – هذه الأقنعة مبينة من أجل تشكيل QPSK تخالفي. ويمكن استعمال أنماط أخرى. وعندما يستحدث نموذج معياري يوصي به القطاع ITU-R ينبغي عندئذ استعمال قناع الإشارة الموصى به.

1039-12

الجدول 3

أمثلة عن القدرات التي ترسلها المحطة MES

معدل المعطيات (kbit/s)	قدرة الإرسال [1] (W)
9,6	7
4,8	3,5
2,4	1,75
[1] قدرة إرسال كافية للحصول على القدرة اللازمة في القناة أرض – فضاء عند الاستقبال بواسطة الساتل.	

ج) التوزيع (المنتظم أو التجميعي) لمحطات MES

تتوزع محطات MES، في حالة التوزيع المنتظم، بصورة منتظمة في المنطقة الأرضية الواقعة داخل حزمة الوصلة الصاعدة لساتل نظام MSS. وفي حالة التوزيع التجميعي، تكون كثافة احتمال محطات MES الموزعة داخل حزمة الساتل متناسبة تقريباً مع الكثافة السكانية.

د) الانتقاء (العشوائي أو البيني) للقنوات من طرف محطة MES

يتم انتقاء قنوات الوصلة الصاعدة لنظام MSS، في حالة خوارزمية الانتقاء العشوائي، بصورة عشوائية على مدى 2,5 kHz من نطاق الترددات التي يتعين تقاسمها (على سبيل المثال، 1 MHz). أما فيما يتعلق بخوارزمية الانتقاء "البيني"، فإن قنوات الوصلة الصاعدة لنظام MSS تكون محددة بمواقع ترددات "بينية"، بين قنوات الخدمة المتنقلة.

وفيما يتعلق بمجموعة معينة من معلمات المدخلات، يجرى عدد كاف من الاختبارات تدوم نصف ثانية لضمان اعتمادية حساب احتمال التداخل. (يعتبر عدد المحاولات كافياً إذا لم يتغير احتمال التداخل تغيراً كبيراً عندما نقوم بمضاعفة عدد المحاولات). ويتعين اتباع المراحل التالية عند كل اختبار تبلغ مدته نصف ثانية:

المرحلة 1: انتقاء عشوائي لموقع مرسل الخدمة المتنقلة، كمركز لمدينة من بين 20 مدينة ذات الكثافة الأعلى داخل حزمة الوصلة الصاعدة لساتل نظام MSS. (يمكن ضبط عدد المدن الأكثر كثافة من أجل الحصول على قيمة ممثلة لتوزيع السكان داخل حزمة الوصلة الصاعدة لساتل نظام MSS. وبصفة عامة، تبلغ مساحة منطقة التغطية النموذجية لحزمة الساتل 12 مليون km^2.)

المرحلة 2: انتقاء عشوائي لموقع مستقبل الخدمة المتنقلة باستعمال توزيع دائري لكثافة تدفق القدرة بين موقع المرسل (0 km) وحافة التغطية (R_C). (يقع مستقبل الخدمة المتنقلة، حسب تعريف التوزيع الدائري لكثافة تدفق القدرة بصورة متساوية الاحتمال في أي مكان داخل منطقة التغطية الدائرية.)

المرحلة 3: انتقاء عشوائي لتردد مركزي لوصلة الخدمة المتنقلة، CF_{MS}، في عرض نطاق 1 MHz من خطة ترتيب قنوات الخدمة المتنقلة.

المرحلة 4: تحديد عرض النطاق IF لمستقبل الخدمة المتنقلة، B_{IF}، انطلاقاً من خطة ترتيب القنوات.

المرحلة 5: حساب المسافة، d_{MS}، الفاصلة بين مرسل الخدمة المتنقلة ومستقبل الخدمة المتنقلة.

المرحلة 6: انتقاء عشوائي من أجل 128 محطة MES نشيطة في كل نصف ثانية في حزمة الساتل بواسطة توزيع الدخل، توزيع منتظم أو تجميعي، وهو ما يتوافق مع حوالي 22 مليون إرسال لنظام MSS في اليوم الواحد متأت من منطقة تغطية الحزمة، ويفترض ذلك أن يعمل نظام non-GSO MSS بنسبة 100% من إمكاناته النظرية. ويعد ذلك فرضية أخرى

من فرضيات الحالة الأسوأ. (يقع اختيار عدد محطات MES النشيطة بحيث يتطابق عدد الإرسالات على الوصلات الصاعدة مع الإمكانية الاسمية لنظام non-GSO MSS. ويتغير هذا العدد بحسب إمكانية شبكة MSS.)

المرحلة 7: حساب المسافات، $d_{MES\text{-}MS}$ ، التي تفصل بين محطات MES ومستقبل الخدمة المتنقلة (MS).

المرحلة 8: انتقاء عشوائي للترددات المركزية CF_{MES}، في نطاق 1 MHz لكل واحدة من محطات MES مع تطبيق طريقة انتقاء الدخل، منتظمة أو "بيْنية".

المرحلة 9: تحديد طيف القدرة المشعة المتناحية المكافئة لمحطة MES، $e.i.r.p._0(f)$، انطلاقاً من معدل المعطيات المنتقاة.

$e.i.r.p._0(f)$: كثافة طيفية للقدرة المقيسة لإرسالات MES. ويحتوي الشكل 12 على تمثيل رياضي للمنحني المناسب.

المرحلة 10: حساب نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء زائد التداخل على النحو التالي:

$$C/(N+I) = \frac{\dfrac{10^{PR/10} \times k\,T\,B_{IF} \times (R_C)^4}{d_{MS}^4}}{k\,T\,B_{IF} + \displaystyle\int_{CF_{MS}-\frac{B_{IF}}{2}}^{CF_{MS}+\frac{B_{IF}}{2}} \sum_{MESs} \frac{\beta\, e.i.r.p._0(CF_{MES}-f)}{d_{MES\text{-}MS}^4}\, df} \tag{39}$$

حيث:

PR: نسبة حماية مستقبل الخدمة المتنقلة (dB)

k: ثابت بولتزمان ($1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K)

T: حرارة مستقبل الخدمة المتنقلة (K)

B_{IF}: عرض نطاق IF لمستقبل الخدمة المتنقلة (Hz)

R_C: المسافة الفاصلة بين محطة القاعدة للخدمة المتنقلة وحافة التغطية (m)

d_{MS}: المسافة الفاصلة بين مرسل الخدمة المتنقلة ومستقبل الخدمة المتنقلة (m)

CF_{MS}: تردد مركزي لقناة الخدمة المتنقلة (Hz)

$MESs$: عدد المرسلات النشيطة لمحطة MES

β: $(h_{MES})^2 \times h_{MS}^2 \times g_{MS} \times p_{MES} \times D_{MS}$

h_{MES}: ارتفاع هوائي محطة MES (m)

h_{MS}: ارتفاع هوائي استقبال محطة الخدمة المتنقلة (m)

g_{MS}: كسب رقمي لهوائي استقبال الخدمة المتنقلة

p_{MES}: قدرة مرسل المحطة MES (W)

D_{MS}: عامل تمييز الاستقطاب لهوائي استقبال الخدمة المتنقلة مقابل إشارات المحطة MES (عامل رقمي، أقل أو مساو لواحد)

$e.i.r.p._0(f)$: كثافة طيفية للقدرة المشعة المتناحية المكافئة للمحطة MES التي تم تحديدها في المرحلة 9 والواردة أعلاه (W/Hz)

CF_{MES}: *تردد مركزي لكل مرسل MES (Hz)*

f: *تردد* (Hz)

$d_{MES\text{-}MS}$: المسافة الفاصلة بين مرسل المحطة MES ومستقبل الخدمة المتنقلة (m).

تستعمل المعادلة $C/(N + I)$ أسلوب الانتشار الذي تعبر عنه المعادلة (31) بقيم مجال متوسطة $p = 50\%$.

المرحلة 11: إذا كانت المعادلة $C/(N + I)$ أقل من العتبة الاسمية لمستقبل الخدمة المتنقلة، نخْلصُ إلى عدم وقوع تداخل.

يتمثل احتمال التداخل في نسبة عدد الاختبارات التي ينتج عنها التداخل بالنسبة إلى العدد الكلي للاختبارات. وتمثل هذه النتيجة احتمال تداخل مستقبل الخدمة المتنقلة التي تستقبل الإرسالات على نحو مستمر.

وعندما تكون حمولة حركة الخدمة المتنقلة ضعيفة، ينقص احتمال تداخل مستقبل الخدمة المتنقلة بواسطة عامل إرلنغ الذي يطابق القناة.

وإذا أردنا نمذجة النسبة $C/(N + I)$ ، مع قيم p مختلفة عن 50%، يتعين تعديل المعادلة (39) الواردة أعلاه والأخذ بعين الاعتبار تغيرات الخسارة على المسير حسب p والمسافة (راجع نموذج الانتشار في المعادلة (31)).

3 نمذجة التداخل الذي تسببه محطات الخدمة المتنقلة في سواتل non-GSO MSS

تستعمل شبكات non-GSO MSS بنطاق ضيق تقنيات التخصيص الدينامي للقنوات لتفادي استعمال هذه القنوات بصفة نشيطة. وهكذا، طالما أن نظام التخصيص الدينامي للقنوات يتعرف بدقة على كافة القنوات النشيطة للخدمة المتنقلة، فلن تقوم الوصلات الصاعدة لنظام non-GSO MSS بالإرسال إلا على قنوات بمنأى عن احتمال التداخل الذي تسببه محطات الخدمة المتنقلة. ويسمح هذا النموذج بمعرفة إذا كان هناك عدد كاف من القنوات المحررة وغير المستعملة لدعم عمليات non-GSO MSS.

