الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R SM.2351-2 التقرير

(2017/06)

أنظمة إدارة مرفق الشبكة الكهربائية الذكية

السلسلة **SM**

إدارة الطيف

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 لمدى 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 الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في القرار 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)

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

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، 2020

© ITU 2020
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.2351-2

أنظمة إدارة مرفق الشبكة الكهربائية الذكية

(2017-2016-2015)

جدول المحتويات

الصفحة

1 مقدمة 3

2 اتصالات الشبكة الذكية وسماتها 4

3 تكنولوجيات شبكة اتصالات الشبكة الذكية 5

1.3 دور الاتحاد والمنظمات المعنية بوضع المعايير 5

2.3 التنسيق داخل الاتحاد 6

4 أهداف الشبكة الذكية ومزاياها 7

1.4 خفض الطلب الكلي على الكهرباء من خلال تحقيق المستوى الأمثل للنظام 7

2.4 إدماج مصادر الطاقة المتجددة والموزعة 7

3.4 دعم القياس الذكي 8

4.4 توفير شبكة قادرة على الصمود 9

5 لمحة عامة عن معمارية مرجعية للشبكة الذكية 10

6 معايير الكبلات وخطوط الكهرباء فيما يتعلق بالاتصالات عبر الشبكة الكهربائية الذكية 11

1.6 اتصالات الشبكة الذكية عبر خطوط الطاقة الكهربائية 12

2.6 اتصالات الشبكة الكهربائية الذكية عبر الشبكات الكبلية 13

7 المعايير اللاسلكية للاتصالات عبر الشبكات الكهربائية الذكية 13

1.7 الشبكة المنزلية (HAN) 13

2.7 الشبكات FAN/NAN/WAN 15

8 اعتبارات التداخل المرتبطة بتنفيذ تكنولوجيات إرسال البيانات السلكية واللاسلكية المستعملة في أنظمة إدارة شبكات الطاقة الكهربائية 16

9 أثر النشر على نطاق واسع للشبكات السلكية واللاسلكية المستخدمة من أجل إدارة شبكات الطاقة الكهربائية على تيسر الطيف 17

10 الخلاصة 18

الملحق 1 – أمثلة للمعايير الموجودة المتعلقة بأنظمة إدارة شبكات الطاقة الكهربائية 19

1.A1 معايير معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات 19

2.A1 معايير قطاع التقييس بالاتحاد الدولي للاتصالات (ITU-T) 24
3.A1 معايير مشروع شراكة الجيل الثالث (3GPP) 25
4.A1 معايير المشروع 2 لشراكة الجيل الثالث (3GPP2) 38
الملحق 2 – الشبكة الذكية في أمريكا الشمالية 40
1.A2 مقدمة 40
2.A2 وجاهة نشر الشبكات الذكية 40
الملحق 3 – الشبكة الذكية في أوروبا 41
1.A3 مقدمة 41
2.A3 الأنشطة الأوروبية في بعض الدول الأعضاء 42
الملحق 4 – الشبكة الذكية في البرازيل 44
1.A4 مقدمة 44
2.A4 قطاع الطاقة البرازيلي 45
3.A4 فريق الدراسة البرازيلي المعني بالشبكة الذكية 45
4.A4 مسائل الاتصالات 46
5.A4 البيانات التقنية 46
6.A4 قياسات النطاق LF 47
7.A4 الخلاصة 47
المراجع 47
الملحق 5 – الشبكة الذكية في جمهورية كوريا 47
1.A5 خارطة طريق الشبكة الذكية في كوريا 47
2.A5 تطور التكنولوجيا 49
الملحق 6 – الشبكة الذكية في إندونيسيا 49
1.A6 مقدمة 49
2.A6 تطوير الشبكة الذكية والمسائل الصعبة 50
الملحق 7 – الأبحاث بشأن تكنولوجيات النفاذ اللاسلكي من أجل الشبكة الذكية في الصين 52
1.A7 مقدمة 52
2.A7 تكنولوجيا نفاذ لاسلكي من أجل الشبكة الذكية في الصين 52
3.A7 الخلاصة 54

1 مقدمة

يُستخدم اصطلاح الشبكة الذكية لخدمات مرافق أنظمة التوصيل المتقدمة (الكهرباء والغاز والمياه) انطلاقاً من مصادر التوليد والإنتاج ووصولاً إلى نقاط الاستهلاك، وتشمل جميع أنظمة الإدارة والمكاتب الخلفية ذات الصلة، إلى جانب التكنولوجيات المتكاملة للمعلومات الرقمية الحديثة. وفي نهاية الأمر، من المتوقع أن يؤدي تحسين اعتمادية البنى التحتية لتوزيع الشبكة الذكية وأمنها وكفاءتها إلى تخفيض تكاليف توصيل خدمات المرافق بالنسبة للمستعمل.

وسريعاً أصبحت تكنولوجيات الاتصالات أداة أساسية تستخدمها العديد من المرافق لإنشاء بنيتها التحتية للشبكة الذكية. وخلال السنوات الأخيرة، على سبيل المثال، تعهدت الإدارات واللجان الوطنية التي تشرف على توليد الطاقة الكهربائية وتوزيعها واستهلاكها بتحسين الكفاءة والصيانة والأمن والاعتمادية كجزء مما تبذله من جهود لتحقيق خفض بنسبة 40 في المائة من غازات الاحتباس الحراري العالمية الناتجة عن توليد الطاقة الكهربائية[1]. وأنظمة الشبكة الذكية هي تكنولوجيا تمكينية أساسية في هذا الصدد.

وتتمثل الأهداف الرئيسية لمشروع الشبكة الذكية في التالي:

- ضمان أمن الإمدادات؛
- تسهيل الانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون؛
- الحفاظ على أسعار مستقرة وميسورة.

وتشكل الاتصالات المأمونة مكوناً رئيسياً في الشبكة الذكية، وتعد جزءاً أساسياً في بعض أكبر عمليات النشر للشبكات الذكية وأكثرها تقدماً في مجال التنمية اليوم. بالإضافة إلى ذلك، ونظراً إلى اعتمادها على تكنولوجيات المعلومات، تتمتع الشبكة الذكية بالقدرة على التنبؤ بالأعطال وإصلاحها ذاتياً، بحيث يتم تجنب المشاكل تلقائياً. والأمر الذي يعتبر أساسياً لمشروع الشبكة الذكية هو القياس الذكي الفعّال في المنازل وفي الصناعة، وهو ما يسمح برصد الاستهلاك والاتصال في الوقت الفعلي بمراكز التحكم في الشبكات بطريقة تسمح بمواءمة الاستهلاك والإنتاج وتوصيل المنتج بمستوى سعري مناسب.

وفي الاتحاد الدولي للاتصالات، بات تنفيذ الشبكة الذكية يرتبط ارتباطاً وثيقاً بمختلف التكنولوجيات السلكية واللاسلكية التي تم تطويرها لمجموعة واسعة من أغراض التواصل[2]. وتشمل خدمات الشبكة الذكية خارج المنزل البنية التحتية المتقدمة للقراءات (AMI) والإدارة الأوتوماتية للعدادات (AMM) والقراءة الأوتوماتية لعدادات القراءة (AMR) وأتمتة التوزيع. وداخل المنزل، ستركز تطبيقات الشبكة الذكية على توفير اتصالات القياس والرصد والمراقبة بين مورد خدمة المرافق وأجهزة القياس الذكية والأجهزة الذكية مثل أجهزة التدفئة وأجهزة تكييف الهواء والغسالات والأجهزة الأخرى. ويرتبط أحد التطبيقات الرئيسية المرتقبة باتصالات الشحن والتسعير المتبادلة بين المركبات الكهربائية (EV) ومحطات شحنها. وستمكن خدمات الشبكة الذكية في المنازل من المراقبة الدقيقة للأجهزة الذكية والقدرة على إدارة الأجهزة الكهربائية عن بُعد وعرض بيانات الاستهلاك والتكاليف المرتبطة بها من أجل تحسين المعلومات المقدمة إلى المستهلك، وبالتالي حفزهم على المحافظة على الطاقة.

---

1 انظر: The European Commission Smart Grid Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future ("EC Smart Grid Vision Report" at 7 European Commission, 2006, available at http://www.smartgrids.eu/documents/vision.pdf).

2 توجد ضمن عائلة المعايير IEEE 802 معايير وُضعت خصيصاً للشبكة الذكية والتوصيلية طويلة المدى خارج المباني.

2 اتصالات الشبكة الذكية وسماتها

من المتصور في مشروع الشبكة الذكية إتاحة التوصيلية في كل مكان عبر جميع أجزاء شبكات توزيع شبكة المرفق انطلاقاً من مصادر شبكة الإمداد ومروراً بمراكز إدارة الشبكة ووصولاً إلى المنشآت والأجهزة الفردية. وستتطلب الشبكة الذكية تدفقات هائلة للبيانات ثنائية الاتجاه وتوصيلية معقدة، حيث ستكون مماثلة لشبكة الإنترنت. ويوجد المزيد من المعلومات بشأن تدفقات الاتصالات المتصورة فيما يتعلق بشبكة إمداد الكهرباء في الورقة التقنية للاتحاد الدولي للاتصالات المعنونة *"تطبيقات مرسِلات مستقبِلات التوصية ITU-T G.9960 والتوصية ITU-T G.9961 الداعمة لتطبيقات الشبكة الذكية: بنية تحتية متقدمة للقياس وإدارة الطاقة في المنزل والمركبات الكهربائية"* [3]. ومن أجل التركيز أكثر على مشروع الشبكة الذكية في قطاع تقييس الاتصالات، تم الفصل منذ ذلك الحين بين العمل اللازم بشأن توفير التوصيلية عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية وتصميم مودمات PLT خصيصاً لتطبيقات الشبكة الذكية، والعمل الأعم بشأن الشبكات المنزلية في إطار التوصية G.9960 وهو يتواصل الآن في إطار مجموعة التوصيات ITU-T G.990x (G.9955 سابقاً)، أي G.9901 وG.9902 وG.9903 وG.9904.

وستوفر الشبكات الذكية البنية التحتية الأساسية للمعلومات والتحكم، بحيث تستحدث شبكة متكاملة للاتصالات والاستشعار. وتزود شبكة التوزيع المفعلة بالشبكات الذكية المرفق والعميل على السواء بالمزيد من وسائل التحكم فيما يتعلق باستخدام الكهرباء والمياه والغاز. إضافة إلى ذلك، فإن الشبكة تمكن شبكات توزيع المرافق من العمل بكفاءة أكبر من أي وقت مضى.

وفيما يلي البلدان ومعاهد البحوث واللجان والمنظمات الصناعية ومنظمات وضع المعايير، التي حددت جميعها سمات وخصائص الشبكة الذكية وأنظمة القياس الذكية:

- تشريع حديث للولايات المتحدة[4]
- الفريق المعني بقابلية التشغيل البيني في الشبكة الكهربائية الذكية (SGIP)[5]
- معهد أبحاث الطاقة الكهربائية (EPRI)[6]
- مبادرة الشبكات العصرية تحت رعاية وزارة الطاقة الأمريكية (DOE)[7]
- برنامج البحوث الاستراتيجية للمفوضية الأوروبية[8]
- مشاورات حديثة للمملكة المتحدة بشأن تنفيذ أنظمة القياس الذكية[9]
- رابطة صناعة الاتصالات، اللجنة TR51، شبكات المرافق الذكية[10]

---

3 http://www.itu.int/publ/T-TUT-HOME-2010/en.

4 The Energy Independence and Security Act of 2007 (Public Law 110-140) (TITLE XIII—SMART GRID) http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf.

5 NISTIR 7761v2 Priority Action Plan 2 Guidelines for assessing wireless standards for Smart Grid applications

6 http://my.epri.com/portal/server.pt.

7 تحدد مبادرة الشبكات العصرية التي ترعاها وزارة الطاقة الأمريكية شبكة عصرية أو ذكية وهي متاحة على الموقع الإلكتروني التالي: http://www.netl.doe.gov/smartgrid/referenceshelf/whitepapers/Integrated%20Communications_Final_v2_0.pdf.

8 EUR 22580 – Strategic Research Agenda for Europe's Electricity Networks of the Future (EC Strategic Research Agenda) at 62, European Commission, 2007. ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/energy/docs/smartgrids_agenda_en.pdf.

9 نظمت وزارة الطاقة وتغير المناخ في المملكة المتحدة مشاورة بشأن تنفيذ أنظمة القياس الذكية خلال 2010-2011 (ref: 10D/732 20/7/2010 – 30/03/2011)؛ يمكن الاطلاع على نتائجها على الموقع الإلكتروني التالي: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/42742/1475-smart-metering-imp-response-overview.pdf.

10 http://www.tiaonline.org/all-standards/committees/tr-51.

3 تكنولوجيات شبكة اتصالات الشبكة الذكية

يمكن استخدام أنواع مختلفة من شبكات الاتصالات لتنفيذ الشبكة الذكية. بيد أنه يتعين على شبكات الاتصالات هذه أن توفر السعة الكافية لتطبيقات الشبكة الذكية الأساسية والمتقدمة الموجودة اليوم، فضلاً عن تلك التي ستكون متاحة في المستقبل القريب.

شبكة الطاقة الكهربائية عبارة عن نظام تسليم السلع حيث تتميز السلعة (الطاقة الكهربائية) بوقت دورة للإنتاج إلى الاستهلاك يقرب من الصفر: يحدث التوليد والتسليم والاستهلاك "إجمالاً" في نفس الوقت تقريباً. وسيتصاعد التحدي المتمثل في تحقيق التوازن بين التوليد والطلب مع إدماج التكنولوجيات الجديدة التي تهدف إلى الاستدامة في معالجة الاستقلال في مجال الطاقة وتحديث شبكة الكهرباء المتقادمة، ومثال ذلك: مصادر الطاقة المتجددة، وموارد الطاقة الموزعة (DER)، والسيارات الكهربائية المزودة بمقبس، وإدارة جانب الطلب والاستجابة والتخزين ومشاركة المستهلك وما إلى ذلك. ويتطلب تحقيق التوازن بين التوليد والطلب لـ"نظام متاح في الوقت المناسب تماماً" إدماج تكنولوجيات إضافية للحماية والمراقبة من أجل ضمان استقرار الشبكة – وليس برمجية تصحيحية عادية للشبكة الحالية وتحديات التصميم الحقيقية نظراً للطبيعة العشوائية التي أصبح يتميز بها التوليد والحمولة على السواء.

ولدعم التكنولوجيات والتطبيقات المذكورة أعلاه، تدعو الضرورة لضمان توافر شبكة اتصالات حديثة ومرنة وقابلة للتوسعة من شأنها أن تربط بين وظائف "المراقبة" و"التحكم". وستسمح تكنولوجيا المعلومات والاتصالات للمرافق بتحديد موقع انقطاع التيار الكهربائي عن بُعد وعزله واستعادته بسرعة أكبر، مما يعزز استقرار الشبكة الكهربائية. كما ستسهل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أيضاً إدماج مصادر الطاقة المتجددة المتفاوتة زمنياً في الشبكة، وستمكّن من تحقيق تحكم أفضل وأكثر دينامية في الحمولة، وستساهم كذلك في تمكين المستهلكين بواسطة أدوات لترشيد استهلاك الطاقة.

ويجب أن تقوم هذه الأهداف على معايير تضمن أن تكون التكنولوجيات والمعدات المختلفة التي تدعم الاتصالات عبر الشبكة الكهربائية الذكية مناسبة للغرض وألا تتعارض مع بعضها البعض أو مع أنظمة وعناصر الاتصالات الأخرى التي تعمل بترددات راديوية لا تتداخل مع خدمات الاتصالات الراديوية.

1.3 دور الاتحاد والمنظمات المعنية بوضع المعايير

ولقطاع الصناعة دور مهم جداً في تطبيقات الشبكة الكهربائية الذكية، فعلى سبيل المثال يمكن استخدام النفاذ إلى النطاق العريض في إدارة جانب الطلب، ويمكن لمقدمي خدمة الطاقة المزوَّدة بواسطة الحوسبة السحابية أن يصلوا إلى المنزل أيضاً عبر تكنولوجيات النطاق العريض القائمة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن صناعة الإلكترونيات الاستهلاكية ستطور منتجات على أساس معايير جديدة لكفاءة الطاقة وستدعم هذه المنتجات أيضاً تطبيقات الشبكة الكهربائية الذكية. وسيشكل تقارب صناعات الاتصالات والطاقة والإلكترونيات الاستهلاكية في تطبيقات الشبكة الكهربائية الذكية قاطرة نظام بيئي جديد للمنتجات. ويجب أن يحدث هذا التقارب تحت رعاية المنظمات الدولية المعنية بوضع المعايير.

وسيتطلب دعم هذه التطبيقات وتقارب الصناعة وضع توصيات جديدة وإدخال تحسينات على التوصيات القائمة تغطي جميع جوانب الاتصالات الضيقة النطاق وعريضة النطاق وإدارتها عبر شبكة الكهرباء من مصدر التوليد إلى الحمولة. وسوف تشمل هذه الدراسات قضايا الاتصالات من الطبقة المادية إلى نقل بروتوكولات طبقة أعلى عبر الشبكات غير المتجانسة، فضلاً عن تعريف معمارية ومتطلبات الاتصالات عبر الشبكة الكهربائية الذكية.

ونظراً إلى طبيعة تطبيقات الشبكة الكهربائية الذكية متعددة التخصصات، سيكون من المطلوب التعاون بدرجة عالية بين قطاعات الاتحاد بما في ذلك لجان الدراسات الأخرى وأفرقة المسائل والأفرقة المتخصصة (FG) وأنشطة التنسيق المشترك (JCA) والمبادرات العالمية الاستراتيجية (GSI) فضلاً عن الهيئات الدولية ومعاهد البحوث واتحادات الصناعة والمنتديات الأخرى النشيطة في مشروع الشبكة الكهربائية الذكية.

يجري التنسيق العالمي بشأن معايير الشبكة الكهربائية الذكية في إطار اللجنة الكهرتقنية الدولية التي وضعت رؤية استرتيجية وخارطة طريق لأنشطة الشبكة الكهربائية الذكية[11]، تشمل فجوات التقييس وتوصيات.

ويتعاون قطاع تقييس الاتصالات مع اللجنة الكهرتقنية الدولية من خلال المساهمة في الجوانب المتصلة بالاتصالات عبر الشبكة الكهربائية الذكية. والتعاون مع فريق العمل 20 للجنة التقنية 57 التابعة للجنة الكهرتقنية الدولية متطور بالفعل وسيتم التوسع فيه ليشمل اللجان التقنية الأخرى التابعة للجنة الكهرتقنية الدولية والمنظمات الخارجية حسب الاقتضاء. ودون تنسيق قوي للجهود المبذولة، هناك خطر الازدواجية في العمل ناهيك عن وضع معايير غير متوافقة وغير قابلة للتشغيل البيني.

2.3 التنسيق داخل الاتحاد

في قطاع تقييس الاتصالات بالاتحاد، تجري دراسة وإعداد التوصيات المتصلة بالنقل في شبكات النفاذ في إطار لجان دراسات كثيرة (مثل لجان الدراسات 5 و9 و13 و15 و16 و17). وتستند مبادرات التنسيق في إطار قطاع تقييس الاتصالات إلى المعلومات الشاملة التي جمعها في السابق الفريق المتخصص المعني بالشبكات الذكية التابع لقطاع تقييس الاتصالات، الذي أنشأه الفريق الاستشاري لتقييس الاتصالات (TSAG) في اجتماعه في فبراير 2010 من أجل تزويد لجان الدراسات في قطاع تقييس الاتصالات بمنبر مشترك لأنشطة الشبكة الكهربائية الذكية بشأن التقييس وللتعاون مع مجتمعات الشبكات الكهربائية الذكية في جميع أنحاء العالم (مثل معاهد البحوث والمنتديات والهيئات الأكاديمية والمنظمات المعنية بوضع المعايير ودوائر الصناعة). وكانت الغاية من الأهداف المحددة هي:

- تحديد الآثار المحتملة على عملية وضع المعايير؛
- دراسة بنود الدراسة المقبلة لقطاع تقييس الاتصالات والإجراءات ذات الصلة؛
- إحاطة قطاع تقييس الاتصالات ومنظمات التقييس علماً بالتطورات الناشئة في مجال الشبكات الذكية؛
- تشجيع التعاون بين قطاع تقييس الاتصالات ومجتمعات الشبكات الذكية.

في إطار مبادرة أخرى، أنشأ الفريق الاستشاري لتقييس الاتصالات في اجتماعه في يناير 2012 فريقاً مخصصاً يدعى نشاط التنسيق المشترك بشأن الشبكة الكهربائية الذكية والربط الشبكي المنزلي (JCA SG&HN) من أجل تنسيق أنشطة التقييس داخل قطاع تقييس الاتصالات. وحل هذا النشاط محل نشاط التنسيق المشترك السابق بشأن الربط الشبكي المنزلي (JCA-HN). وتمثل نطاق العمل المحدد لنشاط التنسيق المشترك بشأن الشبكة الذكية والربط الشبكي المنزلي في تنسيق أعمال التقييس، سواء داخل قطاع تقييس الاتصالات أو خارجه، فيما يتعلق بجميع الجوانب الشبكية للشبكة الكهربائية الذكية والاتصالات ذات الصلة، فضلاً عن الشبكات المنزلية. وقد اختتم نشاط التنسيق JCA SG&HN أعماله بنجاح في يونيو 2013، وتولت، بعد ذلك، لجنة الدراسات 15 لقطاع تقييس الاتصالات إدارة التنسيق مباشرة بشأن "الشبكة الذكية والربط الشبكي المنزل"، وستعمل بوصفها النقطة المركزية للتنسيق داخل قطاع تقييس الاتصالات.

وبالإضافة إلى ذلك، تشارك لجنة الدراسات 5 لقطاع تقييس الاتصالات حالياً في المبادرات التالية التي تتناول مواضيع متصلة بالشبكة الكهربائية الذكية:

- نشاط التنسيق المشترك بشأن إنترنت الأشياء (JCA-IoT)
- نشاط التنسيق المشترك بشأن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتغير المناخ (JCA-ICT&CC)
- الفريق المتخصص المعني بالاتصالات من آلة إلى آلة (FG-M2M)
- التعاون بشأن معايير الاتصالات المتعلقة بأنظمة النقل الذكية (ITS)

11 انظر http://www.iec.ch/smartgrid.

يتمثل دور قطاع الاتصالات الراديوية في مراقبة الأنشطة والتدخل عند اللزوم من أجل ضمان ألا تؤدي المبادرات بشأن استخدام التردد وقدرة التردد الراديوي لدعم الاتصالات عبر الشبكة الكهربائية الذكية إلى عرقلة أو تدهور تشغيل خدمات الاتصالات الراديوية، مع ملاحظة أن الشبكة الكهربائية تتواءم بشكل كبير مع توزيع السكان وضرورة النفاذ دون عائق إلى خدمات الاتصالات الراديوية.

وتندرج الأنشطة الموازية بشأن تكنولوجيات الاتصالات للشبكة الذكية في قطاع الاتصالات الراديوية ضمن المسألة الجديدة ITU-R 236/1 للجنة الدراسات 1 لقطاع الاتصالات الراديوية – تأثير التكنولوجيات السلكية واللاسلكية لإرسال البيانات المستعملة لدعم أنظمة إدارة شبكة الطاقة الكهربائية على أنظمة الاتصالات الراديوية.

