

*ITU-R SM.1755-0 التوصية

خصائص تكنولوجيا النطاق العريض للغاية

(المسألان ITU-R 226/1 و ITU-R 227/1)

(2006)

مجال التطبيق

المعلومات المتعلقة بالخصائص التقنية والتشغيلية للأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا النطاق العريض للغاية (UWB) ضرورية لدراسة أثر هذه الأجهزة على سائر خدمات الاتصالات الراديوية. وترد في هذه التوصية قائمة بمصطلحات وتعريفات تكنولوجيا النطاق UWB فضلاً عن خصائصها العامة.

كلمات أساسية

تكنولوجيا النطاق العريض للغاية، قصير/قصيرة المدى، التشكيل، خدمات الاتصالات الراديوية

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن الإرسالات المقصودة من أجهزة تستعمل تكنولوجيا النطاق العريض للغاية يمكن أن تمتد عبر مدى تردد كبير للغاية؛
- ب) أنه تُستحدث أجهزة تستعمل تكنولوجيا UWB بإرسالات تمتد عبر عدة توزيعات لخدمات الاتصالات الراديوية؛
- ج) أن الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB يمكنها بالتالي أن تؤثر أنياً على الكثير من الأنظمة التي تعمل ضمن عدد من خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها المستعملة دولياً؛
- د) أن بالإمكان دمج تكنولوجيا UWB في الكثير من التطبيقات من قبيل الاتصالات القصيرة المدى الداخلية والخارجية وتطبيقات التصوير بالرادار، والتصوير الطبي، وتتبع الأصول، والمراقبة والرادارات المحمولة على متن المركبات وتطبيقات النقل الذكي؛
- هـ) أنه قد يصعب تمييز إرسالات UWB عن حالات البث أو الإشعاعات غير المقصودة في التجهيزات التي تحتوي أيضاً على تكنولوجيات أخرى يتعين فيها تطبيق حدود مختلفة؛
- و) أن التطبيقات التي تستعمل تكنولوجيا UWB قد تفيد قطاعات مثل قطاع حماية الجمهور والبناء والهندسة والعلوم وتطبيقات المستهلكين وتكنولوجيا المعلومات والترفيه المتعدد الوسائط وقطاع النقل؛
- ز) أن استخدام الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB في تطبيقات معينة قد يؤدي إلى نشرها بكثافة عالية في بعض البيئات التي تنتشر فيها بالفعل محطات خدمات الاتصالات الراديوية أو ستُنشر فيها هذه المحطات؛
- ح) أن متطلبات الطيف والقيود التشغيلية المتعلقة بالأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB قد تختلف باختلاف تطبيقاتها؛
- ط) أن الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB تعمل عادة على أساس غير محمي وبدون تداخل؛
- ي) أن المعلومات المتعلقة بالخصائص التقنية والتشغيلية للأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB وتطبيقاتها ضرورية لدراسة أثر هذه الأجهزة على خدمات الاتصالات الراديوية؛

* أدخلت لجنة الدراسات 1 للاتصالات الراديوية في عامي 2018 و 2019 تعديلات صياغية على هذه التوصية وفقاً للقرار ITU-R 1.

(ك) أن المعلومات المتعلقة بالمصطلحات والتعاريف المصاحبة لتكنولوجيا UWB، والأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB هي معلومات ضرورية؛

توصي

1 بضرورة استعمال المصطلحات والتعاريف والمختصرات الواردة في الملحق 1 في وصف تكنولوجيا UWB والأجهزة التي تستعمل هذه التكنولوجيا؛

2 ينبغي استعمال الخصائص العامة الواردة في الملحق 2 لتحديد خصائص تكنولوجيا UWB؛

3 ينبغي مراعاة الخصائص التقنية والتشغيلية الواردة في الملحق 3 عند إجراء دراسات تتعلق بتأثير الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB على أنظمة الاتصالات الراديوية (وهي الأجهزة غير المعترف حالياً بأنها تعمل بموجب التوزيعات على خدمات الاتصالات الراديوية)؛

4 أن الملاحظتين الواردين أدناه تعتبران جزءاً من هذه التوصية.

الملاحظة 1 - عملاً بالأحكام المحددة في لوائح الراديو، ينبغي أن تكفل الإدارات التي تميز استخدام الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB أو تمنح رخصاً بتشغيلها، ألا تسبب هذه الأجهزة تداخلاً لخدمات الاتصالات الراديوية التابعة لإدارات أخرى أو تطالب بالحماية منها أو تفرض قيوداً عليها، وذلك على نحو ما هو محدد في لوائح الراديو، وأن تعمل هذه الأجهزة وفقاً لهذه اللوائح.

الملاحظة 2 - عندما تتسلم الإدارات إخطاراً بحدوث تداخل في خدمات الاتصالات الراديوية المشار إليها في الملاحظة 1 أعلاه من أجهزة تستعمل تكنولوجيا UWB، ينبغي أن تتخذ هذه الإدارات إجراءً (إجراءات) فورياً/فورية لإزالة هذا التداخل.

الملحق 1

المصطلحات والتعاريف والمختصرات المتعلقة بالنطاق العريض للغاية

1 المصطلحات والتعاريف الخاصة بالنطاق العريض للغاية

عند وصف تكنولوجيا وأجهزة النطاق العريض للغاية (UWB)، فإن المصطلحات المتعلقة بها تُعرف على النحو التالي:

تكنولوجيا النطاق العريض للغاية: هي تكنولوجيا اتصالات راديوية قصيرة المدى تنطوي على التوليد والإرسال المقصودين لطاقة الترددات الراديوية التي تنتشر عبر مدى تردد كبير للغاية قد يتداخل مع عدة نطاقات ترددات موزعة على خدمات اتصالات راديوية. وعادةً ما يصدر عن الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB إشعاعاً مقصوداً من الهوائي بعرض نطاق قدره -10 dB ذي تردد يبلغ 500 MHz على الأقل أو بعرض نطاق كسري قدره -10 dB يزيد على المقدار 0.2^1 .

إرسال النطاق العريض للغاية: إشعاع مولد باستعمال تكنولوجيا UWB.

عامل النشاط: هو جزء من الوقت يقوم خلاله جهاز يستعمل تكنولوجيا UWB بعملية الإرسال.²

النبض: تمور قطبية أحادية الاتجاه تستعمل في أغلب الأحيان لإثارة مرشح يحدد النطاق UWB ويكون خرجها عند إشعاعه، نبضة من نبضات UWB.

النبضة: عبارة عن إشارة UWB عابرة قصيرة ومشعة فترتها الزمنية متبادلة اسمياً مع عرض نطاقها البالغ -10 dB.

جهاز التصوير بالرادار: جهاز يُستعمل لالتقاط صور للأجسام المحجوبة بعارض، ويشمل ذلك الكشف عن الأجسام في باطن الجدران وعبرها، ورادار استكشاف باطن الأرض، والتصوير الطبي، وأجهزة التصوير المستعملة في أغراض البناء وترميم المنازل، والتعدين، وأجهزة المراقبة.

جهاز رادار استكشاف باطن الأرض (GPR): هو جهاز تصوير بالرادار يعمل عادة عندما يكون في تماس مباشر مع الأرض أو قريب منها للغاية لغرض الكشف عن الطبقات الموجودة تحت سطح الأرض أو رسم خرائط لها. ومع أن الأجهزة تُستعمل أساساً لدراسة "الطبقات الموجودة تحت سطح الأرض"، فإن بالإمكان توسيع نطاق المصطلح "أرض" ليُقصد به أي مادة عازلة كهربائياً ومبعدة للطاقة.

جهاز تصوير باطن الجدران بالرادار: هو عبارة عن محساس معد لغرض تفحص باطن الجدران ورسم خرائط لها. وعادة ما يُشيد الجدار من هيكل من الخرسانة المسلحة أو مادة مماثلة مصممة وكثيفة القوام تمتص معظم طاقة الموجات الراديوية التي ترتطم بها. وتشمل التطبيقات النموذجية الجدران المبنية من الخرسانة المسلحة، أو جدران الاحتجاز، أو بطانات الأنفاق، أو جدران المناجم،

¹ يُحسب عرض النطاق -10 dB B_{-10} وعرض النطاق النسبي -10 dB كما يلي:

$$B_{-10} = f_H - f_L$$

$$\mu_{-10} = B_{-10}/f_C$$

حيث:

f_H : أعلى تردد تكون عنده الكثافة الطيفية لقدرة الإرسال بالنطاق UWB بمقدار -10 dB بالمقارنة مع f_M

وحيث:

f_M : تردد الحد الأقصى للإرسال بالنطاق UWB

f_L : أدنى تردد تكون عنده الكثافة الطيفية لقدرة الإرسال بالنطاق UWB بمقدار -10 dB بالمقارنة مع f_M ،

$f_C = (f_H + f_L)/2$: التردد الرئيسي لعرض النطاق -10 dB.

ويمكن التعبير عن عرض النطاق الكسري بنسبة مئوية.

² انظر الفقرة 3 من الملحق 3 للاطلاع على عدة أجهزة.

أو الجدران الجانبية للجسور، أو أي هيكل مادي آخر كثيف القوام وسميك بما فيه الكفاية ليبدد ويمتص معظم قوة الإشارة المرسله من جهاز التصوير.

