

الاتحاد الدولي للاتصالات

# ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التقرير **ITU-R SM.2212-1**  
(2012/06)

تأثير أنظمة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة  
الكهربائية على أنظمة الاتصالات العاملة في نطاقات  
الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF)  
فوق 80 MHz

السلسلة SM  
إدارة الطيف

الاتحاد الدولي للاتصالات



## تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد مدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

## سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en> حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

### سلاسل تقارير قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/publ/R-REP/en>)

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

**ملاحظة:** وافقت لجنة الدراسات على النسخة الإنكليزية لهذا التقرير الصادر عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.

النشر الإلكتروني

جنيف، 2014

© ITU 2014

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

## ITU-R SM.2212-1 التقرير

تأثير أنظمة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية على  
أنظمة الاتصالات العاملة في نطاقات الموجات المترية (VHF)  
والموجات الديسيمترية (UHF) فوق 80 MHz

(المسألة ITU-R 221-1/1)

(2012-2011)

## جدول المحتويات

الصفحة

4	.....	مقدمة	1
		خصائص إشعاع الترددات الراديوية من أنظمة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية (PLT)	2
5	.....	في نطاقات الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF).....	
5	.....	1.2 الإشعاع التداخلي الصادر عن أنظمة اتصالات PLT العاملة بالمودم	
6	.....	2.2 شدة مجال تداخل أنظمة PLT في حالة الاستقطاب الأفقي	
7	.....	3.2 شدة مجال تداخل أنظمة PLT في حالة الاستقطاب العمودي	
		4.2 التداخل الناجم عن أنظمة PLT في أنظمة تشكيل التردد (FM) وأنظمة الإذاعة السمعية	
7	.....	الرقمية (DAB).....	
7	.....	5.2 الاستنتاج.....	
		خصائص الأنظمة الراديوية ومعايير الحماية وتأثير أنظمة PLT على أنظمة الاتصالات الراديوية العاملة	3
8	.....	في نطاقات الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF).....	
8	.....	1.3 الإذاعة	
		1.1.3 شدة المجال الدنيا الممكن استعمالها، فيما يتعلق بأنظمة PLT، في الأنظمة الإذاعية العاملة	
8	.....	بترددات تفوق 80 MHz.....	
10	.....	2.1.3 الكثافات العظمى لشدة مجال التداخل في نظام الاستقبال الإذاعي	
11	.....	2.3 خدمة الهواة وخدمة الهواة الساتلية	
12	.....	1.2.3 سويات ضوضاء الخلفية في النطاق 148-144 MHz	
12	.....	2.2.3 خصائص محطات الهواة في النطاق 148-144 MHz	
12	.....	3.2.3 متطلبات الحماية لمحطات الهواة الراديوية في النطاق 225-220 MHz	
13	.....	4.2.3 متطلبات الحماية لمحطات الهواة الراديوية في النطاق 450-420 MHz	
13	.....	5.2.3 خدمات أخرى عاملة في البيئة المنزلية بمتطلبات مماثلة	
13	.....	3.3 الخدمة المتنقلة للطيران	
16	.....	4.3 الخدمة المتنقلة البحرية	
16	.....	5.3 خدمة الاستدلال الراديوي	
16	.....	6.3 الخدمة المتنقلة البرية	

الصفحة

17	..... خدمة علم الفلك الراديوي	7.3
17	..... الخدمة المتنقلة الساتلية	8.3
17	..... نطاقات التردد	1.8.3
18	..... معيار الحماية	2.8.3
18	..... معلمات النظام	3.8.3
20	..... الحالة الخاصة بالنطاق MHz 406,1-406	4.8.3
20	..... خدمة الملاحه الراديوية الساتلية	9.3
20	..... مكرراً مساعدات الأرصاد الجوية	9.3
20	..... نطاقات التردد	1.9.3
20	..... معيار الحماية	2.9.3
21	..... مَعلمات النظام	3.9.3
21	..... أنظمة/تطبيقات أخرى للاتصالات الراديوية	10.3
21	..... أنظمة الاتصال اللاسلكية الخاصة بالمغروسات الطبية	1.10.3
22	..... الوسائل المحتملة لمنع التداخل أو إزالته	4
22	..... تدابير تكيف التوافق الكهرومغناطيسي (EMC)	1.4
23	..... التثليم الدائم	2.4
24	..... التثليم الدينامي	3.4
25	..... التثليم المقترن بالموقع الجغرافي	4.4
25	..... التحكم في قدرة الإرسال بحسب التوصية ITU-T G.9960	5.4
26	..... بناء قناع الإرسال للكثافة الطيفية للقدره (PSD)	1.5.4
27	..... التبليغ عن قناع الإرسال PSD	2.5.4
27	..... سقف القناع PSD	3.5.4
28	..... المراجع	4.5.4
28	..... استنتاج بشأن منع التداخل أو إزالته	6.4
28	..... استنتاجات إجمالية	5
	الملحق 1 - الاعتبارات الخاصة بالضوضاء والإشعاع والانتشار في نطاقات البث على الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)	
29	..... التحليل مفصّل لتحويل الأسلوب في فرع التبديل	A1
29	..... مصفوفة انتشار مختلطة الأسلوب لخط إرسال متوازن محمّل من جانب واحد بخط أبتّر على التسلسل	1.A1
29	..... صياغات نظرية	1.1.A1
32	..... النتائج	2.1.A1
38	..... استنتاجات	3.1.A1

## الصفحة

- 38 الملحق 2 - تحليلات للتداخل المحتمل في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF).....
- A2 التداخل في الأنظمة الراديوية VHF/UHF، الناجم عن توافقيات أنظمة الاتصالات عبر خطوط الإمداد  
38 بالطاقة الكهربائية العاملة في نطاقات الموجات المترية (VHF) بين 80 و 200 MHz.....
- 38 1.A2 الأنظمة الراديوية المنزلية.....
- 39 1.1.A2 الاستنتاج.....
- 40 2.A2 الملاءمة بين الخدمة الراديوية للطيران وأجهزة PLT المنزلية في مدى التردد 30 MHz-380 MHz..
- 40 1.2.A2 تحليل الملاءمة بخصوص التداخلات في الخدمة الراديوية للطيران.....
- 41 2.2.A2 حساب عتبة التداخل من أنظمة PLT بالنظر إلى متطلبات الملاحه الجوية.....
- 43 3.2.A2 حساب كثافة تدفق القدرة التي تسببها الحدود الموضوعه لمعايير نظام PLT.....
- 45 4.2.A2 مقارنة عتبة التداخل المطلوبه لمستقبل محمول جواً مع التداخل الناجم عن أنظمة PLT ...
- 46 5.2.A2 الاستنتاجات.....
- 3.A2 نموذج تجميعي لأنظمة PLT ممكن التطبيق على الاتصالات الراديوية للطيران وأنظمة  
46 الملاحه الراديوية.....
- 47 الملحق 3 - إشعاع الترددات الراديوية الصادر عن أنظمة PLT في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)
- A3 إشعاع الترددات الراديوية الصادر عن أنظمة PLT في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) ..
- 47 1.A3 القياسات التي أجراها معهد التكنولوجيا الراديوية على مودمات PLT.....
- 48 1.1.A3 نظرة شاملة على القياسات.....
- 48 2.1.A3 أداء أنظمة PLT.....
- 49 3.1.A3 قياسات طيف الترددات.....
- 4.1.A3 الإشعاع التداخلي الصادر عن مودم PLT بلكين "Power line Gigabit"  
54 F5D4076-S v1.....
- 55 5.1.A3 شدة المجال في حالة استقطاب أفقي.....
- 57 6.1.A3 شدة المجال في حالة استقطاب عمودي.....
- 58 7.1.A3 التداخل الفعلي في استقبال بث FM و DAB.....
- 59 8.1.A3 الاستنتاج من قياسات المعهد IRT.....
- 2.A3 القياسات التي أجراها مركز بحوث الاتصالات (كندا) على مودمات نظام PLT.....
- 59 1.2.A3 طريقة المركز CRC في القياس ونتائج اختبار الإشعاع بالإيصال.....
- 61 2.2.A3 الاستنتاجات من قياسات المركز CRC.....
- 61 3.A3 القياسات التي أجرتها إذاعة CBS والإذاعة الوطنية العمومية على مودم PLT طراز "Gigabit"  
62 طريقة القياس.....
- 2.3.A3 نتائج قياس الإشعاع الكهرومغناطيسي بالإيصال لمودم PLT طراز "Gigabit" Belkin  
63 "power line HD" نموذج F5D4076-S v2.....
- 3.3.A3 التداخل على مستقبل FM من مودم PLT طراز "Gigabit power line" Belkin  
65 نموذج F5D4076-S v2.....
- 66 4.3.A3 الاستنتاجات من قياسات CBS/NPR.....

الصفحة

67	قياسات هيئة الإذاعة البريطانية (BBC) للإشعاع الصادر عن شبكات PLT.....	4.A3
67	..... 1.4.A3 مقدمة	
67	..... 2.4.A3 القياسات في حُجرة مستورة	
69	..... 3.4.A3 القياسات في المنزل A	
71	..... 4.4.A3 القياسات في المنزل B	
73	..... 5.4.A3 الاستنتاجات	

1 مقدمة

يغطي هذا التقرير استعمال الطيف الراديوي ومتطلبات الحماية لخدمات الاتصالات الراديوية إزاء تأثير الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية (PLT) العاملة في نطاقات الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمتريّة (UHF)، وذلك كجزء من الدراسات الخاصة بالتوافق بين أنظمة الاتصالات الراديوية وأنظمة الاتصالات ذات معدلات البيانات العالية التي تستخدم خطوط توزيع الطاقة الكهربائية أو الاتصالات الهاتفية (المسألة ITU-R 221/1). وهو يكمل التقرير ITU-R SM.2158 الذي قدّم معلومات وتوجيهات بشأن نطاقات التردد من نطاقات الموجات الكيلومترية (LF) حتى قرابة التردد 80 MHz.

وتُثبت التطورات الأخيرة في تكنولوجيا الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية (PLT) أن أنظمة PLT بإمكانها استعمال ترددات تفوق 80 MHz بكثير. وقد تُمكن التطورات التكنولوجية مستقبلاً أنظمة PLT من استعمال ترددات في نطاقات الموجات الديسيمتريّة (UHF).

وهناك في الوقت الحاضر زمرتان رئيسيتان من تطبيقات الاتصالات PLT وهما:

- تطبيقات PLT للنفاذ (خارج المباني) التي تستهدف سوق "الميل الأخير" (أي 1,2 km) الممتد ما بين الحطة الفرعية للإمداد بالطاقة الكهربائية ومكان المشترك، ولذا يمكن اعتبارها وسيلة بديلة للنفاذ إلى العروة المحلية للاتصالات.
- تطبيقات PLT للنفاذ داخل المباني التي تستهدف توزيع الإشارات (الواردة مثلاً من تطبيقات PLT للنفاذ أو من الخط الرقمي للمشارك (DSL) أو حتى من مصادر بيانات داخل المنازل وبدون توصيل بشبكة نفاذ) عبر مقابس الخطوط الكهربائية داخل المباني.

وبحسب المعلومات المتيسّرة، لا يُستعمل حالياً داخل المباني إلا الترددات التي تفوق 80 MHz في أنظمة PLT.

وقد تضمنت التوصية ITU-T G.9960 (2010/06) - المرسلات-المستقبلات الموحدة العاملة بين الشبكات المنزلية المبنية على خطوط سلكية عالية السرعة - مواصفة معمارية النظام وطبقته المادية، مواصفة للطبقة المادية لأنظمة PLT تستعمل ترددات تصل حتى 100 MHz. وقد دجحت هذه الصيغة للتوصية ثلاث توصيات سابقة معتمدة صادرة عن قطاع تقييس الاتصالات (ITU-T) وهي: ITU-T G.9960 - التأسيس (2009)، و ITU-T G.9960 - التعديل 1 (2009)، و ITU-T G.9960 - التصويب 1 (2009). وبذلك عدّلت خصائص النطاق الأساسي المعتمد على خطوط الإمداد بالكهرباء الحدّد سقف التردد فيه 100 MHz بحيث حُفّض الحد الأعلى للتردد من 100 MHz إلى 80 MHz. ولكن يُتوقّع أن يسمح المزيد من التعاون، بين قطاع الاتصالات الراديوية (ITU-R) وقطاع تقييس الاتصالات (ITU-T)، بإعادة النظر في هذا التحديد للتردد الوارد في التوصية ITU-T G.9960.

وجدير بالملاحظة أن في السوق أنظمة PLT للأماكن داخل المباني تتبع مواصفات غير ما وُضِع في التوصية ITU-T G.9960، وتستعمل ترددات تصل حتى 300 MHz بل تتجاوز ذلك.

ويمكن لأنظمة PLT داخل المباني هذه أن توفر معدلات إرسال تبلغ بضع مئات Mbit/s، عن طريق أسلاك الطاقة الكهربائية العادية داخل كل مبنى. وقد تحتاج إلى معدلات إرسال كهذه تطبيقات مثل عرض الأفلام العالية الاستبانة وممارسة الألعاب على الخط في المنزل. ويمكن أن يختلف تنفيذ أنظمة PLT وخصائصها التقنية اختلافاً كبيراً.

لكن الإشارات المرسله عبر أنظمة PLT من شأنها أن تسبب تداخلاً في خدمات الاتصالات الراديوية، لأن خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية غير مصممة من أجل إرسال إشارات بيانات بمعدلات عالية.

ويشترط الرقم 12.15 من لوائح الراديو (RR) أنه "ينبغي أن تتخذ الإدارات جميع التدابير العملية اللازمة للتحقق من أن تشغيل الأجهزة والمنشآت الكهربائية من أي نوع، بما فيها شبكات توزيع الطاقة أو الاتصالات، ما عدا الأجهزة المعدّة للاستخدامات الصناعية والعلمية والطبية، لا يتسبب في تداخلات ضارة بخدمة اتصالات راديوية، وخاصة بخدمات الملاحة الراديوية وغيرها من خدمات السلامة المشغلة وفقاً لأحكام هذه اللوائح"<sup>1</sup>.

ويحتوي تقرير قطاع الاتصالات الراديوية هذا في الفصل 3 معلومات عن خصائص الأنظمة الراديوية وعن معايير الحماية بخصوص عدد كبير من أنظمة الاتصال الممكن أن تتأثر والعاملة بترددات بين 80 و 470 MHz. وفي الحسبان توسيع نطاق تقرير قطاع الاتصالات الراديوية هذا تدريجياً، بحيث يشمل في نهاية المطاف جميع أنظمة الاتصالات الراديوية المعنية بمدى الترددات المذكور. وربما صار من الضروري، تبعاً لتطور أنظمة PLT، النظر في التأثيرات الممكنة على أنظمة الاتصالات الراديوية العاملة بترددات تفوق 470 MHz.

## 2 خصائص إشعاع الترددات الراديوية من أنظمة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية (PLT) في نطاقات الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF)

### 1.2 الإشعاع التداخلي الصادر عن أنظمة اتصالات PLT العاملة بالمودم

فيما يلي مثال على إشعاع تداخلي منبعث من خط إمداد بالطاقة الكهربائية، مُستعمل للتوصيل بين مودمي PLT عاليي السرعة، يجري بينهما نقل بيانات بمعدل يصل إلى 250 Mbit/s. وقد أُجريت القياسات باعتماد هوائي مرجعي منصوب على مسافة ثلاثة (3) أمتار من خط كهرباء. وسُجّلت القيم الذروية التالية لشدة المجال بعد قياسها في مدى ترددات 30-320 MHz في حالتَي الاستقطاب الأفقي والعمودي:

- ضوضاء النظام الناجمة عن مستقبل القياس (المرجع المنخفض لنظام القياس).
- الضوضاء البيئية.
- التداخل والمودمان في وضع الراحة.
- التداخل والمودمان أثناء نقل البيانات بمعدل يصل حتى 250 Mbit/s.

يمكن الاطلاع على تفاصيل إجراء الاختبار في الملحق 3. وقد أُدخلت الحدود المذكورة في الجدول 6 من المعيار EN 55022 (أبريل 2007)<sup>2</sup> في المخططات بصفة حدود مرجعية عليا. والقيم الحدية المذكورة كقيم شبه ذروية. وتكون القيم شبه الذروية عادة أخفض من القيم الذروية بمقدار يصل إلى 4 dB (انظر التقرير ITU-R SM.2158).

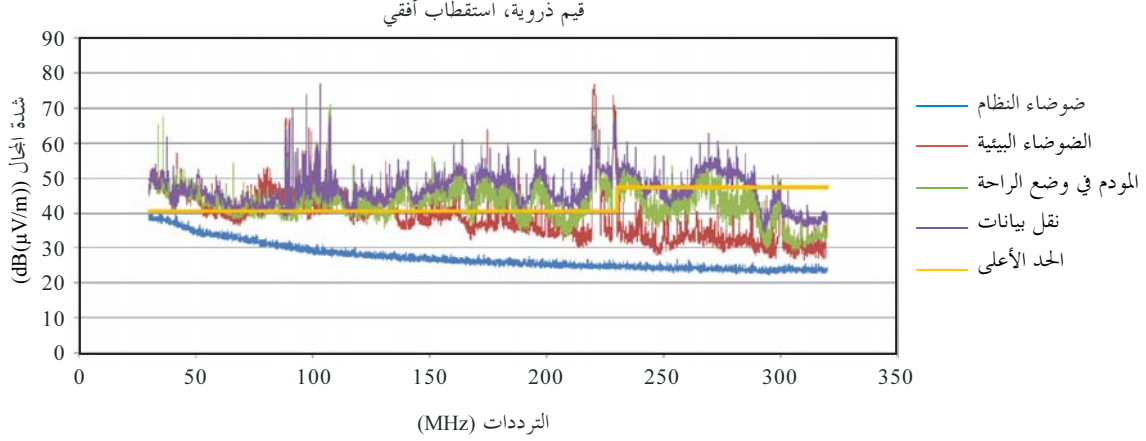
<sup>1</sup> 1.12.15 و 1.13.15 يتعين على الإدارات أن تستند بهذا الصدد إلى آخر توصيات قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة.

<sup>2</sup> CENELEC EN 55022:2006; Information technology equipment – Radio interference characteristics – Limits and methods of measurement (CISPR 22: 2005 (modified)).

## 2.2 شدة مجال تداخل أنظمة PLT في حالة الاستقطاب الأفقي

الشكل 1

القيم الذروية بوحدة dB(μV/m) لشدة المجال المستقطبة أفقياً



Report SM.2212-01

يمثل الخط الأزرق في الشكل 1 أصغر شدة مجال يمكن قياسها، وهي تساوي ضوضاء نظام مستقبل القياس. ويمثل الخط الأحمر مسار الضوضاء البيئية (ضوضاء سببها الإنسان) في غياب المودم. وبما أن القياسات تمت في مبنى المعهد IRT، حيث يعمل كثير من الأنظمة الكهربائية والإلكترونية، فقد كانت سوية الضوضاء البيئية عالية (الخط الأحمر)، وحتى مع تردد تحت 150 MHz تظل سوية الضوضاء هذه فوق خط القيمة الحدية العليا. والقيم الذروية لشدة المجال في مدى الترددات 108-87,5 MHz تُوائم إشارات تشكيل التردد (FM)، وتُوائم نظيراتها في مدى 220 و 229 MHz إشارات الإذاعة السمعية الرقمية (DAB) التي يمكن استقبالها في مبنى المعهد IRT.

عند تشغيل المودم تزداد شدة مجال التداخل، كما يدل عليه الخط الأخضر. وأثناء نقل البيانات، ترتفع أيضاً شدة مجال التداخل، كما يدل عليه الخط البنفسجي. وعندما يتجاوز التردد 130 MHz تتجاوز شدة مجال التداخل الناجمة عن المودم الضوضاء البيئية ببضع وحدات dB؛ وهذا يدل على صحة القيم المقاسة. فالقيم الذروية لتداخل المودم أثناء نقل البيانات، وكذلك في وضع الراحة، تفوق القيم الحدية التي وضعتها اللجنة الدولية الخاصة بالتداخل الراديوي (CISPR). بمقدار يصل إلى نحو 20 dB. ويبيّن الجدول 1 ما يمكن تطبيقه من القيم الحدية التي وضعتها اللجنة CISPR.

الجدول 1

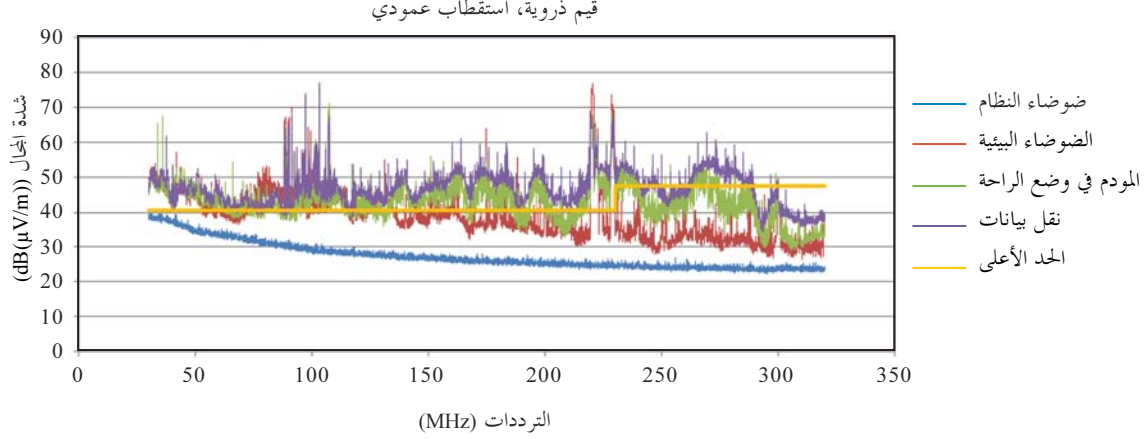
الإصدار 6 للوثيقة CISPR 22، حدود الإرسال الخاصة بتجهيزات تكنولوجيا المعلومات (عرض النطاق 120 kHz)

الإرسالات المشعة (شبه الذروية، الهوائي على مسافة 10 m)		مدى التردد
الصف B (مصمم للاستعمال المنزلي)	الصف A (ليس مصمماً للاستعمال المنزلي)	
30 dB(μV/m)	40 dB(μV/m)	MHz 230-30
37 dB(μV/m)	47 dB(μV/m)	MHz 1 000-230



## 3.2 شدة مجال تداخل أنظمة PLT في حالة الاستقطاب العمودي

## الشكل 2

القيم الذروية بوحدة dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) لشدة المجال المستقطب عمودياً

Report SM.2212-02

تصلح القيم المذكورة في الشكل 1 أيضاً قيماً لشدة المجال في الشكل 2. ومع تردد 220 MHz و 229 MHz تظهر إشارات DAB أعلى لكونها مرسلة في استقطاب عمودي. وكذلك فإن القيم الذروية لتداخل المودم أثناء نقل البيانات، كما في وضع الراحة، تفوق القيم الحدية في مدى الترددات بكامله.

## 4.2 التداخل الناجم عن أنظمة PLT في أنظمة تشكيل التردد (FM) وأنظمة الإذاعة السمعية الرقمية (DAB)

أجرى قسم البحث والتطوير التابع لهيئة الإذاعة البريطانية (BBC) قياسات طيفية للإشعاع الصادر عن مودمات خاصة بأنظمة PLT وعالية السرعة، مقارنة بالإشارات المطلوبة من مرسلات نظام FM عاملة في النطاق II ومن مرسلات نظام DAB عاملة في النطاق III. وقد نُفذت هذه القياسات في موضعين تمثليين داخل منزكين، مع توثيق الإجراءات واختبارات المعايرة في شروط مختبرية. ويتبين من النتائج المحرزة الواردة في الملحق 3 أن الإشعاع الصادر عن مودمات PLT مماثل لشدة المجال المطلوبة للاستقبال المستعملة في طرائق تخطيط راسخة. إذ إن تجهيز PLT يرفع ضوضاء الخلفية إلى سوية تعني أن مساحات التغطية الجيدة سابقاً صارت تغطيتها في هذه الحالة حدودية. وبالفعل، تُخفّض نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) في هذه الحالة إلى ما يقرب من العتبة المقبولة، ويمكن أن تنحط جودة السماع سريعاً من ضوضائي إلى غير مفهوم، بمجرد تغيير طفيف في بعض العوامل، مثل موضع المستقبل وظروف الانتشار التروبوسفيري.

## 5.2 الاستنتاج

تُبين القياسات الطيفية المجرى على مودمات PLT عالية السرعة حصول إشعاع تداخلي مع الترددات التي تصل حتى 305 MHz، ما يشمل نطاق تشكيل التردد (FM) ونطاق الإذاعة السمعية الرقمية (DAB). وتبين القياسات كذلك أن التداخل الذي تسببه المودمات أقوى مما يسمح به المعيار EN 55022 في مدى الترددات 30-300 MHz. وبما أن معدّل البيانات يزداد في حالة نقلها بمودمات عالية السرعة، يُقدّر أن تحصل أيضاً زيادة مناظرة في الإشعاع التداخلي في الترددات التي تفوق 300 MHz.

### 3 خصائص الأنظمة الراديوية ومعايير الحماية وتأثير أنظمة PLT على أنظمة الاتصالات الراديوية العاملة في نطاقات الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF)

#### 1.3 الإذاعة

##### 1.1.3 شدة المجال الدنيا الممكن استعمالها، فيما يتعلق بأنظمة PLT، في الأنظمة الإذاعية العاملة بترددات تفوق 80 MHz

يقدم هذا القسم بعض المعلومات الأساسية عن شدة المجال الدنيا الممكن استعمالها في الأنظمة الإذاعية العاملة بترددات تفوق 80 MHz وتصل حتى 1 GHz تقريباً. ويرد في توصيات وتقارير متنوعة صادرة عن القطاع ITU-R مواصفات ومعلومات مفيدة يمكن استعمالها من أجل استخلاص متطلبات الحماية لاستقبال إذاعي موثوق. ويحتوي القسم التالي قائمة بالقيم، مستمدة من التوصيات ذات الصلة بقصد إعطاء نظرة شاملة سريعة على القيم ذات الصلة، الصالحة لمختلف الأنظمة الإذاعية العاملة بترددات تفوق 80 MHz.

في المادة 5 من لوائح الراديو، بالنسبة للإقليم 1، وُزعت نطاقات الترددات التالية مما فوق 80 MHz من أجل الإذاعة:

#### الجدول 2

##### نطاقات الترددات من أجل الإذاعة

الترددات	النطاق
MHz 100-87,5 MHz 108-100	موجات مترية (VHF)
MHz 223-174 MHz 230-223	
MHz 790-470 MHz 862-790	موجات ديسيمترية (UHF)

### التوصية ITU-R BS.412-9 - معايير التخطيط للإذاعة الصوتية للأرض العاملة بتشكيل التردد (FM) على الموجات المترية (VHF)

في حالة وجود تداخل من جهاز صناعي أو منزلي (بخصوص القيم الحدية للإشعاع الصادر عن هذه الأجهزة، راجع التوصية ITU-R SM.433\*، التي تتضمن توصيات اللجنة الدولية الخاصة بالتداخل الراديوي (CISPR)) تتطلب خدمة صوتية FM مُرضية ألا يقل متوسط شدة المجال (مقيسة على ارتفاع 10 m فوق مستوى الأرض) عن القيم المعروضة في الجدول 3:

#### الجدول 3

##### متوسط شدة المجال FM مقيسة من هوائي على ارتفاع 10 m (المصدر: الجدول 1 في التوصية ITU-R BS.412-9)

الخدمات		المنطقة
بث صوتي مجسم dB(μV/m)	بث صوتي غير مجسم dB(μV/m)	
54	48	ريفية
66	60	حضرية
74	70	المدن الكبيرة

\* ملاحظة من الأمانة - أُلغيت التوصية ITU-R SM.433 في 2003/06/06 (RA-03).

كثيراً ما يجري استقبال البث الصوتي FM بواسطة جهاز محمول أو متنقل، مزوّد بهوائي يقرب ارتفاعه من 1,5 m، لكن الخدمة مخططة من أجل هوائي ارتفاعه 10 m. ويتوقع أن يكون مستقبل محمول مزوّد بهوائي مُدمج نفس الحساسية التي يتصف بها المستقبل المفترض في التخطيط. ومن ثمّ يمكن الأخذ بنفس القيم المحددة لشدة المجال القابلة للاستعمال.

### التوصية ITU-R BS.1660-3 - الأساس التقني لتخطيط الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض في نطاق الموجات المتريّة (VHF)

تشكل هذه التوصية الأساس التقني لتخطيط النظام A للإذاعة الصوتية الرقمية للأرض (T-DAB) في النطاق III للموجات المتريّة (VHF). ويعرض الجدول 4 القيم المناسبة مع إدخال تصحيح بنسبة مئوية يخص الموقع قدره 13 dB، وتصحيح 10 dB يخص كسب ارتفاع الهوائي. أما المتوسط الأدنى الوارد أدناه لشدة المجال المكافئة فيمثل شدة المجال الدنيا المطلوبة المستعملة في التخطيط. وتُطبّق القيم المبينة في الجدول 4 على الاستقبال المتنقل.

#### الجدول 4

المتوسط الأدنى لشدة المجال المكافئة (dB(μV/m)) المطلوبة للنظام T-DAB مقيسةً عند هوائي على ارتفاع 10 m (المصدر: الجدول 1 في التوصية ITU-R BS.1660-3)

النطاق III	نطاق التردد
35	شدة المجال المكافئة الدنيا (dB(μV/m))
13+	عامل التصحيح الخاص بالموقع بالنسبة المئوية (50% إلى 99%) (dB)
10+	عامل التصحيح الخاص بكسب ارتفاع الهوائي (dB)
58	المتوسط الأدنى لشدة المجال المكافئة المطلوبة للتخطيط (dB(μV/m))

بالنسبة إلى أجهزة الاستقبال المحمولة التي تستعمل هوائياً داخل المباني، يمكن أن تُعتبر القيمة 35 dB(μV/m) هي شدة المجال المكافئة الدنيا الواجب أخذها في الحسبان.

### التوصية ITU-R BT.1368-8 - معايير تخطيط خدمات التلفزيون الرقمي للأرض في نطاقات الموجات المتريّة (VHF) والديسيمترية (UHF)

الأرقام الواردة في الجدول 5 جرى حسابها بخصوص قناة رايس (Rice).

#### الجدول 5

شدة المجال الدنيا المطلوبة لنظام التلفزيون الرقمي للأرض DVB-T بتردد 8 MHz (المصدر: الجدول 44 في التوصية ITU-R BT.1368-8)

700			550			200			التردد (MHz)
64-QAM 2/3	16-QAM 2/3	QPSK 2/3	64-QAM 2/3	16-QAM 2/3	QPSK 2/3	64-QAM 2/3	16-QAM 2/3	QPSK 2/3	فاصل الحراسة المتغير للنظام 1/4
47	41	35	45	39	33	39	33	27	شدة المجال الدنيا المطلوبة للاستقبال بجهاز ثابت، (dB (μV/m)) $E_{min}$

بالنسبة إلى أجهزة الاستقبال المحمولة التي تستعمل هوائياً داخل المباني، يمكن أن تُعتبر القيم الواردة في الجدول 5 قيم شدة المجال المكافئة الدنيا الواجب أخذها في الحسبان.

### 2.1.3 الكثافات العظمى لشدة مجال التداخل في نظام الاستقبال الإذاعي

في حالة استعمال هوائي خارجي، تكون الضوضاء الخارجية هي الضوضاء الرئيسية للمستقبل. وفي حالة استعمال هوائي مُدمج، تكون الضوضاء الخارجية هي العامل الرئيسي في مناطق الأعمال والمناطق السكنية. وحتى في المناطق الريفية تكون الضوضاء الخارجية كبيرة. أما السوية الدنيا للضوضاء الخارجية فهي مرهونة بفعل الإنسان، لكونها العامل السائد حين تحبو الضوضاء في الغلاف الجوي. وبما أن القيمة الدنيا للضوضاء الخارجية مرهونة بالضوضاء الاصطناعية، فإن متطلبات الحماية الخاصة بشدة المجال مرهونة أيضاً بهذه الضوضاء.

وتشمل مصادر الضوضاء التي يتعين أخذها في الاعتبار لدى تخطيط المحطات الإذاعية البث غير المطلوب من المحطات الإذاعية الأخرى، فضلاً عن مصادر التداخل الأخرى. وينص شرط الحماية المطبق بالنسبة لمجموع قدرات التداخل الناجم عن البث غير المطلوب من محطات إذاعية أخرى على تحديد القيمة dB 0,5 كحد أقصى لانحطاط حساسية المستقبل ("قاعدة نصف القدرة"). ويعادل ذلك زيادة في سوية الضوضاء بنسبة 11% تقريباً، رغم أنها تقرب إلى القيمة الأقل 10% عند شرح الحالة. وهي سوية مقبولة للتداخل الزائد عند التقاسم داخل الخدمات أو بين الخدمات ذات المركز الأولي المشترك.

وينبغي للتداخل الناجم عن مصادر البث الراديوي الأخرى التي ليس لها توزيع مقابل من الترددات في لوائح الراديو ألا يلغي صلاحية تطبيق المعيار الصارم dB 0,5 المستخدم في تخطيط شبكات المحطات الإذاعية. وهذه الحالة يمكن السيطرة عليها باشتراط أن لا يتجاوز انحطاط حساسية المستقبل بسبب مصادر التداخل هذه 1% أو dB 0,05.

وتتجسد هذه المبادئ في التوصية ITU-R BS/BT.1895 المعنونة "معايير حماية الأنظمة الإذاعية للأرض"، التي توصي:

1" باستعمال القيمتين الواردتين في البندين توصي 2 و 3 بوصفهما مبدئين توجيهيين ينبغي الارتكاز عليهما في إجراء دراسات توافق بشأن تأثير الإشعاعات والإرسالات الصادرة عن التطبيقات والخدمات الأخرى على الخدمات الإذاعية؛

2 بأنه ينبغي ألا يتجاوز التداخل الإجمالي عند المستقبل الناجم عن جميع الإشعاعات والإرسالات التي ليس لها توزيع مقابل من الترددات في لوائح الراديو نسبة 1% من إجمالي قدرة ضوضاء نظام المستقبل<sup>3</sup>؛

3 بأنه ينبغي ألا يتجاوز التداخل الإجمالي عند المستقبل الناجم عن جميع مصادر إرسالات الترددات الراديوية الصادرة عن خدمات الاتصالات الراديوية التي لها توزيع مقابل من الترددات على أساس أولي مشترك نسبة 10% من إجمالي قدرة ضوضاء نظام المستقبل."

وإذا كان التداخل أقل من السويات المرجعية الواردة، اعتُبر ذلك مقبولاً. أما إذا كانت سوية التداخل أعلى من السوية الواردة فيعتبر ذلك "حافزاً" لمواصلة العمل من أجل تحديد التوافق، حسب الاقتضاء.

وتوخياً لضبط انحطاط حساسية المستقبل الناجم عن الأجهزة التي ليس لها توزيع مقابل من الترددات في لوائح الراديو في حدود 1% أو dB 0,05، ينبغي أن يكون شرط حماية الخدمة الإذاعية أقل بمقدار 20 dB من قيمة  $E_n$  حيث  $E_n$  هي شدة المجال المكافئة للضوضاء الاصطناعية في عرض النطاق b. ويمكن فضلاً عن ذلك التعبير عن شرط الحماية على أساس أن تكون قيمة كثافة شدة المجال القصوى هي  $(\mu\text{V}/\text{m}/\text{MHz})$ ، حيث  $1 \text{ MHz} = b$ .

ويُعبّر عن شرط الحماية بما يلي:

$$(1) \quad \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}/\text{MHz}) \quad g + h \log f = \text{كثافة شدة المجال القصوى}$$

حيث:

$$g = c - 55,5$$

$$h = 20 - d$$

3 باستثناء الإشعاع الصادر عن أجهزة PLT العاملة بترددات تحت 30 MHz.

وحيث الثابتان  $c$  و  $d$  و اردان في الجدول 1 في التوصية ITU-R P.372، وبالتالي يأخذ  $g$  و  $h$  القيم المعطاة في الجدول 6 التالي.