4 أهداف الشبكة الذكية ومزاياها

1.4 خفض الطلب الكلي على الكهرباء من خلال تحقيق المستوى الأمثل للنظام

صُممت الأنظمة الحالية لتوزيع الكهرباء على الصعيد المحلي للإمداد بالطاقة ونقلها في اتجاه واحد، ولكنها تفتقر إلى المعلومات اللازمة لتحقيق المستوى الأمثل لعملية الإمداد. ونتيجة لذلك، يتعين على مرافق الطاقة أن تبني قدرات توليد كافية لتلبية ذروة الطلب على الطاقة، رغم أن هذه الذروة لا تحدث سوى لعدة أيام في السنة ويكون متوسط الطلب أقل بكثير. وعملياً، هذا يعني أنه خلال الأيام التي يُتوقع أن يكون الطلب فيها أعلى من المتوسط، ستتولى شركات المرافق إعادة تشغيل المولدات التي تشغل على فترات والتي تعتبر أقل كفاءة وأعلى تكلفة.

ويعتقد الاتحاد الأوروبي والكونغرس الأمريكي[12] وإدارة الطاقة الدولية[13] والعديد من الباحثين وخدمات المرافق أن الشبكة الذكية تعتبر من التكنولوجيات الأساسية لتحسين الاعتمادية والحد من الأثر البيئي لاستهلاك الكهرباء. ويقدر معهد أبحاث الطاقة الكهربائية أن توزيع الكهرباء المدعوم بالشبكة الذكية يمكن أن يحد من استهلاك الطاقة الكهربائية بنسبة تتراوح ما بين 5% و10% ومن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة تتراوح ما بين 13% و25%[14].

2.4 إدماج مصادر الطاقة المتجددة والموزعة

تتغلب توصيلية واتصالات الشبكة الكهربائية الذكية على مشكلة التعامل مع الطاقة الكهربائية المولدة ذاتياً. ومع ارتفاع تكاليف الطاقة وتزايد الحساسيات البيئية غير المسبوقة، يتزايد عدد الأفراد والشركات التي تتولى توليد ما يلزمها من الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، من قبيل طاقة الرياح والشمس. ونتيجة لذلك، كثيراً ما كان صعباً أو مكلفاً أو ربما مستحيلاً توصيل مصادر الطاقة المتجددة الموزعة بالشبكة. إضافة إلى ذلك، فإنه حتى في حالة ربط الطاقة المتجددة بالشبكة، فإن شبكات التوزيع في جميع أنحاء العالم لا تملك أي وسيلة لتوقع هذا التدفق الارتجاعي للكهرباء أو التعامل معه. وستساعد التقنيات المتعلقة بقياس الصافي على إدماج مصادر الطاقة المتجددة المتباينة في الشبكة. ومن الإمكانات الجديدة التي تتيحها الشبكة الذكية توليد الطاقة وتوزيعها بصورة لا مركزية.

---

12 على سبيل المثال، يحدد التشريع الاتحادي الأخير للولايات المتحدة الأمريكية، قانون استقلال وأمن الطاقة الصادر في عام 2007 (القانون العام 110-140) تنفيذ أنظمة الشبكة الذكية لتحديث الشبكة الكهربائية بوصفه سياسة للولايات المتحدة، ويلزم الحكومة الاتحادية وحكومات الولايات على السواء وهيئات التنظيم باتخاذ إجراءات محددة لدعم تنفيذ الشبكة الذكية.

13 وكالة الطاقة الدولية، آفاق تكنولوجيا الطاقة، 2008 في 179.

14 انظر: Electricity Sector Framework for the Future: Achieving the 21st Century Transformation at 42, Electric Power Research Institute (Aug. 2003) (“EPRI Report”)، وهو متاح على الموقع الإلكتروني التالي: http://www.globalregulatorynetwork.org/PDFs/ESFF_volume1.pdf.

وتقدم الشبكة الكهربائية الذكية الحل عن طريق إبلاغ مركز التحكم بمقدار الطاقة المطلوبة والطاقة المدخلة من مصادر المولدات الذاتية. ويمكن إذ ذاك موازنة قدرة التوليد الرئيسية لمراعاة التدفقات الإضافية الواردة عند تلبية الطلب. ونظراً إلى أن الشبكة الكهربائية الذكية تمكن من تحقيق ذلك في الوقت الفعلي، يمكن لشركات المرافق أن تتجنب المشاكل الناجمة عن تعذر التنبؤ بمصادر الطاقة المتجددة. وقد أشار التقرير الأخير للجنة الطاقة في كاليفورنيا بشأن قيمة أتمتة التوزيع، أعدته شركة Energy and Environmental Economics, Inc. (E3)، وشركة EPRI Solutions, Inc.، أن قيمة هذا التخزين الموزع للكهرباء القابل للإدارة في الوقت الفعلي (مثل المركبات التي تحصل على الطاقة الكهربائية من البطاريات أو من مصدر خارجي) ستزيد بقرابة 90% بالمقارنة مع أصول مشابهة غير موصولة بالشبكة الكهربائية الذكية[15].

3.4 دعم القياس الذكي

من بين تطبيقات أنظمة إدارة شبكة الطاقة الكهربائية القراءة الذكية. وتشمل وظائف القراءة الذكية:

- البنية التحتية المتقدمة للقياس (AMI)،
- إدارة العدادات أوتوماتياً (AMM)،
- قراءة العدادات أوتوماتياً (AMR).

وفيما يلي مثال لقائمة بالنطاقات المستعملة من أجل الأنظمة اللاسلكية لإدارة شبكة الطاقة الكهربائية في بعض أجزاء العالم.

الجدول 1

أمثلة على نطاقات التردد المستعملة من أجل الأنظمة اللاسلكية لإدارة شبكة الطاقة الكهربائية

التردد (MHz)	المنطقة/الإقليم	تعليقات بشأن الاستعمال الفعلي
230-40 (جزء منه)، 698/694-470	أمريكا الشمالية، المملكة المتحدة، أوروبا، إفريقيا، اليابان	النطاقات التلفزيونية غير المستخدمة، تم الانتهاء من عملية وضع القواعد في الولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة. ولا تزال عملية وضع القواعد جارية في أوروبا
169,8125-169,4	أوروبا	المعيار MBus اللاسلكي
222-220	بعض أجزاء الإقليم 2 للاتحاد الدولي للاتصالات	في الإقليم 1 للاتحاد بالإضافة إلى إيران، يعد هذا المدى جزءاً من النطاق المستعمل للإذاعة للأرض طبقاً للاتفاق GE06، ولا يستعمل في AMR/AMI
235-223	الصين	نطاق مرخص
430-410	أجزاء من أوروبا	
470-450	أمريكا الشمالية وأجزاء من أوروبا	
510-470	الصين	نطاق للأجهزة قصيرة المدى (SRD)
698-470	أمريكا الشمالية وأوروبا	في الإقليم 1 للاتحاد بالإضافة إلى إيران، يعد هذا المدى جزءاً من النطاق المستعمل للإذاعة للأرض طبقاً للاتفاق GE06، ولا يستعمل في AMR/AMI
787-779	الصين	
870-868	أوروبا	التوصية 03-70 للجنة الاتصالات الراديوية الأوروبية (ERC)
876-873	أجزاء من أوروبا	التوصية 03-70 للجنة الاتصالات الراديوية الأوروبية (ERC)
901-896	أمريكا الشمالية	نطاق مرخص، الجزء 90 في الولايات المتحدة الأمريكية
902-901	أمريكا الشمالية	نطاق مرخص، الجزء 24 في الولايات المتحدة الأمريكية

15 California Energy Commission on the Value of Distribution Automation, "California Energy Commission Public Interest Energy Research Final Project Report", p. 95 (Apr. 2007) (CEC Report).

الجدول 1 *(تتمة)*

التردد (MHz)	المنطقة/الإقليم	تعليقات بشأن الاستعمال الفعلي
928-902	أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية وأستراليا	استثناء التطبيقات ISM من الترخيص. النصف العلوي من النطاق فقط هو الموزع في أستراليا
921-915	أجزاء من أوروبا	التوصية 03-70 للجنة الاتصالات الراديوية الأوروبية (ERC)
923,5-917	كوريا	
928-920	اليابان	
960-928	أمريكا الشمالية	نطاق مرخص، الأجزاء 22 و24 و90 و101 في الولايات المتحدة الأمريكية
958-950	اليابان	متقاسم مع خدمة تعرف الهوية بالترددات الراديوية المنفعلة
1 518-1 427	الولايات المتحدة الأمريكية وكندا	في أجزاء من الإقليم 1، وتحديداً في أوروبا: – المدى 1 452-1 479,2 MHz مخطط استعماله في الإذاعة للأرض طبقاً للاتفاق Ma02revCO07 (مسجل في الاتحاد الدولي للاتصالات كاتفاق إقليمي) وفي الخدمة المتنقلة من أجل الوصلة الهابطة التكميلية فقط بموجب القرار ذي الصلة للمفوضية الأوروبية. – المدى 1 492-1 518 MHz مستعمل للميكروفونات اللاسلكية طبقاً للتوصية 03-70 للجنة الاتصالات الراديوية الأوروبية (ERC)، الملحق 10. – لا يستعمل من أجل AMR/AMI
2 483,5-2 400	جميع أنحاء العالم	
3 700-3 550	الولايات المتحدة الأمريكية	مرخص إقليمياً
5 350-5 250	أمريكا الشمالية وأوروبا واليابان	
5 725-5 470	أمريكا الشمالية وأوروبا واليابان	
5 850-5 725	أمريكا الشمالية	نطاق للتطبيقات ISM، مع الإعفاء من الترخيص

ويمكن أيضاً استعمال عائلة التكنولوجيات 3GPP2 cdma2000 ذات الموجات الحاملة المتعددة من أجل تطبيقات شبكة الطاقة الكهربائية. وتحدد النطاقات المطبقة في مواصفة صنف النطاق 3GPP2 C.S0057-E v1.0 لأنظمة تمديد الطيف cdma2000.

4.4 توفير شبكة قادرة على الصمود

تسمح تكنولوجيا الاستشعار عن بُعد عبر خطوط توزيع الكهرباء لمشغلي الشبكات بتجميع المعلومات عن حالة شبكاتهم في الوقت الفعلي. ويمكّن ذلك موردي البنى التحتية الوطنية الحرجة من منع انقطاع التيار قبل أن يحدث وتحديد موقع أي حادث بسرعة عند وقوعه. وتحقق الشبكة الكهربائية الذكية ذلك من خلال مجموعة من الأدوات البرمجية التي تقوم بجمع وتحليل البيانات من المحاسيس الموزعة عبر كامل شبكة توزيع الطاقة الكهربائية لتحديد موضع تراجع الأداء. ويمكن لشركات التوزيع أن تزيد إلى أقصى حد من برامج الصيانة للحيلولة دون وقوع انقطاعات للتيار الكهربائي، وإيفاد مهندسين إلى مكان الحادث على وجه السرعة، دون الاعتماد على ردود فعل المستهلكين. وفي السنوات الأخيرة، جعلت الانقطاعات في التيار الكهربائي التي حظيت بتغطية إعلامية مكثفة في شبكات أمريكا الشمالية وأوروبا من أمن شبكة الكهرباء مسألة سياسية، ومع تقادم الشبكة، فإن عدد هذه الانقطاعات واضطرابات الخدمة المصاحبة بالنسبة إلى المستخدمين النهائيين، ستزداد في النهاية. وستوفر الشبكة الكهربائية الذكية أداة فعلية في هذا الصراع المستمر من أجل السيطرة على الأوضاع.

5 لمحة عامة عن معمارية مرجعية للشبكة الذكية

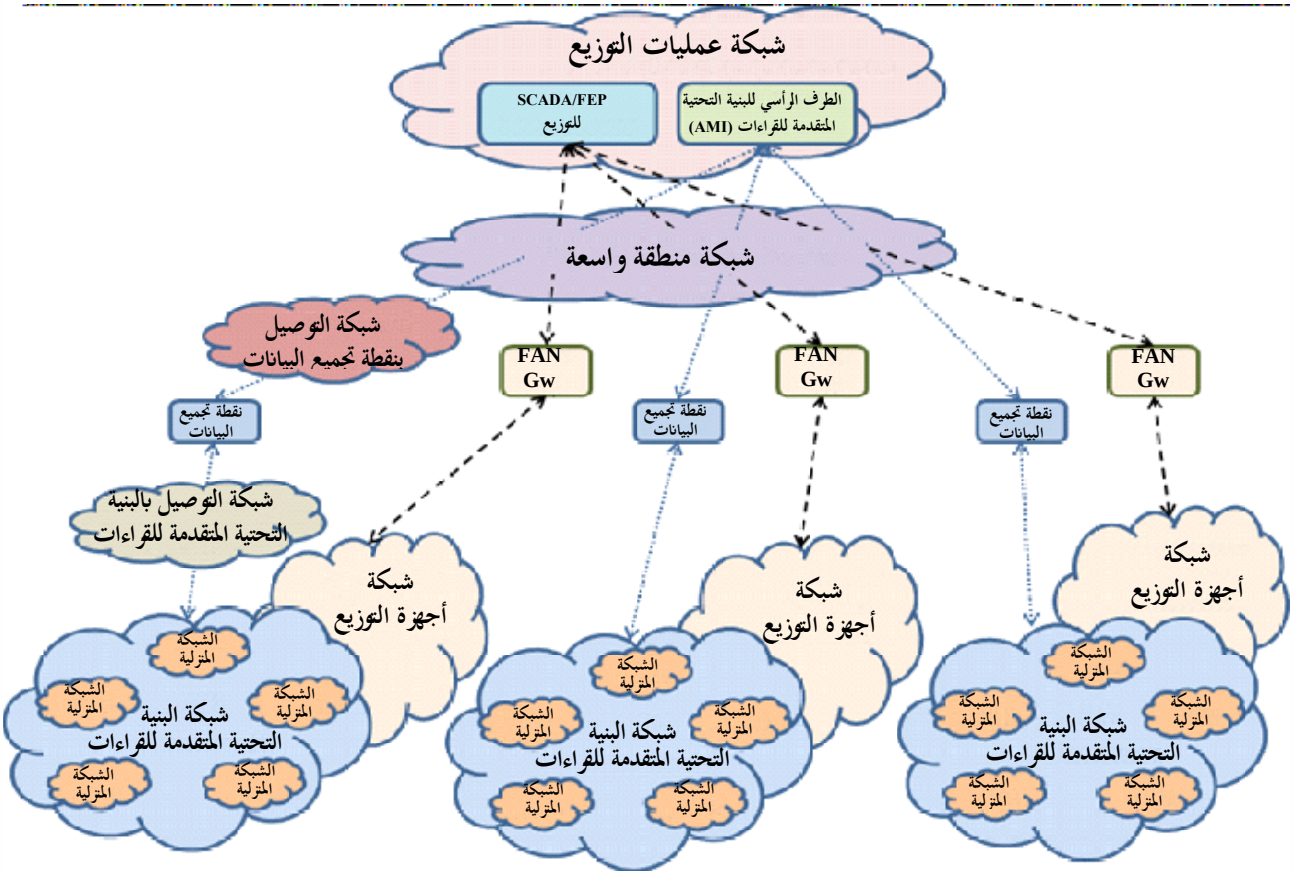
يُقدم مثال على معمارية مرجعية للشبكة الذكية. وهو يوضح العناصر التالية[16]:

- الشبكة المنزلية (HAN) – شبكة من أجهزة إدارة الطاقة، والأجهزة الإلكترونية الاستهلاكية الرقمية، والأجهزة التي يتم التحكم فيها أو تفعيلها بالإشارات، وتطبيقات داخل بيئة منزلية توجد في الجانب المنزلي من العداد الكهربائي.
- الشبكة الميدانية (FAN) – شبكة مصممة لتوفير توصيلية لأجهزة DA الميدانية. ويمكن للشبكة FAN أن توفر مسار توصيلية للعودة إلى المصدر في المحطة الفرعية لأجهزة DA الميدانية أو توصيلية لا تمر عبر المحطات الفرعية وتربط أجهزة DA الميدانية بنظام مركزي للإدارة والتحكم (معروف باسم نظام SCADA).
- شبكة منطقة الجوار (NAN) – نظام شبكي معد لتوفير توصيلة مباشرة بالأجهزة الطرفية للشبكة الذكية في منطقة جغرافية صغيرة نسبياً. وعملياً، يمكن أن تغطي الشبكة NAN مساحة تضم بضعة مبانٍ في بيئة حضرية، أو مناطق شاسعة تمتد إلى عدة أميال في بيئة ريفية.
- شبكة منطقة واسعة (WAN).
- نقطة تجميع البيانات (DAP) – هذا الجهاز فاعل منطقي يمثل تحولاً في معظم شبكات البنية التحتية المتقدمة للقراءات (AMI) بين شبكات المناطق الواسعة وشبكات الجوار (مثل المحصل، المرحل الخلوي، المحطة القاعدة، نقطة النفاذ، وما إلى ذلك).
- البنية التحتية المتقدمة للقراءات (AMI) – نظام شبكي مصمم خصيصاً لدعم التوصيلية ثنائية الاتجاه لعدادات الكهرباء والغاز والمياه أو بشكل أكثر تحديداً لعدادات البنية التحتية المتقدمة للقراءات وربما السطح البيني لخدمة الطاقة للمرفق.
- الإشراف التحكمي والحصول على البيانات (SCADA) – نظام مستخدم في المراقبة الروتينية لعمليات شبكة توزيع الطاقة الكهربائية ويؤدي وظيفة المراقبة الخاضعة للإشراف حسب الحاجة.
- المعالج الأمامي (FEP) – هذا الجهاز هو بمثابة القناة الرئيسية لإصدار الأوامر من DMS/SCADA وتلقي المعلومات من الأجهزة الميدانية المنتشرة في شبكة التوزيع.

16 التعاريف والشكل من NISTIR 7761 2013-07-12.

الشكل 1

مثال على الشبكة الكهربائية الذكية



Report SM.2351-01

ويمكن لمعيار لاسلكي معين أن يجد تطبيقاً في أكثر من مجال من هذه المجالات. بالإضافة إلى ذلك، يمكن تحقيق عدد معين من الروابط، في بعض التطبيقات، بحلول سلكية.

وأُعرب عن وجهات نظر عديدة (مثلاً خلال المشاورات التي أجرتها وزارة الطاقة وتغير المناخ في المملكة المتحدة[17]) بشأن ما إذا كان ينبغي أن تكون الترددات المستخدمة فيما يتعلق بالمكونات اللاسلكية لاتصالات الشبكة الذكية من النطاقات الموزعة والمحمية لهذا الغرض، أم في النطاقات غير الخاضعة للتنظيم (مثل النطاقات المعفية من الترخيص الفردي). ويلاحظ أن بيانات الترسيم والفوترة تعتبر بيانات شخصية في العديد من البلدان، وبالتالي تخضع لحماية مشددة بموجب تشريعات حماية البيانات.

وتوفر العديد من التكنولوجيات اللاسلكية قدراً كبيراً من الأمن والخصوصية لحماية بيانات المستخدم في تطبيقات الشبكة الذكية. فعلى سبيل المثال، توفر معايير المجموعة IEEE 802 مستويات مرتفعة من الخصوصية والأمن على مستوى الوصلة مناسبة لحماية البيانات الشخصية في الشبكات الكبلية واللاسلكية (في النطاقات المرخصة والمعفاة من الترخيص على السواء)؛ كما أن تكنولوجيات شراكة الجيل الثالث 3GPP تتيح وسائل للترخيص والاستيقان والخصوصية والأمن على مستوى الشبكة بأكملها.

6 معايير الكبلات وخطوط الكهرباء فيما يتعلق بالاتصالات عبر الشبكة الكهربائية الذكية

سوف تعتمد شبكات الكهرباء الذكية على التكنولوجيات السلكية واللاسلكية على السواء من أجل توفير مسارات التوصيلية والاتصالات اللازمة لتداول التدفقات الهائلة للبيانات من شبكات توزيع المرافق.

17 http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/consultations/smart_mtr_imp/smart_mtr_imp.aspx.

1.6 اتصالات الشبكة الذكية عبر خطوط الطاقة الكهربائية

ومن الخدمات التي كانت مرشحة للبحث في وقت مبكر الاتصالات عبر خطوط الطاقة الكهربائية (PLC)، انطلاقاً من الأساس المنطقي التبسيطي المبني على أن خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية ذاتها توفر التوصيلية في كل مكان عبر جميع أجزاء شبكة الإمداد بالطاقة الكهربائية وأنه من الممكن إرسال إشارات البيانات من طرف إلى آخر عبر خطوط الكهرباء ذاتها. وقد تم في هذا الأمر تجاهل بعض النقاط المهمة، من قبيل التوهين والضوضاء على طول الخطوط الكهربائية وكيفية تسيير الإشارات حول الشبكة، والأهم من ذلك كله سلامة البيانات.

وقد كان الأساس المنطقي لاعتناء قطاع تقييس الاتصالات بالاتصالات عبر خطوط الطاقة الكهربائية هو الاقتناع بأنه رغم اللجوء المتزايد إلى استخدام أسلاك الإمداد بالطاقة الكهربائية لإرسال البيانات، فإن خطوط الطاقة الكهربائية لم تُصمم ولم تُعد لأغراض الاتصالات. وعلى وجه الخصوص، كان لدى قطاع تقييس الاتصالات شواغل فيما يتعلق بالأسلاك غير المعزولة وغير المضفورة، التي تستخدم لنقل الطاقة الكهربائية، والتي تتعرض لأنواع عديدة من التداخلات الشديدة[18]. كما يشكل العديد من الأجهزة الكهربائية مصادر للضوضاء على خطوط الشبكة الكهربائية.

ونظراً إلى سرعة تأثر الاتصالات عبر خطوط الطاقة الكهربائية بالتداخلات الواردة، طورت لجنة الدراسات 15 لقطاع تقييس الاتصالات تكنولوجيات الاتصالات المتقدمة وتخفيف الضوضاء تطبيقات للاتصالات عبر خطوط الطاقة الكهربائية للأغراض العامة ضمن عائلة التوصيات ITU-T G.9960 من العام 2010 فصاعداً. ومنذ وقت قريب، وضع قطاع تقييس الاتصالات مجموعة من تكنولوجيات الاتصالات ضيقة النطاق عبر خطوط الإمداد بالطاقة (NB-PLC) في سلسلة التوصيات ITU-T G.990x (G.9955 سابقاً) (G.9901 وG.9902 وG.9903 وG.9904) التي صُممت خصيصاً لدعم توصيلية الشبكة الكهربائية الذكية واتصالاتها. وقد ثبتت الآن جدارة توصيتين من هذه التوصيات (G.9903 وG 9904) ميدانياً بفضل المنشآت المقامة في العديد من البلدان الموجودة في أوروبا وآسيا والأمريكتين. ولدى جمعية معايير معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات معايير للاستفادة من الاتصالات PLC لتطبيقات الشبكة الكهربائية الذكية، مثل المعيار IEEE 1901.2-2013.