جهاز التصوير بالرادار عبر الجدران: هو محساس يُستعمل لإرسال الطاقة عبر هيكل مصمت من قبيل جدار أو سقف للكشف عن حركة أو موقع الأشخاص أو الأجسام الموجودة في الجانب الآخر منه. وتُصمم هذه الأجهزة عن قصد لرفع مستوى نقل الطاقة إلى أقصى حد عبر أي هيكل مصمت. وقد تضم هذه الفئة منتجات كمسامير تحديد المواقع المعدة لغرض تحديد مواقع الأجسام المستترة خلف جدران ليست سميكة أو كثيفة بما فيه الكفاية لتمتص الإشارة المرسله، كالجدران المبنية من مادة الجبس أو الجص أو أي جدران مماثلة.

جهاز الاتصالات بالنطاق *UWB*: هو عبارة عن جهاز اتصالات قصير المدى يرسل و/أو يستقبل المعلومات المرسله فيما بين الأجهزة.

جهاز القياس بالنطاق *UWB*: هو جهاز يُستعمل لقياس المسافة أو الموقع.

جهاز التصوير للأغراض الطبية: هو محساس يُستعمل للكشف عن موقع أو حركة الأجسام داخل جسم الإنسان أو جسم الحيوان. أجهزة تحسس المواقع وتتبعها: عبارة عن شبكة محاسيس مركبة في مواقع مخصصة بدقة لتحديد موقع جهاز بعيد باستعمال تكنولوجيا *UWB*.

أجهزة الرادار المحمولة على متن المركبات: هي أجهزة مركبة على متن مركبات النقل البري للكشف عن موقع وحركة الأشخاص أو الأجسام القريبة من مركبة ما.

الجهاز المتعدد الوظائف: هو عبارة عن جهاز يمكن بواسطته تنفيذ العديد من تطبيقات *UWB*، كالتصوير بالرادار، والرادارات المحمولة على متن المركبات، وتحسس المواقع وتتبعها، ووظائف الاتصالات، وذلك باستعمال منصة مشتركة.

الملاحظة 1 - إن مصطلحات عرض النطاق اللازم، وعرض النطاق المشغول، والإرسالات غير المطلوبة، والمجال خارج النطاق، والمجال الهامشي المحددة في المادة 1 من لوائح الراديو هي عموماً مصطلحات لا تمت بصلة إلى إرسالات النطاق العريض للغاية.

2 المختصرات ذات الصلة بالنطاق العريض للغاية

DS-CDMA	نفاذ متعدد بتقسيم شفري مباشر التابع (<i>Direct sequence-code division multiple access</i>)
DSSS	انتشار الطيف بتسلسل مباشر (<i>Direct sequence spread spectrum</i>)
GPR	رادار استكشاف باطن الأرض (<i>Ground penetrating radar</i>)
MB-OFDM	تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد متعدد النطاقات (<i>Multiband OFDM</i>)
OFDM	تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (<i>Orthogonal frequency division multiplexing</i>)
PPM	تشكيل مواقع النبضات (<i>Pulse position modulation</i>)
PRF	تردد تكرار النبضات (<i>Pulse repetition frequency</i>)
PSD	الكثافة الطيفية للقدرة (<i>Power spectral density</i>)
RBW	عرض نطاق الاستبانة (<i>Resolution bandwidth</i>)
SRR	رادار قصير المدى (<i>Short-range radar</i>)
UWB	نطاق عريض للغاية (<i>Ultra-wideband</i>)
WPAN	شبكة لاسلكية محلية شخصية (<i>Wireless personal area network</i>)

الملحق 2

الخصائص العامة لتكنولوجيا النطاق العريض للغاية (UWB)

1 إمكانية الاستعمال بكثافة عالية

ثمة إمكانية لدمج تكنولوجيا UWB في تطبيقات كثيرة يمكن أن تعود بفوائد على الجمهور، والمستهلكين، والأعمال التجارية، والصناعات، فيمكن دمجها مثلاً في تطبيقات تحسين سلامة الجمهور من خلال استعمال أجهزة رادار محمولة على متن المركبات لتلافي وقوع الاصطدامات، وتنشيط الأكياس الهوائية الواقية ومحاسيس الطرق، وأجهزة الاتصالات القصيرة المدى بمعدل معطيات عالية، وأجهزة التوسيم، وكاشفات ومحاسيس سويات السوائل، وأجهزة المراقبة، وأجهزة تحديد المواقع، وكبديل للتوصيلات السلكية بمعدل معطيات عالية عبر مسافات قصيرة. ومع أن معظم الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB تعمل بقدرة ضئيلة جداً، فإن التطبيقات العديدة والمحتملة لهذه التكنولوجيا يمكن أن تؤدي إلى ارتفاع كثافة استخدامها في أوساط معينة من قبيل المكاتب ومراكز الأعمال التجارية.

2 معدلات معطيات عالية

يمكن أن تعمل الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB بمستويات طاقة ضئيلة للغاية، وبمقدورها أن تدعم تنفيذ تطبيقات تشمل عدة مستعملين بمعدلات معطيات عالية (مثل الشبكات اللاسلكية المحلية والشخصية القصيرة المدى (WPANs) العاملة بمعدلات معطيات أعلى من 100 Mbit/s).

3 الاتصالات المأمونة

يُحتمل أن تكون إشارات UWB أكثر سرية وأصعب من حيث الكشف عنها من إشارات الاتصالات الراديوية بدون تكنولوجيا UWB، ويُعزى ذلك إلى أن إشارات UWB تحتل عرض نطاق أكبر، ويمكن أن تكون شبيهة بالضوضاء، وقابلة للتبادل بشفرة زمنية عشوائية وحيدة بمعدل ملايين البتات في الثانية. وعادة ما تُمثل كل بتة بعدد كبير من النبضات المتعدنية الاتساع للغاية بحيث يقل عادة عن سوية الضوضاء. وتؤمن هذه الخصائص إرسالات مأمونة مع تقليل احتمال الكشف عنها (LPD) وتدني احتمال اعتراضها (LPI).

4 الاتصالات القوية

تُصمم الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB عموماً لتحقيق كسب معالجة كبير، وهو مقياس لشدة مقاومة الجهاز للتداخل.

5 قدرة نظام الاتصالات

يمكن حساب القدرة النظرية لأي نظام اتصالات، بما في ذلك أي نظام يستعمل تكنولوجيا UWB، بتطبيق معادلة شانن الآتية:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{\int P_d(f) df}{\int N_0 df} \right)$$

حيث:

C: قدرة القناة (s/bit)

B: عرض نطاق القناة (Hz)

$P_d(f)$: الكثافة الطيفية لقدرة الإشارة (Hz/W أو Hz/dBm)

N_0 : الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء (Hz/W أو Hz/dBm)

وتبين معادلة شانن أن القدرة النظرية لقناة نظام اتصالات يستعمل تكنولوجيا UWB كبيرة جداً بسبب عرض نطاقها، حتى إن كانت كثافة قدرتها الطيفية منخفضة جداً ومقيدة من حيث الاتساع.

6 أطياف قدرة إشارات UWB

لإشارات UWB المولدة بواسطة التشكيل الأساسي لمواقع النبضات عدة ذرى طيفية. ويُضفى طابع العشوائية على هذه الإشارات لجعلها أكثر شهاً بالضوضاء. وعادة ما يتم التحكم في شكل الكثافة الطيفية لقدرة إحدى إشارات UWB المرسل من خلال اختيار أشكال النبضات المناسبة، وتقنية التشكيل، وارتعاش التوقيت، وتتابعات الشفرات بشبه ضوضاء المستعملة في إضفاء طابع العشوائية على نبضات UWB. وعلاوة على ذلك، يمكن تحديد الشكل الطيفي لإرسال إشارات UWB بواسطة مكونات من قبيل الهوائيات.

1.6 المتطلبات اللازمة لتوفير عرض نطاق كبير

تنتشر إرسالات UWB على عرض نطاق تردد عالي للغاية بالمقارنة مع الإرسالات التي لا تستعمل تكنولوجيا UWB. ومن بين التحديات المطروحة في هذا الصدد إيجاد طيف ملائم وطريقة لإدخال تطبيقات UWB من دون إحداث تداخل في خدمات الاتصالات الراديوية.

2.6 تحديد شكل النبضة

يمكن تحديد شكل النبضة من التحكم في محتوى تردد إرسال UWB الذي يمكن أن يقلل التداخل في أنظمة الاتصالات الراديوية. وثمة أمر جوهري يتمثل في ضرورة أن يكون متوسط أشكال نبضات اتصالات UWB بقيمة صفر لأنه من المتعذر على الهوائي أن يرسل إشارات بتردد صفري. ويمكن دمج التصميم الابتكارية لأشكال النبضات وطائفة متنوعة من خيارات التشكيل في تصميم أنظمة اتصالات تستعمل تكنولوجيا UWB.