الجدول 6

قيم الثابتين  $g$  و  $h$ 

$h$	$g$	الفئة البيئية
7,7-	21,3	مدينة
7,7-	17,0	سكنية
7,7-	11,7	ريفية
8,6-	1,9-	ريفية هادئة

ويعرض الجدول 7 شرط الحماية لخدمة الإذاعة للأرض معبراً عنه بكثافة شدة المجال القصوى عند هوائي المستقبل الإذاعي. وبما أن الضوضاء الخارجية في بيئة ريفية هادئة عند تردد أعلى من 30 MHz تفوقها ضوضاء خلفية المستقبل، فقد أصبحت القيم المناسبة لبيئة ريفية هادئة عند تردد أعلى من 30 MHz تُشتق من المعادلة (3-4) في التقرير ITU-R SM.2158 ومن معيار -20 dB للحماية. وعلى نحو مماثل، تفوق ضوضاء خلفية المستقبل الضوضاء الاصطناعية عند تردد أعلى من 470 MHz. وعليه، فإن جميع القيم المناسبة لمثل هذه البيئة، في حالة تردد أعلى من 470 MHz، تُشتق من المعادلة (3-4) في التقرير ITU-R SM.2158 ومن معيار -20 dB للحماية.

الجدول 7

الكثافات القصوى لشدة مجال التداخل في نظام الاستقبال الإذاعي

الكثافة القصوى لشدة مجال التداخل (dB(μV/m/MHz) <sup>(2)</sup> في بيئة:				نطاق الترددات الإذاعية <sup>(1)</sup>
ريفية هادئة	ريفية	سكنية	مدينة	
22,1-	1,2-	4,1	8,4	MHz 72-47
17,9-	2,8-	2,5	6,8	MHz 88-76
16,6-	3,3-	2,0	6,3	MHz 108-88
10,7-	5,6-	0,3-	4,0	MHz 230-174
2,1-	2,1-	2,1-	2,1-	MHz 960-470
7,7	7,7	7,7	7,7	MHz 1 492-1 452

(1) نطاقات الترددات الإذاعية هذه لا تشمل التغييرات الإقليمية المذكورة في المادة 5 من لوائح الراديو.

(2) هذه القيم مشتقة من التوصية ITU-R P.372 ومن مبدأ توجيهي بحماية قدرها -20 dB يرد في التوصية ITU-R BS/BT.1895، باستثناء حالة البيئة الريفية الهادئة مع إرسال بتردد أعلى من 30 MHz وجميع حالات الإرسال بتردد أعلى من 470 MHz التي تُشتق قيمها من ضوضاء خلفية المستقبل.

### 2.3 خدمة الهواة وخدمة الهواة الساتلية

نطاقات خدمة الهواة في المدى 80-450 MHz هي نطاق 144-148 MHz (منه 144-146 MHz للإقليم 1 بتعريف الاتحاد) و 220-225 MHz في الإقليم 2 وأجزاء من 420-450 MHz في جميع الأقاليم. وإلى جانب كثافة استخدام هذه النطاقات في تغطية محلية نسبياً بتشكيل التردد (FM) والأساليب ذات الصلة، وهي تغطية معززة في أغلبية البلدان بشبكة واسعة من المكررات، شاع استعمال هذه النطاقات عالمياً بكل معنى الكلمة من حيث استعمالها في تعزيز الاتصالات على مسافات بعيدة وبنسب إشارة إلى الضوضاء منخفضة جداً (بل سالبة أيضاً). فهذه التطبيقات الضعيفة الإشارة هي التي تستلزم الحماية من التداخل، وإن استفادت من الحماية اتصالات أخرى إلى جانبها.

والاتصالات الضعيفة الإشارة في خدمة الهواة على الموجات المترية (VHF) تستعمل بصورة منهجية أساليب انتشار عابرة، كالانتشار التروبوسفيري الموسع، والانتشار التروبوسفيري الموجّه، والانتشار عبر الاستوائي في حالتي تردد 144 و 220 MHz، وكذلك الانعكاسات من الشفق القطبي، وذبول النيازك، والقمر، أساليب ترفضها عادة الخدمات الأخرى معتبرة إياها "غير موثوقة"، فهي من ثمّ قلماً تلقى اهتمام المهنيين. ولكن بالمقابل يستعمل الهواة أساليب الانتشار هذه في الاتصالات على مسافات 1 000 km وأكثر، بينما تغطي الاتصالات المستفيدة من الانعكاس عن سطح القمر جميع الأقاليم التي حددها الاتحاد الدولي للاتصالات. ويُستعمل في هذا النمط من التشغيل نطاق جانبي وحيد (SSB) وشفرة مورس استعمالاً شبيهاً باستعمال التردد في الموجات الديكامتريّة (HF)، ولكن يُستعمل فيه بصورة أكثر انتظاماً إشارات ضعيفة للغاية وإشارات خافية، وكثيراً ما تكون فيه نسب الإشارة إلى الضوضاء منخفضة حتى 0 dB، كما تُستعمل بروتوكولات خاصة من أجل التقاط المعلومات من كل أشكال التعزيز السريع الزوال. وفي الوقت الحاضر تمكّن أساليب رقمية جديدة من التواصل بنسب إشارة إلى ضوضاء تحت عتبة السمع بمقدار 10-20 dB.

وهذه الخصائص الفريدة تجعل الاتصال بإشارة ضعيفة على الموجات المترية (VHF) حساساً غاية الحساسية لأي زيادة في سوية ضوضاء الخلفية. فدرجة الحماية المطلوبة ماثلة لما يتطلبه علم الفلك الراديوي، وإن تكن قليلة نسبياً محطات الهواة الواقعة في مناطق نائية نأى مرصد علم الفلك الراديوي.

### 1.2.3 سويات ضوضاء الخلفية في النطاق 148-144 MHz

أثبتت التوصية ITU-R P.372-10 أن ضوضاء الخلفية أثناء البث بهذه الترددات، في المناطق "الريفية الهادئة"، تطغى عليها الضوضاء السماوية، ولا سيّما من الشمس التي تبدو مصدرراً شبيه النقطة، ومن المجرّة (درب التبانة) التي تبدو شبه حزام عريض من البث القوي. ويُستفاد من التوصية ITU-R P.372 أن عامل الضوضاء المتوسط لضوضاء المجرّة يتراوح من قرابة 0 dB بالنسبة إلى  $kTb$  في تردد 144 MHz، إلى -9 dB في تردد 432 MHz. ويُستفاد من المعادلة (2) الواردة في التوصية ITU-R P.372 أن هذه السويات تطابق شدة مجال مقاديرها -23,4 dB ( $\mu\text{V/m}$ ) و -27,4 dB ( $\mu\text{V/m}$ ) و -32,4 dB ( $\mu\text{V/m}$ ) للنطاقات 144 و 225 و 432 MHz على التوالي.

### 2.2.3 خصائص محطات الهواة في النطاق 148-144 MHz

شدة مجال الضوضاء لهذا النطاق، طبقاً لما ورد في التوصية ITU-R P.372، هي -23,4 dB ( $\mu\text{V/m}$ ). ويقتضي الخطاط ضوضاء الخلفية بمقدار 0,5 dB ألا تكون شدة مجال الضوضاء الصادرة عن أنظمة PLT أقوى من -34 dB ( $\mu\text{V/m}$ ). فإذا افترضنا أن الهوائي منصوب خارج المبنى، وأن له في جهة تركيبات PLT كسباً فعلياً قدره 2 dBi (كسب الفصّ الجانبي)، وأنه مفصول عن تركيبات PLT مسافة 10 m، ثم راعينا خسارة بسبب الجدار قدرها 16 dB وعرض نطاق مرجعي قدره 120 kHz، عندئذ يجب ألا تتجاوز شدة المجال لنظام PLT أساسي أو لتوافقيّاته مقدار 6 dB ( $\mu\text{V/m}$ ) في عرض نطاق قيمته 120 kHz على مسافة 3 m.

### 3.2.3 متطلبات الحماية لخطات الهواة الراديوية في النطاق 225-220 MHz

تبلغ شدة مجال الضوضاء لهذا النطاق، طبقاً لما ورد في التوصية ITU-R P.372، مقدار -27,4 dB ( $\mu\text{V/m}$ ). ويقتضي الخطاط ضوضاء الخلفية بمقدار 0,5 dB ألا تكون شدة مجال الضوضاء الصادرة عن تركيبات PLT أقوى من -38 dB ( $\mu\text{V/m}$ ).

فإذا افترضنا أن الهوائي منصوب خارج المبنى، وأن له في جهة تركيبات PLT كسباً فعلياً قدره 2 dBi (كسب الفصّ الجانبي)، وأنه مفصول عن تركيبات PLT مسافة 10 m، ثم راعينا خسارة بسبب الجدار قدرها 20 dB وعرض نطاق مرجعي قدره 120 kHz، عندئذ يجب ألا تتجاوز شدة المجال لنظام PLT أساسي أو لتوافقيّاته مقدار 6 dB ( $\mu\text{V/m}$ ) في عرض نطاق قيمته 120 kHz على مسافة 3 m.

### 4.2.3 متطلبات الحماية لمحطات الهواة الراديوية في النطاق MHz 450-420

تبلغ شدة مجال الضوضاء لهذا النطاق، طبقاً لما ورد في التوصية ITU-R P.372، مقدار  $32,4 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$ . ويقتضي انحطاط ضوضاء الخلفية بمقدار  $0,5 \text{ dB}$  ألا تكون شدة مجال الضوضاء الصادرة عن تركيبات PLT أقوى من  $43 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$ .

إذا افترضنا أن الهوائي منصوب خارج المبنى، وأن له في جهة تركيبات PLT كسباً فعلياً قدره  $1 \text{ dBi}$  (كسب الفصّ الجانبي)، وأنه مفصول عن تركيبات PLT مسافة  $10 \text{ m}$ ، ثم راعينا خسارة بسبب الجدار قدرها  $24 \text{ dB}$  وعرض نطاق مرجعي قدره  $120 \text{ kHz}$ ، عندئذ يجب ألا تتجاوز شدة المجال لنظام PLT أساسي أو لتوافقياته مقدار  $6 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$  في عرض نطاق قيمته  $120 \text{ kHz}$  على مسافة  $3 \text{ m}$ .

### 5.2.3 خدمات أخرى عاملة في البيئة المنزلية بمتطلبات مماثلة

إزاء تزايد نسبة المسنين من السكان كثر الطلب على استعمال الراديو من أجل المراقبة الطبية في البيئة المنزلية، وقد رسّخت التوصية ITU-R RS.1346 استخدام النطاق MHz 406-401 لأنظمة الاتصال الخاصة بالمغروسات الطبية (MICS)، على أساس ثانوي، بلا حماية، وبشرط عدم تسبب تداخل. وتقتضي المعايير لتحقيق ذلك أن تُستعمل عتبة "إصغاء قبل التكلم" (LBT)، تُحدّد بتطبيق الصيغة  $(-150 \text{ dBm} + 10 \log B + G)$ ، حيث تعني  $B$  عرض نطاق النظام و  $G$  الكسب المتناحي للهوائي. وبما أنه يؤخذ عادة بنسبة إشارة إلى الضوضاء (SNR) قيمتها  $11 \text{ dB}$  على اعتبارها توفر السوية المقبولة الممكن عندها كشف الإشارة بصورة موثوقة، وإذا كان عرض النطاق المعتمد هو  $120 \text{ kHz}$ ، تصير العتبة LBT للنظام MICS مساوية لمقدار  $16,6 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$ : إذ إن شدة مجال الضوضاء لا يمكن أن تتجاوز قرابة  $5,5 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$  مقيسةً في مبرمج النظام MICS (أي التجهيز الذي يقيم وصلة الاتصال) مع مراعاة انحطاط في النسبة SNR قدره  $3 \text{ dB}$ . وفيما إذا تجاوزت ضوضاء التركيبات PLT قيمة  $10 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$ ، يحصل تجاوز للعتبة LBT لأن كشف الإشارة لا يتم بسهولة مع نسبة SNR بهذا المقدار، فلا يمكن إجراء أي إرسال من أجل استجواب الجهاز المغروس. ومن ثم لا يخفى أن سويات الحماية المطلوبة لخدمة الهواة لا تختلف عن تلك المطلوبة لخدمات هامة أخرى من الراجح وجودها في البيئة المنزلية.

ومن الأجهزة القصيرة المدى (SRD) الأخرى، المستعملة في البيئة المنزلية، أجهزة الإنذار بحصول اقتحام، ومكاشيف النار، وأجهزة الإنذار الشخصية. وثمة معيارٌ واسع نطاق الاستعمال دولياً هو EN300-220. ويتطلب هذا المعيار بالفعل أن تكون سوية الضوضاء بمقدار  $9 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$  عند تردد  $400 \text{ MHz}$ ، مقيسةً على مسافة  $3 \text{ m}$  في نطاق  $120 \text{ kHz}$ . وتنطبق هذه السويات أيضاً على التوافقيات، وعلى نواتج التشكيل البيئي الناشئة عن تشغيل الأنظمة PLT المنخفضة التردد.

وجدير بالملاحظة أن هذه السويات تنطبق أيضاً على التوافقيات وعلى نواتج التشكيل البيئي لأجهزة PLT المنخفضة التردد.

وهكذا يتبين أن متطلبات خدمة الهواة لا تختلف عن متطلبات أجهزة أخرى من المرجح وجودها في البيئة المنزلية.

### 3.3 الخدمة المتنقلة للطيران

تتأثر الخدمة المتنقلة للطيران بالغ التأثير بالتداخل التراكمي الصادر عن وفرة كثيفة من مصادر إشعاع الترددات الراديوية الموجودة على سطح الأرض، لأن المسير الراديوي يتبع بطبيعته خط البصر. وتتفاقم هذه الحالة حين تكون تلك الوفرة الكثيفة من مصادر الإشعاع تحت مسير الهبوط/الإقلاع من مطارٍ ما.

الجدول 8

قيمة البدء الأعظمية المقبولة للتداخل بالنسبة إلى أنظمة مشغلة في خدمات الطيران  
سوية الإشارة الواجب حمايتها في هوائي المستقبل

قيمة البدء الأعظمية المقبولة للتداخل (dBm/Hz)	حد التعداد التكنولوجي (dB)	هامش الأمان للطيران (dB)	عرض نطاق المستقبل (kHz)	النسبة المطلوبة بين الإشارتين المرغوبة وغير المرغوبة (الملاحظة 1) (dB)	السوية الدنيا للإشارة المطلوبة		موقع المستقبل	نطاق التردد	النظام	
					(dBm)	( $\mu$ V/m)				
170-	20	6	16	20	82-	75	محمول جواً	MHz 137-117,975	kHz 25	VHF Comms
181-	20	6	16	20	93-	20	أرضي	MHz 137-117,975		
165-	20	6	5,6	20	82-	75	محمول جواً	MHz 137-117,975	kHz 8,33	
177-	20	6	5,6	20	93-	20	أرضي	MHz 137-117,975		
167-	20	6	8	20	82-	75	محمول جواً	MHz 137-117,975	VDL النمط 2 و 3	
181-	20	6	16	20	93-	20	أرضي	MHz 137-117,975		
165-	20	6	5,56	20	81-	75	محمول جواً	MHz 137-108	VDL النمط 4	
177-	20	6	6	20	93-	20	أرضي	MHz 137-108		

الملاحظة 1 - القيمة المأخوذ بها هنا كقيمة بدئية هي نسبة داخلية للنظام بين الإشارتين المرغوبة وغير المرغوبة (D/U) أو هي نسبة التداخل إلى الضوضاء (I/N) في حالة رادار.

ويحتوي الملحق 2.A2 دراسة تعالج موضوع الخدمة المتنقلة للطيران وخدمة الملاحة الراديوية للطيران وأنظمة PLT في مدى التردد 30 إلى 380 MHz.



## الجدول 9

قيمة البدء الأعظمية المقبولة للتداخل بالنسبة إلى أنظمة عاملة في خدمات الاستدلال الراديوي المحمولة جواً  
سوية الإشارة الواجب حمايتها في هوائي المستقبل

قيمة البدء الأعظمية المقبولة للتداخل (dBm/Hz)	حد التعداد التكنولوجي (dB)	هامش الأمان للطيران (dB)	عرض نطاق المستقبل (kHz)	النسبة المطلوبة بين الإشارتين المرغوبة وغير المرغوبة (الملاحظة 1) (dB)	السوية الدنيا للإشارة المرغوبة		موقع المستقبل	نطاق التردد	النظام
					(dBm)	( $\mu$ V/m)			
177-	20	6	30	20	86-	40	محمول جواً	MHz 112-108	معين موقع في نظام الهبوط بالأجهزة (ILS)
168-	20	6	42	20	76-	400	محمول جواً	MHz 335,4-328,6	مبين مسير الانحدار في نظام الهبوط بالأجهزة (ILS)
165-	20	6	14	26	72-	215	محمول جواً	MHz 117,975-108	نظام الزيادة الأرضي القاعدة (GBAS)
171-	20	6	36	20	79-	90	محمول جواً	MHz 117,975-108	منار راديوي بموجات مترية في جميع الاتجاهات (VOR)
								MHz 225-200	ملاحة راديوية للطيران
								MHz 220-216	تحديد راديوي للمواقع
								MHz 460-420	ملاحة راديوية للطيران
								MHz 450-430	تحديد راديوي للمواقع

الملاحظة 1 - القيمة المأخوذ بها هنا كقيمة بدئية هي نسبة داخلية للنظام بين الإشارتين المرغوبة وغير المرغوبة (D/U) أو هي نسبة التداخل إلى الضوضاء (I/N) في حالة رادار.

### 4.3 الخدمة المتنقلة البحرية

#### المستقبلات البحرية للموجات المترية (VHF) في النطاق 174-154 MHz

تنص التوصية ITU-R M.489-2 على ما يلي:

- ينبغي للحساسية المرجعية أن تكون مساوية للقيمة  $2,0 \mu V$  (e.m.f.) أو أقل منها، من أجل قيمة مرجعية معينة لنسبة الإشارة إلى الضوضاء في خرج المستقبل؛
- ينبغي أن تساوي انتقائية القنوات المتجاورة 70 dB على الأقل؛
- ينبغي لنسبة رفض الاستجابة الهامشية أن تساوي 70 dB على الأقل؛
- ينبغي أن تساوي نسبة نبذ التشكيل البيئي للتردد الراديوي 65 dB على الأقل؛
- ينبغي لقدرة أي إرسال هامشي، تقاس عند طرفي الهوائي، ألا تتجاوز  $2,0 nW$  لأي تردد منفصل. وقد تُفرض قيم أدنى، في بعض البيئات الراديوية.

#### النظام الأوتوماتي لتعرف الهوية (AIS) لمرسلات السفن

تعمل مستقبلات النظام الأوتوماتي لتعرف الهوية (AIS) بترددين هما 161,975 و 162,025 MHz، عملاً على تحقيق مجموعة كبيرة من أهداف السلامة والأمن في البحار وضعتها المنظمة البحرية الدولية (IMO)، ومنها إدارة حركة السفن على طول الممرات المائية المكتظة، وتفاذي التصادم، وتحسين استجابة مراكز البحث والإنقاذ (SAR) لنداءات الاستغاثة، وحماية البيئة البحرية من التلوث بالنفط، واستدامة بيئة مأمونة للسفن والمرافق.

- السوية الدنيا لمواصفة حساسية المستقبل في النظام AIS (مع مراعاة نسبة خطأ قدرها 20%) = -107 dBm؛
- تكون حساسية الاستقبال للمحطات القاعدية في النظام AIS عموماً بسوية -115 dBm أو أفضل.

### 5.3 خدمة الاستدلال الراديوي

تتأثر خدمات الاستدلال الراديوي المحمولة جواً بالغ التأثير بالتداخل التراكمي الصادر عن وفرة كثيفة من مصادر إشعاع الترددات الراديوية الموجودة على سطح الأرض، لأن المسير الراديوي يتبع طبيعته خط البصر. وتتفاقم هذه الحالة حين تكون تلك الوفرة الكثيفة من مصادر الإشعاع تحت مسير الهبوط/الإقلاع من مطار ما.

### 6.3 الخدمة المتنقلة البرية

لا توجد معايير حماية عامة التطبيق تغطي حالة التداخل الذي تسببه مصادر إشعاع غير مقصود مثل أنظمة PLT للخدمة المتنقلة البرية. ويحتاج الأمر إلى المزيد من الدراسة من أجل إقامة قاعدة لوضع متطلبات حماية تفي بها أنظمة PLT.

ولكن، على أي حال، لن تكون معايير الحماية من الإشعاعات الصادرة عن أنظمة PLT أقل صرامة من معايير الحماية التي وُضعت بخصوص دراسات التقاسم بين الخدمة المتنقلة البرية وغيرها من خدمات الاتصالات الراديوية الأولية والثانوية. ويمكن الوقوف على أمثلة من متطلبات الحماية التي وُضعت من أجل الخدمة المتنقلة البرية العاملة في مدى التردد المعني هنا وهو 80-470 MHz في التوصيتين التاليتين:

- التوصية ITU-R M.1808 - الخصائص التقنية والتشغيلية للأنظمة المتنقلة البرية التقليدية ومتعددة القنوات العاملة في توزيعات الخدمة المتنقلة دون 869 MHz لكي تُستخدم في دراسات التقاسم. تحتوي هذه التوصية اعتبارات بخصوص معايير التداخل ومعايير الأداء (في الفقرتين 1.2 و 2.2 من الملحق 1)، ومجموعة كاملة من الخصائص التقنية بشأن النطاقين 174-138 MHz و 406,1-470 MHz؛

- التوصية ITU-R M.1824 - خصائص نظام البث التلفزيوني الخارجي، وتجميع الأخبار إلكترونياً، والإنتاج الميداني الإلكتروني في الخدمة المتنقلة لاستعمالها في دراسات التقاسم. تقدّم هذه التوصية خصائص نظام البث التلفزيوني الخارجي (TVOB) وتجميع الأخبار إلكترونياً (ENG) والإنتاج الميداني الإلكتروني (EFP) في الخدمة المتنقلة. وعلى وجه الخصوص، يعرض الجدولان 2 و3 الخصائص التقنية لأنظمة الاتصال الداخلي/الأجهزة اللاسلكية المحمولة ولأنظمة أنظمة الوصلات الصوتية على التوالي، وبعضها مندرج في إطار مدى التردد 470-80 MHz.

وإضافة إلى ذلك يحدد القرار (WRC-03) 646 أجزاء من النطاق 470-380 MHz يمكن استعمالها لأغراض حماية الجمهور والإغاثة في حالات الكوارث.

وتشتمل أنظمة الاتصالات الراديوية، العاملة بترددات فوق 470 MHz في الخدمة المتنقلة البرية، على أنظمة خلوية وأنظمة اتصالات متنقلة دولية (IMT). وفي بعض البلدان وُضعت في الاستعمال أنظمة خلوية تعمل بترددات أقل من 470 MHz. وفي صدد الأنظمة الخلوية، ثمة معلومات عن متطلبات الحماية في التوصية ITU-R M.1823 - الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة الخلوية الرقمية المتنقلة البرية لاستعمالها في دراسات التقاسم.

### 7.3 خدمة علم الفلك الراديوي

لخدمة علم الفلك الراديوي (RAS) توزيعات ترددات في ثلاثة نطاقات واقعة بين 80 و470 MHz على أساس أولي (كما هو مبين في الجدول 10)، وتنطبق عليها الحاشية المتعلقة بالرقم 149.5 من لوائح الراديو. ويُستعمل النطاقان 150 و410 MHz للرصد المتواصل فقط (أي بأسلوب القدرة الكلية)، ويُستعمل النطاق 327 MHz بأسلوب الرصد المتواصل وأسلوب الخط الطيفي. وتذكر التوصية ITU-R RA.769 سويات عتبة التداخل الضارة بخدمة علم الفلك الراديوي، كما يذكر التقرير ITU-R RA.2131 قيم المجال الكهربائي المكافئة لها. ويعرض الجدول 10 أيضاً تلك القيم العتبية.

#### الجدول 10

#### عتبات تداخل المجال الكهربائي المكافئة بخصوص خدمة علم الفلك الراديوي (RAS)

عتبة المجال الكهربائي dB( $\mu$ V/m)	عتبة كثافة تدفق القدرة الطيفية dB(W/m <sup>2</sup> /Hz)	عتبة كثافة تدفق القدرة dB(W/m <sup>2</sup> )	نطاق الخدمة RAS (MHz)
48,2- في 2,95 MHz	259-	194- في 2,95 MHz	153-150,05
43,2- في 6,6 MHz في أسلوب الرصد المتواصل 58,2- في 10 kHz في أسلوب الخط الطيفي	258- في أسلوب الرصد المتواصل 244- في أسلوب الخط الطيفي	189- في 6,6 MHz في أسلوب الرصد المتواصل 204 في 10 kHz في أسلوب الخط الطيفي	328,6-322
43,2- في 3,9 MHz	255-	189- في 3,9 MHz	410-406,1

### 8.3 الخدمة المتنقلة الساتلية

يأتي أدناه عرض مفصّل للمواضيع التالية: نطاقات التردد تحت 470 MHz الموزعة على الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS)، ومعايير الحماية، ومعلومات النظام.

#### 1.8.3 نطاقات التردد

هنالك تحت 470 MHz عدد من النطاقات الموزعة على الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS):

- النطاق 138-137 MHz موزع على الخدمة MSS للاتجاه من الفضاء إلى الأرض؛
- النطاق 150,05-148 MHz موزع على الخدمة MSS للاتجاه من الأرض إلى الفضاء؛

- النطاقان MHz 161,9875-161,9625 و MHz 162,0375-162,0125 موزعان على الخدمة MSS للاتجاه من الأرض إلى الفضاء (انظر الرقم 227A.5 من لوائح الراديو)؛
- النطاق MHz 322-235 موزع على الخدمة MSS (انظر الرقم 254.5 من لوائح الراديو)؛
- النطاق MHz 315-312 موزع على الخدمة MSS للاتجاه من الأرض إلى الفضاء؛
- النطاق MHz 399,9-335,4 موزع على الخدمة MSS (انظر الرقم 254.5 من لوائح الراديو)؛
- النطاق MHz 390-387 موزع على الخدمة MSS للاتجاه من الفضاء إلى الأرض؛
- النطاق MHz 400,05-399,9 موزع على الخدمة MSS للاتجاه من الأرض إلى الفضاء؛
- النطاق MHz 401-400,15 موزع على الخدمة MSS للاتجاه من الفضاء إلى الأرض؛
- النطاق MHz 406,1-406 موزع على الخدمة MSS للاتجاه من الأرض إلى الفضاء، ومقصود على منار راديوي منخفض القدرة للتحديد الساتلي لمواقع الطوارئ (انظر الرقم 266.5 من لوائح الراديو). ويحظر أي بث من شأنه تسبب تداخل يضرب بالاستعمالات المرخص بها للنطاق MHz 406,1-406 (انظر الرقم 267.5 من لوائح الراديو).

### 2.8.3 معيار الحماية

تضمن الممارسة الجيدة في هندسة الطيف استبقاء الإشعاع الصادر عن أجهزة PLT في أدنى السويات الممكن تحقيقها تقنياً. وعليه، فإن معيار  $\Delta T/T$  بنسبة 1% بخصوص الإشعاع الذي تنتجه أجهزة PLT هو سوية يُسمح بها للتداخل في مستقبلات الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) (سواء المحمول منها في الفضاء أو المحمول جواً أو الأرضي). ويُعتبر هذا المعيار مناسباً على غرار ما ورد بخصوص الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) حيث توصي التوصية ITU-R S.1432-1 باعتماد هذه القيمة بخصوص مصادر للتداخل بخلاف التداخل في الخدمة FSS أو في الخدمات على أساس أولي مشترك.

### 3.8.3 معلمات النظام

يمكن الاطلاع على تفصيل معلمات النظام الخاصة بأنظمة الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS)، التي تعمل في نطاقات التردد MHz 138-137 و MHz 150,05-148 و MHz 400,05-399,9 و MHz 401-400,15، في الملحق 2 للتوصية ITU-R M.1184-2 - خصائص تقنية لأنظمة الخدمة المتنقلة الساتلية العاملة في نطاقات تردد دون 3 GHz، مفيدة في إعداد معايير للتقاسم بين الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) وخدمات أخرى. وتيسيراً لاستعمال هذه المعايير، اختُصرت في الجدولين 11 و 12 التالين معلمات النظام المناسبة المطلوبة لضمان حماية مستقبلات الخدمة MSS من إشعاعات أنظمة PLT.

#### الجدول 11

#### خصائص مستقبلات المحطات الأرضية المتنقلة العاملة في النطاق MHz 138-137

3	3-	0,5	5,7	كسب هوائي محطة استقبال أرضية متنقلة (dBi)
شامل الاتجاهات	شامل الاتجاهات	شامل الاتجاهات	شامل الاتجاهات	مخطط إشعاع الهوائي في محطة استقبال أرضية متنقلة
1 565	66	813	4 467	حرارة الضوضاء (K) في محطة استقبال أرضية متنقلة
نطاق العالم	نطاق العالم	نطاق العالم	نطاق العالم	نطاق استعمال محطة استقبال أرضية متنقلة
دائري مُيامن	دائري مُياسير	دائري مُيامن	دائري مُيامن	استقطاب محطة استقبال أرضية متنقلة

## الجدول 12

## خصائص المستقبلات الساتلية للخدمة MSS العاملة في النطاق MHz 150,05-148

1 000	893	800	775	950	ارتفاع المستقبل الساتلي (بالكيلومتر)
6	5,6	0	0	2-	كسب هوائي المستقبل الساتلي (dBi)
متساوي الدفع	$10 \log (\cos 2 \theta)$	$10 \log (\cos 2 \theta)$	حلقي	متساوي الدفع	مخطط إشعاع هوائي المستقبل الساتلي
940	1 480	1 000	400	309	حرارة الضوضاء في المستقبل الساتلي (K)
خطي	دائري مُيامن	دائري مُيامن	خطي	خطي	استقطاب المستقبل

فيما يخص التوزيعات على الخدمة المتنقلة الساتلية فوق 200 MHz، يلزم أن تراقب بعناية تأثيرات تجميع معينة من إشعاعات أنظمة PLT في النطاق MHz 406,1-406. إذ إن هذا هو التردد الذي تستعمله سواتل عمليات البحث والإنقاذ، فتطبق عليه من ثم أحكام الفقرتين 266.5 و 267.5 من لوائح الراديو.

## الجدول 13

## خصائص المستقبلات الساتلية للخدمة MSS العاملة في النطاق MHz 400,05-399,9

km 667	ارتفاع المستقبل الساتلي
dBi 7	كسب هوائي المستقبل الساتلي
قلبي الشكل	مخطط إشعاع هوائي المستقبل الساتلي
K 389	حرارة الضوضاء في المستقبل الساتلي
دائري مُيامن	استقطاب المستقبل

## الجدول 14

## خصائص مستقبلات محطات الأرضية المتنقلة في النطاق MHz 401-400,15

7	3	3	5,7	كسب هوائي محطة استقبال أرضية متنقلة (dBi)
شامل الاتجاهات	شامل الاتجاهات	شامل الاتجاهات	شامل الاتجاهات	مخطط إشعاع الهوائي في محطة استقبال أرضية متنقلة
550	505	229	4 467	حرارة الضوضاء في محطة استقبال أرضية متنقلة (K)
على نطاق العالم	على نطاق العالم	على نطاق العالم	على نطاق العالم	نطاق استعمال محطة استقبال أرضية متنقلة
دائري مُياسر	دائري مُيامن	دائري مُيامن	دائري مُيامن	استقطاب محطة استقبال أرضية متنقلة

بخصوص التوزيع على الخدمة MSS في النطاق 454-456 MHz، اقتُطِفَت الخصائص التالية من قاعدة بيانات الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) وهي مطابقة للأنظمة الموجودة العاملة في هذا النطاق:

- ارتفاع الساتل المستقبل: 650 km؛
- كسب هوائي الساتل المستقبل: 0 dBi؛
- مخطط إشعاع هوائي الساتل المستقبل: شامل الاتجاهات؛
- حرارة ضوضاء الساتل المستقبل: 590 K؛
- استقطاب الساتل المستقبل: دائري مُيسِر (LHCP).

لا توجد معلومات خاصة بالنطاق 459-460 MHz، ولكن يُرْتَأَى أن الخصائص المذكورة في حالة النطاق 454-456 MHz تصلح أيضاً في حالة النطاق 459-460 MHz.

### 4.8.3 الحالة الخاصة بالنطاق 406,1-406 MHz

هذا النطاق موزع على الخدمة MSS للاتجاه من الأرض إلى الفضاء، ومقصود على منارات راديوية منخفضة القدرة للتحديد الساتلي لمواقع الطوارئ (انظر الرقم 266.5 من لوائح الراديو). ويحظر أي بث من شأنه تسبب تداخل يضر بالاستعمالات المرخص بها للنطاق 406,1-406 MHz (انظر الرقم 267.5 من لوائح الراديو). ويجدر بالذكر استعماله في نظام البحث والإنقاذ المعتمد على الساتل العالمي التابع لشبكة Cospas-Sarsat. وكل المعلومات عن الأنظمة الساتلية المستعملة لهذا النطاق تحتويها التوصية ITU-R M.1478 - معايير الحماية لأدوات البحث والإنقاذ المعتمدة على ساتل Cospas-Sarsat العاملة في النطاق 406,1-406 MHz. ولا بد من التأكيد على هذه الحاجة الخاصة إلى ضمان بيئة خالية من التداخل لهذه الأنظمة لأنها تؤدي خدمة من أجل السلامة.

### 9.3 خدمة الملاحة الراديوية الساتلية

يأتي في الفقرات التالية بيان نطاقات التردد دون 470 MHz الموزعة على خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) وكذلك بيان معيار الحماية ومعلومات النظام.

### 9.3 مكرراً مساعدات الأرصاد الجوية

يكون النطاق 401,15-406 MHz موزعاً على خدمة مساعدات الأرصاد الجوية على أساس أولي. وترد التفاصيل في التوصية ITU-R RS.1262 - معايير التقاسم والتنسيق لخدمة مساعدات الأرصاد الجوية في النطاقين 400,15-406 MHz و 1 668,4-1 700 MHz. ولأغراض الحماية من إمكانية التداخل من أنظمة الاتصالات عبر خطوط الكهرباء يكون المعيار ذو الصلة عبارة عن سوية ضوضاء عند المستقبل لا تزيد على -188 dBm/Hz.

### 1.9.3 نطاقات التردد

بالنسبة للنطاقات دون 470 MHz، هنالك نطاقان موزعان على خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) وهما:

- النطاق 149,9-150,05 MHz موزع على الخدمة RNSS؛
- النطاق 399,9-400,05 MHz موزع على الخدمة RNSS.

### 2.9.3 معيار الحماية

تضمن الممارسة الجيدة في هندسة الطيف استبقاء الإشعاعات الصادرة عن أجهزة PLT في أدنى السويات الممكن تحقيقها تقنياً. وعليه، يُعتبر أن معيار  $\Delta T/T$  بنسبة 1% بخصوص الإشعاع الذي تنتجه أجهزة PLT هو سوية يُسمح بها للتداخل في مستقبلات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) (سواء المحمول منها في الفضاء أو المحمول جواً أو الأرضي). ويُعتبر

هذا المعيار مناسباً على غرار ما ورد بخصوص الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) حيث توصي التوصية 1-1432-1 ITU-R S.1432-1 باعتماد هذه القيمة بخصوص مصادر للتداخل غير المسببة للتداخل في الخدمة FSS أو في الخدمات على أساس أولي مشترك.

### 3.9.3 مَعْلَمَاتِ النِّظَامِ

بخصوص التوزيع على الخدمة RNSS في النطاق 149,9-150,05 MHz، اقْتُطِفَت الخصائص التالية من قاعدة بيانات الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) وهي موافقة للأنظمة الموجودة العاملة في هذا النطاق:

- كسب هوائي المحطة الأرضية المستقبلية في الخدمة RNSS: 0 dBi؛
- مخطط إشعاع هوائي المحطة الأرضية المستقبلية في الخدمة RNSS: شامل الاتجاهات؛
- حرارة ضوضاء المحطة الأرضية المستقبلية في الخدمة RNSS: 200 K؛
- نطاق استعمال المحطات الأرضية المستقبلية في الخدمة RNSS: على نطاق العالم.