وتُحدد المحاكاة عدد محطات الخدمة المتنقلة في حزمة الساتل الذي بإمكانه أن يعمل في الطيف المتقاسم مع الإبقاء دوماً على متوسط ست قنوات على الأقل لكل ساتل فيما يخص الوصلات الصاعدة لنظام non-GSO MSS. وتُحدد فرضية الحالة الأسوأ حداً أدنى لعدد محطات الخدمة المتنقلة التي يمكن أن تعمل في الطيف المتقاسم مع السماح لشبكة non-GSO MSS بالعمل بنسبة 36% من إمكاناتها النظرية. (يسمح اختيار عدد المحطات الصاعدة لكل ساتل بتشغيل كل ساتل عند إمكاناته الاسمية.)

وتتمثل معلمات الدخل في:

أ) خطة توزيع قنوات الخدمة المتنقلة (25، 12,25 أو 6,25 kHz)

تستعمل بهدف تحديد شبكة الترددات المركزية لمحطة الخدمة المتنقلة وطيف الإرسال في الخدمة المتنقلة المبينة في الشكل 13.

ب) معدل المعطيات على الوصلة الصاعدة لمحطة MES (9,6، 4,8 أو 2,4 kbit/s)

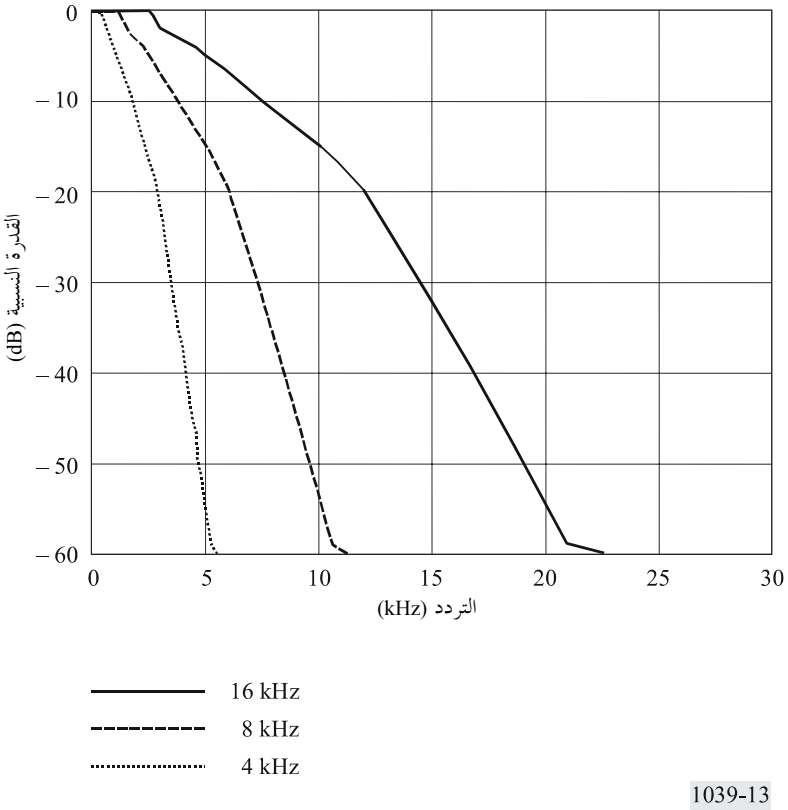
يستعمل من أجل تحديد شبكة الترددات المركزية للوصلات الصاعدة لنظام non-GSO MSS المبينة في الجدول 4.

ج) جزء الطيف المتقاسم (1 MHz أو 5 MHz)

د) متوسط عامل نشاط محطات الخدمة المتنقلة (0,01، 0,003، 0,001 أو 0,0003 E).

الشكل 13

أقنعة إرسال إشارة محطة الخدمة المتنقلة



الجدول 4

عرض النطاقات النمطية لقناة الوصلة الصاعدة لمحطة MES

عرض نطاق القناة (kHz)	معدل المعطيات (kbit/s)
9,6	15
4,8	10
2,4	5

بالنسبة لكل مجموعة من معلمات الدخل، يتعين اتباع المراحل التالية :

المرحلة 1: تحديد العدد الأولي لمحطات الخدمة المتنقلة عند 1 000.

المرحلة 2: توزيع محطات الخدمة المتنقلة بشكل عشوائي في المنطقة التي تغطيها حزمة الوصلة الصاعدة للساتل.

المرحلة 3: تحديد القدرة المشعة المتناحية المكافئة لمرسلات الخدمة المتنقلة، $[e.i.r.p._0(f)]_{MS}$ بالاستناد إلى خطة ترتيب قنوات الخدمة المتنقلة.

حيث:

$$[e.i.r.p._0(f)]_{MS} = e.i.r.p._{MS} \times PSD_0(f) \quad (40)$$

$e.i.r.p._{MS}$: القدرة المشعة المتناحية المكافئة لمحطة الخدمة المتنقلة

$PSD_0(f)$: الكثافة الطيفية للقدرة المقيسة لإرسالات الخدمة المتنقلة، ويحتوي الشكل 13 على تمثيل رياضي للمنحني المناسب.

المرحلة 4: تحديد عرض النطاق، BW، للقناة على الوصلة الصاعدة لنظام الساتل non-GSO MSS بحسب معدل معطيات محطة MES على الوصلة الصاعدة.

المرحلة 5: القيام، بالنسبة إلى كل اختبار، بتحويل زمني لمجموعة الساتل non-GSO MSS وإجراء عدد كاف من الاختبارات للتحقق من صحة حساب عدد محطات الخدمة المتنقلة. وتتبع الخطوات التالية:

مرحلة فرعية 1: القيام باختيار عشوائي، بالنسبة إلى كل محطة من محطات الخدمة المتنقلة، لتردد مركزي للإرسال، CF_{MS} ، ضمن الترددات المتقاسمة (1 MHz أو 5 MHz)، في خطة ترتيب دخل قنوات الخدمة المتنقلة.

مرحلة فرعية 2: حساب زحزحة التردد الناتجة عن الإزاحة الدوبلرية، $\Delta f_{Doppler}$، بالنسبة إلى كل محطة من محطات الخدمة المتنقلة وكل ساتل non-GSO MSS، مع مراعاة السرعة النسبية للمرسل والمستقبل. ويُعطَى التخالف بواسطة إزاحة دوبلرية على مستوى المستقبل على النحو التالي:

$$\Delta f_{Doppler} = (v/c) F_0 \tag{41}$$

حيث:

$\Delta f_{Doppler}$: تخالف ناجم عن إزاحة دوبلرية (Hz)

v: سرعة نسبية بين المرسل والمستقبل (m/s)

c: سرعة الضوء (3×10^8 m/s)

F_0: تردد الإرسال (Hz).

مرحلة فرعية 3: حساب نسبة التداخل إلى الضوضاء، بالنسبة إلى كل ساتل non-GSO MSS وبالنسبة إلى كل تردد مركزي لقنوات الوصلة الصاعدة لنظام non-GSO MSS، CF_{CH} ، ضمن الطيف المتقاسم، على النحو التالي:

$$(I/N)_{CH} = \frac{\varepsilon}{BW} \cdot \int_{CF_{CH} - \frac{BW}{2}}^{CF_{CH} + \frac{BW}{2}} \sum_{MSs} \left(e.i.r.p._0(CF_{MS} + \Delta f_{Doppler} - f) \right)_{MS} df \tag{42}$$

حيث:

$$\varepsilon = (G/T)_{SAT} / [(Alt_{SAT} \times F \times (4\pi/c))^2 \times k\ BW]\ D_{SAT} \tag{43}$$

حيث:

$(G/T)_{SAT}$: كسب على المحور الهوائي ساتل MSS (قيمة رقمية) مقسومة على درجة ضوضاء نظام الاستقبال (K-1)

Alt_{SAT}: ارتفاع الساتل (m)

F: تردد مركزي للقناة (Hz)

c: سرعة الضوء (3×10^8 m/s)

k: ثابت بولتزمان ($1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K)

BW: عرض نطاق مستقبل الساتل لنظام MSS (Hz)

D_{SAT}: عامل فك اقتران الاستقطاب لهوائي ساتل نظام MSS بالنسبة إلى إشارات الخدمة المتنقلة (عامل رقمي، أقل أو مساو لواحد).

تستعمل المعادلة I/N نموذج الانتشار في المجال.

مرحلة فرعية 4: حساب عدد القنوات المحررة، بالنسبة إلى كل ساتل من سواتل non-GSO MSS، أي عدد القنوات التي تختص بـ $I/N > -10$ dB.

المرحلة 6: إذا كان العدد الأدنى المحسوب للقنوات المحررة أعلى من 6، يرتفع عدد محطات الخدمة المتنقلة بمقدار 1 000 وتعاد الخطوات المذكورة أعلاه انطلاقاً من المرحلة 2.

المرحلة 7: تنتهي العملية عندما يقع تحديد العدد الأقصى لمحطات الخدمة المتنقلة التي تسمح بستة قنوات محررة بصفة دائمة.

التذييل 1
بالملحق 3

أمثلة على تطبيقات النماذج الإحصائية

1 مقدمة

يتضمن هذا التذييل أمثلة على تطبيق النموذجين الإحصائيين اللذين يردان في الملحق 3 من هذه التوصية.

