التوصية ITU-R M.1747 *

حماية خدمات استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفعلة) في النطاق MHz 1427-1400 من الانبعاثات غير المرغوبة من وصلات تغذية الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) التي قد تعمل في النطاق MHz 1392-1390 (أرض-فضاء) والنطاق 1432-1430 (أرض–فضاء)

(2006)

مجال التطبيق

توفر هذه التوصية سويات قدرة الانبعاث غير المرغوبة لحماية خدمات استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفعلة) العاملة في النطاق MHz 1 427-1 400 من وصلات تغذية الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) (أرض–فضاء) التي قد تعمل في النطاق MHz 1 432-1 430 ووصلات تغذية الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) (أرض–فضاء) التي قد تعمل في النطاق MHz 1 392-1 390.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية وضع توزيعاً مؤقتاً على أساس ثانوي للخدمة الثابتة الساتلية (FSS) لوصلات تغذية الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) بواسطة الرقم 339A.5 في النطاقين MHz 1 392-1 390 (أرض–فضاء) وMHz 1 432-1 430 (أرض–فضاء)؛

ب) أن هذه التوزيعات محدودة للاستعمال بواسطة وصلات تغذية الشبكات الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة المتنقلة الساتلية مع وصلات الخدمة تحت GHz 1 وتطبق القرار 745 (المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2003)؛

ج) أن النطاق MHz 1 427-1 400 موزع على خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفعلة)، وخدمات الفلك الراديوي وخدمات أبحاث الفضاء (المنفعلة) على أساس أولي في جميع الأقاليم، وأن الرقم 430.5 ينطبق على النطاق MHz 1 427-1 400؛

د) أن القرار 745 (المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2003) يدعو إلى إجراء دراسات للملاءمة، بما في ذلك قياس الانبعاثات من التجهيزات التي قد تستعمل في الأنظمة التشغيلية، لإثبات صحة أن استعمال أنظمة MSS لهذا النطاق يستوفي جميع المتطلبات اللازمة لحماية الخدمات المنفعلة في النطاق MHz 1 427-1 400؛

هـ) أن النطاق MHz 1 427-1 400 ملائم تماماً لخدمات استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفعلة) من أجل قياس رطوبة التربة، وملوحة سطح البحر والكتلة البيولوجية النباتية؛

و) أن التوصية ITU-R RS.1029 تتضمن معايير الحماية لخدمات استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفعلة)؛

ز) أن التوصية ITU-R M.1148 توفر الخصائص التقنية للأنظمة المتنقلة الساتلية في نطاقات التردد تحت GHz 3 لاستعمالها في وضع معايير للتقاسم بين الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) وسائر الخدمات؛

* أُعدّت هذه التوصية بالتعاون بين لجنتي الدراسات 7 و8 التابعتين لقطاع الاتصالات الراديوية وأي مراجعة لها في المستقبل ستتم بالتعاون فيما بينهما.

ح) أن الدراسات بشأن وصلات تغذية الخدمات (MSS) (أرض–فضاء) على النحو الوارد في الملحقين 1 و2 خلُصت إلى أن أكثر المعايير ملاءمة لحماية EESS (المنفعلة) هي مواصفات قدرة الكثافة الطيفية المطبقة على محطات وصلات تغذية الخدمات MSS في النطاق 1400-1427 MHz؛

ط) أن الهامش البالغ نحو 2 dB مستحسن إضافة إلى النتائج المتحصلة من احتمالية تداخل قدرها 0,05% تُحسب على أساس واقع أن عدداً محدوداً فقط من وصلات تغذية وتركيبات محاسيس منفعلة يمكن دراسته وأن خصائص الخدمات MSS الحالية يمكن أن تنحرف إلى حد ما بعيداً عما هو مُفترض في هذه الدراسات،

وإذ تلاحظ

أ) أن تخفيض الانبعاثات غير المرغوبة إلى السويات المطلوبة للحماية الملائمة للخدمات المنفعلة في النطاق 400 1-427 1 MHz ممكن في تقنيات معالجة نطاق الأساس من أجل التركيبات النمطية لمعدلات البيانات وتقنيات التشكيل بدون مرشاح محدد بعد المكبر؛

ب) أنه يمكن استعمال مرشاح إضافي بعد المكبر حينما تكون المعالجة عريضة النطاق المشار إليها في الفقرة أ) من *إذ تلاحظ* غير كافية لاستيفاء سويات الانبعاثات المطلوبة غير المرغوبة؛

ج) أن تكون سوية الانبعاث غير المرغوبة عند دخل هوائي وصلة تغذية الساتل في الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) المطلوبة لحماية RAS أدنى من السوية الواردة في 1 من *يوصي* (انظر التوصية ITU-R M.1748)،

توصي

1 بألا تتجاوز الانبعاثات غير المرغوبة من وصلات تغذية الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS)، لكي يتسنى حماية خدمات استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في النطاق 400 1-427 1 MHz، سويات القدرة التالية في النطاق 1400-1427 MHz:

- –63 dBW عند دخل هوائي المحطة الأرضية لوصلة تغذية الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) (أرض–فضاء) العاملة في النطاق 390 1-392 1 MHz؛
- –46 dBW عند دخل هوائي الساتل لوصلات تغذية الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) (أرض–فضاء) العاملة في النطاق 430 1-432 1 MHz.

الملحق 1

حماية محاسيس خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفعلة) في النطاق 400 1-427 1 MHz من وصلات تغذية الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) التي قد تعمل حول 400 1 MHz في الخدمة الثابتة الساتلية (FSS)

1 الخصائص التقنية لساتل بمحساس منفعل في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS)

تعتبر الترددات القريبة من 400 1 MHz مناسبة تماماً لقياس رطوبة التربة وملوحة سطح البحر والكتلة البيولوجية النباتية. وتقوم الإدارة الوطنية للطيران والفضاء (NASA) حالياً بتطوير جهاز لقياس ملوحة سطح البحر (Aquarius mission) سيقوم

بجمع قياسات في نطاق الموجات الصغرية المنفعلة بأسرها قيد الدراسة (400 1 إلى 427 1 MHz). وتقوم الإدارة الوطنية للطيران والفضاء (NASA) أيضاً بتطوير جهاز لقياس رطوبة التربة (HYDROS mission) في النطاق من 400 1 إلى 427 1 MHz. وتوضح الخصائص التقنية لمهمة الساتلين Aquarius وHYDROS بمحساس منفعل في الجدول 1.

والغاية العلمية للساتل Aquarius هي مراقبة ونمذجة العمليات التي تربط التغييرات في الملوحة بالتغييرات المناخية في التغير الدوري العالمي للمياه، وفهم كيفية تأثير هذه التغييرات على دوران المحيطات عموماً. والغاية العلمية من الساتل HYDROS هي قياس رطوبة التربة وهي متغير رئيسي في الدورة المائية التي لها تأثير على البخر والتسرب والصرف السطحي.

الجدول 1

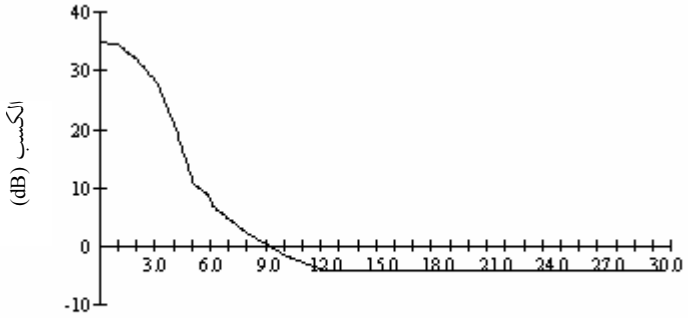
معلمات المحساس المنفعل للساتلين Aquarius وHYDROS

المعلمة	Aquarius	HYDROS
ذروة كسب الهوائي (لكل حزمة)	dBi 31,1	dBi 35
عرض النطاق dB 3 (لكل حزمة)	º5,5	º2,6
استقطاب الهوائي	أفقي ورأسي	أفقي ورأسي
تسديد الهوائي (درجات من النظير)	الحزمة 1 المسار المستعرض: º37,2 على طول المسار: º4,8	40° من النظير يمسح الهوائي حول النظير بسرعة 6 rpm بوقت معاينة قدره 72 ms/cell
	الحزمة 2 المسار المستعرض: º28,9 على طول المسار: º9,5-	
	الحزمة 3 المسار المستعرض: º20,7 على طول المسار: º4,8	
المدار	بارتفاع 600 km وبميل قدره º98	بارتفاع 670 km وبميل قدره º98
عرض نطاق المستقبِل (dB 3)	MHz 25	MHz 27
سوية التداخل المسموح	dB 174- (W/27 MHz)	dB 174- (W/27 MHz)
يمكن تجاوز النسبة المئوية لتداخل الوقت	%0,1	%0,1

ويستعمل HYDROS هوائي ماسح بتخالف قدره 40 درجة من النظير. ويوضح نمط الكسب في هوائي HYDROS في الشكل 1. ويستعمل Aquarius مقياس إشعاع عرضي المسح بثلاث حزم ولكل حزمة محساس نمط كسب مماثل للساتل HYDROS، وتمثل كل حزمة بكسيل وحيد بوقت إدراج متوسط قدره 10 ثوان.