بخصوص التوزيع على الخدمة RNSS في النطاق 399,9-400,05 MHz، اقْتُطِفَت الخصائص التالية من قاعدة بيانات الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) وهي مطابقة للأنظمة الموجودة العاملة في هذا النطاق:

- كسب هوائي المحطة الأرضية المستقبلية في الخدمة RNSS: 0 dBi؛
- مخطط إشعاع هوائي المحطة الأرضية المستقبلية في الخدمة RNSS: شامل الاتجاهات؛
- حرارة ضوضاء المحطة الأرضية المستقبلية في الخدمة RNSS: 200 K؛
- نطاق استعمال المحطات الأرضية المستقبلية في الخدمة RNSS: على نطاق العالم.

### 10.3 أنظمة/تطبيقات أخرى للاتصالات الراديوية

يتناول هذا القسم أنظمة/تطبيقات أخرى للاتصالات الراديوية لا يمكن أن تُنسب مباشرة إلى خدمة معينة في الاتصالات الراديوية. ولذا يُحتمل أن تُدرج في صيغة معدلة لهذا التقرير، تصدر في المستقبل عن قطاع الاتصالات الراديوية، فقرات عن أنظمة/تطبيقات أخرى، إلى جانب القسم الفرعي التالي المتعلق بأنظمة الاتصال اللاسلكية الخاصة بالمغروسات الطبية.

#### 1.10.3 أنظمة الاتصال اللاسلكية الخاصة بالمغروسات الطبية

تعمل أنظمة الاتصال اللاسلكية الخاصة بالمغروسات الطبية ضمن النطاق 401-406 MHz، وتُستعمل لتطبيقات مثل مراقبة وبرمجة المغروسات الطبية، مثل منظم ضربات القلب كالناظمة القلبية والمنبهات العصبية وما شابه. ثم إنه، مع تزايد عدد المستنّين بين السكان، يتزايد تعقيد الطلب على خدمات الرعاية الصحية وتزداد تكاليفها، ومن ثمّ تزداد أيضاً الاحتياجات إلى المراقبة الإلكترونية.

وبما أن هذا النطاق المستعمل للمغروسات الطبية النشطة العاملة بقدرة فائقة الانخفاض (ULP-AMI) تنقسمه على أساس أولي خدمات في الاتصالات الراديوية، تُستخدم له آلية نفاذ شاملة إلى القناة. ويُستعمل من أجل المراقبة المنزلية مرقاب (من نمط ULP-AMI-P) حيث تساوي عتبة الإصغاء قبل التكلم (LBT) شدة مجال قيمتها +16 dB(μV/m) مقرونة بكسب هوائي قيمته 0 dBi. وتتغذى هذه المراقب من الشبكة الكهربائية وتوضع عادةً قريباً جداً من أجهزة أخرى موصولة بالشبكة الكهربائية، كالساعات والمصابيح بجوار السرير والأغطية الكهربائية، وما إلى ذلك. وبالطبع تنبعث من هذه الموصلات إشارات PLT. وحرصاً على تشغيل المراقب المذكورة، فإن سوية الضوضاء الناجمة عن أنظمة PLT التي تُصنع في المستقبل لتعمل في نطاقات تردد قد تبلغ أو تتجاوز 470 MHz، يجب ألا تزيد في النطاق 401-406 MHz، عن +16 dB(μV/m) مقيسةً في عرض نطاق قدره 300 kHz، أو أن تُقرب من +12 dB(μV/m) مقيسةً في عرض نطاق قدره 120 kHz.

## 4 الوسائل المحتملة لمنع التداخل أو إزالته

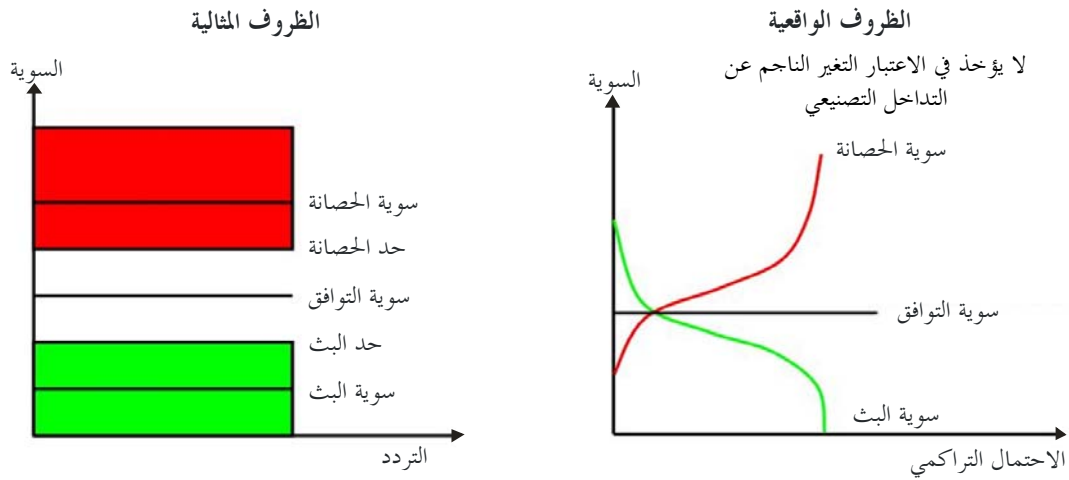
## 1.4 تدابير تكيف التوافق الكهرومغناطيسي (EMC)

يقتضي التوافق الكهرومغناطيسي (EMC)، بمفهومه الكلاسيكي، بثاً ثابتاً وحدود حصانة من إشارات التردد العالي. فمدى تشغيل جميع الأجهزة يحكمه ما تتصف به من حد للث وعتبة حصانة ذاتية. والأجهزة التي تعمل ضمن هذا المدى لا تُحدث أي تداخل في بيئتها المحيطة. لكن هذا المفهوم الكلاسيكي لضمان التوافق الكهرومغناطيسي، كما هو مبين في الجانب الأيسر من الشكل 3، فيه عيب وهو أن بعض الموارد تُترك بدون استعمال. زد على ذلك أن الأجهزة قد تحتاج إلى تدريع مُكلف، حتى لو لم توجد إشارات تسبب شيئاً من التداخل. فجميع الترددات محجوبة بتدريع الجهاز، بصرف النظر عن مكان تشغيل الجهاز وزمانه. وباختصار، قد لا تسمح هذه الطريقة باستعمال الموارد كامل الاستعمال.

وفي بعض الحالات، يَحْدُث اضطراب في استقبال إشارة من مرسل منخفض القدرة، على الرغم من كون الأجهزة المحيطة تفي بمعايير التوافق الكهرومغناطيسي. هذه هي، للأسف، الظروف الحقيقية المبينة على الجانب الأيمن من الشكل 3. وهذا الأمر غير مُرضٍ لا من الناحية الاقتصادية ولا من الناحية التقنية. ففي هذه الحالة، كان ينبغي اختيار حدود أدق.

## الشكل 3

## اعتبارات في التوافق الكهرومغناطيسي، بظروفها المثالية والواقعية



Report SM.2212-03

بما أن الأنظمة الراديوية (مثل أنظمة الاتصال المتنقلة البرية، والتلفزيون، والراديو التماثلي، والراديو الرقمي) تستقبل مقداراً كبيراً من اتصالات الإشارات، فأجهزتها هي، على العموم، الأشد حساسية في البيئة المنزلية وبيئة العمل المكتبي. ولذا فإن حماية الإشارة الراديوية تغطي على عملية التوافق الكهرومغناطيسي في مناطق إشارات التردد العالي. وقد ظل هذا التوافق يتحقق طيلة عقود بمجرد تعيين حدود للانبعثات الكهرومغناطيسية التي يُنتجها الجهاز. وكانت هذه الطريقة فيما مضى كافية. إذ إن مصادر التداخل الكلاسيكية، كالألات المحكومة بمبدل أو إمدادات الكهرباء المحكومة بقاطع واصل، تُنتج أحياناً انبعثات في نطاق تردد عريض. ولم يكن بالإمكان معالجة الحالة بطريقة كبت انتقائية ومرنة معاً. ولذا كان الكبت مصمماً بتعيين حد أقصى للانبعثات الكهرومغناطيسي قيمته أقل من الحد الموضوع بوضع وحدات dB. ويتزايد الإقبال من جانب أخصائي الاتصالات الراديوية على النظر في الحدود المعمول بها، لأنها صُممت في ظل بعض الظروف المتعلقة بمكان مصادر التداخل وزمانها واحتمال تكررها. أما اليوم فإن عدداً من مصادر التداخل الحديثة أكبر من ذي قبل يُنتج انبعثات مستمرة في نطاق تردد واسع، بدون أن يكون هنالك توزيع مناظر في لوائح الراديو، بحيث قد لا تكون الشروط المسبقة الأصلية صالحة بالضرورة.



ومن شأن أنظمة الاتصالات السلكية الحديثة، المعتمدة على تكنولوجيا تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) (مثل خط رقمي لا تناظري للمشارك (ADSL) وخط رقمي عالي السرعة جداً للمشارك (VDSL) وأنظمة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية (PLT))، أن تدمج التدابير التكميلية للتوافق الكهرومغناطيسي في تصميمها. وهكذا تستطيع التحكم في انبعاثاتها الإشعاعية غير المرغوب فيها بمرونة كبيرة. وتستطيع التكنولوجيات الراديوية المعرفية أيضاً تكييف انبعاثاتها الطيفية وفقاً لحيطها الفعلي.

مثال ذلك أن مودمات الاتصال عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية (PLT)، طبقاً لتوصيفها في الوثيقة ETSI TS 102578، تأخذ بالطريقة التكميلية. وخلافاً لمودمات PLT التقليدية التي تسبب تداخلات في الخدمات الراديوية، لا تسبب المودمات التي تأخذ بمفهوم "التلقيم الذكي" تشويشاً على المستقبلات الراديوية.

ثم إن مدى ترددات إرسالات مودم PLT يتراكم مع مدى ترددات الإذاعة الراديوية. وخطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية المستعملة في المنازل ليست مُدرّعة، بل هي مصنوعة بقدر ما من اللاتناظر. فإذا شُغِّل مستقبل راديوي في جوار مكان ناشطٍ فيه خط اتصال PLT، يُحتمل أن تتأثر سلباً جودة الاستقبال الراديوي. ومن شأن إقامة أنظمة اتصالات ضمن مدى تردد بعينه مع اقتران المسارات فيما بينها - ما يعمل بالإيصال وما يعمل بالإشعاع - أن يجعل حالات التداخل أمراً حتمياً.

وتستقبل الكبلات الكهربائية المركبة في مبنى ما إشارات من خدمات الإذاعة الراديوية، وذلك بفضل خواص الهوائي المستعمل في شبكة التوزيع المنخفضة التوتر. فمودمات PLT المجهزة "بتلقيم ذكي" (طبقاً لما جاء في الوثيقة ETSI TS 102 578) تكشف وجود هذه الخدمات الراديوية بأن تقيس طيف الإشارة على شبكة خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية. ثم تحلل هذه المودمات الطيف، فتستبعد الترددات الممكن أن تستقبلها أجهزة راديوية عاملة بالموجة القصيرة (SW). وتُسمى هذه العملية "التلقيم". وبفضل الإرسال التكميلي OFDM على عدد كبير من الموجات الحاملة، لا يسبب "التلقيم الذكي" سوى انخفاض طفيف في معدل بتات الإرسال، على اعتبار أن الخسارة مقصورة على الموجات الحاملة التي تنخفض فيها نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR). واستمرار التحليل المذكور يمكن النظام من تقليل التداخل إلى أدنى سوية، ومن استمثال الصبيب، تبعاً للظروف القائمة.

ويتحقق التوافق الكهرومغناطيسي في هذه الأنظمة التكميلية بطريقة مختلفة: فبدلاً من وضع قيود جامدة، تستطيع الأجهزة العاملة بأسلوب "التلقيم الذكي" الامتثال للتوافق الكهرومغناطيسي وتحسينه. وبحسب تعريف مفردات اللغة الكهرومغناطيسية الدولية (IEV)، يكون المنتج متوافقاً من حيث الكهرومغناطيسية إذا عمل بصورة مرضية في بيئته الكهرومغناطيسية بدون إدخال اضطرابات كهرومغناطيسية غير مقبولة في أي شيء آخر.

## 2.4 التلقيم الدائم

تم بوجه عام قبول التلقيم الدائم بخصوص نطاقات خدمة الهواة.

والنطاق FM بالغ الأهمية عند المستمعين، باعتباره الوسيلة الأولية للاستماع إلى الإذاعة الراديوية، بحيث يُجنّب أي خطر تداخل من أي نظام اتصال عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية. ومن ثمّ يكون الخيار المفضل هو بوضوح أن تُجعل ذروة مدى التردد لأنظمة PLT عند 80 MHz، كما سبق أن نصحت به لجنة الدراسات 15 في قطاع تقييس الاتصالات. وإلا فيجب الأخذ بخيار التلقيم الدائم لكامل النطاق من 87,5 إلى 108 MHz.

وفيما يخص الإذاعة السمعية الرقمية (DAB)، حيث تكون شدة المجال التي تصادف عادة أخفض من سوية استقبال FM، تزداد الشكوك بخصوص موثوقية كشف إشارات الإذاعة DAB من التداخلات على طول أسلاك الإمداد بالطاقة الكهربائية، ومن ثمّ بخصوص موثوقية حماية الخدمات. وعليه، يُوصى بالتلقيم الدائم في صدد نطاقات الإذاعة السمعية الرقمية.

### 3.4 التثليم الدينامي

لقد اقترح معيار التثليم الدينامي، المعيار ETSI TS 102578 (بشأن الإذاعة على موجات ديكامترية (HF))، نموذجاً يُستعمل للبت بترددات أعلى من 30 MHz، واقترح معه بعض التغييرات/التمديدات. إلا أن هذا المعيار تم وضعه بإشراف وتعاون وثيقين مع الهيئات المديعة على الموجات الديكامترية (HF)، وقبلاً فقط كتسوية لحل مشكلات معينة تعترض تعايش الإذاعة على هذه الموجات مع الأنظمة PLT. ويلاحظ أيضاً أنه لم يكن ممكناً قبول هذا المعيار إلا بعد إقامة الدليل على هذه التقنية بواسطة التشغيل، وإن بشكل محدود تماماً، إذ لم يتيسّر للاختبار سوى نموذج أول لنظام واحد.

وليس من الواضح مطلقاً أن يكون من الميسور تطبيق هذه التقنية على الإذاعة على الموجات المترية (VHF)؛ إذ هنالك كثير من أوجه الاختلاف يلي ذكرها:

- يُستعمل نطاق FM للخدمات المنزلية، الشكل الشائع من الإذاعة الراديوية التي يُستمع إليها في أغلبية البيوت، ولفترات طويلة؛
- توقعات المستمعين من حيث الجودة هي في هذه الحالة أكبر بكثير - إذ إن الإذاعة بتشكيل التردد (FM) تحقق بسهولة جودة استقبال أفضل بكثير جداً من استقبال الإذاعة على الموجات القصيرة بتشكيل اتساعي (AM)، وقرية جداً من الجودة السمعية التي يتّصف بها القرص CD، وذلك في بيئة منزلية عادية - ولذا لن يتسامح المستمعون جداً بأي عيوب تشوب جودة الاستقبال؛
- تختلف الإذاعة FM اختلافاً كبيراً من الناحية التقنية عن الإذاعة AM؛
- طول موجة إشارة النطاق FM قريب أو أقصر من الأطوال المألوفة في شبكة أسلاك الإمداد بالكهرباء (خلافاً لحالة الإذاعة على الموجات الديكامترية (HF))، مما يزيد من كفاءة إشعاع التداخل من أنظمة PLT في البيئة.

وليس من الواضح مطلقاً أن طريقة التثليم الدينامي يمكن أن تنجح بالضرورة، لا سيما من حيث استشعار وافٍ وموثوق لوجود إذاعات تحتاج إلى حماية بالتثليم. ويلاحظ أنه كثيراً ما يمكن في البيئة الحضرية استقبال نحو 30 من إرسالات FM. ولكن يتعيّن عندئذ، عملياً، تثليم كامل النطاق، نظراً لأن المفترض في عرض التلم ألا يقل عن 800 kHz.

ومن ثمّ ليس من المؤكد ما إذا كان ذلك يستحق العناء المبذول، في ضوء العائد المحتمل في قدرة النظام PLT. وفي كثير من البلدان الأوروبية (بل في أغلبها) يُستعمل نطاق FM بكثافة شديدة، ويتعين على هيئات التنظيم معالجة الطلب المستمر على مزيد من الترددات لمزيد من الخدمات الإذاعية بتشكيل التردد (FM). وقد ازدحمت فعلاً ترددات محطات FM في حدود ما هو مقبول، وهي لا تُصمّم على أساس تجنب التداخل في نفس القناة فحسب بل تصمّم أيضاً على أساس مراعاة استعمال القناة المجاورة ضمن حدود  $\pm 400$  kHz.

ومسألة عرض التلم بالغة الأهمية، فقد ارتئي أن عرض تلم بمقدار 200 kHz يكون مُرضياً. لكن المسوّغ المنطقي لهذا الرأي يبدو مغلوفاً لأنه يستند إلى تطبيق قاعدة Carson على بث FM غير مجسّم بحيث ينتج عنه العرض المقترح بمقدار 200 kHz. ومع ذلك فهو مناسب من حيث إنه يشير إلى مكان هبوط غالبية الطاقة المرسلّة (في حالة الإذاعة غير المجسّمة)، ومن ثم إلى المقدار الأدنى لعرض نطاق مستقبل يمرر غالبية الإشارة (وبالتالي يعطي مقادير من التشوّه محدودة بصورة معقولة بسبب تشذيب الطيف). لكن هذا الطرح يُعْغَل أن الإذاعات FM جميعها تقريباً تبث بصوت مجسّم، مع قدر إضافي من تشوير نظام البيانات الراديوية (RDS)، حيث تتجاوز ترددات النطاق الأساسي 15 kHz بكثير، وهي في الواقع أقرب إلى 60 kHz. وعليه، من الضروري جداً أن يمتد تلم نظام PLT إلى أبعد من عرض القناة الفعلية FM، تماثلية كانت أم رقمية، وأن يشمل القنوات المجاورة.

وما هو أهم من ذلك أن الطرح المذكور يتجاهل العامل الأساسي وهو قابلية المستقبلات للتداخل، والتي تتوقف إلى حد كبير على تفاصيل تصميم المستقبل - حيث التصميم الواجب أن تؤخذ في الحسبان هي ملايين المستقبلات العاملة حالياً في خدمة المستمعين داخل بيوتهم. فلا شيء غير الاختبار يمكن من إقرار الخصائص الضرورية للتلم، ولا سيما عرضه بكامل العمق، وشكل الجانبين الذي لا يقل أهمية عن العرض، اختبار يُجرى على مجموعة واسعة مختارة من المستقبلات (وهو بالفعل نوع من قياس نسبة الحماية في حالات مختلفة من تخالف الترددات). ويجدر بالذكر هنا أن كلاهما روعي في تصميم

المستقبلات HF في المعيار TS 102578. ومن جهة أخرى يستلزم امتداد التلم من مجموعة موجات حاملة فرعية PLT ملاصقة (أي غير مثلمة)، واقعة على أحد جانبي موجة حاملة مكتشفة تابعة لمحطة FM، إلى المجموعة الثانية من الموجات الحاملة الفرعية PLT الملاصقة الواقعة على الجانب الآخر، مقدار 400 kHz على الجانب الأول و 400 kHz على الجانب الثاني. وهكذا يستلزم التلم في الموجات الحاملة الفرعية PLT بكامل العمق عرضاً مقداره 800 kHz أي  $400 \pm$  kHz انطلافاً من كل موجة حاملة FM مكتشفة على كلا الجانبين، مع جوانب منحدره إضافية. ومن ذلك يُستنتج أن الأمر يؤول بالتأكيد، في كثير من المواقع الحضرية، إلى تثليم النطاق بكامله على أي حال.

وإذا أريد تطبيق التثليم الدينامي من أجل حماية خدمات الاتصالات الراديوية، بخلاف الخدمات الإذاعية، يجب الاعتراف بأن التقنية لا تكون مُجدية إلا إذا أُجري الاستشعار في موقع حدوث التداخل الضار. فإذا كان يُتوقع أن يحصل الاستقبال خارج المباني، فلا فائدة من استشعار الإشارات داخل المباني، لأن النتائج لن تكون تعبيراً عن التداخل التراكمي الممكن استقباله في بيئة التشغيل. وإضافة إلى ذلك، إذا كان من الممكن داخل المباني استقبال الإشارات المقصود استقبالها خارج المباني، فهذا يعني أن شبكة الأسلاك الناقلة للكهرباء تؤدي دور هوائي فعال، وبالتالي فإن من شأنها الإسهام في زيادة سويات التداخل خارج المباني.

#### 4.4 التثليم المقترن بالموقع الجغرافي

تتطلب هذه التقنية وجود قاعدة بيانات للخدمات تعتبر الإدارة الوطنية أهما محمية ويمكن استقبالها في أي موقع معين. ومن قبيل التبسيط، يمكن أن يكون استعمال هذه التقنية بناءً على منطقة الامتياز لهيئات إذاعة تجارية أو على منطقة خدمة مرتقبة في حالات أخرى. لكن التغطية الفعلية تتجاوز عادة منطقة الامتياز أو منطقة الخدمة، فتجد الإدارة الوطنية نفسها في مأزق يتمثل في تقييد خيار المستمعين لصالح استعمال أنظمة PLT. إذ من شأن هذه الحالة أن تثير مصاعب قانونية بشأن شرعية تقييد النفاذ إلى خدمات سبق أن كان ممكناً استقبالها.

وتبرز أيضاً مشكلات أخرى حين نحكم على هذه الفكرة بحسب الظاهر. فلا بد أن يضطلع كيان ما بمسؤولية إنشاء واستدامة قاعدة بيانات المواقع الجغرافية. ولكن حتى بصرف النظر عن توقع قيام مصاعب قانونية عند ارتكاب أخطاء تؤثر على التغطية وعلى الربحية التجارية، فإن الاقتراح يستدعي الكثير من الوقت والمال. إذ من هي الجهة التي يترتب عليها تنفيذ العمل ودفع تكاليفه؟ ثم إن هذه التقنية تؤول إلى رفض إتاحة الطيف من أجل توسيع عروض الخدمة الإذاعية. ومن ثم ينبغي لمزودي الخدمة PLT أن يدفعوا المبالغ المناسبة لقاء الطيف الذي يُحجز لاستعمالهم.

وتطبق أيضاً، في حالة نطاق FM، التعليقات المتقدمة بشأن عرض التلم ومقدار الطيف الممكن إعادة توزيعه على نحو مفيد لاستعمالات أنظمة PLT.

#### 5.4 التحكم في قدرة الإرسال بحسب التوصية ITU-T G.9960

فيما يخص إنشاء الشبكات المنزلية، تعين التوصيتان ITU-T G.9960/G.9961 (a.k.a. G.hn) {1، 2} أدوات متنوعة للتحكم في قدرة إرسال الأنظمة PLT لجهاز واحد G.hn (عقدة) داخل الشبكة (ميدان). وتمكّن هذه الأدوات عقدة ما من تلبية متطلبات لوائح مختلفة (مثل لوائح اللجنة الدولية الخاصة بالتداخل الراديوي (CISPR)، ولوائح لجنة المكونات الإلكترونية (CENELEC))، كما تمكّن من الوفاء بمتطلبات استهلاك القدرة (كالتّي حددها مدونة السلوك الأوروبية). ويوضح هذا القسم إجراء تحديد قناع الإرسال للكثافة الطيفية للقدرة الذي ينطبق على جميع العقد في الميدان، كما يوضح آلية التحكم بصورة مستقلة في قدرة الإرسال لعقدة ما.

وفي الوقت الحاضر، وُضع الحد الأعلى المُجدي للتردد عند 80 MHz طبقاً للتوصية ITU-T G.9960 (اتساقاً مع التقرير ITU-R SM.2158). لكن مجموعة الأدوات الموقرة في التوصية ITU-T G.9960 قابلة للتطبيق أيضاً لمنع أو إزالة التداخل، فيما لو استعملت أنظمة PLT ترددات أعلى من 80 MHz.

#### 1.5.4 بناء قناع الإرسال للكثافة الطيفية للقدرة (PSD)

في ميدان G.hn ما تخضع جميع العقد لقناع إرسال مكوّن من الكثافة الطيفية (TxPSD) تضعه عقدة الميدان الرئيسة (رئيسة الميدان). وبعدها لا يُسمح لأي عقدة، في أي وقت، أن ترسل إشارات تفوق هذا القناع. ويرد وصف هذا القناع TxPSD في البند 5.1.7 {1}، وهو مبني من المكوّنات التالية:

(1) القناع PSD الحدي (LPM، البند 5.1.7 {1}): القناع PSD معرّف في صدد كل تخطيط للنطاقات (مثلاً: 100 MHz نطاق أساسي لخط كهربائي)

- القناع PSD الحدي (LPM) محدّد في متن التوصية (انظر مثلاً الشكل 7-32 في البند 3.2.2.7 {1} بخصوص نطاق أساسي بقيمة 100 MHz لخط كهربائي)؛

- LPM يعرّف الحد المطلق للقناع PSD الذي يعبر عن الحد الأقصى المسموح به (أي الأقصى لجميع اللوائح الإقليمية)؛

- القناع الحدي LPM يوفر الإرشاد لتصميم جهاز يمكن وضعه في الاستعمال في جميع الأقاليم.

(2) القناع PSD الإقليمي (RPM، البند 5.1.7 {1}): هو قناع PSD معرّف بخصوص كل تخطيط للنطاقات لكل إقليم:

- يجوز تحديد القناع الإقليمي (RPM) في ملحقات منفصلة لكي يعبر عن اللوائح الإقليمية المختلفة. ولم يحصل حتى الآن تعريف أي قناع إقليمي (نظر في القناع RPM الخاص بأمريكا الشمالية، لكنه لم يُدرج في مشروع القرار النهائي)؛

- إذا لم يوجد RPM في إقليم معيّن، يُستعمل القناع LPM بمثابة RPM لهذا الإقليم.

(3) قناع الموجة الحاملة الفرعية (SM، البند 1.5.1.7 {1}): هو نطاقات مقنّعة مُعرّفة بخصوص قناع معيّن LPM أو RPM:

- يدل القناع SM على تثليم تردد. وتستطيع عقدة الميدان الرئيسة أن تحدد نطاقات مقنّعة يصل عددها حتى 32 نطاقاً (البند 5.5.8.8 {2}). وتُذاع هذه المعلومات على جميع العقد برسالة MAP (رسالة دورية ترسلها رئيسة الميدان للدلالة على مخطط النفاذ إلى الوسائط)، ويمكن تغييرها دينامياً.

(4) قناع القوالب PSD (PSM، البند 2.5.1.7 {1}): هو نقاط عتبية للقناع PSD معرّفة بخصوص قناع LPM أو RPM معيّن:

- تستطيع رئيسة الميدان أن تحدد النقاط العتبية للقناع PSD بعدد يصل حتى 32 نقطة (البند 5.5.8.8 {2}). وتُذاع هذه المعلومات على جميع العقد برسالة MAP، ويمكن تغييرها دينامياً.

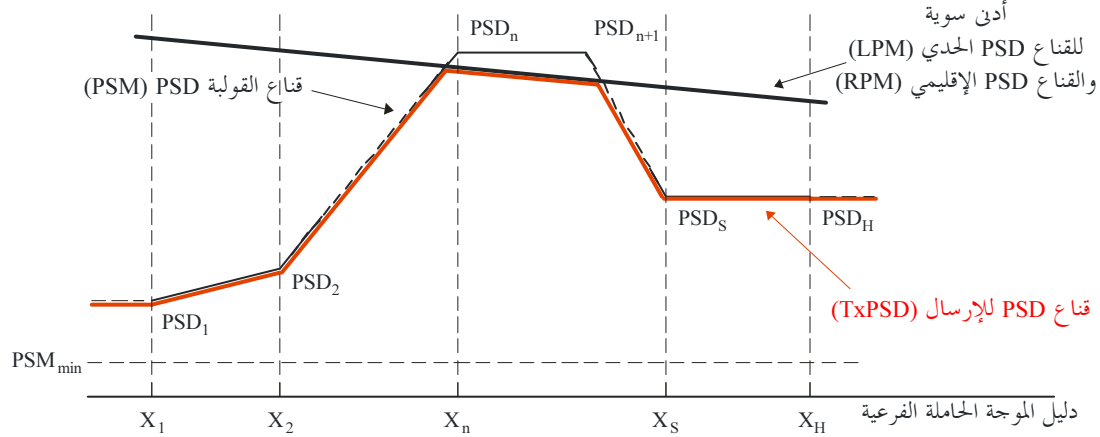
(5) نطاقات الخدمة الدولية لراديو الهواة (البند 3.5.1.7 {1}):

- تحدد في الملحق D {1} عدة نطاقات لراديو الهواة ضمن المدى 0 إلى 100 MHz. وتستطيع رئيسة الميدان تثليم واحد أو أكثر من هذه النطاقات (البند 5.5.8.8 {2}). وتُذاع هذه المعلومات على جميع العقد برسالة MAP، ويمكن تغييرها دينامياً.

القناع PSD للإرسال (TxPSD) مبني من العناصر الخمسة التالية كما هو محدد في البند 2.5.1.7 {1} وفي الشكل 4.

## الشكل 4

## بنية القناة PSD للإرسال (TxPSD)



\* قناع الموجة الحاملة الفرعية (SM) غير معروض في هذا الشكل

Report SM.2212-04

## 2.5.4 التبليغ عن قناع الإرسال PSD

تُعلن عقدة الميدان الرئيسية دورياً عن القناع TxPSD لكي تُعرف جميع عقد الميدان (حتى العقد الجديدة المشككة على الانضمام إلى الميدان) القناع TxPSD، قبل أن تنطلق في إرسال أي إشارة على الخط. بل تستطيع العقدة الرئيسية تغيير هذه المعلومة دينامياً (الفقرة 5.8.8 {2}). ويمكن استعمال هذه الوظيفة لتنفيذ التتليم الدينامي.

تكتشف العقدة الجديدة الرسالة MAP الصادرة عن رئيسة الميدان وتفك تشفيرها لتعرف القناع الذي أصبح ينطبق على الميدان. وتخضع لهذا القناع طالما ظلت في الميدان. ويُسمح للعقدة أن ترسل بقدرتها أخفض من القدرة المحددة بهذا القناع.

وتستطيع رئيسة الميدان أن تغيّر بعض المكونات إذا لزم الأمر (تشغيل أو توقيف النطاقات SM (قناع الموجة الحاملة الفرعية) و PSM (قناع القبولية) ونطاقات الهواة (HAM)). إذ إن الشبكة المنزلية G.hn تحدد وسيلة لمزامنة جميع العقد داخل الميدان مع قناع TxPSD جديد.

## 3.5.4 سقف القناع PSD

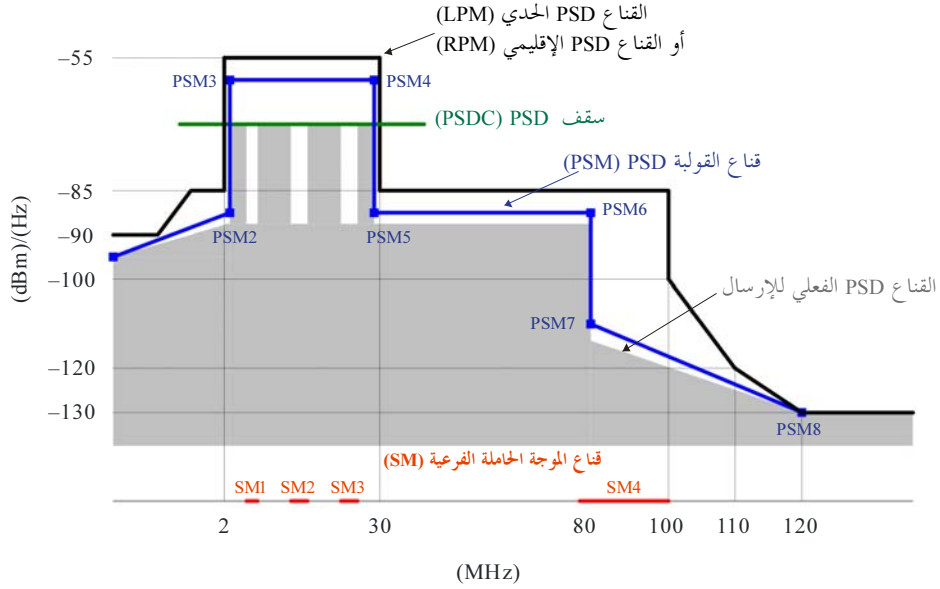
سقف القناع PSD (PSDC، البند 4.5.1.7 {1}) يدل على السقف الممكن أن تبلغه قيمة PSD في تطبيقه على الإشارات المرسل بين العقد. ففي حين ينطبق القناع TxPSD على جميع عقد الميدان، ينطبق السقف PSDC على عقدة بمفردها. فيمكن تطبيق قيم مختلفة بخصوص كل توصيل، ويمكن أن تتغير القيمة مع الوقت تكيفاً مع قناة متغيرة. وتُحمل هذه القيمة في رأسية الرتل المادّي (المجال APSDC-M، البند 11.2.2.3.2.1.7 {1}) لكي يعرف المستقبل أعلى سوية لإرسال الإشارة التي يستقبلها.

وفي أثناء عملية تقدير القناة، يُبلغ المستقبل المرسل القيمة المثلى للسقف PSDC (الجدول 8-93 في البند 3.7.11.8 {2}). ويمكن استعمال هذه الآلية لتخفيض قدرة الإرسال و/أو تخفيض قدرة الاستقبال إلى الحد الأدنى، ما يقلل الاستهلاك الكلي للقدرة على نطاق الشبكة كما يقلل أيضاً التداخل في الشبكات الأخرى.

وفي الشكل 5 إيضاح للعلاقة بين القناع TxPSD والسقف PSDC.

الشكل 5

قناع الإرسال PSD وسقف PSD



Report SM.2212-05

4.5.4 المراجع

- {1} التوصية ITU-T G.9960 (2010)، أجهزة الإرسال-الاستقبال السلكية الموحدة عالية السرعة في الشبكات المنزلية - مواصفات معمارية النظام والطبقة المادية.
- {2} التوصية ITU-T G.9961 (2010)، طبقة وصلة البيانات (DLL) للمرسلات-المستقبلات السلكية الموحدة للشبكات المنزلية عالية السرعة.

6.4 استنتاج بشأن منع التداخل أو إزالته

ينبغي السعي لإقامة البرهان على جدوى وفعالية تقنيات تخفيف التداخل بخصوص خدمات معينة في نطاقات معينة. لأنه، إذا طبقت هذه التقنيات بدون ما يكفي من تقييم وحماية، وأدخلت إلى السوق صيغة لتجهيزات PLT محددة على نحو غير واف، فقد تجرد الإدارات الوطنية نفسها بلا حيلة في مواجهة ردود فعل وشكاوى واسعة الانتشار.

5 استنتاجات إجمالية

يبين هذا التقرير إمكانات التداخل في خدمات مختلفة للاتصالات الراديوية بوجود إشعاعات صادرة من أنظمة وأجهزة PLT. وهو يصف خصائص إشعاع الترددات الراديوية الصادرة من أنظمة PLT، وخصائص معايير الحماية لأنظمة الاتصالات الراديوية التي تتأثر بأنظمة PLT. ويبحث، إضافة إلى ذلك، في الطرائق الممكنة للتخفيف من التداخل الذي يسببه إشعاع أنظمة PLT.