يعرض مثال الشبكة non-GSO MSS الخصائص التالية: 48 ساتلاً في 8 مستويات مدارية ذات 50° من الانحناء بالنسبة إلى خط الاستواء؛ يحتوي كل مستو على ستة سواتل متساوية التباعد في مدارات دائرية تقع على ارتفاع 950 km؛ تعدد الإرسال بنطاق ضيق بتقسيم ترددي بالنسبة إلى الإرسالات أرض – فضاء؛ الاشتغال بأسلوب التسجيل وإعادة الإرسال؛ الإرسال ضمن أرتال ذات 500 ms تحتوي على رزم رقمية؛ استعمال مستقبل مسح النطاقات على متن الساتل لتنفيذ نظام DCAAS الذي يسمح بتخصيص قنوات غير مستعملة لمحطات أرضية فيما يتعلق بالإرسالات على الوصلة الصاعدة؛ الاشتغال عند 149 MHz؛ ارتفاع هوائي المحطة MES قدره 1,5 m، مصحوباً باستقطاب رأسي وكسب قدره 0 dBi؛ معدل المعطيات على الوصلة الصاعدة ذات 2,4، 4,8 و9,6 kbit/s. ويُفترض أن نظام MSS يعمل عند أقصى قدرته فوق منطقة جغرافية محددة (على سبيل المثال، 22 مليوناً من الإرسالات الرزمية أرض – فضاء يومياً فوق منطقة الدول المجاورة للولايات المتحدة الأمريكية).

ويعرض نموذج المحطات LMS الخصائص التالية: نظام تماثلي بتشكيل التردد (أو نظام رقمي FSK بتشكيل اثنيني)؛ هوائي استقطاب رأسي يبلغ كسبه 0 dBi في اتجاه الساتل؛ القدرة الدنيا المتوقعة للإشارة المستقبلة −140 dBW؛ عرض نطاق القنوات المستعملة للقيم 6,25، 12,5 و25 kHz مع حمولة ضعيفة للإرلنغ على القنوات الفردية. وتعد الخصائص التقنية التي تُستعمل في هذا النموذج نفس خصائص بعض أنظمة المحطة LMS العاملة في النطاقات فوق 1 GHz. وفيما يتعلق بتحاليل تقاسم الترددات، نتخذ كنموذج 20 مدينة أكثر كثافة في الولايات المتحدة الأمريكية.

2 احتمالات التداخل الذي تسببه المحطات الأرضية non-GSO MSS في محطات LMS

تقع نمذجة المسافة الفاصلة بين المحطة LMS ومحطة القاعدة بواسطة توزيع دائري لكثافة تدفق القدرة يتراوح قدرها من 0 إلى 20 km، وتتطابق مسافة 20 km مع عتبة القدرة المستقبلة. ويتم تحديد نسبة الحماية التي يستعملها مستقبل المحطة LMS عند 10,7 dB بينما تحدد درجة الحرارة عند 3 890 K ويبلغ ارتفاع هوائي مستقبل المحطة 3,22 m. ويملك كل من هوائي استقبال المحطة LMS وهوائي إرسال المحطة MES نفس الاستقطاب؛ كما يساوي عامل فك اقتران الاستقطاب 1,0. وأخذت التوزيعات المنتظمة والتجميعية للمحطات الأرضية لنظام MSS في الاعتبار. واستعملت مائة وثمانية وعشرون محطة في عملية المحاكاة. ونفترض أن نطاق الترددات المتقاسمة يساوي 1 MHz، ونستعمل كل من خوارزميات الانتقاء العشوائي للقناة وخوارزميات "بينية" على الوصلة الصاعدة في آن معاً.

وبالنظر إلى قيم المعلمات المنتقاة، تصبح المعادلة *C/(N + I)* كما يلي:

$$C/(N+I) = \frac{\frac{10^{3.204}}{d_{MS}^4}}{10^{-15.07} + \int_{CF_{MS}-\frac{B_{IF}}{2}}^{CF_{MS}+\frac{B_{IF}}{2}} \sum_{MESs} \frac{10^{2.815} \times e.i.r.p._0(CF_{MES} - f)}{d_{MES\text{-}MS}^4} \, df} \quad (44)$$

يوضح الجدول 5 قيم احتمال الحد الأعلى للتداخل، وهي محسوبة بواسطة برنامج المحاكاة بالنسبة إلى مجموع المعلمات المأخوذة في الاعتبار. (تمثل الاحتمالات المحسوبة انطلاقاً من النموذج احتمالات تداخل مع النظام DCAAS غير النشيط. وبالتالي، فهي تمثل قيم الاحتمال العليا. وقد تكون الاحتمالات الحقيقية للتداخل باستعمال تقنية DCAAS هي نفس احتمالات الجدول 5 مضروبة في احتمال إخفاق نظام DCAAS في الكشف عن قناة نشيطة (على سبيل المثال، 10^{-3}، 10^{-4} أو أقل). ويصعب في بعض الأحيان، تفسير الاحتمالات الخام؛ ولذلك يجري تحويل هذه الاحتمالات إلى مددٍ زمنية متوسطة بين أحداث التداخل، على نحو ما يرد في الجدول 6. ونحصل على المدة المتوسطة بين أحداث التداخل في الجدول 6 بضرب عكس الاحتمال، الوارد في الجدول 5 × 0,5 s، مدة إرسالات المحطة MES التي يستعملها النموذج. ولا تصح نتائج الجدولين 5 و6 إلا عندما تكون المحطة LMS في حالة عمل مستمر. ويحتوي الجدول 7 على متوسط المدة بين أحداث التداخل لمستعمل متنقل أرضي نمطي بحركة تساوي 0,01 E.

الجدول 5

احتمال التداخل

ترتيب القنوات بالنسبة إلى محطات LMS (kHz)	معدل المعطيات بالنسبة إلى الوصلات الصاعدة لمحطات MES (kbit/s)	توزيع منتظم		توزيع تجميعي	
		انتقاء عشوائي	انتقاء بيني	انتقاء عشوائي	انتقاء بيني
25	9,6	0,00038	0,000055	0,0013	0,00020
	4,8	0,00025	0,0000058	0,00088	0,000022
	2,4	0,00016	0,00000093	0,00052	0,0000034
12,5	9,6	0,00023	0,00019	0,00075	0,00064
	4,8	0,00012	0,000020	0,00039	0,000069
	2,4	0,000067	0,0000024	0,00023	0,0000084
6,25	9,6	0,00014	0,00015	0,00049	0,00051
	4,8	0,000094	0,00011	0,00032	0,00037
	2,4	0,000066	0,000074	0,00023	0,00026

الجدول 6

متوسط المدة في الحالة الأسوأ بين أحداث التداخل

ترتيب القنوات بالنسبة إلى محطات LMS (kHz)	معدل المعطيات بالنسبة إلى الوصلات الصاعدة لمحطات MES (kbit/s)	توزيع منتظم		توزيع تجميعي	
		انتقاء عشوائي	انتقاء بيني (min)	انتقاء عشوائي	انتقاء بيني (min)
25	9,6	22	3 ساعة	7	42 دقيقة
	4,8	34	24 ساعة	10	7 ساعة
	2,4	50	150 ساعة	16	41 ساعة
12,5	9,6	36	44 دقيقة	11	13 دقيقة
	4,8	70	7 ساعة	22	120 دقيقة
	2,4	130	60 ساعة	36	17 ساعة
6,25	9,6	60	55 دقيقة	17	17 دقيقة
	4,8	90	75 دقيقة	26	23 دقيقة
	2,4	130	120 دقيقة	36	32 دقيقة

الجدول 7

متوسط المدة بين أحداث التداخل بالنسبة إلى مستعمل

نمطي ينشط مرسله بواسطة زر ضاغط (E 0,01)

ترتيب القنوات بالنسبة إلى محطات LMS (kHz)	معدل المعطيات بالنسبة إلى الوصلات الصاعدة لمحطات MES (kbit/s)	توزيع منتظم		توزيع تجميعي	
		انتقاء عشوائي (h)	انتقاء بيني	انتقاء عشوائي (h)	انتقاء بيني
25	9,6	37	10 أيام	11	69 ساعة
	4,8	56	100 يوم	16	26 يوماً
	2,4	83	21 شهراً	27	68 يوماً
12,5	9,6	60	73 ساعة	18	22 ساعة
	4,8	120	29 يوماً	36	200 ساعة
	2,4	210	8 شهور	60	71 يوماً
6,25	9,6	100	92 ساعة	28	28 ساعة
	4,8	150	130 ساعة	43	38 ساعة
	2,4	210	190 ساعة	60	53 ساعة

يمكن، فيما يخص الترتيبات الأخرى لقنوات محطات MES، ومعدل المعطيات بالنسبة إلى الوصلات الصاعدة لمحطات MES أو لمعلمات تختلف عن المعلمات التي استعملت في هذا المثال، تحديد القيم التقريبية لاحتمال التداخل والمدة المتوسطة بين أحداث التداخل بواسطة استكمال داخلي.

3 احتمالات التداخل الذي تسببه محطات LMS في السواتل non-GSO MSS

يمكننا أن نُحدد عن طريق المحاكاة، بالاستناد إلى نموذج الفقرة 3 من الملحق 3 من هذه التوصية، عدد المحطات المتنقلة الأرضية داخل حزمة الوصلة الصاعدة لساتل MSS الذي بإمكانه أن يعمل في تقاسم الطيف مع الإبقاء على متوسط 6 قنوات على الأقل لكل ساتل بالنسبة إلى الوصلات الصاعدة للنظام MSS. وتمثل فرضية العدد المتوسط للقنوات لكل ساتل الحالة الأسوأ طالما أن متوسط عدد القنوات على مجموع السواتل المرئية يفوق متوسط عدد القنوات لكل ساتل؛ وبالتالي، تحدد فرضية الحالة الأسوأ حداً أدنى لعدد المحطات LMS التي يمكن أن تعمل في نطاق تقاسم الطيف. ويتطابق أثر الساتل تقريباً مع منطقة الدول المجاورة للولايات المتحدة الأمريكية، أي 12 مليون km^2. وفيما يلي قيم المعلمات التقنية المضافة اللازمة لهذا المثال:

G/T ساتل نظام MSS = –30,1 dB (K^{-1})

كسب هوائي المحطة LMS = 6 dBi في الاتجاه الأفقي و0 dBi في اتجاه الساتل.