الشكل 1

نمط هوائي الساتل HYDROS



2 الخصائص التقنية لنظام MSS

النطاقان 390 1-392 1 MHz و430 1-432 1 MHz قيد الدراسة من أجل وصلات التغذية بين سواتل الخدمة المتنقلة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض والمحطات الأرضية الثابتة الموجودة على نطاق العالم. ووصلات التغذية هذه تقوم بإرسال البيانات واستقبال البيانات من كوكبة سواتل MSS. بالإضافة إلى ذلك، يمكن إنجاز وظائف القياس عن بُعد والتتبع والتحكم بواسطة هذه الوصلات.

ونظرت هذه الدراسة في أربع كوكبات MSS تضم 128 ساتلاً كما هو مبين في الجدول 2. وتم الحصول على معلمات الكوكبات "L" و"M" و"Q" و"S" من الملحق 2 بالتوصية ITU-R M.1184. وتم إجراء تعديل طفيف في عدد وزاوية ميل السواتل في الكوكبة "Q" بحيث تتمشى هذه الكوكبة مع الأنظمة المخططة حالياً. وتم تخفيض عدد السواتل التي تُكوِّن الكوكبة "Q" من 32 إلى 26 من أجل هذه الدراسة، وتمت زيادة زوايا الميل لزهاء 24 من بين 26 ساتلاً من 51 درجة إلى 66 درجة.

الجدول 2

خصائص كوكبة MSS

	التوصية ITU-R M.1184							
	الكوكبة L	الكوكبة M			الكوكبة S	الكوكبة Q[1]	
عدد السواتل	48	48			6	26	
الارتفاع (km)	950	825		775	692	1 000	
زاوية الميل (بالدرجات)	50	45	0	70,108	98	66	83
مستويات المدار	8	3	1	2	2	6	2
عدد السواتل لكل مستوي	6	8			3	4	1

[1] تم تخفيض عدد السواتل التي تكون الكوكبة "Q" من 32 إلى 26 من أجل هذه الدراسة وزيادة زاوية الميل من أجل 24 من بين 26 ساتلاً من 51 درجة إلى 66 درجة من أجل الاتساق مع الكوكبة المستعملة في الوثيقة 7C/8.

ويرد وصف خصائص وصلة التغذية أرض – فضاء وفضاء – أرض المستعملة في هذه الدراسة في الجدولين 3 و4 على التوالي. ويُفترض أن تكون خصائص وصلة التغذية متماثلة للكوكبات الأربع MSS، وتم الحصول عليها من التقاسم السابق للدراسات في قطاع الاتصالات الراديوية.

يوضح النمط على اليسار في الشكل 2 نمط الكسب لهوائي وصلة التغذية باستقطاب دائري لساتل MSS غير مستقر بالنسبة إلى الأرض مستعمل في هذا التحليل للإرسال والاستقبال على السواء. والنمط على اليمين في الشكل 2 يوضح نمط كسب هوائي المحطة الأرضية لنظام MSS. واستُخلص هذا النمط من التذييل 8، الملحق الثالث من لوائح الراديو. ويدعم كل كوكبة MSS زهاء 15 محطة أرضية موزعة على كافة أرجاء العالم في مواقع تمثيلية، يبلغ مجموعها الكلي 60 محطة أرضية.

الجدول 3

خصائص وصلة تغذية أرض–فضاء

المعلمة	القيمة
عدد المحطات الأرضية	15 لكل كوكبة MSS، المجموع 60
مواقع المحطة الأرضية	موزعة في جميع أرجاء العالم لكل كوكبة
كسب ذروة هوائي الإرسال	dBi 30
عرض الحزمة 3 dB	º5
الحد الأدنى للكسب	dBi 1,5-
نمط الهوائي	لوائح الراديو، التذييل 8، الملحق الثالث
استقطاب الهوائي	دائري ميامن
تسديد الهوائي	تتبع أقرب ساتل على ارتفاعات تتراوح من º5 إلى º90
قدرة الإرسال	Watts 10 لكل KHz 100
خسارة الخط	dB 1
التشكيل	GMSK[(2)]، OQPSK[(2)]، 8-PSK[(2)]، 16-QAM[(2)]
عرض نطاق القناة	100، 300، 855 KHz

(1) نطاق أساسي بمرشاح غوسي $BT_b = 0,5$

(2) نطاق أساسي بجيب تمام مرفوع بجذر تربيعي بمرشاح $BT_s = 1,0$.

الجدول 4

خصائص وصلة تغذية فضاء–أرض

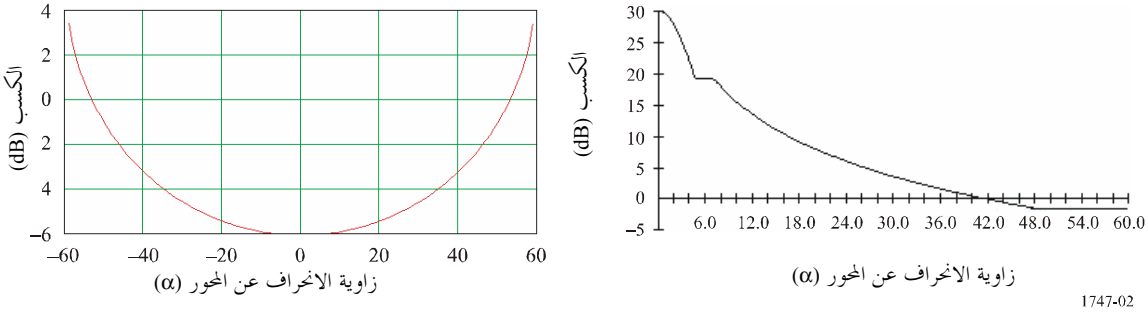
المعلمة	القيمة
كسب ذروة هوائي الإرسال	انظر الشكل 2
الحد الأدنى للكسب	dB 6-
استقطاب الهوائي	دائري ميامن
تسديد الهوائي	ثابت، قطر منطقة التغطية 000 4 km تقريباً
قدرة الإرسال	Watt 1 لكل KHz 100
خسارة الخط	dB 1
التشكيل	GMSK[(1)]، OQPSK[(2)]، 8-PSK[(2)] 16-QAM[(2)]
عرض نطاق القناة	100، 300، 855 KHz

(1) نطاق أساسي بمرشاح غوسي $BT_6 = 0,5$.

(2) نطاق أساسي بجيب تمام مرفوع بجذر تربيعي بمرشاح $BT_s = 1,0$.

الشكل 2

نمط هوائي إرسال واستقبال ساتل MSS (يسار) غير مستقر بالنسبة إلى الأرض ونمط هوائي إرسال واستقبال محطة أرضية (يمين)



3 تحليل التداخل

1.3 لمحة عامة

يشمل نموذج التداخل الديناميي أربعة أنظمة MSS تضم 128 مركبة فضائية و60 محطة أرضية. وقام نموذج المحاكاة بحساب التوزيع التراكمي (CDFs) لقدرة التداخل في نفس القناة الناتجة عن مجموع وصلات صاعدة ووصلات هابطة لنظام MSS فردي، ومجموع الوصلات الصاعدة والوصلات الهابطة لجميع أنظمة MSS عند دخل مستقبل محساس منفعل.

وفي كل خطوة من خطوات المحاكاة، قام النموذج بحساب القدرة الكلية عند خرج حزمة هوائي محساس وحيد الناتجة عن جميع الوصلات الصاعدة والوصلات الهابطة لنظام MSS المرئي والنشيط، وتم فرز النتائج ووضعت في خانات استبانة كل منها 1,0 dB لاستعمالها في تخطيط دالة CDF. واستخدمت عمليات المحاكاة خطوات زمنية من ثانية واحدة لنظام Aquarius وخطوات زمنية من 50 ms لنظام HYDROS لضمان التطابق الكافي مع زمن الاعتيان لكل خلية من حزم المحساس. واستخدمت عمليات المحاكاة بحيث تطابق فترة 14 يوماً من حيث الوقت الحقيقي.

وحُسبت سوية قدرة التداخل I (dBW) عند خرج هوائي المحساس المنفعل باستعمال المعادلة التالية:

$$I = 10 \cdot \log P_t - L_l + G_t - (32.44 + 20 \cdot \log(f \cdot R)) + G_r - L_p - L_{atm} \quad (1)$$

حيث:

P_t: قدرة إرسال مسبب التداخل (W)

L_l: خسارة خط المرسل

G_t: كسب الهوائي المسبب للتداخل في اتجاه المحطة المتأثرة (dBi)

f: تردد محطة الاستقبال المتأثرة (MHz)

R: مدى الميل بين المسبب للتداخل والمحطة المتأثرة (km)

G_r: كسب هوائي المحطة المتأثرة في اتجاه مسبب التداخل (dBi)

L_p: خسارة تمييز الاستقطاب

L_{atm}: خسارة الامتصاص الجوي (dB).

واستعملت القيمة 0 dB للتوهين الناجم عن الامتصاص الجوي (الهواء الجاف وبخار الماء). واستعملت قيمة تبلغ 1,4 dB لخسارة تمييز الاستقطاب الناجم من هوائي مستقطب محساس منفعل خطي وهوائي MSS باستقطاب دائري. وافترضت هذه الحسابات أن جميع وصلات MSS تعمل على التردد ذاته وضمن عرض نطاق المحساس المنفعل. وأجريت كل عمليات المحاكاة عند تردد يبلغ 1 400 MHz واستعملت سويات قدرة إرسال مرتبطة بعرض نطاق قناة يبلغ 100 kHz. ويجدر ملاحظة أن خطط CDF من أجل عرض نطاق قناة 300 kHz و855 kHz من شأنها أن تدل على سويات تداخل مرتفعة نتيجة تدريج سويات قدرة إرسال الوصلة أرض – فضاء وفضاء – ارض كدالة لعرض نطاق القناة.

