

الاتحاد الدولي للاتصالات

# ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التقرير **ITU-R SM.2423-0**  
(2018/06)

الجوانب التقنية والتشغيلية لشبكات المناطق  
الواسعة منخفضة القدرة للاتصال من آلة  
لأخرى وإنترنت الأشياء في مديات التردد  
المنسقة لتشغيل الأجهزة قصيرة المدى

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 القرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات 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 الاستدلال الراديوي 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 الموضوع في القرار ITU-R 1.

النشر الإلكتروني

جنيف، 2018

© ITU 2018

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).

## التقرير ITU-R SM.2423-0

## الجوانب التقنية والتشغيلية لشبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة للاتصال من آلة لأخرى وإنترنت الأشياء في مديات التردد المنسقة لتشغيل الأجهزة قصيرة المدى

(2018)

## 1 مقدمة

تم تطوير نوع جديد من الأنظمة اللاسلكية تحت الاسم العام لشبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة يمكن أن يعمل وفقاً للوائح الخاصة بالأجهزة قصيرة المدى (SRD). وتكمل هذه الابتكارات مجموعة الحلول اللاسلكية القائمة. ولا تعتمد أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة على تكنولوجيا واحدة، ولكن على مجموعة من تكنولوجيات شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة التي قد تكون معايير ذات ملكية مسجلة أو معايير مفتوحة.

ويمكن لهذه الأنظمة الجديدة أن تساعد في مواجهة التحديات التي تثيرها المجموعة الواسعة من التطبيقات قيد التطوير حيث لا تحتاج العديد من الأجهزة سوى إلى نقل عدد قليل من الرسائل في اليوم الواحد. ويقدم القسم 4 من هذا التقرير تفاصيل عن التطبيقات التي تستهدفها شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة، مثل تلك المتعلقة بالمدن الذكية والتصنيع وأتمتة المنازل، والبيئة والزراعة والنقل والخدمات اللوجستية والطاقة والمرافق.

ولهذه الحلول عدد من الخصائص التقنية والتشغيلية المشتركة التي تجعلها مناسبة لتسهيل تطبيقات الاتصالات الكثيفة من آلة لأخرى وإنترنت الأشياء.

ويقدم القسم 1.5 من هذا التقرير تفاصيل عن الجوانب التقنية، بما في ذلك تقنيات النفاذ إلى الطيف الشائعة، ومعمارية مبسطة للشبكة، وأحجام أرتال في ترتيب من عشرات البايتات ترسل لعدد قليل من المرات في اليوم بسرعات فائقة الانخفاض.

ويقدم القسم 2.5 من هذا التقرير تفاصيل عن القدرات التشغيلية لشبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة التي تتيح عدداً هائلاً من التوصيلات من التجهيزات الراديوية الفعالة من حيث التكلفة مع مستويات منخفضة نسبياً من قدرة الخرج لتوفير توصيلية في المتوسط على مدى عدة كيلومترات، مع الحفاظ على عمر أطول للبطارية.

واستجابةً للقرار ITU-R 66 "الدراسات المتعلقة بالأنظمة والتطبيقات اللاسلكية لتطوير إنترنت الأشياء (IoT)"، يقدم هذا التقرير الجوانب التقنية والتشغيلية لشبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة للاتصال من آلة لأخرى وإنترنت الأشياء في مديات التردد المنسقة لتشغيل الأجهزة قصيرة المدى.

## 2 القرارات والتوصيات والتقارير ذات الصلة

- القرار ITU-R 54 "دراسات لتحقيق التنسيق من أجل الأجهزة قصيرة المدى"
- القرار ITU-R 66 "الدراسات المتعلقة بالأنظمة والتطبيقات اللاسلكية لتطوير إنترنت الأشياء (IoT)"
- التوصية ITU-R SM.1896 "مديات التردد لتنسيق الأجهزة قصيرة المدى"
- التقرير ITU-R SM.2153 "المعلومات التقنية والتشغيلية واستعمال الطيف للأجهزة قصيرة المدى"