نفترض أن هوائي مستقبل الساتل لنظام MSS لا يقدم فك اقتران الاستقطاب بالنسبة إلى إشارات المحطة LMS؛ وعليه، يُحدد عامل تمييز الاستقطاب بكونه مساوياً لـــ 1,0.

واعتباراً لقيم المعلمات المنتقاة، تصبح المعادلة I/N:

$$(I/N)_{CH} = \frac{10^{6.25}}{BW} \cdot \int_{CF_{CH}-\frac{BW}{2}}^{CF_{CH}+\frac{BW}{2}} \sum_{MSs} \left(e.i.r.p._0(CF_{MS} + \Delta f_{Doppler} - f) \right)_{MS} df \quad (45)$$

وقد أُخذ في الاعتبار أربعة عوامل تخص متوسط نشاط المحطة LMS،0,01، 0,003، 0,001 و0,0003 E (يمثل الإرلنغ وحدة قياس كثافة الحركة. وهو يمثل، في هذا السياق، وحدة قياس نشاط المحطة LMS). وتتطابق هذه العوامل على التوالي مع متوسط إرسال محطات LMS 432، 130، 43 و13 دقيقة في الشهر. وإذا افترضنا عامل نشاط صوتي قدره 0,4، تعادل عندئذ مدة المحادثة على التوالي 1 080، 325، 108 و33 دقيقة في الشهر. وجدير بالذكر أن هذه المتوسطات تحسب بالنسبة إلى مجموع محطات LMS وطيلة الشهر بأكمله.

ويبين الجدول 8 الحدود الدنيا لعدد محطات LMS الواقعة في الدول المجاورة للولايات المتحدة الأمريكية، والتي تستعمل 1 MHz من تقاسم الطيف؛ وتحسب هذه الحدود بواسطة برنامج المحاكاة بالنسبة إلى مجموع المعلمات التي تم النظر فيها.

الجدول 8

الحدود الدنيا لعدد المحطات المتنقلة الأرضية التي تستعمل 1 MHz من تقاسم الطيف

متوسط عامل نشاط المحطة LMS					
0,0003 E	0,001 E	0,003 E	0,01 E	معدل المعطيات على الوصلة الصاعدة للمحطة MES (kbit/s)	ترتيب القنوات بالنسبة لمحطات LMS (kHz)
380 000	120 000	38 000	12 000	9,6	25
550 000	170 000	55 000	17 000	4,8	
770 000	230 000	77 000	23 000	2,4	
520 000	160 000	52 000	16 000	9,6	12,5
800 000	240 000	80 000	24 000	4,8	
1,2 مليون	350 000	120 000	35 000	2,4	
600 000	180 000	60 000	18 000	9,6	6,25
1,2 مليون	350 000	120 000	35 000	4,8	
1,9 مليون	580 000	190 000	58 000	2,4	

يبين الجدول 9 الحدود الدنيا بالنسبة إلى 5 MHz من تقاسم الطيف. وتعتبر هذه الحدود أعلى بخمس أمثال من الحدود المحسوبة بالنسبة إلى 1 MHz من تقاسم الطيف.

الجدول 9

الحدود المنخفضة لعدد المحطات LMS التي تستعمل 5 MHz من تقاسم الطيف

عامل متوسط نشاط المحطة LMS					
0,0003 E	0,001 E	0,003 E	0,01 E	معدل المعطيات على الوصلة الصاعدة MES (kbit/s)	ترتيب القنوات بالنسبة لمحطات LMS (kHz)
3,7 مليون	1,1 مليون	370 000	110 000	9,6	25
4,2 مليون	1,3 مليون	420 000	125 000	4,8	
5,7 مليون	1,7 مليون	570 000	170 000	2,4	
3,8 مليون	1,2 مليون	380 000	115 000	9,6	12,5
6,3 مليون	1,9 مليون	630 000	190 000	4,8	
8,5 مليون	2,6 مليون	850 000	255 000	2,4	
4,0 مليون	1,2 مليون	400 000	120 000	9,6	6,25
7,7 مليون	2,3 مليون	770 000	230 000	4,8	
15 مليون	4,5 مليون	1,5 مليون	450 000	2,4	

أما فيما يتعلق بقيم المعلمات التي لا ترد في الجداول، فيمكن تحديد القيم التقريبية للحدود الدنيا بواسطة استكمال داخلي.

الملحق 4

استعمال تقنية التخصيص الدينامي للقناة بغية تفادي تداخل التردد

1 مقدمة

يرد في هذا الملحق وصف إحدى التقنيات التي تستعملها شبكات non-GSO MSS للكشف عن القنوات المحررة في أنظمة خدمة الأرض العاملة في نفس النطاق الترددي التي ستستعملها محطات MES لنظام MSS بهدف الإرسال على الوصلات الصاعدة. ومع أن خاصيات نظام DCAAS التي ورد ذكرها في هذا الملحق تمثل نفس خاصيات شبكة LEOTELCOM-1، فإن شبكات أخرى لنظام MSS تعتزم استعمال أنظمة مسح نطاقات مماثلة، تعمل عادة حسب نفس المبادئ، وإن كانت تختلف أحياناً من حيث التنفيذ.

وقد ثبتت جدوى هذه التقنية، بوصفها أداة رئيسية لتفادي التداخلات التي يمكن أن تطرأ على الخدمات الأرضية، التي تتمتع بتوزيعات أولية في نفس النطاق. وتُستعمل كلمة DCAAS لوصف هذه التقنية التي نفذت بنجاح في الشبكة الساتلية LEOTELCOM-1 للنظام MSS. وترد في نهاية هذا الملحق معلومات تتعلق بالاختبارات.

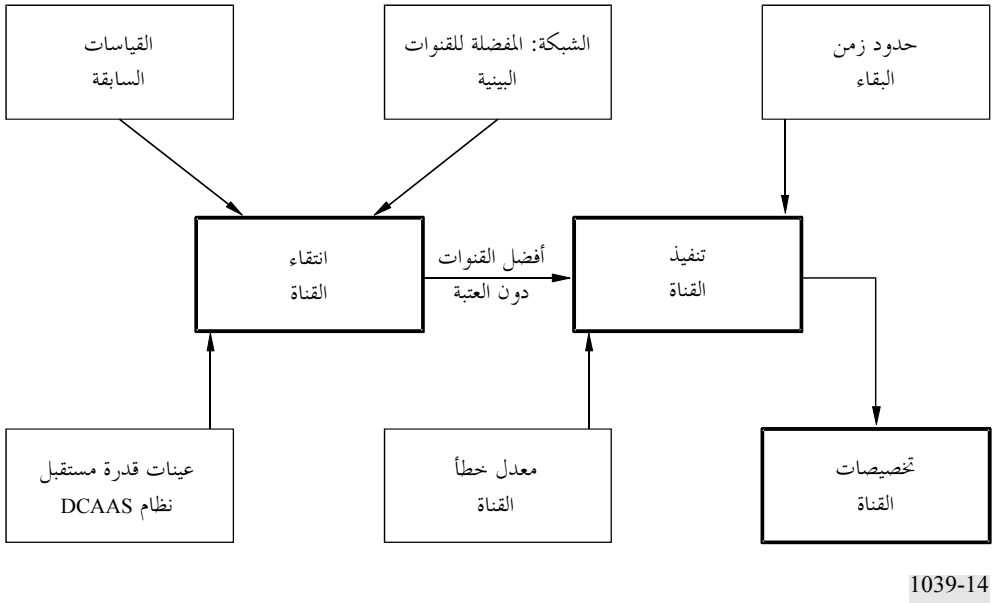
2 تشغيل نظام DCAAS

تملك جميع سواتل الكوكبة نظام DCAAS يتكون من مستقبل ووحدة معالجة (انظر الشكل 14). ويقوم هذا النظام بمسح نطاق الوصلة الصاعدة للمحطة MES (إرسالات أرضية، فواصل قدرها kHz 2,5)، وبالتعرف على القنوات غير المستعملة التي يخصصها للمحطات MES بغرض الاستعمال على الوصلات الصاعدة. ويتمثل الهدف من وراء هذه العملية في تفادي أن تسبب إرسالات المحطات MES التداخل في مستقبلات الأرض؛ وبعبارة أخرى، العمل على أن لا تقوم المحطات MES بالإرسال على القنوات المتنقلة النشيطة.

يمثل الشكل 14 عرضاً تصويرياً لمختلف العوامل التي تؤثر في عمليات الانتقاء وتشغيل القنوات التي يقوم بتنفيذها نظام DCAAS.