ومن أجل تحديد القدرة خارج النطاق من وصلات تغذية MSS في النطاق 400 1-427 1 MHz، استعملت تقنيات النمذجة والمحاكاة لمخططات تشكيل وعروض نطاق قناة مختلفة. وتم إقرار صلاحية نموذج المحاكاة لأول مرة مقابل بيانات قياس جهاز GMSK، ثم ولدت بيانات الكثافة الطيفية للقدرة (PSD) بواسطة المحاكاة لتقنيات التشكيل الأخرى وعرض نطاق القناة. وباستعمال بيانات الكثافة الطيفية للقدرة، تم تحديد القدرة المتكاملة الكلية المتعلقة بواحد واط في النطاق 400 1-427 1 MHz من مرسل الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة للنظام MSS. وتتاح هذه النتائج في الجدول 5. وتم اختيار الترددات المركزية لإشارات الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة التي جرت محاكاتها بحيث يقع أول صفر للإشارة المنمذجة عند حافة نطاق وصلة تغذية MSS الأقرب من نطاق ESS (المنفعل).

الجدول 5

القدرة الكلية في النطاق 00 4 1-427 1 MHz من أسوأ حالة ممكنة لمرسل وصلة تغذية MSS بافتراض قدرة إرسال تبلغ 1 W (dBW)

عرض نطاق قناة وصلة التغذية	تشكيلة وصلة التغذية							
	الصاعدة (390 1-392 1 MHz)				الهابطة (430 1-432 1 KHz)			
	GMSK	OQPSK	8-PSK	16-QAM	GMSK	QPSK	8-PSK	16-QAM
KHz 100	75,0-	74,3-	74,4-	74,4-	71,5-	71,8-	71,8-	71,9-
KHz 300	74,1-	73,5-	73,6-	73,6-	72,2-	71,0-	71,2-	71,6-
kHz 855	75,0-	75,1-	73,1-	73,5-	71,3-	70,8-	59,1-	64,2-

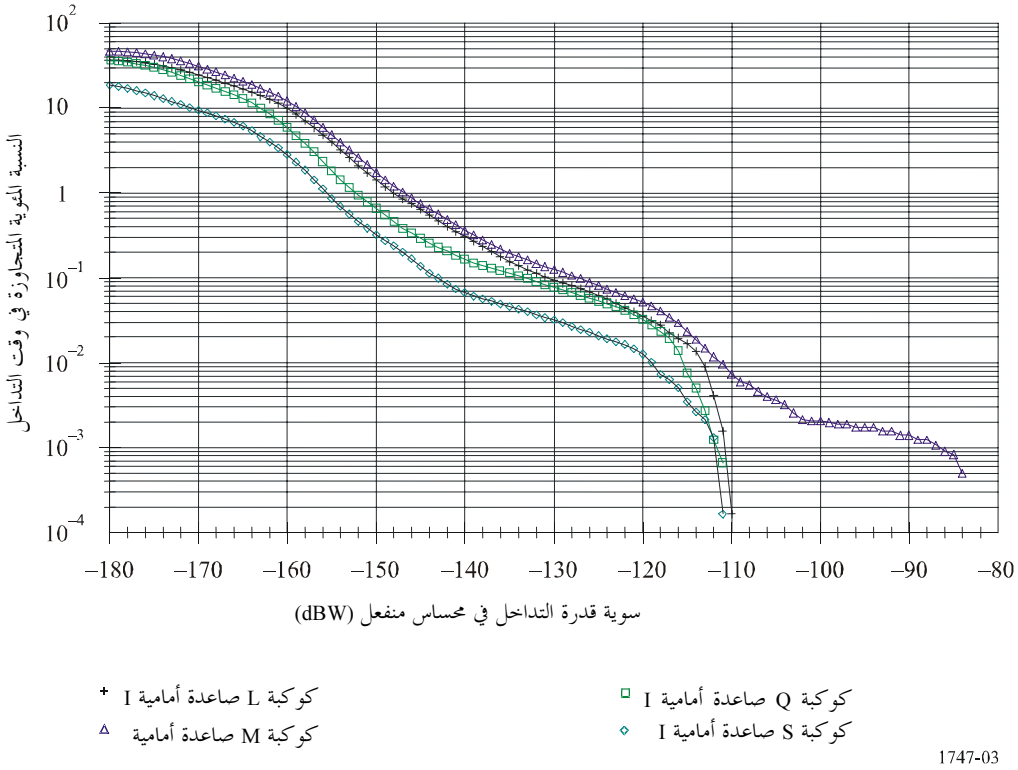
2.3 نتائج التحليل – أسلوب التشغيل

ترد في الأشكال من 3 إلى 5 مخططات دالة التوزيع التراكمي للساتل Aquarius. وتم الحصول على دالة توزيع تراكمي مماثلة للساتل HYDROS ولذلك فهي غير مبينة. وخططت في الشكل 3 دالة التوزيع التراكمي لسوية قدرة التداخل في نفس القناة لوصلة أرض – فضاء على الساتل Aquarius في كل نظام MSS. ويوضح الشكل 4 مخطط دالة التوزيع التراكمي (CDF) على نفس القناة في الساتل Aquarius لكل وصلة نظام MSS فضاء – أرض. ويوضح الشكل 5 المخطط الإجمالي في نفس القناة لدالة CDF لجميع وصلات نظام MSS أرض – فضاء، والمخطط الإجمالي في نفس قناة لدالة CDF للوصلات فضاء – أرض، ومخطط دالة CDF الإجمالي الكلي لجميع وصلات وأنظمة MSS التي يمكن أن تتسبب في تداخلات مع Aquarius.

ومن منظور فرقة العمل 8D وفرقة العمل 7C على السواء ينبغي ألا تسهم وصلات تغذية MSS بأكثر من 5% إلى 10% من التداخل الكلي المسموح، مع مراعاة أن خدمات متعددة تسهم في التداخل الكلي المسموح وفقاً للتوصية ITU-R SA.1029، ووضع التوزيع المحتمل لوصلات تغذية MSS.

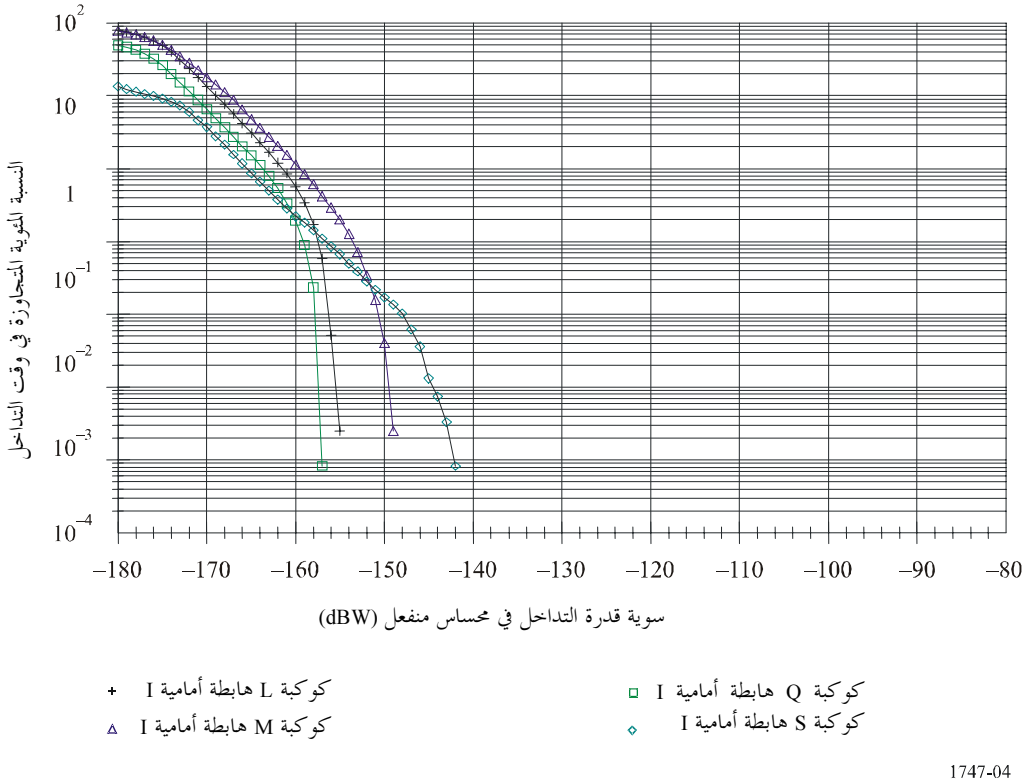
الشكل 3

دالة التوزيع التراكمي (CDF) للساتل Aquarius للتداخل في نفس القناة في محاسيس منفعلة من وصلات MSS أرض – فضاء (عرض نطاق القناة 100 kHz)