## 3 المختصرات

الرشاقة الترددية التكيفية (Adaptive frequency agility)	AFA
التحكم التكيفي في القدرة (Adaptive power control)	APC
جماعة آسيا والمحيط الهادئ للاتصالات (Asia-Pacific Telecommunity)	APT
المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (Conference of Postal and Telecommunications Administrations)	CEPT
مدونة اللوائح الفيدرالية (الولايات المتحدة الأمريكية) (Code of Federal Regulations)	CFR
تمديد الطيف بإشارات الكنس (Chirp spread spectrum)	CSS
اتصالات الوصلات الهابطة من محطات النفاذ إلى الأجهزة (Down-Link communications from access stations to devices)	DL
المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (European Telecommunications Standards Institute)	ETSI
فريق مهام هندسة الإنترنت (Internet Engineering Task Force)	IETF
التطبيقات الصناعية والعلمية والطبية (Industrial, scientific and medical)	ISM
إنترنت الأشياء (Internet of Things)	IoT
الأجهزة منخفضة القدرة (Low power devices)	LPD
الأجهزة ذات احتمالات التداخل المنخفضة (Low interference potential devices)	LIPD
شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة (Low power wide area network)	LPWAN
شبكة منخفضة الصبيب (Low throughput network)	LTN
من آلة إلى آلة (Machine-to-Machine)	M2M
الاتصالات من آلة لأخرى (Machine type communications)	MTC
الاتصالات الكثيفة من آلة لأخرى (massive Machine Type Communications)	mMTC
التعرف بواسطة الترددات الراديوية (Radio frequency identification)	RFID
نظام راديوي معرف بالبرمجيات (Software defined radio)	SDR
منظمة معنية بوضع المعايير (Standardization Development Organization)	SDO
أجهزة قصيرة المدى (Short range devices)	SRD
اتصالات الوصلات الصاعدة من الأجهزة إلى محطات النفاذ (Up-Link communications from devices to access stations)	UL
نطاق فائق الضيق (Ultra-narrow band)	UNB
ربط شبكي بصري منفعل (Passive optical networking)	xPON

## 4 تطبيقات إنترنت الأشياء التي تعتمد على نظام شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة

يمكن أن تدعم شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة مختلف الأجهزة المادية الموصولة بشبكة إنترنت الأشياء لاستمثال كفاءة عمليات المدن وخدماتها والتوصيل بالمواطنين. ومن بين التطبيقات القطاعية المتوقعة، تم أيضاً وصف مجموعة من حالات الاستعمال النمطية التي تغطيها أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة في الإصدار V1.1.1 (2017-10) من المعيار ETSI TR 103 249 بشأن الشبكة المنخفضة الصبيب، وهي مجموعة فرعية من أدوات استشعار شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة وشبكات التحكم الخاصة بهذه الشبكات.

وفيما يلي بعض الأمثلة على حالات الاستعمال المستندة إلى الحلول القائمة لشبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة:

#### إدارة نظام السير والنقل

يمكن أن تدعم شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة الأجهزة المزودة بأدوات استشعار والموضوعة بشكل استراتيجي للكشف عن حالة عمل الأضواء على مدار الساعة، مع الحد الأدنى من فرص حدوث الازدحام أو الحوادث.

#### نظام الإمداد بالمياه

يمكن أن تدعم شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة أدوات الاستشعار/الأجهزة اللازمة لمعالجة البنية التحتية المعطوبة أو المتهالكة في المدن، من خلال الكشف عن التسرب والتدفقات المفرطة، وإخطار السلطات.

#### الإضاءة العمومية

يمكن استخدام تكنولوجيا شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة لإدارة شبكات الإضاءة العامة الذكية هذه، وتعزيز اعتبارات السلامة وكذلك عن طريق ترحيل معلومات/مشاهد حوادث الطرق/حواجز الطرق إلى المواقع القريبة.

#### نظام مواقف السيارات الذكية

يمكن استخدام شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة من أجل الاستغلال الأمثل لمواقف السيارات وساحات انتظارها البلدية من خلال إبلاغ المستعملين عن أماكن انتظار السيارات المتاحة في الجوار.