## الملحق 1

## الاعتبارات الخاصة بالضوضاء والإشعاع والانتشار في نطاقات البث على الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)

### A1 تحليل مفصّل لتحويل الأسلوب في فرع التبديل

فروع التبديل هي مصابيح سقفيه ومفاتيح فصل ووصل جدارية، مألوفة في التمديدات الكهربائية المنزلية، تكون غير متوازنة إلى حد بعيد عند مدى الترددات الراديوية، فتحوّل إشارات الأسلوب التفاضلي إلى إشارات الأسلوب الشائع أو تيارات هوائيات تسبب الإشعاعات الصادرة عن خطوط الإمداد بالكهرباء. لكن هذه الوقائع، على الرغم من كونها معروفة جيداً في أوساط المعنيين بالاتصالات الراديوية، يبدو أنها مهمة إلى حد ما في أوساط المعنيين بأنظمة PLT. وقد بيّن التقرير ITU-R SM.2158 في البند 3.4.1.2 منه أن الأسلوب التفاضلي والأسلوب الشائع مقترنان بقوة في مدى طيفي واسع، وليس فقط عند تردد الطنين، وذلك بناءً على التحليل النظري الذي يُنمذج خطأً أبتراً مركباً على التسلسل كمزجٍ لطور غير متوازن. ولكن، على الرغم من أن الآلية المادية الأساسية لأسلوب التحويل ممثلة جيداً في نموذج مزج الطور، يبقى من المستحسن إجراء تحليلات أعمّ. ثم إنه، حين يُحرّك المفتاح الجداري للفصل، يُشكل فرع التبديل خطأً أبتراً مفتوحاً مركباً على التسلسل، لا يمكن نمذجته كمزجٍ للطور. وبدلاً من ذلك جرت في الدراسة السابقة نمذجة فرع تبديلٍ منتهٍ بـبُصيلةٍ نور بارد، منخفضة المقاومة إلى بضع أومات، كخط أبتراً مركب على التسلسل. ولذا من المستحسن إجراء دراسة عامة على الخطوط البتراء المركبة على التسلسل، تعالج كلتا الحالتين، الأبتراً القصير والأبتراً المفتوح.

وفيما يلي تحليل عام لهذه الخطوط البتراء المركبة على التسلسل، مبني على دراسة حديثة<sup>4</sup>.

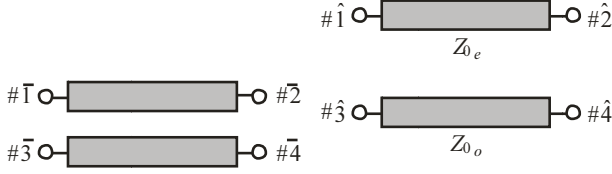
### 1.A1 مصفوفة انتشار مختلطة الأسلوب لخط إرسال متوازن محمّل من جانب واحد بخط أبتراً على التسلسل

#### 1.1.A1 صياغات نظرية

أجري تحليل نظري على دارتيّ خطين أبتريين مركبين على التسلسل من جانب واحد، فيهما خط أبتراً مفتوح أو أبتراً قصير قوامه خط إرسال متوازن موصّل على التسلسل مع أحد طرفي خط إرسال آخر متوازن، كما هو مبين في الشكل 6. وقد اشتقت مصفوفاتهما المختلطتا الأسلوب بحيث تُظهران الخصائص المتميزة لتحويل الأسلوب.

فأنظمة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالكهرباء (PLT) تُدخّل إشارات التردد الراديوي في الأسلوب الفردي لخطوط الإمداد بالطاقة داخل المنزل. وبما أن دارات فروع التبديل المكوّنة من مصابيح سقفيه ومفاتيح جدارية أحادية القطب تشكل خطوطاً بتراء موصّلة على التسلسل وأحادية الطرف، فقد أصبحت النظرية مفيدة في التنبؤ بمشكلات التوافق الكهرومغناطيسي التي تسببها أنظمة PLT التي تستعمل نطاقات الموجات الديكامترية (HF) و/أو نطاقات الموجات المترية (VHF).

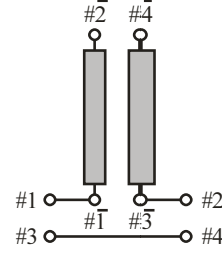
الشكل 7  
خط إرسال متوازن  
يشكل خطاً أبتري



(a) خطان مقرونان (b) الأسلوبان الزوجي والفردى

Report SM.2212-07

الشكل 6  
خط إرسال متوازن محمّل من جانب واحد  
بخط أبتري على التسلسل



(a) أبتري قصير، على التسلسل (b) أبتري مفتوح، على التسلسل

Report SM.2212-06

هنالك موصلان لخط إرسال متوازن مقرونان في الشكل 7 (a) بينما هما خط أبتري في الشكل 6. والأسلوبان الزوجي والفردى مفكوك اقتراحهما ويمكن معاملتهما كل منهما بصورة مستقلة، كما هو مبين في الشكل 7 (b). ومصنوفتا المعاوقة للأسلوب الزوجي والأسلوب الفردى هما، من اليسار إلى اليمين:

$$\hat{\mathbf{Z}}_e = \frac{Z_{0e}}{j \sin \phi_e} \begin{bmatrix} \cos \phi_e & 1 \\ 1 & \cos \phi_e \end{bmatrix}, \quad \hat{\mathbf{Z}}_o = \frac{Z_{0o}}{j \sin \phi_o} \begin{bmatrix} \cos \phi_o & 1 \\ 1 & \cos \phi_o \end{bmatrix}$$

حيث  $Z_{0e}$  و  $Z_{0o}$  يدلان على خصائص معاوقة الأسلوب الزوجي ومعاوقة الأسلوب الفردى؛ ويدل  $\phi_e$  و  $\phi_o$  على تناوب طور الأسلوب الزوجي والأسلوب الفردى عبر الخط الأبتري، أي  $\beta_e l = \phi_e$  و  $\beta_o l = \phi_o$  بخصوص خط إرسال بدون خسارة طوله  $l$ . ولكن في حالة خط إرسال مع خسارة يُستبدل بهما  $\phi_e = \beta_e l (1 - j\alpha_o/\beta_o)$  و  $\phi_o = \beta_o l (1 - j\alpha_e/\beta_e)$  مع ثابتيّ الانتشار التاليين:  $\gamma_e = \alpha_e + j\beta_e$  و  $\gamma_o = \alpha_o + j\beta_o$ .

ثم يكون توصيل التوتر والتيار في مطرافيّ الأسلوبين في الشكل 7 (b) كما يلي:

$$\begin{bmatrix} \hat{v}_1 \\ \hat{v}_2 \end{bmatrix} = \hat{\mathbf{Z}}_e \begin{bmatrix} \hat{i}_1 \\ \hat{i}_2 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \hat{v}_3 \\ \hat{v}_4 \end{bmatrix} = \hat{\mathbf{Z}}_o \begin{bmatrix} \hat{i}_3 \\ \hat{i}_4 \end{bmatrix}$$

وتكون صيغة مصفوفة التحويل بين زوج مطرافيّ دخل (أو خرج) ماديين في الشكل 7 (a) ومطرافيّ الأسلوبين المناظرين في الشكل 7 (b) كما يلي:

$$\mathbf{C}_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

وصيغة مصفوفة التحويل بين جميع المطاريّف المادية وجميع المطاريّف الأسلوبية كما يلي:

$$\mathbf{C}_4 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

وصيغة مصفوفة المعاوقة للمطاريّف الأسلوبية لخط الإرسال كما في الشكل 7 (b) هي:

$$\hat{\mathbf{Z}}_{TL} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{Z}}_e & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \hat{\mathbf{Z}}_o \end{bmatrix}$$



وعليه تُحسب مصفوفة المعاوقة للمطرفين الماديين لخط الإرسال في الشكل 7 (a) كما يلي:

$$\mathbf{Z}_{TL} = \mathbf{C}_4 \hat{\mathbf{Z}}_{TL} \mathbf{C}_4 = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & z_{14} \\ z_{12} & z_{11} & z_{14} & z_{13} \\ z_{13} & z_{14} & z_{11} & z_{12} \\ z_{14} & z_{13} & z_{12} & z_{11} \end{bmatrix}, \quad \begin{aligned} z_{11} &= -\frac{j}{2}(Z_{0e} \cot \phi_e + Z_{0o} \cot \phi_o) \\ z_{12} &= -\frac{j}{2}(Z_{0e} \operatorname{cosec} \phi_e + Z_{0o} \operatorname{cosec} \phi_o) \\ z_{13} &= -\frac{j}{2}(Z_{0e} \cot \phi_e - Z_{0o} \cot \phi_o) \\ z_{14} &= -\frac{j}{2}(Z_{0e} \operatorname{cosec} \phi_e - Z_{0o} \operatorname{cosec} \phi_o) \end{aligned}$$

وفي حالة خط أوتر قصير كما في الشكل 6 (a) تكون شروط المطرفين كما يلي:

$$\bar{v}_4 = \bar{v}_2, \bar{i}_4 = -\bar{i}_2$$

وعليه تتمثل توترات وتيارات الدخل والخرج في العلاقة التالية:

$$\begin{bmatrix} \bar{v}_1 \\ \bar{v}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} - \star & z_{13} + \star \\ z_{13} + \star & z_{11} - \star \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{i}_1 \\ \bar{i}_3 \end{bmatrix}, \quad \star = -\frac{jZ_{0o}}{2 \cos \phi_o \sin \phi_o}$$

ويمكن التعبير عن هذه العلاقة بمصفوفة المعاوقة كما يلي:

$$\mathbf{Z}_{ss} = -\frac{j}{2} \begin{bmatrix} Z_{0e} \cot \phi_e - Z_{0o} \tan \phi_o & Z_{0e} \cot \phi_e + Z_{0o} \tan \phi_o \\ Z_{0e} \cot \phi_e + Z_{0o} \tan \phi_o & Z_{0e} \cot \phi_e - Z_{0o} \tan \phi_o \end{bmatrix}.$$

وفي حالة خط أوتر مفتوح كما في الشكل 6 (b)، يتمثل شرط المطرف في العلاقة التالية:

$$\bar{i}_2 = \bar{i}_4 = 0$$

وعليه تتمثل توترات وتيارات الدخل والخرج في العلاقة التالية:

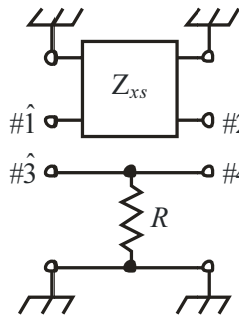
$$\begin{bmatrix} \bar{v}_1 \\ \bar{v}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{13} \\ z_{13} & z_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{i}_1 \\ \bar{i}_3 \end{bmatrix}$$

ويمكن التعبير عن هذه العلاقة بمصفوفة المعاوقة كما يلي:

$$\mathbf{Z}_{os} = -\frac{j}{2} \begin{bmatrix} Z_{0e} \cot \phi_e + Z_{0o} \cot \phi_o & Z_{0e} \cot \phi_e - Z_{0o} \cot \phi_o \\ Z_{0e} \cot \phi_e - Z_{0o} \cot \phi_o & Z_{0e} \cot \phi_e + Z_{0o} \cot \phi_o \end{bmatrix}$$

## الشكل 8

تحليل حالة المقاومة التقديرية لتفريعة نحو الأرض



لتحليل خط إرسال محمّل من جانب واحد يُخط أبتر مركب على نحو التسلسل كما في الشكل 6، يؤرّض الموصل الآخر عبر المقاومة  $R$  كما هو مبين في الشكل 8. وعندئذ تتمثل مصفوفة المعاوقة للموصل في العلاقة التالية:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} R & R \\ R & R \end{bmatrix}$$

وتتمثل مصفوفة المعاوقة لكامل الدارة المعروضة في الشكل 8 في العلاقة التالية:

$$\mathbf{Z}_{xs4} = \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_{xs} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{R} \end{bmatrix}$$

حيث  $o = x$  في حالة أبتر مفتوح و  $s = x$  في حالة أبتر قصير. وتصبح مصفوفة المعاوقة في الأسلوب المختلط كما يلي:

$$\hat{\mathbf{Z}}_{xs} = \mathbf{C}_4 \mathbf{Z}_{xs4} \mathbf{C}_4 = \begin{bmatrix} \hat{z}_{11} & \hat{z}_{12} & \hat{z}_{13} & \hat{z}_{14} \\ \hat{z}_{12} & \hat{z}_{11} & \hat{z}_{14} & \hat{z}_{13} \\ \hat{z}_{13} & \hat{z}_{14} & \hat{z}_{11} & \hat{z}_{12} \\ \hat{z}_{14} & \hat{z}_{13} & \hat{z}_{12} & \hat{z}_{11} \end{bmatrix}$$

وتُحسب مصفوفة الانتثار للأسلوب المختلط، لدارة أبتر مركّب على التسلسل كما في الشكل 6، مع أخذ الحد كما يلي:

$$\hat{\mathbf{S}} = \lim_{R \rightarrow \infty} \frac{\hat{\mathbf{W}}_0^{-1/2} \hat{\mathbf{Z}}_{xs} \hat{\mathbf{W}}_0^{-1/2} - \mathbf{1}_4}{\hat{\mathbf{W}}_0^{-1/2} \hat{\mathbf{Z}}_{xs} \hat{\mathbf{W}}_0^{-1/2} + \mathbf{1}_4} = \begin{bmatrix} \hat{s}_{11} & \hat{s}_{12} & \hat{s}_{13} & \hat{s}_{14} \\ \hat{s}_{12} & \hat{s}_{11} & \hat{s}_{14} & \hat{s}_{13} \\ \hat{s}_{13} & \hat{s}_{14} & \hat{s}_{33} & \hat{s}_{34} \\ \hat{s}_{14} & \hat{s}_{13} & \hat{s}_{34} & \hat{s}_{33} \end{bmatrix}$$

حيث:

$$\hat{\mathbf{W}}_0 = \begin{bmatrix} W_e & 0 & 0 & 0 \\ 0 & W_e & 0 & 0 \\ 0 & 0 & W_o & 0 \\ 0 & 0 & 0 & W_o \end{bmatrix}$$

وحيث يدلّ  $W_e$  و  $W_o$  على المعاوقتين المرجعتين للأسلوبين الزوجي والفردى بترتيب التوالي، و  $\mathbf{1}_4$  هي مصفوفة الهوية رباعية الأبعاد.

### 2.1.A1 النتائج

تكون عناصر مصفوفة الانتثار للأسلوب المختلط لخط إرسال، محمّل من جانب واحد بأبتر قصير مركّب على التسلسل، كما يلي:

$$\begin{aligned} \hat{s}_{11} &= \frac{(W_e^2 - W_o^2)Z_{0o} \sin \phi_e \sin \phi_o + 2jW_o(Z_{0e}Z_{0c} \cos \phi_e \sin \phi_o - W_e^2 \sin \phi_e \cos \phi_o)}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(W_o + W_e) \sin \phi_e][2W_eW_o \cos \phi_o + j(W_o + W_e)Z_{0o} \sin \phi_o]} \\ \hat{s}_{12} &= \frac{2W_e[2W_oZ_{0e} \cos \phi_e \cos \phi_o + j(Z_{0e}Z_{0o} \cos \phi_e \sin \phi_o + W_e^2 \sin \phi_e \cos \phi_o)]}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(W_o + W_e) \sin \phi_e][2W_eW_o \cos \phi_o + j(W_o + W_e)Z_{0o} \sin \phi_o]} \\ \hat{s}_{13} &= \frac{2j\sqrt{W_eW_o}(Z_{0e}Z_{0o} \cos \phi_e \sin \phi_o - W_eW_o \sin \phi_e \cos \phi_o)}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(W_o + W_e) \sin \phi_e][2W_eW_o \cos \phi_o + j(W_o + W_e)Z_{0o} \sin \phi_o]} \\ \hat{s}_{14} &= \frac{2\sqrt{W_eW_o}[(W_o + W_e)Z_{0o} \sin \phi_e \sin \phi_o - j(Z_{0e}Z_{0o} \cos \phi_e \sin \phi_o + W_eW_o \sin \phi_e \cos \phi_o)]}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(W_o + W_e) \sin \phi_e][2W_eW_o \cos \phi_o + j(W_o + W_e)Z_{0o} \sin \phi_o]} \\ \hat{s}_{33} &= \frac{-(W_e^2 - W_o^2)Z_{0c} \sin \phi_e \sin \phi_o + 2jW_e(Z_{0e}Z_{0o} \cos \phi_e \sin \phi_o - W_o^2 \sin \phi_e \cos \phi_o)}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(W_o + W_e) \sin \phi_e][2W_eW_o \cos \phi_o + j(W_o + W_e)Z_{0o} \sin \phi_o]} \\ \hat{s}_{34} &= \frac{2W_o[2W_eZ_{0e} \cos \phi_e \cos \phi_o + j(Z_{0e}Z_{0o} \cos \phi_e \sin \phi_o + W_e^2 \sin \phi_e \cos \phi_o)]}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(W_o + W_e) \sin \phi_e][2W_eW_o \cos \phi_o + j(W_o + W_e)Z_{0o} \sin \phi_o]} \end{aligned}$$

حيث:

انعكاسا الأسلوب الزوجي	$S_{22} = S_{11}$
إرسالا الأسلوب الزوجي	$S_{21} = S_{12}$
تحويلات الأسلوب باتجاه الخلف	$S_{42} = S_{24} = S_{31} = S_{13}$
تحويلات الأسلوب باتجاه الأمام	$S_{32} = S_{23} = S_{41} = S_{14}$
انعكاسا الأسلوب الفردي	$S_{44} = S_{33}$
إرسالا الأسلوب الفردي	$S_{43} = S_{34}$
يدلان على المعاوقتين المميزتين للأسلوبين الزوجي والفردي	$Z_{0o}$ و $Z_{0e}$
يدلان على دوران طورَي الأسلوبين، الزوجي والفردي	$\phi_o$ و $\phi_e$
هما المعاوقتان المرجعيتان لمنفَذَي الأسلوبين الزوجي والفردي، على التوالي. وهما التعبيران الأعم.	$W_o$ و $W_e$

ونحصل على مصفوفة الانتشار، للأسلوب المختلط لخط أتر مفتوح مركب على نحو التسلسل، بإحلال  $\phi_o + \pi/2$  محل  $\phi_o$  في العبارات الواردة أعلاه، بينما يبقى  $\phi_e$  على حاله. أما العبارات العامة عن أتر مفتوح، مركب على التسلسل، فقد أُغفلت توخياً للإيجاز.

وفيما يلي اختبرت المعاوقتان المرجعيتان بحيث تساويان المعاوقتين المميزتين، يعني  $Z_{0o} = W_o$  و  $Z_{0e} = W_e$ ، لكي لا يحدث انعكاس خاطئ في السطوح البينية، ولا ظنين مصطنع.

وعندئذ تكون عناصر مصفوفة الانتشار، للأسلوب المختلط لخط أتر قصير مركب على نحو التسلسل، كما يلي:

$$\begin{aligned} \hat{s}_{11} &= \frac{(Z_{0e}^2 - Z_{0o}^2) \sin \phi_e \sin \phi_o + 2jZ_{0e}(Z_{0o} \cos \phi_e \sin \phi_e - Z_{0e} \sin \phi_e \cos \phi_o)}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_e][2Z_{0e} \cos \phi_o + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_o]} \\ \hat{s}_{12} &= \frac{2Z_{0e}[2Z_{0e} \cos \phi_e \cos \phi_o + j(Z_{0e} \cos \phi_e \sin \phi_o + Z_{0o} \sin \phi_e \cos \phi_o)]}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_e][2Z_{0e} \cos \phi_o + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_o]} \\ \hat{s}_{13} &= \frac{2j\sqrt{Z_{0e}Z_{0o}}Z_{0e} \sin(\phi_o - \phi_e)}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_e][2Z_{0e} \cos \phi_o + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_o]} \\ \hat{s}_{14} &= \frac{2\sqrt{Z_{0e}Z_{0o}}[(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_e \sin \phi_o - jZ_{0e} \sin(\phi_e + \phi_o)]}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_e][2Z_{0e} \cos \phi_o + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_o]} \\ \hat{s}_{33} &= \frac{-(Z_{0e}^2 - Z_{0o}^2) \sin \phi_e \sin \phi_o + 2jZ_{0e}(Z_{0e} \cos \phi_e \sin \phi_o - Z_{0o} \sin \phi_e \cos \phi_o)}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_e][2Z_{0e} \cos \phi_o + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_o]} \\ \hat{s}_{34} &= \frac{2Z_{0e}[2Z_{0e} \cos \phi_e \cos \phi_o + j(Z_{0o} \cos \phi_e \sin \phi_o + Z_{0e} \sin \phi_e \cos \phi_o)]}{[2Z_{0e} \cos \phi_e + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_e][2Z_{0e} \cos \phi_o + j(Z_{0o} + Z_{0e}) \sin \phi_o]} \end{aligned}$$

وتكون العبارات الواردة أعلاه على ما يكفي من التعميم حين يُستعمل نفس الخطين الموصلين لأتر ولخطوط الإرسال من حوله.

ويمكن دمج خسائر خط الإرسال بوصفه الجزء المتخيل من دوران الطور. مثلاً، يمكن دمج خسارة الأسلوب الزوجي بوصفه  $\phi_e = \beta_e(1 - j\alpha_e/\beta_e)$ ، إذا كان ثابت الانتشار لهذا الأسلوب يُعطى بالمعادلة:  $\gamma_e = \alpha_e + j\beta_e$ .

### الحالة الأبسط

إذا استبقينا  $Z_{0o} = Z_{0e}$  و  $\phi_o = \phi_e$ ، تصبح عناصر مصفوفة الانتشار لأتر قصير مركب على نحو التسلسل، كما يلي:

$$\begin{aligned} \hat{s}_{11} &= \hat{s}_{13} = \hat{s}_{33} = 0, \\ \hat{s}_{12} &= e^{-j\phi} \cos \phi, \\ \hat{s}_{14} &= -je^{-j\phi} \sin \phi \end{aligned}$$

وهذا تكرار للوصف الوارد في الفقرة 3.4.1.2 من التقرير ITU-R SM.2158، المبني على النموذج البسيط لمزحج الطور. وبما أن  $Z_{DM}/2 = Z_{0e}$  و  $2Z_{CM} = Z_{0e}$ ، فالشروط المذكورة أعلاه تتطابق مع  $Z_{DM}/4 = Z_{CM}$ .

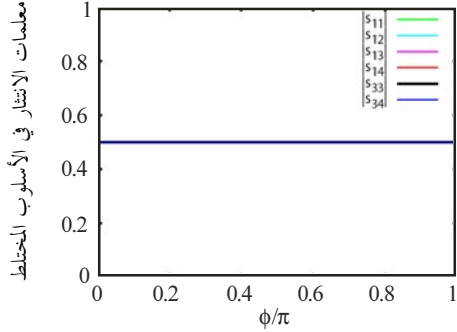
### النتائج الرقمية

فيما يلي أمثلة رقمية متنوعة حُسبت باستعمال التعبيرات العامة لكلا الأبتريين المركَّبين على التسلسل، القصير والمفتوح، بقصد دراسة تأثيرات المعاوقتين المميزتين، وتشبَّهت الأسلوب (فرق سرعة الطور بين الأسلوب الزوجي والأسلوب الفردي)، و/أو خسارة الأسلوب. وفي الأشكال 9 إلى 14 يمثل المحور الأفقي دوران الطور في الأسلوب الفردي  $\phi_0$  مقسوماً على  $\pi$ . وفي وسط (0,5) المحور الأفقي  $\phi_0 = \pi/2$ . وحين يكون طول الأبتري  $l$  يساوي ربع طول الموجة في الأسلوب الفردي عند تردد  $f_0$ ، فعندئذ يكون  $\beta_0 l = \phi_0 = \pi/2f_0$ . وعليه يُعتبر المحور الأفقي  $f/2f_0$ ، ويُقيَّس التردد  $f$  بمقدار  $2f_0$ ، ويمثل وسط المحور (0,5) بالعلاقة  $f_0 = f$ .

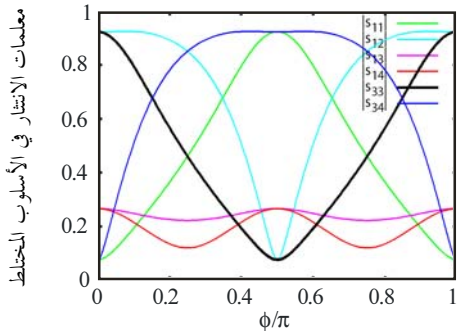
والمحور العمودي هو محور القيمة المطلقة لعناصر مصفوفة الانتثار في الأسلوب المختلط. وفيما يخص تحويلات الأسلوب في الخط الأبتري، يقتصر الأمر على  $s_{31}=s_{13}$  (المنحنيات الحُمْر) التي تمثل الانتثرات باتجاه الأمام المشتركة بين الأسلوبين، و  $s_{41}=s_{14}$  (المنحنيات القرمزية) التي تمثل الانتثرات باتجاه الخلف المشتركة بين الأسلوبين. وتمثل عناصر أخرى الانعكاسات والإرسالات داخل الأسلوب الواحد.

الشكل 10

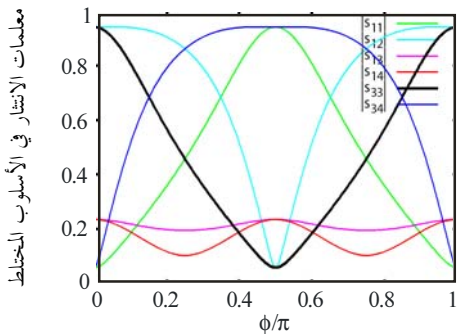
أبتر مفتوح مركب على التسلسل  
 بدون خسارة) بمعاوقات مميّزة مختلفة



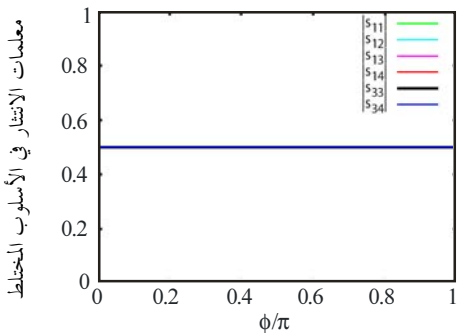
$Z_{0e} = Z_{0o}, \phi_e = \phi_o = \phi$  (all degenerated) كلها منحطة



$Z_{0e} = 4 Z_{0o}, \phi_e = \phi_o = \phi$



$Z_{0e} = 12 Z_{0o}, \phi_e = \phi_o = \phi$

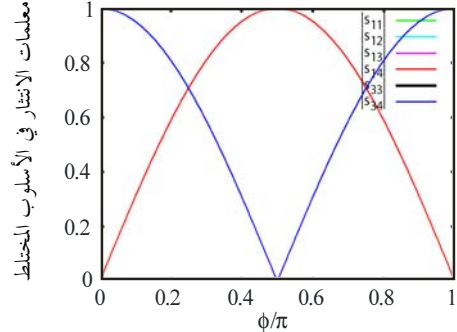


$Z_{0e} = 16 Z_{0o}, \phi_e = \phi_o = \phi$

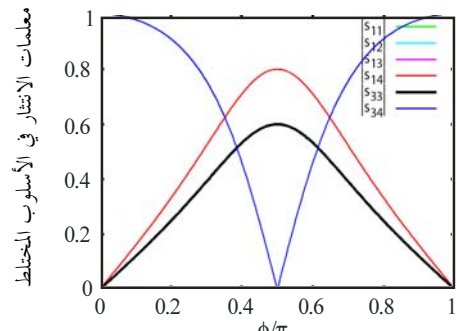
الشكل 9

أبتر قصير مركب على التسلسل  
 بدون خسارة) بمعاوقات مميّزة مختلفة

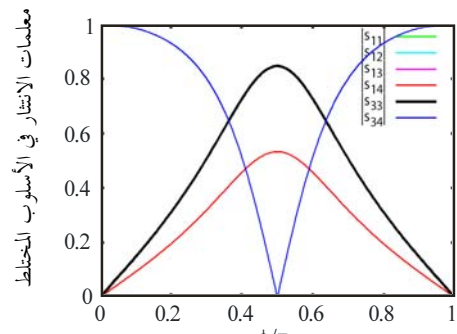
لاحظ أن  $s_{13}=0, |s_{11}|=|s_{33}|, |s_{12}|=|s_{34}|$  على اعتبار  $\phi_e = \phi_o$



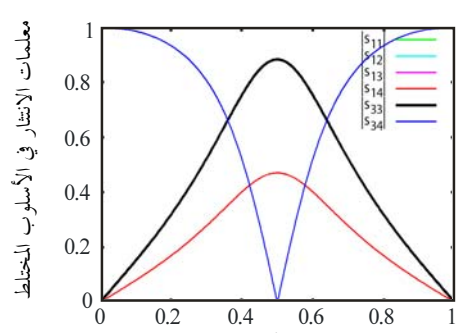
$Z_{0e} = Z_{0o}, \phi_e = \phi_o = \phi$



$Z_{0e} = 4 Z_{0o}, \phi_e = \phi_o = \phi$



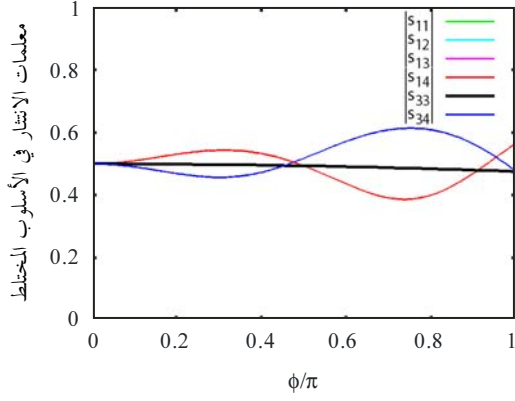
$Z_{0e} = 12 Z_{0o}, \phi_e = \phi_o = \phi$



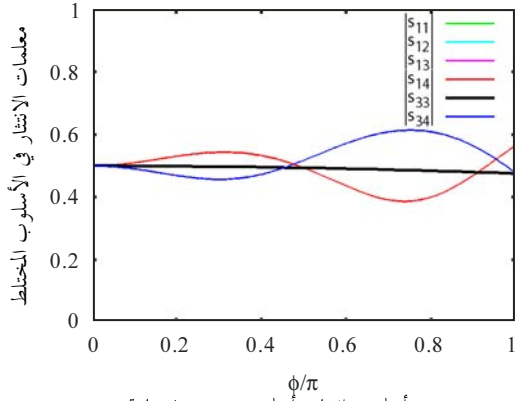
$Z_{0e} = 16 Z_{0o}, \phi_e = \phi_o = \phi$

الشكل 12

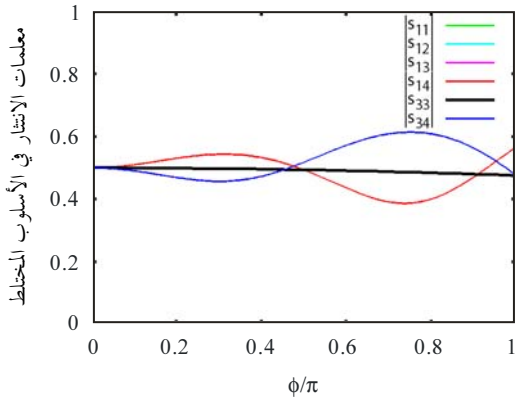
أبتر مفتوح مركب على التسلسل مع تشتت أسلوب  
و/أو خسارة ( $Z_{0e}=Z_{0o}$ )



بخطارة  $\phi_e = \phi_o = \phi$  أسلوب زوجي  $\alpha_e/\beta_e = 0.05$



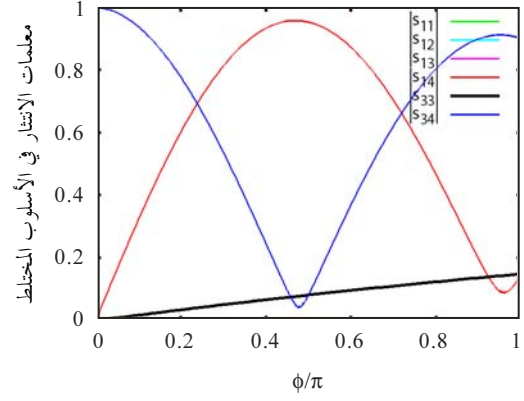
أسلوب انتشار، أسلوب زوجي بخطارة  
 $\phi_e = 1.1\phi_o = 1.1\phi$ ,  $\alpha_e/\beta_e = 0.05$



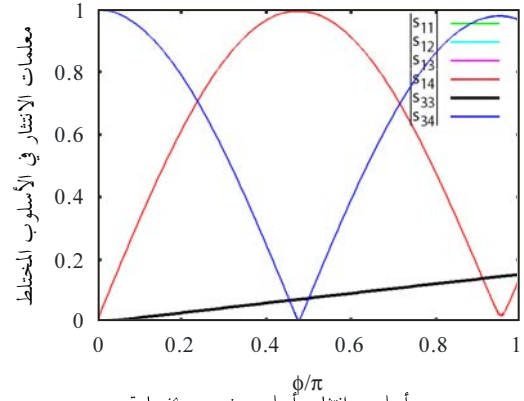
أسلوب انتشار  $\phi_e = 1.1\phi_o = 1.1\phi$

الشكل 11

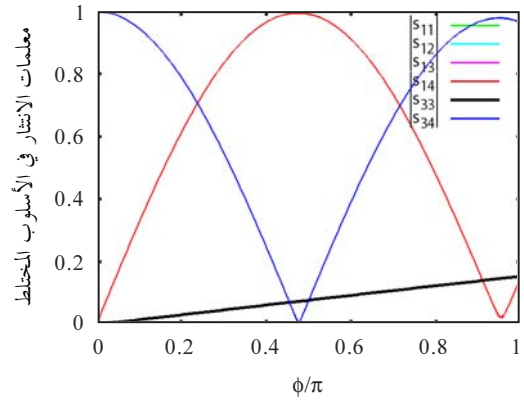
أبتر قصير مركب على التسلسل مع تشتت أسلوب  
و/أو خسارة ( $Z_{0e}=Z_{0o}$ )



بخطارة  $\phi_e = \phi_o = \phi$  أسلوب زوجي  $\alpha_e/\beta_e = 0.05$



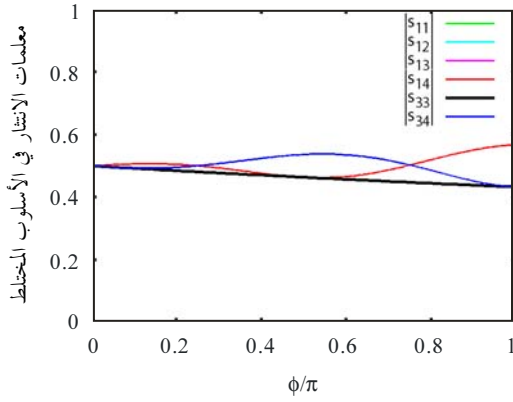
أسلوب انتشار، أسلوب زوجي بخطارة  
 $\phi_e = 1.1\phi_o = 1.1\phi$ ,  $\alpha_e/\beta_e = 0.05$



أسلوب انتشار  $\phi_e = 1.1\phi_o = 1.1\phi$

الشكل 14

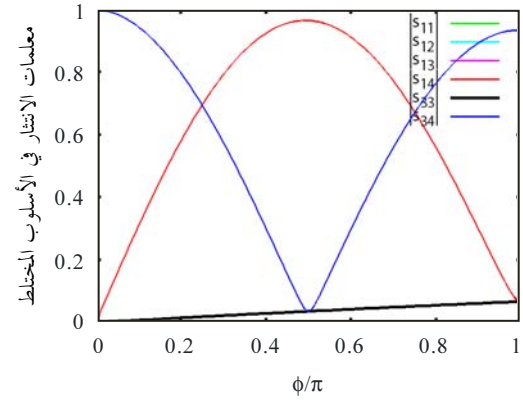
أبتر مفتوح مركب على التسلسل مع تشتت أسلوب  
و/أو خسارة ( $Z_{0e} = 12Z_{0o}$ )



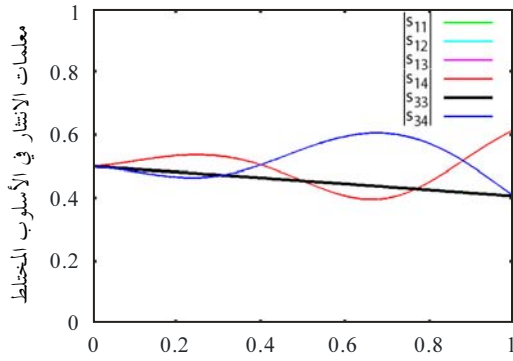
معاملة الانتثار في الأسلوب المختلط

الشكل 13

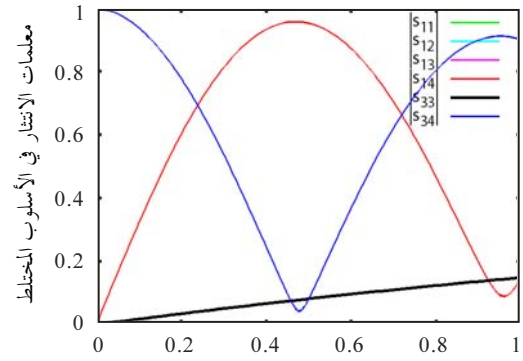
أبتر قصير مركب على التسلسل مع تشتت أسلوب  
و/أو خسارة ( $Z_{0e} = 12Z_{0o}$ )



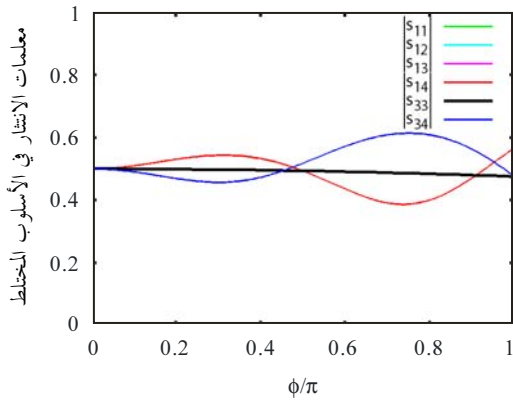
معاملة الانتثار في الأسلوب المختلط



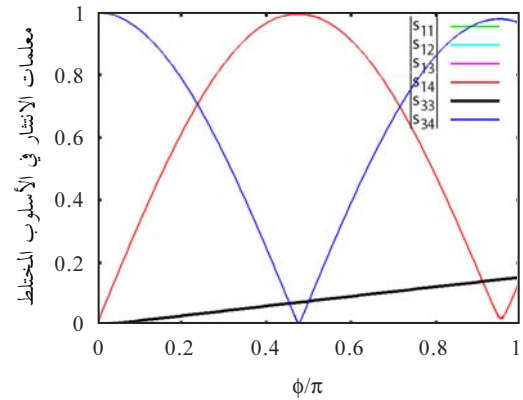
معاملة الانتثار في الأسلوب المختلط  
 $\phi_e = 1.1\phi_0 = 1.1\phi$ ,  $\alpha_e/\beta_e = 0.05$



معاملة الانتثار في الأسلوب المختلط  
أسلوب انتشار، أسلوب زوجي بخسارة  
 $\phi_e = 1.1\phi_0 = 1.1\phi$ ,  $\alpha_e/\beta_e = 0.05$



معاملة الانتثار في الأسلوب المختلط  
 $\phi_e = 1.1\phi_0 = 1.1\phi$



معاملة الانتثار في الأسلوب المختلط  
أسلوب انتشار  $\phi_e = 1.1\phi_0 = 1.1\phi$

## 3.1.A1 استنتاجات

تمت صياغة التعابير العامة لعناصر مصفوفة انتشار الأسلوب المختلط لخط إرسال متوازن محمّل من جانب واحد بأبتر على التسلسل. وتم التحقق من أن النموذج البسيط لمزحزح الطور من طرف واحد لأبتر قصير مركّب على التسلسل، النموذج الذي استُعمل للتحليل في الفقرة 3.4.1.2 من التقرير ITU-R SM.2158، هو الحالة الأبسط بين التعابير العامة. وتفيد التعابير العامة لعناصر مصفوفة انتشار الأسلوب المختلط، التي تمثّل الانتشار المشتركة بين الأسلوبين الزوجي والفردى، مع الحسابات الرقمية تحت شروط متنوعة، أن الأسلوبين الزوجي والفردى مقترنان شديد الاقتران على مدى واسع من الطيف، وليس فقط عند الترددات التي يكون فيها طول الأبتر مطابقاً لأحد مضاعفات ربع طول الموجة في الأسلوب الفردى.

