

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.2351-3 报告

(06/2021)

智能电网公用事业管理系统

SM 系列

频谱管理



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的作用是确保所有无线电通信业务，包括卫星业务，合理、公平、有效和经济地使用无线电频谱，并开展没有频率范围限制的研究，在此基础上通过建议书。

无线电通信部门制定规章制度和政策的职能由世界和区域无线电通信大会以及无线电通信全会完成，并得到各研究组的支持。

知识产权政策（IPR）

国际电联无线电通信部门（ITU-R）的知识产权政策在ITU-R第1号决议引用的“ITU-T/ITU-R/ISO/IEC通用专利政策”中做了说明。专利持有者提交专利和许可声明所需表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/zh>获得，该网址也提供了“ITU-T/ITU-R/ISO/IEC通用专利政策实施指南”以及ITU-R专利信息数据库。

ITU-R系列报告

（也可在以下网址获得：<http://www.itu.int/publ/R-REP/zh>）

系列	标题
BO	卫星传输
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电测定、业余无线电以及相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理

注：本ITU-R报告英文版已由研究组按ITU-R第1号决议规定的程序批准。

电子出版
2023年，日内瓦

© 国际电联 2023

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段翻印本出版物的任何部分。

ITU-RSM.2351-3 报告

智能电网公用事业管理系统

(2015-2016-2017-2021年)

目录

页码

1	引言	4
2	智能电网通信和功能特性	5
3	智能电网通信网络技术	5
4	智能电网的目标和优势	6
4.1	通过系统优化降低总体电力需求	6
4.2	整合可再生和分布式能源资源	6
4.3	使用智能计量支持智能电网	6
4.4	提供弹性智能电网网络	7
5	智能电网参考架构概述(家庭以外)	8
6	电力线路和智能电网电信的有线标准	10
6.1	电力线上的智能电网通信	10
6.2	通过有线网络的智能电网通信	10
7	智能电网电信的无线标准	10
7.1	家域网	10
7.2	WAN/NAN/FAN/WASN	11
8	与实施电网管理系统中使用之有线和无线数据传输技术相关的干扰因素	13
8.1	IEEE	13
8.2	3GPP	13
8.3	3GPP2	13
8.4	12.5 /25 kHz PMR/PAMR	14
9	广泛部署用于电网管理系统的有线和无线网络对频谱可用性的影响	14
10	总结	16

附件1 – 与电网管理系统相关的现行标准示例.....	17
A1.1 ETSI标准.....	17
A1.2 IEEE标准.....	17
A1.3 ITU-T标准.....	22
A1.4 3GPP标准.....	23
A1.5 3GPP2标准.....	41
附件2 – 北美的智能电网.....	43
A2.1 引言.....	43
A2.2 智能电网部署的依据.....	44
附件3 – 欧洲的智能电网.....	45
A3.1 引言.....	45
A3.2 欧洲在一些成员国中开展的活动.....	46
A3.3 欧洲部分地区的智能电网频谱安排.....	49
附件4 – 巴西的智能电网.....	50
A4.1 引言.....	50
A4.2 巴西的能源部门.....	50
A4.3 巴西的智能电网研究组.....	51
A4.4 电信问题.....	51
A4.5 技术数据.....	52
A4.6 LF测量.....	52
A4.7 结论.....	52
参考资料.....	53
附件5 – 韩国的智能电网.....	53
A5.1 韩国的智能电网路线图.....	53
A5.2 通信网络.....	55
附件6 – 印度尼西亚的智能电网.....	56
A6.1 引言.....	56
A6.2 智能电网的发展和挑战.....	57

附件7 – 中国智能电网无线接入技术的研究.....	58
A7.1 引言	58
A7.2 中国智能电网的无线接入技术	58
A7.3 结论	61
附件8 – PMR / PAMR工程通信（语音/数据）系统.....	61
A8.1 信道带宽为25 kHz、12.5 kHz和6.25 kHz的PMR/PAMR系统概述	61
A8.2 使用高达25 kHz信道带宽的业务.....	61
A8.3 使用高达25 kHz信道带宽的系统.....	62
A8.4 PMR/PAMR标准	62
附件9 – 用于无线智能计量和智能电网系统的频段清单示例.....	63
附件10 – 相关的ITU-R建议书和报告	64
后附资料 – 缩写词和首字母缩略语.....	65