#### مراقبة التلوث

بالنسبة للتلوث البيئي سريع التزايد، يمكن لتكنولوجيات شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة أن تؤدي دورها في الحفاظ على التوازن البيئي من خلال أدوات استشعار توضع בזكاء لإبلاغ المسؤولين المعنيين عن أجهزة مراقبة التلوث في المنطقة المحلية. وعلى مقربة من محطات توليد الطاقة والصناعات الثقيلة، يمكن لهذه الأجهزة تتبع إجمالي استهلاك/هدر الطاقة البيئية أيضاً.

#### إدارة سلات المهملات

يمكن أن تساعد شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة في الإدارة السليمة للمهملات باستخدام أدوات استشعار ذكية للكشف عن مستوى ملء السلات عندما تكون ممتلئة تماماً ويتحتم تفريغها. ومن المتوقع أيضاً أن تقوم أدوات الاستشعار هذه بجمع بيانات حول نوع المخلفات التي يتم التخلص منها من قبل العامة.

#### إدارة الشحن الذكي والمخزون

يمكن لأدوات الاستشعار المشغلة بواسطة شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة أن تمثل إضافة مفيدة في أنظمة جرد المخزونات الذكية (أي في الشاحنات والنافذ التي تحمل المخزونات بينها). وتقوم أدوات الاستشعار بترحيل معلومات منتظمة ومحدثة عن موقع الشاحنات وحالة المخزونات. كما يمكن أن تقوم شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة بإخطار المشغلين عند إجراء الإصلاحات وأعمال الصيانة الأخرى على الشاحنات.

#### أنظمة الكشف عن الحرائق

يمكن استخدام أجهزة الإنذار وأدوات الاستشعار المشغلة بواسطة تكنولوجيا شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة لإرسال إخطارات الطوارئ على وجه السرعة إلى إدارات مكافحة الحرائق المحلية لتوفير الإغاثة والحد من الأضرار.

#### صنابير مكافحة الحريق الموصولة

تساعد هذه الأجهزة في الكشف عن الصنابير المعطوبة وحالات الاحتيايل في استعمال مياهها. ويمكنها أيضاً مراقبة استخدام المياه من صنابير مكافحة الحرائق.

- إدارة المساحات الخضراء في المناطق الحضرية
- تعمل أدوات استشعار رطوبة التربة ودرجة حرارة التربة ودرجة الحرارة خارج المباني على استمثال إدارة المساحات الخضراء العامة والحد من استهلاك المياه.
- استهلاك الطاقة
- تمكن أنظمة الرصد من إعداد الفواتير بدقة أكبر ووتيرة أسرع.
- إدارة الثروة الحيوانية
- يوفر نظام تحديد الموقع لمزارع الماشية إمكانات الرصد والتتبع، ويكشف عن الحالات الشاذة الناجمة عن التغيرات من قبيل درجة حرارة الماشية ونشاطها وسلوكها وتوالدها.
- الري الذكي
- يقلل الكم المستعمل من الموارد المائية ويسمح بوضع استراتيجية للري للحصول على منتجات يمكن تسويقها والحد من الهدر في المنتجات.
- خدمة استلام الطرود
- يمكن أن يقوم الزر الذكي الموجود داخل صندوق البريد بإخطار ساعي البريد بأنه قد تم وضع طرد فيه ويسمح للعملاء بإرسال الطرود من المنزل.
- نظام إدارة الأصول الصناعية
- يتتبع قطع الغيار بين المصانع ومواقع الموردين.
- إدارة بطاريات حواجز عبور السكك الحديدية
- يجد هذا الحل من تعطل الخدمة في الأصول الحساسة. ويتم إخطار مشغل الصيانة على الفور بأي أحداث يتم اكتشافها في وحدة تزويد الطاقة الاحتياطية.
- استعادة السيارات المسروقة
- يحدد موقع الأصول المسروقة ويقوم باستعادتها من خلال جهاز تتبع صغير ومخفي يعمل بالنظام العالمي لتحديد المواقع.

## 5 الجوانب التقنية والتشغيلية لشبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة

### 1.5 الجوانب التقنية

ترد الجوانب التقنية الرئيسية المشتركة لشبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة المنوط بها التصدي لحالات الاستخدام الكثيف لإنترنت الأشياء في الأقسام التالية. وتأتي القيم النموذجية التالية من المعايير واللوائح التنظيمية التي تعمل في إطارها أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة في جميع أنحاء العالم (وهي ETSI EN 300 220، و CFR 15.247، وما إلى ذلك).