3.6 تشكيلات UWB

يمكن تشفير المعلومات في نبضات UWB باستعمال تشكيل مواقع النبضات (أي، تشكيل PPM ثنائي أو M -ary)، وتشكيل اتساع النبضات (أي، تشكيل PAM ثنائي أو M -ary)، وتشكيل قطبية النبضة بطور ثنائي (أي، تشكيل BPM)، من خلال تشكيل بواسطة نبضتين إيجابيتين متبوعتين بنبضة سلبية أو العكس بالعكس، وزحزحة فتح النبضة - غلقها (OOK). وعلاوة على ذلك، يمكن استعمال توليفات تجمع بين هذه التشكيلات. وثمة مثال مبين على استعمال مخطط هجين لتشكيل ثنائي الطور وتشكيل PPM لإزالة المكونات المنفصلة للكثافة الطيفية لقدرة UWB.

وينطوي إرسال إشارة UWB على تحديد شكل النبضة، وانتشارها، وتشكيلها، وإضفاء طابع العشوائية عليها. ويؤدي تشكيل الإشارة المذكورة بهجين مناسب وإضفاء طابع العشوائية عليها إلى أن يبدو طيفها وكأنه ضوضاء غوسية بيضاء إضافية. ويؤثر انتقاء مخطط تشكيل UWB على الكثافة الطيفية لقدرة الإشارة المشعة وبالتالي، على خدمات الاتصالات الراديوية. ويمكن، بوجه خاص، تخفيف أو إزالة أثر المكونات المنفصلة للكثافة الطيفية للقدرة (PSD).

1.3.6 تشكيل مواقع النبضات (PPM)

التشكيل PPM هو تقنية تشكيل UWB تُمثل بواسطتها المعطيات بموجب حالات زحزحة زمنية بالنسبة إلى زمن مرجعي. وكان التشكيل PPM الثنائي خياراً أولياً وشائعاً اختير في الماضي ودُكر في وقت مبكر للغاية في المؤلفات التي تعالج الاتصالات بتكنولوجيا UWB. وقد تمتلك إشارات UWB المشكلة بواسطة التشكيل PPM أطيفاً منفصلة لا تنقل أية معلومات، وقد تسبب تداخلاً. ويمكن تخفيف ذلك بشكل كبير بإضفاء طابع العشوائية على مواقع النبضات باستعمال تتابعات بشبه ضوضاء، مما يؤدي إلى تبيض الطيف بشكل كبير. ويُسمى طابع العشوائية هذا المضفي على التشكيل PPM في أغلب الأحيان قفزاً زمنياً (TH). وثمة طريقة أخرى لتقليل التداخل الناجم عن إشارات UWB المشكلة بواسطة PPM تتمثل في زيادة فترات مباعده قطار النبضات، حيث يقلل ذلك تواتر حدوث المكونات المنفصلة للكثافة PSD.

والنبض المتعدد النطاقات (MB-I) UWB هو أحد أشكال تشكيل مواقع النبضات حيث يتضمن طريقة يُقسم بموجبها الطيف إلى نطاقات فرعية. وتُرسل حالات النبض القصيرة المدد للغاية في تتابعات تردد وقفز زمني عبر عدة نطاقات فرعية. وتُستعمل قطبية المعطيات أو تشكيلها الثنائي الطور مع حالات نبض ذات قفزات للزمن والترددات. ويمكن استخدام مجال تشكيل متعدد الأبعاد عن طريق ملء إحدى مصفوفات الزمن والتردد مع النبضات، كما يمكن استعمال تشكيلات معقدة وفعالة يمكن الكشف عنها بطريقة متماسكة (فيما يتعلق بالمقدار E_b/N_0). وتؤدي قفزات الزمن-التردد إلى الحصول على نوعية إشارة شبيهة بالضوضاء.

2.3.6 التشكيل ثنائي الطور

يُستعمل في التشكيل الثنائي الطور شكل نبضة معين وقيمه السلبية لتمثيل قيمتي الصفر والواحد. ويُحصل بفضل التشكيل الثنائي الطور على فائدة يتراوح مقدارها بين 3 إلى 6 dB عبر التشكيل PPM في الأوساط الخالية من تعدد المسيرات، كما تقل قدرة ذروة هذا التشكيل إلى نسبة متوسط قدرة يقل عن 3 (بالمقارنة مع موجة جيبيه بنسبة قدرها 2).

3.3.6 تشكيل اتساع النبضة (PAM)

التشكيل PAM هو تقنية تغير اتساع النبضات المرسله على أساس المعطيات المقرر إرسالها. وتُنقَى في الأجهزة المشكلة بواسطة التشكيل PAM مجموعة اتساعات لتمثيل المعطيات المقرر إرسالها. وقد يُشكل اتساع أي نبضة متوسطها صفر بصرف النظر عن شكلها بتغيرات قدرها $1 \pm$ (تشوير ثنائي) أو تغير M (تشكيل M -ary PAM). ويمكن إزالة تشكيل إشارات PAM بواسطة تقنيات غير متماسكة.

4.3.6 تشكيل زحزحة الفتح-الإيقاف (OOK)

الزحزحة OOK هي حالة خاصة من حالات التشكيل PAM UWB يمثل فيها وجود نبضة معينة أو عدمه ضمن فاصلة زمنية ما قيمة واحد أو صفر.

5.3.6 تشكيل الزرققة UWB

يمتد تردد الموجة الحاملة في تشكيل الزرققة عبر نطاق واسع للغاية أثناء فاصل نبضة معين. وقد يكون مخطط الامتداد الذي يشفر المعطيات خطياً أو غير خطي بحسب متطلبات الجهاز.

6.3.6 التشكيل بواسطة زوج من ثنائيات القطبية المتعاكسة

ثمة صيغة أخرى للتشكيل توفرها أية ثنائية مؤلفة من نبضة إيجابية متبوعة بنبضة سلبية، أو العكس بالعكس. وتتجلى ميزة هذا النمط من التشكيل في أن خيار الفصل بين النبضتين في ثنائية ما والفصل الزمني بين الثنائيات يمكنان من تحديد شكل طيف التردد بغية تخفيف التداخل.

7.3.6 التابع المباشر والنفاد المتعدد بتقسيم شفري مباشر التابع (DS-CDMA) للنطاق UWB

يستعمل النطاق العريض للغاية بتتابع مباشر (DS-UWB) سلاسل نبضات مشفرة بقطبية دورية ذات معامل استعمال عالٍ لتشفير المعطيات بمعدلات تتراوح ما بين مئات الميغابتات، وأكثر من واحد غيغابتة في الثانية أو يزيد. وتُستعمل عدة نبضات في معدل النبضات الثابت لتمثيل بته أحادية، نظراً لمبادلة الطاقة للبتة بمعدل المعطيات. وعرض النطاق UWB للنطاق UWB بالتتابع DS هو إحدى وظائف مدة النبضات المقيسة بنانوثانية فرعية لكل رقاقة. وإشارة UWB شبيهة بالضوضاء ويقل احتمال الكشف عنها واعتراضها. وتصميم شفرة انتشار جيدة للنطاق CD-UWB ضروري لتحقيق أداء جيد في وسط متعدد المسيريات. وبإمكان العديد من مستعملي التابع المباشر DS-CDMA أن يتقاسموا نفس الطيف في آن معاً باستعمال الشفرات الملائمة.

4.6 التشكيل المتعدد النطاقات والتقنيات المستخدمة من جانب عدة مستعملين

1.4.6 تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد متعدد النطاقات (MB-OFDM)

يقسم التعدد MB-OFDM الطيف إلى عدة نطاقات فرعية. وتُرسل المعطيات عبر النطاقات باستعمال شفرة تردد زمني (TFC). ويُستعمل ضمن كل نطاق فرعي مخطط تشكيل OFDM لإيصال المعلومات.

2.4.6 قفزات التردد في عدة نطاقات (FH-UWB)

توزع الإشارة في قفزات التردد FH-UWB على نطاق واحد من مجموع عدة نطاقات للترددات لفترة زمنية قصيرة. وتتم هذه القفزات بين النطاقات وفقاً لمخطط يُخصص مسبقاً (منتظم أو غير منتظم).

ويمكن أن يركز النظام المتعدد النطاقات إلى مبدأ إرسال رموز مختلفة بنطاقات متباينة في تتابع دوري مشابه جداً لقفزات التردد. وبالإمكان تطبيق أساليب مختلفة للتشغيل عن طريق تعديل معدل القفزات والرموز وعدد النطاقات.

3.4.6 تشكيل الترددات المتعددة بتقسيم الزمن في عدة نطاقات

تشكيل الترددات المتعددة بتقسيم الزمن هو مخطط تشكيل مماثل لقفزات التردد لأنه يستعمل نطاقات متعددة ولكن مختلفة بسبب العلاقة القائمة بين النطاقات. وتمثل الميزة الرئيسية لهذا التردد في أنه يمكن المرء من زيادة عدد البتات في كل رمز، ويخفض بالتالي معدل الرموز. ويقلل ذلك أثر التداخل بين الرموز الناجم عن انتشار المهل.

4.4.6 النفاذ المتعدد والمرن بنطاقات متقاطعة في نطاقات متعددة

يستعمل مخطط النفاذ المتعدد UWB المرن بنطاقات متقاطعة في الشبكات اللاسلكية المحلية الشخصية (PANs) المتعددة الشبكات المتخصصة (piconet) مصفوفات تشفير وفك تشفير مصممة خصيصاً لمقاومة التداخل الصادر عن عدة مستعملين (MUI) والتوفيق فيما بين مختلف بدائل الانتشار وإتاحة التنوع بشكل كامل في تعدد المسيريات والتأثير على كفاءة استعمال الطيف القابل للتدريج (من معدلات معطيات منخفضة إلى متوسطة وعالية).