范围

本报告概述了智能电网系统，并详细介绍了可用于智能电网网络和智能电表网络监测和控制的各种技术。这些技术包括有线通信，如电力线电信（PLT），以及无线通信，如6.25 / 12.5 / 25 kHz窄带技术直到多MHz宽带技术。

例如，从客户抄表到直接连接到千兆瓦级高压配电系统的多个大功率发电站的关键控制，都有应用。

附件还包括适用于智能电网和智能电表技术的窄带和宽带标准的详细信息。

正文概述了不同国家的智能电网和智能电表系统的可用频谱。附件中包括了这种使用的更多细节。

本报告主要侧重于变化最为迅速和广泛的电力行业，但在天然气和水基础设施（包括清洁水、废水和污水处理以及热水）方面也有类似的发展。

缩写词和首字母缩略语

在最终的后附资料中提供了本报告中使用的缩写词和首字母缩略语清单。

1 引言

“智能电网”是一个双向电力输送网络，通过传感器和控制设备连接到信息和控制网络。这支持电力网络的智能和高效运行/优化，包括发电、输电、配电和最终用户网络。

整个系统有两个基本组成部分（家庭以外部分和家庭以内部分）。首先是从数百万消费者那里收集信息。第二是使用消费者收集的信息来向控制网络提供输入，该控制网络管理整个供电系统的能源产生、传输和分配。这两个组成部分有不同的操作要求，但需要以合作的方式一起工作，安全是一个内在的需求。

智能电表是一种电子设备，它以一小时（或更短时间）的周期间隔来记录电能的消耗情况，并将此信息报告给公用事业公司，以便进行监测和计费。智能电表支持电表和公用事业公司之间的双向通信。除了自动抄表功能，它还可以接收和处理来自公用事业公司有关能源管理的控制信息，并报告电力质量监测信息。智能电表不为用户提供对其功能的开放访问，无论其物理安装位置在哪里（室外、室内、家中等）。

智能电网的主要目标是：

- 确保水电气的安全供给；
- 推动向低碳经济的过渡；
- 维持稳定和可承受的价格。

通信技术是许多公用事业建设其智能电网基础设施的基本工具。安全通信构成了智能电网的重要组成部分，并成为部分当今最大和最高级电网部署的后盾。此外，利用信息技术的叠加效应，智能电网具有预测和自我修复能力，可自动避免问题的发生。在许多情况下，有效的智能计量允许对耗电情况进行近实时的监测和报告，并与电网控制中心集成，所用方式与其他电力使用平衡方式相一致，从而使耗电和生产相匹配，并以适当的价格水平供电。

在国际电联，实施智能电网与为广泛联网目的而开发的不同的有线和无线技术有关。家庭以外的智能电网业务包括高级计量基础设施（AMI）、自动计量管理

(AMM)、自动抄表系统 (AMR)、监督控制和数据采集、远程保护、同步相量及配电自动化。

在家中，智能电网应用侧重公用事业提供商、智能电表和电暖气、空调、洗衣机和其他电器等智能家电之间的计量、监测和通信控制。计划内的一项主要应用涉及往来于电动汽车 (EV) 和其他充电站之间的计价和定价通信。家庭的智能电网服务将实现智能家电的颗粒控制、赋予电器装置远程管理能力并使消费者通过显示更多了解情况消费数据和相关费用，促使他们节约能源。

2 智能电网通信和功能特性

智能电网计划通过网络管理中心实现从电网源头至各个场所和设备的公用事业输电和配电网各部分的泛在连接。智能电网将需要双向数据流和复杂连接。数据流速率将从窄带系统的kbit/s变化到宽带系统的多Mbit/s。欲进一步了解预计流经电力供应网络（使用电网本身作为通信媒质）的通信信息，见ITU-T技术论文“ITU-T G.9960建议书的应用，ITU-T G.9961智能电网应用收发信机：家庭和电动车的高级计量基础设施和能源管理”¹。ITU-T关于使用家庭网络技术（G.hn项目）来支持智能电网通信的进一步工作在ITU-T关于将G.hn技术用于智能电网的技术论文中有所阐述²。

智能电网将提供信息叠加和控制基础设施、创建综合通信和感知网络。智能电网赋能的输电和配电网为公用事业、智能计量为客户提供更多的信息，帮助其对水电气使用的控制。此外，网络还能使公用事业电网以前所未有的效率运行。