#### 1.1.5 معلمات المرسل-المستقبل

##### - قدرة خرج المرسل/القدرة المشعة

تقوم أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة بتوصيل الأشياء والأجهزة من خلال بوابات ومحطات نفاذ. ولا تكون جميع الأنظمة متوازنة دائماً وتتفاوت قيم القدرة المشعة المكافئة المتناحية وفقاً للتكنولوجيات ودور كل مرسل في الأنظمة.

تتراوح القيم النموذجية للقدرة (e.i.r.p.) بين 200 mW و 4 W لمحطات النفاذ وبين 5 mW و 500 mW للنقاط الطرفية.

#### - خصائص الهوائي

تستخدم معظم المرسلات هوائي شامل الاتجاهات. وتتراوح القيمة النموذجية بين 0 dBi و 6 dBi.

#### - صنف البث

ليس هناك صنف محدد للبث تستخدمه أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة. وتستخدم معظم الأنظمة تشكيلات رقمية معقدة أو توليفة من التشكيلات الرقمية.

#### - عرض نطاق التشكيل

تعتمد هذه المعلمة على التكنولوجيا المستخدمة. ويتراوح عرض نطاق التشكيل النموذجي من 100 Hz إلى 500 kHz.

#### - البث غير المطلوب

يجب أن تمثل الأجهزة منخفضة القدرة مع قيم البث غير المطلوب التي تحددها اللوائح والمعايير ذات الصلة. وتستند الحدود النموذجية لأقاليم الاتحاد إلى التوصية ITU-R SM.329 ويأتي وصفها على نحو موسع في التقرير ITU-R SM.2153 بشأن المعلومات التقنية والتشغيلية لأجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى. ويجب تحديد هذه الحدود وفقاً لتوزيعات الخدمات والأنظمة في النطاقات المجاورة.

#### - حساسية المستقبل

تتمتع أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة بحساسية عالية للغاية (أي -140 dB في 100 Hz) مما يتيح للأجهزة والمعدات منخفضة القدرة توفير اتصالات طويلة المدى. وتُعد هذه إحدى الخصائص الرئيسية لأنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة، والتي تعتمد على تقنيات متنوعة مثل:

حلول النطاقات الفائقة الضيق، حيث يعمل الترشيح الانتقائي الشديد مع عرض النطاق الأضيق للإشارة على تحسين عتبة الحساسية (انظر الإصدار V1.1.1 من المعيار ETSI TR 103 435)

تمديد الطيف المباشر أو تمديد الطيف بإشارات الكنس الذي يقلل من مستوى الحساسية لأقل من الضوضاء الأساسية بفضل كسب التشفير حسب عامل التمديد (انظر الإصدار V1.1.1 من المعيار ETSI TR 103 526)

### 2.1.5 تقنيات النفاذ إلى الطيف

غالباً ما تهدف أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة إلى دعم حالات الاستخدام الكثيف لإنترنت الأشياء بمتطلبات الصبيب المنخفض. ويمكن النظر في النفاذ إلى الطيف بالنسبة لشبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة في إطار اللوائح المنظمة للأجهزة قصيرة المدى التي تعتبر معفية من الترخيص عموماً بشروط نفاذ محددة للتطبيقات المختلفة.

وبالإضافة إلى تقنيات إدارة الطيف المستخدمة عموماً للأجهزة قصيرة المدى، يمكن لأنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة أن تستخدم تقنيات النفاذ العشوائي باستخدام آليات تصميم النظام لتحقيق أقصى قدر من التقاسم بين الأنظمة واستمثال سعة الحركة وجودة الخدمة.

وعادةً ما تكون الآليات أو القيود التي تضمن التقاسم المناسب بين جميع مستعملي شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة هي حد "دورة التشغيل" الذي يتراوح بين 1% و 10%، وأنظمة "الرشاقة الترددية التكييفية" التي تعتمد على استشعار الطيف أو وظيفتي "الاستماع قبل الكلام"، و"قفزات التردد".