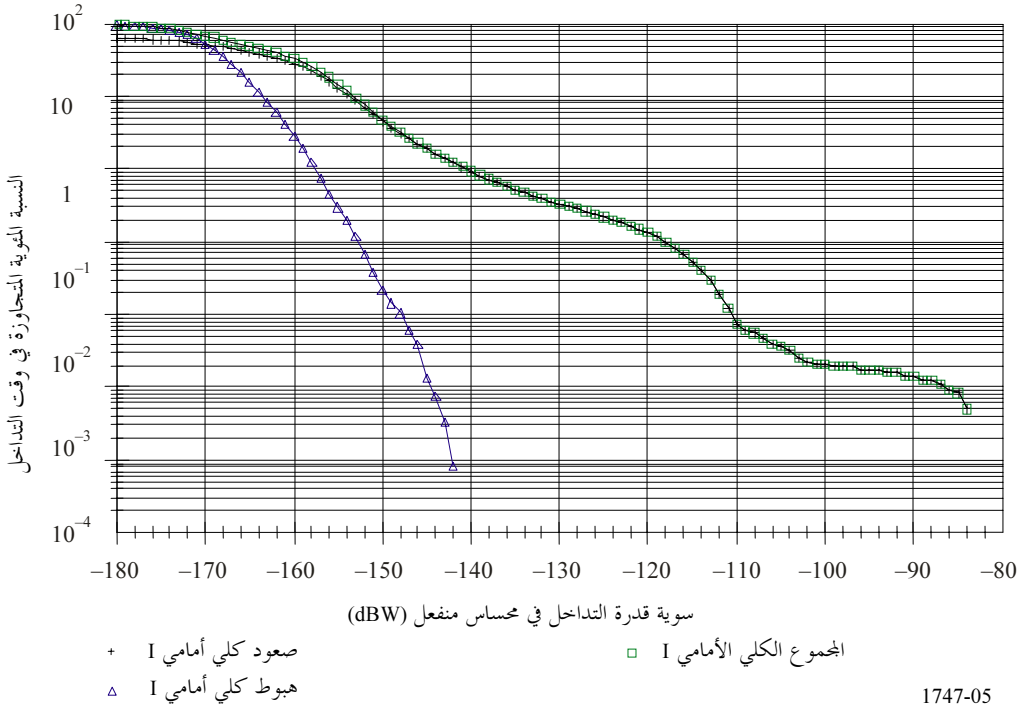
الشكل 4

دالة التوزيع التراكمي (CDF) للساتل Aquarius للتداخل في نفس القناة في محاسيس منفعلة من وصلات MSS فضاء – أرض (عرض نطاق القناة 100 kHz)



الشكل 5

دالة التوزيع التراكمي الكلية للساتل Aquarius للتداخل في نفس القناة في محاسيس منفعلة (عرض نطاق القناة 100 kHz)



ويوضح الشكل 6 طريقة حساب نموذجية لهامش تداخل Aquarius ووصلات التغذية أرض – فضاء تعمل في عرض النطاق 100 kHz مع تشكيل GMSK لقيمتين 0,005% و0,01% من الزمن التي يمكن أن تتجاوزه سوية التداخل المسموحة. ويرد في الجدول 7 موجزاً لهامش التداخل الكلي للساتل Aquarius وللساتل HYDROS لجميع تشكيلات وصلة التغذية وعروض نطاق القناة. وتدل القيمة السلبية في صف هامش التداخل في الجدولين على ضرورة إجراء ترشيح إضافي لوصلة التغذية خارج نطاق MSS، أو تحسين تصميم المرسل، وهو ما يُفترض من أجل هذه الدراسة.

الجدول 6

التداخل في وصلة تغذية MSS/Aquarius أرض – فضاء من أجل تشكيلة GMSK، BW kHz 100

		الكوكبة				الصاعدة الكلية
		L	M	S	Q	
القدرة في نفس القناة MSS (dBW)	توزيع الوقت 5%	112,0-	107,5-	116,0-	114,0-	107,5-
	توزيع الوقت 10%	113,0-	111,0-	119,0-	115,5-	111,0-
قدرة وصلة تغذية MSS في نطاق EESS تتناسب مع 1 W (dB)		75,0-	75,0-	75,0-	75,0-	75,0-
قدرة وصلة تغذية MSS في نطاق EESS (dBW)	توزيع الوقت 5%	187,0-	182,5-	191,0-	189,0-	182,5-
	توزيع الوقت 10%	188,0-	186,0-	194,0-	190,5-	186,0-
		174,0-	174,0-	174,0-	174,0-	174,0-
هامش التداخل (dB)	توزيع الوقت 5%	13,0	8,5	17,0	15,0	8,5
	توزيع الوقت 10%	14,0	12,0	20,0	16,5	12,0

الجدول 7

ملخص لهوامش تداخل وصلة تغذية MSS

التشكيل	عرض نطاق القناة	توزيع التداخل	إجمالي هامش التداخل الكلي (dB)	
			Aquarius	HYDROS
GMSK	kHz 100	توزيع 5%	8,5	8,0
		توزيع 10%	12,0	9,0
	kHz 300	توزيع 5%	2,8	3,3
		توزيع 10%	6,3	3,3
	kHz 855	توزيع 5%	0,8-	1,3-
		توزيع 10%	2,7	0,3-
OQPSK	kHz 100	توزيع 5%	7,8	7,3
		توزيع 10%	11,3	8,5
	kHz 300	توزيع 5%	2,2	1,7
		توزيع 10%	5,7	2,7
	kHz 855	توزيع 5%	0,7-	0,2-
		توزيع 10%	2,8	0,2-
8-PSK	kHz 100	توزيع 5%	7,9	7,4
		توزيع 10%	11,4	8,4
	kHz 300	توزيع 5%	2,3	1,8
		توزيع 10%	5,8	2,8
	kHz 855	توزيع 5%	2,7-	3,2-
		توزيع 10%	0,8	2,2-
16-QAM	kHz 100	توزيع 5%	7,9	7,4
		توزيع 10%	11,4	8,4
	kHz 300	توزيع 5%	2,3	1,8
		توزيع 10%	5,8	2,8
	kHz 855	توزيع 5%	2,3-	2,8-
		توزيع 10%	1,2	1,8-

3.3 نتائج التحليل – أسلوب المعايرة

أجريت عمليات محاكاة لمدار وحيد للمركبة الفضائية Aquarius لتحديد سويات التداخل أثناء معايرة الجهاز. وستسدد المركبة الفضائية Aquarius الهوائي الخاص بها، أثناء المعايرة، تجاه الفضاء أثناء جزء من مدار وحيد وذلك بتثبيت المركبة الفضائية عطالياً. وأجريت ثماني عمليات محاكاة لمدار وحيد، استعمل كل منها معلمات محاكاة مختلفة وذلك لتغيير الموقع الذي أجريت فيه المعايرة. وتمثل النتائج، الموجزة في الجدول 8، أسوأ سوية كلية للتداخل من وصلات تغذية MSS بالنظر إلى حزمة هوائي Aquarius أثناء مدار وحيد للمعايرة. وتبلغ سوية التداخل هذه 7 dB أقل تقريباً من سوية التداخل الكلية المتحصل عليها أثناء عمليات محاكاة Aquarius العادية على مدى فترة 14 يوماً.

الجدول 8

موجز لسويات التداخل أثناء معايرة محساس من أجل تشكيل QPSK بتخالف وعرض نطاق وصلة تغذية MSS يبلغ 300 kHz

		Aquarius	HYDROS
تقنية المعايرة		تسديد الهوائي صوب الفضاء أثناء جزء من مدار وحيد وذلك بتثبيت المركبة الفضائية عطالياً	هوائي بميل تدريجي صوب الفضاء لمدار كامل واحد
أقصى قدرة للتداخل في نطاق EESS (المنفعل) (dBW)		189,9-	176,9-
قدرة التداخل في نطاق EESS (المنفعل) لمعيار قدره 0,1% (dBW)		193,7-	189,2-
قدرة التداخل المسموح (dBW)	توزيع 5%	187-	187-
	توزيع 10%	184-	184-
هامش التداخل (dB)	توزيع 5%	6,7	2,2
	توزيع 10%	9,7	5,2

وأُجريت كذلك عمليات محاكاة لتحديد سويات التداخل في المركبة الفضائية HYDROS أثناء معايرة محساسها المنفعل. والمخطط الحالي لمعايرة الخط الأساسي للمركبة الفضائية HYDROS هو مراقبة الغابات المطيرة في الأمازون والمحيط المفتوح كل ثلاثة أيام، بالإضافة إلى رؤية الفضاء من خلال إمالة المركبة الفضائية لمدار واحد كل فترة من شهرين إلى أربعة أشهر. وأجريت ثلاث عمليات محاكاة لمدار وحيد (استعملت كل عملية خط طول مختلف للعقدة الصاعدة) وذلك لتحديد سوية التداخل من وصلات تغذية MSS في حين سدد هوائي HYDROS في اتجاه الفضاء للمعايرة. ويوجز الجدول 8 نتائج المحاكاة لأسوأ تداخل أثناء معايرة الفضاء. ويُفترض أن تكون سويات التداخل من أجل المعايرة عند التسديد صوب الأرض هي ذاتها أو أقل من تلك المعروضة في الفقرة 2.3 من هذه الوثيقة.

الملحق 2

تحليل التداخل بين خدمات استكشاف الأرض الساتلية (EESS)(المنفعلة) في النطاق 400 1-427 1 MHz ووصلات تغذية الخدمات البحرية الساتلية MSS في النطاقات القريبة

1 مقدمة

يتألف هذا الملحق من مساهمات لثلاث دراسات قُدمت إلى قطاع الاتصالات الراديوية حول الملاءمة بين محاسيس EESS (المنفعلة) العاملة في النطاق 400 1-427 1 MHz ووصلات تغذية MSS في النطاقات القريبة. وكانت العديد من الافتراضات مماثلة لتلك المستعملة في الملحق 1 ولذلك لم تُكرر هنا. وافتراضات نظام MSS متماثلة. ويستند الاختلاف الأساسي إلى التطبيقات البديلة للمحساس التي يرد وصفها فيما يلي.