3 智能电网通信网络技术

智能电网的部署采用不同类型的通信网络。然而，这类通信网络需要为现有和不远的将来的基本和高级智能电网应用提供充足容量。

电网是一种商品提供系统，其中，商品（电力）的生产至消费周期几乎为零：发电、提供和消费“全部”几乎同时发生。新的技术旨在以可持续方式研究解决能源独立性和老化电网现代化问题，如，可再生能源、分布式能源资源（DER）、即插式电动汽车、需求侧管理和响应、存储、消费者参与等。将这类新技术予以纳入将带来平衡发电与需求之间更大的挑战。平衡“最优及时系统”（perfect just-in-time）的发电与需求要求融入更多的保护和控制技术，以确保电网稳定性 – 不仅仅是对目前电网的修修补补，而是要真正解决设计方面的挑战，因为发电和载荷在本质上都会变得非常随机。

要支持以上技术和应用，有必要确保获得一个现代化的、灵活的、可升级的通信网，将“监测”和“控制”功能连接在一起。信息和通信技术允许公用事业更加迅速地远程定位、隔离并恢复电力中断，并因此增加电网的稳定性。信息和通信技术也有助将时变可再生能源整合到电网中，实现对载荷的更好、更动态控制，并为消费者提供优化其能源消耗的工具。

这些目标须以相应标准为坚实基础，这些标准确保支持智能电网通信的种类繁多的技术和设备是完全具有针对性的，而且相互之间或与使用无线电频率的其他电信系统不会出现冲突，并确保工作于无线电频率的那些要素不会干扰其他无线电通信业务。

¹ <https://www.itu.int/pub/T-TUT-HOME-2010>

² [GSTP-HNSG – 关于将G.hn技术用于智能电网的技术论文 \(itu.int\)](#)

国际电联和标准制定组织合作实现这些目标。

4 智能电网的目标和优势

4.1 通过系统优化降低总体电力需求

传统的电力传输和分配系统被设计成仅单向输送能量，但缺乏优化输送的智能。在持续向智能电网过渡的过程中，能源公用事业公司必须继续纳入足够的发电能力来满足峰值电力的需求，即使这种高峰仅在每年若干天的个别时间上出现，且平均需求要低得多。实际上，这意味着在需求预计高于平均值的日子，公用事业公司将根据需求重新启动偶尔使用、效率较低但启动迅速且通常更昂贵的发电机。

智能电网是提高可靠性和降低电力消耗对环境的影响的一项基本要求。

4.2 整合可再生和分布式能源资源

智能电网连接和通信解决将消费者发电和多种不同发电来源（如风力发电场）整合到主中央配电系统中的问题。随着能源成本以及环境灵敏度的持续提高，越来越多的个人和公司主动承担起了利用风能或太阳能等可再生能源产电自给的责任。由于可再生能源的不可预测性，通常很难、很贵甚至不可能依靠它们发电回馈给电网。此外，即使可再生能源回馈到电网，世界各地的配电网也很难预测或应对这种电力回流。与净计量相关的技术将有助于整合分散在电网中的可再生能源。分散发电和配电是智能电网支持的新功能之一。

智能电网通过向控制中心传送能源需求量以及自产能源输入量的信息，提出解决方案。在满足需求时考虑到附加的能源输入，可以平衡主要产能。由于智能电网能够实时地实现这一目标，因此公用事业公司可以平衡因可再生能源的不可预测性而引起的供电差异问题。

能源和环境经济学公司（E3）和EPRI解决方案公司为加利福尼亚能源委员会起草的关于配电自动化价值的报告指出，可实时管理的分布式电力储存（如电池或插入式车辆）的价值将比未连接智能电网的资产高近90%³。

4.3 使用智能计量支持智能电网

支持电网平衡的一个应用是智能计量。智能计量功能包括：

- 高级计量基础设施（AMI），
- 自动电表管理（AMM），以及
- 自动电表读取（AMR）。

附录9包含一个世界部分地区用于无线智能计量和智能电网系统的频段清单示例。

³ 加利福尼亚能源委员会有关配电自动化价值的[“加利福尼亚能源委员会公共利益能源研究最终项目报告”](#)，第95页（2007年4月）（CEC报告）。

4.4 提供弹性智能电网网络

设计智能电网网络的一个主要考虑因素是确保网络能够承受中断并从中恢复。以下定义通常用于在设计阶段实现要求的目标：

- “最佳实践”定义为可用来保证弹性的那些措施，而不考虑成本。
- “良好实践”定义为可用来提供与企业风险战略相称之弹性的那些措施。对一个组织而言，了解什么时候需要最佳实践、什么时候良好实践更合适是重要的。