وكثيراً ما تُستخدم إمكانات الراديو المعرف بالبرمجيات إلى جانب تنوع الزمن والتردد أيضاً في محطات النفاذ من أجل إدارة معززة لسعة الحركة وجودة الخدمة.

### 3.1.5 وظائف محطات النفاذ

وتقسم وظائف البوابة عموماً بين محطات النفاذ والبنى التحتية الأساسية.

ويتم نشر محطات النفاذ بين الأجهزة وشبكات الاتصالات ويمكنها استخدام تكنولوجيات اتصالات مختلفة (مثل 3G و4G والربط الشبكي البصري المنفعل وWi-Fi والإترنت) لنقل البيانات إلى الشبكة الأساسية لشبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة. وتدعم محطات النفاذ الاتصالات التي تربط بين الأجهزة وشبكات الاتصالات، وتكنولوجيات الاتصالات المتعددة للتفاعل مع شبكات الاتصالات والأجهزة قصيرة المدى.

وتُستكمل هذه الوظيفة الرئيسية بقدرات إضافية تساهم في سمات الأمن وتحديد الهوية من طرف إلى طرف في النظام.

### 2.5 الجوانب التشغيلية

#### 1.2.5 أعداد هائلة من التوصيلات

الطوبولوجيا النموذجية لأنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة هي طوبولوجيا نجمية حيث يتم توصيل من عشرات إلى مئات الآلاف من الأجهزة، في مجال معين من الخدمات، بمحطة نفاذ واحدة. وتكون كثافة العُقد المتوقعة لشبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة كالتالي:

– الأجهزة: ما يصل إلى 100 ألف نقطة طرفية لكل كيلومتر مربع؛

– محطات النفاذ: عادة، محطة واحدة لكل 10 كيلومترات مربعة (أو 0,1 لكل كيلومتر مربع).

وتهدف أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة إلى حمل حجم منخفض من الحركة لكل جهاز، يصل عادة إلى واحد كيلوبايت من بيانات المستعمل في كل اتجاه في اليوم: وصلة صاعدة، من الجهاز إلى محطة النفاذ، ووصلة هابطة من محطة النفاذ إلى الجهاز.

ويعتمد نمط تدفق البيانات على التطبيق. ويقدم الجدول 1 بعض الأمثلة المأخوذة من الإصدار V1.1.1 (2017-10) من المعيار ETSI TR 103 249 بشأن حالات استخدام الشبكة منخفضة الصبيب وخصائص النظام.

## الجدول 1

## أمثلة على خصائص الحركة في شبكة المنطقة الواسعة منخفضة القدرة

مجال العمل	حاجة مفصلة	فترة الإرسال	حجم الحمولة النافعة	الاتصالات
قياس استهلاك المياه	إرسال المؤشر	4 مرات/يوم مرة/يوم	10 200	وصلة صاعدة أساساً
المدن الذكية	مواقف السيارات الذكية	من دقيقة إلى ساعات	بضع بايتات	وصلة صاعدة ووصلة هابطة
	إدارة مياه الصرف الصحي	مرة/يوم إلى 5/يوم	15-1 بايت	وصلة صاعدة أساساً
السيارات	الكشف عن حوادث إطلاق النار	من حين لآخر	100-10 بايت	وصلة صاعدة
	المساعدة في تحديد الموقع الجغرافي	من حين لآخر	1 000-250 بايت	وصلة صاعدة ووصلة هابطة
	خارج ساعات القيادة	من حين لآخر	200-100 بايت	وصلة صاعدة أو وصلة صاعدة + وصلة هابطة
مراقبة شبكة الكهرباء	مراقبة المركبات المسروقة	مرة/دقيقة	20-10 بايت	وصلة صاعدة أساساً
	مراقبة المحولات	مرة/ساعة	20-10 بايت	وصلة صاعدة
الزراعة	كشف مسار العطل	مرة كل سنة	3 بايتات	وصلة صاعدة أساساً
	نوعية التربة	مرة/يوم - 4/يوم	بضع بايتات لكل محساس	وصلة صاعدة

وللتخفيف من مخاطر ازدحام الطيف أو الحمل الزائد للحركة، قد تستخدم بعض أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة استراتيجيات إدارة الطيف لتحسين وظائف الاتصالات لديها.