وتشير النتائج إلى أن تيارات الأسلوب الزوجي، الكبيرة كبر تيارات إشارة الأسلوب الفردى، تتولّد في شبكة أسلاك الإمداد بالكهرباء داخل المنازل، والتي تحتوي عادة فروع تبديل عديدة بعدد العُرف، وأن الكثافة الطيفية للقدرة لإشارة الأسلوب الفردى يجب ضبطها على سوية انخفاض نظيرتها لإشارة الأسلوب الزوجي.

## الملحق 2

## تحليلات للتداخل المحتمل في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)

## A2 التداخل في الأنظمة الراديوية VHF/UHF، الناجم عن توافقيات أنظمة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية العاملة في نطاقات الموجات المترية (VHF) بين 80 و 200 MHz

دُرست متطلبات حماية الخدمات الراديوية العاملة ضمن مدى يصل إلى 80 MHz من تأثيرات أنظمة PLT دراسة مستفيضة. ولكن يبدو أنه حتى الآن قلّمنا تناول النظر تأثيرات توافقيات أنظمة PLT على الأنظمة الراديوية التي تبث على الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF).

## 1.A2 الأنظمة الراديوية المنزلية

يُستعمل في الظروف المنزلية عدد من الأنظمة الراديوية العاملة ضمن المدى 88-800 MHz. وتشتمل هذه الأنظمة على خدمة راديو الهواة، وخدمة الإذاعة والتلفزيون الراديوية، والاستدعاء الراديوي، والإنذارات الخاصة بالأشخاص المسنين أو المعاقين، ومراقبة المغروسات الطبية، والتحكم بالمغروسات الطبية.

وتغيّر شدد المجال المطلوبة لهذه الأنظمة تغيّراً واسع المدى، مثلما تتغيّر السوية التي يحدث عندها التداخل الضار. وبالإضافة إلى ذلك، ثبت الدليل (المراجع 1) على أن من شأن التشكيل البيئي في شبكة التوزيع للكهرباء تقليص عمق الثلم الطيفية التي توفرها أنظمة PLT، وأن من شأن التأثيرات اللاخطية (مثل تأثير "البرغي الصدئ") توليد توافقيات. ومن المرجح ألا تكون التوافقيات الناجمة عن أنظمة PLT عاملة بترددات حتى 200 MHz ذات ضرر بالنسبة لأنظمة تبث بترددات تفوق 500 MHz، لكن الأنظمة الحساسة العاملة بترددات أقل من هذا قد تعاني حقاً من التداخل الضار.

ويرجّح بوجه خاص أن تتأثر بهذه التوافقيات خدمات الهواة العاملة في نطاق 220 MHz في الإقليم 2، وكذلك خدمات الهواة الساتلية العاملة في نطاق 432 MHz في جميع الأقاليم: إذ تنخفض الحساسية المستعملة لهذه الخدمات حتى سوية  $40 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ . ومع ذلك تكون الهوائيات المستعملة في المعتاد خارج المباني، وبعيدة عنها بعض المسافة، بحيث يكون من المعقول افتراض مسافة 10 m تفصل أجهزة تلك الخدمات عن شبكة توزيع PLT. ويُفترض أيضاً وجود توهين بسبب الجدار مقداره 10 dB.



أما الخدمات الإذاعية فيتيسر لها عادة شِدْدُ مجال كبيرة بما فيه الكفاية، حتى داخل المباني. وبالطبع أفضى هذا الواقع إلى استعمال هوائيات رديئة، داخل المباني في كثير من الأحيان وقریباً جداً من شبكة نقل الكهرباء، بحيث صار احتمال حدوث التداخل عالياً نسبياً.

ومن الخدمات الأخرى المرَّجَح أن تتأثر خدمة المغروسات الطبية التي تعمل في نطاق 401 إلى 406 MHz، بحسب المبادئ التوجيهية الموضوعية في التوصية ITU-R RS.1346. إذ ما فتئت تتزايد أهمية هذه الأجهزة في مجال "الرعاية الصحية الإلكترونية (e-health)"، وبوجه خاص من حيث التكاليف المترتبة على توفير الرعاية الصحية لجمهور سكان يزداد فيه باستمرار عدد المسنين. ففي هذه الحالة، تعمل الأجهزة داخل المباني على مقربة وشبكة من شبكة الإمداد بالكهرباء - إذ من شبه المؤكد أن تستمد "ميرجمات" الهوائيات، كما تُعرَف الوحدات المثبتة، الطاقة من خطوط الإمداد بالكهرباء، وتشهد بالتالي سوية عالية لإشارة أنظمة PLT (بما فيها نواتج التشكيل البيني والتوافقيات) على الأسلاك التي توصلها بخطوط الإمداد، ومن ثم إشعاعها على هوائيات هذه الأجهزة.

وتفادياً لحدوث تداخل إزاء المستعمل الأولي (مثل خدمة مساعدات الأرصاد الجوية)، أصبح إلزامياً تزويد المعايير الإنتاجية لهذه الأجهزة، مثل المعيار EN 301 839، بألية "إصغاء قبل الكلام" متطورة، تقتضي عتبة منخفضة حتى  $11 + \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$  يُحظر كل إرسال يتجاوزها. وهكذا فإن تداخلاً من أنظمة PLT متجاوزاً لهذه السوية سيمنع المبرمج من استهلال الاتصال مع المغروسة الطبية. وعليه فإن مباعداً بمقدار 30 cm بين شبكة الإمداد المشعّة والجهاز المبرمج تكون ملائمة تماماً، وهكذا يمكن توقع خسارة أقل بمقدار 30 dB من الخسارة في حالة خدمة الهواة. فإذا طرحنا فائدة التوهين بسبب الجدار، الممكن توقعه لمخطة هواة، أو الميزات الممكنة من حيث النبذ الذي يمارسه مخطط إشعاع الهوائي، أمكن القول بأن متطلبات الحماية للمغروسات الطبية، من حيث القدرة المشعّة من أنظمة PLT، مماثلة جداً لمتطلبات حماية خدمات الهواة.

أما خدمات البحث/الاستدعاء الراديوي العاملة بالموجات المترية (VHF) فإنها، على الرغم من فقدانها ما عرفته من رواج في فترة من الزمن، لا تزال تُستعمل في كثير من الحالات، لكونها أرخص من استعمال بدائلها مثل الهواتف الخلوية. وإذ تعمل بصورة رئيسية في نطاق موجات مترية (VHF)، فهي تخضع لتداخل التوافقيات والتداخل الأساسي من أجهزة PLT تعمل بتردد قد يصل إلى 200 MHz.

وأما المنذرات الشخصية العاملة إما في نطاق الموجات المترية (VHF)، وإما في نطاق تردد 400 MHz، فيستعملها الأشخاص المسنون والمعاقون، ولا سيّما الذين يعيشون لوحدهم أو في مساكن المسنين، لطلب النجدة في حالات الطوارئ. وبما أنه يجب أن تكون المرسلات صغيرة الحجم وخفيفة الوزن - غالباً ما تُحمل في شريط يعلّق بالعنق - وذات هوائيات صغيرة غير فعّالة، وذات قدرات لا تتجاوز عدداً قليلاً من الميللي واط، فقد تحتم أن تكون مستقبلاتها عالية الحساسية. ففي حالة وقوع شخص بحيث يغطي جسمه الهوائي، يزداد التوهين زيادة كبيرة، ولكن المستقبل سيكُون قريباً جداً من شبكة الإمداد بالكهرباء، وقد تنخفض قوة الإشارة المطلوبة إلى حدود  $0 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ .

### 1.1.A2 الاستنتاج

مع أن من المتوقع أن تنخفض، بانخفاض التردد، سوية نواتج التوافقيات والتشكيل البيني التي تقع خارج نطاق تردد التشغيل لنظام PLT، فإن تأثيرات موصلات التجهيزات بشبكة الإمداد بالكهرباء - التأثيرات المحدثة للطنين عند ازدياد شدة المجال في المكان - تكون أرجح حصولاً منها في حالات الترددات المنخفضة. وقد أُقيم الدليل على أن سوية ما تستلزمه خدمة الهواة وخدمة الهواة الساتلية، العاملتين بالموجات المترية/الديسيمترية (VHF/UHF) من حماية إزاء ما ينجم عن أنظمة PLT من تداخلات أساسية وتداخلات التوافقيات، مماثلة لسوية الحماية التي تستلزمها أنظمة أخرى يُرَّجَح وجودها في البيئة المنزلية، وقد تترتب عواقب خطيرة على تعطلّ اتصالاتها، بسبب تداخل ضار من إشعاع أنظمة PLT.

## 2.A2 الملاءمة بين الخدمة الراديوية للطيران وأجهزة PLT المنزلية في مدى التردد 30 MHz-380 MHz

يُستعمل بعض أجهزة PLT مدى تردد يصل إلى 300 MHz من أجل اتصالات النطاق العريض في إطار شبكات الإمداد بالكهرباء وإنشاءاتها داخل المنازل ذات التيار المتناوب والتوتر المنخفض.

وينصبّ تحليل الملاءمة هذا على حماية الاستقبال الراديوي بواسطة مستقبلات تُحمّل جواً في إطار الخدمة الراديوية للطيران وتستعمل مدى التردد 30 إلى 380 MHz.

ويرد في البند 1.5.2.A2 متطلبات الملاءمة في المستقبل المحمول جواً من أجل خدمات الملاحة الجوية في مدى التردد 30 إلى 380 MHz. ويُسفر تطبيق هذه المتطلبات عن تحديد عتبة للتداخل يتعين أن تلتزم بها أنظمة PLT (انظر البند 2.5.2.A2). وفي سبيل معرفة ما إذا كان في استطاعة أنظمة PLT الالتزام بهذه الحدود، جرى في الدراسة تحويل الكثافة الطيفية العظمى للقدرة، كما هي معرفة في مختلف أنظمة PLT المعدة للتشغيل بترددات تفوق 30 MHz، إلى قدرة مشعّة/شدة مجال منبعثة من المباني التي تجري فيها اتصالات عريضة النطاق بواسطة أنظمة PLT، وعُرض بيان ذلك في البند 3.5.2.A2. ويبين البند 4.2.5.A2 مقدار ما يُحتمل من تداخل أنظمة PLT في مستقبلات الملاحة الجوية.

### 1.2.A2 تحليل الملاءمة بخصوص التداخلات في الخدمة الراديوية للطيران

في عام 2000 أجرت هيئة BNetzA قياسات مستفيضة على إشارات كبل رقمية بقصد تحديد "شدة المجال الدنيا المطلوبة" التي تستلزمها مستقبلات البث على الموجات المترية (VHF COM)، والموجات الديسيمترية (UHF COM)، والبث من منار راديوي بموجات مترية في جميع الاتجاهات (VOR)، ونظام الهبوط بالأجهزة مع معيّن موقع على المدرج (ILS LOS) والوصلة الرقمية للموجات الديسيمترية (VDL) (أسلوب 2). ويمكن تحويل هذه القيم إلى "شِدَد مجال التداخل الأعظمية المسموح بها في المستقبلات المحمولة جواً" بتطبيق نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل (C/I) وهي نسبة مستقلة عن النظام. وهذه القيم معروضة في الجدول 15.

#### الجدول 15

متطلبات المستقبلات المحمولة جواً من حيث الملاءمة لإشارات تعدد إرسال تعامدي ومشفر بتقسيم التردد (COFDM) مقيسة بمكشاف شبه الذروة (QP) ذي عرض نطاق قدره 120 kHz

شدة مجال التداخل العظمى المسموح بها (dB(μV/m))	C/I (dB)	شدة المجال الدنيا المطلوبة (dB(μV/m))	
6	10	16	VHF COM 8,3 kHz Raster 117,975-137 MHz
6	10	16	VHF COM 25 kHz Raster 117,975-137 MHz
21	7	24	UHF COM 25 kHz Raster 230-380 MHz
26	13	39	VOR 40 kHz Raster 108-117,975 MHz
23	9	32	ILS –LOC 40 kHz Raster 108,1-111,95 MHz
30	9	39	VDL Mode 2 118-138 MHz

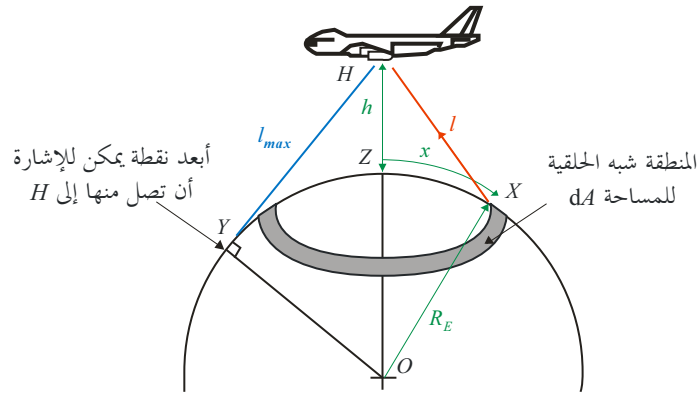
## 2.2.2A حساب عتبة التداخل من أنظمة PLT بالنظر إلى متطلبات الملاحة الجوية

## 1.2.2.2A النموذج التوافقي

يُستعمل النموذج التوافقي الموضوع في تقرير مكتب الاتصالات الأوروبي، *ECC Rep 024 الملحق 57*، من أجل تقدير التداخل الممكن حصوله في المستقبلات المحمولة جواً بسبب تجمع تأثيرات مصادر PLT. وقد روعي في هذا النموذج مجموع تأثيرات سطح مصادر تداخل معين بالنسبة إلى كثافة مصادر التداخل (مصادر التداخل في الكيلومتر المربع). ويُعرض في الشكل 15 مخطط هندسي إجمالي، مع استشعار المستقبل الذي في الطائرة لمساحة مزيدة للضوضاء الظاهرة بسبب تجمع مصادر التداخل.

الشكل 15

نموذج لتحديد التأثير التجميحي للتداخل



Report SM.2212-15

في حالة تداخل مفرد يصيب المستقبل مباشرة (انتشار في الفضاء الحر)، يمكن حساب الطول  $l$  للمسار بتطبيق المعادلة التالية:

$$f[x] = \frac{1}{4\pi l^2}$$

$$l = \sqrt{R_E^2 - 2 \cos\left[\frac{x}{R_E}\right] R_E (h + R_E) + (h + R_E)^2}$$

حيث قيم  $x$  و  $l$  محصورة مادياً بانحناء سطح الأرض:

$$l_{\max} = \sqrt{h(h + 2R_E)} \text{ و } x_{\max} = R_E \text{ArcCos}\left[\frac{R_E}{(R_E + h)}\right]$$

$$f[x] = \frac{1}{4\pi (R_E^2 - 2 \cos\left[\frac{x}{R_E}\right] R_E (h + R_E) + (h + R_E)^2)}$$

$$\text{PFD} = \frac{P_{\text{TX}} g_{\text{TX}} D R_E}{2} \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sin\left[\frac{x}{R_E}\right]}{(R_E^2 - 2 \cos\left[\frac{x}{R_E}\right] R_E (h + R_E) + (h + R_E)^2)} dx$$

ومن أجل الشكل المنظوم:

$$PFD_{\text{for unit EIRP density}} = \frac{R_E}{2} \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sin\left[\frac{x}{R_E}\right]}{\left(R_E^2 - 2 \cos\left[\frac{x}{R_E}\right] R_E (h+R_E) + (h+R_E)^2\right)} dx$$

### 2.2.2.2A افتراضات

إيضاحاً للتأثير على المستقبلات المحمولة جواً، أُخذت مدينة برلين وبياناتها الإحصائية مثلاً:

تبلغ مساحة المدينة 900 km<sup>2</sup>؛ ومتوسط المساحة المبني هو 1,16\*10<sup>-3</sup> km<sup>2</sup>. وتغطي المباني نسبة 40% من المساحة (360 km<sup>2</sup>)، وهكذا يكون هنالك 860 مبنى في الكيلومتر المربع (km<sup>2</sup>). ويوجد وسطياً 6 طوابق في المبنى، أي 200 5 مصدر تداخل في كل km<sup>2</sup>. فإذا افترضنا أن 10% من الطوابق مزودة بنفاذ إلى الإنترنت عريض النطاق بواسطة نظام PLT، تنخفض كثافة مصادر التداخل إلى 500 مصدر/km<sup>2</sup>. وبما أن مودمات PLT لا تُستخدم جميعها في آن واحد، تنخفض كثافة مصادر التداخل بنسبة 50%، أي أن الكثافة في مدينة مثل برلين تضاهي 250 مصدر تداخل/km<sup>2</sup>.

### 3.2.2.2A عملية الحساب

إذا استعملنا قيمة شدة مجال التداخل القصوى المسموح بها المعطاة في الجدول 15، أمكننا حساب كثافة تدفق القدرة المسموح بها (PFD) في المستقبل بتطبيق المعادلة التالية:

$$PFD = \frac{E^2}{120\pi}$$

حيث:

$PFD$ : هي كثافة تدفق القدرة (W/m<sup>2</sup>)

$E$ : شدة مجال التداخل القصوى المسموح بها (V/m)

وإذا استعملنا النموذج التوافقي الموصوف في البند 1.2.2.A2 أمكننا حساب القدرة المشيعة المسموح بها لكل مصدر ضوضاء PLT كما يلي:

$$h = 1 \text{ km} \quad R_E = 6371 \text{ km} \quad D = \frac{250}{\text{km}^2} \quad G_{TX} = 1,64 \quad \text{dBi}$$

$$P_{TX} := \frac{2 \cdot PFD}{D \cdot R_E \cdot G_{TX} \int_{x_1}^{x_2(h)} \frac{\sin\left(\frac{x}{R_E}\right)}{\left[R_E^2 - 2 \cdot \cos\left(\frac{x}{R_E}\right) \cdot R_E \cdot (h + R_E) + (h + R_E)^2\right]} dx}$$

$$p_{TX} := 10 \cdot \log\left(\frac{P_{TX}}{10^{-3} \text{ W}}\right)$$

$h$ : ارتفاع الطائرة (km)

$R_E$ : نصف قطر الأرض (km)

$G_{TX}$ : كسب الهوائي لمصدر متناح (dBi)

$D$ : كثافة مصادر التداخل/km<sup>2</sup>

$PFD$  : كثافة تدفق القدرة ( $W/m^2$ ).

وطبقت الحسابات على حالات ارتفاع الطائرة التالية: 300 m و 1 000 m و 10 km. فلم يوجد فرق بين ارتفاع 300 m وارتفاع 10 km إلا 2 dB، أي أن ارتفاع الطائرة يمكن إسقاطه من الحساب.

أما نتائج حساب التداخل تبعاً لارتفاع 1 km ولكثافة 250 مصدر تداخل/ $km^2$  فهي موجزة في الجدول 16 التالي. ويحتوي هذا الجدول شدة مجال التداخل العظمى المسموح بها منقولة عن الجدول 1، وكثافة تدفق القدرة (PFD) محسوبة في المستقبل المحمول جواً، والقدرة المشعة العظمى المسموح بها الناجمة عن مصدر ضوضاء PLT واحد موقعه على الأرض.

### الجدول 16

القدرة المشعة العظمى المسموح بها من مصدر PLT واحد للضوضاء  
مقيسةً بمكشافٍ لشبه ذروة (QP) ذي عرض نطاق قدره 120 kHz

PTX القدرة المشعة العظمى المسموح بها من مصدر PLT واحد للضوضاء	PFD كثافة تدفق القدرة العظمى المسموح بها عند المستقبل المحمول جواً ( $pW/m^2$ )	شدة مجال التداخل العظمى المسموح بها عند المستقبل المحمول جواً ( $dB(\mu V/m)$ )	
-80 dBm/10 dB(pW)	0,0106	6	VHF COM 8,3 kHz raster 117,975-137 MHz
-80 dBm/10 dB(pW)	0,0106	6	VHF COM 25 kHz raster 117,975-137 MHz
-65 dBm/25 dB(pW)	0,334	21	UHF COM 25 kHz raster 230-380 MHz
-60 dBm/30 dB(pW)	1,056	26	VOR 40 kHz Raster 108-117,975 MHz
-63 dBm/27 dB(pW)	0,529	23	ILS-LOC 108,1-111,95 MHz
-56 dBm/34 dB(pW)	2,653	30	VDL Mode 2 118-138 MHz

تغير القيم العظمى المسموح بها للقدرة المشعة من مصدر PLT واحد للضوضاء بخصوص خدمات مختلفة، من 10 إلى 34 dB(pW).

### 3.2.2A حساب كثافة تدفق القدرة التي تسببها الحدود الموضوعية لمعايير نظام PLT

إن الكثافة الطيفية العظمى للقدرة مقيسةً بخصوص أجهزة PLT المعدّة للاتصالات داخل المباني، وذلك بناءً على معيار كالذي وضعه القطاع ITU-T ومعهد المهندسين الكهربائيين والإلكترونيين (IEEE)، مثلاً.

الجدول 17

الكثافة الطيفية العظمى للقدرة كما حددها منظمات مختلفة

الكثافة الطيفية العظمى للقدرة المحددة لأجهزة PLT تردداتها فوق 30 MHz	
(r.m.s.) dBm/Hz 85-	التعديل 1 على التوصية ITU-T G.9960
(AV) dBm/Hz 85-	مشروع المعيار IEEE P1901

بخصوص إشارات اتصال شبيهة بالضوضاء، جاءت العلاقة بين قراءات قياسات المستقبل من مكاشيف مختلفة، على النحو التالي:

- (أ) مكشاف ذروة (PK) 0 dB قيمة مرجعية  
 (ب) مكشاف شبه ذروة (QP) 2 - dB  
 (ج) مكشاف جذر متوسط التربيع (r.m.s.) 10 - dB  
 (د) مكشاف متوسط (AV) 12 - dB

استُعملت في عملية الحساب التالية سوية عظمى لكثافة طيف قدرة (PSD) الإرسال بقيمة - 85 dB/Hz (r.m.s.). وافترض أن الكثافة العظمى لطيف القدرة ثابتة للترددات ما فوق 30 MHz. وأجري التحويل إلى شدة مجال مشعة متجمعة على بُعد 10 m من المبنى (مقيسةً بمكشاف ذروة) بنفس الطريقة (نمذجة العناصر المحدودة). وعلى افتراض أن الهوائي متناح، يمكن تحويل شدة المجال إلى قدرة بتطبيق المعادلة التالية:

$$P_f = E + 20 \log d - 74,8$$

حيث:

$E$  : شدة المجال (dB(μV/m)

$P_f$  : القدرة (dBm)

$d$  : المسافة (km).

واستُعملت هنا نفس الافتراضات التي ورد استعمالها في البند 2.2.2.A2 أي: كثافة لمصادر التداخل بقيمة 250 مصدر تداخل/km<sup>2</sup>، وطائرة على علو 1 km.

الجدول 18

الكثافة العظمى لتدفق القدرة عند المستقبل المحمول جواً

الكثافة العظمى لطيف القدرة المحددة لأجهزة PLT لما فوق 30 MHz من الترددات	شدة المجال المشعة المتجمعة على مسافة 10 m من المبنى	القدرة المتجمعة المعادلة لشدة المجال	PFD كثافة تدفق القدرة المتجمعة عند المستقبل المحمول جواً
(r.m.s.) dBm/Hz 85-	33 dB(μV/m) (PK)	4 nW (PK)	3,903 pW/m <sup>2</sup> (PK)

يُقرأ في الجدول 18 أن جهاز PLT متصفٌ بكثافة عظمى لطيف القدرة بقيمة - 85 dBm/Hz (r.m.s.)، بسبب إشعاع شدة مجال بقيمة 33 dB(μV/m) مقيسةً بمكشاف ذروة.

#### 4.2.2A مقارنة عتبة التداخل المطلوبة لمستقبل محمول جواً مع التداخل الناجم عن أنظمة PLT

أدرجت في الجدول 16 القيم المسموح بها لشدة مجال التداخل العظمى وكثافة تدفق القدرة عند المستقبل المحمول جواً. ويحتوي الجدول 18 القيمة المناظرة لكثافة تدفق القدرة المتجمعة عند المستقبل المحمول جواً المشعة من أنظمة PLT، كما يحتوي تحويل هذه القيمة إلى شدة المجال العظمى المشعة عند المستقبل المحمول جواً.

ويعرض الجدول 19 مقارنة للقيم العظمى المسموح بها لشدة المجال وكثافة تدفق القدرة (انظر البند 2.2.A2) مع القيم المشعة (انظر الفقرة 4). وتوحيماً لمقارنة أفضل، أُرجعت القيم الذروية المستعملة لتداخل أنظمة PLT في الجدول 18 إلى قيم شبه ذروية في الافتراضات التالية، أي خُفضت بمقدار 2 dB.

#### الجدول 19

مقارنة للقيم العظمى المسموح بها لشدة المجال وكثافة تدفق القدرة مع القيم المشعة المتجمعة، عند المستقبل المحمول جواً، وذكر الهامش المطلوب للحماية (جميع القيم معطاة على أنها شبه ذروية (QP))

الهامش المطلوب للحماية (dB)	كثافة تدفق القدرة المشعة المتجمعة (pW/m <sup>2</sup> )	شدة المجال المشعة المتجمعة (dB(μV/m))	الكثافة العظمى المسموح بها لتدفق القدرة (pW/m <sup>2</sup> )	شدة مجال التداخل العظمى المسموح بها (dB(μV/m))	
24-	2,512	30	0,0106	6	VHF COM 8,3 kHz raster 117,975-137 MHz
24-	2,512	30	0,0106	6	VHF COM 25 kHz raster 117,975-137 MHz
9-	2,512	30	0,334	21	UHF COM 25 kHz raster 230-380 MHz
4-	2,512	30	1,056	26	VOR 40 kHz Raster 108-117,975 MHz
7-	2,512	30	0,529	23	ILS-LOC 108,1-111,95 MHz
0	2,512	30	2,653	30	VDL Mode 2 118-138 MHz

في العمود الأخير من الجدول 19 يُقرأ الهامش الضروري للحد من التداخل الذي تسببه أجهزة PLT. فعلى افتراض أن الكثافة العظمى لطيف القدرة فيما يخص أجهزة PLT قيمتها 85 dBm/Hz (r.m.s.)، يلزم خفض القيمة بمقدار 24 dB في حالة الأنظمة التي تبث على الموجات المترية (VHF). فالهامش تتغير من 0 إلى 24 dB تبعاً للنظام المعني.

وقد أُجريت هذه الحسابات لحالة كثافة تداخل قيمتها 250 مصدر تداخل/km<sup>2</sup> والتصحيح يتغير خطياً تبعاً لكثافة مصادر التداخل (انظر أيضاً الوثيقة 1A/157).

الجدول 20

القيم التصحيحية تبعاً لكثافة مصادر التداخل

القيمة التصحيحية (dB)	كثافة مصادر التداخل (عدد/ها <sup>2</sup> km)
7	50
4	100
2	150
1	200
0	250
1-	300

5.2.2A الاستنتاجات

إذا افترضنا لأجهزة PLT كثافة عظمى لطيف القدرة بقيمة -85 dBm/Hz (r.m.s.)، كما هو محدد على سبيل المثال في التوصية ITU-T G.9960، فإن جميع أنظمة الاتصالات الراديوية للطيران العاملة في مدى ترددات فوق 80 MHz التي تُنظر فيها، باستثناء الوصلة الرقمية للموجات الديسيمترية (VDL) أسلوب 2، تتعرض من أنظمة PLT لتداخل في المستقبل المحمول جواً. والأنظمة المقصودة هي: نظام البث على الموجات المترية (VHF COM) والبث على الموجات الديسيمترية (UHF COM) والبث من منار راديوي بموجات مترية في جميع الاتجاهات (VOR) ونظام الهبوط بالأجهزة مع معيّن موقع على المدرج (ILS LOC).

ويصل هامش الحماية المطلوب لأنظمة الملاحة الجوية إلى 24 dB في حالة أنظمة الموجات المترية (VHF). أي، بعبارة أخرى، يجب أن تُخفّض بمقدار هذا الهامش الكثافة العظمى لطيف القدرة في أجهزة PLT.

3.A2 نموذج تجميعي لأنظمة PLT ممكن التطبيق على الاتصالات الراديوية للطيران وأنظمة الملاحة الراديوية

على افتراض خسارة مستمرة طيلة المسير في الفضاء الحر، يمكن ترجمة القيمة الدنيا لخسارة الاقتران إلى القيمة الدنيا للمسافة الفاصلة بالنسبة إلى مصدر واحد باستعمال الصيغة التالية:

$$L_{bf} = 32,4 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

حيث:

$$L_{bf} = \text{خسارة الإرسال الأساسية في الفضاء الحر (dB)}$$

$$f = \text{التردد (MHz)}$$

$$d = \text{المسافة (km)}$$

ويمكن تجميع كل التداخل الصادر عن النقطة المعيّنة باستعمال الصيغة التالية:

$$A = \frac{W_{eirp} \lambda^2 G_r \rho R_e}{16\pi(R_e + h)} \cdot \ln\left(\frac{2(R_e + h)H + h^2}{h^2}\right)$$

حيث:

$$A = \text{متوسط التداخل المتجمّع (كذا واط لكل وحدة من عرض النطاق)}$$

$$W_{eirp} = \text{المتوسط المكافئ للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (EIRP) لجهاز PLT}$$

$$\lambda = \text{كذا واط لكل وحدة من عرض النطاق}$$

$$\lambda = \text{طول الموجة (m)}$$



$$\begin{aligned}
Gr &= \text{كسب هوائي المستقبل المتأثر بالتداخل (dB)} \\
\rho &= \text{متوسط الكثافة لمرسلات PLT (عدد المرسلات في المتر المربع)} \\
R_e &= \text{نصف قطر الأرض الفعال (m)} \\
R &= \text{نصف قطر المنطقة المرصودة أو الأفق الراديوي} \\
h &= \text{ارتفاع هوائي المستقبل عن سطح الأرض (m)} \\
H &= R_e(1 - \cos(R/R_e))
\end{aligned}$$

### الملحق 3

## إشعاع الترددات الراديوية الصادر عن أنظمة PLT في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)

### A3 إشعاع الترددات الراديوية الصادر عن أنظمة PLT في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)

يعالج هذا الملحق موضوع التأثير على خدمات الاتصالات الراديوية من إشعاع أنظمة الاتصالات السلكية، بما فيها أنظمة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية (PLT)، وموضوع المعايير اللازمة للحماية. إذ إن أنظمة PLT كانت في بدايتها تعمل بترددات تحت 30 MHz وكان الإشعاع الناجم عنها محصوراً ضمن هذا المدى. ولكن لسوء الحظ أخذ في التزايد استعمال أسلاك الإمداد بالطاقة الكهربائية مصممة ولا مهندسة من أجل إرسال بيانات كثيفة في النطاق العريض، وبالطبع ليست أسلاك الإمداد بالطاقة الكهربائية مصممة ولا مهندسة من أجل إرسال بيانات كثيفة في النطاق العريض، ولذا فإن الإشعاع العرضي من هذه الأسلاك جاء نتيجة لهذا الاستعمال. وأي مستقبل إذاعي يعمل على مقربة من موصل كهرباء حامل لاتصالات PLT يلتقط هذا الإشعاع بشكل زيادة في ضوضاء الخلفية. ويؤثر هذا الإشعاع على استطاعة المستقبل استبانة الإشارات المنخفضة السوية. وقد أفادت القياسات المجرىة على أجهزة PLT أن الإشعاع يحدث مع الترددات التي تفوق 300 MHz. وجاء هذا التقرير يوجز نتائج الاختبارات هذه وكذلك التأثير على خدمات الاتصالات الراديوية.

وقد استُكمل هذا الملحق ببيانات من نتائج التحليلات، ومن التجارب المختبرية، والاختبارات الميدانية، وبرامج قياس متنوعة، ويمكن الاطلاع على كل ذلك في التقريرين ITU-R SM.2158 و ITU-R SM.2157.