ومديات التردد المحددة للاتصالات NB-PLC في سلسلة التوصيات ITU-T G.990x (G.9955 سابقاً) ضمن عائلة التوصيات (انظر الجدول 2 – G.9901 وG.9902 وG.9903 وG.9904) هي تلك المعدة بالفعل لتستخدمها اللجنة الأوروبية للتقييس الكهرتقني (CENELEC)[19] والمؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (CEPT)[20] فيما يتعلق بالاتصالات عبر خطوط الطاقة الكهربائية في أوروبا، ولجنة الاتصالات الفيدرالية (FCC) في أمريكا، ورابطة الصناعات ودوائر الأعمال في مجال الاتصالات الراديوية (ARIB) في اليابان. بالإضافة إلى ذلك، تمتثل الحدود المفروضة على التداخل عبر الموصلات والمشع الواردة ضمن عائلة التوصيات ITU-T G.990x للمعيار IEC CISPR 22، *"تجهيزات تكنولوجيا المعلومات – خصائص التداخل الراديوي – حدود وأساليب القياس"* وكذلك للمعيار CENELEC EN 50065-1 (2011) بالنسبة إلى الترددات تحت 148,5 kHz.

18 انظر: القسم 2.1.5 من حلقة تعليمية لقطاع تقييس الاتصالات على الموقع http://www.itu.int/pub/T-TUT-HOME-2010/en.

19 اللجنة الأوروبية للتقييس الكهرتقني.

20 المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات.

الجدول 2

توصيات قطاع تقييس الاتصالات ذات الصلة بالاتصالات عبر الشبكة الكهربائية الذكية

رقم التوصية	عنوان التوصية
G.9901	المرسلات المستقبلات للاتصالات عبر خطوط القدرة الكهربائية OFDM ضيقة النطاق – توصيف الكثافة الطيفية للقدرة
G.9902	المرسلات المستقبلات للاتصالات عبر خطوط القدرة الكهربائية OFDM ضيقة النطاق من أجل الشبكات G.hnem لقطاع تقييس الاتصالات
G.9903	المرسلات المستقبلات للاتصالات عبر خطوط القدرة الكهربائية OFDM ضيقة النطاق من أجل الشبكات G3-PLC
G.9904	المرسلات المستقبلات للاتصالات عبر خطوط القدرة الكهربائية OFDM ضيقة النطاق من أجل الشبكات PRIME
G.9905	تسيير مصدر مركزي على أساس قياسي
G.9959	مرسلات مستقبلات الاتصالات الراديوية الرقمية ضيقة النطاق قصيرة المدى – مواصفات الطبقة المادية (PHY) وطبقة التحكم في النفاذ إلى الوسائط (MAC)

وبالتالي، فإن مديات التردد المستخدمة في عائلة التوصيات ITU-T G.990x للشبكة الكهربائية الذكية/الاتصالات NB-PLC تستعمل أفضل الممارسات في تجنب عدم التوافق مع خدمات الاتصالات الراديوية الذي قد ينشأ مع نشر الاتصالات عبر خطوط الطاقة الكهربائية في كل مكان من أجل اتصالات الشبكة الكهربائية الذكية. ومع ذلك، فقد أبدت المنظمات الأخرى المعنية بوضع المعايير (SDO) ودوائر الصناعة خارج الاتحاد اهتماماً بتطوير منتجات الاتصالات PLT من أجل تطبيقات الشبكة الكهربائية الذكية، التي قد يتعين أن تولي الاعتبار الواجب لمتطلبات التوافق.

2.6 اتصالات الشبكة الكهربائية الذكية عبر الشبكات الكبلية

بالإضافة إلى الاتصالات بالطاقة الكهربائية، كثيراً ما تُستخدم الحلول الكبلية التقليدية كالألياف البصرية والنحاسية من أجل الشبكات المحلية عند تيسر حق المرور.

ويمكن نشر هذه الوصلات بواسطة مورد الخدمة مباشرة عبر أصول الإرسال والتوزيع المطمورة في الخنادق أو الأنابيب في إطار حق المرور أو استئجارها من شركات الاتصالات.

يحدد تشغيل الشبكة المحلية الإثرنت IEEE Std 802.3 لسرعات تشغيل مختارة من 1 Mb/s إلى 100 Gb/s عبر مجموعة متنوعة من الوسائط البصرية والكبلية النحاسية المكرسة للاستعمالات المنفصلة عبر مجموعة متنوعة من المسافات.

- IEEE 802.3 EPON
- الإثرنت IEEE 802.3 في الميل الأول

تصمم وصلات الإثرنت السلكية بحيث تمتثل للقواعد المحلية والوطنية المتعلقة بالحد من التداخل الكهرمغنطيسي بالنسبة للأنظمة التي لا تقوم بالإرسال.

7 المعايير اللاسلكية للاتصالات عبر الشبكات الكهربائية الذكية

1.7 الشبكة المنزلية (HAN)

هناك مجموعة متنوعة من حلول الربط الشبكي المستخدمة بالفعل في الشبكات HAN، تعتمد على الاحتياجات من الطاقة ومعدل البيانات والتنقلية وتكاليف التركيب. والشبكات HAN الأكثر شيوعاً التي تستخدم الحلول القائمة على الكبلات هي الشبكة التي يدعمها المعيار IEEE 802.3 (الإثرنت)؛ وبالنسبة للحلول اللاسلكية تنتشر المعايير IEEE 802.11 (واي فاي)، و IEEE 802.15.4 (ZigBee، Thread، Wi-SUN EchoNet HAN) و ITU-T G.9959 (Z-Wave) انتشاراً واسعاً.

ويمكن للتكنولوجيات اللاسلكية أن توفر الشبكات الذكية لجميع المرافق ويمكن بسهولة توصيلها مباشرة بالبنية التحتية القائمة على بروتوكول الإنترنت عندما تحول السلامة الكهربائية أو الاعتبارات القانونية دون تنفيذ التوصيلات السلكية على نحو مباشر، وهو ما ينطبق على عدادات الغاز وعدادات المياه.

وقد أُعدت التوصية ITU-T G.9959 – "*مرسلات مستقبلات الاتصالات الراديوية الرقمية ضيقة النطاق قصيرة المدى*" في إطار قطاع تقييس الاتصالات، بغية توفير وظيفة الشبكة المحلية اللاسلكية ضيقة النطاق الملائمة لتطبيقات الشبكة الذكية. وخلال مراحل الصياغة المبكرة لهذا العمل، دارت بعض المناقشات بين قطاع الاتصالات الراديوية وقطاع تقييس الاتصالات فيما يتعلق بمديات التردد المناسبة لهذه التطبيقات. وتمثلت المواضيع المطروحة في مزايا ومساوئ تحديد الترددات داخل المديات الخاضعة لبعض أشكال التحكم التنظيمي من جانب الإدارات أو في مديات مخصصة لاستخدام التطبيقات الصناعية والعلمية والطبية (ISM) أو المخصصة خلافاً لذلك للاستخدام غير الخاضع للتنظيم على الصعيد الإقليمي أو الوطني، أي دون الحاجة إلى ترخيص خاص. ودار قدر كبير من المناقشات بشأن الشواغل المتعلقة بالأمن والاعتمادية، نظراً إلى أن اتصالات الشبكة الذكية يمكن أن تحتوي على الفوترة والبيانات الشخصية، فيما يتعلق بالمديات المتاحة بالمجان لعدد من الاستخدامات غير الخاضعة للتنظيم.

وقد أشير في الوقت الراهن إلى العديد من الترددات التي تقع ضمن النطاقات حول 900 MHz، وفقاً للتعيينات الوطنية أو الإقليمية للاستخدام غير الخاضع للتنظيم، باعتبارها ملائمة للاستخدام بموجب التوصية ITU-T G.9959، حيث يقع اثنان منها فقط، في الإقليم 2، ضمن نطاق مخصص لاستخدام التطبيقات الصناعية والعلمية والطبية. وأحد معايير تصميم أجهزة الإرسال–الاستقبال العاملة في إطار التوصية G.9959 هو ضرورة أن تدعم القنوات 1 أو 2 أو 3 (حيث ترتبط كل قناة بتردد مركزي) حسب تيسر القنوات في الإقليم المحدد/البلد المعني.

وفيما يتعلق باختيار الترددات في جميع أنحاء العالم ومدى ملاءمتها بالنسبة للتوصية G.9959، يتمثل الشرط الأساسي بالنسبة لهذه التوصية في أن تكون متوافقة عكسياً مع تكنولوجيا Z-Wave[21] التي ظلت تعمل في هذا المجال لأكثر من عقد من الزمان. وعند النظر في تخصيص ترددات جديدة لكي تستخدمها التوصية G.9959، تنبغي مراعاة أن ذلك قد يجعل المنتجات المستقبلية التي تستند إلى التوصية G.9959 لا تتوافق مع أجهزة التكنولوجيا Z-Wave القائمة، وبالتالي يحول دون استفادة أجهزة التوصية G.9959 الجديدة من النظام الإيكولوجي العريض القابل للتشغيل البيني الموجود بالفعل. وقد تصبح احتياجات الطيف المستقبلية من أجل التوصية G.9959 والتكنولوجيات المماثلة لاستخدامها مع الشبكة الذكية إحدى المسائل المدرجة في البند 5.2 من جدول أعمال المؤتمر WRC-23.

وتجدر الإشارة أيضاً إلى أن المعيارين IEEE 802.11 وIEEE 802.15.4 منتشران بشكل واسع من أجل التطبيقات HAN وأن الأنظمة القائمة على كل من التوصية G.9959 والمعيار IEEE 802.15.4 يجوز أن تستخدم قفزات التردد والتسيير المتشابك إذا كان الإرسال في المدى المباشر غير ممكن بسبب المدى الطويل أو التوهين أو التشوه أو التداخل المؤقت. وهذا يزيد من متانة النظام عندما يعمل على النطاقات غير المرخصة.

بالإضافة إلى إدارة الطيف واعتبارات التوافق في نطاق اختصاص قطاع الاتصالات الراديوية، هناك أيضاً مسائل قانونية وأخرى تتعلق بالخصوصية والأمن سيتعين النظر فيها في المحافل الملائمة بشأن سلامة الأجهزة اللاسلكية المستخدمة في الشبكة الذكية. وقد يكون لهذه الاعتبارات تأثير على تحديد الترددات لاستخدامها في الاتصالات اللاسلكية للشبكة الذكية – لا سيما ضرورة تجنب الاعتراض أو الغش أو إتلاف البيانات أو الخسارة المتعلقة ببيانات الترسيم والفوترة.

---

21 Z-Wave تكنولوجيا لاسلكية منخفضة القدرة والتكلفة تزود المنتجات الخاصة بالعملاء بخواص شبكية. ومن الأمثلة على ذلك وسائل الخفض التدريجي للضوء المتحكم فيها عن بُعد، أجهزة استشعار درجات الحرارة الموصولة شبكياً والأقفال الإلكترونية للأبواب والأنظمة AV. وأي عقدة Z-Wave مطابقة تعمل في نطاقات RF المعفاة من الترخيص، مثل نطاقات التطبيقات ISM (http://www.z-wave.com/what_is_z-wave).

وتشمل جميع المعايير اللاسلكية المذكورة في هذا القسم التجفير لتوفير الخصوصية والأمن. وإمكانية التداخل هي نتيجة لا مفر منها لتشغيل الطيف غير الخاضع للتنظيم مثل التراخيص الفردية. وبصورة عامة، لا تتطلب التطبيقات HAN درجة عالية من الموثوقية. والتطبيقات WAN وFAN التي تستعمل توصيلات لاسلكية تتطلب درجة عالية من الموثوقية والتوافر هي أنسب للتشغيل في الطيف الخاضع للتراخيص الفردية والمعايير الإلزامية وأشكال التنظيم الأخرى.

2.7 الشبكات FAN/NAN/WAN

تشترك شبكات الاتصالات FAN/NAN/WAN في ضرورة حمل البيانات عبر مسافات طويلة نسبياً (مناطق الجوار والمدن) إلى مراكز التشغيل. ويمكن لهذه الشبكات أن تخدم عقدة طرفية مباشرة أو تعمل كوسيلة توصيل. ويعتمد نوع الحل الذي يتم اختياره على العديد من الاعتبارات، من بينها ما يلي:

- مسافة الوصلة
- تيسر حق المرور (للحلول الكبلية)
- سعة الوصلة
- الأجهزة التي يتم تشغيلها بطاقة خلاف مصادر الإمداد الرئيسية بالطاقة
- التيسر
- الاعتمادية
- الطيف الخاضع للتنظيم (قابل للترخيص) مقابل الطيف غير الخاضع للترخيص (معفى من الترخيص مثلاً).

وقد وضعت لجنة المعايير IEEE 802 LAN/MAN عدة معايير تُستخدم لدعم تطبيقات الشبكة الذكية.

وتشمل هذه الحلول:

- معايير لاسلكية تدعم الاتصالات اللاسلكية من نقطة إلى عدة نقاط
  - IEEE 802.11
  - IEEE 802.16
  - IEEE 802.20
  - IEEE 802.22
- معايير لاسلكية تدعم شبكة لاسلكية
  - IEEE 802.15.4
  - IEEE 802.11

وتشمل تكنولوجيات الاتصالات اللاسلكية الأخرى التي يمكن أن تسهم في متطلبات الشبكة الذكية التكنولوجيات الخلوية والإذاعة الصوتية. وقد تطورت الشبكات الخلوية الواقعة ضمن مسؤولية مشروع الشراكة 3GPP (أي، GSM/EDGE وWCDMA/HSPA وLTE) من تقديم الخدمات الهاتفية إلى دعم طائفة واسعة من تطبيقات البيانات، مع دعم مدمج للأمن وجودة الخدمة. وفي إصدارات مشروع الشراكة 3GPP الأخيرة، أدخلت أيضاً تحسينات على تقييس الاتصالات من آلة إلى آلة (MTC)، بما في ذلك دعم التحكم في الازدحام، وزيادة عمر بطاريات الأجهزة والحد من تعقيد الأجهزة إلى أبعد حد وزيادة عدد الأجهزة، وتحسين التغطية داخل المباني على النحو الموضح بالتفصيل في الفصل 9. وتتوفر عدادات ذكية بوظائف فردية للرصد والمراقبة تتيحها تكنولوجيات مشروع الشراكة 3GPP. وعلاوةً على ذلك، استخدمت الموجات الحاملة الفرعية غير المسموعة لعقود للتبديل البسيط في مناطق واسعة بين تعريفات القياس باستخدام الشبكات الإذاعية بالتشكيل الترددي (FM) في الولايات المتحدة الأمريكية والخدمة الإذاعية للتغطية الوطنية على التردد 198 kHz LF في المملكة المتحدة. وقد وضعت لجنة المعايير IEEE 802 LAN/MAN عدة معايير تُستخدم لدعم تطبيقات الشبكة الذكية.

8 اعتبارات التداخل المرتبطة بتنفيذ تكنولوجيات إرسال البيانات السلكية واللاسلكية المستعملة في أنظمة إدارة شبكات الطاقة الكهربائية

طورت لجنة المعايير IEEE 802 LAN/MAN العديد من التكنولوجيات اللاسلكية التي أثبتت القدرة على توفير اتصالات مقاومة للتداخل لتمكين إدارة شبكات الطاقة الكهربائية بدون تداخلات على الأنظمة الأخرى.

ومن الخواص النمطية التي توفرها عائلة المعايير IEEE 802:

- على سبيل المثال، أثبت المعياران (Wi-Fi™) IEEE 802.11 و(Bluetooth™) IEEE 802.15.1 إمكانية التعايش معاً مع العمل في نفس النطاق لعدة سنوات.
- على الرغم من أنه سيتم نشر الآلاف من أجهزة الشبكات الحديثة، فإن معدلات البيانات الخاصة بها ربما تكون منخفضة ويرجح إلى حد كبير ألا ترسل جميع الأجهزة في نفس الوقت. ومن ثم، يمكن لهذه الأجهزة أن تتقاسم نفس الطيف بكفاءة.
- طرحت هيئات التنظيم مثل لجنة الاتصالات الفيدرالية وUK Ofcom حدود بث صارمة لمختلف النطاقات يتعين الالتزام بها بصرامة من أجل التمكن من استعمال هذه النطاقات.
- تم نشر تكنولوجيات تقاسم راديوية إدراكية جديدة ضمن المعايير IEEE 802 (مثل IEEE 802.22-2011™، وتعرف أيضاً باسم Wi-FAR™) تمكّن من استعمال الطيف بكفاءة مع عدم إلحاق الضرر بالمستعملين الآخرين الذين يستعملون هذه النطاقات أو النطاقات المجاورة على أساس أولي.
- الخواص المدمجة ضمن المعايير IEEE 802 مثل استشعار الطيف وقواعد استخدام الطيف وإدارة مجموعة القنوات والتعايش، من شأنها ضمان الحد الأدنى من التداخل على هذه الشبكات نفسها وعلى الشبكات الأخرى.

وتستخدم التكنولوجيات 3GPP الخلوية الطيف المرخص ومن ثم تتحكم في التداخل. كما أن التقنيات المتقدمة لإدارة التداخلات بالنسبة للأجهزة المتعددة موجودة مثل الإلغاء المعزز للتداخلات.

وتوفر حلول مشروع الشراكة 3GPP تكنولوجيات شبكات اتصالات خلوية بما في ذلك النفاذ الراديوي وشبكة النقل الأساسية وإمكانات الخدمات – بما في ذلك تسيير الكوديكات والأمن وجودة الخدمة – ومن ثم توفير مواصفات كاملة للنظام. كما توفر المواصفات روابط من أجل النفاذ غير الراديوي للشبكة الأساسية ومن أجل التشغيل البيني مع شبكات Wi-Fi.

ويتمثل التركيز الرئيسي لمعظم إصدارات مشروع الشراكة 3GPP فيما يلي:

- تحقيق التوافق الأمامي والعكسي للنظام حيثما أمكن لضمان عدم حدوث انقطاع في تشغيل معدات المستعملين.
- إجراء دراسات تعايش مكثفة ووضع مواصفات لضمان تقاسم نطاق التردد بالنسبة للأنظمة التي تستعمل تكنولوجيات نفاذ 3GPP مختلفة مع الحد الأدنى من التأثير على الأداء.
- الالتزام بشروط البث التنظيمية العالمية.
- توفير ورعاية تكنولوجيات نفاذ تدعم طائفة واسعة من معدلات البيانات والسعات.

كما يمكن للتكنولوجيات 3GPP الاستفادة من مجموعة متنوعة من التقنيات، مثل القفزات الترددية لزيادة الحماية من التداخل والحد من التداخل على الأنظمة الأخرى التي تعمل في نفس النطاق. كما تستخدم هذه التكنولوجيات تقنيات التخطيط والتنسيق فيما يخص التداخلات، مثل تخطيط الترددات للنظام ككل وتنسيق التداخل بين الخلايا من أجل ضمان استعمال الطيف بكفاءة، كما أن تقنية الإلغاء المتقدم للتداخل تستعمل في المستقبلات، مما يزيد من الحماية من التداخل.

وقد طور المشروع 3GPP2 العديد من التكنولوجيات اللاسلكية التي أثبتت القدرة على توفير اتصالات مقاومة للتداخلات لتمكين إدارة شبكات الطاقة الكهربائية بدون تداخلات على الأنظمة الأخرى. وتشمل عائلة المعايير 3GPP2 cdma2000 متعددة الموجات الحاملة:

- cdma2000 1x
- (HRPD/EV-DO) cdma2000 High Rate Packet Data
- .(xHRPD) Extended High Rate Packet Data

ويعترف الاتحاد الدولي للاتصالات بعائلة المعايير 3GPP2 cdma2000 متعددة الموجات الحاملة على أنها واحدة من تكنولوجيات الاتصالات المتنقلة الدولية كما هو موثق في التوصية ITU-R M.1457. وفيما يلي الخواص النمطية التي توفرها عائلة المعايير 3GPP2 cdma2000 متعددة الموجات الحاملة:

- من التكنولوجيات التي أثبتت كفاءة كبيرة من خلال تحكم دقيق في النفاذ من أجل دعم عدد كبير من المستعملين في أسلوبي النفاذ العشوائي والحركة بأدنى قدر من التداخلات.
- منتشرة بالفعل عالمياً لتوفير التوصيلية لمنطقة جغرافية واسعة الانتشار.
- لكل محطة قاعدة منطقة تغطية واسعة يفرضها التصميم.
- مجموعة كاملة من المواصفات تضم مواصفات الشبكة والأمن والاختبار والأداء.

9 أثر النشر على نطاق واسع للشبكات السلكية واللاسلكية المستخدمة من أجل إدارة شبكات الطاقة الكهربائية على تيسر الطيف

من أهداف التكنولوجيات 3GPP اللاسلكية الخلوية وعائلة المعايير IEEE 802 ألا تتأثر عملية تيسر الطيف بالتداخلات المرتبطة لعمليات النشر على نطاق واسع لهذه التكنولوجيات والأجهزة.

ويعد هذا الأمر من الاعتبارات الحيوية للآتي:

- يوجد حالياً ملايين الأجهزة اللاسلكية المركبة للشبكات الذكية في مختلف البلدان والأقاليم مثل أوروبا وأستراليا وأمريكا الشمالية والتي تعمل في طيف متقاسم. وتتنامى عمليات النشر هذه ومن المخطط نشر المزيد في هذه المناطق الجغرافية حيث إنها برهنت على نجاحها وفعاليتها.
- هناك استعمال واسع عالمياً للأجهزة اللاسلكية الاستهلاكية المتنقلة. ويمكن لكل جهاز نقل العديد من الجيغابتات من البيانات كل شهر. في حين أن استعمال البيانات في أجهزة الشبكات الذكية اللاسلكية أقل من حيث الكم. ويمكن للطيف المرخص الذي تتولى إدارته شركات الاتصالات اللاسلكية تأمين هذه الحركة المتصاعدة بسهولة.
- اللوائح الحالية لهيئات التنظيم مثل لجنة الاتصالات الفيدرالية UK Ofcom أتاحت الفرصة لتشغيل ملايين الأجهزة اللاسلكية للشبكات الذكية بنجاح دون إضرار كل جهاز بالآخر.
- المعايير IEEE 802 اللاسلكية تستعمل مجموعة متنوعة من التكنولوجيات مثل القفزات الترددية وتسيير الشبكات والتقسيم والتشفير ومعدلات الرشقات العالية مما يمكن من توفير شبكات لاسلكية للشبكات الذكية تتسم بالاعتمادية. كما أن هذه الشبكات مقاومة لحالات انقطاع الوصلات والطاقة الكهربائية.
- تستعمل التكنولوجيات 3GPP اللاسلكية الخلوية مجموعة متنوعة من التقنيات مثل التشكيل رفيع المستوى والتشفير والتوزيع المجمع للموارد وإلغاء التداخل والتخفيف من حدته والمدخلات والمخرجات المتعددة (MIMO) من أجل استخدام الطيف بكفاءة. كما أن النقاط المتعددة المنسقة توفر المزيد من المتانة.