ويمكن أن تشمل وظائف تكيف الطيف خصائص مثل جدولة الإرسال، والتحكم التكيفي في القدرة، وتكييف معدل البيانات، وكشف شغل الطيف الترددي أو كشف التداخل، والرشاقة الترددية التكيفية، وما إلى ذلك.

### 2.2.5 القدرة على التغطية الواسعة

تتعامل إنترنت الأشياء مع مجموعة كبيرة من القطاعات الصناعية؛ ولذلك من المتوقع أن توفر شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة تغطية لكل من المناطق الحضرية والريفية على السواء حيث تحتاج الأجهزة إلى توصيلية الإنترنت. وتستخدم شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة الاتصال الراديوي الرقمي الذي يوفر ميزانية كبيرة للوصلة، حتى مع وجود مرسل منخفض القدرة في الأجهزة. ويمكن تفعيل هذه الميزة من خلال تحسين الحساسية باستخدام تقنيات التشكيل (مثل النطاق فائق الضيق وتمديد الطيف بإشارات الكنس) وتعزيز بواسطة تطبيقات الأنظمة الراديوية المعرفة بالبرمجيات.

### 3.2.5 كفاءة استهلاك الطاقة وعمر البطارية

تحتاج الأساطيل الضخمة من الأجهزة المنتشرة إلى عمر طويل للبطاريات للحد من التكاليف التشغيلية وضمان توفير خدمات طويلة الأجل وشبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة مصممة في الأصل لاستمثال استهلاك البطاريات لتوصيل الأجهزة المشغلة بالبطاريات لأعمار تصل إلى 15 سنة. ويتحقق استمثال استهلاك الطاقة في الأجهزة باستخدام قدرة إرسال منخفضة عن طريق الحد من البيانات الخدمية للبروتوكول في أسلوب السبات. ويمكن تحقيق ذلك بواسطة بروتوكول "تقليل الملحقات": أن تقوم الأجهزة بالإرسال بدون تزامن مع الشبكة أو توصيل مسبق بها وتستخدم محطات النفاذ الأنظمة الراديوية المعرفة بالبرمجيات لتتبع الطيف التشغيلي باستمرار.

#### 4.2.5 تعقد أقل وكفاءة من حيث التكلفة

تتعامل شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة مع عمليات التوصيل الكثيف لأجهزة بروتوكول الإنترنت. وهذا النوع من سيناريوهات النشر يتطلب البساطة والكفاءة من حيث التكلفة على حد سواء. والتوصيلية غير التقليدية وبدون عبء توفير الأجهزة في الميدان من عوامل التمكين الرئيسية لاعتماد شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة. وإدارة الأجهزة وتسجيل توصيليتها طوال فترة عمرها من العوامل الإلزامية أيضاً للتطبيقات التي لا يمكن تحقيق التوازن الاقتصادي إلا من خلال عدد هائل من العقد و/أو أجهزة الاستشعار.

### 6 النظر في أنظمة منح التصاريح لشبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة

صممت شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة للعمل في بيئة راديوية تضم أصحاب مصلحة متعددين يستعملون النطاقات ذاتها (شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة الأخرى، أجهزة الإنذار، تعرف الهوية بواسطة الترددات الراديوية، وما إلى ذلك) مع احتمال ضعيف لحدوث تداخل. وفي هذا الصدد فإن أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة تتماشى مع تعريف الأجهزة قصيرة المدى الواردة في التقرير ITU-R SM.2153، حيث إنها توفر اتصالات أحادية أو ثنائية الاتجاه مع قدرة منخفضة على التسبب في تداخلات على المعدات الراديوية الأخرى.

ولا تحتاج شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة إلى نفاذ حصري إلى الطيف وتعمل في بيئة طيف متقاسم على أساس عدم التسبب في تداخلات وعدم المطالبة بالحماية.