### 1.A3 القياسات التي أجراها معهد التكنولوجيا الراديوية على مودمات PLT

يقدم هذا القسم معلومات تقنية عن أداء بعض أنظمة PLT وخصائصها الإشعاعية. وتشتمل هذه المعلومات على نتائج قياسات استعمال الطيف في المودمات الحديثة للاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية (PLT)، قياسات أُجريت في معهد التكنولوجيا الراديوية (IRT, Institut für Rundfunktechnik GmbH)، المؤسسة المركزية للبحث والتطوير لدى منظمات الخدمة الإذاعية العمومية في ألمانيا والنمسا وسويسرا. وقد أُريد بهذه المعلومات المساعدة على تقدير التداخلات الناجمة عن أجهزة PLT.

### 1.1.A3 نظرة شاملة على القياسات

يبلغ مدى التردد النمطي للتكنولوجيا PLT التقليديتين المستعملتين في شتى أنحاء أوروبا حتى عام 2010 مقدار 2-30 MHz لنظام Homeplug AV و 2-32 MHz لنظام UPA. ويُستعمل تنليم التردد من أجل خفض التداخل على الإشارات إلى أدنى حد داخل نطاقات التردد التي يستعملها مشغلو خدمة الهواة الراديوية. وبالإضافة إلى ذلك، تُخفّض قدرة الإرسال في مختلف مديات التردد بمقدار 30 dB بقصد تقليل التداخل مع مستعملين آخرين في هذه الأقسام من طيف التردد. ومنذ نهاية عام 2009 تيسّرت في الأسواق مكيفات افتراض فيها أن تمكّن من الإرسال بمعدلات كبيرة تصل حتى 1 Gbit/s (معدل الذروة). ثم إنه خلافاً لنظام Homeplug AV، تستعمل التوصية ITU-T G.9960 (10/06) والمعيار IEEE-1901 (المسمى أيضاً Homeplug AV2) مدى تردد أوسع بكثير (من 2 MHz إلى 30 MHz ومن 50 MHz إلى 305 MHz)، يشمل النطاق II (FM) للموجات المترية (VHF) والنطاق III (DAB). فقياس استعمال تكنولوجيا PLT هذه للطيف، وخصوصاً من جانب ممثل عن تكنولوجيا mediastream، أحدث مجموعة رقاقات Gigabit من صنع Gigle<sup>6</sup>، يهدف إلى معرفة الأداء في ظل ظروف حمل واقعية على خطوط الكهرباء، ومعرفة سويات الإشعاع الممكنة أيضاً. ويبقى لازماً إيضاح إلى أي مقدار يُحتمل أن يحدث تداخل أو تأثيرات ضارة في النطاقات الإذاعية بسبب استعمال هذه المكيفات لأنظمة PLT.

### 2.1.A3 أداء أنظمة PLT

على الرغم من أن نفس مجموعة الرقاقات Intellon INT6300 مستعملة في منتجات Allnet و Devolo و Zyxel، وأن نفس مجموعة الرقاقات DS2 DSS9010 مستعملة في منتجات AcBel و Conceptronic، يمكن كشف فوارق من حيث الأداء بين منتج وآخر. فالقيم المسجلة من القياس تبين أداءً جيداً جداً من جميع أجهزة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالكهرباء التي تعمل وفقاً لبروتوكول التحكم في الإرسال (TCP). إذ إنهما، حتى على مسافة 22 m ومع أطوار للتيار مختلفة، تُحرز معدلات إرسال قيمها من 50 إلى 74 Mbit/s، فتسمح، مثلاً، بتدفق إشارتين عاليتين الاستبانة، ويبقى لها استطاعة احتياطية للنقل بمعدل 10 Mbit/s لأغراض أخرى. فالمكيفات المشار إليها، سواء كانت من صنع Allnet أو Devolo أو Zyxel أو AcBel أو Conceptronic تتصف كلها بمعدل إرسال أقصى اسمي قدره 200 Mbit/s، يساوي معدل إرسال بيانات صافٍ أقصى يقرب من 80 Mbit/s. أما المكيفات Belkin Gigabit power line HD<sup>7</sup> (بلكين جيغابت الخاصة بالاتصالات عبر خطوط الإمداد بالكهرباء والعالية الاستبانة (HD))، المجهزة بمجموعة رقاقات (GGL541) من صنع Gigle، فيلزم لها تحليل خاص، لأنها المكيفات الوحيدة التي لها توصيل بشبكة جيغابت ولها معدل إرسال أقصى اسمي مقداره 1 000 Mbit/s. ولكن من الجائز، في ظروف تشغيل واقعية، أن يكون معدل إرسال البيانات الصافي الأعظمي أقل من هذا المقدار بشكل ملحوظ. ومع ذلك فإن مجموعة رقاقات Gigle GGL541 تمكّن، في حالة استعمال طيف 50-305 MHz، من إحراز معدل إرسال بيانات أعلى بشكل ظاهر مما تتيحه مجموعات رقاقات Intellon (2-30 MHz) و DS2 (2-32 MHz). فقد مكّنت مكيفات Belkin من البرهنة على ذلك على مسافة 2,3 m، مثلاً. وعلى "مسافات أقصر" يفوق أداء مجموعة رقاقات Gigle أداء مجموعات رقاقات Intellon و DS2 بعامل زيادة قدره 3,5. ولكن، على مسافة 22 m، ينحط أداء مكيفات بلكين. وابتداءً من مسافة خطية طولها يقارب 10 m أو مع توهين أعلى بين مكيفي بلكين، لا تشتغل الأجهزة إلا في طيف Homeplug AV (نطاق التردد الخفيض: 2-30 MHz). وعندئذ يكون صيب البيانات البالغ 50 Mbit/s أخفض بنسبة 30% تقريباً من صيب مكيفات Intellon و DS2.

ومنذ ديسمبر 2010 أصبحت متيسّرة في السوق المكيفات الخاصة بخطوط الكهرباء الحاملة للاتصالات، والمعتمدة على المعيار IEEE-1901 الخاص بهذه الخطوط. وكانت مجموعة رقاقات Atheros AR7400<sup>8</sup> هي الأولى في السوق التي وفّت بهذا

<sup>6</sup> في ديسمبر 2010 حازت شركة Broadcomm ملكية شركة شبكات Gigle.

<sup>7</sup> المكيفات Gigabit Power line HD: HD F5D4076 S v1 و F5D4076 S v1 و MSI ePower 1000HD تستعمل مجموعة رقاقات Gigle (GGL541)، وقياسها يعطي نفس النتائج.

<sup>8</sup> Qualcomm اشترى Atheros بعدما اشترى هذا Intellon بفواصل زمني قصير.

المعيار. وهي تستعمل مدى ترددات أوسع (من 2 MHz إلى 68 MHz) من مدى المعيار Homeplug AV (من 2 MHz إلى 30 MHz)، ولكنها لا تستعمل النطاقات الراديوية المستعملة عالمياً مثل نطاقات FM بين 76 و 108 MHz ونطاقات DAB بين 174 و 240 MHz. ويرمي توسيع مدى الترددات واتباع طريقة تشكيل أكثر فعالية تصل حتى QAM 4096 (تشكيل اتساع تربيعة) إلى تمكين المنتجات الخاصة بخطوط الكهرباء الحاملة اتصالات المعتمدة على رقاقات AR7440، من الاتصال بمعدل بيانات يفوق 500 Mbit/s (معدل ذروي) في الطبقة المادية. وقد بادر مصنعون شهرون لمكشفات خطوط الكهرباء الحاملة للاتصالات، أمثال Netgear و Trendnet و TP-Link و Devolo و D-Link و AVM و Billion و MSI و Allnet، إلى الإعلان عن قرب إدخال أجهزة تفي بالمعيار IEEE-1901 إلى السوق أو إلى إدخالها فعلاً.

ويعرض الجدول 21 الخصائص التقنية لما تم قياسه من مكشفات خطوط الكهرباء الحاملة للاتصالات. فالمكشفات الواردة في الجدول التي جرى اختبارها هي: ثلاثة أزواج معيارية Homeplug AV من إنتاج المصنّعين Allnet و Devolo و Zyxel و جهازان UPA من تصنيع AcBel و Conceptronic. واختُبرت أيضاً، بصفة صيغة ثالثة وعُرضت في الجدول، مكشفات Gigabit من تصنيع Belkin خاصة بخطوط الكهرباء الحاملة للاتصالات؛ وهي المكشفات الوحيدة المتصفة بمعدل إرسال اسمي أعظمي مقداره 1 000 Mbit/s. واختُبرت كصيغة رابعة مكشفات من تصنيع Netgear متصّفتان بمعدل إرسال اسمي أعظمي قيمته 500 Mbit/s.

### الجدول 21

#### مواصفات المكشفات المختبرة الخاصة بخطوط الكهرباء الحاملة للاتصالات

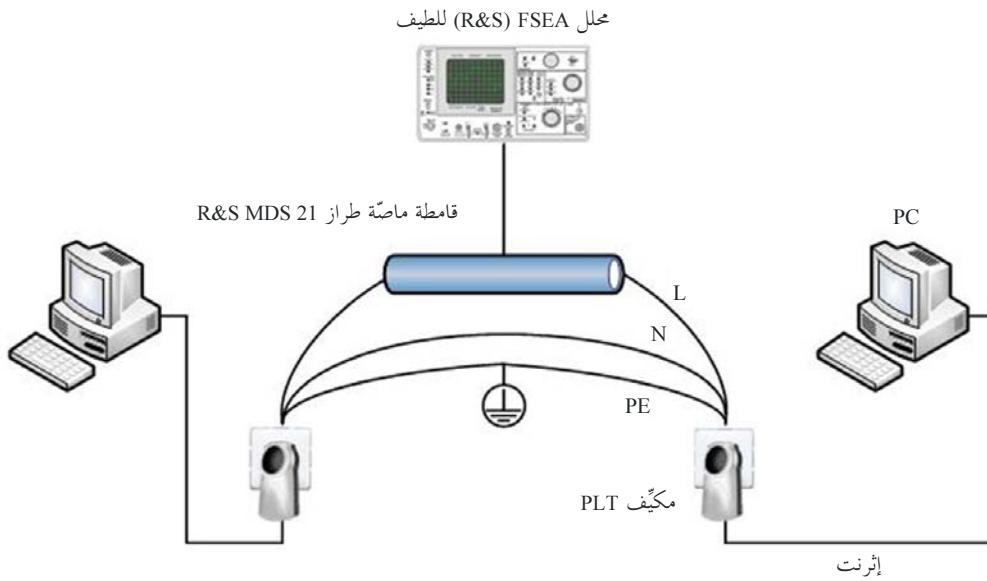
المصنّع	Allnet	Devolo	Zyxel	Belkin	AcBel	Conceptronic	Netgear
المنتج	ALL168203	dLAN 200 Avplus	PLA-400 v2	Gigabit Power line HD	DH10PF	Homeplug 200 Mbit/s	Power line AV 500 XAVB5001
المعيار	Homeplug AV		HPAV2 mediastream		UPA		IEEE-1901
سرعة الإرسال (الاسمية)	Mbit/s 200		Mbit/s 1 000		Mbit/s 200		Mbit/s 500
الطيف	MHz 30-2		MHz 30-2 MHz 300-50		MHz 32-2		MHz 68-2
البروتوكول	CSMA/CA		CSMA/CA TDMA MAC		TDMA MAC		
التشكيل	OFDM – 1 155 carrier, 1 024/256/64-QAM, QPSK, BPSK		OFDM – 1 536 carrier		OFDM – 1 536 carrier		OFDM – 4 096 carrier

### 3.1.A3 قياسات طيف الترددات

في سبيل تحقيق القياسات، وُضِع سلك واحد، من أسلاك كبل الكهرباء الذي كان ينقل حركة البيانات، في قامطة ماصّة من طراز R&S MDS 21، وتُرِكَ السلكان الآخران خارجها (انظر الشكل 16). ويشار إلى توهين قامطة القياس بقيمة 17 dB في حالة مدى ترددات من 30 إلى 1 000 MHz؛ وبالتالي يجب أن تضاف قيمة التوهين هذه إلى السويات المشار إليها حتى تُعرَف بالضبط سوية التردد العالي (HF) على خط الكهرباء. واستعملت في القياسات أجهزة AcBel و Allnet و Belkin لكي تكون تمثيلية لمعيار خط الكهرباء. فأجرى توليد لنقل بيانات، بين مكشّفين لخط الكهرباء تصنيعهما واحد، دَفَع بالأجهزة إلى أقصى أداء لها. وأثناء القياس الفعلي للأداء، سجّل محلل للطيف من طراز FSEA طيف الترددات.

الشكل 16

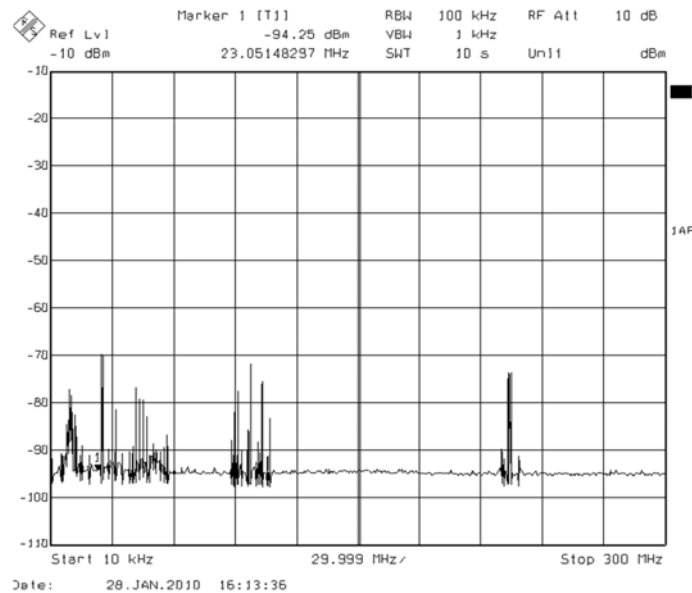
تركيب عدة القياس مع القامطة الماصّة



Report SM.2212-16

الشكل 17

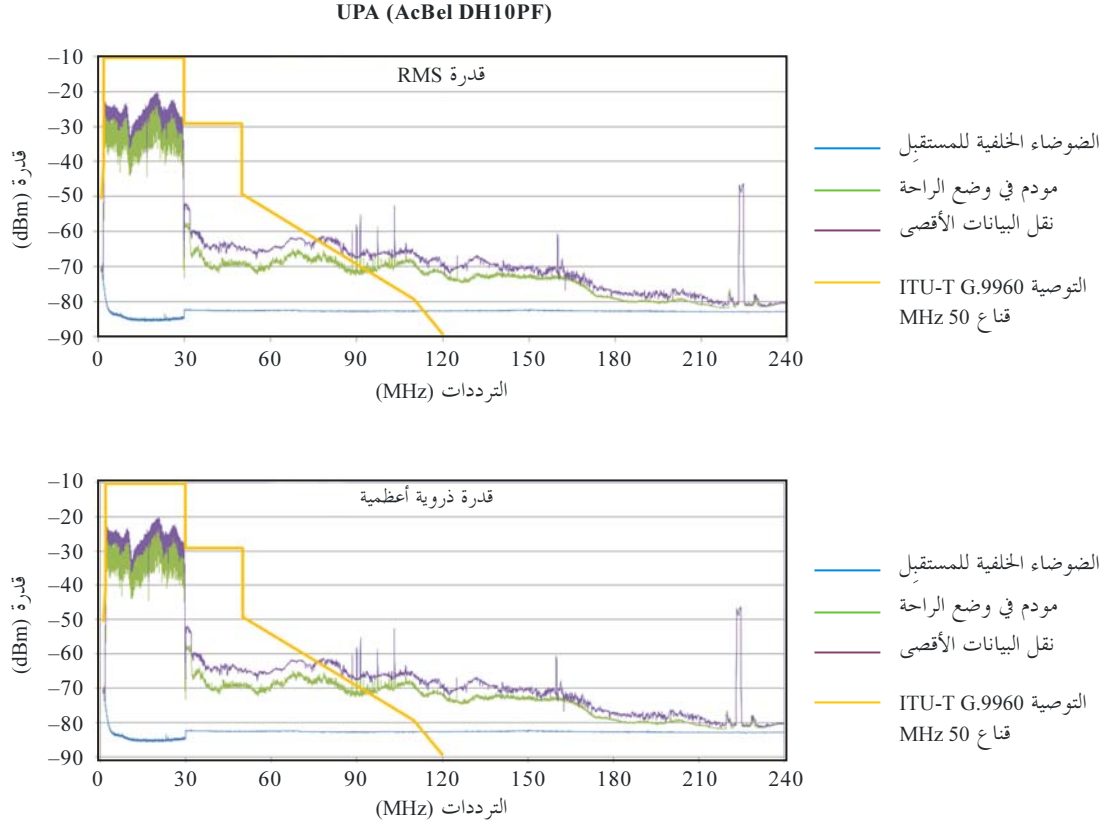
إشارات على الهواء والضوضاء المحيطة في موقع القياس. يمكن (بين جملة أمور) مشاهدة:  
 الموجات القصيرة (SW) وتشكيل التردد FM (87,5-108 MHz)  
 والإذاعة السمعية الرقمية DAB (حوالي 215 MHz)



Report SM.2212-17

## الشكل 18

## طيف القدرة في جهاز AcBel UPA بأسلوب الراحة وبصبيب بيانات أعظمي



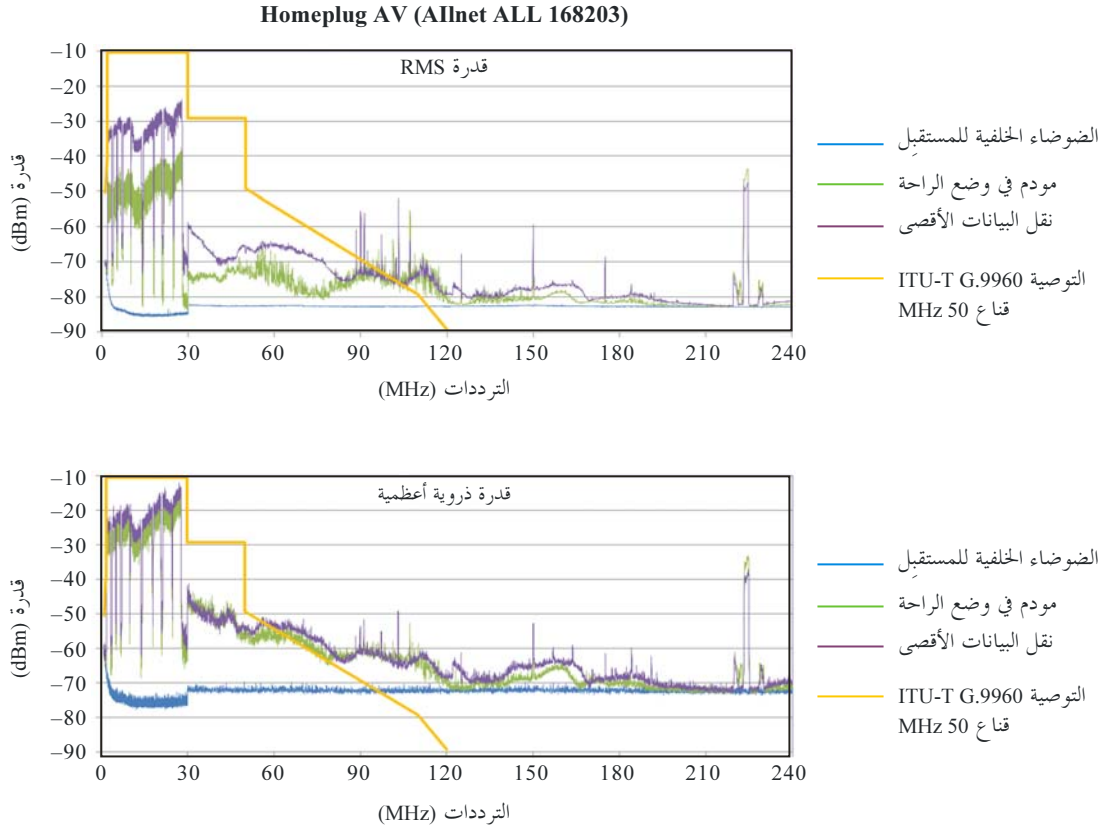
Report SM.2212-18

وتبعاً للمصنِّع، تستعمل المكيِّفات الخاصة بخطوط الكهرباء والوافقية بمعيار UPA مدى ترددات من 2 إلى 32 MHz. لكنَّ تحليل الطيف يبيِّن (انظر الشكل 18) أن المعيار UPA يولِّد أيضاً مكوِّنات طيفية تفوق 32 MHz وتصل إلى قرابة 190 MHz، على الرغم من توهينها البيِّن بنحو 50 dB. أما السويات في المدى الفعلي للتشغيل فهي تقريباً -15 dBm (كما في ذلك توهين القامطة الماصَّة).

وتبعاً للمصنِّع أيضاً، تستعمل المكيِّفات الخاصة بخطوط الكهرباء والوافقية بمعيار Homeplug AV مدى ترددات من 2 إلى 30 MHz. لكن مكيِّفات Homeplug AV و UPA تختلف من حيث طيف الترددات، وإنَّ أشارت إلى نفس المعدل الأعظمي للإرسال وهو 200 Mbit/s. وكذلك يُيدي مكيِّف Homeplug AV سويات عالية في مدى الترددات المنخفضة؛ غير أن سوياته من حيث المكوِّنات الطيفية العليا أخفض من نظيراتها لأجهزة المعيار UPA (انظر الشكل 19). ويصل مدى المكوِّنات الطيفية حتى قرابة 70 MHz.

الشكل 19

طيف القدرة للمكثف Allnet Homeplug AV في أسلوب الراحة مع صبيب بيانات أقصى



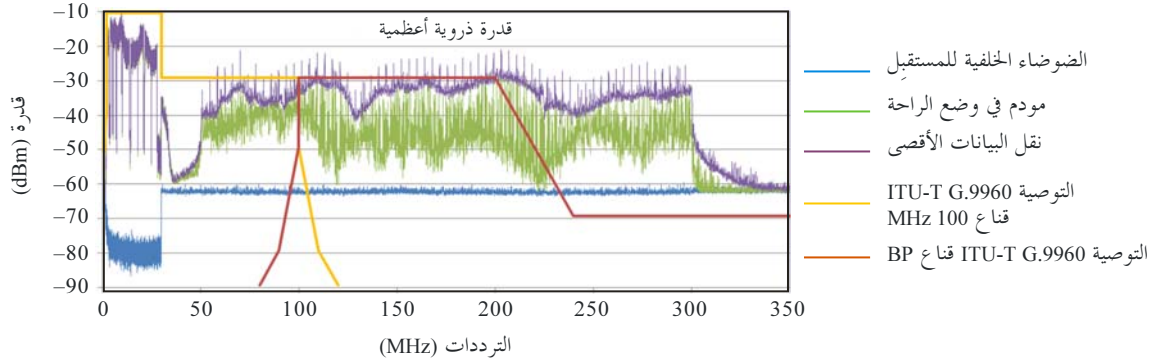
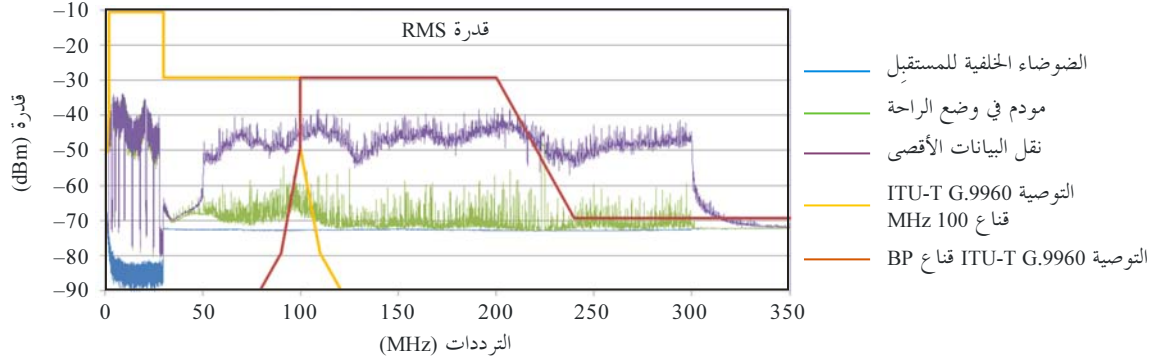
Report SM.2212-19

وتبعاً للمصنِّع، تستطيع المكثفات الخاصة بخطوط الكهرباء، والمجهزة بمجموعات رقاقات mediastream، أن تؤمِّن الاتصال في مدى الترددات 2-30 MHz (HPAV) وفي مدى 50-300 MHz. إلا أن الاستعمال المتأون لمديتي الطيف ليس ممكناً (بعد). وفي حالة نقل بيانات في إطار عدة توصيلات TCP، تبيِّن أن الاتصال بين مكثفين يجري في مدى 50-305 MHz للطيف (النطاق الأعلى)، (انظر الشكل 20). والسويات في مدى التردد هذا أخفض بقرابة 25-30 dB من نظيراتها عند استعمال أجهزة من صنع AcBel و Devolo (2-30/32 MHz). وعلى الرغم من تحقق الاتصال في النطاق الأعلى، فإن الأجهزة الوافية بمعياري mediastream والخاصة بتكثيف خطوط الكهرباء، تُبدي بصورة متأونة مكونات طيفية في النطاق الأدنى.

## الشكل 20

طيف القدرة لمكثف بلكين في حالتَي أسلوب الراحة وصيب بيانات أقصى

Mediastream – (Belkin gigabit power line HD)

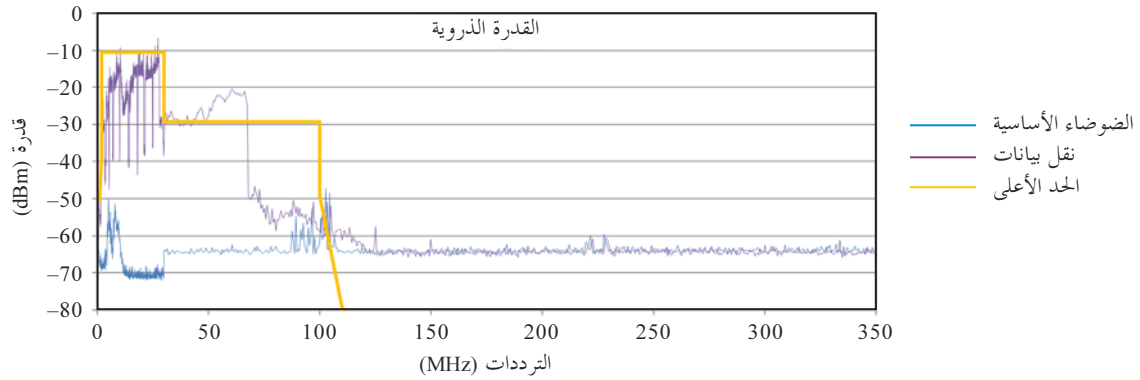


Report SM.2212-20

## الشكل 21

طيف القدرة الذروية لمكثف Netgear AV500 في حالة صيب بيانات أعظمي (dBm)

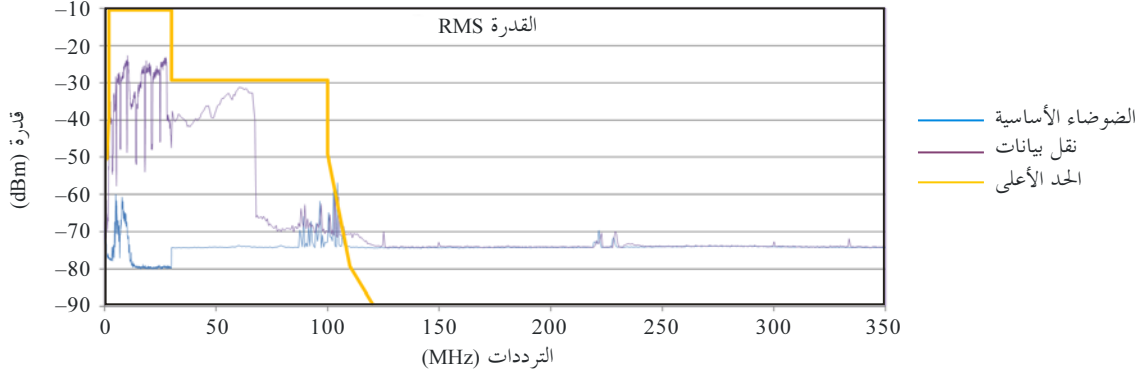
الحد الأعلى (باللون الأصفر) يوافق التوصية ITU-T. G.9960



Report SM.2212-21

الشكل 22

طيف القدرة RMS لمكثف Netgear AV500 في حالة صبيب بيانات أعظمي



Report SM.2212-22

4.1.A3 الإشعاع التداخلي الصادر عن مودم PLT بلكين “Power line Gigabit” F5D4076-S v1

أُخذت وصلتان لتمديد الشبكة الكهربائية الرئيسية، كل منهما كبل لنقل الكهرباء طوله 1,5 m، وجرى توصيلهما عن اليمين واليسار بوصلة لتمديد الشبكة الكهربائية الرئيسية موصلة بمقبس جداري للشبكة الرئيسية (توتر 230 V)، بحيث يمكن وضع وصلتي التمديد على مسافة 3 m فوق طاولة (انظر تركيب عدّة القياس في الشكل 23). وهناك مودمان Belkin يأخذان التيار من مقبسين خارجيين، وهما موصولان بحاسوبين محمولين. ثم أُجري إرسال بيانات بمعدل صافٍ يبلغ حتى 250 Mbit/s باستخدام الأداة البرمجية IxChariot. وكان هوائي من طراز Schwarzbek UBAA 9114 قد نُصِب على مسافة 3 m وارتفاع 1,5 m. والتقطت شدة المجال المستقطبة أفقياً وعمودياً في مدى تردد 30-320 MHz. وأُخذت القياسات بواسطة مستقبل من طراز R&S ESPI لاختبار التوافق الكهرومغناطيسي (EMC). وكانت ضوابط المستقبل المختار للاختبار كما يلي:

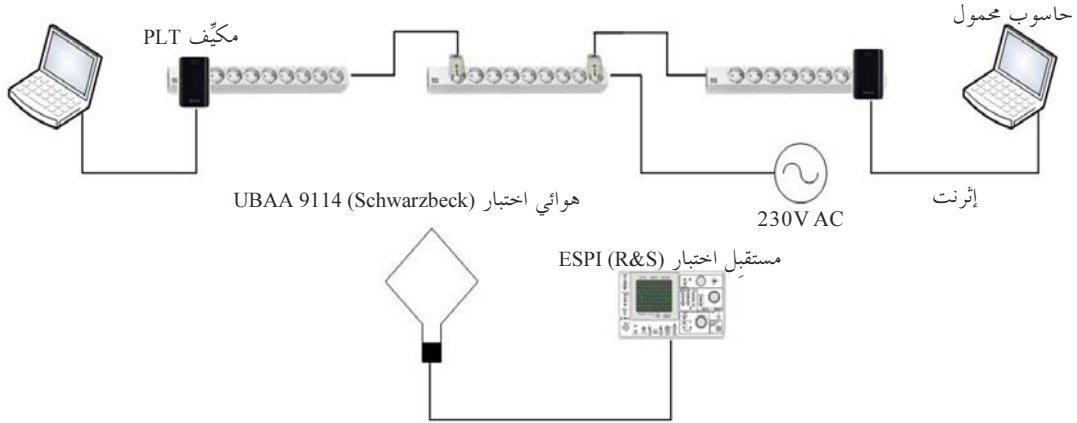
- عرض نطاق القياس: 120 kHz؛
- قفزة القياس: 40 kHz؛
- زمن القياس: 100 ms؛
- بوجود مضخم أولي؛
- التوهين: 10 dB؛
- المكشافان المستعملان في القياس: مكشاف ذروي ومكشاف r.m.s. (جذر متوسط التربيع).

وكان معدل التحويل (عامل الهوائي) الخاص بهوائي النطاق العريض UBAA9114 قد أُدخِل في المستقبل كجدول قيم تابع لتردد الاستقبال، لكي تُسجَل نتائج القياس مباشرة بوحدات dB(μV/m). وفي جولتين من القياس أُخذت القيمة الذروية والقيمة r.m.s. لشدة المجال مع كل تردد. ولم تُؤخَذ قياسات بمكشاف شبه ذروي لأن عملية كهذه تستغرق ساعات طويلة من أجل قياس قيمة واحدة. ولكن، بدلاً من ذلك، استعمل عمداً مكشاف القيمة شبه الذروية من أجل تكرار تأثير التداخلات النبضية على أذن الإنسان أثناء استقبال برنامج راديوي تماثلي. وباستثناء نطاق FM، يؤثر التداخل في حالات تردد يفوق 30 MHz على الخدمات الرقمية، ويمكن وصف تأثير التداخل على هذه الخدمات وصفاً أفضل بقيم r.m.s. وقيم ذروية.



## الشكل 23

## تركيب عدة أخذ قياسات الإشعاع التداخلي



Report SM.2212-23

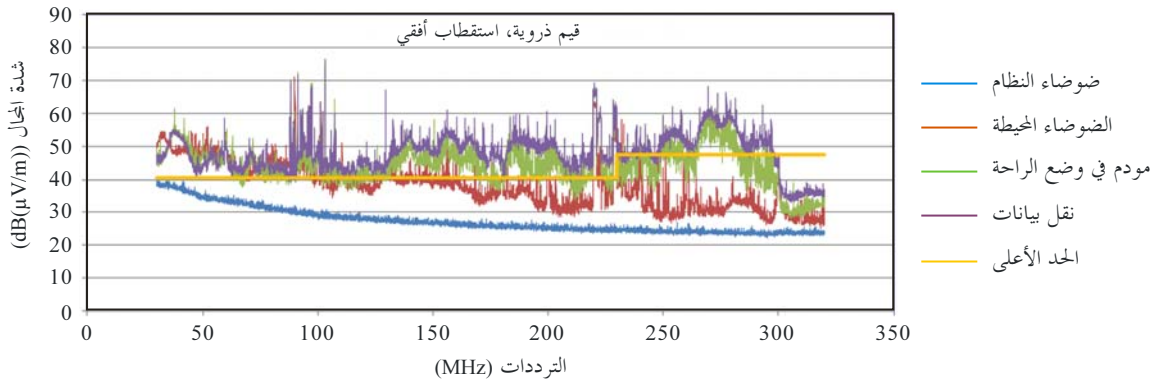
- تم قياس القيم التالية لشدة المجال وتسجيلها في كلا الاستقطابين الأفقي والعمودي:
- ضوضاء النظام في المستقبل المستعمل للقياس (المرجع الأدنى لنظام قياس)؛
  - الضوضاء المحيطة؛
  - التداخل الذي يحصل والمودمات في وضع الراحة؛
  - التداخل والمودمات أثناء نقل البيانات بمعدل إجمالي يبلغ 250 Mbit/s.

أُدخلت في المخططات، بصفة مرجع أعلى، الحدود المعطاة في الجدول 6 من المعيار EN 55022<sup>9</sup>. ويشار إلى هذه الحدود بقيم شبه ذروية. وتكون القيم شبه الذروية في المعتاد أخفض من القيم الذروية، لكنها على أي حال أعلى من قيم r.m.s.

## 5.1.A3 شدة المجال في حالة استقطاب أفقي

## الشكل 24

## القيم الذروية لشدة المجال (dB(μV/m)) في حالة استقطاب أفقي



Report SM.2212-24

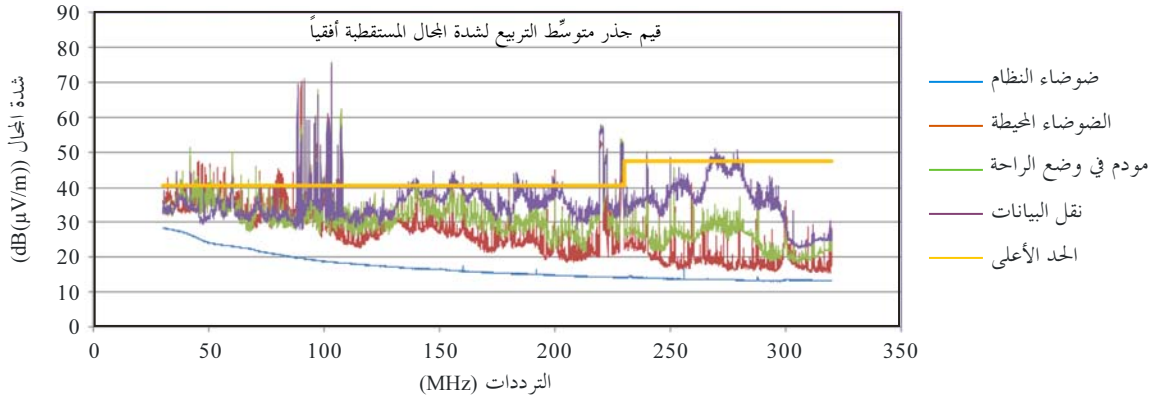
<sup>9</sup> هو المعيار: CENELEC EN 55022: 2006; Information technology equipment – Radio interference characteristics – Limits and methods of measurement (CISPR 22: 2005 (modified)) [تجهيزات تكنولوجيا المعلومات – خصائص التداخل الراديوي – حدود وطرائق القياس (صيغة معدلة) للمعيار CISPR 22: 2005].