2 خصائص المحساس المنفعل ومعايير الحماية

يمكن قياس رطوبة التربة وملوحة المحيط بواسطة محاسيس منفعلة تعمل في نطاق التردد 400 1-427 1 MHz. ورطوبة التربة متغير رئيسي في الدورة المائية التي لها تأثير على البَخر والتسرّب والصرف السطحي. وملوحة سطح البحر لها تأثير على الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي العميق ونقل الحرارة الجنوبي. وتؤثر التغييرات في الملوحة على دينامية السطح القريب في المحيطات الاستوائية. والترددات التي تدور حول 400 1 MHz مناسبة جداً لرطوبة التربة وملوحة سطح البحر.

SMOS هو اسم ساتل بمدار منخفض بالنسبة إلى الأرض بارتفاع مداري مخطط يبلغ حوالي 760 كيلومتراً. والأفضل أن يكون الميل 98,4 درجة مع وقت عقدة صاعدة يبلغ حوالي 0600 ساعة. وترد في الجدول 9 التفاصيل. ويستند الساتل SMOS إلى مفهوم مبتكر، حيث يصور في وقت التكامل مشهداً كبيراً (000 1 × 000 1 كم عادة) بزوايا حدوث متنوعة على مستوى الأرض (تتراوح من 0 إلى 55º). وبالتالي، تقاس أي نقطة على السطح بزوايا رؤية متنوعة تستعمل لفك اقتران التربة والمساهمات النباتية. ويستعمل SMOS تقنيات قياس التداخل من أجل تحسين الاستبانة الفضائية. وسيستعمل مجموعة ثابتة من الهوائيات بدلاً من هوائيات مسح كبيرة.

الجدول 9

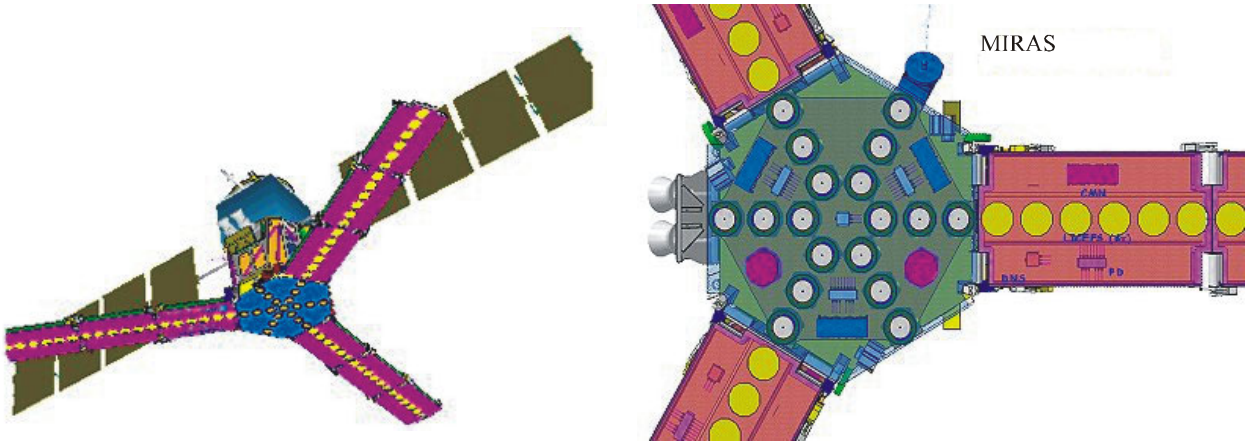
الخصائص العامة للساتل SMOS

الجهاز	راديوميتر تصوير بالموجات الصغرية باستعمال فتحة تركيبية – MIRAS
مفهوم الجهاز	مقياس تداخل ذو بعدين بموجات صغرية منفعلة
التردد	400 1-427 1 MHz
عرض النطاق	27 MHz
الاستقطاب	V& H (أسلوب قياس القطبية اختياري)
الاستبانة الفضائية	50 km (35 km في مركز مجال الرؤية FOV)
زاوية الميل	32 درجة
الاستبانة الزاوية	0-55 درجة
الاستبانة الزمنية	زيارة كل ثلاثة أيام

ويشار إلى المحساس الحالي الموجود على الساتل SMOS (براديوميتر تصوير بالموجات الصغرية باستعمال فتحة تركيبية). وهو مقياس تداخل ذو بعدين باستقطاب مزدوج. ويستعمل في تصميم الجهاز ثلاثة أذرع تقع في نفس المستوى لهوائي أولي بمباعدة منتظمة (lambda 0,875، أقصى إطناب) في تشكيل يتخذ شكل حرف Y (انظر الشكل 6). وفي هذا المفهوم، يطبق تركيب فوريه لقياس التداخل لاشتقاق الصور من الارتباط بين كل زوج من عناصر الهوائي (مستقبلات صغيرة مستقلة) تعمل في منطقة الموجة الصغرية. ويسمح مقياس التداخل ذو البعدين الموجود على الساتل SMOS لقياس درجة حرارة اللمعان الآنية في حالات ورود مختلفة وفي استقطابين. بالإضافة إلى ذلك، يسجل الجهاز المشهد الكامل على الفور. ولما كان الساتل يتحرك، تلاحظ نقطة معينة ضمن مجال رؤية ببعدين من زوايا مختلفة. وأمكن الحصول على سلسلة من القياسات المستقلة تسمح باشتقاق معلمات السطح بدقة أكبر. وتم إنشاء مجال درجة حرارة اللمعان في هذا التصميم باستبانة مطابقة للمباعدة بين المستقبلات الأكثر بعداً.

الشكل 6

تشكيل هوائي الساتل SMOS

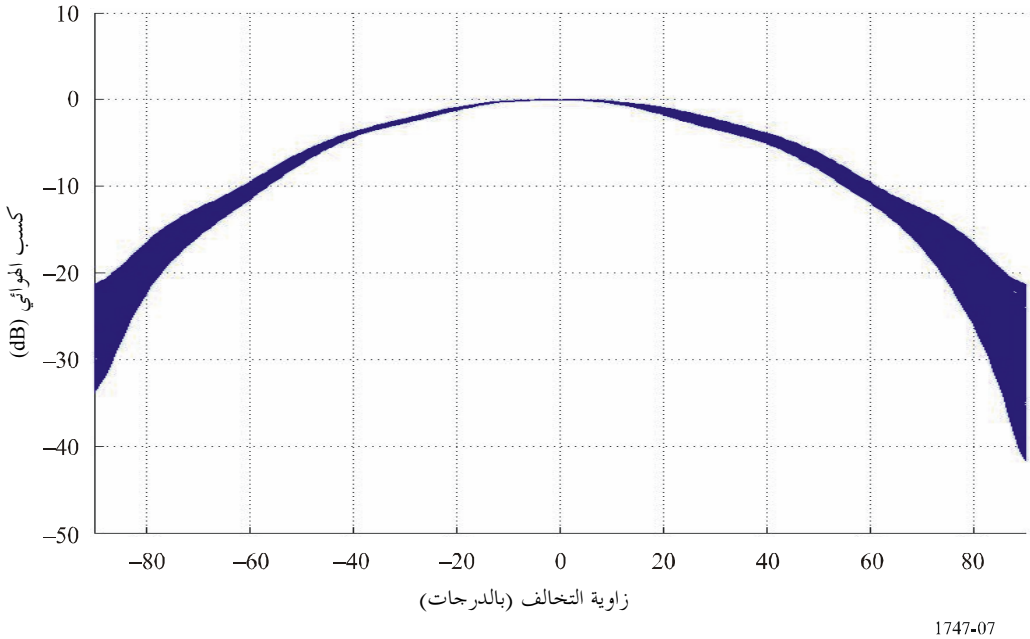


1747-06

وتستند كل وحدة هوائي/مستقبِل إلى هوائي يُرقع بدون طبقة تحتية للعازل الكهربائي بفتحة نصف القدرة للحزمة تبلغ نحو 70°، وباتجاهية تبلغ نحو 8 dB وتوفر استقطاب H واستقطاب V على السواء بخصائص استقطاب متقاطع ممتازة (نسبة الإشارة متحدة الاستقطاب إلى الاستقطاب المتقاطع > 25 dB). ويرد مخطط الهوائي من أجل عنصر هوائي واحد في الشكل 7.

الشكل 7

نمط هوائي أولي للساتل SMOS



1747-07

وتتيسر سلسلة مستقبل وحيد لكل عنصر هوائي، بحيث يمكن أن تعمل كل وحدة إما على استقطاب H أو على استقطاب V بمجرد تلقي الأوامر من وحدة المراقبة. وترشح إشارة هوائي كل مستقبل إلى عرض النطاق المختار، وتكبر وتعاين وتحول في النهاية إلى إشارة رقمية من 1 بتة.