الشكل 14

تشغيل نظام DCAAS



1039-14

1.2 انتقاء القناة

تُحدد الخوارزمية القنوات المفضلة المتاحة لكل مسح حسب ثلاثة معايير:

- *اعتيان القدرة*– يعتمد المعيار الأول للانتقاء على اعتيان القدرة، حيث يقوم مستقبل الساتل، الذي يعمل بأسلوب DCAAS، بمسح جميع القنوات في حيز العمل الذي يتم اختياره. وتعتبر القنوات التي تكون فيها سوية القدرة أقل من عتبة معينة، قنوات تحتمل التيسر. ويُعد تحديد عتبة اعتيان القدرة قراراً صعباً، وهو ما يجعل من هذا المعيار معيار الانتقاء المهيمن.
- *الشبكة المفضلة* – يتمثل المعيار الثاني لانتقاء القنوات في الشبكة المفضلة. ويوجد عدد كبير من الأنظمة اللاسلكية في العالم (نجد من بينها الأنظمة الخلوية وأنظمة المراسلات الراديوية) التي وقع تخصيص قنوات لها حسب خطة أو شبكة ترتيب القنوات عند القيم kHz 20، kHz 25، إلخ. وقد صُمم النظام الساتلي لإعطاء الأفضلية للقنوات المتباعدة بقيمة متوسطة ، تتضمنها المعايير المقيسة لخدمة الأرض. وتعد أهمية عامل الأفضلية، في خوارزمية انتقاء القنوات، أعلى من أهمية عامل الجودة، ولكن أقل أهمية من عامل قرار تحديد العتبة. ويبحث نظام DCAAS في كافة القنوات المحتملة على الوصلات الصاعدة، إلا أنه لا يُكشف عن قنوات الشبكات التي تستند إلى خدمة الأرض إلا في الأخير.

- *عامل الجودة* – يقوم المعيار الثالث لانتقاء القنوات، عامل الجودة، على قياسات عينات القدرة، التي أجريت خلال عمليات المسح السابقة. ويجري تحديد عامل الجودة بواسطة خوارزمية انطلاقاً من القياسات الحالية والسابقة لسويات القدرة.

وعندما تؤخذ جميع العوامل في الاعتبار، يقوم النظام بانتقاء القنوات المفضلة ضمن القنوات المتاحة ويرسل المعلومات إلى وحدة إدارة التوزيع المسبق.

وتجدر الإشارة إلى أنه:

- لا يمكن لنظام MSS أن يقوم بالإرسال إلا إذا استقبل من الساتل على الوصلة الهابطة إشارة تبين له قنوات الوصلة الصاعدة التي يمكن أن تستعمل،
- إذا لم يكشف نظام DCAAS عن أية قناة غير نشيطة خلال نقطة معينة من الزمن، فلن يسمح لمحطات MES بالإرسال.

يتنبأ معالج نظام DCAAS، بعد البحث في القنوات غير النشيطة، بالقنوات التي يحتمل أن تظل متاحة في الأجل القصير.

2.2 تنفيذ القناة

عندما تُحدد عملية انتقاء القناة ترددات القناة المفضلة، تُخصص هذه القنوات بشكل مسبق ومحدد، بغرض النفاذ العشوائي (حيازة/اتصال) أو الحجز (المراسلات). وتُوزع القنوات المتبقية على مجموعة احتياطية، تستعمل في حالة انقضاء المؤقت المحدد لوقت شغل القناة بالنسبة إلى المستقبلين بنفاذ عشوائي أو في حالة تجاوز عتبة قياس جودة الأداء (معدل الأخطاء):

هناك أربعة شروط تحدد تبديل القناة بالنسبة إلى مستقبلي الساتل:

- تجاوز عتبة معدل أخطاء المستقبل بنفاذ عشوائي؛
- تجاوز عتبة معدل الأخطاء لمستقبل احتياطي؛
- تشير عملية انتقاء القنوات التي تستعمل معطيات مسح DCAAS الجديدة إلى سوية القدرة التي تتجاوز عتبة عامل الجودة في القناة المخصصة حالياً؛
- انقضاء المؤقت الذي يحدد وقت شغل القناة، إذا تم تنشيطه.

وعندما تقوم بضعة محطات MES بالإرسال في اتجاه الساتل، تتوقف مدة القرار للانتقال إلى تردد آخر لقناة الوصلة الصاعدة (يستعملها الساتل) على العلاقة بين بداية تداخل يُكشف عنه على مستوى الساتل ومسح نظام DCAAS. ويتسم نظام DCAAS الذي يشغله عامل بوقت إعادة يُقدر بحوالي 5 ثوان.

وعندما تقوم عدة محطات MES بالإرسال في اتجاه الساتل، تقل مدة قرار تغيير تردد قناة الوصلة الصاعدة حالما تتجاوز القناة الأولية عتبة معدل الخطأ.

وكما يمكن ملاحظته، يستعمل نظام DCAAS معطيات المسح الجارية للتعرف على القنوات التي تبدو في الظاهر غير نشيطة، ثم يزاوج بين هذه المعطيات ومعطيات المسح السابق ليحدد احتمالات عدم نشاط القنوات.

3.2 طول الرسالة

لا يمكن لمشترك أن يقوم إلا بنوعين من الإرسال ضمن كوكبة تتميز بخفة حركة التردد، وهما: إرسال قصير يقابل طلب النفاذ إلى قناة بنفاذ عشوائي أو إرسال رسائل أطول على قناة إرسال. ويتم التحكم في كل إرسال للرسائل بشكل محدد فيما يخص التردد ومدة الإرسال. يتغير تردد القناة بنفاذ عشوائي ضمن تحكم النظام DCAAS بشكل متواتر، ويتم الإقفال دائماً على القناة التي لا تخضع لازدحام من طرف مستعملي نظام الأرض.

عندما يدرك المشترك داخل النظام، يمكنه إرسال حزمة اتصالات واحدة بنسبة 15 بايت، أو طلب إرسال رسالة أطول.

إذا رغب المشترك في إرسال أطول، عليه أن يطلب النفاذ إلى قناة المراسلة وأن يحدد الطول الكلي للرسالة التي يرغب في إرسالها. ويكون الطلب نفسه عبارة عن حزمة تبلغ 15 بايت، ومدة بنسبة 50 ms. ويتم إعلام المشترك بالطول الأقصى للرسالة أي بالعدد الأقصى للبايتات الذي يمكن إرساله من طرف المستعمل خلال رشقة واحدة، بتردد إرسال محدد يحصل عليه بالنظام DCAAS. وستستعمل هذه القيمة القصوى المتاحة فيما يخص طول الرسالة للتحكم في الطول الأقصى لإرسال الرسالة الذي يقوم به المشترك والذي ينبغي أن يكون أقل من 450 ms إلى 500 ms، على تردد إرسال واحد. وبما أن المصافحة الأولية بين المشترك والساتل تتم على قناة تستعمل كقناة تحكم بنفاذ عشوائي، فسترسل رسالة المشترك على تردد مختلف.

وإذا كان طول الرسالة الأقصى المسموح به أصغر من طول رسالة المشترك، فسيتم إرسال الرسالة خلال رشقات متعددة. ويتم التحكم في تردد الإرسال لكل رشقة من قبل النظام DCAAS على متن الساتل وباستعمال ترددات مختلفة. وهكذا يتم التحكم في المدة القصوى التي يشغل خلالها المشترك قناة بتردد واحد

3 اعتبارات نظام DCAAS واحتمالاته

1.3 احتمال تخصيص قناة نشيطة

لا يرى في بعض الأحيان، مستقبل نظام DCAAS الساتلي مرسلي الخدمة الأرضية المتنقلين بسبب وجود عوائق مثل المباني في المسير أرض – فضاء. ومن ثَم، يمكن لمستقبل DCAAS يخفق في الكشف عن مرسل متنقل، أن يقوم على سبيل الخطأ بتخصيص قناة نشيطة لمرسل محطة MES آخر. يختلف احتمال حدوث هذا النوع من الأخطاء بحسب المكان والطوبوغرافيا المحلية.

وفيما يلي العوامل الأخرى التي يصعب إحصاؤها والتي تؤثر في احتمال تخصيص نظام DCAAS لقناة نشيطة:

- إذا استعملت الخدمات المتنقلة الأرضية التي تطبق إعادة استعمال الترددات، النطاق الترددي استعمالاً كثيفاً، فإنه من المحتمل جداً أن تُستعمل نفس القناة من طرف مستقبل ثان يراه الساتل، ويحول بذلك دون تخصيص نظام DCAAS لهذه القناة؛
- إذا حدثت إعاقة للمسير أرض – فضاء بين مرسل متنقل وساتل، من المحتمل جداً أن تحدث كذلك إعاقة للمسير الأرضي بين محطة MES والمستقبل المتنقل. ومن المتوقع أن يكون احتمال إعاقة المسير الأرضي مرتفعاً جداً في المناطق التي يكون فيها احتمال إعاقة المسير أرض – فضاء أكثر ارتفاعاً؛
- ستُقدر الخوارزمية التنبؤية لمعالج DCAAS احتمال عدم تداخل القنوات المتاحة حتى نهاية المسح اللاحق. وتأخذ الخوارزمية في الاعتبار معطيات المسح الأخير، بحيث لا يتم تخصيص قناة يستعملها مرسل متنقل للخدمة الأرضية يختفي فجأة وراء حاجز، لكي تستعمل ثانية إذا كانت هناك قنوات أخرى متاحة.

وبالنظر إلى كل هذه العوامل، قد يصبح من الصعب جداً الحصول على احتمال وحيد فيما يتعلق بتخصيص نظام DCAAS لقناة نشيطة، نظراً إلى أن هذا الاحتمال يختلف من منطقة جغرافية إلى أخرى. إلا أن حسابات التداخل التي قد تستعمل هذا الاحتمال لا تحتاج إلا إلى تقدير تقريـــبي. ومن ثم، يكون احتمال خطأ نظام DCAAS ضعيفاً جداً.