- أن تكنولوجيات التقاسم الإدراكية الراديوية الجديدة التي يتم تطويرها ضمن المعايير IEEE 802 يمكن أن تحقق استعمال الطيف بكفاءة مع عدم الإضرار بالمستعملين الآخرين الذين يقومون بالتشغيل في هذه النطاقات أو في النطاقات المجاورة على أساس أولي.
- الخواص المدمجة ضمن المعايير IEEE 802 مثل استشعار الطيف وقواعد استخدام الطيف وإدارة مجموعة القنوات والتعايش، من شأنها ضمان الحد الأدنى من التداخل على هذه الشبكات نفسها وعلى الشبكات الأخرى.
- أن التكنولوجيات 3GPP اللاسلكية الخلوية تتطور باستمرار وأنه ستطرح خواص جديدة متعلقة بالشبكات الذكية في الإصدار 13 من هذه التكنولوجيات لدعم ما يلي:
  - أقصى خسارة اقتران بنسبة 164 dB.
  - التشغيل خلال ما لا يقل عن 10 سنوات على بطارية 5 Wh (واط ساعي) لأنماط الحركة التي تتميز بإرسال بيانات على فترات متباعدة.
  - كمون لا يزيد عن 10 ثوانٍ لإرسال رزمة صغيرة حتى عند حافة النظام، أي بخسارة اقتران نسبتها 164 dB.
  - القدرة على دعم 60 ألف جهاز على الأقل في كل كيلومتر مربع.
  - الإرسال الآمن لرزم البيانات من خلال استخدام التجفير وحماية السلامة.
  - نظام قليل التعقيد وتصميم الجهاز لتسهيل الدعم لمجموعة كبيرة من تطبيقات MTC.
- أن وصلات الإثرنت السلكية لا تستخدم الطيف اللاسلكي، وهي تصمم عادة بحيث تمتثل للقواعد المحلية والوطنية المطبقة فيما يتعلق بالحد من التداخل الكهرمغنطيسي بالنسبة للأنظمة التي لا تقوم بالإرسال. ولذا، لا ينبغي وجود اعتبارات تداخل إضافية على الاتصالات الراديوية ترتبط باستعمال الإثرنت في تنفيذ التكنولوجيات والأجهزة السلكية واللاسلكية المستخدمة لدعم أنظمة إدارة شبكات الطاقة الكهربائية.

ومن أهداف عائلة المعايير 3GPP ألا يتأثر تيسر الطيف بالتداخل المرتبط بالنشر على نطاق واسع لهذه التكنولوجيات والأجهزة مع مراعاة:

- النشر الواسع والعالمي للأنظمة التي توفر التجوال العالمي للملايين من معدات المستعملين،
- التغطية التي تتسم بالاعتمادية للشبكة الخلوية في جميع أرجاء العالم تقريباً.

10 الخلاصة

يمكن لشبكات الاتصالات في الاتجاهين ذات السعات العالية التي تستخدم تكنولوجيات الاتصالات اللاسلكية أو الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية (PLT) أو غيرها من تكنولوجيات الاتصالات والتي تجمع بين أجهزة الاستشعار والعدادات الذكية أن تحول الشكات الحالية لتوزيع المرافق إلى شبكات ذكية.

والقراءة الذكية والاتصالات الذكية عبر الشبكات الذكية ستتيح للمستهلكين بشكل أساسي مراقبة أنماط الاستهلاك الخاصة بهم وتغييرها للأفضل بالنسبة لهم. وسيتسنى للمرافق أيضاً أن تقدم إجراءات تسعير في الوقت الفعلي يمكن من خلالها ضبط الرسوم بصورة مستمرة بحيث تراعي اعتبارات الطلب الإجمالي والسلامة بالنسبة لشبكات التوزيع. وسيتسنى أيضاً، بشكل مبدئي، تنظيم الطلب من بعض الأصناف من الأجهزة المحلية والمعدات الصناعية ذات معدلات الاستعمال العالية.

ويتمثل الهدف العام في أنه يمكن مراقبة هذه الشبكات التفاعلية بالشبكات الذكية والتحكم فيها من أجل زيادة الكفاءة والاعتمادية والأمن بالنسبة لشبكات توزيع الكهرباء والغاز والمياه، مع ضمان استمرارية إمداد المستهلكين بهذه المرافق.

الملحق 1

أمثلة للمعايير الموجودة المتعلقة بأنظمة إدارة شبكات الطاقة الكهربائية

1.A1 معايير معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات

تضم المعايير IEEE 802 مجموعة متنوعة من المعايير اللاسلكية التي يمكن تطبيقها على تطبيقات الميل الأول في أنظمة إدارة شبكات الطاقة الكهربائية. ويرد في الجداول أدناه ملخصاً للخواص التقنية والتشغيلية للمعايير IEEE 802 اللاسلكية ذات الصلة.

ملاحظة – انظر التوصية الجدول 2 في التوصية ITU-R M.1405 للاطلاع على المعلمات التقنية المرتبطة بالمعيار IEEE Std 802.11.

الجدول 1.A1

الخواص التقنية والتشغيلية للمعيار IEEE 802.11

البند	802.11	22802.11ah		802.11n	802.11ac
		النموذج 123	النموذج 224		
نطاقات التردد المدعومة (مرخصة أو غير مرخصة)	GHz 2,4	MHz 900	MHz 900	GHz 2,4	GHz 5
مدى التشغيل الاسمي	km 1,5	km 2	km 2	km 0,25	km 0,14
إمكانات التنقلية (جوال/متنقل)	جوال ومتنقل	جوال	جوال	جوال ومتنقل	جوال ومتنقل
معدل البيانات الأقصى (للوصلة الصاعدة/الهابطة، إذا كانا مختلفين)	Mb/s 2	Mb/s 156	Mb/s 1,3	Mb/s 600	Mb/s 6 934
طريقة الإرسال المزدوج (FDD، TDD، وغير ذلك)	TDD				
عرض النطاق RF الاسمي	MHz 20	1 و2 و4 و8 و16 MHz	MHz 2	20 و40 MHz	20 و40 و80 و160 MHz
تقنيات التفريق	الزمان والمكان				
دعم تعدد المدخلات والمخرجات (MIMO) (نعم/لا)	لا	نعم	لا	نعم	نعم
توجيه/تشكيل الحزم	لا	نعم	نعم	نعم	نعم
إعادة الإرسال	طلب إعادة الإرسال أوتوماتياً (ARQ)				
التصحيح الأمامي للأخطاء	نعم	تلافيفي وLDPC	تلافيفي وLDPC	نعم	نعم

22 IEEE P802.11ah هو مشروع أُنجز عملياً ولكن، في وقت كتابة هذا التقرير، كان لا يزال بانتظار عملية الموافقة.

23 النموذج 1 هو نموذج لوصف العائلة والتشغيل داخل المباني.

24 النموذج 2 هو نموذج تشغيل محدد خارج المباني.

الجدول 1.A1 (*تتمة*)

البند	802.11	[25]802.11ah		802.11n	802.11ac
		النموذج [26]1	النموذج [27]2		
إدارة التداخل	الاستماع قبل التحدث	الاستماع قبل التحدث واختيار قناة التردد	الاستماع قبل التحدث واختيار قناة التردد	الاستماع قبل التحدث	الاستماع قبل التحدث
إدارة القدرة	نعم				
طوبولوجيا التوصيل	من نقطة إلى نقطة، ومتعددة القفزات، ونجمية				
طرائق النفاذ المتوسط	CSMA/CA				
طرائق النفاذ المتعدد	CSMA	CSMA/TDMA	CSMA/TDMA	CSMA	CSMA
طريقة الاكتشاف والربط	مسح منفعل ونشيط				
طرائق جودة الخدمة	أولوية الانتظار الراديوي، ووسم البيانات العابرة، وأولوية الحركة				
العلم بالموقع	نعم				
تحديد المدى	نعم				
التجفير	AES-128 وAES-256				
الاستيقان وحماية إعادة التشغيل	نعم				
تبادل المفاتيح	نعم				
اكتشاف العقد الحمراء	نعم				
تعرف الهوية الفريد للأجهزة	معرف هوية فريد من 48 بتة				

الجدول 2.A1

الخواص التقنية والتشغيلية للمعيار IEEE 802.15.4

البند	القيمة
نطاقات التردد المدعومة (مرخصة أو غير مرخصة) (MHz)	غير مرخصة: 169 و450-510 و779-787 و863-870 و902-928 و950-958 و400 2-483,5 2 مرخصة: 220 و400-1000 و1427
مدى التشغيل الاسمي	km 2 – OFDM km 5 – MR-FSK km 0,1 – DSSS
إمكانات التنقلية (جوال/متنقل)	جوال ومتنقل
معدل البيانات الأقصى (للوصلة الصاعدة/الهابطة، إذا كانا مختلفين)	kb/s 860 – OFDM kb/s 400 – MR-FSK kb/s 250 – DSSS
طريقة الإرسال المزدوج (FDD، TDD، وغير ذلك)	TDD

[25] IEEE P802.11ah هو مشروع أُنجز عملياً ولكن، في وقت كتابة هذا التقرير، كان لا يزال بانتظار عملية الموافقة.

[26] النموذج 1 هو نموذج لوصف العائلة والتشغيل داخل المباني.

[27] النموذج 2 هو نموذج تشغيل محدد خارج المباني.

الجدول 2.A1 (*تتمة*)

البند	القيمة
عرض النطاق RF الاسمي	OFDM – مديات من 200 kHz إلى 1,2 MHz MR-FSK – مديات من 12 kHz إلى 400 kHz DSSS – 5 MHz
تقنيات التفريق	الزمان والمكان
دعم تعدد المدخلات والمخرجات (MIMO) (نعم/لا)	لا
توجيه/تشكيل الحزم	لا
إعادة الإرسال	ARQ
التصحيح الأمامي للأخطاء	تلافيفي
إدارة التداخل	الاستماع قبل التحدث واختيار قناة التردد والقفزات الترددية وتمديد الطيف والرشاقة الترددية
إدارة القدرة	نعم
طوبولوجيا التوصيل	من نقطة إلى نقطة، ومتعددة القفزات، ونجمية
طرائق النفاذ المتوسط	CSMA/CA
طرائق النفاذ المتعدد	FDMA/TDMA/CSMA (في أنظمة القفزات)
طريقة الاكتشاف والربط	مسح منفعل ونشيط
طرائق جودة الخدمة	وسم البيانات العابرة، وأولوية الحركة
العلم بالموقع	نعم
تحديد المدى	نعم
التجفير	AES-128
الاستيقان وحماية إعادة التشغيل	نعم
تبادل المفاتيح	نعم
اكتشاف العقد الحمراء	نعم
تعرف الهوية الفريد للأجهزة	معرف هوية فريد من 64 بتة

الجدول 3.A1

خصائص المعيار IEEE 802.16

البند	القيمة
نطاقات التردد المدعومة (مرخصة أو غير مرخصة)	نطاقات تردد مرخصة بين 200 MHz و6 GHz
مدى التشغيل الاسمي	مستمثل لمديات تصل إلى 5 km في بيئة من نقطة إلى عدة نقاط نمطية، ويعمل حتى مدى يصل إلى 100 km
إمكانات التنقلية (جوال/متنقل)	جوال ومتنقل

الجدول 3.A1 (*تتمة*)

البند	القيمة
معدل البيانات الأقصى (للوصلة الصاعدة/الهابطة، إذا كانا مختلفين)	المعيار 802.16-2012: 34,6 للوصلة الصاعدة/60 للوصلة الهابطة Mbit/s مع هوائي إرسال واحد للمحطة القاعدة (عرض نطاق 10 MHz) 69,2 للوصلة الصاعدة/120 للوصلة الهابطة Mbit/s مع هوائيين اثنين للإرسال للمحطة القاعدة (عرض نطاق 10 MHz) المعيار 802.16.1-2012: 66,7 للوصلة الصاعدة/120 للوصلة الهابطة Mbit/s مع هوائيين للإرسال للمحطة القاعدة (عرض نطاق 10 MHz)، 137 للوصلة الصاعدة/240 للوصلة الهابطة Mbit/s مع أربع هوائيات إرسال للمحطة القاعدة (عرض النطاق 10 MHz)
طريقة الإرسال المزدوج (FDD، TDD، وغير ذلك)	TDD وFDD محددان، واستعمال TDD هو الأكثر شيوعاً، ويستعمل TDD التكيفي مع الحركة غير المتجانسة
عرض النطاق RF الاسمي	قابل للاختيار: من 1,25 MHz إلى 10 MHz
تقنيات التفريق	الزمان والمكان
دعم تعدد المدخلات والمخرجات (MIMO) (نعم/لا)	نعم
توجيه/تشكيل الحزم	نعم
إعادة الإرسال	نعم (ARQ وARQ مختلط (HARQ))
التصحيح الأمامي للأخطاء	نعم (تشفير تلافيفي)
إدارة التداخل	نعم (إعادة استعمال الترددات جزئياً)
إدارة القدرة	نعم
طوبولوجيا التوصيل	من نقطة إلى عدة نقاط ومن نقطة إلى نقطة، والترحيل متعدد القفزات
طرائق النفاذ المتوسط	يدعم التنافس المنسق المتبوع بجودة الخدمة القائمة على التوصيل عن طريق استعمال خمس قواعد للخدمة
طرائق النفاذ المتعدد	OFDMA
طريقة الاكتشاف والربط	كشف مستقل وربط عن طريق CID/SFID
طرائق جودة الخدمة	دعم تمييز جودة الخدمة (دعم 5 مستويات للجودة)، ودعم جودة الخدمة القائمة على التوصيل
العلم بالموقع	نعم
تحديد المدى	اختياري
التجفير	AES128-CCM وAES128-CTR
الاستيقان وحماية إعادة التشغيل	نعم
تبادل المفاتيح	PKMv2 (القسم 2.2.7)
اكتشاف العقد الحمراء	نعم، اشتقاق مفتاح شفرة استيقان رسالة قائمة على التشفير (CMAC)/شفرة استيقان رسالة مختزلة (HMAC) من أجل الحماية السليمة لرسائل التحكم. إضافة إلى القيمة ICV للرسالة AES-CCM من أجل الحماية السليمة للوحدات MPDU.
تعرف الهوية الفريد للأجهزة	عنوان MAC وشهادات X.509 وبطاقة SIM اختيارية

الجدول 4.A1

الخواص التقنية والتشغيلية للمعيار IEEE 802.20، الأسلوب 625k-MC

البند	القيمة
نطاقات التردد المدعومة (مرخصة أو غير مرخصة)	نطاقات مرخصة تحت 3,5 GHz
مدى التشغيل الاسمي	12,7 km (كحد أقصى)
إمكانات التنقلية (جوال/متنقل)	متنقل
معدل البيانات الأقصى (للوصلة الصاعدة/الهابطة، إذا كانا مختلفين)	معدلات بيانات قصوى لمستعمل الوصلة الهابطة تبلغ 493 1 Mbit/s ولمستعمل الوصلة الصاعدة تبلغ 571 kbit/s في عرض نطاق للموجة الحاملة يبلغ 625 kHz.
طريقة الإرسال المزدوج (FDD، TDD، وغير ذلك)	TDD
عرض النطاق RF الاسمي	2,5 MHz (يؤمن أربع موجات حاملة بمباعدة kHz)، و5 MHz (يؤمن ثماني موجات حاملة بمباعدة 625 kHz)
معدل التشكيل/التشفير في اتجاهي المصدر والمقصد	تشكيل وتشفير تكيفيين، BPSK وQPSK وPSK-8 وPSK-12 وQAM-16 وQAM-24 وQAM32 وQAM64
تقنيات التفريق	تفريق مكاني
دعم تعدد المدخلات والمخرجات (MIMO) (نعم/لا)	نعم
توجيه/تشكيل الحزم	انتقائية مكانية للقنوات ومعالجة تكيفية لصفيف الهوائي.
إعادة الإرسال	ARQ سريع
التصحيح الأمامي للأخطاء	تشفير مجمع وتلافيفي/فك تشفير فيتربي
إدارة التداخل	معالجة تكيفية لإشارة الهوائي
إدارة القدرة	مخطط تحكم تكيفي في القدرة (عروة مفتوحة ومغلقة). سيحسن التحكم في القدرة من سعة الشبكة ويحد من القدرة المستهلكة على الوصلتين الصاعدة والهابطة على السواء.
طوبولوجيا التوصيل	من نقطة إلى عدة نقاط
طرائق النفاذ المتوسط	نفاذ عشوائي وTDMA-TDD
طرائق النفاذ المتعدد	FDMA-TDMA-SDMA
طريقة الاكتشاف والربط	عن طريق الاستيقان BS-UT المتبادل
طرائق جودة الخدمة	يحدد الأسلوب 625k-MC المستويات الثلاثة لجودة الخدمة التي تنفذ النموذج Diffserv للفريق IETF: سلوك تسيير معجل (EF) وتسيير مضمون (AF) وأقصى جهد (BE) لكل قفزة استناداً إلى نقاط شفرة النموذج DiffServ (DSCP).
العلم بالموقع	نعم
تحديد المدى	نعم
التجفير	تشفير القطارات RC4 وAES
الاستيقان وحماية إعادة التشغيل	استيقان المحطة القاعدة ومطراف المستعمل استناداً إلى الشهادات الرقمية الموقعة طبقاً للمعيار ISO/IEC 9796 باستخدام خوارزمية ريفست وشامير وأدلمان
تبادل المفاتيح	تجفير المنحنيات الإهليلجية (استعمال المنحنيين K-163 وK-233 بالمعيار FIPS-186-2)
اكتشاف العقد الحمراء	محمي من العقد الحمراء
تعرف الهوية الفريد للأجهزة	نعم

الجدول 5.A1

الخواص التقنية والتشغيلية للمعيار IEEE 802.22

البند	القيمة
نطاقات التردد المدعومة (مرخصة أو غير مرخصة)	MHz 862-54
مدى التشغيل الاسمي	مستمثل لمديات تصل إلى km 30 في بيئة من نقطة إلى عدة نقاط نمطية، ويعمل حتى مدى يصل إلى km 100
إمكانات التنقلية (جوال/متنقل)	جوال ومتنقل
معدل البيانات الأقصى (للوصلة الصاعدة/الهابطة، إذا كانا مختلفين)	Mb/s 29-22، وأكبر من Mb/s 40 مع MIMO
طريقة الإرسال المزدوج (FDD، TDD، وغير ذلك)	TDD
عرض النطاق RF الاسمي	6 أو 7 أو MHz 8
تقنيات التفريق	الزمان والمكان وشفرات المجموعات وتعدد الإرسال المكاني
دعم تعدد المدخلات والمخرجات (MIMO) (نعم/لا)	نعم
توجيه/تشكيل الحزم	نعم
إعادة الإرسال	ARQ وHARQ
التصحيح الأمامي للأخطاء	تلافيفي وتوربو وLDPC
إدارة التداخل	نعم
إدارة القدرة	نعم، حالات متنوعة للقدرة المنخفضة
طوبولوجيا التوصيل	من نقطة إلى عدة نقاط
طرائق النفاذ المتوسط	TDMA/TDD وOFDMA وMAC على أساس الحجز
طرائق النفاذ المتعدد	OFDMA
طريقة الاكتشاف والربط	نعم، عن طريق المعرفات MAC ID وCID وSFID للجهاز
طرائق جودة الخدمة	دعم تمييز جودة الخدمة (دعم 5 مستويات للجودة)، ودعم جودة الخدمة القائمة على التوصيل
العلم بالموقع	الموقع الجغرافي
تحديد المدى	نعم
التجفير	AES-128-CCM وECC وTLS
الاستيقان وحماية إعادة التشغيل	AES-128-CCM وECC وEAP وTLS، وحماية إعادة التشغيل عن طريق التجفير والاستيقان، إضافة إلى وسم الرزم
تبادل المفاتيح	نعم، PKMv2
اكتشاف العقد الحمراء	نعم
تعرف الهوية الفريد للأجهزة	معرف هوية فريد من 48 بتة، الشهادة X.509

2.A1 معايير قطاع التقييس بالاتحاد الدولي للاتصالات (ITU-T)

وضعت عائلة التوصيات ITU-T G.990x (G.9901 وG.9902 وG.9903 وG.9904) الخاصة بالاتصالات NB-PLC من أجل دعم توصيلية واتصالات الشبكة الذكية. ويرد في الجدول أدناه ملخصاً للخواص التقنية والتشغيلية لإثنين من تكنولوجيات الاتصالات NB-PLC الموصفة في قطاع تقييس الاتصالات بالاتحاد أثبتتا فعاليتهما ميدانياً.

الجدول 6.A1

الخواص التقنية والتشغيلية للتوصيتين ITU-T G.9903 وG.9904

البند	G.9903	G.9904
نطاقات التردد المدعومة	kHz 488-35	kHz 89-42
أقصى معدل للبيانات	kbit/s 42	kbit/s 128
طرائق النفاذ المتعدد	OFDM	OFDM
التصحيح الأمامي للأخطاء	ريد سولومون وتلافيفي ومخلط ومشذر وشفرة تكرار	تلافيفي ومخلط ومشذر
طوبولوجيا الشبكة	شبكية	شجرية
إعادة الإرسال	ARQ	ARQ
طرائق النفاذ المتوسط	CSMA وأولوية	CSMA وحر التوصيل أو أولوية
طريقة الاكتشاف والربط	على أساس 6loWPAN وEAP-PSK	إجراءات تسجيل شبكة محددة
طرائق جودة الخدمة	تمييز جودة الخدمة بأولويتين	تمييز جودة الخدمة بأربع أولويات
التجفير	AES-128-CCM	AES-128-GCM
الاستيقان/حماية إعادة التشغيل	آلية للاستيقان ومنع إعادة التشغيل	آلية للاستيقان ومنع إعادة التشغيل
تبادل المفاتيح	نعم	نعم
تعرف الهوية الفريد للأجهزة	معرف هوية فريد من 64 بتة	معرف هوية فريد من 64 بتة

3.A1 معايير مشروع شراكة الجيل الثالث (3GPP)

لمشروع الشراكة 3GPP مجموعة متنوعة من المعايير اللاسلكية التي يمكن تطبيقها على تطبيقات الميل الأول لأنظمة إدارة شبكات الطاقة الكهربائية. ويرد في الجدول أدناه ملخصاً للخواص التقنية والتشغيلية للمعايير اللاسلكية ذات الصلة الخاصة بمشروع الشراكة 3GPP. وقد أدخلت الإصدارات الأخيرة من معايير مشروع الشراكة 3GPP تحسينات على الاتصالات ذات نمط الآلة (MTC)، من قبيل

الإصدار 10:

- إدخال سبب إنشاء النفاذ المتقبل للتأخير وبيان أولوية النفاذ المنخفضة لدعم التحكم في النظام على أجهزة MTC ذات متطلبات الكمون المتهاونة. قد يكون ذلك مفيداً بشكل خاص في حالة سيناريوهات الحمولة الزائدة. (GSM/EDGE، UMTS، HSPA+، LTE)
- حظر النفاذ الموسع والرفض الضمني لدعم حظر الأجهزة المتقبلة للتأخير المشكَّلة لأولوية نفاذ منخفضة. (GSM/EDGE)

الإصدار 11:

- حظر النفاذ الموسع (UMTS، HSPA+، LTE)

الإصدار 12:

- أسلوب توفير قدرة معدات المستعمل (UE) لدعم إطالة عمر البطارية بما يصل إلى عدة سنوات في حالة الأجهزة التي تتميز بإرسال بيانات صغيرة على فترات متباعدة. (GSM/EDGE، UMTS، HSPA+، LTE)
- فئة معدات المستعمل (UE) قليلة التعقيد لتمكين خفض تكلفة الجهاز من أجل دعم الاستخدام المرن عبر مجموعة من تطبيقات الاتصالات ذات نمط الآلة (MTC) (LTE)

الإصدار 13:

- توسيع الاستقبال المتقطع (DRX) لدعم إطالة عمر البطارية مع الحفاظ على إمكانية الوصول إلى الجهاز عبر مطراف متنقل خاضع لتحكم الشبكة. (GSM/EDGE، UMTS، +HSPA، LTE)
- توسيع تغطية إنترنت الأشياء بواسطة GSM (EC-GSM-IoT) (GSM/EDGE)، وتحسينات طبقة LTE المادية للاتصالات ذات نمط الآلة (eMTC) (LTE)، وإنترنت الأشياء الضيقة النطاق (NB-IoT) لدعم قلة تعقيد الجهاز، وخسارة اقتران بنسبة 164 dB، وعمر بطارية يدوم 10 سنوات، وكمون 10 ثوانٍ، وسعة نظام لا تقل عن 60 000 جهاز في كل كيلومتر مربع.