يرسل انسياب معطيات خرج الساتل MIRAS، بدمج المكونين I وQ على السواء وبمعدل يبلغ نحو 130 Mbit/s، إلى وحدة وسيلة الربط بواسطة وصلة ليف بصري. ويستقبل كل عنصر (عن طريق وصلة ليف بصري ثانية) إشارة ميقاتية مرجعية مولدة مركزياً لأداء تحويل خافض للتردد ومعاينة تماسك الطور بين جميع العناصر. ويتحقق الإفراط في المعاينة بعامل قدره نحو 2 فيما يخص معيار نيكويست في كل مستقبل، مما يحسن الحساسية الراديومترية. وفي وحدة وسيلة الربط، وبعد تحويل الإشارات من بصرية إلى كهربائية، تؤدي مجموعة ضخمة من وسائل الربط من 1 بتة/السوية 2 المنفذة في دارات مكرسة متكاملة، الترابط المتقاطع بين جميع الإشارات. وتتشابك صور الاستقطاب الأفقي والرأسي ويُنجز الترابط المتقاطع لكل استقطاب على مدى فترة من 0,3 ثانية. ويؤخذ معدل نحو 5 صور، بحيث تُتاح صورتين (واحدة لكل استقطاب) كل ثلاث ثوان.

يمكن التعبير عن الكسب لعنصر واحد من عناصر هذا الهوائي بما يلي:

$$G = 9 - 0.0027\,\theta^2 \qquad \text{for } |\theta| < 120^\circ \tag{2}$$

$$G = -30 \qquad \text{for } |\theta| > 120^\circ$$

حيث θ هي زاوية التخالف من جهاز التسديد بالدرجات.

وعملاً بالتوصية ITU-R SA.1029، تبلغ قدرة التداخل المقبولة –174 dBW في عرض نطاق مرجعي قدره 27 MHz. ويمكن تجاوز هذه السوية لفترة 0,1% من الوقت على جميع مصادر التداخل التي تساهم في التداخل الكلي في هذا النطاق. وافقت فرقتا العمل 7C و8D لقطاع الاتصالات الراديوية على السماح بزهاء 5 إلى 10% من المساهمة الكلية للتداخل بواسطة MSS.

ونظراً لصعوبة التنبؤ بجميع تشكيلات المحاسيس المحتملة في المستقبل، تم بحث كسب هوائيات متعددة نظراً لأن المحاسيس الحالية والمقبلة يمكن أن يكون مداها أكبر لتطبيقات عملية للهوائي. واستناداً إلى الدراية بأنظمة محاسيس أخرى يبدو أن المدى يتراوح بين 27 و40 dBi يمكن اعتباره تمثيلياً. وأكفة الكسب المكافئة لهذه الهوائيات مستمدة من التوصية ITU-R S.672 ولكنها تأخذ في الاعتبار، استناداً إلى التجربة، أن الحد الأدنى لكسب الهوائي البالغ 0 dBi يغالي عادة في تقدير التداخلات المستقبلة. ولذلك يُفترض أي تخفيض آخر تحت 0 dBi أن يؤدي إلى تداخلات منخفضة انخفاضاً طفيفاً مقارنة بالتطبيق الصارم للتوصية ITU-R S.672 التي تتضمن حداً أدنى للكسب.

3 خصائص نظام متنقل ساتلي

استعملت نفس خصائص النظام MSS الواردة في الملحق 1. وهي تستند بشكل عام إلى التوصية ITU-R M.1184. وترد لمحة عامة عنها في الجدول 10.

الجدول 10

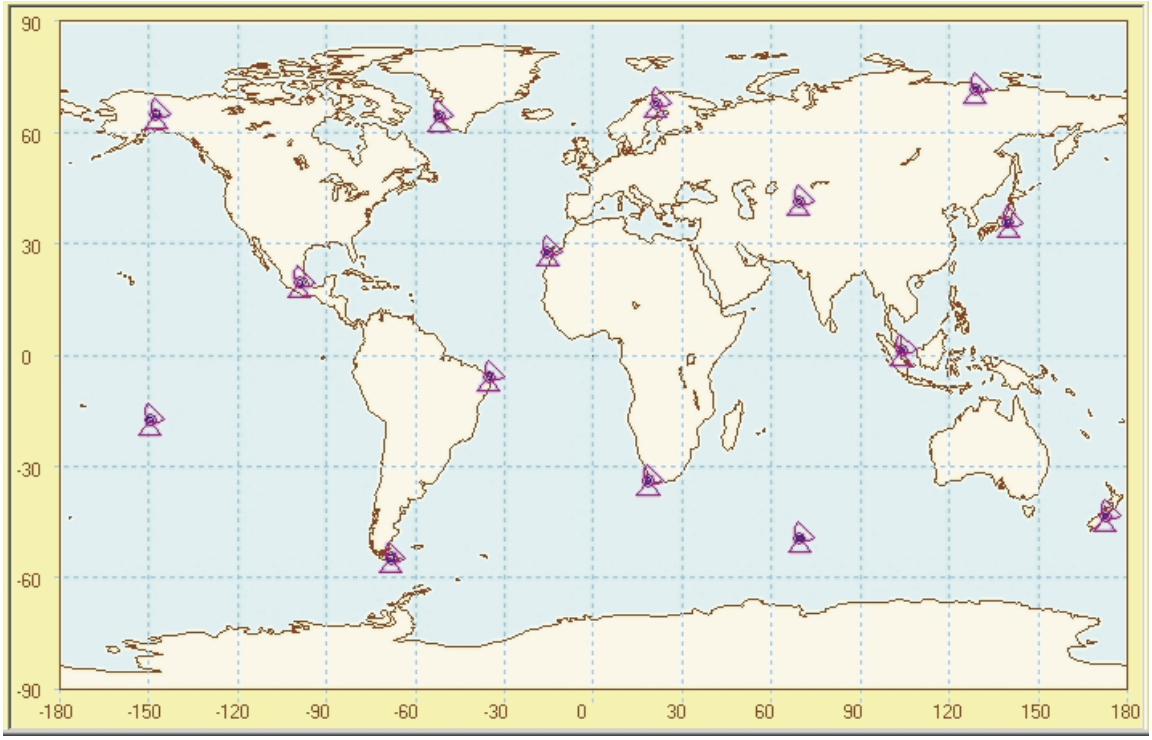
معلمات شبكات MSS متعددة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض

النظام	L	M			P	Q		S
عدد السواتل	48	48			6	(32) 26		6
الارتفاع (km)	950	825		775	893	1 000		692، 667
زاوية الميل (بالدرجات)	50	45	0	70، 108	99	83	(51) 66	98,94
المستويات المدارية	8	3	1	2	2	2	6	2
الساتل/المستوى	6	8			3	1	(5) 4	3
طالع مستقيم لعقدة صاعدة (بالدرجات)	0، 45، 90، 135، 180، 225، 270، 315	0، 120، 240	0	0، 180	9,8	0، 90	0، 60، 120، 180، 240، 300	143,5، 53,5
عرض نطاق القناة (kHz)	15	5			855	25		150
الاستقطاب (موجة الإرسال)	خطي				LHCP	خطي		RHCP

افتُرض نحو 15 موقعاً لنظام MSS من أجل المحطات الأرضية. واختيرت المواقع لتعظيم وقت التغطية الجانبية من ناحية، ولكن لكي تراعي أيضاً القيودات المتصلة بكتلة الأرض المتيسرة فعلاً، من ناحية آخرى، بما في ذلك الجزر المناسبة. ويبين الشكل 8 المواقع المختارة.