电力公司通常采用专用的电信系统来实现其网络中的各种智能应用。包括：

- 远程保护用于在检测到故障或异常系统条件时隔离部分网络，同时避免网络其他用户的中断。这些系统最大限度地减少了供电中断，降低了过大电流损坏基础设施的风险。
- 监督控制和数据采集（SCADA）系统用于启动控制和监测整个网络的电压、电流、温度水平和开关位置，并有机会远程重新配置网络，以响应不断变化的需求、网络故障和各种不同的操作条件。
- 监测和控制功能可嵌入在网络中，以远程控制设备和自动重新配置网络，无需运营商干预，并向控制室报告配电自动化系统所采取的行动。
- “动态资产管理”（DAM）应用程序持续动态地监测资产的状况和负载，以增加容量，避免对网络进行加固的需求。实时测量还有助于预测故障，避免宕机和中断客户供电。
- 弹性移动语音通信使控制室和现场工作人员之间能够就日常操作、安全和紧急恢复供电等实现通信，特别是在恶劣天气和电力供应中断期间，当商业网络可能不可用时。（有关这些系统的更多细节可在附件8中找到）。
- 闭路电视（CCTV）用于监测远程站点的安全和资产的远程监控。

尽管商业电信网络的最新发展有助于承载一些关键的通信能力，但任务关键型公用事业仍有许多独特的苛刻要求：

- 公用事业电信的增长来自于监测网络地理覆盖范围、连接点数量和响应速度的增长，而不一定是数据速率的增长。
- 规定服务区域内的地理覆盖可用性要求（例如，高达99.999%的电力线保护和99.9%的扫描遥测系统），在某些情况下，包括偏远和无人居住的地区。例如，电力线穿过人口稀少的偏远地区。可再生能源和水资源也往往位于偏远地区。这些偏远和无人居住的地区可能无法吸引商业电信运营商的业务。
- 增强弹性以使网络能够在没有主电力的情况下长时间运行，时间可能从几分钟延长到72小时，甚至更长。
- 加固网络以确保能抵御恶劣天气，包括大风、洪水、降雪、结冰、极端温度以及雷击等电磁干扰。
- 系统可靠性的设计需要满足确切的技术需求，而不是为了经济利益，例如，最佳实践弹性操作。
- 分离、独立和多样的冗余路由。注意：当主路由中断时，不同的路由必须立即正确工作。当需要即时使用无线电频谱时尤其如此。

- 优先使用合适的分配频谱，以便有把握地规划和快速整合电网控制网络的扩展和增强工作。
- 公用事业公司需要为其电信网络和基础设施站点提供高水平的安全性，不仅是在完整性方面，以防止对公用事业运营的恶意破坏；而且在因网络拥塞或恶意企图而发生拒绝服务、拒绝公用事业公司见到其网络的情况下，可保证访问。
- 消费电信产品周期正在缩短，因此产品可能会在一年内过时，而公用事业物理基础设施的典型寿命为50年。嵌入大型设施的电信设备持续运行，因此更换过时的电信设备是一项重大工作。网络通信设备寿命和技术支持的标准寿命可能需要10到20年。
- 电力行业的电信信号延迟和不对称需求与电压/功率水平相关，如果保护系统要正常工作，那么要求延迟低至6 ms，相关不对称小于300 us。这些需求源于需要实时比较整个电网的“周期内”值，当中需要半个周期的持续时间来保持稳定性和准确识别故障。
- 商业网络本质上是以下载为中心的，而公用事业网络是以上传为中心的，只有少数控制室远程监测跨越广阔地理区域的大量资产。

遥感技术以及输电和配电线路使网络运营商能够实时收集其网络状态信息，这使供应商可在关键的国家基础设施发生故障前防止出现运行中断，并在事故发生时实现快速定位。通过一系列软件工具，智能电网从分布在整个电力系统中的传感器处收集和分析数据，以指出哪个部分的性能出现了劣化。通过最大限度扩展其维护计划，输电和配电公司可防止发生故障，并在还没收到消费者投诉时，迅速派出工程人员到达事故地点。远程保护方案、同步相量计、SCADA系统和自动化单元旨在检测输电和配电网络中的问题，理想地识别故障并动态地重新配置网络，而不中断对客户的供电；或者至少最小化中断时间。近年来，备受关注的北美和欧洲网络停电状况使电力网络安全成为一个政治问题，电网老化引发的停电及与此相关的最终用户断电现象可能有增无减。智能电网在这场持续争夺控制权的战争中将提供一种实实在在的工具。⁴