ويرد في الجدول أدناه ملخص للخواص التقنية والتشغيلية التي تشمل التحسينات المذكورة أعلاه لاتصالات MTC في المعايير اللاسلكية ذات الصلة الخاصة بمشروع الشراكة 3GPP.

الجدول 7.A1

الخواص التقنية والتشغيلية لتكنولوجيات مشروع الشراكة 3GPP

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
القدرة على إقامة وصلة مناسبة للجهاز باعتمادية	نسبة مئوية من الوقت	تعتمد على النشر (أكبر من 99% عادة)	تعتمد على النشر (أكبر من 99% عادة)	تعتمد على النشر (أكبر من 99% عادة)	تعتمد على النشر (أكبر من 99% عادة)	تعتمد على النشر (أكبر من 99% عادة)	تعتمد على النشر (أكبر من 99% عادة)	تعتمد على النشر (أكبر من 99% عادة)
القدرة على الحفاظ على توصيل مناسب	معدل الأعطال في كل 000 1 دورة	تعتمد على النشر (أقل من 1% عادة)	تعتمد على النشر (أقل من 1% عادة)	تعتمد على النشر (أقل من 1% عادة)	تعتمد على النشر (أقل من 1% عادة)	تعتمد على النشر (أقل من 1% عادة)	تعتمد على النشر (أقل من 1% عادة)	تعتمد على النشر (أقل من 1% عادة)
الصوت		نعم	دعم الرسائل الصوتية	نعم	نعم	نعم	نعم (ربما بتغطية مخفضة)	دعم الرسائل الصوتية
البيانات	الحد الأقصى المستدام لمعدل بيانات المستعمل لكل مستعمل بوحدة Gbit/s / Mbit/s / kbit/s	GPRS: 172 kbit/s للوصلتين الصاعدة/الهابطة EGPRS: 491 kbit/s للوصلتين الصاعدة/الهابطة EGPRS2-A: 811 kbit/s للوصلة الهابطة 638 kbit/s للوصلة الصاعدة	98 kbit/s للوصلتين الصاعدة/الهابطة (مع مراعاة قيود البروتوكول.)	1,92 Mbit/s للوصلة الهابطة 0,96 Mbit/s للوصلة الصاعدة (بافتراض توصيل بيانات فقط.)	294 Mbit/s للوصلة الهابطة 58,65 Mbit/s للوصلة الصاعدة (بافتراض انخفاض الصبيب بنسبة 15% مقارنة بذروة معدلات البيانات عبر الأثير)	الوصلة الهابطة: تتراوح بين 0,85 Mbit/s و21,2 Gbit/s حسب فئة معدات المستعمل. الوصلة الصاعدة: تتراوح بين 0,85 Mbit/s و6,11 Gbit/s حسب فئة معدات المستعمل. (بافتراض انخفاض الصبيب بنسبة 15% مقارنة بذروة معدلات البيانات عبر الأثير)	FD-FDD: 800 kbit/s للوصلة الهابطة 1 Mbit/s للوصلة الصاعدة HD-FDD: 300 kbit/s للوصلة الهابطة 375 kbit/s للوصلة الصاعدة (مع مراعاة قيود البروتوكول.)	21,3 kbit/s للوصلة الهابطة 62,5 kbit/s للوصلة الصاعدة (مع مراعاة قيود البروتوكول.)
الفيديو		نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم (ربما بتغطية مخفضة)	لا
منطقة التغطية الجغرافية	km^2	نصف قُطر مقداره 35 km مع الزيادة العادية في التوقيت؛ و120 km مع الزيادة الممتدة	نصف قُطر مقداره 35 km مع الزيادة العادية في التوقيت	نصف قُطر 120 km لخلايا المديات الممتدة	نصف قُطر 120 km لخلايا المديات الممتدة	نصف قُطر 100 km	نصف قُطر 100 km	نصف قُطر 40 km

الجدول 7.A1 (*تابع*)

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
ميزانية الوصلة	dB	EGPRS (Veh A50): dB 146,36/133,39 EGPRS/GPRS/EGPRS2-A: 144 dB	dB 164 (بافتراض فئة قدرة MS 33 dBm. بالإضافة إلى ذلك، انظر 3GPP TR 45.820 للاطلاع على مزيد من الافتراضات)	حتى dB 147	حتى dB 147	حتى dB 143 للوصلة الهابطة حتى dB 133 للوصلة الصاعدة	dB 155,7 (بافتراض فئة قدرة معدات المستعمل 20 dBm. بالإضافة إلى ذلك، انظر 3GPP TR 36.888 للاطلاع على مزيد من الافتراضات)	dB 164 (بافتراض فئة قدرة معدات المستعمل 23 dBm. بالإضافة إلى ذلك، انظر 3GPP TR 45.820 للاطلاع على مزيد من الافتراضات)
المعدل الأقصى للحركة النسبية	km/s	km/h 350	km/h 100– (لا دعم للتسليم)	km/h 350	km/h 350	km/h 350	km/h 100–	km/h 100– (لا دعم للتسليم)
الإزاحة الدوبلرية القصوى	Hz	1 000 مع موازن تتبع للقنوات		648	648	648	70	
معدل البيانات الأقصى للوصلة الصاعدة عبر الأثير	ذروة معدل البيانات الآني بوحدة Gbit/s / Mbit/s / kbit/s	GPRS: kbit/s 172 EGPRS: kbit/s 491 EGPRS2-A: kbit/s 638 (بناءً على عدد بتات المعلومات في كل كتلة راديوية، انظر 3GPP TS 45.003)	kbit/s 491 (بناءً على عدد بتات المعلومات في كل كتلة راديوية، انظر 3GPP TS 45.003)	Mbit/s 1,024 للوصلة الصاعدة (بافتراض توصيلات الكلام المتزامن (kbit/s 64) واتصالات البيانات (Mbit/s 0,96))	Mbit/s 69 للوصلة الصاعدة (بافتراض موجات حاملة مزدوجة و64QAM وطبقتي MIMO)	يتراوح بين 1 Mbit/s و13,6 Gbit/s حسب فئة معدات المستعمل. (انظر 3GPP TS 36.306 بشأن فئات معدات المستعمل)	FD-FDD: Mbit/s 1 HD-FDD: 1 Mbit/s (بافتراض فئة M1 لمعدات المستعمل) (انظر 3GPP 36.306)	kbit/s 250 (بافتراض فئة NB1 لمعدات المستعمل) (انظر 3GPP 36.306)

الجدول 7.A1 (*تابع*)

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
معدل البيانات الأقصى للوصلة الهابطة عبر الأثير	ذروة معدل البيانات الآني بوحدة Gbit/s / Mbit/s / kbit/s	GPRS: 172 kbit/s EGPRS: 491 kbit/s EGPRS2-A: 811 kbit/s (بناءً على عدد بتات المعلومات في كل كتلة راديوية، انظر 3GPP TS 45.003)	491 kbit/s (بناءً على عدد بتات المعلومات في كل كتلة راديوية، انظر 3GPP TS 45.003)	2,048 Mbit/s للوصلة الهابطة (بافتراض توصيلات الكلام المتزامن (128 kbit/s) واتصالات البيانات (1,92 Mbit/s))	346 Mbit/s للوصلة الهابطة (بافتراض 15 شفرة HS-PDSCH وأربع موجات حاملة و64QAM و4 طبقات MIMO)	يتراوح بين 1 Mbit/s و25 Gbit/s حسب فئة معدات المستعمل. (انظر 3GPP TS 36.306 بشأن فئات معدات المستعمل)	FD-FDD: 1 Mbit/s HD-FDD: 1 Mbit/s (بافتراض فئة M1 لمعدات المستعمل) (انظر 3GPP 36.306)	تشغيل LTE في النطاق: 170 kbit/s تشغيل قائم بذاته: 226,7 kbit/s (بافتراض فئة NB1 لمعدات المستعمل) (انظر 3GPP 36.306)
معدل البيانات الأقصى للوصلة الصاعدة للصبيب النافع	الحد الأقصى المستدام لمعدل بيانات المستعمل لكل مستعمل بوحدة Gbit/s / Mbit/s / kbit/s	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات
معدل البيانات الأقصى للوصلة الهابطة للصبيب النافع	الحد الأقصى المستدام لمعدل بيانات المستعمل لكل مستعمل بوحدة Gbit/s / Mbit/s / kbit/s	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات	انظر صف البيانات
معيار راديوي عمومي يعمل في نطاقات غير مرخصة	GHz L/UL	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي	نعم (نفاذ بمساعدة الترخيص)	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي
معيار راديوي عمومي يعمل في نطاقات مرخصة	GHz L/UL	نطاقات متعددة للمواصفة 3GPP 45.005	نطاقات متعددة للمواصفة 3GPP 45.005	نطاقات متعددة للمواصفة 3GPP 25.101	نطاقات متعددة للمواصفة 3GPP 25.101	نطاقات متعددة للمواصفة 3GPP 36.101 و36.104	نطاقات متعددة للمواصفة 3GPP 36.101 و36.104	نطاقات متعددة للمواصفة 3GPP 36.101 و36.104
معيار راديوي خاص يعمل في نطاقات غير مرخصة	GHz L/UL	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي	نعم، بما في ذلك تكنولوجيا اضغط لتتكلم ومن جهاز إلى جهاز مباشرةً	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي	يمكن أن يعمل، غير أنه غير موصف في الوقت الحالي

الجدول 7.A1 (*تابع*)

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
طريقة الإرسال المزدوج	TDD/FDD	إرسال FDD نصف مزدوج	إرسال FDD نصف مزدوج	FDD وTDD	FDD وTDD	FDD وTDD، بما في ذلك إرسال FDD مزدوج تماماً ونصف مزدوج	FDD وTDD، بما في ذلك إرسال FDD نصف مزدوج	إرسال FDD نصف مزدوج
عرض نطاق الموجة الحاملة	kHz	kHz 200	kHz 200	MHz 5 من أجل FDD	MHz 5 من أجل FDD	1,4، 3، 5، 10، 15، MHz 20 حتى MHz 640 من عرض النطاق المجمع باستخدام تجميع الموجات الحاملة	MHz 1,4	kHz 180
المباعدة بين القنوات	kHz	kHz 200	kHz 200	MHz 5 بالنسبة إلى FDD	MHz 5 بالنسبة إلى FDD	المباعدة الاسمية بين القنوات = BWChannel(1) + BWChannel(2)/2، حيث: BWChannel(1) وBWChannel(2) هما عرضا نطاق القناة للموجتين الحاملتين المعنيتين	تشغيل LTE في النطاق: MHz 1,08 تشغيل قائم بذاته: MHz 1,4	تشغيل LTE في النطاق: 180 kHz. تشغيل قائم بذاته: kHz 200
عدد القنوات غير المتراكبة في نطاق التشغيل		انظر المواصفة 3GPP 45.005	انظر المواصفة 3GPP 45.005	انظر المواصفة 3GPP 25.101	انظر المواصفة 3GPP 25.101	انظر المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104		انظر المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104

الجدول 7.A1 (*تابع*)

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
الكفاءة الطيفية القصوى	bits/sec/Hz	GPRS: 0,86 bit/s/Hz EGPRS: 2,46 bit/s/Hz EGPRS2-A: 4,05 bit/s/Hz للوصلة الهابطة 3,19 bit/s/Hz للوصلة الصاعدة	2,46 bit/s/Hz	0,2048 bit/s/Hz للوصلة الصاعدة؛ 0,4096 bit/s/Hz للوصلة الهابطة	2,2 bit/s/Hz للوصلة الصاعدة؛ 5,6 bit/s/Hz للوصلة الهابطة	15 bit/s/Hz للوصلة الصاعدة؛ 40 bit/s/Hz للوصلة الهابطة	تشغيل LTE في النطاق: 1,56 bit/s/Hz تشغيل قائم بذاته: 1,56 bit/s/Hz	تشغيل LTE في النطاق: 1,39 bit/s/Hz للوصلة الصاعدة 0,94 bit/s/Hz للوصلة الهابطة تشغيل قائم بذاته: 1,25 bit/s/Hz للوصلة الصاعدة 1,13 bit/s/Hz للوصلة الهابطة
متوسط الكفاءة الطيفية للخلية	Bits/sec/Hz/cell	1,1760 Mbit/s/MHz/cell (Veh A50) (EGPRS)	يعتمد على سيناريو النشر	0,67 للوصلة الهابطة (مع التنوع)؛ 0,47 للوصلة الصاعدة (Pedestrian A)	يعتمد على سيناريو النشر، ومن أمثلة مديات القيم: 1,6-1,1 للوصلة الهابطة و2,3-0,7 للوصلة الصاعدة	يعتمد على سيناريو النشر، ومن أمثلة مديات القيم بالنسبة للإصدار 8: 3,2- 1,8 للوصلة الهابطة و1,05-0,7 للوصلة الصاعدة	يعتمد على سيناريو النشر	يعتمد على سيناريو النشر
مدة الرتل	ms	120/26 إطار TDMA GPRS: 20 ms TTI EGPRS/ EGPRS2-A: 10، 20 ms TTI	(TTI ms 80-20)	(TTI ،2) ms 10	(TTI ،2) ms 10	(TTI ،2) ms 10	(TTI ،2) ms 10	10 ms (1 ms هي فترة TTI الدنيا)

الجدول 7.A1 (*تابع*)

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
الحجم الأقصى للرزمة	بايتات	1 560 أثموناً عند السطح البيني RLS	1 560 أثموناً عند السطح البيني RLS	لا يوجد حجم ثابت بالنسبة للإرسال FDD (يتوقف على مستوى التشكيل وعدد شفرات تقسيم القنوات)؛ وبالنسبة للإرسال TDD = (Mbit/s 3,84) 12 750 بايتة (انظر المواصفة 3GPP 25.312)	42 192 بتة لكل قطار على الوصلة الهابطة؛ و996 22 بتة للوصلة الصاعدة	8 188 للوصلتين بايتة الهابطة/الصاعدة	8 188 بايتة للوصلتين الهابطة/الصاعدة	1 600 بايتة للوصلتين الهابطة/الصاعدة
دعم تجزئة الطيف	نعم/لا	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
تقنية التنويع	الهوائي، الاستقطاب، المكان، الزمان	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
توجيه الحزمة	نعم/لا	لا	لا	لا	نعم	نعم	نعم	لا
إعادة الإرسال	نعم، مثل ARQ وHARQ – إطناب متصاعد	نعم، مثل ARQ وHARQ – إطناب متصاعد	نعم، مثل ARQ وHARQ – إطناب متصاعد	نعم، مثل ARQ وHARQ	نعم، مثل ARQ وHARQ	نعم، مثل ARQ وHARQ	نعم، مثل ARQ وHARQ	نعم، مثل ARQ وHARQ
تقنية تصحيح الأخطاء		تشفير تلافيفي متقطع تضاف الشفرة توربو من أجل الخدمة EGPRS2-A بالنسبة للإصدار 7	تشفير تلافيفي متقطع	تلافيفي وتوربو	تلافيفي وتوربو	تلافيفي وتوربو	توربو؛ حشو بتات الذيل تلافيفي على BCH	حشو بتات الذيل تلافيفي الوصلة الهابطة؛ توربو في الوصلة الصاعدة
إزالة التداخل		نعم	نعم	لا	نعم	نعم	نعم	نعم
التردد RF الخاص بالتشغيل		نطاقات متعددة للمواصفة 3GPP 45.005	نطاقات متعددة للمواصفة 3GPP 45.005	محدد في المواصفة 3GPP 25.101	محدد في المواصفة 3GPP 25.101	محدد في المواصفة 3GPP 36.101	محدد في المواصفة 3GPP 36.101	محدد في المواصفة 3GPP 36.101
عمليات إعادة الأوامر		قابلة للتشكيل	قابلة للتشكيل	قابلة للتشكيل	قابلة للتشكيل	قابلة للتشكيل	قابلة للتشكيل	قابلة للتشكيل

الجدول 7.A1 (*تابع*)

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
مؤشر شدة إشارة الاستقبال (RSSI)		نعم؛ 64 مستوى بين -110 dBm + مقياس و-48 dBm + مقياس	سجلت تكنولوجيا EC-GSM-IoT الإشارة النافعة المرجعية في 75 مستوى بين -122 dBm و-48 dBm	نعم؛ 77 مستوى بين -100 dBm و-25 dBm	نعم؛ 77 مستوى بين -100 dBm و-25 dBm	سجلت التكنولوجيا LTE قدرة للإشارة المستقبلة المرجعية (RSRP) للخلايا المجاورة LTE والمؤشر RSSI (77 مستوى بين -100 dBm ومقياس -25 dBm) بالنسبة للخلايا المجاورة HSPA وEDGE. انظر المواصفة 3GPP 36.133.	سجلت التكنولوجيا LTE قدرة للإشارة المستقبلة المرجعية (RSRP) للخلايا المجاورة لتكنولوجيا LTE. انظر المواصفة 3GPP 36.133.	تقيس التكنولوجيا NB-IoT قدرة للإشارة المستقبلة المرجعية (RSRP).
الرزم المفقودة		تعتمد على نقطة التشغيل، ولكن في العادة يبلغ معدل أخطاء الفدرات المتبقية (BLER) = 1% بعد HARQ	تعتمد على نقطة التشغيل، ولكن في العادة يبلغ معدل أخطاء الفدرات المتبقية (BLER) = 1% بعد HARQ	معدل أخطاء الفدرات المتبقية (BLER) = 1% بعد HARQ	تعتمد على نقطة التشغيل، ولكن في العادة يبلغ معدل أخطاء الفدرات المتبقية (BLER) = 1% بعد HARQ	تعتمد على نقطة التشغيل، ولكن في العادة يبلغ معدل أخطاء الفدرات المتبقية (BLER) = 1% بعد HARQ	تعتمد على نقطة التشغيل، ولكن في العادة يبلغ معدل أخطاء الفدرات المتبقية (BLER) = 1% بعد HARQ	تعتمد على نقطة التشغيل، ولكن في العادة يبلغ معدل أخطاء الفدرات المتبقية (BLER) = 1% بعد HARQ
آليات خفض استهلاك الطاقة		نعم، مثل DTX وDRX وتوسيع DRX وأسلوب توفير القدرة والتحكم في القدرة	نعم، مثل توسيع DRX وأسلوب توفير القدرة	نعم، مثل DTX وDRX وتوسيع DRX وأسلوب توفير القدرة	نعم، مثل DTX وDRX والتحكم في القدرة	نعم، مثل DTX وDRX والتحكم في القدرة	نعم، مثل توسيع DRX وأسلوب توفير القدرة	نعم، مثل DTX وDRX والتحكم في القدرة
دعم حالة القدرة المنخفضة		نعم، مثل توسيع DRX وأسلوب توفير القدرة	نعم، مثل توسيع DRX وأسلوب توفير القدرة	نعم	نعم، مثل اللجوء لفترات DTX/DRX أطول في جميع الحالات	نعم، مثل توسيع DRX وأسلوب توفير القدرة	نعم، مثل توسيع DRX وأسلوب توفير القدرة	نعم، مثل توسيع DRX وأسلوب توفير القدرة
من نقطة إلى نقطة		نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
من نقطة إلى عدة نقاط		نعم	لا	نعم	نعم	نعم	لا	لا

الجدول 7.A1 (*تابع*)

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
إذاعة		نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	ETWS، CMAS، معلومات وقت SIB16	معلومات وقت SIB16
التمرير		نعم	لا	نعم	نعم	نعم	نعم	لا
طريقة النفاذ إلى الوسائط		نفاذ TDMA/FDMA بتبديل الدارات نفاذ TDMA/FDMA قائم على الرزم مجدول زمنياً	نفاذ TDMA/FDMA قائم على الرزم مجدول زمنياً	نفاذ CDMA بتبديل الدارات	نفاذ CDMA قائم على الرزم مجدول زمنياً	نفاذ OFDMA قائم على الرزم مجدول زمنياً	نفاذ OFDMA قائم على الرزم مجدول زمنياً	نفاذ OFDMA قائم على الرزم مجدول زمنياً
الاكتشاف		قناة تزامن وإذاعة	قناة تزامن وإذاعة	قناة تزامن وإذاعة	قناة تزامن وإذاعة	قناة تزامن وإذاعة	قناة تزامن وإذاعة	قناة تزامن وإذاعة
الربط		تدفق مجمع مؤقت (TBF)	تدفق مجمع مؤقت (TBF)	من خلال معرفات RNTI مختلفة	من خلال معرفات HRNTI وERNTI المخصصة لمعدات المستعملين	من خلال معرفات CRNTI	من خلال معرفات CRNTI	من خلال معرفات CRNTI
أولوية الحركة	Diffserv، resserv	الأولويات المحددة من جانب مشروع الشراكة 3GPP	الأولويات المحددة من جانب مشروع الشراكة 3GPP	الأولويات المحددة من جانب مشروع الشراكة 3GPP	الأولويات المحددة من جانب مشروع الشراكة 3GPP	الأولويات المحددة من جانب مشروع الشراكة 3GPP	الأولويات المحددة من جانب مشروع الشراكة 3GPP	الأولويات المحددة من جانب مشروع الشراكة 3GPP
أولوية الانتظار الراديوي		وحدة وضع الجداول الزمنية بالمحطة القاعدة	وحدة وضع الجداول الزمنية بالمحطة القاعدة	نعم، عند وحدة وضع الجداول الزمنية بالعقدة B	نعم، عند وحدة وضع الجداول الزمنية بالعقدة B	نعم، عند وحدة وضع الجداول الزمنية بالعقدة B	نعم، عند وحدة وضع الجداول الزمنية بالعقدة B	نعم، عند وحدة وضع الجداول الزمنية بالعقدة B
العلم بالموقع (الإحداثيات x وy وz)		طريقتا النظام GPS وUTDOA حسب مواصفات المشروع 3GPP	أسلوب قائم على التوقيت المتقدم حسب مواصفات المشروع 3GPP	طريقتا النظام GPS وOTDOA حسب مواصفات المشروع 3GPP	طريقتا النظام GPS وOTDOA حسب مواصفات المشروع 3GPP	الطرائق A-GNSS وOTDOA وE-CID وUTDOA حسب مواصفات المشروع 3GPP	أساليب A-GNSS, E-CID حسب مواصفات المشروع 3GPP	أسلوب E-CID حسب مواصفات المشروع 3GPP
تحديد المدى (التبليغ بالمسافات)								
التجفير	الخوارزميات المدعومة	A5/3، A5/4، GEA3	KASUMI وSNOW 3G	KASUMI	KASUMI وSNOW 3G	SNOW 3G/AES، ZUC	SNOW 3G/AES، ZUC	SNOW 3G/AES، ZUC

الجدول 7.A1 (*تابع*)