2.3 احتمال إرسال محطة MES بالقرب من مستقبل متنقل

عندما لا يكشف نظام DCAAS عن المرسل المتنقل لخدمة الأرض مستعملاً القناة التي يخصصها للمحطة MES، من الممكن أن يحدث تداخلاً في المستقبل المتنقل، وذلك بحسب عوامل مختلفة (المسافة بين محطة MES والمستقبل المتنقل، عدد محطات MES، احتمال إرسال المحطة MES في نفس الوقت الذي يقوم المستقبل المتنقل بالاستقبال). ويتم تناول هذه المسألة في الملحقات 1 و2 و3.

4 احتمال تفادي التداخلات بفضل تقنيات نظام DCAAS – ملخص

خصص المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 1992 (WARC-92) نطاقات التردد 137-138 MHz (الوصلات الهابطة) و149,9-148 MHz (الوصلات الصاعدة) لنظام MSS. وتتقاسم خدمات الأرض كذلك هذه النطاقات. وتسمح تقنية DCAAS لمحطات MES (بالسواتل) بالإرسال مع تفادي إحداث تداخل على مستعملين آخرين في النطاق 149,9- 148 MHz. ولذلك، تستعمل عادة الوصلات الهابطة.

وعلى وجه التحديد، يجري استعمال النطاق 149,9-148 MHz استعمالاً مكثفاً من طرف أنظمة الخدمة الأرضية. وينبغي لنظام MSS، كي يعمل على نحو فعال، أن يقوم بالمسح والتعرف على القنوات العاملة في هذا النطاق وغير المستعملة بنشاط خلال المسح، الذي يدوم بضع ثوان. ولا يمكن أن يعمل نظام ساتلي للنظام MSS FDMA في النطاق 149,9-148 MHz دون أن يستعمل إحدى التقنيات من نمط تقنية DCAAS. وقد تؤدي كل محاولة للاستقبال على قناة يستعملها مرسل أرضي استعمالاً نشيطاً إلى حدوث تداخل في الساتل وإلى خسارة كلية لمعطيات نظام MSS.

1.4 ملامح طريقة التقاسم

يقوم نظام DCAAS بالتعرف على القنوات التي تستعملها خدمات الأرض بنشاط ثم يتفاداها. وتنطوي طريقة التقاسم التي تستعملها هذه التقنية على خمسة ملامح:

- يمسح النظام الذي ينفذه عامل النطاق الترددي المستعمل (البحث في القنوات غير النشيطة) كل خمس ثوان. ولا يسمح نظام DCAAS لمحطات MES بالإرسال إذا لم توجد قنوات غير نشيطة متيسرة. ويتفادى تخصيص قنوات متنقلة نشيطة (e.i.r.p. في اتجاه الساتل > 0,1 W في 7,5 kHz) لمحطات MES التي تُستعمل بهدف الإرسال على الوصلات الصاعدة؛
- من غير المرجح، إذا قام نظام DCAAS بتخصيص قناة نشيطة على سبيل الخطأ، أن توجد محطة MES مُرسلة قريبة جداً من وحدة متنقلة في حالة استقبال بحيث يتم الكشف عنها؛
- إذا قام نظام DCAAS بانتقاء قناة يجري فيها التداخل، فإنه يقوم على الفور بانتقاء قناة أخرى؛
- يزيد قِصرُ مدة رشقات الإرسال لمحطات MES من تخفيف آثار التداخل؛
- ويمكن لبنية إرسال مراسلات المحطة MES، حتى في حالة التداخل، أن تمنع استمرار هذا التداخل أو حدوثه مرة أخرى.

تضمن هذا الملحق وصف تقنية DCAAS. ويمكن تنفيذ المبادئ الأساسية لهذه التقنية بطرق مختلفة. فعلى سبيل المثال، يستعمل نظام MSS LEO-L تقنية التخصيص الدينامي الرقمي للقنوات، وهي طريقة تعتمد على معالجة تحويل فورييه السريع (fast Fourier) FFT في الساتل بهدف معاينة النطاق على الوصلة الصاعدة بأكمله والتعرف على قنوات الوصلة الصاعدة المحررة في آن معاً وذلك من أجل تخصيص مطراف المشاركين في نظام MSS. ويسمح المستقبلُ الذي يستعمل مسح نطاق FFT لقنوات الوصلة الصاعدة لنظام MSS بأن تُخصص من جديد (كل 0,5 ثانية تقريباً) وذلك بعد تقدير لتيسر القنوات. وتتحدد الاستجابة المتوقعة بحسب التردد وعرض النطاق. فعلى سبيل المثال، يمكن لمُستقبل مسح النطاق التابع لنظام LEO-L الكشف عن إشارة شدتها 3,5 mW لمدة 0,5 ثانية، في تردد 460 MHz في عرض نطاق 2,5 kHz وذلك في أي مكان من أثر الساتل، مصحوبة باحتمال قدره 99,9%. وبخصوص إشارة 16 kHz، تكون الحساسية 22 mW. وعند 149 MHz، تكون قيم حساسية قدرة الإرسال على التوالي، 0,4 mW و2,3 mW، بالنسبة إلى إشارات تبلغ قيمتها 2,5 kHz و16 kHz. وتسمح هذه الحساسيات للوصلات الصاعدة للنظام non-GSO MSS بتفادي القنوات التي تستعملها أنظمة محطات LMS؛ ولا يكون تقاسم النطاق ممكناً بين نظام non-GSO MSS والمحطة MES تحت 1 GHz إلا في حدود الازدحام.