7 أسلوب التشوير الشائع (CSM)

هذا الأسلوب هو عبارة عن طريقة مرشحة تتمكن بموجبها الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB مختلفة من تنسيق أنشطتها وإمكانية تخفيف تأثيرها على الأنظمة العاملة ضمن نطاق خدمات الاتصالات الراديوية.

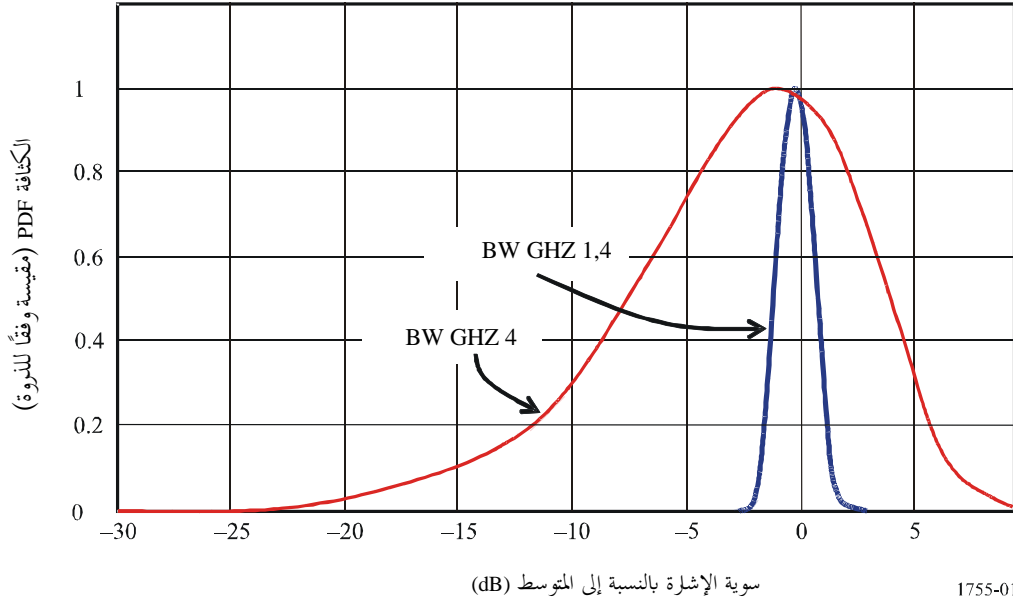
8 آثار تعدد المسيريات

ثمة حاجة إلى عرض نطاق واسع للإرسال بغية التغلب على خبو تعدد المسيريات في وسط داخلي. ويكون انتشار المهل في هذا الوسط بين مختلف انعكاسات تعدد المسيريات انتشاراً ضئيلاً، وبالتالي، يكون عرض نطاق تماسك القنوات كبيراً. وعليه، فإن أجهزة الاتصالات التي تستعمل تكنولوجيا UWB تقاوم خبو تعدد المسيريات في وسط داخلي معين لأنها تمتلك عرض نطاق واسع للإرسال، وبذلك، يتمكن المستقبل من تحليل مكونات تعدد المسيريات المتقاربة مسافات المباعدة.

ويقارن الشكل 1 الإحصاءات المتعلقة بإشارة خبو تعدد المسيرات في إشارتين بعرض نطاق 4 MHz و 1,4 GHz. ويقل احتمال التعرض لخبو عميق في الإشارة ذات النطاق الأعرض بالمقارنة مع متوسط سوية الإشارة.

الشكل 1

دالة الكثافة المحتملة لنبضة UWB بزمن 0,7 نانوثانية (وعرض نطاق قدره 1,4 GHz) وإشارة عريضة ضيقة النطاق بمقدار 4 MHz



وتنشأت نبضة بنانو ثانية فرعية أثناء الانتشار، الأمر الذي قد يسبب خبو رايلي في مجال التردد، غير أن كل انعكاس من هذه الانعكاسات هو عبارة عن إشارة مستقلة تمكن بالتالي من استعمال مستقبل RAKE لتحقيق التماسك في زيادة الطاقة داخل كل نبضة من النبضات المستقبلية من كل مكون من مكونات تعدد المسيرات لتأمين كسب معين عبر استقبال أحادي المسير.

9 قدرات التصوير وتحديد المواقع

بمقدور إرسالات UWB أن تخترق الجدران والعوارض وتؤمن تحديد المواقع بدقة عالية، كما يمكن الاستفادة من هذه الخصائص في تطبيقات معدة للكشف عن حركة الأشخاص والأشياء. فيمكن مثلاً استعمال تطبيقات التصوير بالرادار من خلال إنفاذ القانون، وفي منظمات الإنقاذ ومكافحة الحرائق للكشف عن الأشخاص المستترين خلف الجدران أو المظموين تحت الأنقاض في حالات من قبيل تخليص الرهائن أو نشوب الحرائق أو انهيار المباني أو الانهيارات الجليدية. وبالإمكان استعمال تكنولوجيا UWB في المستشفيات والعيادات في طائفة متنوعة من التطبيقات الطبية لالتقاط صور للأعضاء الموجودة داخل جسم الإنسان أو الحيوان، كما يمكن استعمالها في تطبيقات معينة للقيام بما يلي:

- تحديد موقع أشياء معينة كرواسب المعادن، والأنايب المعدنية والأنايب غير المعدنية، والكبلات الكهربائية داخل -الجدران، والألغام الأرضية البلاستيكية؛
- قياس سمك الجليد في البحيرات المتجمدة وحالة مدارج الطائرات في المطارات؛
- إجراء دراسات في مجال الطب الشرعي والآثار القديمة؛
- الكشف عن الصدوع في الجسور والطرق السريعة.

الملحق 3

الخصائص التقنية والتشغيلية للأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB

1 الخصائص التشغيلية

يمكن دمج تكنولوجيا UWB في الكثير من التطبيقات. وبإمكان بعض الأجهزة التي تستعمل هذه التكنولوجيا أن تُنفذ أكثر من تطبيق واحد. وترد في الجدول 1 أمثلة على فئات واسعة النطاق من تطبيقات UWB وخصائصها التشغيلية.

الجدول 1

الخصائص التشغيلية للتطبيقات

الخصائص التشغيلية	تطبيق UWB
<ul style="list-style-type: none"> - الاستعمال من عدد محدود من المهنيين بشكل عرضي جداً - استعمال مقصور على مواقع أو مناطق جغرافية معينة 	<p>1 التصوير بالرادار</p>
<ul style="list-style-type: none"> - استعمال عرضي من المهنيين على فترات قليلة التواتر وفي مواقع معينة - تطبيق خاص قد يجوز عدداً محدوداً من الأجهزة التي تعمل في إطار استمرار التنقل على الطرق البرية - الإرسال موجه نحو الأرض 	<p>رادارات استكشاف باطن الأرض</p>
<ul style="list-style-type: none"> - استعمال عرضي على فترات قليلة التواتر - الاستعمال من قبل مهنيين مؤهلين: هم عادة من المهندسين، والمصممين، والمهنيين المتخصصين في صناعة البناء - الإرسال موجه نحو جدار معين - عمل الأجهزة عادة من خلال الالتماس المباشر مع الجدار لزيادة قياسات الاستبانة والحساسية إلى أقصى حد 	<p>تصوير باطن الجدران بالرادار</p>
<ul style="list-style-type: none"> - الجهاز قابل للنقل - الاستعمال من قِبل عاملين مدربين عادة من: الشرطة وأفرقة الطوارئ وأفراد الأمن والجيش - استعمال عرضي على فترات قليلة التواتر - العدد محدود الانتشار - الإرسال موجه نحو جدار معين - يمكن أن تعمل الأجهزة على بعد مسافة معينة من الجدار لتعزيز سلامة التشغيل إلى أقصى حد في حال ارتكاب أعمال عدائية 	<p>التصوير بالرادار عبر الجدران</p>
<ul style="list-style-type: none"> - يمكن استعماله في مجموعة متنوعة من التطبيقات الصحية لتصوير الأعضاء داخل جسم الإنسان أو الحيوان - الاستعمال من قِبل عاملين مدربين، والاستعمال عرضي ومستقر داخل المبنى - الإرسال موجه نحو جسم معين 	<p>التصوير الطبي</p>
<ul style="list-style-type: none"> - يعمل التطبيق "كسباح أمني" عن طريق تحديد مجال محيطي مستقر بترددات راديوية (RF) ويكشف عن الأشخاص الدخلاء أو الأجسام الدخيلة في هذا المجال - استعمال مستمر داخلي وخارجي بأسلوب مستقر 	<p>2 المراقبة</p>
<ul style="list-style-type: none"> - استعمال متنقل - قد يحدث استعمال بكثافة عالية على الطرق السريعة والطرق الرئيسية - الاستعمال حصراً في مجال النقل البري - توجيه الإرسال عموماً في اتجاه أفقي 	<p>3 الرادارات المحمولة على متن المركبات</p>
<ul style="list-style-type: none"> - استعمال مستقر داخلي/خارجي 	<p>4 القياس</p>

الجدول 1 (تتمة)

الخصائص التشغيلية	تطبيق UWB
<ul style="list-style-type: none"> - بنية تحتية ثابتة عادة؛ استعمال مستقر على الأغلب - تخضع المرسلات لتحكم إيجابي على الدوام 	5 تحسس المواقع وتتبعها
<ul style="list-style-type: none"> - قد تُستعمل بكثافة عالية في أوساط داخلية معينة كمباني المكاتب - تُستعمل بعض التطبيقات عرضياً مثل الفأر اللاسلكي UWB؛ وتعمل تطبيقات أخرى بنسبة مغنوية زمنية أعلى كالوصلة الفيديوية - قد تُستعمل أيضاً في الخارج 	6 الاتصالات

1.1 الخصائص التشغيلية لرادارات استكشاف باطن الأرض

يتضمن الجدول 2 أمثلة على الخصائص التشغيلية لبعض أجهزة الرادار UWB المستعملة في استكشاف باطن الأرض (GPR) والمتوفرة حالياً في الأسواق.