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
الاستيقان		UE-to-NW (2G AKA) و(3G AKA) متبادل	متبادل	UE-to-NW (2G AKA) و(3G AKA) متبادل	UE-to-NW (2G AKA) و(3G AKA) متبادل	متبادل	متبادل	متبادل
حماية إعادة التشغيل		لا (2G AKA) ونعم (3G AKA)	نعم	لا (2G AKA) ونعم (3G AKA)	لا (2G AKA) ونعم (3G AKA)	نعم	نعم	نعم
تبادل المفاتيح	البروتوكولات والخوارزميات المدعومة	مسجل الملكية، 2G MILENAGE (2G AKA)، ومسجل الملكية MILENAGE، (3G TUAK AKA)	مسجل الملكية، MILENAGE TUAK	مسجل الملكية، 2G MILENAG E (2G AKA)، ومسجل الملكية MILENAGE، TUAK (3G AKA)	مسجل الملكية، 2G MILENAG E (2G AKA)، ومسجل الملكية MILENAGE، TUAK (3G AKA)	مسجل الملكية، MILENAGE TUAK	مسجل الملكية، MILENAGE TUAK	مسجل الملكية، MILENAGE TUAK
مصادر التداخلات		مستعملون آخرون، خلايا وشبكات أخرى	مستعملون آخرون، خلايا وشبكات أخرى	مستعملون آخرون، خلايا وشبكات أخرى	مستعملون آخرون، خلايا وشبكات أخرى	مستعملون آخرون، خلايا وشبكات أخرى	مستعملون آخرون، خلايا وشبكات أخرى	مستعملون آخرون، خلايا وشبكات أخرى
• التداخل في القناة المشتركة • تداخل القناة المجاورة • تداخل القناة البديلة • تفادي الاصطدام • آليات الحماية • الحساسية للتكنولوجيات الراديوية الأخرى المسببة للتداخل • مستوى التداخل الواقع على التكنولوجيات الراديوية الأخرى • الحساسية للإرسالات RF الصادرة عن خطوط الطاقة الكهربائية		يتم التعامل معه حسب مواصفات وعمليات تنفيذ المشروع 3GPP	يتم التعامل معه حسب مواصفات وعمليات تنفيذ المشروع 3GPP	يتم التعامل معه حسب مواصفات وعمليات تنفيذ المشروع 3GPP	يتم التعامل معه حسب مواصفات وعمليات تنفيذ المشروع 3GPP	يتم التعامل معه حسب مواصفات وعمليات تنفيذ المشروع 3GPP	يتم التعامل معه حسب مواصفات وعمليات تنفيذ المشروع 3GPP	يتم التعامل معه حسب مواصفات وعمليات تنفيذ المشروع 3GPP

الجدول 7.A1 (*تابع*)

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
عناوين MAC				نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
بطاقات SIM		نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
هويات أخرى		IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI
اكتشاف العقد الحمراء		نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
المعيار الأساسي، المنظمة المعنية بوضع المعايير (SDO)	اسم المنظمة SDO	ATIS (منظمة شريكة للمشروع 3GPP)	ATIS (منظمة شريكة للمشروع 3GPP)	ATIS (منظمة شريكة للمشروع 3GPP)	ATIS (منظمة شريكة للمشروع 3GPP)	ATIS (منظمة شريكة للمشروع 3GPP)	ATIS (منظمة شريكة للمشروع 3GPP)	ATIS (منظمة شريكة للمشروع 3GPP)
منظمات وضع المواصفات والتطبيق	اسم الرابطة/المنتدى							
مدى درجة الحرارة		حسب المواصفة 3GPP 45.005	حسب المواصفة 3GPP 45.005	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104
المصادر الأخرى للضوضاء RF – معدات راديوية		حسب المواصفتين 3GPP 45.005 و45.050	حسب المواصفتين 3GPP 45.005 و45.050	حسب المواصفة 3GPP 25.942	حسب المواصفة 3GPP 25.942	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104
المصادر الأخرى للضوضاء RF – معدات كهربائية		حسب المواصفتين 3GPP 45.005 و45.050	حسب المواصفتين 3GPP 45.005 و45.050	حسب المواصفة 3GPP 25.943	حسب المواصفة 3GPP 25.943	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104
حساسية المستقبل	dBm	حسب المواصفة 3GPP 45.005	حسب المواصفة 3GPP 45.005	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104
قدرة الإرسال القصوى	dBm	حسب المواصفة 3GPP 45.005	حسب المواصفة 3GPP 45.005	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104
خطوات قدرة الإرسال	dB	حسب المواصفة 3GPP 45.005	حسب المواصفة 3GPP 45.005	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104

الجدول 7.A1 (*تتمة*)

الخاصية الوظيفية	وحدة القياس	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
كسب الهوائي	dBi	حسب المواصفة 3GPP 45.005	حسب المواصفة 3GPP 45.005	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104
الضوضاء الأساسية	dBm	حسب المواصفة 3GPP 45.050	حسب المواصفة 3GPP 45.050	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 25.101 و25.102	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104	حسب المواصفتين 3GPP 36.101 و36.104
التشكيل	OFDM، GFSK، BPSK، GMSK	طبقاً للإصدار 7، أضيفت في الخدمة EGPRS2-A المخططات: 8-PSK، GMSK 16QAM/32QAM	GMSK/8PSK	BPSK/QPSK	QPSK، 16QAM/ 64QAM	16QAM/ ،QPSK 64QAM/256QAM	QPSK، 16QAM	pi/2-BPSK، QPSK، pi/4QPSK
التشفير الأمامي للأخطاء		شفرة تلافيفية متقطعة	شفرة تلافيفية متقطعة	تلافيفي وتوربو	تلافيفي وتوربو	توربو؛ تلافيفي مع بتات الانتهائية على BCH	توربو؛ تلافيفي مع بتات الانتهائية على BCH	توربو في الوصلة الصاعدة؛ تلافيفي مع انتهائية غير صفرية في الوصلة الهابطة

4.A1 معايير المشروع 2 لشراكة الجيل الثالث (3GPP2)

للمشروع 3GPP2 مجموعة متنوعة من المعايير اللاسلكية التي يمكن تطبيقها على أنظمة إدارة شبكات الطاقة الكهربائية. ويرد في الجدول أدناه ملخصاً للخواص التقنية والتشغيلية للمعايير اللاسلكية ذات الصلة الخاصة بالمشروع 3GPP2.

الجدول 8.A1

الخواص التقنية والتشغيلية لعائلة المعايير cdma2000 متعددة الموجات الحاملة للمشروع 3GPP2

البند	القيمة		
	cdma2000 1x	**Cdma2000 بمعدل بيانات مرتفع للرزم (HRPD/EV-DO)**	**Cdma2000 بمعدل بيانات مرتفع للرزم (xHRPD)**
نطاقات التردد المدعومة (مرخصة أو غير مرخصة)	مرخصة مع إمكانية دعم نطاقات متعددة (انظر المواصفة 3GPP2 C.S0057-E)	مرخصة مع إمكانية دعم نطاقات متعددة (انظر المواصفة 3GPP2 C.S0057-E)	مرخصة مع إمكانية دعم نطاقات متعددة (انظر المواصفة 3GPP2 C.S0057-E)
مدى التشغيل الاسمي	خسارة المسير 160 dB (للنشر في المناطق الحضرية، المدى الأقصى النموذجي يبلغ 5,7 km عند 2 GHz وفقاً لمنهجية تقييم المواصفة 3GPP2 C.R.1002-B. وبالنسبة لعمليات نشر خاصة، يمكن تحقيق مدى كبير يصل إلى 144 km باستمثال قيم ضبط المعلمات)	خسارة المسير 160 dB (للنشر في المناطق الحضرية، المدى الأقصى النموذجي يبلغ 5,7 km عند 2 GHz وفقاً لمنهجية تقييم المواصفة 3GPP2 C.R.1002-B. وبالنسبة لعمليات نشر خاصة، يمكن تحقيق مدى كبير يصل إلى 144 km باستمثال قيم ضبط المعلمات)	تُغطي أمريكا الشمالية طبقاً لحالة النشر الساتلي في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض؛ 11,4 km في النشر الأرضي؛ 2 GHz.
إمكانات التنقلية (جوال/متنقل)	جوال ومتنقل	جوال ومتنقل	جوال ومتنقل
معدل البيانات الأقصى (للوصلة الصاعدة/الهابطة، إذا كانا مختلفين)	3,1 Mbit/s (موجة حاملة 1,23 MHz) على الوصلة الهابطة 1,8 Mbit/s (موجة حاملة 1,23 MHz) على الوصلة الصاعدة	4,9 Mbit/s لموجة حاملة 1,23 MHz، وحتى 16 موجة حاملة على الوصلة الهابطة 1,84 Mbit/s لموجة حاملة 1,23 MHz، وحتى 16 موجة حاملة على الوصلة الصاعدة	3,072 Mbit/s لموجة حاملة 1,23 MHz على الوصلة الهابطة؛ 3,072 Mbit/s لكل قناة 12,8 kHz، ويُدعم حتى 96 قناة من هذه القنوات في النطاق 1,23 MHz على الوصلة الصاعدة
طريقة الإرسال المزدوج (FDD، TDD، وغير ذلك)	FDD	FDD	FDD
عرض النطاق RF الاسمي	1,25 MHz	من 1,25 إلى 20 MHz (من 1 إلى 16 موجة حاملة)	1,25 MHz
تقنيات التفريق	الهوائي، الاستقطاب، المكان، الزمان	لهوائي، الاستقطاب، المكان، الزمان	لهوائي، الاستقطاب، المكان، الزمان
دعم تعدد المدخلات والمخرجات (MIMO) (نعم/لا)	لا	نعم	لا
توجيه/تشكيل الحزم	نعم	لا	لا
إعادة الإرسال	HARQ	HARQ	HARQ
التصحيح الأمامي للأخطاء	تلافيفي وتوربو	تلافيفي وتوربو	تلافيفي وتوربو

الجدول 8.A1 (*تتمة*)

البند	القيمة		
	cdma2000 1x	**Cdma2000 بمعدل بيانات مرتفع للرزم (HRPD/EV-DO)**	**Cdma2000 بمعدل بيانات مرتفع للرزم (xHRPD)**
إدارة التداخل	نعم، تقنيات متعددة، مثل إزالة التداخل في جهاز الاستقبال والتحكم في القدرة وغيرها	نعم، تقنيات متعددة، مثل إزالة التداخل في جهاز الاستقبال والتحكم في القدرة وغيرها	نعم، تقنيات متعددة، مثل إزالة التداخل في جهاز الاستقبال والتحكم في القدرة وغيرها
إدارة القدرة	نعم، حالات متنوعة للقدرة المنخفضة	نعم، حالات متنوعة للقدرة المنخفضة	نعم، حالات متنوعة للقدرة المنخفضة
طوبولوجيا التوصيل	من نقطة إلى عدة نقاط	من نقطة إلى عدة نقاط	من نقطة إلى عدة نقاط
طرائق النفاذ المتوسط	CDMA	CDMA (RL)/TDMA (FL)	FDMA (RL)/TDMA (FL)
طريقة الاكتشاف والربط	نعم، عمليات بحث متنقلة مستمرة عن أقوى محطة قاعدة. سجلات متنقلة بمجموعة من المحطات القاعدة مع الربط بأقوى محطة قاعدة عند إرسال/استقبال البيانات. سجلات متنقلة مع إمكانية استقبال معرف MAC ID.	نعم، عمليات بحث متنقلة مستمرة عن أقوى محطة قاعدة. سجلات متنقلة بمجموعة من المحطات القاعدة مع الربط بأقوى محطة قاعدة عند إرسال/استقبال البيانات. سجلات متنقلة مع إمكانية استقبال معرف MAC ID.	نعم، عمليات بحث متنقلة مستمرة عن أقوى محطة قاعدة. سجلات متنقلة بمجموعة من المحطات القاعدة مع الربط بأقوى محطة قاعدة عند إرسال/استقبال البيانات. سجلات متنقلة مع إمكانية
طرائق جودة الخدمة	نعم، أولويات يحددها المشروع 3GPP2	نعم، أولويات يحددها المشروع 3GPP2	نعم، أولويات يحددها المشروع 3GPP2
العلم بالموقع	نعم، بواسطة GNSS وAFLT	نعم، بواسطة GNSS وAFLT	لا
تحديد المدى	نعم، استناداً إلى قياس التأخير في رحلة ذهاب وعودة	نعم، استناداً إلى قياس التأخير في رحلة ذهاب وعودة	غير موصف
التجفير	خوارزمية تجفير الرسائل الخلوية (CMEA)؛ AES	AES	AES
الاستيقان وحماية إعادة التشغيل	نعم؛ CAVE وAKA	نعم؛ CHAP وAKA	نعم؛ CHAP وAKA
تبادل المفاتيح	CAVE وSHA-1 وSHA-2 من أجل AKA	SHA-1 وSHA-2 وMILENAGE	SHA-1 وSHA-2 وMILENAGE
اكتشاف العقد الحمراء	نعم، يمكن استيقان المحطة القاعدة	نعم، يمكن استيقان المحطة القاعدة	نعم، يمكن استيقان المحطة القاعدة
تعرف الهوية الفريد للأجهزة	استعمال معرف MEID من 60 بتة وبطاقة SIM (اختياري)	استعمال معرف MEID من 60 بتة وبطاقة SIM (اختياري)	استعمال معرف MEID من 60 بتة وبطاقة SIM (اختياري)

الملحق 2

الشبكة الذكية في أمريكا الشمالية

1.A2 مقدمة

اعترفت الوكالات الحكومية في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا بإمكانات الشبكة الذكية فيما يتعلق بالوقت الفعلي والسعة العالية مما سيمكن المرافق والمستعملين من التمتع بالفوائد الاقتصادية والبيئية الكاملة للموارد المتجددة[28]، خاصة الموارد المتجددة الموزعة. ويتوقع بنفس القدر أن تطلق هذه الإمكانات العنان للفوائد المحتملة للبنى ذات المعدلات الدينامية والتطبيقات الملبية للطلب التي تحتاج إلى القدرة على التفاعل مع عدة آلاف من الأجهزة في الوقت الفعلي[29].

2.A2 وجاهة نشر الشبكات الذكية

أقرت السلطات الأمريكية والكندية بالفعل بشبكة الاتصالات المتكاملة تماماً كجزء لا يتجزأ من الشبكة الذكية. فعلى سبيل المثال، فقد قامت وزارة الطاقة الأمريكية برعاية مبادرة لشبكة حديثة حددت أن *"تنفيذ الاتصالات المتكاملة أمر أساسي [لأي شبكة ذكية] تحتاجها التكنولوجيات الرئيسة الأخرى وضرورية من أجل شبكة الطاقة الكهربائية الحديثة..."* [30]

وقد وصل الأمر بالوزارة بأن تعلن أن *"تكنولوجيات الاتصالات ثنائية الاتجاه المتكاملة تماماً وعالية السرعة ستسمح بتبادل المعلومات والطاقة المطلوبة بشدة في الوقت الفعلي"* [31].

---

28 في أواخر عام 2008، أعلن مجلس الموارد الهوائية في كاليفورنيا (CARB) "أن من شأن وجود شبكة "ذكية" ومتفاعلة وبنى تحتية للاتصالات أن يسمح بتدفق في الاتجاهين للطاقة والبيانات اللازمة للنشر على نطاق واسع لموارد التوليد المتجددة الموزعة والمركبات الهجين التي تحصل على طاقتها الكهربائية بإعادة الشحن من مصدر خارجي أو المركبات الكهربائية بالكامل والأجهزة المتعلقة بكفاءة الاستعمال النهائي. ويمكن للشبكات الذكية أن تؤمن الكميات المتزايدة من موارد التوليد الموزعة الموجودة بالقرب من نقاط الاستهلاك، مما يقلل من كميات الفاقد الإجمالية لمنظومة توزيع الكهرباء وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري المقابلة. ومن شأن نظام كهذا أن يمكن التوليد الموزع من أن يصبح الوسيلة السائدة، ... وأن يدعم استعمال المركبات الكهربائية التي تحصل على طاقتها من مصدر خارجي كجهاز لتخزين الطاقة... [و] يسمح بدوره لمشغلي الشبكات بمزيد من المرونة في الاستجابة للتقلبات على جانب التوليد، وهو ما قد يساعد على الحد من الصعوبات الحالية المتعلقة بدمج موارد متقطعة مثل الرياح". California Air Resources Board Scoping Plan, Appendix Vol. I at C-96, 97, CARB (Dec. 2008).

29 *انظر* على سبيل المثال؛ تمكين منظومة كهرباء الغد – تقرير لمنتدى أونتاريو للشبكات الذكية، منتدى Ontario Smart Grid Forum (فبراير، 2009) ينبه "مبادرات الحفظ والتوليد المتجدد والعدادات الذكية لكي تبدأ في الانتقال إلى منظومة كهرباء جديدة، غير أن إمكاناتها الواعدة لن تتحقق بالكامل بدون التكنولوجيات المتقدمة التي تجعل الشبكة الذكية أمراً ممكناً".

30 *انظر* شكل أنظمة الشبكة الحديثة في B1-2 و B1-11، الاتصالات المتكاملة، أجراها المختبر الوطني لتكنولوجيا الطاقة. من أجل مكتب وزارة الطاقة الأمريكية لتوصيل الكهرباء واعتمادية الطاقة (فبراير، 2007). من شأن هذه الاتصالات المتكاملة أن "توصيل المكونات بمعمارية مفتوحة من أجل المعلومات والتحكم في الوقت الفعلي، مما يسمح لكل جزء في الشبكة بأن "يتحدث" و"يستمع". الشبكة الذكية: مقدمة في 29، وزارة الطاقة الأمريكية (2008).

31 كالسابقة.

وبالمثل، أكدت سلطات حكومية[32] وأطراف أخرى فاعلة في الصناعة على أهمية وظائف الاتصالات المتقدمة. فعلى سبيل المثال صرح منتدى أونتاريو للشبكات الذكية مؤخراً بأن "تكنولوجيا الاتصالات تقع في القلب من الشبكة الذكية. حيث تقوم [هذه التكنولوجيا] بجلب المعلومات التي تولدها العدادات وأدوات الاستشعار ووسائل التحكم في الفولطية ووحدات العمل المتنقل، وستضيف الأجهزة الأخرى على الشبكة لأنظمة الحاسوب والمعدات الأخرى اللازمة لتحويل هذه البيانات إلى معلومات مؤثرة."[33]

الملحق 3

الشبكة الذكية في أوروبا

1.A3 مقدمة

كرُست خبرات وموارد أوروبية مكثفة من أجل فهم الشبكات الذكية والنهوض بها كحل لمواجهة التحديات التي تواجهها أوروبا فيما يتعلق بتغير المناخ وكفاءة استهلاك الطاقة، بما في ذلك المبادرات التالية:

- **يناير 2008 تقرير Fiona Hall MEP "خطة عمل من أجل كفاءة استهلاك الطاقة: تحقيق الإمكانات المأمولة"**[34] تقرير يقر بأهمية تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في المساعدة على توليد مكاسب إنتاجية إضافية تزيد عن هدف الاتحاد الأوروبي المقدر بنسبة 20% ويرى أن *"بعض التكنولوجيات مثل تكنولوجيا الشبكة الذكية ... ينبغي ... أن تكون الموضوع بالنسبة للتوصيات الخاصة بالسياسات الفعّالة"* .

- **يونيو 2008، البرلمان الأوروبي (القراءة الأولى) بشأن توجيه بخصوص القواعد المشتركة من أجل السوق الداخلية في الكهرباء**[35]، يؤيد حقيقة أن *"صيغ التسعير، جنباً إلى جنب مع إدخال العدادات والشبكات الذكية، ستفضي حتماً إلى النهوض بسلوك استهلاك الطاقة بكفاءة وإلى أقل تكلفة محتملة بالنسبة للعملاء من الأسر، خاصة الأسر التي تعاني من الفقر بالنسبة للطاقة"* .

---

32 "Modernizing the electric grid with additional two-way communications, sensors and control technologies, key components of a smart grid, can lead to substantial benefits for consumers." California PUC Decision Establishing Commission Processes for Review of Projects and Investments by Investor-Owned Utilities Seeking Recovery Act Funding at 3 (10 Sept. 2009), available at: http://docs.cpuc.ca.gov/word_pdf/FINAL_DECISION/106992.pdf. *See also*, California Energy Commission on the Value of Distribution Automation, California Energy Commission Public Interest Energy Research Final Project Report at 51 (Apr. 2007), available at: http://www.energy.ca.gov/2007publications/CEC-100-2007-008/CEC-100-2007-008-CTF.PDF. "[C]ommunications is a foundation for virtually all the applications and consists of high speed two-way communications throughout the distribution system and to individual customers.")

33 *انظر:* Enabling Tomorrow's Electricity System – Report of the Ontario Smart Grid Forum at 34, Ontario Smart Grid Forum (Feb. 2009). The Report also states that "the communication systems that the utilities are developing for smart meters will not be adequate to support full smart grid development. The communications needs associated with the collection of meter data are different from those of grid operations. Additional bandwidth and redundant service will be needed for grid operations because of the quantity of operational data, the speed required to use it and its criticality." *Id.* at 35.

34 http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A6-2008-0003+0+DOC+PDF+V0//EN&language=EN.

35 http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&language=EN&reference=P6-TA-2008-0294.

- **منصة التكنولوجيا الأوروبية للشبكة الذكية**[36]، تعمل على "وضع وتشجيع رؤية من أجل تطوير شبكات الكهرباء الأوروبية في نظرة مستقبلية لعام 2020"، وتنظر بوجه خاص في الكيفية التي يمكن بها لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات المتقدمة أن تساعد في أن تصبح شبكات الكهرباء مرنة وقابلة للنفاذ وتتسم بالاعتمادية واقتصادية تمشياً مع الاحتياجات الأوروبية المتغيرة.
- **مشروع Address**[37] (شبكات توزيع نشيطة بدمج كامل للطلب وموارد الطاقة الموزعة)، مشروع ممول من الاتحاد الأوروبي يهدف إلى وضع إطار تجاري وتقني شامل من أجل تطوير " الطلب النشيط" في الشبكات الذكية في المستقبل. ويضم المشروع ADDRESS عدد 25 شريكاً من 11 بلداً أوروبياً يغطون كامل سلسلة الإمداد بالكهرباء. وتعد الاتصالات PLT مكوناً هاماً في المشاريع الجارية في إطار Address[38].

2.A3 الأنشطة الأوروبية في بعض الدول الأعضاء[39]

1.2.A3 المبادرة الصناعية الأوروبية بشأن شبكات الكهرباء

أطلقت المفوضية الأوروبية المبادرة الصناعية الأوروبية بشأن شبكات الكهرباء[40] ضمن الخطة الاستراتيجية الأوروبية لتكنولوجيا الطاقة.

واقترحت خطة تكنولوجيا الطاقة الاستراتيجية (SET) من جانب الإدارات العامة للطاقة والأبحاث بالمفوضية الأوروبية يوم 22 نوفمبر 2007 بغية تسريع تيسر تكنولوجيات الطاقة الجديدة ووضع إطار طويل الأجل للاتحاد الأوروبي من أجل تطويل تكنولوجيا الطاقة. وتضم الخطة تنسيق المفوضية الأوروبية والقدرات البحثية لدى المؤسسات والجامعات الأوروبية الرئيسية مع إشراك الصناعة الأوروبية والتزام الدول الأعضاء. وكان هناك تحديان تصدت لهما الخطة أحدهما تعبئة موارد مالية إضافية من أجل البحوث والبنى التحتية ذات الصلة والتوضيح على مستوى الصناعة ومشاريع التكرار السوقية. وفي رسالة الخطة SET، أُخطرت المفوضية بخصوص الميزانيات المتزايدة للبرنامج الإطاري السابع للمجتمعات الأوروبية (2007-2013) وكذلك بخصوص برنامج أوروبا للطاقة الذكية.