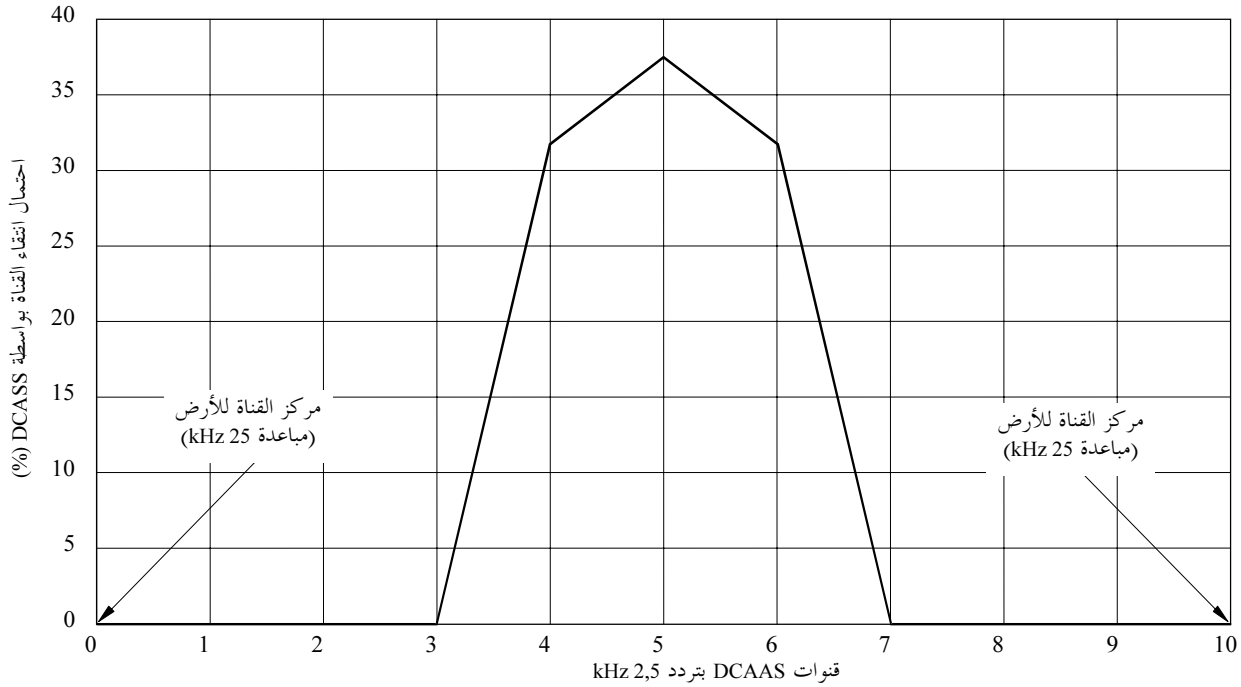
5 البرهنة على إمكانيات تفادي التداخل

1.5 محاكاة أولية للاختبارات

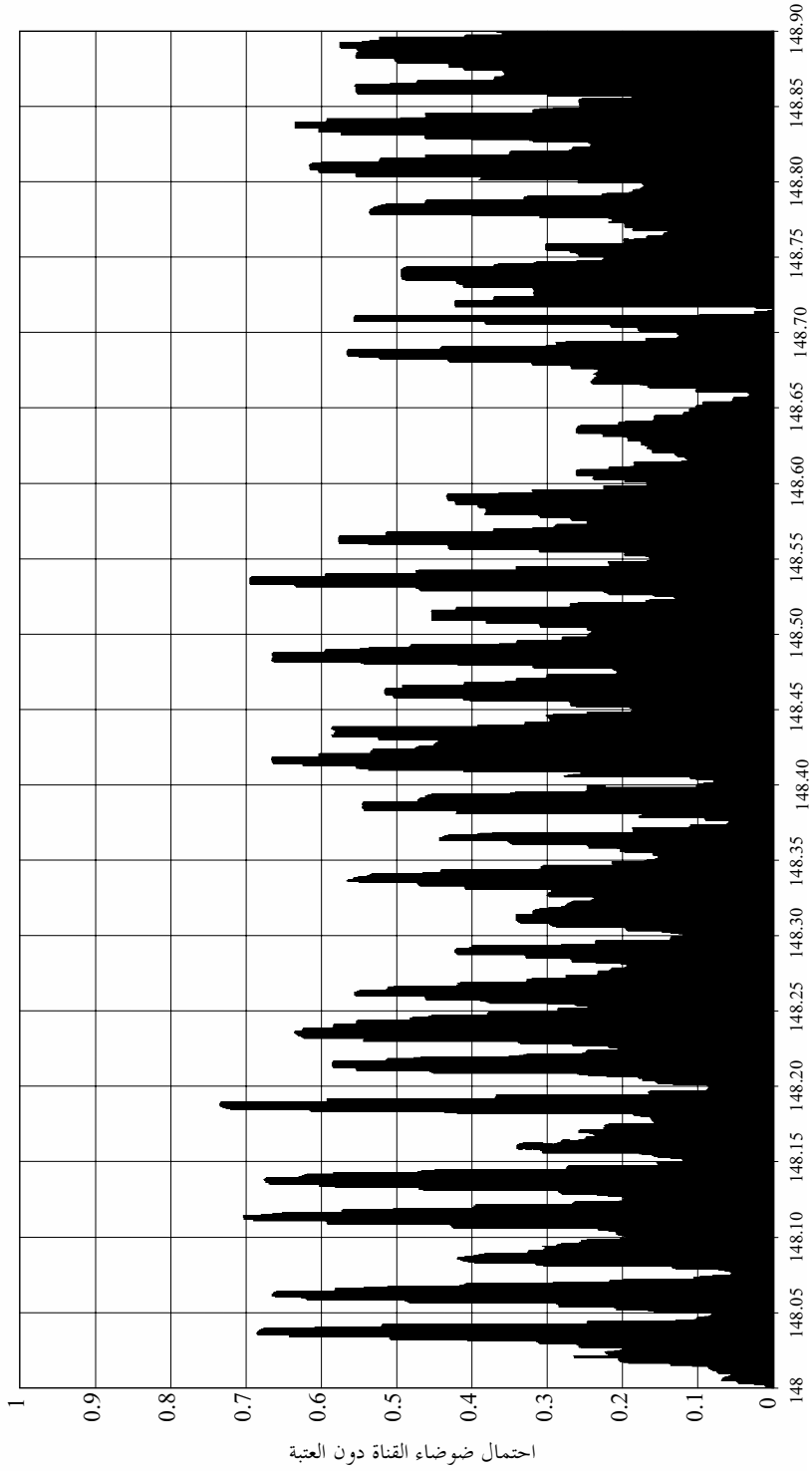
تعد الأنظمة المتنقلة الأرضية، في عدد كبير من البلدان، المستعمل الرئيسي للنطاق الترددي على الوصلة الصاعدة. وقد صُمم نظام DCAAS، بشكل محدد، لتفادي القنوات المشغلة في هذا النطاق. ويستجيب هذا النظام، بتحديده للقنوات غير المشغلة وتخصيص القنوات "المحررة" للمحطات الأرضية المتنقلة التي يستعملها المشاركون، إلى المعايير المحددة. ويوضح الشكل 15 احتمال انتقاء خوارزمية DCAAS للقنوات. وقد خضعت هذه الخوارزمية إلى الاختبار في إطار المحاكاة التي أنجزت انطلاقاً من مجموع معطيات شَغل الترددات على امتداد سنة كاملة، وقد جمع هذه المعطيات ساتل البرهنة على الاتصالات (CDS, communications demonstration satellite) الذي يجمع معطيات المسح في النطاق 148-149,9 MHz وعلى ارتفاع 750 km. وتعد سواتل CDS سواتل تجريبية تعمل على مدار منخفض، وصُممت بهدف جمع المعلومات المتعلقة باستعمالات خدمات الأرض للنطاق 148-149,9 MHz. وقامت هذه السواتل على امتداد سنتين تقريباً بجمع معطيات على ارتفاعٍ يُقارب 750 km.

الشكل 15

انتقال الترددات بواسطة خوارزمية DCAAS



اعتماداً على عمليات محاكاة باستعمال بيانات شغل الترددات
طوال سنة كاملة جُمعت من ساتل اتصالات تجربة (CDS) 1039-15



الشكل 16
احتمال القنوات الخالية من التداخل

2.5 اختبارات البرهنة

اضطلعت إحدى الإدارات مؤخراً بإعداد برنامج اختبارات من أجل تقييم حساسية مستقبل ساتل non-GSO MSS وإمكانيات نظام DCAAS في الكشف عن قدرة الضوضاء أو شغْل القنوات بفعل الضوضاء المرتفعة أو حاملة متنقلة أرضية صوتية وتماثلية، في النطاق 148-149,9 MHz. وقد أجريت مجموعة من اختبارات البرهنة (DTS, demonstration test set) على امتداد يومين حدث فيها، يومياً وفي المتوسط، من 6 إلى 8 مروراً فعالاً للساتل (زاوية ارتفاع عالية).

وقد أجريت ثلاثة أنماط من الاختبارات:

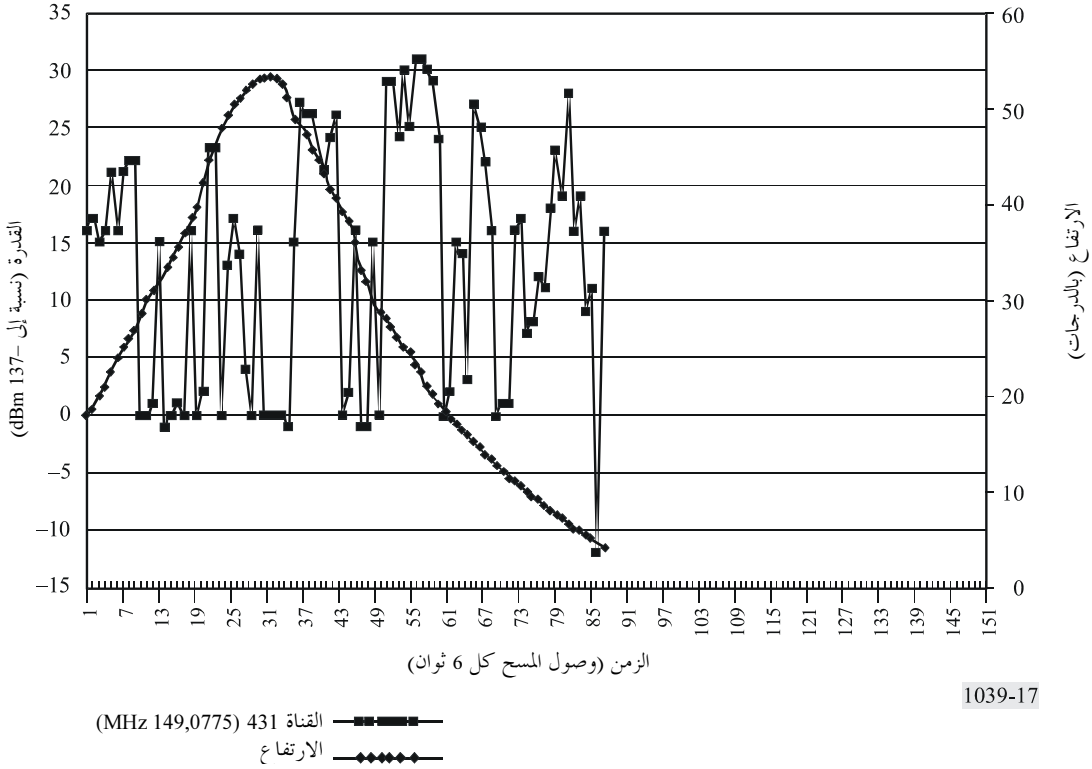
- اختبارات حساسية مستقبل الساتل؛
- تبديل بواسطة نظام DCAAS في ظل ظروف عادية وعلى إثر محاكاة إرسال محطة أرضية متنقلة في القناة التي خصصها نظام DTS؛
- محاكاة نظام DTS لإشارة تداخل لمحطة أرضية متنقلة تقوم بالإرسال في نفس قناة نظام متنقل أرضي صوتي وتماثلي.

1.2.5 اختبارات حساسية مستقبل الساتل

وقع تشكيل نظام DTS من أجل استقبال معطيات المسح التي يرسلها الساتل على الوصلة الهابطة. وقد بينت معطيات المسح سوية (قدرة) الضوضاء في النطاق 148-149,9 MHz التي يمكن للساتل مُعاينتها داخل منطقة التغطية التي يبلغ نصف قطرها 3 000 ميل. وقد مكن المسح من التحقق في حساسية مستقبلي السواتل الكاشفة عن مرسلي المراسلات الراديوية ذات القدرة العالية والتي تُستعمل في شبكات المراسلات الراديوية والإدارات، وفي إرسالات محطة القاعدة المتنقلة التي تستعملها الإدارة المَعنية لإرسال موجة حاملة ذات 5 W عند زوايا ارتفاع مختلفة للساتل وذلك عند مرور هذا الأخير. وقد كشف الساتل، كما يوضح ذلك الشكل 17، عن موجة حاملة محطة القاعدة المتنقلة عند زوايا ارتفاع 50° و30° عندما كانت الموجة الحاملة نشيطة وعند زوايا ارتفاع 45° و20° عندما كانت الموجة الحاملة غير نشيطة. وثبت أن سوية ضوضاء مستقبل الساتل كانت تقارب -137 dBm في عرض نطاق قناة المستقبل داخل القيمة 2,5 kHz. وكانت سوية الضوضاء كافية للكشف بسهولة عن مرسل محطة LMS في 500 mW.