5 智能电网参考架构概述(家庭以外)

智能电网参考架构的示例显示如下，其中具体说明下列元素⁵：

- 家域网（HAN） – 一个由能源管理设备、数字消费电子产品、信号控制或启用设备，以及电表家庭环境中的应用程序组成的网络。
- 场域网（FAN） – 旨在向场域配电自动化（DA）设备提供连接的网络。FAN可能向回到场DA设备上游变电站提供连接路径或者绕过变电站的连接，并将场DA设备与集中管理和控制系统（通常称为SCADA系统）相连接的路径。
- 邻域网（NAN）（描述为下图中的“配电设备网络”） – 旨在于较小地理区域内提供与智能电网终端设备直接连接的网络系统。在实际操作中，NAN可能会覆盖城市环境中几个街区那么大的一个范围，或是农村环境中几英里那么大的范围。

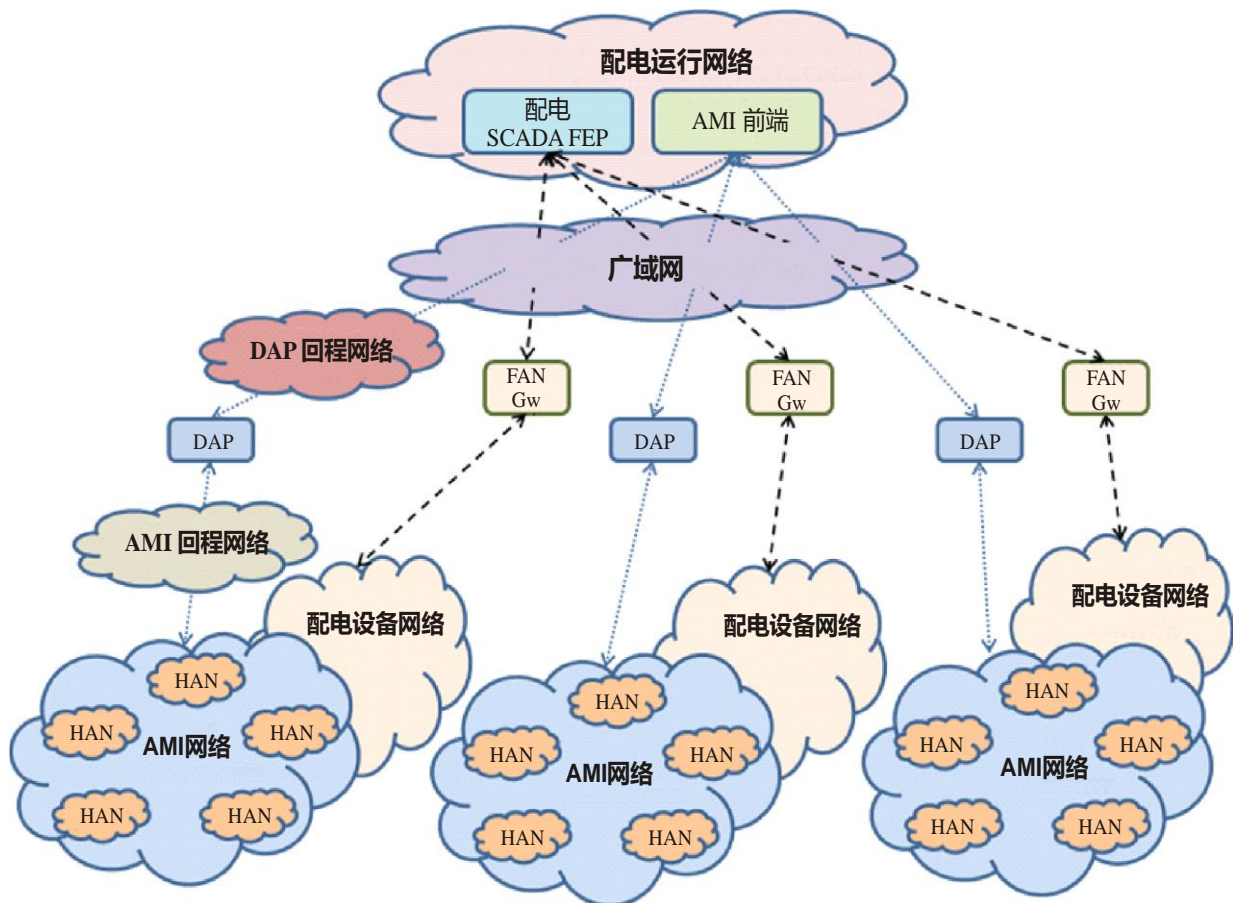
⁴ 报告提供了有关智能电网技术减少网络中断现象的示例。

<http://www.jrc.co.uk/sites/default/files/JRC-EUTC%20Report%20on%20socio-economic%20value%20of%20spectrum-Jan2014-issue1.pdf>

⁵ 定义和图来自：[NISTIR 7761 Rev. 1 \(2014年6月\)](#)。

- 广域网（WAN） – 一种高弹性、高可用性和安全的网络，旨在将数据从DAP和FAN回传至网络控制中心，并将控制命令从网络控制传送至现场设备。WAN也可以直接互连到关键网络要素，如远程保护方案和同步相量器。WAN可以是基于铜缆或光纤的固定链路、微波固定链路，偶尔也可以是卫星。
- 数据聚合点（DAP） – 这一设备是一个逻辑参与方，代表了广域网和邻域网（如集电极、小区中继、基站、接入点等）之间多数AMI网络的转换。
- 高级计量基础设施（AMI） – 一种经过专门设计的网络系统，支持到电表、燃气表和水表的双向连接，或者更具体地说，可用于AMI电表和潜在的公用事业公司的能源服务接口。
- 监督控制和数据采集（SCADA）系统 – 用于日常监测配电网络运行并根据需要进行监督控制的系统。
- 前端处理器（FEP） – 这一设备是DMS/SCADA发出指令的主要通道，并接收部署于配电网络的现场装备发来的信息。

图1
智能电网示例