الجدول 2

الخصائص التشغيلية لبعض أجهزة الرادار GPR UWB

الجهازان B و C	الأجهزة A و D و E و F	
استحثاث عن بعد أو بواسطة الحاسوب	استحثاث عن بعد أو بواسطة الحاسوب	التشغيل والتحكم
اقتران أرضي $R \approx 0$ m زائداً سير عرضي تحت سطح الأرض يصل إلى $1 > m$	اقتران أرضي $R \approx 0$ m	الارتفاع التشغيلي
موجة إلى الأسفل عادة مع توجيه نحو الجدران أحياناً	موجة إلى الأسفل عادة	أسلوب النشر
مستشار، أو مهني، أو باحث عادة	مستشار، أو مهني، أو باحث عادة	نمط المستعمل
استعمال عرضي في مواقع محددة	استعمال عرضي في مواقع محددة	أسلوب الاستعمال

2 الخصائص التقنية لأجهزة UWB

1.2 أجهزة الاتصالات وأنظمة القياس

تبين الخصائص الواردة في الجدول 3 نماذج لثلاثة أجهزة قائمة للاتصالات.

الجدول 3

خصائص بعض أجهزة اتصالات UWB

الجهاز I	الجهاز H	الجهاز G	
41,3-	41,3-	41,3-	أقصى متوسط للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) (dBm/1 MHz)
3,6 و 3,1	3.1 ≤ باتجاه 10- dB (الأسفل)	3,6 و 3,1	تردد أدنى بمقداري 20- dB و 10- dB (GHz)
10,1 و 9,6	10.6 ≤ باتجاه 10- Db (الأسفل)	10,1 و 9,6	تردد أعلى بمقداري 20- dB و 10- dB (GHz)
لجميع الاتجاهات	لجميع الاتجاهات	لجميع الاتجاهات	مخطط إشعاع الهوائي
1 000 <	1 ≤	500 <	معدل النبضات (Mpps)
500 ≥	40 ≥	100 ≥	معدل البتات (s/Mbit)
10-4	100 >	10~	المدى (m)
90- ≥	85,3- ≥	90- ≥	أقصى متوسط للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) (dBm/1 MHz) في المقدار
90- ≥	75,3- ≥	90- >	أقصى متوسط للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) (dBm/1 MHz) في المقدار
63,3- ≥	63,3- ≥	63,3- >	أقصى متوسط للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) (dBm/1 MHz) في المقدار

والغرض من الجهاز G هو استعماله في تطبيقات مكتبية أو منزلية لإرسال المعطيات بمعدل يصل قدره إلى 100 Mbit/s، كما يتمثل الغرض منه في تشغيله بين أجهزة محمولة قد تكون خارج المكتب أو المنزل ولا تستعمل بنية تحتية ثابتة. وتشتمل هذه التطبيقات على وصلات تربط فيما بين مساعدات رقمية شخصية أو حواسيب شخصية صغيرة. وبإمكان هذه التطبيقات أن تنقل عبر الشبكة اللاسلكية للمنطقة المحلية (LAN) عدة إشارات فيديو رقمية فيما بين مكونات أحد الأنظمة الفيديوية كأن تنقلها بين آلة تصوير فيديوية وحاسوب، أو بين صندوق تفكيك شفرة الإشارات عبر الكبل وتلفزيون معين، أو بين شاشة عرض بلازمية متطورة جداً وجهاز لتشغيل الأقراص الفيديوية الرقمية (DVD).

أما الجهاز H فهو جهاز متعدد الأغراض معد لغرض استعماله في الداخل من أجل التطبيقات الصناعية، والتجارية، وتطبيقات المستهلكين التي تتطلب إجراء اتصالات أو تحديد المواقع بدقة أو إجراء تحسس بالرادار. ويمكن تشكيل الجهاز ليعمل عبر مدى معين من معدلات المعطيات. ويتوقف مدى التشغيل على معدل المعطيات.

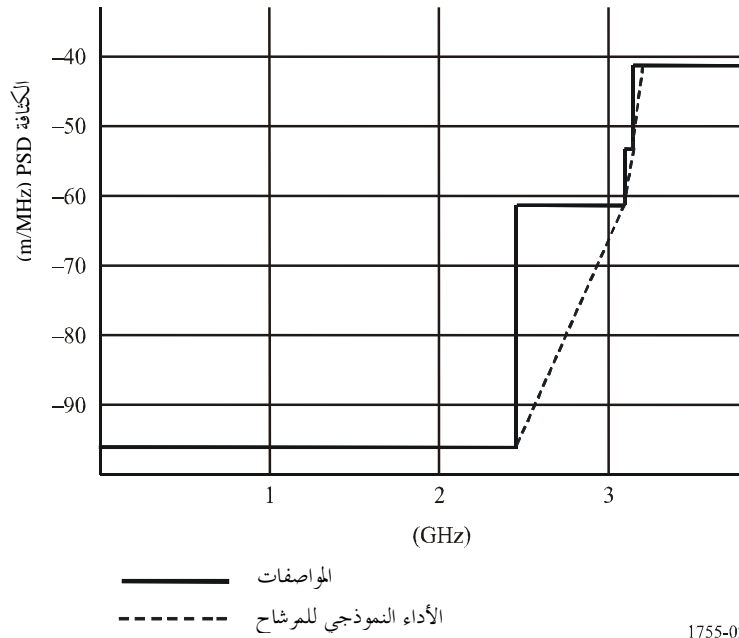
أما الجهاز I فإن الغرض منه هو تشغيله داخل تطبيقات مكتبية أو منزلية لإرسال المعطيات بمعدل قدره 500 Mbit/s. وهذه الأجهزة التي تعمل بمعدلات معطيات عالية معدة لتأمين توصيلية لاسلكية للكثير من التطبيقات المماثلة لتطبيقات الجهاز G، بيد أنها تصلح أيضاً لتوفير بديل كبل لاسلكي للتوصيلات السلكية الفائقة السرعة من قبيل الناقل USB أو الناقل المطابقة للمعايير .1394 IEEE

ويتضمن الشكلان 2 و 3 نماذج أقنعة طيفية لجهازين آخرين.

والجهاز J معد لغرض استعماله في تطبيقات مكتبية أو منزلية لإرسال المعطيات بمعدل يصل إلى 480 Mbit/s. وتشتمل مواصفات هذا الجهاز على المتطلبات اللازمة لإرسال قناع طيفي لمسافة قريبة ومرشاح استقبال سابق للمنتقي. ويتحدد شكل طيف الإرسال داخل المجال الرقمي، ويكون مرشاح الاستقبال سابق المنتقي أحد مكونات التردد الراديوي (RF). ونظراً لأن هذا الجهاز ذو إرسال مزدوج بتقسيم الزمن، فإن بالإمكان أيضاً استعمال المرشاح لترشيح الإشارة المرسلة. ويبين الشكل 2 التوليفة الجامعة لخصائص هذين المرشاحين المطبقة على الكثافة PSD داخل النطاق بمقدار -41,3 MHz/dBm.

الشكل 2

حساب القناع الطيفي للجهاز J UWB

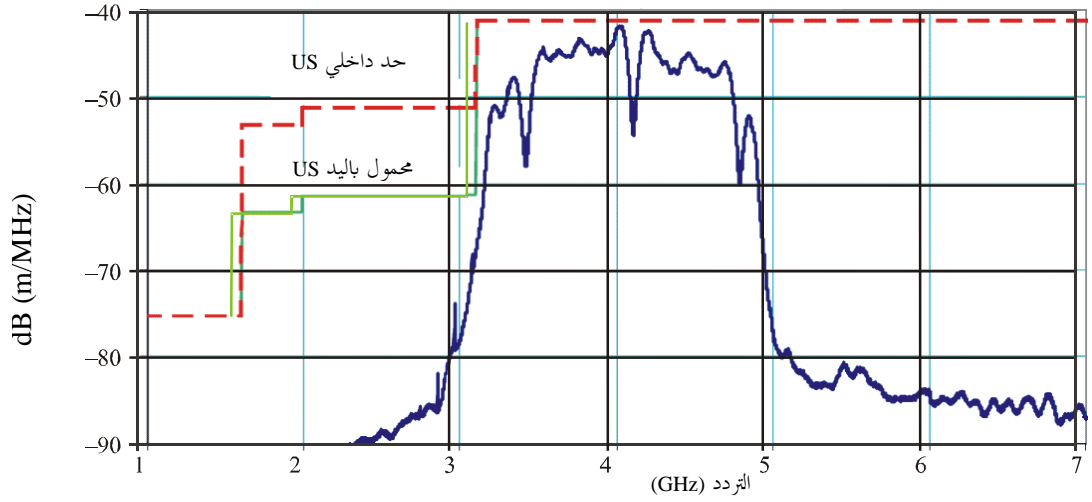


1755-02

أما الجهاز K فهو معد أيضاً لغرض استعماله في تطبيقات مكتبية أو منزلية لإرسال المعطيات بمعدل يصل إلى 480 Mbit/s. ويوضح الشكل 3 قياس الطيف المرسل لهذا الجهاز.