ويطبق نظام التصريح العام أو الإعفاء من الترخيص بوجه عام عندما لا يحتاج الأمر إلى أي تنسيق جغرافي لضمان التعايش بين الخدمات والأنظمة الراديوية. وهذه الفئة من أنظمة منح التصاريح تمنح التصريح لأي من أصحاب المصلحة للنفذ إلى الطيف، شريطة امتثال المعدات الراديوية لمتطلبات النفاذ إلى الطيف والشروط التشغيلية. ونظام التصريح العام يسمح لتطبيق شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة في الميدان باستعمال الطيف دون الحاجة إلى تأمين ترخيص فردي. وفي بعض الحالات، عندما يحتاج الأمر إلى تنسيق إضافي، قد يتم تطبيق نظام ترخيص متساهل.

### 7 اعتبارات الطيف لتمكين تشغيل شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة

#### 1.7 أنواع الطيف المطلوبة

تختلف الاحتياجات من الطيف من أجل شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة تبعاً للتكنولوجيات المستخدمة وسيناريوهات الحركة. وبالنسبة إلى شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة القائمة على أنظمة النطاق الفائق الضيق (UNB)، أظهر المعيار ETSI TR 103 435 أنه بالنسبة للمناطق الحضرية المكتظة بالسكان أن عرض نطاق مطلوب يقدر بنحو 600 kHz لاتصالات الوصلة الصاعدة يمكنه دعم 55 000 رسالة في اليوم لكل كيلومتر مربع بحلول عام 2023. وهناك حاجة أيضاً إلى نطاق آخر مقداره 600 kHz للوصلة الهابطة.

وقد أدت التطورات السوقية والتقنية إلى توفير دعم عام من الصناعة لنشر شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة وتشغيلها في نطاقات فرعية من 1 GHz. وتوفر هذه النطاقات خصائص نشر تسمح بتوفير مناطق تغطية أفضل واختراق للمباني أكبر مقارنة بنطاقات التردد الأعلى. وتمكن هذه الخصائص من توصيل خدمات الاتصالات الكثيفة من آلة لأخرى إلى المناطق الأقل اكتظاظاً بالسكان وداخل المباني.

وبتحديد أكثر، فإن حلول شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة المصممة للعمل في بيئة للطيف المتقاسم في مدى الترددات الفرعية من 1 GHz تتوقع عمليات نشر في نطاقات الأجهزة قصيرة المدى. وتنفيذ تقنيات النفاذ إلى الطيف ذاتها والحد الأدنى من الاحتياجات من الطيف كتلك المستخدمة في الأجهزة قصيرة المدى ملائم بشكل خاص لدعم عدد كبير جداً من الأجهزة منخفضة القدرة والصبيب وبهذه الطريقة، فإن التكنولوجيات الرقمية الجديدة القادرة على توفير خدمات مبتكرة والتعايش مع التكنولوجيات الأخرى يمكن نشرها في نطاقات التردد ذاتها.

ومعظم الأجهزة الموصولة بشبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة تستخدم نفس النظام الإيكولوجي من مجموعة الشرائح والوحدات النمطية كتلك المستخدمة في السوق الحالية للأجهزة قصيرة المدى. وهذا القاسم المشترك جنباً إلى جنب مع التنسيق الإقليمي الحالي لنطاقات الأجهزة قصيرة المدى يسهمان في زيادة اقتصادات الحجم الكبير لتصنيع شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة.

## 2.7 أمثلة على الترددات المستخدمة في دعم تنفيذ شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة

يمكن لتنسيق الطيف أن يعود بالكثير من المزايا الاجتماعية-الاقتصادية:

- اعتمادية أكبر وكفاءة أكبر من استهلاك الطاقة بالنسبة للأجهزة عند الترحال عبر الحدود؛
- قاعدة تصنيع أوسع وزيادة في كم المعدات (عولمة الأسواق) مما يؤدي إلى اقتصادات الحجم الكبير وزيادة في تيسر المعدات؛
- انخفاض في تكلفة الأجهزة بالنسبة للمستهلكين وموردي الحلول؛
- انخفاض مخاطر التداخلات الضارة بين الأنظمة.

وتوفر التوصية ITU-R SM.1896 مديات تردد للمواءمة بين الأجهزة قصيرة المدى.

ويوفر التقرير ITU-R SM.2153 المعلومات التقنية والتشغيلية واستعمال الطيف بالنسبة للأجهزة قصيرة المدى.