الشكل 8

مواقع المحطات الأرضية من أجل أنظمة MSS



1747-08

4 تحليل التداخل

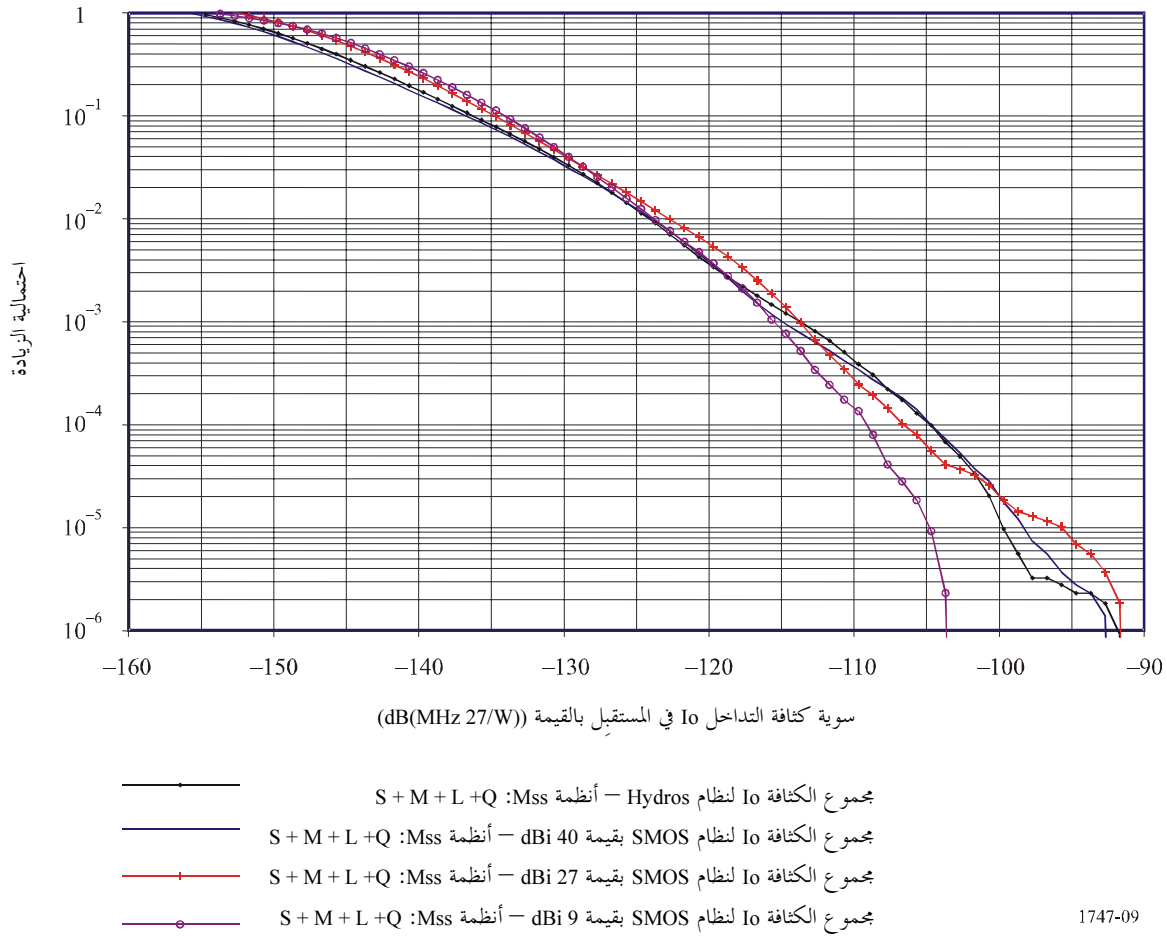
1.4 الوصلات أرض–فضاء

جرى حساب سويات التداخل بنفس الطريقة المتّبعة في الملحق 1.

يبين الشكل 9 السويات المدمجة لكثافة التداخل على الوصلات أرض–فضاء لأربعة أنظمة MSS، Q وL وM وS قيد البحث في هذا التقييم. ومن أجل احتمالية مقبولة للتداخل قدرها 0,005% إلى 0,01%، وتبلغ الكثافة الافتراضية المستقبلة للتداخل في النطاق –103 dBW من أجل 0,005% و–105 dBW من أجل 0,01%. ولذلك يتراوح الإفراط في التداخل للإشارة الافتراضية في النطاق بالنسبة للقيمة –174 dB(W/MHz) المطلوبة ما بين 71 و69 dB على التوالي. وبمراعاة سوية قدرة تبلغ 10 W عند دخل المحطة الأرضية MSS، يطابق ذلك أقصى سوية للانبعاث غير المرغوب البالغة –59 dBW من أجل 0,01% من الوقت أو –61 dBW من أجل 0,005 من الوقت في النطاق 27 MHz بأسره. والتوهين الحالي المطلوب لإشارة من 100 kHz سيكون عندئذ 93 dB من أجل 0,01% استناداً إلى 69 dB لتلبية المعيار في النطاق 27 MHz المنفعل بأسره زائد إضافة قدرها 24,3 dB لتدريج عرض نطاق إشارة إلى 100 kHz.

الشكل 9

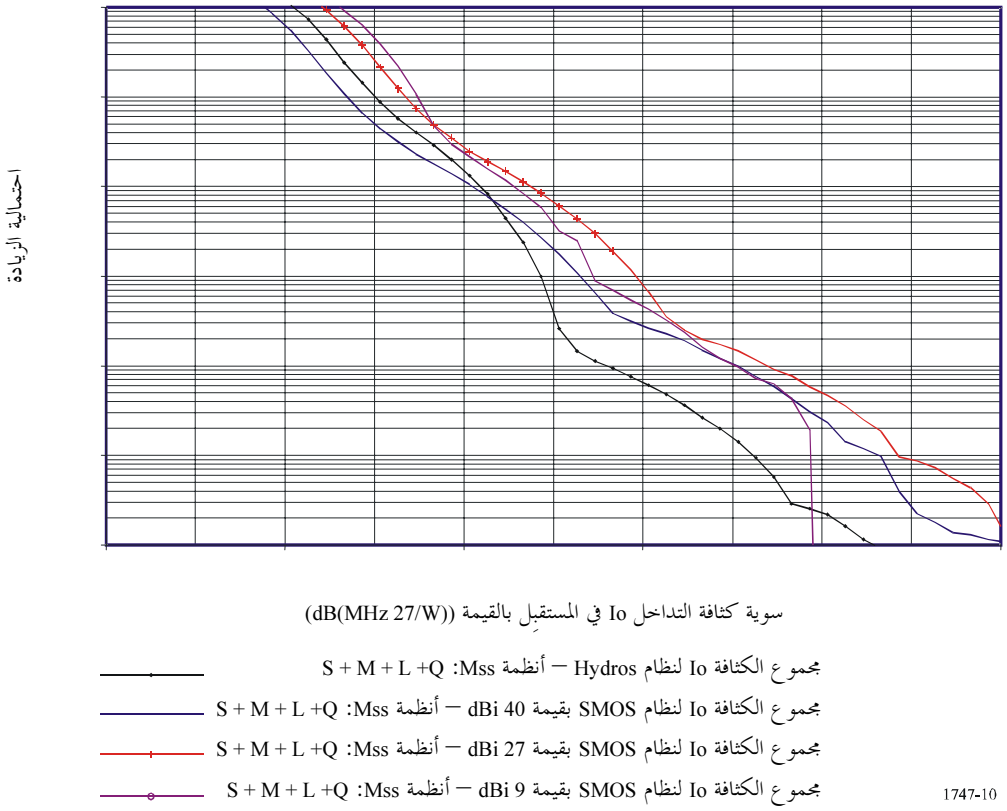
السويات المتراكمة لكثافة التداخل لأربعة أنظمة MSS بوصلات أرض–فضاء



يوضح الشكل 10 السويات المركبة لكثافة التداخل على الوصلات فضاء – أرض من أجل أربعة أنظمة MSS قيد الدراسة في هذا التقييم. وثمة تبعية ضئيلة نسبياً على المحساس السفلي لاحتمالات تبلغ حوالي 10^{-4}، بل بالأحرى على فرق ارتفاع المدار بين المحساس وسواتل MSS. ومن الواضح أن الارتفاع المداري يعتبر عنصراً حرجاً للوصلة الهابطة. وسيحدث معظم التداخل حينما تكون السواتل قريبة من بعضها بعضاً. وقد يستلزم الأمر انفصال مداري أدنى. ولاستيفاء متطلبات الحماية –174 dB(W/MHz) ينبغي أن تكون قدرة الانبعاث غير المرغوبة أقل من –44 إلى –41 dBW من أجل 0,005% من الوقت و0,01% من الوقت على التوالي.

الشكل 10

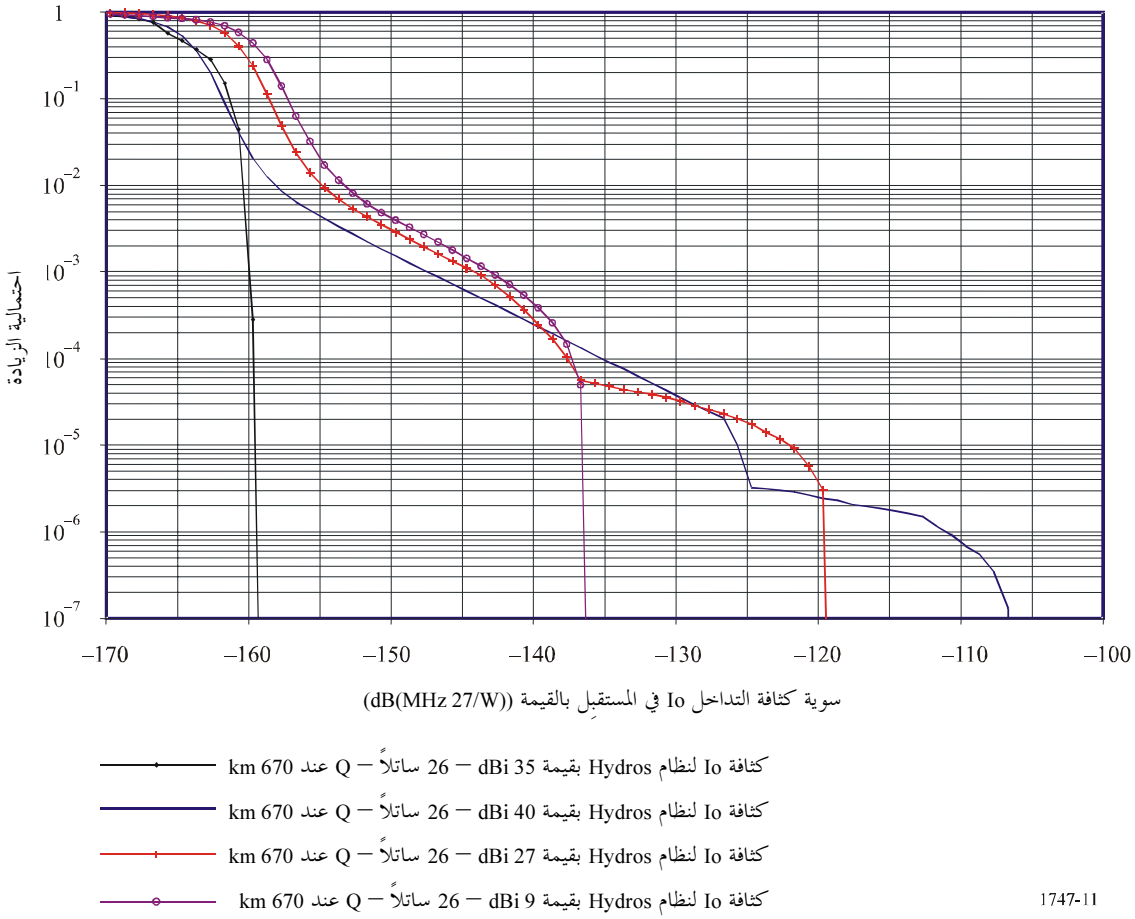
السويات المتراكمة لكثافة التداخل لأربعة أنظمة MSS بوصلات فضاء–أرض



يوضح الشكل 11 كثافة التداخل كدالة لارتفاع مدار الساتل MSS المختلفة عن تلك التي تنص عليها التوصية ITU-R M.1184. ولا توجد قيود على الارتفاعات المدارية في لوائح الراديو ولذلك اعتبر من الملائم أيضاً التحقيق في الحالات التي تكون فيها الارتفاعات المدارية للمحاسيس المنفعلة وسواتل MSS متماثلة تقريباً. ويوضح الشكل 11 بصورة خاصة أن سويات التداخل تزيد زيادة ملموسة عندما تكون الارتفاعات المدارية قريبة جداً.