الشكل 3

قياس الطيف المرسل للجهاز UWB K



1755-03

2.2 أنظمة الرادار المحمولة على متن المركبات

تتضمن الخصائص الواردة في الجدول 4 نموذجاً للنواتج القائمة. فأجهزة الرادار المحمولة على متن المركبات والتي تستعمل تكنولوجيا UWB في عمل نطاقات تردد أعلى من تلك التي تستعملها أجهزة اتصالات UWB. وهذه الأجهزة مصممة للكشف عن موقع وحركة الأجسام القريبة من مركبة معينة، إذ تنشط خصائص من قبيل تلافي حصول الاصطدامات الوشيكة الوقوع، وتحسين تنشيط الأكياس الهوائية الواقية، وأجهزة التعليق التي تستجيب بشكل أفضل لظروف الطريق. وترسل أجهزة الرادار المحمولة على متن المركبات إشارة UWB عبر مدى تردد جيد التحديد.

الجدول 4

نموذج لخصائص جهاز رادار UWB قائم محمول على متن المركبة

القيمة	المعلمة
24,125~	التردد المركزي (GHz)
41,3-	الكثافة القصوى للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) (dBm/1 MHz)
26,125 إلى 22,125	عرض نطاق مشغول بمقدار -20dB (GHz)
5-0,1	تردد تكرار النبضات (GHz)
0	أقصى قدرة للذروة (القدرة المشعة المكافئة المتناحية) (MHz dBm/50)
ثنائي الاتجاه	مخطط إشعاع الهوائي
0,50~	ارتفاع التركيب (m)
20~	المدى (m)
25-15	فصل الأهداف (cm)

وينبغي أن تراعي الحسابات المتعلقة بتأثير الرادارات المحمولة على متن المركبات كثافة المركبات في أوقات الذروة، والنسبة المئوية لسطح الأرض حيث تحقق هذه الكثافات، ومدى تغلغل رادارات UWB المحمولة على متن المركبات في الأسواق بمرور الوقت.

3.2 أنظمة رادار استكشاف باطن الأرض (GPR)

تُستعمل أجهزة GPR لرسم خرائط للطبقات الموجودة تحت سطح الأرض. ومع أن الأجهزة تُستعمل أساساً لدراسة "الطبقات الموجودة تحت سطح الأرض"، فإن بالإمكان توسيع نطاق المصطلح "أرض" ليُقصد به أي مادة عازلة كهربائياً ومبددة للطاقة. وتُسمى أيضاً أجهزة GPR رادارات النطاق الأساسي أو رادارات النبض. وفيما يلي ملخص بخصائص إشارات وأنظمة GPR:

- تقيس أجهزة GPR في الموقع الخصائص الفيزيائية للمواد الموجودة تحت سطح الأرض (أي، السماحية أو الموصلية الكهربائية أو النفاذية). وهذه الخواص المقيسة في الموقع والتي تحدث بترددات تتراوح من 1 إلى 2000 MHz هي خواص يصعب تحديدها بأي طريقة أخرى.
 - يتمثل الغرض من قياسات GPR في الكشف عن خصائص المواد الموجودة تحت سطح الأرض. والإشارات المرسله عبر الهواء غير مرغوبة وتُبدل جهود قصوى للتقليل إلى أدنى حد من هذه الإشارات التي تنتقل عبر الهواء وتفسد القياسات المرغوب في أخذها.
 - تشكل أجهزة GPR جزءاً من مجموعة الأدوات الجيوفيزيائية وهي قيد الاستعمال الفعلي منذ عدة سنوات. وتؤدي قلة عدد الوحدات والالتزام العام بالتقليل إلى أدنى حد من إرسال الإشارات عبر الهواء إلى تقليل الشواغل المتعلقة بالتداخل إلى أدنى حد.
 - عند تشغيل أجهزة GPR يتدنى استعمال دورة تشغيلها، ومن المؤلف أخذ قياسات على أساس دورة تشغيلية تطبيقية تتراوح نسبتها بين 10 إلى 1% تليها فترة طويلة لا تُستعمل فيها الدورة مع العمل في نفس الوقت على الانتقال إلى الموقع التالي للمسح أو التخطيط للتتابع التالي للقياسات.
 - استعمال أجهزة GPR قليل التواتر وموقع استعمالها متغير باستمرار. وتؤدي هذه العوامل إلى التقليل بشكل أكثر من احتمال حدوث تداخل في خدمات الاتصالات الراديوية.
 - تختلف أجهزة GPR عن أجهزة التصوير بالرادار عبر الجدران. وتنطوي تطبيقات GPR النموذجية على التصوير عبر الجدران على تفحص باطن الهياكل، مثل دعامات الجسور وبطانات الإنفاق والجدران من الأسمنت المسلح. وتبدد المادة المفحوصة إشارات GPR. والغرض من أجهزة التصوير بالرادار عبر الجدران هو إرسال إشارات عبر الهواء إلى الجانب الآخر للجدار.
 - تزداد الكثافة الطيفية لقدرة الذروة بنقصان التردد المركزي لجهاز GPR، غير أن متوسط الكثافة الطيفية للقدرة لا يتأثر. وبنقصان التردد، ينخفض عادة تردد تكرار النبضات (PRF) ويبقى متوسط القدرة ثابتاً تقريباً.
 - تُستعمل أجهزة GPR (الجيولوجية) المنخفضة التردد في مناطق جغرافية نائية حيث يقل احتمال حدوث تداخل مع خدمات الاتصالات الراديوية.
 - يجب أن تستعمل أجهزة GPR إشارة عريضة النطاق جداً لتحقيق استبانة كافية.
- ويضم الجدول 5 نماذج خصائص تقنية لبعض أجهزة UWB GPR المتوفرة حالياً في الأسواق. (انظر الفقرة 1.1.C للاطلاع على الخصائص التشغيلية لهذه الأجهزة.)

الجدول 5

خصائص بعض أجهزة GPR التي تستعمل تكنولوجيا UWB

الجهاز F	الجهاز E	الجهاز D	الجهاز C	الجهاز B	الجهاز A	
55-	57-	57-	59-	59-	65-	شبه ذروة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (kHz (e.i.r.p.) dBm/120)
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	-68	لا ينطبق	لا ينطبق	متوسط القدرة المشعة المكافئة المتناحية (MHz 1/dBm)
17	18	19	317	185	120	تردد أدنى بمقدار -dB10 (MHz)
202	125	79	1 437	840	580	تردد أعلى بمقدار -dB10 (MHz)
أرضي ثنائي القطب مقترن. أحادي الاتجاه موجه نحو الأسفل	أرضي ثنائي القطب مقترن. أحادي الاتجاه موجه نحو الأسفل	أرضي ثنائي القطب مقترن. أحادي الاتجاه موجه نحو الأسفل	أرضي ثنائي القطب مقترن. أحادي الاتجاه موجه نحو الأسفل	أرضي ثنائي القطب مقترن. أحادي الاتجاه موجه نحو الأسفل	أرضي ثنائي القطب مقترن. أحادي الاتجاه موجه نحو الأسفل	مخطط إشعاع الهوائي
متغير حتى حد أقصى بمقدار 100	متغير حتى حد أقصى بمقدار 100	متغير حتى حد أقصى بمقدار 100	متغير حتى حد أقصى بمقدار 100	متغير حتى حد أقصى بمقدار 100	متغير حتى حد أقصى بمقدار 100	تردد تكرار النبضات (kHz)
0 إلى 5	1 إلى 10	0 إلى 20	0 إلى 2	0 إلى 2,5	0 إلى 5	المدى (m)

3 عامل نشاط الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB

عند تطبيق عامل النشاط على سيناريوهات نشر عدة أجهزة تستعمل تكنولوجيا UWB، ينبغي مراعاة مدى تغلغل التكنولوجيا في الأسواق، ومعدل استعمال الذروة، وتواتر الاستعمال، وغيرها من العوامل المتصلة بالنشر (بما فيها تغلغل التكنولوجيات المنافسة (الخطوط السلكية، الأشعة تحت الحمراء، وما إلى ذلك)).

1.3 معاملات نشاط وتغلغل تكنولوجيا أجهزة الرادار 24 GHz القصيرة المدى (SRR) والمحمولة على متن المركبات

الغرض من معاملات نشاط أجهزة SRR المستنبطة في هذا القسم هو أن تكون بمثابة أساس يُستند إليه في تحديد التداخل الإجمالي الذي يسببه عدد كبير من المركبات المجهزة بأجهزة SRR تستعمل تكنولوجيا UWB.