وسيصل متوسط الميزانية السنوية المخصصة للأبحاث في مجال الطاقة (المفوضية الأوروبية (EC) والجماعة الأوروبية للطاقة الذرية (Euratom)) إلى 886 مليون يورو، مقارنةً بمبلغ 574 مليون يورو في البرامج السابقة[41]. وسيصل متوسط الميزانية السنوية المخصصة لبرنامج أوروبا للطاقة الذكية إلى 100 مليون يورو، بما يساوي ضعف القيم السابقة.

---

36 http://www.smartgrids.eu/.

37 http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=ENERGY_NEWS&ACTION=D&DOC=1&CAT=NEWS&QUERY=011bae3744bf:2435:2d5957f8&RCN=29756

38 *انظر:* "Iberdrola, EDP Announce Big Smart Grid Expansions at EUTC Event," Smart Grid Today, 9 November 2009 ("Iberdrola is using PLC to connect its smart meters while EDP is using a mix of PLC and wireless").

39 مصدر الفقرة بالكامل: European Regulators' Group for Electricity and Gas Position Paper on Smart Grids – Ref: E09-EQS-30-04, Annex III
http://www.energy-regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_CONSULT/CLOSED PUBLIC CONSULTATIONS/ELECTRICITY/Smart Grids/CDhttp://www.energy-regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/.%20CONSULTATIONS/ELECTRICITY/Smart%20Grids/CD. EER_CONSULT/CLOSED%20PUBLIC.

40 المراجع: المفوضية الأوروبية، رسالة من المفوضية إلى المجلس، البرلمان الأوروبي، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية الأوروبية ولجنة المناطق "الخطة SET – نحو مستقبل منخفض الكربون"، COM(2007) 723، 22 نوفمبر 2007، المفوضية الأوروبية، "الطاقة من أجل مستقبل أوروبا: الخطة"، MEMO/08/657، 28 أكتوبر 2008.

41 European Commission, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions "A European strategic energy technology plan (SET-Plan) - Towards a low carbon future", COM(2007) 723 final, 22 November 2007.

ولإشراك الصناعة الأوروبية، اقترحت المفوضية الأوروبية أن تطلق في ربيع 2009 عدد ست مبادرات صناعية أوروبية (EII) في مجالات طاقة الرياح؛ والطاقة الشمسية؛ والطاقة البيولوجية؛ واحتجاز ثاني أكسيد الكربون ونقله وتخزينه؛ وشبكات الكهرباء والانشطار النووي. وقد كرست هذه المبادرات لتعزيز البحث والابتكار في مجال الطاقة وتسريع نشر التكنولوجيات والدفع بالأنشطة بوتيرة تتجاوز نهج العمل المعتاد. وتجمع هذه المبادرات الموارد والأطراف الفاعلة المناسبة في القطاعات الصناعية تتحقق قيمة مضافة من خلال عمليات تقاسم المخاطر وإقامة الشراكات بين القطاعين العام والخاص والتمويل على المستوى الأوروبي.

ويتوقع أن تركز المبادرة الصناعية الأوروبية بشأن شبكات الكهرباء على تطوير منظومة الكهرباء الذكية، بما في ذلك التخزين، وعلى إنشاء مركز أوروبي لتنفيذ برنامج بحثي من أجل شبكة توصيل الطاقة الأوروبية[42]، بهدف نهائي يتمثل في التمكين من إنشاء شبكة كهرباء أوروبية ذكية واحدة تكون قادرة على تأمين الدمج الكبير لمصادر الطاقة المتجددة وغير المركزية[43]. وكما هو الحال بالنسبة للمبادرات الصناعية الأوروبية الأخرى، ستتحدد للمبادرة الصناعية الأوروبية بشأن شبكات الكهرباء أهداف قابلة للقياس فيما يتعلق بخفض التكلفة أو تحسين الأداء.

2.2.A3 منصة تكنولوجية وطنية – ألمانيا للشبكات الذكية

"الطاقة الإلكترونية (E-Energy): نظام المستقبل للطاقة القائم على تكنولوجيا المعلومات والاتصالات[44]"، أولوية دعم وتمويل جديدة وجزء من السياسات التكنولوجية لألمانيا الاتحادية. وعلى غرار المصطلح "التجارة الإلكترونية (E-Commerce)" أو "الحكومة الإلكترونية (E-Government)"، يشير المختصر "E-Energy" إلى التوصيل البيني الرقمي الشامل والتحكم والمراقبة القائمين على الحاسوب لكامل نظام الإمداد بالطاقة.

وقد تقرر أن يكون قطاع الكهرباء المجال الأول الذي يتناوله المشروع نظراً لشدة التحديات بشكل خاص فيما تتعلق بالتفاعل في الوقت الفعلي والذكاء الحاسوبي بسبب محدودية القدرة على تخزين الكهرباء. ويتمثل الهدف الأساسي للطاقة الإلكترونية في إنشاء مناطق نموذجية للطاقة الإلكترونية تبين كيف يمكن الاستفادة المثلى من الإمكانات الواعدة الكبيرة التي تطرحها تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) فيما يتعلق بالوصول إلى المستويات المثلى من أجل تحقيق المزيد من الكفاءة والأمن في الإمدادات والتوافق البيئي (عناصر أساسية لسياسات الطاقة والمناخ) في مجال الإمداد بالطاقة وكيف يمكن بالتبعية توفير وظائف وأسواق جديدة. والشيء المبتكر بشكل خاص في هذا المشروع أن مفاهيم النظم المتكاملة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات التي ستقوم باستمثال الكفاءة وأمن الإمدادات والتوافق البيئي لكامل منظومة الإمداد بالطاقة عبر السلسلة بأكملها – من التوليد والنقل إلى التوزيع والاستهلاك – تم تطويرها واختبارها في الوقت الفعلي في مشاريع نموذجية إقليمية للطاقة الإلكترونية.

لزيادة الوتيرة المطلوبة للتطوير المبتكر ولتوسيع نطاق آثار النتائج، ركز برنامج الطاقة الإلكترونية على الجوانب الثلاثة التالية:

1) إنشاء سوق للطاقة الإلكترونية يسهل المعاملات القانونية الإلكترونية والصفقات التجارية بين جميع المشاركين في السوق؛

2) التوصيل البيني الرقمي وحوسبة الأنظمة والمكونات التقنية وأنشطة التحكم في العمليات والصيانة استناداً إلى هذه الأنظمة والمكونات بحيث يتم ضمان المراقبة المستقلة بشكل كبير والتحليل والتحكم وتنظيم النظام التقني بأكمله؛

3) الربط عن طريق الإنترنت لسوق الطاقة الإلكترونية والنظام التقني بأكمله بحيث يتم ضمان تبادل الأعمال التجارية والعمليات التكنولوجية رقمياً في الوقت الفعلي.

ونظمت مسابقة لتكنولوجيا الطاقة الإلكترونية وتم الإعلان عن ستة مشاريع نموذجية فائزة. واتبعت جميعها نهجاً لنظام متكامل يغطي جميع الأنشطة الاقتصادية المتعلقة بالطاقة على جانبي السوق والتشغيل التقني.

---

42 مقترح إنشاء مركز أوروبي لشبكات الكهرباء من المشروع 6FP RELIANCE، تشارك فيه 8 شركات تشغيل أوروبية لأنظمة توصيل الطاقة الكهربائية.

43 المفوضية الأوروبية، "الطاقة من أجل مستقبل أوروبا: الخطة"، MEMO/08/657، 28 أكتوبر 2008.

44 http://www.e-energy.de/en/.

وسيستمر البرنامج لفترة أربع سنوات وسيقوم إلى جانب أسهم رأس المال للشركات المشاركة بتعبئة نحو 140 مليون يورو من أجل تطوير ست مناطق نموذجية للطاقة الإلكترونية:

- eTelligence، منطقة كوكسهافن النموذجية

الموضوع: عناصر الذكاء من أجل الطاقة والأسواق وشبكات الطاقة

- E-DeMa، منطقة روهر النموذجية

الموضوع: أنظمة طاقة متكاملة غير مركزية سعياً إلى إنشاء سوق المستقبل للطاقة الإلكترونية.

- MeRegio

الموضوع: منطقة الانبعاثات الدنيا

- مدينة مانهايم النموذجية

الموضوع: مدينة مانهايم النموذجية بمنطقة راين – نيكار النموذجية

- RegModHarz

الموضوع: منطقة هارز النموذجية للطاقة المتجددة

- Smart Watts، منطقة ايخين النموذجية

الموضوع: كفاءة أكبر وفوائد أكثر للمستهلكين مع إنترنت الطاقة

ويشارك إلى جانب منسقي المشاريع آخرون مثل بائعي المعدات الكهربائية وشركات تجميع الأنظمة وموردي الخدمات ومؤسسات البحوث والجامعات.

وبحلول 2012، ستكون المناطق النموذجية المختارة قد طورت مقترحاتها الواعدة إلى المرحلة التي تكون جاهزة فيها لطرح واختبار قدراتها السوقية في التطبيقات اليومية.

الملحق 4

الشبكة الذكية في البرازيل

1.A4 مقدمة

شجعت وزارة المناجم والطاقة إجراء دراسات بشأن التكنولوجيات التي يمكن استعمالها في مفهوم الشبكة الذكية. وكان الدافع لهذه الدراسات ضرورة خفض الفاقد التقني وغير التقني وتحسين أداء النظام ككل من أجل توفير المزيد من الاعتمادية والمقاومة والأمن وغير ذلك. ومؤخراً، أثار فريق دراسة تدعمه الوزارة البرازيلية المشكلات الخاصة بالنظام الحالي للطاقة وطرح تكنولوجيات وحلولاً يمكن أن تخفض الفاقد وتحسن الأداء لأنظمة الطاقة هذه. وقد أخذت هذه الدراسات في الاعتبار الجوانب الاقتصادية أيضاً، خاصة التكلفة التي يجب أن تكون مقبولة من أجل تركيب أكثر من 45 مليون عداد في البلاد.

وبالإضافة إلى ذلك، أجرت مؤسسات خاصة دراسات أخرى بتمويل عام مثل الدراسة التي قادتها الرابطتان ABRADEE وAPTEL، وهما رابطتان لا تستهدفان الربح متصلتان بقطاع الكهرباء.

- APTEL – رابطة الشركات الخاصة المالكة للبنية التحتية وأنظمة الاتصالات، أنشئت في 7 أبريل 1999.
- ABRADEE – الرابطة البرازيلية لموزعي الطاقة الكهربائية، أُنشئت في أغسطس 1975.

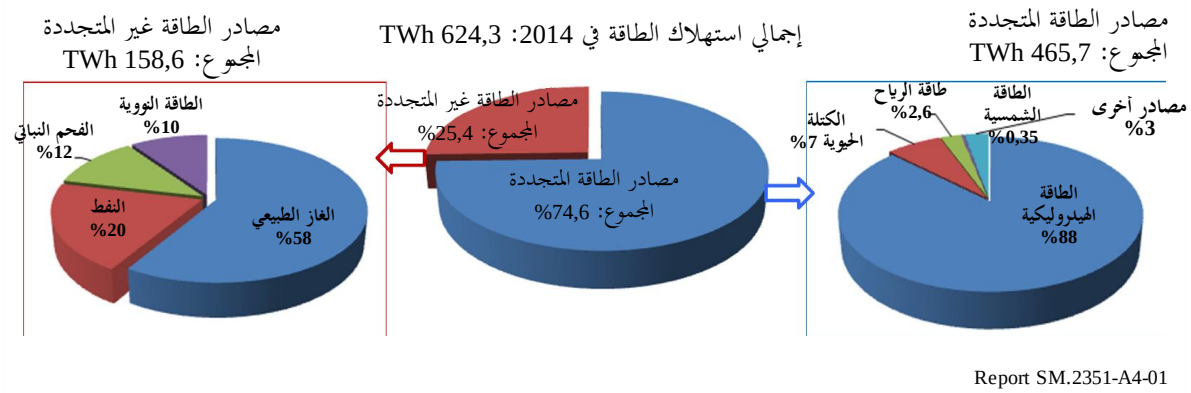
2.A4 قطاع الطاقة البرازيلي

لدى البرازيل حالياً طاقة تزيد عن GW 142 وأكثر من 75 مليون استعمال للعملاء. وكما يتبن في الشكل 1.A4 [1]، يمكن ملاحظة أن استهلاك الطاقة في البرازيل (2014) يبلغ حوالي TWh 624,3.

وتبلغ النسبة المئوية للطاقة المتجددة المنتجة 74,6% بينما تصل مصادر الطاقة غير المتجددة إلى نسبة 25,4%.

الشكل 1.A4

سعة الطاقة البرازيلية



Report SM.2351-A4-01

ويبلغ متوسط الاستهلاك في البرازيل GW 68 بقيم ذروة تزيد على GW 80. وأبلغ قطاع الكهرباء مؤخراً أن من المتوقع أن يزيد هذا الاستهلاك بنحو 44% وهو ما يتطلب كفاءة في استهلاك الطاقة بالنسبة للنظام الكهربائي.

وكخطوة أولى في هذه العملية، تنظر الوزارة كأولوية في خفض الفاقد التقني وغير التقني لأنظمة الطاقة. ويبلغ الفاقد التقني في نظامي النقل والتوزيع 5% و7%، على التوالي. كما يضيف الفاقد غير التقني مثل التفريعات غير المرخصة للطاقة في أنظمة التوزيع ما يصل إلى 7%.

ومع هذه الأرقام، يمكن للمرء أن يتوقع التحديات الضخمة أمام البرازيل من أجل تطوير نظام طاقة يزيد من الكفاءة ويحد من الفاقد.

3.A4 فريق الدراسة البرازيلي المعني بالشبكة الذكية

سعياً إلى استيعاب مفهوم الشبكة الذكية، شكلت وزارة المناجم والطاقة في مايو 2010 فريق دراسة يضم أعضاءً من قطاعي الكهرباء والاتصالات. ومن بين أهداف هذا الفريق تقييم إمكانية تطبيق هذا المفهوم في شبكة الطاقة البرازيلية من أجل زيادة كفاءة النظام.

وفي منتصف مارس 2011، قدم إلى وزير المناجم والطاقة تقريراً بشأن أحدث ما وصلت إليه هذه التكنولوجيا. وتضمن هذا التقرير معلومات عن مفاهيم الشبكة الذكية وكذلك معلومات تقنية عن المسائل الاقتصادية والمسائل المتعلقة بالفوترة والاتصالات.

وفي الجزء الخاص بالاتصالات، أخذت الدراسة في الاعتبار التكنولوجيات والموارد المتاحة في البرازيل وأنواع التكنولوجيات المستخدمة في بلدان أخرى والتي يمكن تطبيقها في البرازيل. وكاستراتيجية أولية، أولت الحكومة البرازيلية اهتماماً خاصاً بنشر البنى التحتية المتقدمة لأخذ القراءات.

وكجزء من هذه الدراسة، زار فريق تقني في أكتوبر 2010 الولايات المتحدة الأمريكية لجمع معلومات عن مسائل الشبكة الذكية. وبوجه عام، تبين أن جميع تكنولوجيات الاتصالات تقريباً التي تم نشرها دعماً لوظائف الشبكة الذكية يمكن تطبيقها في البرازيل لهذه الأغراض.

قدمت لجنة الدراسات التابعة للرابطتين ABRADEE/APTEL تقريرها في ديسمبر 2011 إلى ANEEL، الهيئة الوطنية لتنظيم الطاقة الكهربائية (Agência Nacional de Energia Elétrica). وركزت الدراسة على تخطيط نشر وظائف الشبكة الذكية في القطاع الكهربائي البرازيلي بالكامل في فترة عشر سنوات والتنبؤ بالاستثمارات والفوائد المرتبطة بهذه التوقعات. واستخدمت الدراسة قاعدة بيانات تتضمن أكثر من 50 خدمة من خدمات التوزيع المرتبطة بقادة المشروع وتستند التوقعات إلى الأوضاع الحقيقة للشركات البرازيلية.

4.A4 مسائل الاتصالات

تبين أن هناك العديد من تكنولوجيات الاتصالات التي يمكن تطبيقها لنفس الغرض. فعلى سبيل المثال، يمكن استعمال Zig-Bee وMesh Grid لقراءة عدادات استهلاك الطاقة لدى المستعملين النهائيين. وبالنسبة للتوصيل، يمكن استعمال WiMax وGPRS و3G و4G وغيرها جميعاً.

ويوجد حالياً شكل ما من أشكال عدم اليقين بخصوص صبيب التوصيل اللازم لتطبيقات الشبكة الذكية. ومما لا شك فيه أن هذه المعلومة تعتبر استراتيجية لمشاريع الشبكة الذكية من أجل اختيار الحل الأمثل وتحديد الاحتياجات من موارد الطيف مثل عرض النطاق وحدود التداخل الضار على الخدمات الأخرى وحدود القدرة وجوانب الانتشار. وإلى الآن لا توجد أي دراسات بشأن متطلبات النظام بالنسبة لأنظمة الاتصالات التي يمكن تطبيقها في الشبكة الذكية.

ونحن نولي اهتماماً بتقنيات قياس المجال الكهربي عند استخدام الموجات الحاملة لخطوط الطاقة الكهربائية (PLC) في النطاق LF في تطبيقات الشبكة الذكية. وقد أبدت بعض الشركات في البرازيل مؤخراً اهتمامها باعتماد التجهيزات PLC ذات الموجات الحاملة حول 80 kHz مع نطاق 20 kHz من أجل القراءة الذكية للعدادات. والإرسالات حول هذا التردد مقيدة بالتنظيم وتم تحديد قيمة حدية للمجال الكهربي من أجل التدابير المتخذة على مسافة 300 m من المصدر.

وقدّرت الدراسة ABRADEE/APTEL احتياجات الاستثمار بحوالي 19 مليار ريال برازيلي في أصول الاتصالات و3 مليارات ريال برازيلي في أصول تكنولوجيا المعلومات من أجل نشر وظائف الشبكة الذكية الأساسية من قبيل القياس الذكي وشبكة التوزيع الأوتوماتية والصيانة الذاتية ومصادر توليد الطاقة المتجددة الموزعة والسيارات الكهربائية.

والنموذج المرجعي لمعمارية الاتصالات المستعمل هو ذلك المقترح في إطار المشروع IEEE P2030. وتعرّف المعمارية المقترحة تراتباً منطقياً وواجهة معيارية للتوصيلات القابلة للتشغيل التي يمكن نشرها بواسطة العديد من تكنولوجيات شبكات الاتصالات كتلك التي استُخدمت في الدراسة: التكنولوجيا اللاسلكية (Wi-Fi 802.11، WIMAX 802.16) وGPRS و3G وMPLS وVPN والألياف البصرية والوصلات الراديوية من أجل الشبكة الميدانية (FAN) وشبكات التوصيل.

ووفقاً للدراسة البحثية التي أجريت بشأن شبكات الاتصالات الحالية في الخدمات البرازيلية، تُستعمل الألياف البصرية في 69% من أنظمة التوصيل وتشكل الخدمة العامة للاتصالات الراديوية بأسلوب الرزم (GPRS) التكنولوجيا المهيمنة فيما يتعلق بتوفير النفاذ في الميل الأخير، وتُستخدم وصلات الموجات الصغرية (400 MHz و900 MHz) في 44% من الشركات وذلك لتوصيل معدات البيانات المركبة في الأعمدة بالدرجة الأولى. وتستعمل حوالي 50% من الخدمات الخطوط المكرسة لمشغلي الاتصالات العمومية.

5.A4 البيانات التقنية

من الضروري تحديد بيانات عن صبيب التوصيل والكمون والمقاومة والاعتمادية وغير ذلك والتي يمكن اعتبارها مناسبة بالنسبة للشبكة الذكية من أجل التخطيط للموارد المطلوبة من البنى التحتية والطيف وتفادي نفاد الموارد وهدرها.

ومن خلال استعمال نموذج المعلومات المشترك الذي اعتمدته اللجنة الكهرتقنية الدولية والمحدد بمجموعة المعايير IEC 61970، سلطت الدراسة ABRADEE/APTEL الضوء على الحاجة إلى وضع استراتيجية محددة فيما يتعلق بالأمن السيبراني في الشبكات الذكية مع مراعاة المخاطر المحتملة التالية:

- درجة التعقيد العالية التي تتسم بها الشبكات الكهربائية.
- مواطن الضعف الجديدة للشبكات الموصلة بينياً

- رفع عدد نقاط النفاذ.
- حماية خصوصية المستهلك.

6.A4 قياسات النطاق LF

كما أنه لأغراض الإنفاذ، ومن أجل تفادي الإجراءات المرهقة الخاصة بقياسات المجال الكهربي في المناطق الحضرية، ومع الأخذ في الاعتبار التنظيم الصارم، من المسلم به أن الإجراءات الأخرى مثل قياس القدرة ستكون أقل صعوبة من توصيل محلل طيف بهوائي LF.

7.A4 الخلاصة

نتيجة للطابع الاستراتيجي لتنفيذ الشبكة الذكية في البلدان النامية، نطلب تقديم مساهمات من الإدارات الأخرى بشأن البيانات التقنية والقياسات في النطاق LF والتي تم التطرق إليها أعلاه.

فيما يتعلق بحجم وتعقيد شبكة الاتصالات اللازمة لدعم نشر مفهوم الشبكة الذكية ضمن الشبكة الكهربائية البرازيلية، توصي الدراسة ABRADEE/APTEL على سبيل المثال لا الحصر بإجراء تحليل معمق للطيف بهدف تحديد وحجز نطاقات تردد محددة تُكرس للتطبيقات في المناطق الميدانية والحضرية.

المراجع

[1] Presentation: Distributed Generation by Rodrigo Campos de Souza – APTEL Seminar of Mini and Micro Power Generation – Rio de Janeiro – RJ – 8 December 2015.

الملحق 5

الشبكة الذكية في جمهورية كوريا

1.A5 خارطة طريق الشبكة الذكية في كوريا

للتعامل مع تغير المناخ، أقرت كوريا بالحاجة إلى نشر شبكة ذكية كبنية تحتية من أجل الصناعة منخفضة الكربون والمراعية للبيئة وذلك استعداداً لتحقيق تخفيضاتها الملزمة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ومع وضع ذلك في الاعتبار تسعى الحكومة الكورية إلى تنفيذ مبادرة الشبكة الذكية كسياسة وطنية لتحقيق رؤية "كربون منخفض ونمو مراع للبيئة".

وفي 2009، قدمت لجنة النمو المراعي للبيئة في كوريا "بناء بلد متقدم مراعٍ للبيئة" كرؤية لها وحددت مضمون خارطة طريق الشبكة الذكية[45]. ومنذ نوفمبر 2009، تم تجميع آراء وتعليقات خبراء من دوائر الصناعة والهيئات الأكاديمية ومؤسسات البحوث وإبرازها في خارطة الطريق النهائية التي أُعلن عنها في يناير 2010. وطبقاً لخارطة الطريق الوطنية، تم تنفيذ مشروع الشبكة الذكية في المجالات الخمسة التالية بهدف بناء شبكة ذكية على نطاق البلاد بحلول عام 2030:

1) شبكة الطاقة الذكية

45 http://www.ksmartgrid.org/eng/.

2) الأماكن الذكية

3) النقل الذكي

4) الطاقة المتجددة الذكية

5) خدمة الكهرباء الذكية.