SM.2351 报告-01

一个特定的无线标准可能会在上图中的多个领域得到应用。此外，可利用有线解决方案在部分应用当中建成一定数量的链路。

关于智能电网通信的无线部分所用频率是否应来自为此目的而划分和保护频段，还是来自免于单独许可的频段，已经表达了各种意见（例如，在英国能源和气候变化部的磋商期间⁶）。请注意，计费 and 收费数据在一些国家被视为个人数据，因此受到隐私数据保护法律的严格保护。

许多无线技术提供强大的安全和隐私功能，以保护智能计量网络中的用户数据以及智能电网应用中的监测和控制信息。例如，IEEE 802标准提供强健的链路级隐私和安全保护，非常适宜保护有线和无线网络（许可和免许可频段）中的个人数据；此外，3GPP技术为全网范围内的授权、认证、隐私和安全提供手段。

6 电力线路和智能电网电信的有线标准

智能电网将借助有线和无线技术提供连接和通信路径，这些路径需要处理围绕公用事业配电网络的巨大数据流量。

6.1 电力线上的智能电网通信

针对智能电网，一个可供考虑的早期备选方案是根据以下简单理由提出的电力线通信/电信（PLC），即供电线路自身保证供电网络各部分之间的泛在连通性，而且必要的信号可通过电力线本身进行端到端的传送。应当注意，在物理电源连接断开的任何系统故障的情况下，该链路在可能需要发送报告的关键时刻变得不可用。

6.2 通过有线网络的智能电网通信

除了电力线电信之外，在有通行权的情况下，传统的有线解决方案（如光纤和铜缆）也常用于广域网，尽管对每个单独的“网络终端”设备上安装专用的固定线路或光纤是非常昂贵的，除非这些连接已经用于其他目的。

这些链路可以直接由公用事业单位部署在输电和配电资产上，埋在公用事业用地的隧道或管道中，或从电信运营商那里租用。

通常要求有线以太网链路遵循适用的地方和国家法规，以限制对非发射系统的电磁干扰。

7 智能电网电信的无线标准

7.1 家域网

根据对能源、数据速率、移动性和安装费用方面的需求，已为HAN部署了多种联网的有线和无线解决方案。最通用的使用有线解决方案的HAN是IEEE 802.3（以太网）；无线解决方案包括IEEE 802.11（WiFi）、IEEE 802.15.4（ZigBee、Thread、Wi-SUN EchoNet HAN）、ITU-T G.9959（Z波），这些标准已得到广泛部署。