وينبغي أن يركز حساب سوية هذا التداخل الإجمالي إلى نموذج نشر يأخذ في الحسبان إمكانية التشغيل بأساليب مختلفة وتعذر تشغيل جميع أجهزة SRR في نفس الوقت.

1.1.3 الأجهزة النبضية والإمرار الانتقائي للنبض ومعامل النشاط

يتعذر على أجهزة SRR النبضية أن تعمل باستمرار بسبب مبدأ التشغيل الذي يتم الحصول بموجبه على عامل ذروة نموذجي³ يزيد مقداره على 20 dB.

ويرد في الفقرات 2.1.3 إلى 4.1.3 وصف لأساليب تشغيل أجهزة SRR التي تؤثر على معامل نشاط الأجهزة.

2.1.3 أساليب تشغيل الرادارات القصيرة المدى

يشتمل معامل نشاط أجهزة SRR على فترات إيقاف طويلة (ناجمة مثلاً عن عدم استعمال جميع المحاسيس في بعض حالات القيادة) فضلاً عن فترات إيقاف قصيرة.

ومن الضروري مراعاة العديد من أساليب تشغيل أجهزة SRR التي تؤدي إلى تخفيض متوسط القدرة عند استنباط معامل النشاط، وذلك كالآتي:

- إيقاف أجهزة SRR: اعتماداً على جهاز التحكم الموجود في المركبة، يمكن إيقاف جهاز SRR أوتوماتياً عند توقف المركبة لمدة أطول من مدة الفاصل المضبوط مسبقاً على قيمة معينة، كتوقفها مثلاً عند إشارات المرور الضوئية أو تقاطع السكك الحديدية. ويمكن في بعض المركبات إيقاف المحرك وإيقاف أجهزة SRR على حد سواء، بينما قد يبقى المحرك في بعضها الآخر مشغولاً ويوقف تشغيل بعض أجهزة SRR أو جميعها⁴.
- خفض تردد تكرار النبضات: يمكن أن يعمل تطبيق المساعدة على إيقاف المركبة والإيقاف والمغادرة بتعدد تكرار نبضات (PRF) منخفض في سيناريو تكون فيه سرعة المركبة قليلة وحركة المرور بطيئة. ويؤدي هذا التقليل في التردد PRF إلى تخفيض متوسط قدرة أجهزة SRR ككل تخفيضاً متناسباً. ومن ثم يكون التردد PRF الاسمي في هذا السياق هو التردد الذي تحقق بموجبه أجهزة SRR أقصى متوسط قدرة مسموح به. واعتماداً على ديناميات سيناريو الحركة، تعمل بعض التطبيقات بتعدد PRF أدنى أو بفترات راحة أطول. وتقلل هذه التأثيرات على حد سواء من متوسط القدرة المرسل. ويمكن التعبير عن تخفيض متوسط القدرة هذا بوصفه معامل النشاط.
- أسلوب تشغيل بدون تكنولوجيا UWB: تُصمم معظم المحاسيس لتعمل أيضاً في ظروف قيادة معينة بأسلوب تشغيل من دون تكنولوجيا UWB ضمن نطاق يتراوح بين 24.00 و 24.25 GHz. ويمكن أن يكون الأسلوب المذكور أسلوب نطاق ضيق في مدى التردد هذا أو أسلوب دوبلر (أسلوب الموجة المستمرة CW).
- ويُعزى سبب تشغيل أجهزة SRR بأسلوب من دون تكنولوجيا UWB إلى أن بعض التطبيقات المحمولة على متن المركبات أو ظروف القيادة تتطلب إما قدرة أقل على فصل الأجسام (الأمر الذي يؤدي إلى شغل عرض نطاق أضيق بكثير) وإما مدى كشف أطول (يتطلب قدرة بث أعلى على النحو الذي يمكن السماح به فقط ضمن هذا النطاق). ويجوز التبديل في تشغيل أجهزة SRR إما بأسلوب تشغيل عريض النطاق وإما بأسلوب ضيق النطاق. وعندما يعمل جهاز SRR بأسلوب تشغيل بدون تكنولوجيا UWB لا تعتبر إرسالاته إرسالات UWB.
- تشغيل أجهزة UWB متعددة النطاقات وفي مدى تردد جزئي: يمكن الاستمرار في تخفيض متوسط القدرة الإجمالية لأجهزة SRR ككل عندما تتقاسم هذه الأجهزة مدى التردد المتيسر، بحيث يستعمل كل واحد منها جزءاً مختلفاً من نطاق التردد المتيسر. ويتسنى في هذه الحالة تخفيف التداخل في خدمات الاتصالات الراديوية عن طريق الانتقال إلى جزء آخر من نطاق التردد.

³ يُحدد عامل الذروة بموجب المعادلة التالية: $CF = 10 \log (P_{pk}/P_{rms})$ ، حيث P_{pk} : قدرة الذروة و P_{rms} : متوسط القدرة.

⁴ يستعمل طراز معين من السيارات القليلة الاستهلاك للوقود هذه التقنية بالفعل.

3.1.3 تقدير القيم النموذجية لمعامل النشاط بالنسبة لمختلف أساليب تشغيل أجهزة SRR
 يبين الجدول 6 تقديراً لمعامل نشاط أجهزة SRR فيما يخص مختلف أساليب التشغيل المستعملة في شتى حالات القيادة.

الجدول 6

حساب تقدير معامل النشاط بالنسبة لجميع أساليب التشغيل

معاملات النشاط المستنبطة من جميع أساليب التشغيل المقيسة بواسطة حدوث حالات القيادة	حدوث حالات القيادة محسوباً بالنسبة المئوية من زمن القيادة	معاملات النشاط المستنبطة من جميع أساليب التشغيل ⁴	أساليب التشغيل				حالات القيادة
			أسلوب التشغيل بدون تكنولوجيا UWB	أسلوب "تخفيض الكثافة PRF" (تخفيض الكثافة PRF من نسبة 100 إلى 10%)		أسلوب "إيقاف أجهزة SRR"	
				زمن أسلوب التشغيل UWB محسوباً بالنسبة المئوية من زمن القيادة (=) معامل النشاط رقم (3)	معاملات النشاط المستنبط من هذا الأسلوب ³ (=) معامل النشاط رقم (2)		
27,06	55,00	49,2	60	82	80	100	حركة على الطرق السريعة،
8,00	10,00	80,0	80	100	100	100	حركة بطيئة على الطرق السريعة،
14,06	35,00	40,2	70	82	80	70	قيادة داخل المدن
0,01	0,05	10,0	100	10	0	100	إيقاف المركبة في المدينة، إيقاف باتجاه الأمام
0,01	0,05	10,0	100	10	0	100	إيقاف المركبة في المدينة، إيقاف باتجاه الخلف
49,1	نتاج مجموع معاملات النشاط (%)						

1 زمن تشغيل أجهزة SRR = النسبة 100% - زمن إيقاف الأجهزة.

2 الزمن الكلي للكثافة PRF = النسبة 100% - زمن تخفيض الكثافة PRF.

3 معامل النشاط = (الزمن الكلي للكثافة PRF * 100%) + (النسبة 100% - الزمن الكلي للكثافة PRF * 10%).

4 = ناتج جمع عوامل النشاط من 1 إلى 3.

الملاحظة 1 - الأرقام الواردة في الجدول 6 هي تقديرات أجريت في وقت إعداد الجدول. وقد ترغب الإدارات في إجراء تحليل من جانبها لهذه العوامل عند إجراء دراستها.

وتبين الحسابات أن استعمال مختلف أساليب التشغيل يفضي إلى الحصول على معامل نشاط إجمالي تبلغ نسبته 50% تقريباً مما يؤدي إلى تخفيض القدرة بمقدار 3 dB.

4.1.3 تقدير تغلغل التكنولوجيا

ستكون هناك تكنولوجيا بديلة لبعض الوظائف التي تؤديها أجهزة GHz 24 UWB SRR، بما فيها أجهزة GHz 79 UWB SRR في حال انطباق الأمر، والأجهزة العاملة بالأشعة تحت الحمراء والأجهزة العاملة بالموجات فوق الصوتية والأجهزة الفيديوية ذات الدارات المغلقة. وتحقيق نسبة تغلغل قدرها 100% لأجهزة SRR باستعمال تكنولوجيا UWB ضمن نطاق GHz 24 هو أمر غير واقعي، ويُجتمَل إلى حد بعيد أن يستقر التغلغل النهائي عند نسبة مئوية أقل. ويقيم الجدول 7 تغلغل أجهزة GHz 24 SRR وغيرها من التكنولوجيات المنافسة.

الجدول 7

تقييم تغلغل التكنولوجيا بالنسبة للمحاسبين قصيرة المدى

تغلغل التكنولوجيا (%)			التكنولوجيا
الولايات المتحدة الأمريكية/2030	أوروبا/2030	أوروبا/2013	
40	0	7	محاسبين GHz 24 UWB SRR
0	55	1	محاسبين GHz 79 UWB SRR
10	10	20	محاسبين SRR ضيقة النطاق (مثل نطاق 24,00 - 24,25 GHz)
15	15	15	محاسبين عاملة بالأشعة تحت الحمراء محاسبين عاملة بالموجات فوق الصوتية
10	10	2	محاسبين قائمة على آلات التصوير
25	10	55	مركبات بدون محاسبين قصيرة المدى

الملاحظة 1 - الأرقام الواردة في الجدول 7 أعلاه هي تقديرات أجريت في عام 2005. وقد ترغب الإدارات في إجراء تحليل من جانبها لهذه العوامل عند إجراء دراساتها.