وتنشر أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة حالياً نطاقات طيف منسقة إقليمياً من أجل الأجهزة قصيرة المدى كالتالي:

### - الإقليم 1 للاتحاد الدولي للاتصالات

في بلدان المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (CEPT) يتم تشغيل معظم البنى التحتية لشبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة في النطاق MHz 870-865 الخاص بالأجهزة قصيرة المدى. وهي تعتمد بشكل خاص على النطاقين MHz 868,6-865 عند قدرة مشعة فعالة (e.r.p.) مقدارها 25 mW و MHz 869,65-869,4 عند قدرة e.r.p. مقدارها 500 mW باستخدام تقنيات تخفيف مثل تقييد دورة التشغيل. وينبغي للمعدات الامتثال للمعيار ETSI EN 300 220.

وبالمثل، تعمل أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة طبقاً لهذه الشروط في بعض بلدان إفريقيا والشرق الأوسط التي طبقت لوائح الأجهزة قصيرة المدى في المدى MHz 870-865.

### - الإقليم 2 للاتحاد الدولي للاتصالات

في المديات MHz 928-902، يمكن عموماً الاستعمال بدون ترخيص بقدرة إرسال حتى 4 W للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.). ويمكن الاطلاع على مثال في النشرة 47 CFR 15.247.

### - الإقليم 3 للاتحاد الدولي للاتصالات

تجري عمليات نشر شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة على أساس كل بلد على حدة. ومؤخراً، صرحت إدارات عديدة في منطقة آسيا والمحيط الهادئ بخدمات لشبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة في المدى MHz 925-915 استناداً إلى تقنيات ومعايير مختلفة للنفاد إلى الطيف مثل ARIB STD-T-108 في اليابان.

وقامت أوروبا/المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات مؤخراً بدراسة تشغيل الأجهزة قصيرة المدى في المدى MHz 900 (MHz 919,4-917,3) ومن المخطط وضع اللامسات النهائية للوائح ذات الصلة في 2018، بتمكين نطاق من أجل الأجهزة قصيرة المدى يمكن استخدامه من أجل أنظمة شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة في بلدان الأقاليم الثلاثة كافة للاتحاد.

الجدول 2

أمثلة على استعمال الترددات في شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة

الإقليم 3	الإقليم 2	الإقليم 1	ملاحظات	التوصية ذات الصلة والتقرير ذو الصلة	مدى التردد
متاح في بعض البلدان	غير متاح	متاح	يمكن اعتبار هذا النطاق بأكمله مدئاً للتوليف. لا تتاح للتشغيل إلا أجزاء من مدى التوليف هذا من أجل شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة في عدد من البلدان بسبب استخدامه في الأنظمة التجارية للخدمة المتنقلة أو لقيود على نطاق تطبيقات الأنظمة الراديوية المعرفة بالبرمجيات. انظر اللوائح الوطنية.	التوصية ITU-R SM.1896 والتقرير ITU-R SM.2153	MHz 870-865
غير متاح	متاح في بعض البلدان	غير متاح	النطاق MHz 928-902 هو نطاق ISM في الإقليم 2 (الرقم 150.5 من لوائح الراديو). يمكن اعتبار هذا النطاق بأكمله مدئاً للتوليف. هذا النطاق غير متاح للتشغيل من أجل شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة في عدد من البلدان، بما في ذلك في الإقليم 2 بسبب استخدامه الأنظمة التجارية للخدمة المتنقلة.	التوصية ITU-R SM.1896 والتقرير ITU-R SM.2153	MHz 915-902
متاح في بعض البلدان	متاح	متاح في بعض البلدان	النطاق MHz 928-902 هو نطاق ISM في الإقليم 2 (الرقم 150.5 من لوائح الراديو). يمكن اعتبار هذا النطاق بأكمله مدئاً للتوليف. لا تتاح للتشغيل إلا أجزاء من مدى التوليف هذا من أجل شبكات المناطق الواسعة منخفضة القدرة في عدد من البلدان بسبب استخدامه في الأنظمة التجارية للخدمة المتنقلة أو لقيود على نطاق تطبيقات الأنظمة الراديوية المعرفة بالبرمجيات. انظر اللوائح الوطنية.	التوصية ITU-R SM.1896 والتقرير ITU-R SM.2153	MHz 928-915