无线技术可为所有公用事业公司提供智能电网，在考虑到用电安全和法律规定而不直接进行有线连接时，它可以很容易的直接连接建立在IP上的基础设施，如气表或水表。

⁶ http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/consultations/smart_mtr_imp/smart_mtr_imp.aspx

ITU-T编制了题为“短程窄带数字无线电通信收发信机”的ITU-T G.9959建议书，以便支持适用于智能电网应用的窄带无线局域网功能。在建议书起草之初，ITU-R和ITU-T就这类应用的试用频段进行了一些磋商。目前的问题是在无需进行个人许可证发放的情况下，在受某种形式主管部门监管控制或指定用于ISM抑或指定用于区域或国家一级用途的频段内，确定频率的利弊。人们就安全和可靠性方面的关切进行了大量磋商，原因是智能电网通信可能包含有关免费供解除管制之用途使用的频段的计费和个人数据。

根据国家和区域指定的免许可用途，属于900 MHz左右频段内的一些频率目前被认为适用于ITU-T G.9959建议书规定的用途。根据G.9959建议书工作的收发信机的设计标准之一是它们应根据具体相关区域/国家信道的可用性，支持1、2或3个信道（各信道与一个中心频率相关）。

至于全球频率对于G.9959的选择性和适应性，G.9959的基本要求是要与以实地运行十年以上的Z波⁷技术逆向兼容。在考虑为G.9959的用途指配新的频率时，应考虑到这可能会使根据G.9959生产的未来产品与现有的Z波设备不相兼容，从而妨碍新的G.9959设备使用现有大型互操作性生态系统。

还应当指出，在因为远程、衰减、失真或瞬时干扰而无法进行直接距离传输的情况下，IEEE 802.11和IEEE 802.15.4在HAN应用中得到广泛部署，而基于G.9959和IEEE 802.15.4的系统可能采用跳频和网格路由，从而增加了在非许可频段运行时的系统强健性。

除了ITU-R职责范围内的频谱管理和兼容性考虑外，研究智能电网所用无线设备完整性的论坛还需要审议法律、隐私和安全问题。这些考虑可能对在无线智能电网通信所用的指定频率产生影响，尤其有必要避免收费和计费数据的截取、盗用、损坏或丢失。

本节提到的所有无线标准都包含加密功能，以提供隐私和安全保护。对于不受单独许可的频谱中的操作，干扰的可能性不可避免。总体而言，HAN应用不要求有很高的可靠性。要求很高可靠性和可用性的、使用无线连接的WAN和FAN应用最适宜于在单独许可、须遵守强制性标准或其他形式监管的频谱中运行。

7.2 WAN/NAN/FAN/WASN

WAN/NAN/FAN/WASN通信网络都有经长距离（街道、城市）向运行中心传送数据的需求。这些网络可直接为端点提供服务，也可用作回程网络。选择的解决方案类型取决于多种考虑，其中包括：

- 链路距离，如用于较长距离的较低频段；
- 路权的可用性（用于有线解决方案）；
- 链路容量；
- 非电源供电装置；
- 无线电链路可用性，如高达99.999%；
- 可靠性，如最佳实践或良好实践、弹性操作；
- 备用电源要求，如长达96小时；

⁷ Z波是低功率、低成本的无线技术，可支持具联网特性的消费级产品。这方面的示例包括遥控调光器、联网温度感应器、电子门锁和AV系统。Z波兼容的节点可在ISM波段等无证RF频段运行（http://www.z-wave.com/what_is_z-wave）。

- “可许可”与“免许可”频谱；
- 单独、独立和多样的冗余路由要求；
- 设备寿命和支持的寿命，如长达20年；以及
- 基础设施和站点的安全性。

ITU-R已制定ITU-R M.2002建议书 – 广域传感器和/或执行器网络（WASN）系统的目标、特性和功能要求，以及编写ITU-R M.2224报告 – 广域传感器和/或执行器网络（WASN）系统的系统设计指南。

IEEE 802 LAN/MAN标准委员会制定了用于支持智能电网应用的多项无线标准。

这些解决方案包括：

- 支持点对多点无线连接的无线标准
 - IEEE 802.11
 - IEEE 802.16
 - IEEE 802.20
 - IEEE 802.22
- 支持无线网状网的无线标准
 - IEEE 802.15.4
 - IEEE 802.11