الشكل 11

السويات المتراكمة للتداخل لأنظمة MSS قريبة من محاسيس الساتل SMOS

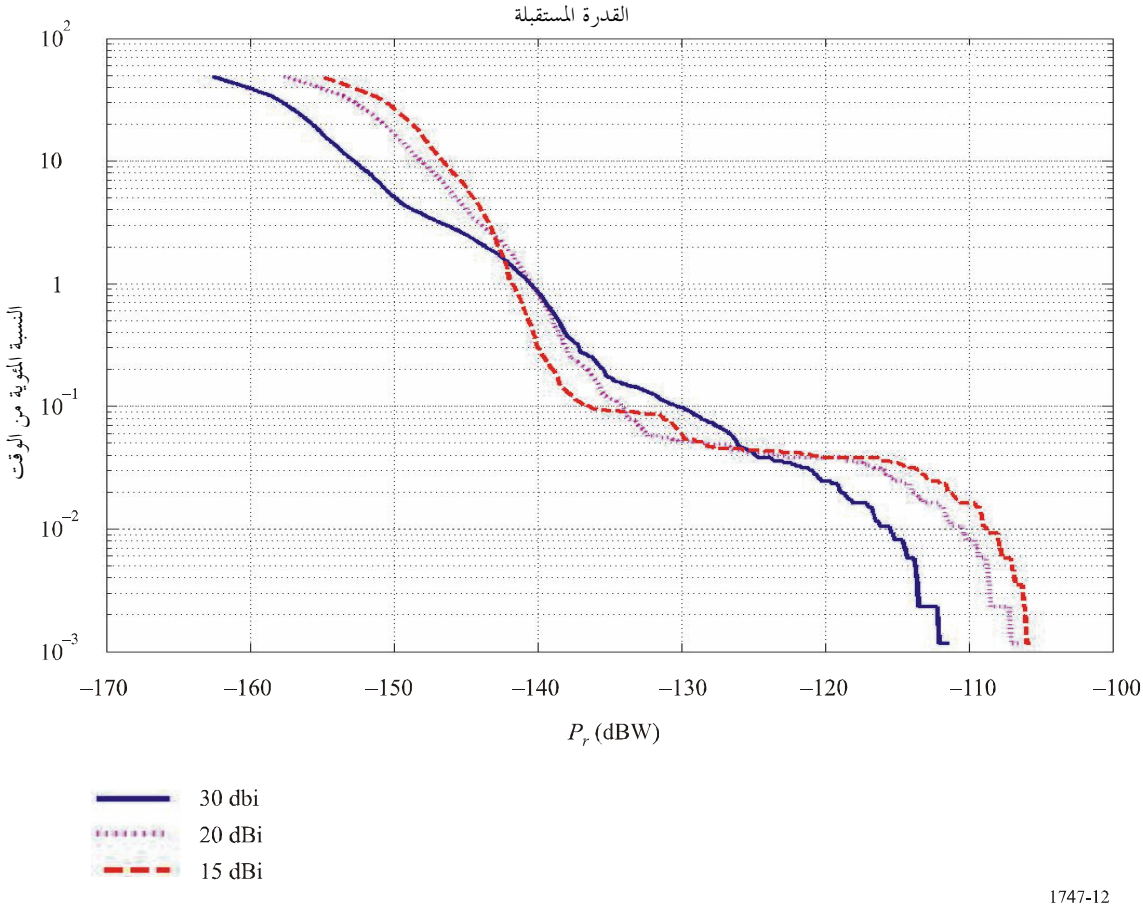


وبينت مساهمة واحدة في الدراسة أن خصائص المحطة الأرضية لهوائي MSS يمكن أن يكون لها تأثير ملموس على السويات المتراكمة للتداخل. ويوضح الشكل 12 النتائج من أجل المحطات الأرضية بكسب هوائي يبلغ 15 و20 و30 dBi على التوالي. ويمكن إدراك أنه في مناطق الاحتمال الواقعة بين 0,01% و0,005%، يؤدي أدنى كسب للهوائيات إلى ارتفاع سويات التداخل نتيجة سوء مراقبة سويات الفص الجانبي.

وخلُصت نفس الدراسة أيضاً إلى أن حد e.i.r.p. خارج النطاق غير ملائم لحماية خدمات EESS، لأنه يتفاوت كثيراً وسيكون أكثر تقييداً من أجل أدنى كسب للهوائي. والواقع أن من الأفضل تحديد حد قدرة الانبعاث غير المرغوبة الذي يتغير بدرجة أقل مع كسب الهوائي. والجدول 11 مستخلص من هذه الدراسة.

الشكل 12

القدرة المستقبلة في محساس HYDROS لمختلف كسوب هوائيات MSS ES



الجدول 11

قدرة الإرسال المطلوبة والقدرة المشعة المكافئة المتناحية e.i.r.p. لكل MSS FLES

المعلمة	هوائي 15 dBi	هوائي 20 dBi	هوائي 30 dBi
القدرة المستقبلة في النطاق المنفعل من أجل 0,01% من الوقت وقدرة إرسال تبلغ 10 dBW	109–	111–	115–
الهامش فيما يخص معيار الحماية 174– dBW في 27 MHz (dB)	65–	63–	59–
حد القدرة المطلوبة في النطاق المنفعل لاحترام معيار الحماية (dBW)	55–	53–	49–
e.i.r.p. المطابقة (dBW بما في ذلك خسارة المغذي)	41–	34–	20–

6 ملخص

سيلزم على الوصلات الصاعدة MSS، وضع قيد على القدرة خارج النطاق التي تغذي هوائي محطة أرضية MSS البالغة –59 dBW وذلك في النطاق 420 1-427 1 MHz وذلك لاستيفاء المعيار 0,01% و–61 dBW لاستيفاء المعيار 0,005%.

والتوهين المطلوب حالياً للوصلة الصاعدة لإشارة من 100 kHz هو 93 dB من أجل 0,01% و95 dB من أجل 0,005%. ومثل هذه السوية المرتفعة للانبعاثات غير المرغوبة ممكنة تقنياً إذا استُعملت تقنيات تشكيل بتشكيل نبضي ملائم ومواصفات صارمة لأداء التجهيزات مصحوبة بمرشاح بعد المكبر.

وعلى الوصلة الهابطة MSS، كانت سوية قدرة الانبعاثات غير المرغوبة عند خرج هوائي الساتل أقل من –41 dBW وذلك لاستيفاء المعيار 0,01% و-44 dBW وذلك لاستيفاء المعيار 0,005%.

ويبلغ التوهين الحالي المطلوب للوصلة الهابطة لإشارة من 100 kHz زهاء 65 dB من أجل 0,01% و68 dB من أجل 0,005%.

ويتوقف التداخل التراكمي على الوصلة الهابطة بشدة على الفرق بين الارتفاعات المدارية بين سواتل MSS والمحاسيس. وقد يكون من الضروري وضع بعض القيود على الارتفاعات المدارية.

ويستقبل معظم التداخل، على الوصلتين الصاعدة والهابطة، عن طريق اقتران الفص الجانبي للهوائي، والنتائج غير حساسة بالنسبة للمحاسيس بكسب هوائي مختلف.

وينبغي أن تستند مواصفات الانبعاثات غير المرغوبة على سويات قدرة الكثافة في الهوائيات بالأحرى لا على سويات كثافة e.i.r.p.

وسيناريوهات التداخل التي يمكن مواجهتها في الممارسة أكبر عدة أمثال من الحالات التي بحثت في جميع الدراسات. ولكي يتسنى تغطية الحالات التي تنطوي على افتراضات نظام مختلفة عن تلك التي جرى بحثها في هذه الدراسة، مثل هوائيات MSS الأصغر وقنوات متعددة لكل محطة أرضية، وأكثر من أربعة أنظمة MSS، ... وما إلى ذلك، ينبغي إدراج هامش قدره 2 dB على الأقل إضافة إلى السويات المتحصّلة من أجل 0,005%. ولذلك تعتبر -63 dB (W/27 MHz) على الوصلة الصاعدة و–64dB(W/27 MHz) على الوصلة الهابطة مناسبة لتحديد حدود الانبعاثات غير المرغوبة على وصلات تغذية MSS.

_____