يمثل الخط الأزرق في الشكل 24 أدنى شدة مجال يمكن قياسها، وهي تساوي قياس الضوضاء لنظام المستقبل. ويمثل الخط الأحمر الضوضاء المحيطة (ضوضاء بشرية المنشأ) في غياب المودمات. وبما أن القياسات أُخذت في معهد التكنولوجيا الراديوية (IRT)، حيث ينشط تشغيل كثير من الأنظمة الكهربائية والإلكترونية، فتكون الضوضاء المحيطة مرتفعة إلى حد ما (يمثلها الخط الأحمر)؛ حتى إنها، في حالات تردد تحت 150 MHz، تفوق خط القيمة الحدية العليا. وتوائم الذرى التي تبلغها قيم شدة المجال في مدى 108-87,5 MHz إشارات FM، وتوائم ذرى شدة المجال في تردد يقرب من 220 و 229 MHz إشارات DAB التي يمكن استقبالها في المعهد IRT.

وعند وصل المودمات بالتيار، تزداد شدة مجال التداخل، كما يدل عليه الخط الأخضر. وأثناء نقل البيانات، تزداد من جديد شدة مجال التداخل، ويدل على ذلك الخط البنفسجي. وفي حالات تردد يفوق 130 MHz، ترتفع سوية شدة مجال التداخل الناجمة عن المودمات فوق الضوضاء المحيطة ببضع وحدات dB؛ وهذا يعني أن القيم المأخوذة بالقياس صحيحة. والقيم الذروية لشدة مجال التداخل، الناجمة عن المودمات أثناء نقل البيانات وكذلك في أسلوب الراحة، تتجاوز الحد بمقدار يصل تقريباً إلى 20 dB.

### الشكل 25

قيم جذر متوسط التربيع (r.m.s.) لشدة المجال (dB(μV/m)) المستقطبة أفقياً

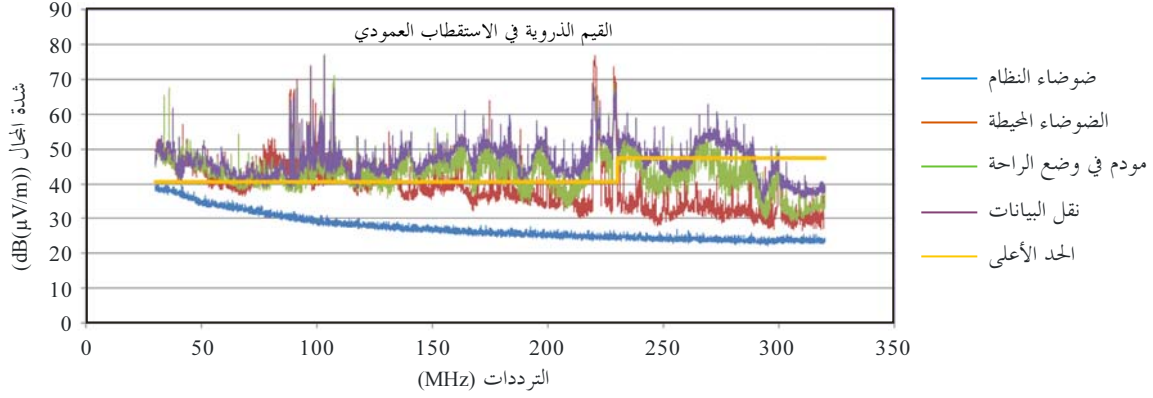


Report SM.2212-25

تقل قيم جذر متوسط التربيع (r.m.s.) المبينة في الشكل 25 بمقدار 10 dB تقريباً عن القيم الذروية المناظرة للتداخل الدائم مثل ضوضاء النظام لمستقبل الاختبار (المنحنى الأزرق) وتداخل المودمات أثناء التشغيل (المنحنى البنفسجي). أما تداخل المودمات وهي في وضع الراحة فإنه تداخل نبضي، وهذا ما يفسر لماذا ازداد الفرق بين القيم الذروية وقيم r.m.s. (المنحنى الأخضر). وقيم r.m.s. لتداخل المودمات أثناء نقل البيانات هي أيضاً أعلى من الحد جزئياً.

## 6.1.A3 شدة المجال في حالة استقطاب عمودي

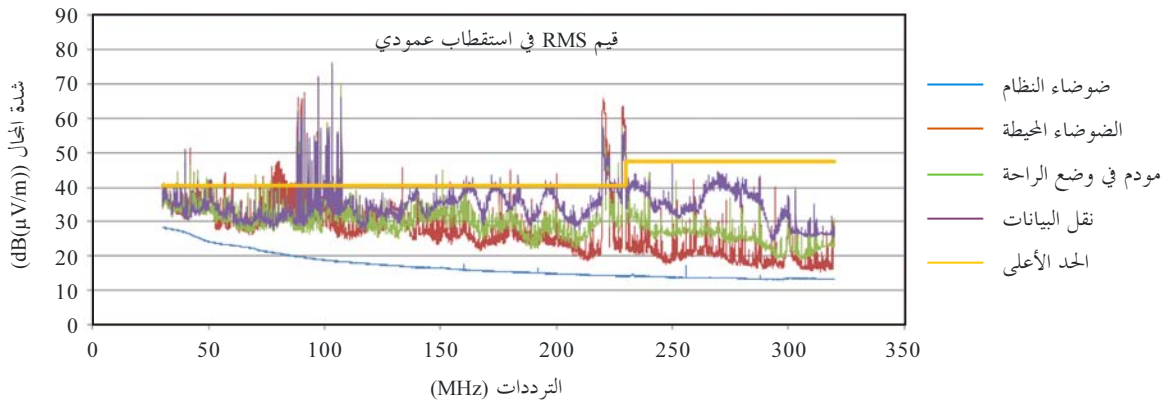
الشكل 26

القيم الذروية لشدة المجال (dB( $\mu$ V/m)) المستقطبة عمودياً

Report SM.2212-26

تنطبق القيم المبينة في الشكل 24 أيضاً على شدة المجال المبينة في الشكل 26. أما إشارات الإذاعة السمعية الرقمية (DAB) عند تردد 220 MHz و 229 MHz فهي أعلى لأنها مرسلت في استقطاب عمودي. وأما القيم الذروية لتداخل المودمات، أثناء نقل البيانات كما في أثناء وضع الراحة، فهي فوق الحد في مدى التردد بكامله.

الشكل 27

قيم جذر متوسط التربيع (r.m.s.) لشدة المجال (dB( $\mu$ V/m)) المستقطبة عمودياً

Report SM.2212-27

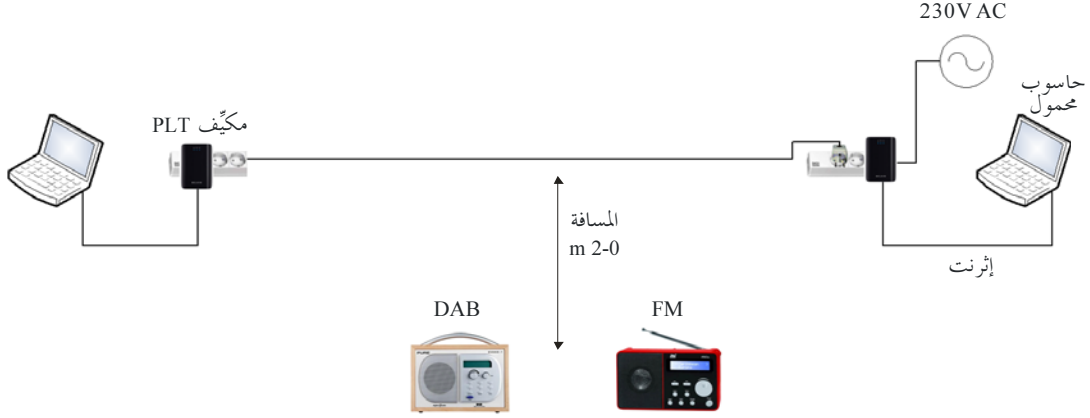
ينطبق التعليق على الشكل 25 في صدد الشكل 27. وتلامس قيم r.m.s. لتداخل المودم أثناء نقل البيانات حدود المدى 200-30 MHz، أما القيم شبه الذروية فهي فوق هذا الحد أياً كان معدل الإرسال.

### 7.1.A3 التداخل الفعلي في استقبال بث FM و DAB

توخياً للتحقق مما إذا كان الجزء المقيس من طيف المكيفات المعدّة طبقاً لمعيار mediastream يؤثر على استقبال بث FM و/أو DAB، أُقيمت تركيبة اختبار بسيطة في بيئة عمل "عادية" في المعهد IRT، مساوية لظروف الاستقبال في منزل أو شقة خاصة (انظر الشكل 28).

الشكل 28

#### تركيب عدة بسيطة لأخذ قياس التداخل الفعلي في استقبال بث FM و DAB



Report SM.2212-28

جرى في هذه التركيبة وصل كل من المكيفين Belkin-F5D4076 بمقبس ثلاثي، في حين وُجّه كبل التغذية بالتيار الكهربائي الثلاثي المقبس نحو الجدار الجانبي من الغرفة وعلى ارتفاع طاوله. ووُضع على الطاولة مقابل الكبل جهاز استقبال راديو FM (ماركة DNT) وجهاز استقبال راديو DAB (ماركة PURE). وأثناء أخذ القياسات، جرى تغيير المسافة التي تفصلهما عن الكبل على عدة مراحل بين 0 و 2m، بقصد تقصّي التداخل.

وعند كل تغيير للمسافة كان كل من المستقبلين يُضبط بدوره على وضع "جهير" (loud)، الراديو FM أولاً ثم الراديو DAB. بينما كان تدفق البيانات المولّد بواسطة IxChariot (250 Mbit/s) يوقّف ويشغّل تكراراً بفصل التيار ووصله. وكان جهازا الراديو موضوعين قريباً (على مسافة 1 m تقريباً) من نافذة كبيرة تيسيراً لاستقبال "جيد".

#### نتائج اختبار استقبال بث FM

حين يُضبط الجهاز على محطة محلية قوية (مثل: Bayern3 و Bayern5 و 100 MHz band II)، لا يمكن تحديد وجود تداخل ذاتي أثناء نشاط نظام PLT. ولكن حين يُضبط على محطة ضعيفة (Ö3 مثلاً)، كان يلاحظ بوضوح زيادة ضوضاء من المتكلمين أثناء نشاط نظام PLT على مسافة 1 m تقريباً بين الراديو وكبل التيار المتوازن. وعلى مسافات أكبر لم يعدّ التداخل مسموعاً.

#### نتائج اختبار استقبال بث DAB

عند استقبال بث DAB (من محطتي Bayern3 و 220 MHz band III)، مثلاً، يكون التداخل المسموع أكبر بكثير. ويحدث التداخل حتى مع محطات ظروف استقبالها جيدة، أي على مسافة تصل حتى 1,5 m بين جهاز الراديو والكبل الكهربائي المرسل للبيانات أثناء نشاط نظام PLT. ويتدرّج التداخل من الارتجاف إلى الطقطقة إلى التعتيم "التام" على الإشارة السمعية. ولا يمكن إزالة التأثيرات المسموعة إلاً على مسافات تفوق 1,5 m.

**8.1.A3 الاستنتاج من قياسات المعهد IRT**

من جهة أولى، بيّنت القياسات الطيفية المُجرّاة على مكيفات النظام PLT التي من طراز "Power line Gigabit" F5D4076 S صنع Belkin أن الترددات مشغولة حتى 305 MHz، ما يشمل كلا نطاقيّ FM وDAB. ومن جهة أخرى، بيّنت قياسات التداخل أن التداخل الناجم عن المودمات أقوى مما يسمح به المعيار EN 55022 في مدى التردد 30-300 MHz. وجدير بالملاحظة أن هذه الاختبارات استعملت تكبيراً كهربائياً متناظراً نسبياً، وهكذا لا تمثل هذه النتائج أسوأ حالة، بل يجب اعتبارها تشكيلة أقل حرجاً.

وقد يقوم حل ممكن على استعمال تثليم التردد في النطاقات المتأثرة. وسبق أن عرض Gige، مصنع مجموعات رقاقات mediastream، اتخاذ تدابير لاحقة إذا ما توفرت التعليقات الملائمة في هذا الصدد.

**2.A3 القياسات التي أجراها مركز بحوث الاتصالات (كندا) على مودمات نظام PLT**

أجرى مركز بحوث الاتصالات (CRC) (كندا) اختباراً لما مجموعه ثمانية أجهزة PLT، متيسرة تجارياً وتمثل مختلف معايير PLT. وكان من السهل الحصول على هذه الأجهزة من أسواق الولايات المتحدة الأمريكية وكندا واليابان. ويمكن الاطلاع على تفاصيل القياسات الاختبارية وعلى نتائجها في التقرير المعنون: Measurements of EM radiation from in-Power line Telecommunication (PLT) devices operating in a residential environment – Field Test house Report [قياسات الإشعاع الكهرومغناطيسي الصادر عن أجهزة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالكهرباء (PLT)، الأجهزة العاملة في البيئة السكنية - تقرير اختبار ميداني]، الصادر عن مركز بحوث الاتصالات (كندا)، بتاريخ 24 مارس 2009 والمتيسر في الموقع: <http://www.nabanet.com/nabaweb/members/pdf/itur/CRCReport.pdf> أو انظر المرفق بملحق الوثيقة 6A/160.

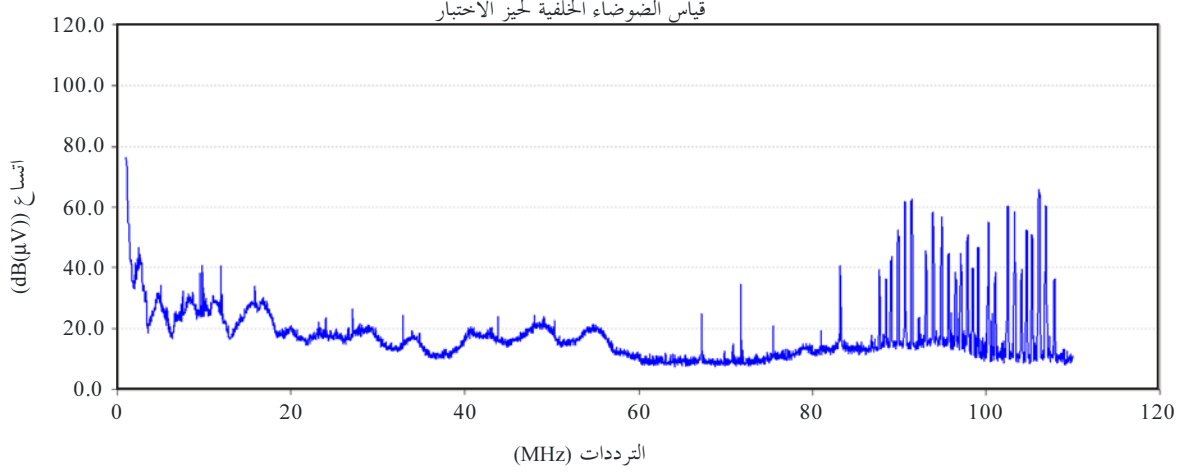
وقد ورد موجز عنه في التقرير ITU-R SM.2158. واشتملت عمليات القياس على قياسات مع ترددات حتى 110 MHz، من أجل تحديد تأثير أجهزة PLT على نطاق الإذاعة FM.

**1.2.A3 طريقة المركز CRC في القياس ونتائج اختبار الإشعاع بالإبصار**

يعرض الشكل 29 قياس الضوضاء الخلفية لحيّز الاختبار مع ترددات من 50 kHz إلى 110 MHz. ويوضّح هذا الشكل أن تركيبة اختبار الخط الكهربائي عملت عمل هوائي التقط إشارات من أنظمة اتصالات أخرى. وثبت أن نبضات الطنين التي تُسمع أثناء الاختبار عند ترددات بين 85 MHz و108 MHz صادرة عن محطات راديو FM محلية، بينما كانت نبضات الطنين الأخرى، المسموعة عند الاختبار مع ترددات أخرى، متقطعة، ويُرجّح أن يكون سببها أنظمة اتصالات راديوية أخرى. فكان لزاماً مراعاة ذلك عند الاطلاع على نتائج اختبار الإشعاع بالإبصار.

الشكل 29

الضوضاء الخلفية لعدة قياس الإشعاع الإيصالي

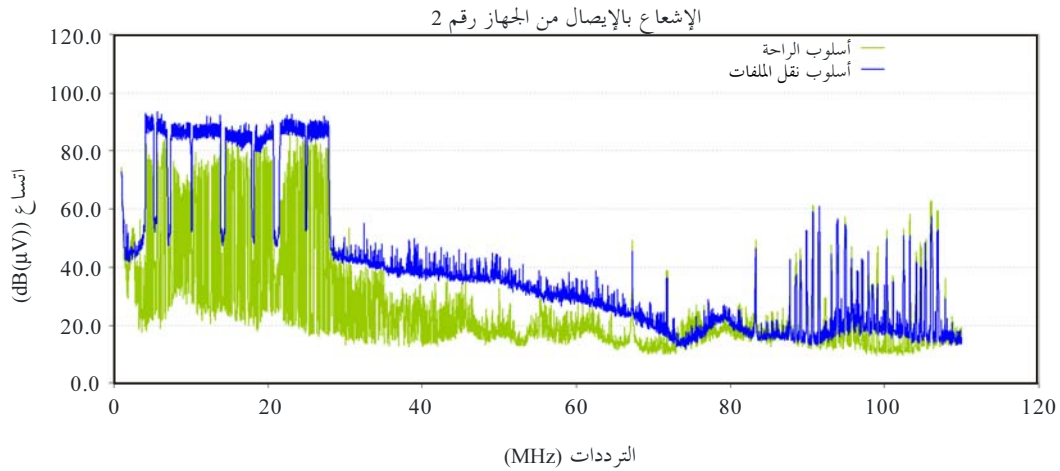


Report SM.2212-29

نتائج اختبار أجهزة PLT المرقمة 2 و 3 و 6 معروضة في الأشكال 30 و 31 و 32 على التوالي. ويبيّن المنحني الأزرق الإشارة الإيصالية أثناء نقل البيانات، ويبيّن المنحني الأخضر (وهو عادةً الخط الأدنى) الإشارة الإيصالية أثناء وضع الراحة. وكما يشاهد في الأشكال، فإن سوية الإشارة أثناء وضع الراحة لا تتجاوز نظيرتها أثناء التشغيل بأسلوب نقل البيانات. وإضافة إلى ذلك، لا تعمل الأجهزة المختبرة على نحو متمائل في أسلوب الراحة. فجهازا PLT رقم 2 و 3 كانا يرسلان موجات حاملة عرضية لاستبقاء القناة مفتوحة ومتزامنة، بينما كان الجهاز رقم 6 يرسل باستمرار عرض نطاق الإشارة كاملاً.

الشكل 30

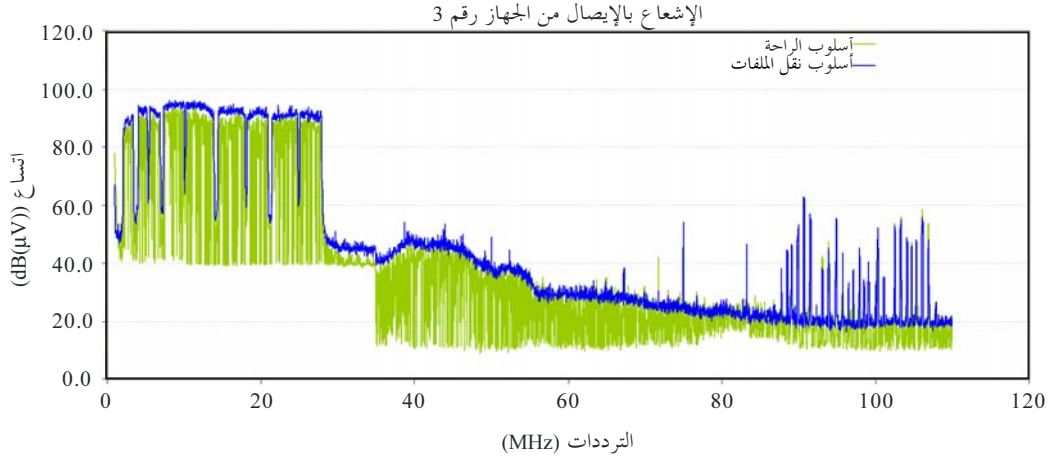
إشعاع القدرة بالإيصال من الجهاز رقم 2 (المعيار HD-PLC)



Report SM.2212-30

## الشكل 31

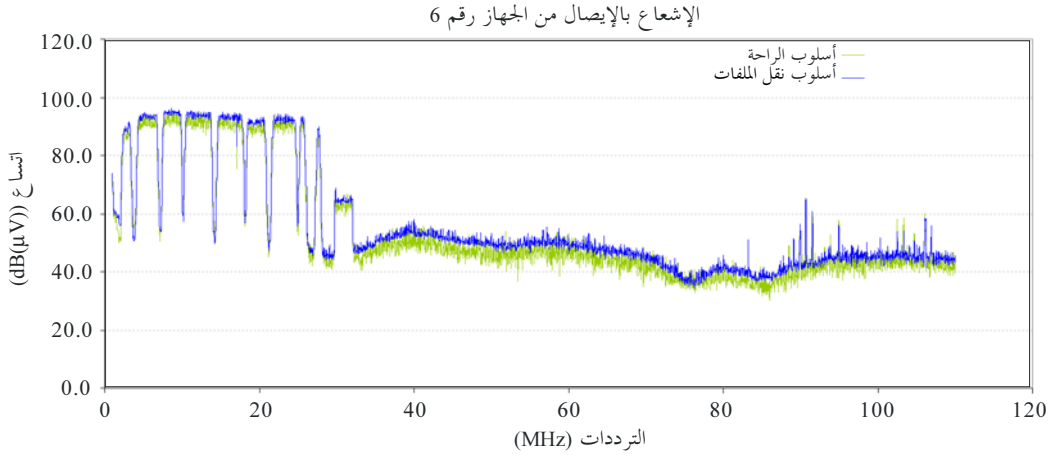
## إشعاع القدرة بالإيصال من الجهاز رقم 3 (المعيار Homeplug AV)



Report SM.2212-31

## الشكل 32

## إشعاع القدرة بالإيصال من الجهاز رقم 6 (المعيار UPA)



Report SM.2212-32

## 2.2.A3 الاستنتاجات من قياسات المركز CRC

تبيّن هذه النتائج أن جهاز PLT يظل ناشطاً في توليد الإشعاع، حتى في حال عدم إرسال بيانات. ويلاحظ أيضاً أن جهاز PLT، حتى لو عمل بتردد تحت 30 MHz، لا يقل إشعاعه عن 20 dB فوق الضوضاء الخلفية مع ترددات تصل إلى 110 MHz.

## 3.A3 القياسات التي أجرتها إذاعة CBS والإذاعة الوطنية العمومية على مودم PLT طراز "Gigabit"

أجرت إذاعة CBS والإذاعة العمومية الوطنية (NPR) في الولايات المتحدة سلسلة من القياسات في مختبرات NPR مماثلة لقياسات المعهد IRT الموصوفة في البند 1.A3. وأخذت قياسات الإشعاع الكهرومغناطيسي بالإيصال من مودم PLT صنع بلكين طراز "Gigabit Power line HD" F5D4076-S v2.

1.3.A3 طريقة القياس

جرى توصيل مكيفين مودمين PLT من صنع Belkin طراز "Gigabit Power Line HD" (النموذج: F5D4076-S v2)، بواسطة شريط تمديد ذي سلكين طوله 1,8 m، ووُضِع كل ذلك في صندوق مدرّع كما يبدو في الشكل 33. والصندوق المدرّع مزوّد بمرشاح خط كهرباء تياره متناوب وبتوصيلات للتردد الراديوي متحدة المحور. وجرى توصيل المكيفين PLT بحاسوب مكتبي وبمسير إترنت إلى مخدّم. وأُطلق إرسال الملفات من المخدّم إلى الحاسوب.

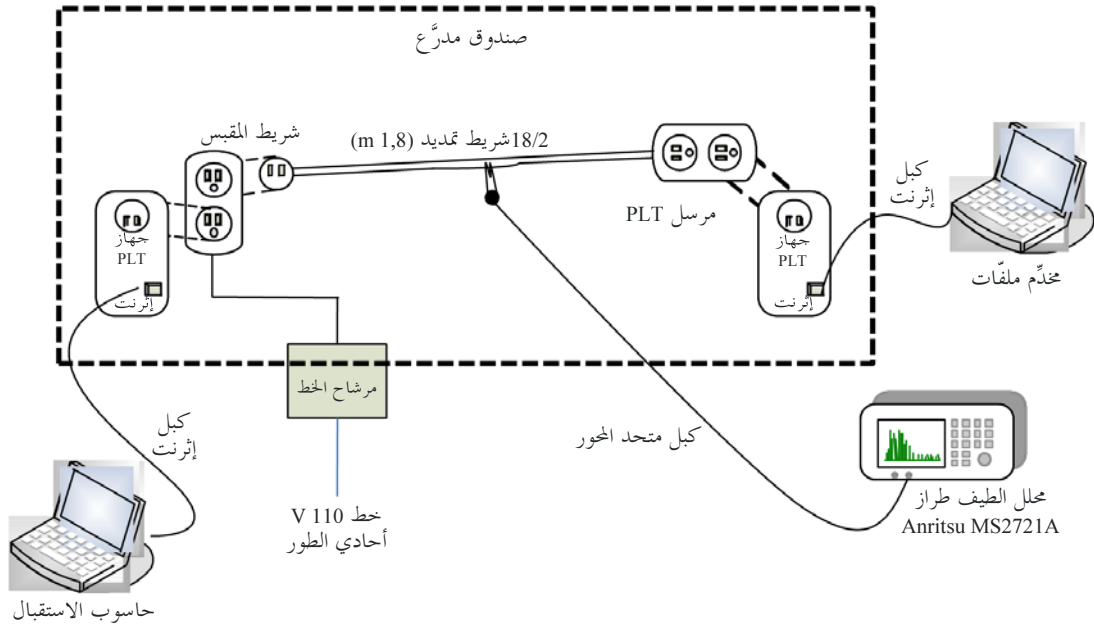
واستعمل محلل طيف طراز Anritsu نموذج MS2721A لتسجيل طيف الترددات. وكانت ضوابط محلل الطيف كما يلي (ما لم يُذكر خلاف ذلك):

- عرض نطاق الاستبانة (RBW): 1 MHz؛
- عدد حُطَي القياس: 551/كُنْس؛
- بدون مضخّم مسبق؛
- التوهين: 0 dB؛
- مكشاف القياس: ذروي؛
- الأثر: Max hold.

وحققت عروة ذات سلكين اقتران الجانب الأعلى لفلطية الخط الكهربائي مع محلل الطيف. وتوضح النتائج التالية قدرة الإشارة كدالة تردد مقيسةً بمحلل الطيف.

الشكل 33

تركيبة عدة قياس فيها صندوق مدرّع



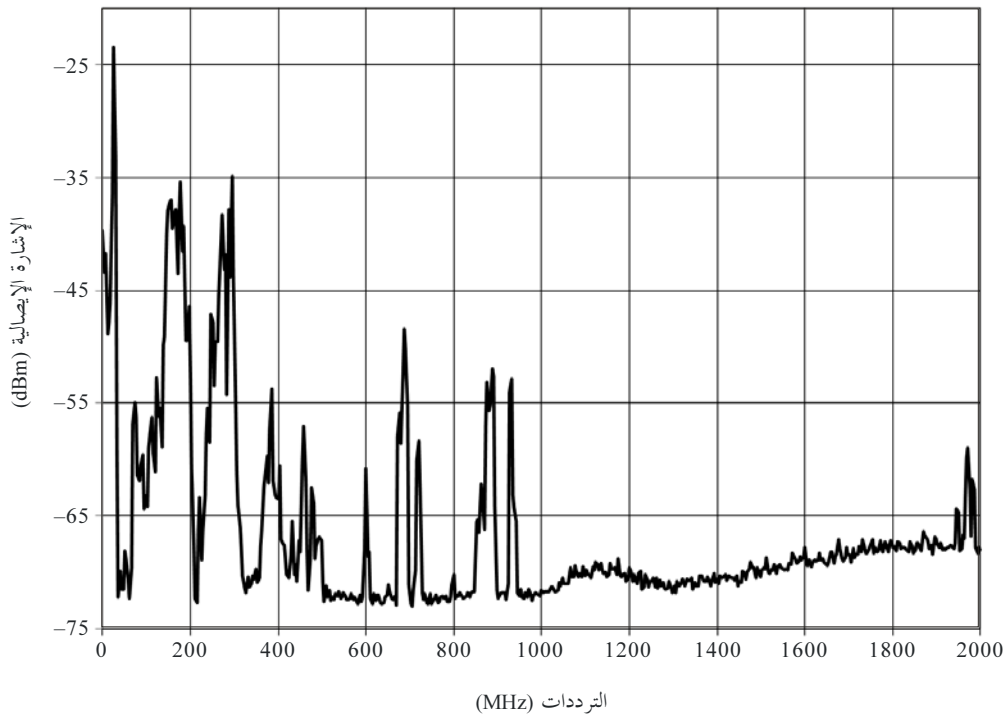


### 2.3.A3 نتائج قياس الإشعاع الكهرومغناطيسي بالإيصال لمودم PLT طراز Belkin “Gigabit power line HD” نموذج F5D4076-S v2

يبين الشكل 34 أن الإشارات محمولة على خط الكهرباء بين مودمي PLT من طراز Belkin “Gigabit power line HD” (النموذج: F5D4076 S v2) في وضع الراحة (بدون نقل بيانات). ويلاحظ أن خرج المكيّفين الأساسي يرتفع حتى 300 MHz كما ذكر في تقرير المعهد IRT. إلا أن البث يتجاوز 300 MHz ليصل حتى 930 MHz مع إشارة إضافية ظاهرة عند 1 970 MHz.

#### الشكل 34

الإشعاع بالإيصال الصادرة عن مودمي PLT من طراز Belkin “Gigabit power line HD”  
(النموذج F5D4076-S v2) – يلاحظ أن الإشعاعات تحدث حتى تردد 1 GHz وما فوق عند تردد 1,9 GHz  
(تشغيل معكوس النطاق (RBW): 3 MHz، السوية المرجعية: -30 dBm)

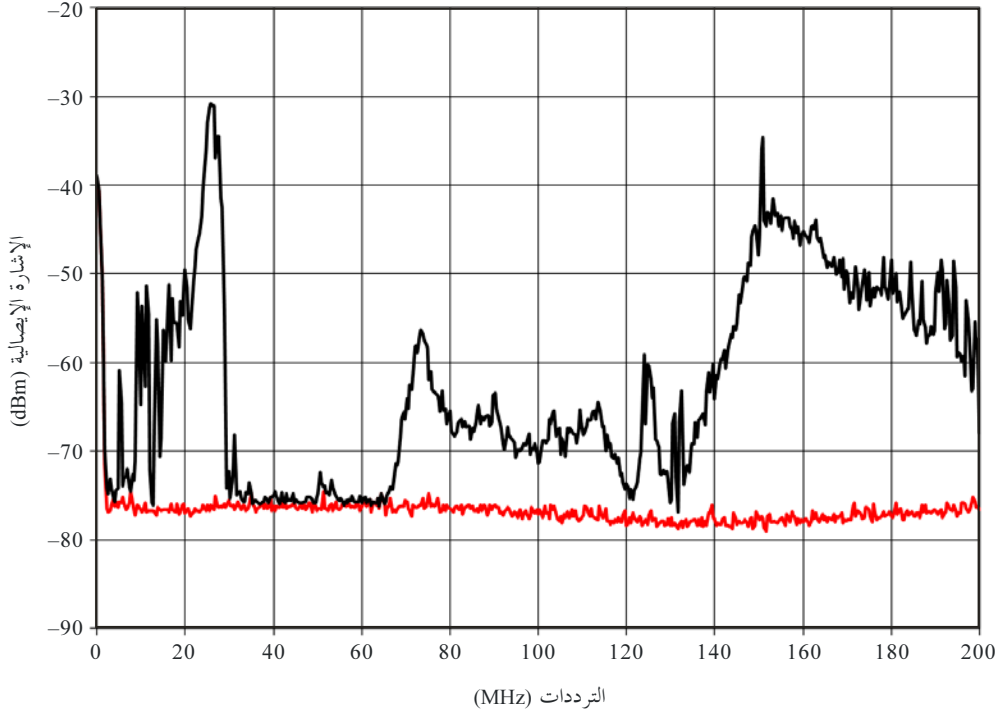


Report SM.2212-34

يبين الشكل 35 الإشعاعات بالإيصال الصادرة عن مودمي PLT طراز Belkin “Gigabit power line” (النموذج: F5D4076-S v2) حتى تردد 200 MHz والمودمان في وضع الراحة (ولا نقل للبيانات). ويقارن المنحني الأعلى (الأصفر) مع ضوضاء الخلفية (المنحني الأحمر) للصندوق المدرع المستعمل في الاختبار. ويلاحظ أن مودمي PLT لهما إشعاع أساسي حتى 27 MHz ثم من جديد فوق 70 MHz.

الشكل 35

الإشعاعات بالإيصال الصادرة عن مودميّ PLT طراز "Belkin Gigabit power line" (النموذج: F5D4076-S v2) في مدى تردد حتى 200 MHz. يمثل المنحني الأعلى (الأسود) إشعاع المودمين وهما في وضع الراحة (ولا نقل للبيانات)؛ ويمثل المنحني الأدنى (الأحمر) ضوضاء الخلفية للصندوق المدرّج المستعمل في الاختبار

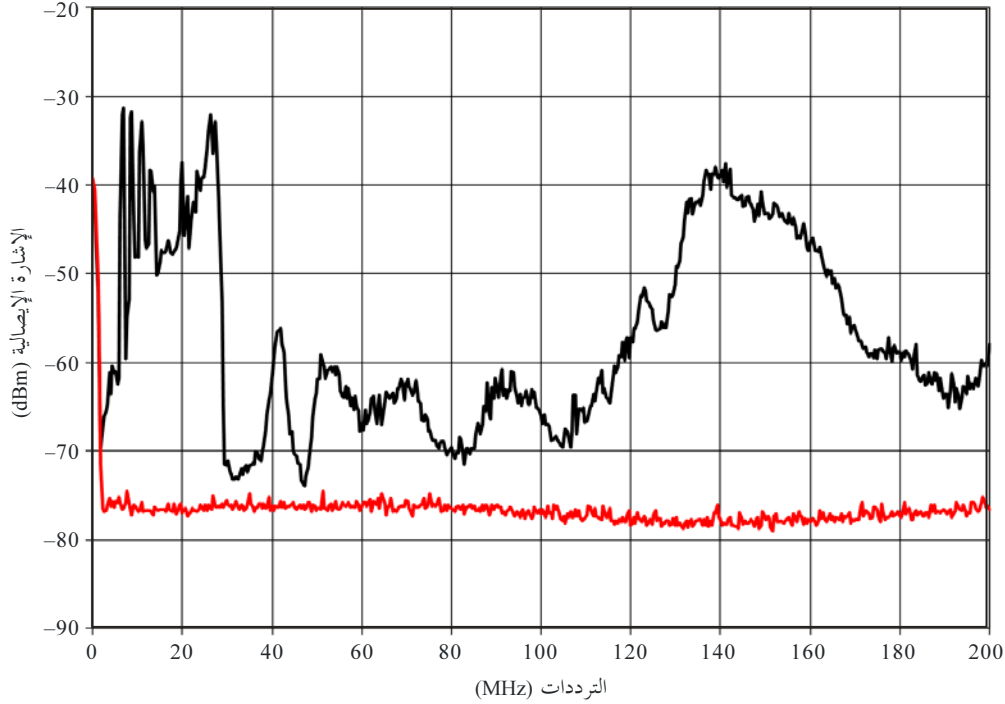


Report SM.2212-35

يبين الشكل 36 الإشعاعات الكهرومغناطيسية بالإيصال الصادرة عن مودميّ PLT طراز "Belkin Gigabit power line" (النموذج: F5D4076-S v2) مع تردد حتى 200 MHz والمودمان في حالة التشغيل (أثناء نقل للبيانات). المنحني الأعلى (الأسود) مقارن مع ضوضاء الخلفية (المنحني الأدنى الأحمر) للصندوق المدرّج المستعمل في الاختبار. ويلاحظ أن مودميّ PLT لهما إشعاعات إضافية مع الترددات بين 27 MHz و 70 MHz.