وسيتم تنفيذ مشروع الشبكة الذكية في كوريا على ثلاث مراحل؛ الأولى تهدف إلى بناء وتشغيل منصة اختبار الشبكة الذكية لاختبار التكنولوجيات ذات الصلة. وتتمثل المرحلة الثانية في مد منصة الاختبار إلى المناطق الحضرية الكبيرة مع إضافة عناصر الذكاء على جانب المستهلكين. وتتمثل المرحلة الأخيرة في استكمال إنشاء شبكة ذكية على مستوى البلاد ككل لتمكين جميع الشبكات المعلوماتية الذكية الخاصة بالشبكات الذكية الفرعية.

الشكل 1.A5

خارطة طريق الشبكة الذكية في كوريا

اتجاهات التنفيذ حسب المراحل	المرحلة الأولى (2010-2012) إنشاء وتشغيل قاعدة اختبار الشبكة الذكية (التحقق التقني)	المرحلة الثانية (2012-2020) التوسع نحو المناطق الحضرية (العملاء الأذكياء)	المرحلة الثالثة (2021-2030) إنجاز شبكة القدرة الكهربائية في جميع أنحاء البلاد (شبكة القدرة الكهربائية الذكية)
شبكة القدرة الكهربائية الذكية	– المراقبة الآنية لشبكة القدرة الكهربائية الذكية – الإرسال الرقمي للقدرة الكهربائية – تشغيل نظام التوزيع الأمثل	– توقع الأعطال الممكنة في شبكات القدرة الكهربائية – توصيل نظام القدرة الكهربائية بأنظمة البلدان الأخرى – توصيل نظام إيصال القدرة الكهربائية بأجهزة التوليد الموزع للقدرة – الكهربائية وأجهزة تخزينها	– الاستعادة الذاتية لشبكات القدرة الكهربائية – تشغيل شبكة طاقة ذكية متكاملة
المستهلك الذكي	– إدارة ذكية للقدرة الكهربائية في المنازل – خيارات متنوعة للمستهلك بما في ذلك الأسعار	– إدارة ذكية للقدرة الكهربائية في المباني/المصانع – تشجيع المستهلكين على إنتاج القدرة الكهربائية	– منازل/مباني لا تسحب أي طاقة من الشبكة
النقل الذكي	– إنشاء واختبار مرافق شحن لمركبات الكهربائية – تشغيل وكبات كهربائية كمشروع تجريبي	– التوسع بمرافق شحن لمركبات الكهربائية لتشمل جميع أنحاء البلاد – الصيانة والإدارة الفعالة للوكبات الكهربائية	– تيسير حضور مرافق شحن لمركبات في كل مكان – تنويع أساليب الشحن – استخدام أجهزة تخزين القدرة المحمولة
الطاقة المتجددة الذكية	– تشغيل شبكات كهربائية صغيرة بالتوصيل بين المولدات الموزعة وأجهزة تخزين القدرة ولمركبات الكهربائية – التوسع باستخدام المولدات الموزعة وأجهزة تخزين القدرة	– التشغيل الأمثل لنظام القدرة الكهربائية بشبكات كهربائية صغيرة – التوسع بتطبيق أجهزة تخزين القدرة	– إتاحة الطاقة المتجددة للجميع
خدمة الكهرباء الذكية	– خيار المستهلك من أسعار الكهرباء – بيع المستهلك للطاقة المتجددة	– ترويج المعاملات بمشتقات القدرة الكهربائية – تنفيذ نظام تسعير آني في جميع أنحاء البلاد – ظهور مشاركين طوعيين في السوق	– ترويج مختلف أنماط المعاملات بالقدرة الكهربائية – تعويز تقارب القطاعات على أساس سوق الكهرباء – ريادة سوق القدرة الكهربائية في شمال شرق آسيا

Report SM.2351-A5-01

وعند الانتهاء من المرحلة الثالثة، فإن نتائج الشبكة الذكية وفوائدها ستكون جمة؛ وتخطط كوريا، من خلال الشبكة الذكية إلى خفض استهلاك الكهرباء على الصعيد الوطني بنسبة 6% مع تسهيل الاستعمال الأوسع للطاقة الجديدة والمتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية. وإلى جانب ذلك، ستخفض كوريا 230 مليون طن من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري

وستوفر 50 000 وظيفة سنوياً بحدول يقدر بمبلغ 68 مليار وون بالسوق المحلي بحلول عام 2030. وستعمل الدراية التقنية المتراكمة كجسر لكوريا لكي تتقدم نحو السوق الدولية. وسيساهم النمو المراعي للبيئة في كوريا كثيراً في منع الاحترار العالمي في المستقبل.

ومن المنظور الوطني، يرمي مشروع الشبكة الذكية إلى زيادة كفاءة استهلاك الطاقة وتنفيذ بنية تحتية للطاقة مراعية للبيئة من خلال بناء بنية تحتية صديقة للبيئة تحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومن المنظور الصناعي، يسعى هذا المشروع إلى تأمين محرك جديد للنمو لقيادة كوريا في عصر النمو المراعي للبيئة. ومن منظور الأفراد، فهو يهدف إلى تحقيق حياة منخفضة الكربون ومراعية للبيئة بتعزيز نوعية المعيشة من خلال تجارب المعيشة المراعية للبيئة منخفضة الكربون والمشاركة فيها.

2.A5 تطور التكنولوجيا

سيتم تحديد بلدة تسكنها 3 000 أسرة كمنصة اختبار للشبكة الذكية (MW10)، حيث سيكون هناك ما مجموعه محطتان فرعيتان مع مجموعتي تجهيزات على الأقل، وسيكون لكل مجموعة تجهيزات خطا توزيع. وستكون منصة اختبار الشبكة الذكية بمثابة موقع لنتائج البرامج البحثية بشأن "نقل الطاقة باستخدام تكنولوجيا المعلومات" والموارد الجديدة للطاقة المتجددة.

وقد شاركت 10 اتحادات صناعية في خمس مناطق في تكنولوجيات الاختبار وفي تطوير نماذج الأعمال، منفذة هذا المشروع على مرحلتين كما هو مبين في الجدول 1.A5.

الجدول 1.A5

خطة تنفيذ منصة اختبار Jeju حسب المراحل

المرحلة	الفترة	مناطق التركيز الرئيسية	المحتويات الرئيسية
المرحلة الأساسية (بناء البنية التحتية)	2010 ~ 2011	شبكة الطاقة الذكية الأماكن الذكية النقل الذكي	ربط شبكات الشبكة الذكية بالمستهلكين وربط شبكات الشبكة الذكية بالمركبات الكهربائية
مرحلة التوسع (التشغيل المتكامل)	2012 ~ 2013	الطاقة المتجددة الذكية الكهرباء الذكية الخدمة	– تقديم خدمات جديدة للطاقة – تأمين مصادر من الطاقة المتجددة لشبكة الطاقة الكهربائية

الملحق 6

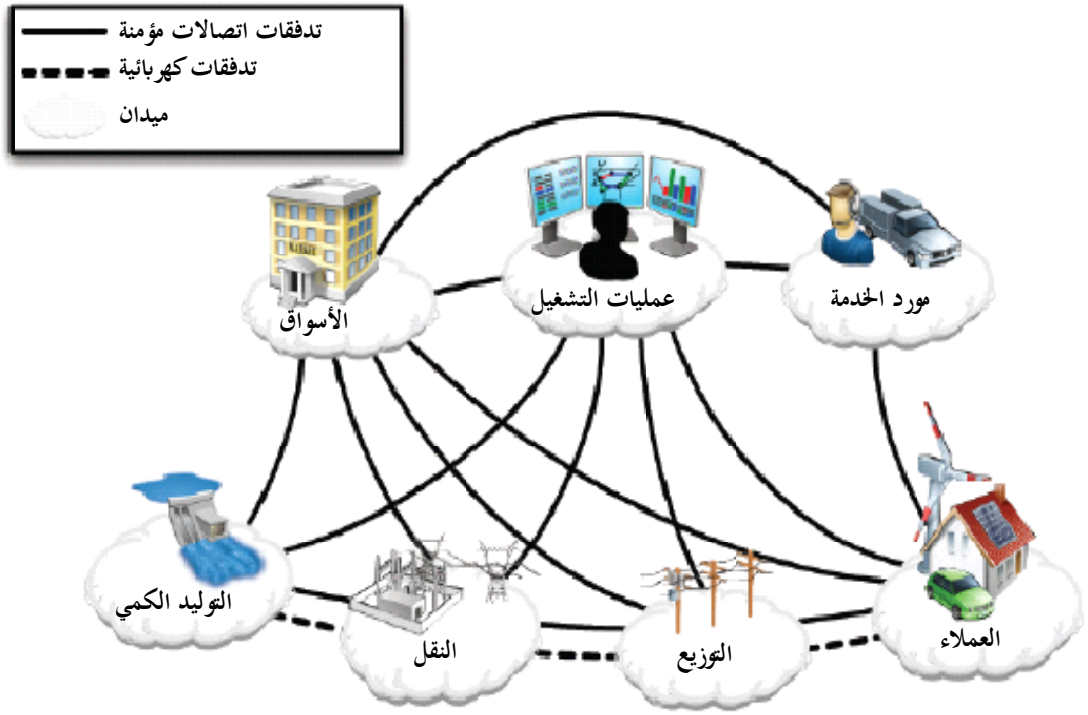
الشبكة الذكية في إندونيسيا

1.A6 مقدمة

يضم تنفيذ الشبكة الذكية معدات تكنولوجية تغير تدفق الخدمة من شركات توليد الطاقة إلى المستهلكين والتي تشمل سبعة ميادين هامة: التوليد الكمي، والنقل والتوزيع والعملاء والتشغيل والسوق ومورد الخدمة. وكل ميدان يتألف في ذاته من عناصر الشبكة الذكية الموصولة ببعضها عبر اتصالات ذات اتجاهين باستعمال الاتصالات التماثلية أو الرقمية للتجمع والعمل كرافد للمعلومات والكهرباء. والتوصيل أساسي بالنسبة للشبكة الذكية لزيادة الكفاءة والاعتمادية والأمن والاقتصاد والاستدامة في إنتاج الكهرباء وتوزيعها.

الشكل 1.A6

التبادلات بين الأطراف الفاعلة في الشبكة الذكية



Report SM.2351-A6-01

الشبكة الذكية، كنظام إلى نظام، حيث تضم ثلاث طبقات رئيسية: طبقة القدرة والطاقة وطبقة الاتصالات وطبقة تكنولوجيا المعلومات. وتعد هذه الطبقات عناصر رئيسية في التدفقات الكهربائية وتدفقات الاتصالات.

وفي مجال استهلاك القدرة/الطاقة، يشهد الاستهلاك وأسعار الطاقة تزايداً. وتتفق هذه الظروف مع التزايد الذي تشهده أعداد المشاركين في الخدمة المتنقلة.

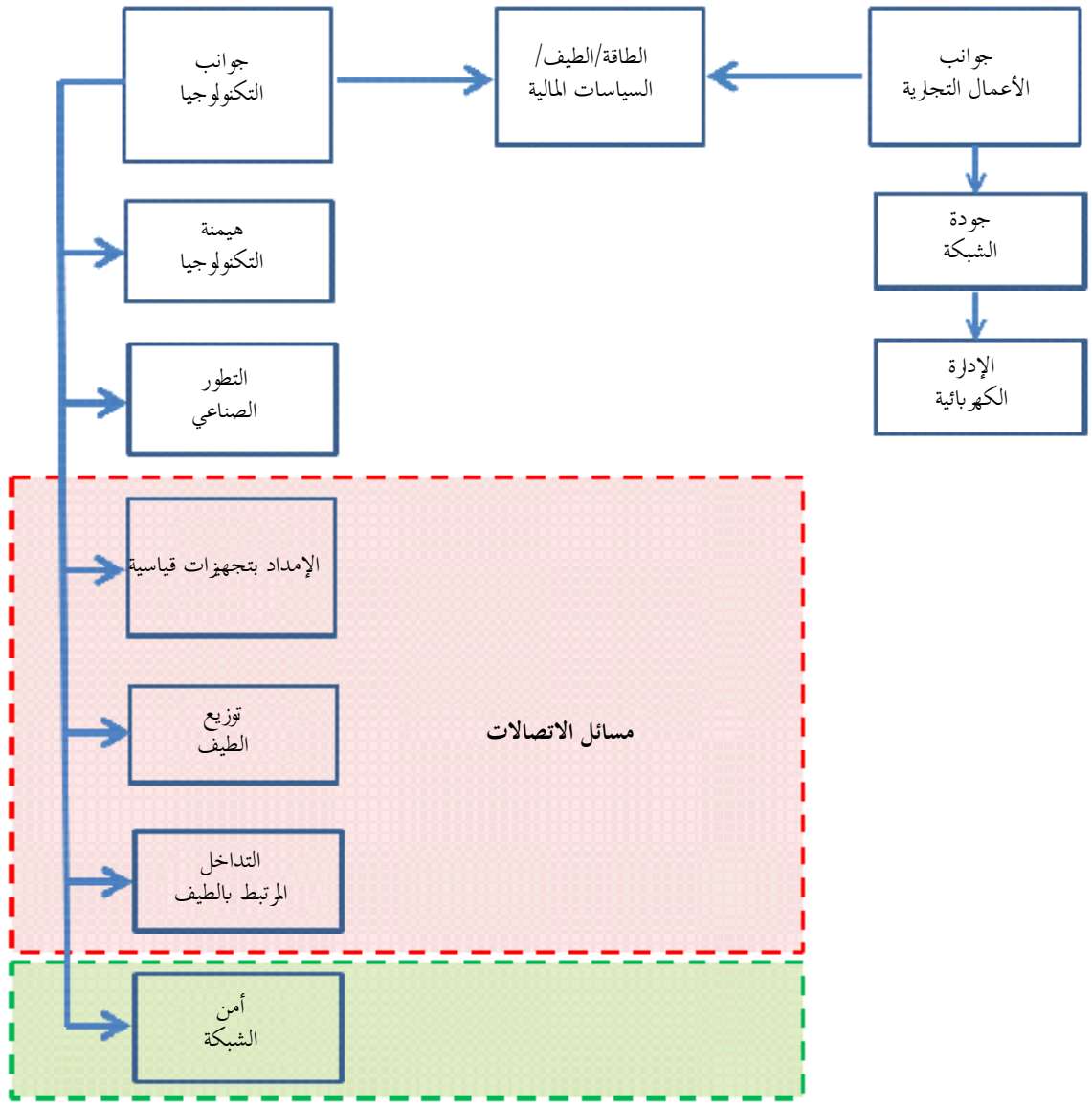
2.A6 تطوير الشبكة الذكية والمسائل الصعبة

تدرك الحكومة الإندونيسية أن الشبكة الذكية يمكن أن تكون حلاً بديلاً لتحقيق الكفاءة في استعمال الكهرباء. وبسبب ذلك، أطلقت الوكالة الحكومية مشروعاً تجريبياً بشأن تنفيذ الشبكة الذكية في الجزء الشرقي من إندونيسيا. وتدير هذا المشروع التجريبي وكالة تقييم وتطبيق التكنولوجيا بالتعاون مع شركة الكهرباء الوطنية (PLN).

وهناك العديد من المسائل الصعبة بالنسبة لتطوير الشبكة الذكية، وهي جوانب التكنولوجيا والأعمال التجارية التي يمكن أن تستعمل كمرجع أساسي عند وضع السياسات واللوائح.

الشكل 2.A6

المسائل الصعبة



Report SM.2351-A6-02

طبقاً للشكل 2.A6، بالنسبة لهاتين المسألتين الرئيسيتين اللتين تؤثران على تطوير الشبكة الذكية، فإنه يشغلنا العديد من المسائل في الجانب المتعلق بالاتصالات وتكنولوجيا المعلومات، ألا وهي:

أ) التجهيزات القياسية والإمداد:

توفير وصف مختصر بشأن المواصفات التقنية للتجهيزات من أجل اختبار التوافق.

ب) موارد الطيف:

وجود خطة استراتيجية بشأن توزيع الطيف وعروض النطاق اللازمة لهذا التطبيق. وهذه المسألة هامة من أجل استعمال الموارد الشحيحة بكفاءة.

ج) التداخل المرتبط بالطيف:

التأكد من أن تنفيذ هذه التكنولوجيا لن تتسبب في تداخلات على الخدمات الأخرى.

د) أمن الشبكة:

ضمان أمن تدفق المعلومات.

وبما أن هذا التطبيق يمكن أن ينفذ عبر خدمات متنقلة مختلفة (النطاق العريض)، يقترح أن تدرس لجنة الدراسات مجدداً الاحتياجات من الاتصالات من أجل مساعدة البلدان النامية في وضع خطة استراتيجية كتوجيه من أجل تناول السياسات واللوائح المثلى المتصلة بتنفيذ الشبكة الذكية.

الملحق 7

الأبحاث بشأن تكنولوجيات النفاذ اللاسلكي من أجل الشبكة الذكية في الصين

1.A7 مقدمة

تعد التكنولوجيا اللاسلكية جزءاً هاماً في نظام إدارة الطاقة الكهربائية، حيث يمكن بواسطتها إرسال معلومات الإدارة والتحكم في تبادل ثنائي الاتجاه في الوقت الفعلي. وفي وقت سابق، كانت سعة الاتصالات اللازمة لشبكة اتصالات توزيع الطاقة واستخدامها صغيرة بشكل عام. وأجهزة الاتصالات اللاسلكية ضيقة النطاق التقليدية التي تستعمل ترددات ثابتة تستعمل في الأساس كوسيلة الاتصالات اللاسلكية الخاصة في أنظمة إدارة الطاقة الكهربائية. ومع تطور الشبكة الذكية، فإن حيازة بيانات الطاقة الكهربائية وإدارة الطلب على الحمل وخدمات المراقبة الفيديوية في الموقع اللازمة لشبكة اتصالات توزيع الطاقة الكهربائية واستخدامها، أفرزت احتياجات أكبر بالنسبة لعرض نطاق الاتصالات وتأخير الإرسال والاعتمادية. ولهذا الغرض، تجري الصين أبحاثاً وتهيئ جيلاً جديداً من شبكات الاتصالات الطاقة في بناء الشبكة الذكية. وحتى وقتنا هذا، لنظام الاتصالات اللاسلكية الجديد تطبيقات تجريبية ضخمة من أجل الشبكة الذكية في الصين.

2.A7 تكنولوجيا نفاذ لاسلكي من أجل الشبكة الذكية في الصين

1.2.A7 مقدمة

تصمم الشبكة اللاسلكية المتمحورة حول الصناعة والذكية وواسعة التغطية (SWIN) بحيث تراعي بشكل كامل طلبات الشبكة الذكية من الخدمات. وهي تقوم على تكنولوجيا الجيل الرابع (4G) وترخص النطاق 223-235 MHz من أجل الشبكة الذكية. وللنظام مزايا كثيرة مقارنةً بأنظمة الاتصالات الذكية ضيقة النطاق، مثل التغطية الواسعة، وعمليات النفاذ الضخمة للمشتركين والكفاءة الطينية المرتفعة والوقت الفعلي والسلامة والاعتمادية المرتفعة وقدرات الإدارة الناجزة للشبكة وغيرها.

2.2.A7 الخواص التقنية الرئيسية

وزع النطاق 223-235 MHz بوحدات من 25 kHz من جانب المكتب الوطني لإدارة الترددات الراديوية في الصين. وبالنسبة لخصائص الطيف، يمكن للشبكة SWIN أن تجمع ترددات ضيقة النطاق مختلفة متعددة لتوفير إرسال عريض النطاق للبيانات. ومن بين التكنولوجيات الرئيسية للشبكة SWIN في نفس الوقت تكنولوجيا استشعار الطيف والتي من خلالها يمكن اكتشاف التداخل بين RAT في النطاق المجاور وتحسين إمكانية التعايش. ويمكن ضمان التعايش مع الأنظمة ضيقة النطاق القائمة في نفس نطاق التردد 223-235 MHz.

الجدول 1.A7

الخواص التقنية والتشغيلية للمعيار SWIN

البند	القيمة
نطاقات التردد المدعومة (مرخصة أو غير مرخصة)	نطاقات تردد مرخصة: 223-235 MHz
مدى التشغيل الاسمي	km 3~30
إمكانات التنقلية (جوال/متنقل)	متنقل
معدل البيانات الأقصى (للوصلة الصاعدة/الهابطة، إذا كانا مختلفين)	1,5 وصلة صاعدة/0,5 وصلة هابطة Mbit/s (عرض نطاق 1 M) 13 وصلة صاعدة/5 وصلة هابطة Mbit/s (عرض نطاق 8,5 M)
طريقة الإرسال المزدوج (FDD، TDD، وغير ذلك)	TDD
عرض النطاق RF الاسمي	يمكن اختياره من: 25 kHz – 12 MHz
دعم تعدد المدخلات والمخرجات (MIMO) (نعم/لا)	لا
إعادة الإرسال	HARQ
التصحيح الأمامي للأخطاء	تلافيفي وتوربو
إدارة التداخل	إعادة استخدام الترددات بشكل جزئي، واستشعار الطيف
إدارة القدرة	نعم
طوبولوجيا التوصيل	من نقطة إلى عدة نقاط
طرائق النفاذ المتوسط	نفاذ عشوائي (على أساس التنافس أو بدون تنافس)
طرائق النفاذ المتعدد	SC-FDMA (الوصلة الصاعدة) وOFDMA (الوصلة الهابطة)
طريقة الاكتشاف والربط	اكتشاف مستقل، والربط عن طريق الحمالة
طرائق جودة الخدمة	تمييز جودة الخدمة (دعم 5 مستويات للجودة، وإمكانية الترقي)
العلم بالموقع	نعم
التجفير	ZUC
الاستيقان وحماية إعادة التشغيل	نعم
تبادل المفاتيح	نعم
اكتشاف العقد الحمراء	نعم
تعرف الهوية الفريد للأجهزة	15 رقماً (IMEI)

3.2.A7 التصنيع والتطبيق

تتألف الشبكة SWIN في الوقت الراهن من رقائق للنطاق الأساسي ومطاريف ومحطات قاعدة وشبكة أساسية وتجهيزات إدارة الشبكة. وثم نشر الشبكة SWIN في شبكات اتصالات توزيع الطاقة الكهربائية واستخدامها. وإلى الآن، ثم نشر شبكات SWIN تجريبية في 13 مقاطعة بالصين، توفر خدمات الشبكة الذكية المتمثلة في حيازة معلومات الكهرباء والتحكم في الحمل وأتمتة التوزيع وما إلى ذلك. وبعد فترة من التشغيل الاختباري، تبين أن الشبكة SWIN يمكن أن تلبي احتياجات القراءات الذكية وأتمتة التوزيع من الخدمات.

4.2.A7 التقييس

في الوقت الحالي، بدأت شركة تشغيل الشبكة الذكية في الصين (مؤسسة الشبكة الذكية بالصين) في وضع معايير الشبكة SWIN. ويقوم مركز الاختبار التابع لمركز المراقبة الراديوية الحكومي (المنظمة الوطنية لإدارة الطيف الراديوي) مع رابطة معايير الاتصالات في الصين (CCSA) بوضع المعيار SWIN RF من أجل ضمان التعايش بين الأنظمة العاملة في نفس النطاق. وفي الوقت نفسه، فإن العمل جاري في تنفيذ تقييس الشبكة SWIN على الصعيد الوطني.

3.A7 الخلاصة

أجريت أبحاث في الصين بشأن تكنولوجيات النفاذ اللاسلكي من أجل الشبكة الذكية. ويمكن للشبكة SWIN أن توفر اتصالات لاسلكية مرضية للشبكة الذكية، يمكن من خلالها خفض تكلفة بناء الشبكة الذكية وتشغيلها.

_____