ومن المفترض على الأجل الطويل (2030) أن تحقق تكنولوجيا UWB SRR تغلغلاً نسبته 55% تقريباً. ويُفترض أن يكون تغلغل تكنولوجيا SRR UWB في النطاق GHz 24 بنسبة 40% تقريباً إذا لم تفرض الجهات المنظمة الوطنية قيوداً إجبارية على ذلك. ومن الجدير بالذكر أن اللوائح المطبقة في أوروبا تجيز طرح تكنولوجيا SRR GHz 24 في الأسواق لغاية عام 2013 وتقيّد تغلغلها في أسطول السيارات بنسبة 7%.

وسيفتقر عدد كبير من السيارات نهائياً إلى المحاسبين القصيرة المدى حتى بعد مرور سنوات كثيرة على طرح تكنولوجيا SRR في الأسواق. ويمكن استشفاف ذلك من الخبرة المستمدة من إدخال تكنولوجيا أخرى كثيرة تخص السيارات. وحتى إن تقرر تجهيز جميع السيارات بهذه المحاسبين خلال عدة سنوات، فسيستغرق الأمر 15 عاماً حتى تصل كثافة المركبات إلى نسبة 100%. ويفترض هذا التغلغل على نحو مخالف للواقع عدم استحداث تكنولوجيا أخرى للسلامة في مجال السيارات خلال الفترة المذكورة.

ويقابل أي تغلغل بنسبة 7% أو 40% لتكنولوجيا SRR UWB GHz 24 عوامل تخفيف بمقداري 11,5 و 4 dB على التوالي.

2.3 وصف معامل نشاط أنظمة تحسس المواقع وتتبعها

عند نشر المرسلات في محل العمل، كأن يكون مستشفى أو مكتباً مثلاً، فإن من المتوقع أن تكون كثافة المرسلات الناشطة في الموقع جهازاً ناشطاً واحداً تقريباً لكل مساحة 200 m². وبالنسبة لمساحة كبيرة، تلزم معمارية خلوية بمرسلات UWB في خلايا مختلفة تستعمل قنوات UWB مختلفة. وإذا كانت نفس الخلية تدير مرسلين من مرسلات UWB، يكفل النظام عدم نشاطهما في آن معاً عن طريق اللجوء إلى تقاسم الموارد الزمنية.

ويرسل أحد الأوسمة التشغيلية والنموذجية لموقع UWB إشارة خلال فترة معينة، تليها فترة لا يرسل فيها أي إشارة. وتعتمد فترة عدم الإرسال على معدل نشاط الوسم الذي يمكن تغييره وفقاً لنمط التطبيق. فمثلاً، قد يرسل وسم ينقله شخص ما الإشارة مرة واحدة في الثانية (أي، دورة تشغيل بمدة 24 ms كل ثانية أو بنسبة 2,4%) وقد لا يرسل وسم يُوضع في أحد أجزاء التجهيزات الإشارة إلا مرة واحدة كل 10 s (أي، أن معامل الاستعمال يبلغ 0,24%). وثمة معدل أقصى يُسمح فيه للوسم بإرسال الإشارة، الأمر الذي يؤدي إلى الحصول على أقصى معامل استعمال. وفيما يتعلق بالتجهيزات القليلة التنقل (مثل التنقل مرة واحدة أسبوعياً)، يكون معامل الاستعمال عادة أقل بكثير من الأرقام المبينة أعلاه.

3.3 معاملات نشاط أجهزة اتصالات تستعمل تكنولوجيا UWB

تُستنبط في هذا القسم معاملات نشاط أجهزة الاتصالات التي تستعمل تكنولوجيا UWB، وتُراعى فيه عدة سيناريوهات محاكاة، وذلك كالآتي:

- حاصل جمع القدرة المرسله من عدد كبير من المرسلات في مستقبلات (أرضية أو ساتلية) تتعرض لهذه القدرة.
- تركز القدرة المستمدة من "نقطة ساخنة" في مستقبل معرّض لها.
- التداخل الذي تسببه فرادى المرسلات في مستقبلات مجاورة تتعرض له.
- تغلغل الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB في الأسواق مقابل التكنولوجيات المنافسة (الخطوط السلكية، الأشعة تحت الحمراء، وما إلى ذلك).

ومن الضروري تحديد النشاط الإجمالي للأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB أو الزمن الذي تستغرقه "على الهواء" بغية دراسة تأثير عدد كبير منها على خدمات الاتصالات الراديوية المتأثرة. وعندما يكون التداخل الصادر من أقرب جهاز يستعمل تكنولوجيا UWB مهيمناً (وليست الآثار الإجمالية)، فإن استعمال متوسط معاملات النشاط يكون غير ملائم في دراسات التداخل. وثمة حاجة إلى إدراج ما يكفي من المعلومات في هذه الدراسات من أجل نمذجة سلوك الأجهزة نمذجة فعالة.

ومعاملات النشاط الإجمالية الواردة أدناه مُستنبطة من الافتراضات التالية:

- يُفترض أن تكون كثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) UWB بمقدار -41,3 dBm/MHz
- لا تستخدم الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB بنية تحتية خارجية.
- لا توجد أجهزة مراقبة خارجية مأخوذة في الحسبان بوصفها جزءاً من التقييم الخارجي.
- تتعلق التحليلات بتطبيقات الشبكة اللاسلكية المحلية الشخصية (WPAN) وما يماثلها من تطبيقات تعمل بمعدلات معطيات عالية.
- تهيمن تطبيقات البث المرئي على تطبيقات UWB بمستوى تزيد نسبته على 95% في إطار جميع السيناريوهات المدروسة.

وجرى استنباط قيمة ذروة معامل النشاط الإجمالي لعدة أجهزة تستعمل تكنولوجيا UWB مع مراعاة تقدير أعلى معدل لتغلغل تكنولوجيا UWB في الأسواق، ومعدل الاستعمال الأقصى، ومدى تواتر الاستعمال، وغير ذلك من العوامل ذات الصلة بالنشر، بما فيها نمو مجتمع المتداولين في الأسواق وحصص الأسواق من التكنولوجيات البديلة.

وينطوي التكهّن بمعامل النشاط في المستقبل على تحد كبير لأنه يتطلب التنبؤ باعتماد التكنولوجيا مستقبلاً، وهو أمر يخضع بدوره لمتغيرات من قبيل التكنولوجيات المنافسة. ولهذا السبب، يرد عامل النشاط بوصفه مدى يقترن بالافتراضات الأساسية المدرجة أعلاه.

1.3.3 معامل نشاط أجهزة الاتصالات الداخلية

- معامل النشاط يتراوح بين 0,1% - 5% مأخوذاً في المتوسط بالنسبة للسكان ككل.
- فيما يلي العوامل التي قد تزيد معامل النشاط:
- زيادة عدد الأفراد الذين يستعملون الفيديو غير المشفر أو الفيديو المشفر بأدنى حد. ويُفترض على أساس هذا المدى البالغة نسبته 1 - 5% استعمال أدنى حد ممكن من إشارات الفيديو المشفرة بأدنى حد. وفي حال كان الفيديو غير المشفر أكثر هيمنة، سيزداد معامل النشاط.
- زيادة تغلغل الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB في الأسواق والمستعملة في الإرسال الفيديوي.
- فيما يلي العوامل التي قد تقلل معامل النشاط:
- الزيادات الطارئة على كفاءة تكنولوجيا الانضغاط المستعملة - من شأن دخول تكنولوجيا الانضغاط المتقدمة الأسواق مثل تكنولوجيا MPEG4 وتكنولوجيا DVM أن ينطوي على إمكانية خفض معامل النشاط.
- انخفاض تغلغل الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا UWB في الإرسال الفيديوي في الأسواق.

2.3.3 معامل نشاط أجهزة الاتصالات الخارجية

- معامل النشاط الإجمالي الخارجي أدنى بكثير من العامل الداخلي بالنظر أساساً إلى عدم تيسر مصادر بث فيديوي بمعدلات معطيات عالية للتطبيقات الخارجية. وتستعمل تكنولوجيا UWB مبدئياً في الخارج لنقل الملفات والبث الفيديوي بمعدل معطيات منخفض.
- تتراوح نسبة معامل النشاط بين 0,01-0,02% وهو متوسط مأخوذ بالنسبة للسكان ككل.
 - قد يزيد معامل النشاط الخارجي أو يقل بحسب تغلغل تكنولوجيا UWB في الأجهزة المحمولة.

4.3 معاملات نشاط أتماط أخرى من أجهزة تستعمل تكنولوجيا النطاق العريض للغاية

يبين الجدول 8 معامل نشاط جهاز يستعمل تكنولوجيا UWB في تطبيقات شتى.

الجدول 8

معامل النشاط النموذجي (%)	تطبيق UWB
1 >	رادار استكشاف باطن الأرض
1 >	أنظمة تصوير للأغراض الطبية
1	أنظمة أخرى للتصوير بالرادار (باطن الجدران، عبر الجدران، وما إلى ذلك)
50	أنظمة المراقبة