## الشكل 36

الإشعاعات بالإيصال الصادرة عن مودميّ PLT طراز "Belkin Gigabit power line" (النموذج: F5D4076-S v2) في مدى تردد حتى 200 MHz. يمثّل المنحني الأعلى (الأسود) إشعاع المودمين وهما ناشطان (أثناء نقل البيانات)؛ ويمثّل المنحني الأدنى (الأحمر) ضوضاء الخلفية للصندوق المدرّج المستعمل في الاختبار



Report SM.2212-36

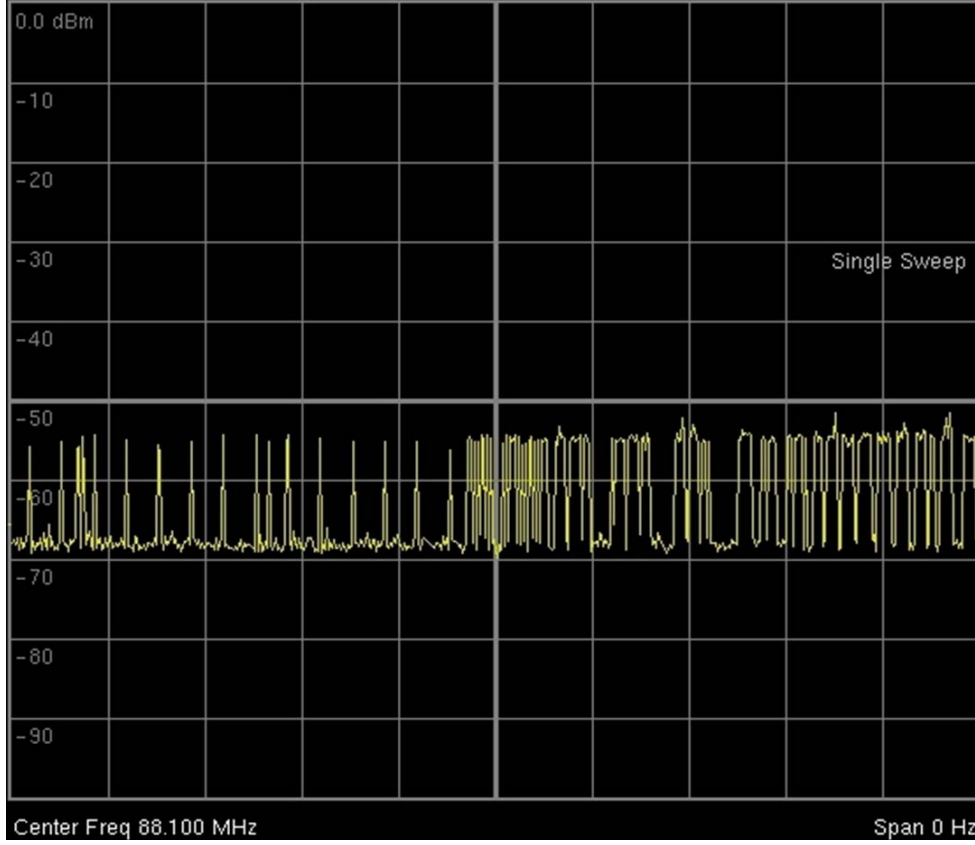
### 3.3.3A التداخل على مستقبل FM من مودم PLT طراز "Belkin Gigabit power line" نموذج F5D4076-S v2

بما أنه أُثبت بوضوح أن مودمات PLT ترسل إشعاعات حتى مع ترددات تفوق 27 MHz، فقد أُجري اختبار استعمل فيه مستقبل إذاعي للبت FM طراز boombox صنع Sony على مقربة من أجهزة PLT. ويبيّن الشكل 37 الإشعاعات بالإيصال الكهرومغناطيسية الصادرة عن مودميّ PLT طراز "Belkin Gigabit power line" (النموذج: F5D4076-S v2) يعملان بتردد واحد هو 88,1 MHz. ويُظهر محلل الطيف عملية كُنسٍ واحدة عند انتقال المودمين من حالة الراحة إلى حالة النشاط.

ويكون تأثير تداخل PLT على المستقبل الإذاعي للبت FM في الخرج السمعي في شكل "قرقرة" مزعجة وغير مقبولة. وكان معدّل النبض في حالة الراحة، المبيّن في الشكل المذكور على يسار الكُنس، قرابة 40 في الثانية، ثم ارتفع أثناء نقل البيانات كما هو مبيّن في النصف الأيمن من الشكل.

الشكل 37

الإشعاع بالإيصال الصادر لمدة ثانية عن مودميّ PLT طراز "Belkin Gigabit power line" (النموذج: F5D4076-S v2) يُرسلان بتردد واحد هو 88,1 MHz في النطاق الإذاعي FM. التداخل معروض في شكل قرقرة في الخرج السمعي



Report SM.2212-37

4.3.3A الاستنتاجات من قياسات CBS/NPR

أكدت سلسلة القياسات التي أجرتها إذاعة CBS والإذاعة العمومية الوطنية (NPR) في مختبرات NPR في الولايات المتحدة النتائج التي حصل عليها المعهد IRT في ألمانيا. وذلك أن مودم PLT طراز "Belkin Gigabit power line HD" النموذج F5D4076-S v2 له إشعاع ظاهر على امتداد طيف الترددات الراديوية فيما تحت 1 000 MHz. وإضافة إلى ذلك، ترى رابطة إذاعات أمريكا الشمالية (NABA) أن التوصية ITU-T G.9960 لا توفر حماية لخدمات الإذاعة الراديوية من التداخل الصادر عن إشعاعات تلك الأجهزة.

### 4.A3 قياسات هيئة الإذاعة البريطانية (BBC) للإشعاع الصادر عن شبكات PLT

#### 1.4.A3 مقدمة

أجرت هيئة الإذاعة BBC قياسات للإشعاع الصادر عن شبكات PLT في قاعة مستورة ومُنزَلين<sup>10</sup>، وأضافت إلى ذلك تحليلاً لآثار توزيع BBC على التغطية الإذاعية، بما في ذلك تنبؤات عن شدة المجال وقياسات لها. وجرت في إطار هذه الدراسة القياسات في مَنزَلين، واستندت إلى طريقة البرهان واختبارات المعايرة في بيئة مختبرية. ويمكن الاطلاع على طريقة الاختبار ونتائج إضافية في الكتاب الأبيض [المذكور في الحاشية].

وبما أن الاختبارات أُجريت في مجرد موقعي استقبال محليين، فإن من الصعب الاستقراء على وجه الدقة من هذه النتائج. أمّا وقد تبين أن التداخل حدث في ظروف ليست مكافئة لحافة التغطية (إذ كان بالفعل هامش كبير فوق ذلك)، فربما كان عدد المنازل التي يتأثر فيها استقبال برامج إذاعة FM وإذاعة DAB لا يُستهان به، فيما لو كانت مودمات PLT مستعملة على نطاق واسع. وهنالك في البندين 7 و 8 من الكتاب الأبيض<sup>10</sup> الصادر عن BBC تقييم أولي لتأثير ذلك على تغطية الخدمة وتخطيطها.

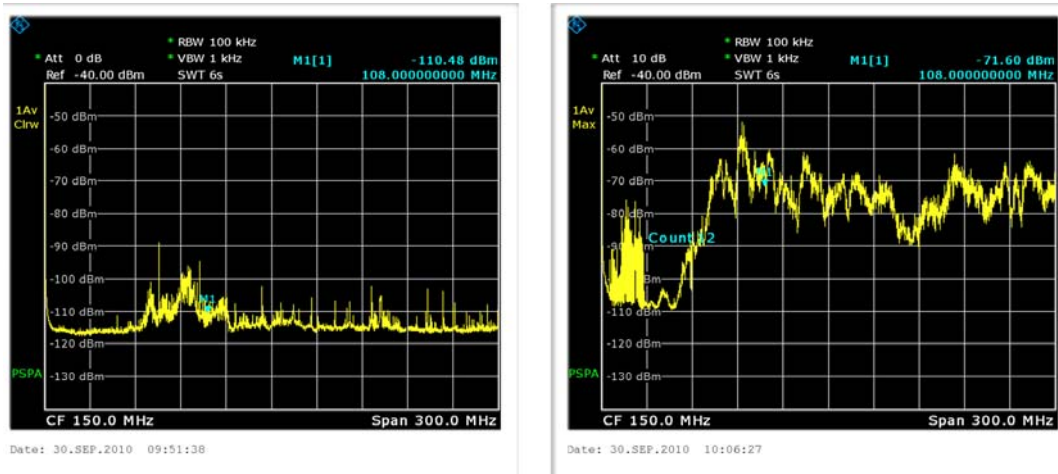
وتبرهن الملاحظات والقياسات الواردة هنا، وفي الكتاب الأبيض المذكور، على التأثير المعاكس من أنظمة PLT على استقبال بث VHF، تأثير يرجح أن يصادف في بيئة منزلية مغطاة. إلا أنه اكتُشِفَ بالتجربة تغيير كبير في تأثير التداخل تبعاً لموضع المستقبل في المنازل ولشدة المجال التي تتصف بها الإرسالات المختلفة التي تيسرت دراستها، وتبعاً لعوامل أخرى أيضاً. واكتُشِفَت حالات لم يلاحظ فيها تداخل ذو شأن، ومن ثم فإن المنازل لا تتأثر جميعها بنفس الطريقة في التشكيل المألوف لدى المستمع من حيث المستقبل والعُرفَة والمرسل. ولذا ينبغي الاضطلاع بمزيد من الدراسة لتحديد درجة التغيير بدقة أكبر، ومن ثم إحراز تقدير أفضل لتأثير أنظمة PLT على التغطية الإجمالية للإذاعة على الموجات المترية (VHF).

#### 2.4.A3 القياسات في حُجرة مستورة

يبين الشكل 38 قياسات الإشعاع في حجرة مستورة مع ترددات من 0 إلى 300 MHz بدون شبكة PLT (يسار الشكل)، ثم في حالة وجودها ونقلها البيانات (يمين الشكل).

الشكل 38

الإشعاع الصادر عن شبكة PLT للاختبار مقيساً في حُجرة مستورة



Report SM.2212-38

BBC Research White Paper WHP 195 - VHF emissions from PLT devices: First investigation of potential interference to broadcast reception. Authors: Mark Waddell (BBC R&D) & Jonathan Stott (Jonathan Stott Consulting). <sup>10</sup>

يمثل المنحني في القسم الأيسر من الشكل 38 طيف إشارة الهوائي في حالة توقيف عمل أجهزة PLT، ويمثل المنحني في القسم الأيمن التأثير الناجم عن تفعيل شبكة PLT وتمرير حركة البيانات فيها. ويلاحظ أن ضوضاء الخلفية بدون تزويد شبكة PLT بالكهرباء لم تكن خافتة تماماً، بل لوحظ بعض الإشعاع خصوصاً في مدى 60 إلى 120 MHz. ويُعتقد أن هذه الإشارات أشعها محلل الطيف نفسه<sup>11</sup>، على اعتبار أن جميع الأجهزة داخل الحجرة كانت مفصولة عن التيار من أجل عملية القياس هذه. ومع ذلك يبين المنحني في القسم الأيمن من الصورة أن إشعاع الشبكة PLT كان بسوية أكبر مما يسمح بحصول اختلاط. وبالفعل يفوق الإشعاع الصادر عن شبكة PLT ضوضاء الخلفية الممثلة في القسم الأيسر بمقدار 30-40 dB، حتى إنه لزم، تحسباً لحصول حمولة زائدة، إضافة توهين بمقدار 10 dB على محلل الطيف بخصوص المنحني في القسم الأيمن. ونتيجة لذلك يكاد من الممكن ملاحظة أن ضوضاء الخلفية محلل الطيف قد ارتفعت بصورة متساوية، أي نحو 45 MHz.

ويسترعي الاهتمام بشكل خاص الإشعاع القوي الذي حدث في مدى ترددات الموجات المترية (VHF)، من 50 إلى 300 MHz، ناجماً عن نقل البيانات في الشبكة - في هذه الحالة نقل ملفات طبقاً للبروتوكول FTP بمعدل قريب من 12 Mbit/s. فعلى سبيل المثال، ومتى طبق عامل التصحيح في معايرة الهوائي، تكون سوية الإشعاع عند 90 MHz نحو 47 dB(μV/m) في عرض نطاق قدره 100 kHz. وفي غياب إشعاع PLT، نلاحظ أن ضوضاء الخلفية للمحلل تساوي -115 dBm في عرض نطاق الاستبانة لمرشاح المحلل وقدره 100 kHz. وذلك يطابق كثافة ضوضاء بقيمة -165 dBm/Hz تطابق دورها مقدار 9 dB لضوضاء محلل. وفي حال تشغيل شبكة PLT وحملها حركة نقل بيانات، ترتفع كثافة الضوضاء بنحو 35 dB.

ومع أن شبكة PLT تستعمل البث بالموجات المترية (VHF) من أجل نقل البيانات، فإن الإشعاع يمكن أن يلاحظ أيضاً عند البث بالموجات الديكامتريية (HF) في مدى ما دون 30 MHz<sup>12</sup>.

وشدد مجال التداخل بالمقادير المذكورة في الشكل 38 مشاهمة لشدد مجال الإشارة المطلوبة للإذاعة الصوتية بالموجات المترية (VHF) ومن ثم من المتوقع حدوث تأثيرات كبيرة على الاستقبال.

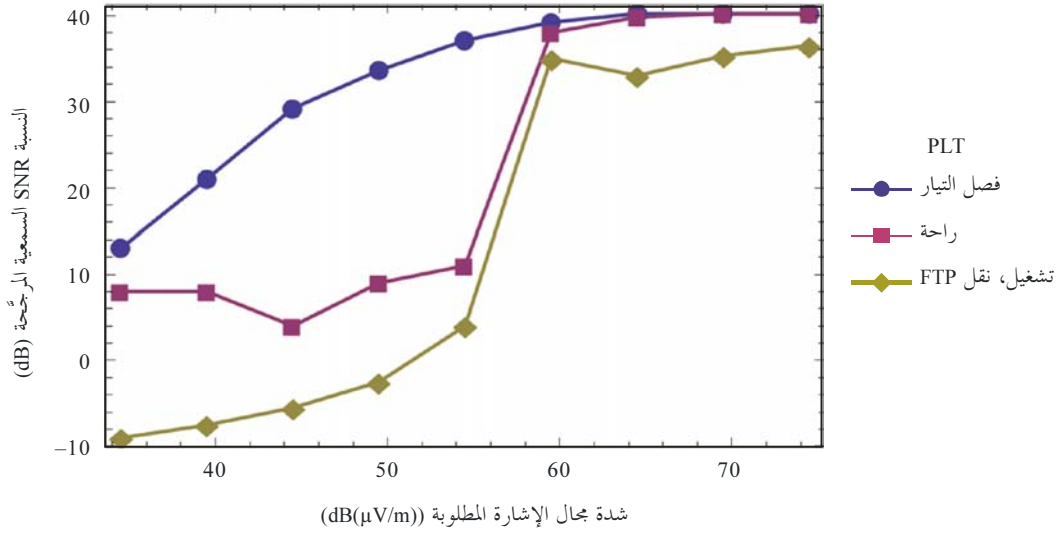
ويبين الشكل 39 بوضوح الضرر الكبير الذي يسببه تشغيل شبكة PLT ما لم تكن شدة مجال الإشارة المطلوبة عالية جداً. إذ إن لشدد المجال مدى (هو على وجه التقريب من 35 إلى 50 dB(μV/m)) تتبع فيه نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) في الإذاعة الصوتية إلى حد ما شدة المجال في غياب شبكة PLT. ففي هذا المدى يلزم أن تزداد شدة مجال الإشارة المطلوبة بنحو 20 dB من أجل استعادة النسبة SNR أثناء انشغال شبكة PLT.

11 تسيّر عادة إشارة القياس خارج الحجرة المستورة، بوضع عُدّة القياس، مثل محلل الطيف، في الخارج، بحيث لا يصل أي انبعاث منها إلى الهوائي الخاص بالقياس. ولكن في هذه المناسبة كان من الأوفق لإحراز تقدم أن يكون التجهيز مع مشغله الوحيد داخل الحجرة.

12 يُحذّر من الإفراط في الاستنتاج بشأن السويات النسبية فيما يخص البث على التردد HF و VHF، لأن الهوائي المستعمل في القياس ليس مصمماً من أجل البث على تردد HF، ولأن عامل التصحيح يتغير تغيراً ملحوظاً مع التردد (انظر التذييل). ويلاحظ أيضاً أن أسلوب "max-hold" استعمل كمحاولة لالتقاط الطيف بصرف النظر عن دورة تشغيل PLT. فيبدو أن أجهزة PLT المجرى عليها الاختبار من شأنها أن تستعمل البث على أي من التردد HF أو VHF لنقل البيانات الفعلي، تبعاً لما إذا كان التوصيل وافياً لتوفير قدرة مجدية مع البث VHF. ولكن أياً كان النطاق المستعمل، يجب أن يبقى النطاق الآخر في "وضع الراحة"، بحيث يمكن أن تظل القناة على استعداد. وهكذا فإن الانبعاثات تظل موجودة دائماً إلى درجة ما في كلا النطاقين.

## الشكل 39

تغيُّر النسبة SNR السمعية مع شدة مجال الإشارة المطلوبة، في حالة مستقبل  
محمول داخل حُجرة مستورة بطروف مختلفة لشبكة PLT



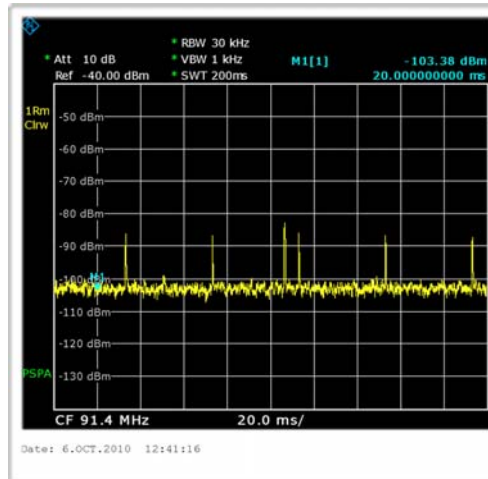
Report SM.2212-39

## 3.4.A3 القياسات في المنزل A

المنزل A بيت شبه منفصل، تخدمه جيِّداً إشارات FM و DAB. إذ إن إشارات شبكة FM الوطنية وافية بمعايير التغطية المخطط لها، ومتيسِّرة من محطَّتي إرسال. ولذا فإن المنزل A يتيح فرصة لمقارنة سيناريوهيْن لاستقبال البث FM من شبكة وطنية في نفس الموضع. وفي حال عدم تشغيل شبكة PLT، توفر كلتا محطَّتي الإرسال بسهولة استقبالا مُرضياً بجهاز محمول داخل المنزل. ويعرض الشكل 40 مخطط مجال زمني معدوم الامتداد يبيِّن الطبيعة شبه النبضية للتداخل عندما تكون شبكة PLT في حالة راحة.

## الشكل 40

مخطط مجال زمني معدوم الامتداد وشبكة PLT في حالة راحة

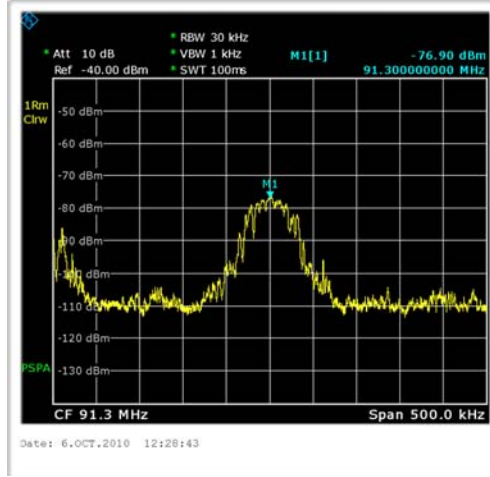


Report SM.2212-40

ويبين الشكل 41 استقبلاً داخل المبنى للإشارة المطلوبة من راديو BBC 3 FM الذي يُبث من مرسل موقعه في روثام (Wrotham)، وذلك في غياب تداخل من شبكة PLT. وتطابق شدة المجال نحو 40 dB(μV/m).

الشكل 41

إشارة من راديو BBC 3 FM صادرة عن مرسل روثام في غياب تداخل من شبكة PLT

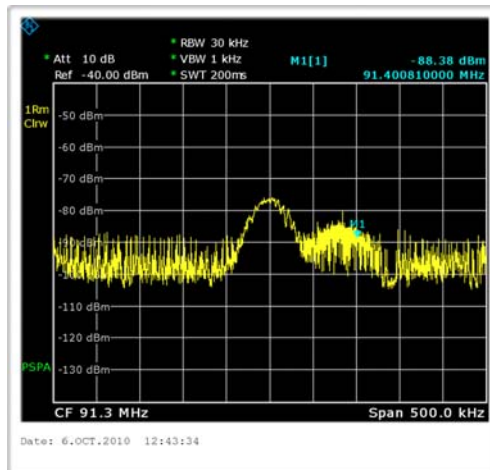


Report SM.2212-41

ويبين الشكل 42 الطيف أثناء تنفيذ شبكة PLT لعملية نقل. ومن الواضح أن الخلفية الضوضائية (الضوضاء + التداخل) مرتفعة ارتفاعاً ملحوظاً جداً.

الشكل 42

إشارة من راديو BBC 3 FM صادرة عن مرسل روثام وشبكة PLT تنفذ عملية نقل



Report SM.2212-42

لم يلاحظ في هذا الموقع تأثير حقيقي من تشغيل شبكة PLT على استقبال إشارات DAB داخل المبنى.



## 4.4.A3 القياسات في المنزل B

المنزل B تخدمه جيداً إشارات FM من الشبكة الوطنية، من محطة إرسال روتهام، وفيه أيضاً سويات الإشارة متيسرة وتفي بمعايير التغطية المخطط لها.

يبين الشكل 43 استقبال FM داخل المبنى، بالتصاحب مع تشغيل شبكة PLT بنقل البيانات وبدون ذلك. ويتبين، من المقارنة مع سيناريو المنزل A المعروض في الشكلين 41 و42، أن شدة الإشارة المطلوبة أكبر من نظيرتها بمقدار 11 dB بينما التداخل أعلى من نظيره ببضع وحدات dB فقط، أي أن نسبة الإشارة إلى التداخل قد تحسنت. وعليه فإن التداخل المسموع كان أقل حدة، ولكنه ظل مرفوضاً تماماً. إلا أن استقبال إشارة BBC من لندن على التردد 94,9 MHz وفي نفس الموضع كان أشد تشويشاً. وقيست شدة مجال الإشارة المستقبلة داخل المبنى فكانت أخفض بمقدار 3 dB من نظيرتها لإشارة FM المستقبلة من راديو BBC 3 FM.

والمنزل B تخدمه جيداً أيضاً إشارات DAB من الشبكة الوطنية، وتخدمه بدرجة متفاوتة المحطات "المحلية" المتعددة الإرسال. فالشبكات الوطنية توفر استقبالاً لبث DAB مكين الموثوقية بواسطة مستقبل محمول مزود ببطارية في كل مكان من المنزل. وليس هذا القول مجرد حكم ذاتي، على اعتبار أن مستقبلات DAB من شأنها إعطاء قياس موضوعي برصد تشغيل الوظيفة الداخلية لكشف الأخطاء وتصحيحها. ويمكن عملياً استعمال محطتي لندن 1 و3 المتعددتَي الإرسال تمام الاستعمال، في حين أن محطة لندن 2 غير موثوقة.

ويبين الشكل 43 أمثلة على أطياف مسجلة مع بعض التركيبات المشتملة على تشكيلة شبكة PLT وموقع مستقبل DAB. فيمكن تقدير نسبة الإشارة إلى التداخل (SIR) مباشرة بالتلفد البصري، لأن كلتا الشبكة PLT والإذاعة DAB عريضة النطاق بالقياس إلى عرض نطاق محل الطيف المستعمل في الاختبار. وعلى وجه الخصوص، يبين الجزء الأعلى الأيسر من الشكل 8 أن تمييز إشارات محطة لندن 3 وإشارات كلتا المحطتين الوطنيتين المتعددتَي الإرسال واضح، في حين أن محطات متعددة الإرسال محلية أخرى أضعف بشكل ظاهر. وهناك تغيير لا بأس به للموضع داخل المبنى، ويبين أسفل يمين المخطط في الشكل 43 سويات إشارة مرتفعة لجميع المحطات المتعددة الإرسال، يميل قليلاً لصالح المحطات الأعلى تردداً فيما بينها، ويبين أيضاً أن المحطات المتعددة الإرسال المحلية اللندنية أحرزت كسباً خفيفاً بالنسبة إلى نظيراتها الوطنية<sup>13</sup>.

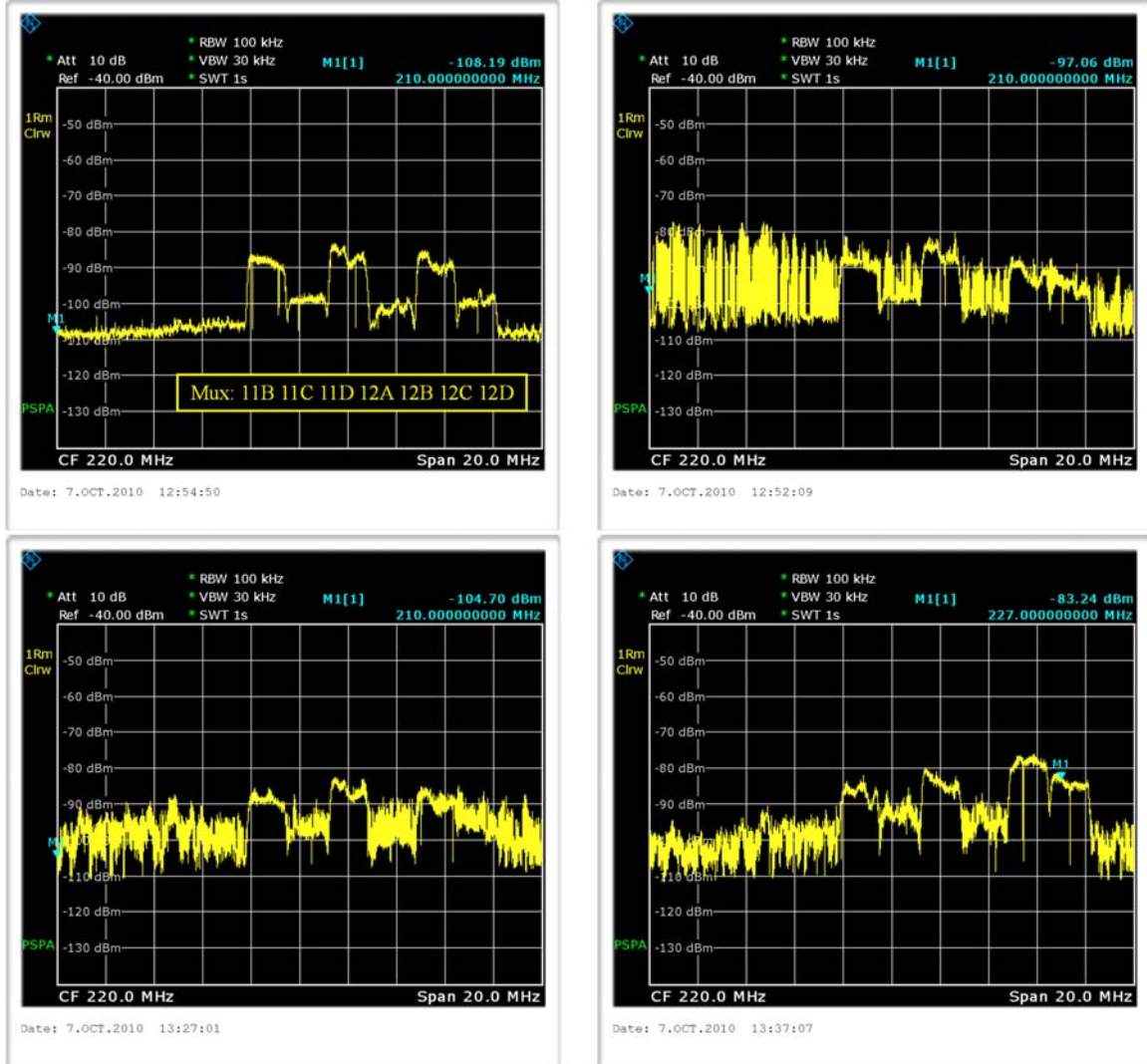
وفي الشكل 43، يمثل المخططان، العلوي الأيسر والعلوي الأيمن، الاستقبال بواسطة مستقبل في موضع واحد مع تشغيل شبكة PLT وبدون تشغيلها. فواضح أن التداخل في هذه الحالة يتجاوز حتى سوية أقوى المحطات المتعددة الإرسال (المحطات الوطنية مثلاً)، ولا عجب من تعذر استقبال بثها في هذا السيناريو.

والمخطط السفلي الأيسر من الشكل 43 هو لنفس موضع المستقبل، ولكن استعملت فيه من أجل الشبكة PLT منافذ إلى مقبس التيار مختلفة. ففي هذه الحالة تحسنت قليلاً نسبة الإشارة إلى التداخل (SIR)، ولكن أعيق الاستقبال كثيراً، حتى من الشبكات الوطنية. ويمثل المخطط السفلي الأيمن من الشكل 43 الاستقبال في موضع آخر ولكن مع الاحتفاظ لشبكة PLT بنفس التسيير الذي استعمل في الاستقبال الذي يمثله المخطط السفلي الأيسر. وفي هذه الحالة تحسنت النسبة SIR أكثر بقليل، وأمكن الاستقبال نوعاً ما للمحطات المتعددة الإرسال الأقوى.

13 تستعمل المحطتان المتعددتا الإرسال المحليتان اللندنيتان مجموعة من مواقع المرسلات، مختلفة عما تستعمله الشبكات الوطنية. والأقرب إلى المنزل B من بين مواقع كل منهما (أي Crystal Palace لوحدة Reigate للأخرى) يقعان شماله على وجه التقريب (الجهة المقابلة لأبواب فناء حجرة الجلوس) ولكن ليس لكل منهما نفس الاتجاه.

## الشكل 43

أطياف تعدد الإرسال لإذاعة DAB مع بعض التركيبات المشتملة على  
موضع المستقبل داخل المبنى وتشكيلة شبكة PLT



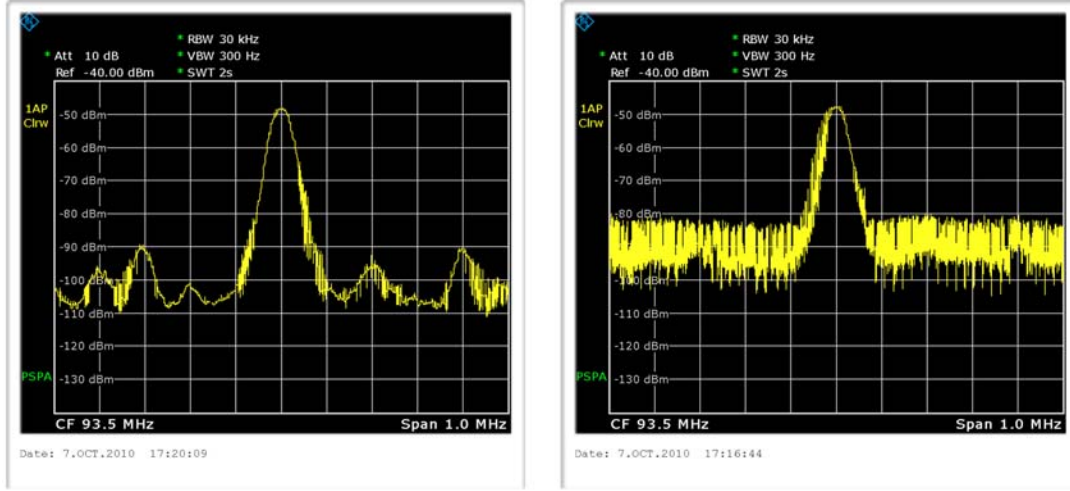
Report SM.2212-43

ثم إن المنزل B مجهز بهوائي خارجي من أجل راديو النطاق FM II مع مضخم توزيع موضوع في تسقيفة المنزل بحيث يمكن تزويد عدة حُجرات بإشارات من خارج البث.

ويبين الشكل 44 أطيافاً لاستقبال بث راديو BBC 4 FM في الشبكة الوطنية على التردد 93,5 MHz (مُرسل روثام). ويمثل المخطط الأيسر حالة الاستقبال وشبكة PLT خارج التوليف، بينما يمثل المخطط الأيمن الاستقبال وشبكة PLT تحمل حركة نقل بيانات. ويظهر هنا بوضوح انحطاط ضوضاء الخلفية بسبب التداخل من شبكة PLT.

## الشكل 44

أطياف راديو BBC 4 FM (مرسل روثام، تردد 93,5 MHz) استقبال في المنزل B  
 استعمل له هوائي خارجي مع شبكة PLT غير عاملة (المخطط الأيسر)،  
 ثم عاملة بنقل بيانات (المخطط الأيمن)



Report SM.2212-44

ولكن ينبغي الحذر عند الاستدلال على نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) ونسبة الإشارة إلى التداخل (SIR) من هذه النتائج. إذ إن عرض نطاق محلل الطيف المستعمل يساوي هنا 30 kHz، بينما عرض نطاق مستقبل FM أكبر منه بمقدار ملحوظ. وعليه فإن نسبة SIR RF في المستقبل بوجود حركة النقل في شبكة PLT ستكون أسوأ مما يوحي به المنحنى في القسم الأيمن من الشكل. ويجب كذلك في تفسير النسبة SNR الممثلة في المنحنى الأيسر أن يراعى عاملين هما عرض النطاق من جهة، وكون محلل الطيف قد زُوّد بموهن في الدارة منعاً لحدوث حمولة زائدة، من جهة أخرى.

## 5.4.A3 الاستنتاجات

تقدّم هذه الدراسة قياسات طيفية للإشعاع الصادر عن مودمات PLT عالية السرعة بالمقارنة مع الإشارات المطلوبة من مرسلات النطاق II FM ومرسلات DAB النطاق III. وقد أُجريت هذه القياسات في موقعي منزليين تمثليين لبيئة الاستقبال، واستندت إلى طريقة البرهان واختبارات المعايرة في بيئة مختبرية.

وتبيّن النتائج إن الإشعاعات التي تصدر عن شبكة PLT مشابهة لشدة المجال المطلوبة من أجل الاستقبال والمستعملة في طرائق التخطيط الراسخة. ففي الواقع، ترفع إشعاعات شبكة PLT الضوضاء الخلفية إلى سوية بحيث تقع المناطق المتمتعة سابقاً بتغطية جيدة تحت تغطية حدودية. وبالفعل تنخفض نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) إلى مقربة العتبة المقبولة، وتنحط جودة السماع بسرعة من وضوئائي إلى غير مفهوم. بمجرد تغيير طفيف في بعض العوامل مثل موضع المستقبل وظروف الانتشار التروبوسفيري.