الشكل 17

قدرة الإرسال عند مركبة فضائية

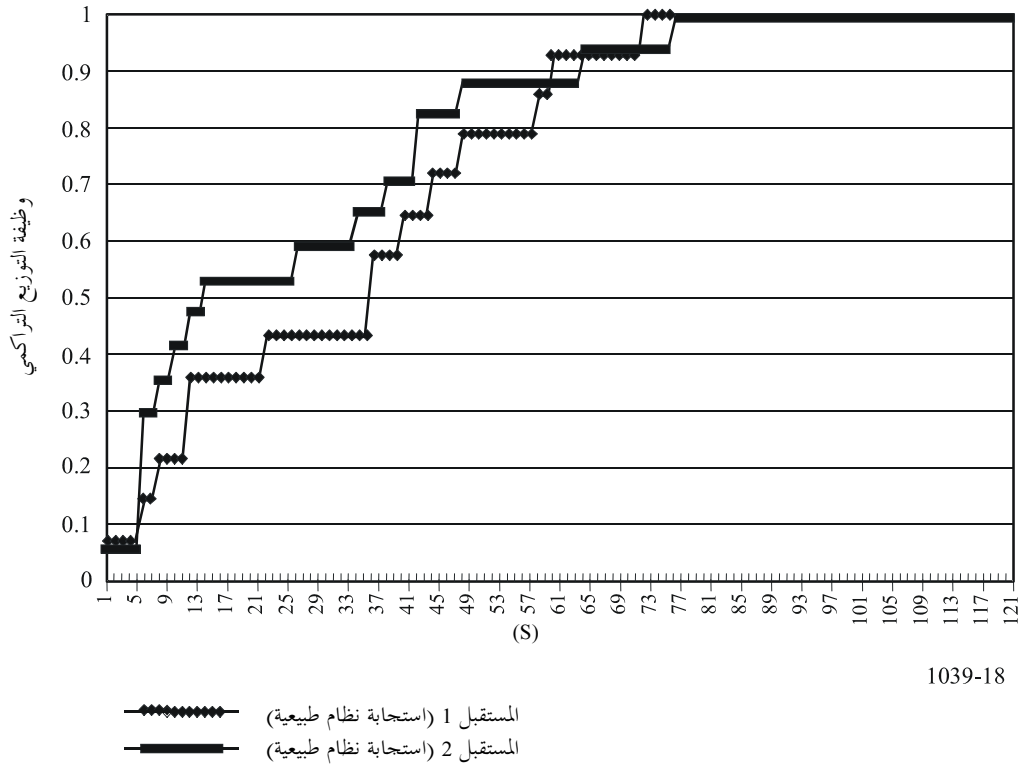


2.2.5 الاختبارات التي أجريت على نظام DCAAS

شكل نظام DTS في البداية، وذلك خلال الاختبارات التي أجريت على نظام DCAAS، لمراقبة تبديل القنوات المخصصة على الوصلة الصاعدة بواسطة نظام DCAAS، ويجري التحكم في تبديل نظام DCAAS بحسب الشغْل الحقيقي للطيف. وبالفعل، يبدو أن تبديل القنوات يحدث، خلال 60% من الوقت، في أجلٍ قدره 30 ثانية، كما يتضح ذلك من الشكل 18 (توزيع تراكمي لتبديل قنوات الاستقبال 1 و2). وقد قام الاختبار اللاحق بمحاكاة تداخل مرسل المحطة المتنقلة الأرضية أو تداخل قدرة الضوضاء المرتفعة في قناة الاستقبال المخصصة على الساتل. ويحدث هذا الاختبار الذي يطلق عليه الاختبار القسري لنظام DCAAS، بإنشاء نظام DTS حتى يستقبل المعلومات المتعلقة بالقنوات المخصصة على الوصلة الصاعدة من نظام DCAAS، كما لو كان الأمر يتعلق بالمحطة MES. غير أن نظام DTS، بدلاً من أن يرسل معلومات الحيازة، يُحدث إشارة ضوضاء عشوائية على هذه القناة.

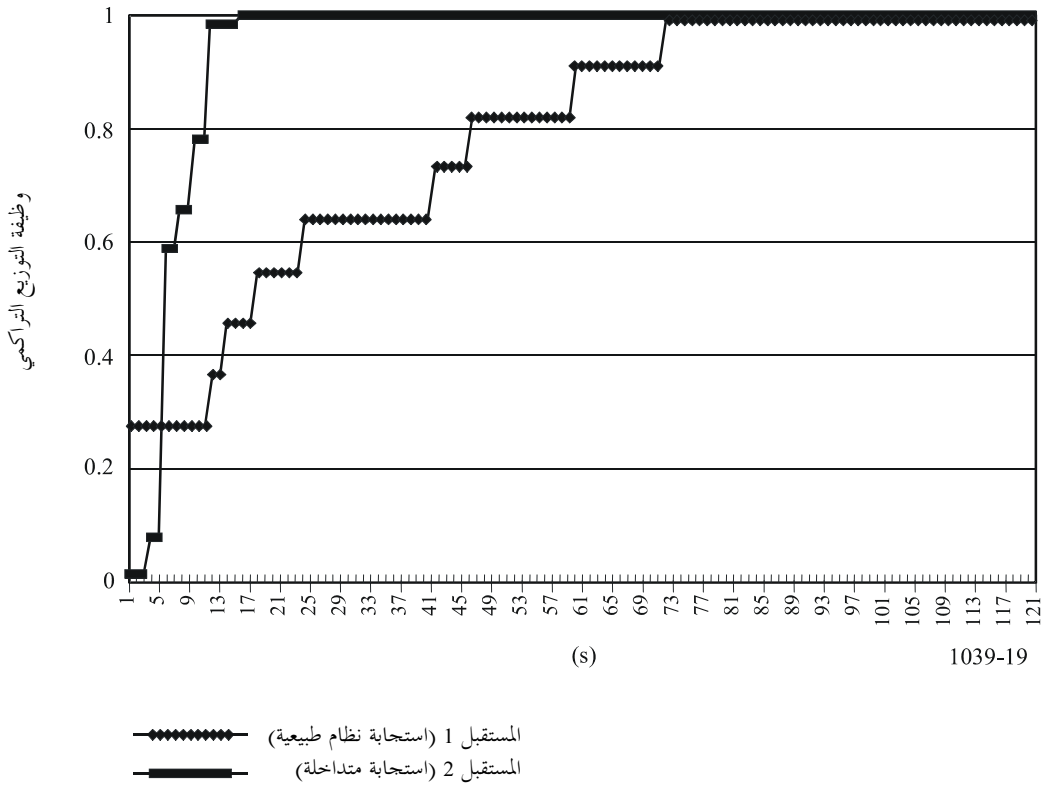
الشكل 18

توزيع فترات انتقاء القنوات



لقد سمحت هذه الاختبارات بالتحقق من أن نظام DCAAS قد يبدل قناة الاستقبال بعد مسح واحد (مدة تناهز 6 ثوان) خلال 60% من الوقت وبعد مسحين اثنين (حوالي 12 ثانية) خلال ما يزيد عن 90% من الوقت (انظر الشكل 19).

الشكل 19
توزيع فترات انتقاء القنوات



3.2.5 تداخلات تتعرض لها الأنظمة المتنقلة الأرضية

تم تشكيل نظام DTS، في اختبارات تداخل الأنظمة المتنقلة الأرضية، بغرض محاكاة إرسالات محطة MES لرشقات معطيات تبلغ 3 ms، 50 ms، 100 ms، و450 ms. ويمكن أن تتغير قدرة هذه الإرسالات من 10 إلى 30 dBm . وقد لوحظت النتائج التالية:

- لا تؤدي رشقات إرسال المحطة MES في نفس القناة إلى فتح جهاز الإسكات بواسطة التحكم النغمي لمستقبلي المحطات المتنقلة الأرضية؛

- تعد إرسالات رشقات المعطيات للمحطات MES التي تبلغ 3.3 ms قصيرة جداً كي تفتح جهاز إسكات الموجة الحاملة لمستقبل الخدمة المتنقلة أو تُسبب التداخل في المحادثات الجارية؛

- يخضع مستقبلو الخدمة المتنقلة المزودين بإسكات الموجة الحاملة عندما تقوم محطة MES بإرسال رشقات معطيات أكثر طولاً (50 ms) على مسافة 25 كم تقريباً في نفس القناة، إلى فتح جهاز الإسكات، وذلك بحسب العوائق وحساسية مستقبل الخدمة المتنقلة، وهو ما يتطابق مع مسافات التنسيق المتوقعة والتي ترد في أجزاء أخرى من هذه التوصية؛

– لوحظ أن التأثير الفعلي لإرسالات نظام DTS على الخدمة المتنقلة الأرضية يتم خلال الاتصالات. وفي الحركة، كانت رشقات نظام DTS قابلة للإدراك بالنسبة إلى رشقات معطيات المحطة MES في نفس القناة ذات 50 و100 ms وإضافة إلى ذلك، فقد توقفت المراسلات المستقبَلة عندما كانت مدة رشقات المعطيات تتراوح بين 450 و500 ms. ولوحظ أيضاً، أن الأثر الذاتي لرشقات نظام DTS يمثل دالة نسبة الموجة الحاملة المطلوبة إلى التداخل، *(C/I)*، وتخضع هذه النسبة مباشرة إلى المسافة الواقعة بين مستقبل الخدمة المتنقلة والمحطة MES وإلى المسافة الواقعة بين هذين العنصرين والمرسل المتنقل الأرضي. ويرد تناول توزيع الاحتمال في أجزاء أخرى من هذه التوصية.