有关这些IEEE标准的更多信息，请参见A1.2。

其他可满足智能电网要求的无线通信技术包括蜂窝技术、声音广播和卫星。应用3GPP的蜂窝网络（如GSM/EDGE、WCDMA/HSPA和LTE）已经从提供通话服务演进到支持广泛的数据应用程序，在服务方面天生就具有安全性和质量保证。3GPP最近发布的机器类型通信（MTC）强化标准也得到采用，包括支持拥塞控制、改善设备电池寿命、超低复杂度设备、增加设备数量，以及第9节中所述的改善室内覆盖度。智能电表可用，利用3GPP技术，提供独立的监测和控制功能。

有关3GPP标准的更多信息，请参见A1.4。

3GPP2有多种适用于电网管理系统的无线标准；请参见A1.5。

此外，数十年来，无声副载波被用于在美国利用FM广播网络的计量收费和英国LF 198 kHz国家联播服务之间进行简单广域交换。

此外，VHF和UHF窄带技术用于监测和控制智能水电气网。这些技术目前主要基于点对多点和移动类配置中的12.5 kHz和25 kHz带宽系统。MPT 1411和MPT 1327等国家标准主要被基于Tetra和DMR等ETSI协调标准的系统所取代。

这些窄带系统根据许多ETSI标准来操作，例如，EN 300 113、EN 302 561、点对点 and 点对多点频谱规划安排。

关键和应急语音通信系统工作于6.25 kHz信道（dPMR）、12.5 kHz信道（DMR）和25 kHz信道（TETRA）。在某些情况下，新的网络投资正在将关键的语音和运营数据集成到同一通信网络中。

卫星固定和移动网络 - 地球同步卫星、中地球轨道卫星和低地球轨道卫星在智能电网网络中为语音和数据起着补充作用，尤其是在偏远地区，它们提供了最具成本效益的解决方案，并且它们独立于基于地面基础设施的业务，提供了增强的弹性和冗余。

8 与实施电网管理系统中使用之有线和无线数据传输技术相关的干扰因素

8.1 IEEE

IEEE 802 LAN/MAN标准委员会开发了多项无线技术，并展示了在不对其他方造成干扰情况下支持电网管理的干扰适应性通信。

IEEE 802系列标准的典型特性有：

- 例如，IEEE 802.11 (Wi-Fi™) 和IEEE 802.15.1 (蓝牙) 表明，它们可在同一频段运行和并存多年。
- 虽然将部署数千个智能电网装置，但其数据速率要求可能较低，很有可能不是在同一时间发射所有装置。因此，它们可有效地共用同一频段。
- 在IEEE 802标准内开发的认知无线电共用技术可以利用一些频谱，同时尽一切可能不伤害到工作于这些频段或相邻频段上的其他主用户。
- 如频谱感知、频谱感测、信道设置管理和共存等IEEE 802标准中嵌入的特性，将确保自身或他方受到最低限度的干扰。

8.2 3GPP

通过采用经许可的频段，蜂窝3GPP技术可以控制干扰。此外，增强型干扰消除等用于多种装置的先进干扰管理技术已经部署到位。

3GPP解决方案通过提供蜂窝电信网络技术，包括无线电接入、核心传输网络和服务能力 - 包括编解码器、安全性、服务质量 - 从而提供完整的系统规范。这些规范还提供了用于核心网络非无线电接入和与Wi-Fi网络互通的连接。

所有3GPP版本的侧重点是：

- 尽可能使系统前向或后向兼容，确保用户设备的运行不中断。
- 开展广泛的共存研究并制定规范，以确保将采用3GPP接入技术的系统的频段共用对性能的影响降至最低。
- 执行全球发射监控要求。
- 提供和维护支持广泛数据速率和容量的接入技术。

此外，3GPP技术还可以利用跳频等分集技术来增强抗干扰能力，并减少对同一频段内其他系统的干扰。这些技术还利用全系统频率规划和小区间干扰协调等规划和协调技术，以确保有效利用频谱。接收机还采用了先进的干扰抑制技术，从而增强抗干扰能力。

8.3 3GPP2

3GPP2开发了许多证明具有干扰适应性通信能力的无线技术，以便在不对其他方造成干扰的情况下支持电网管理。3GPP2 CDMA2000多载波系列标准包括：

- CDMA2000 1x
- CDMA2000高速率分组数据（HRPD/EV-DO）
- 扩展高速率分组数据（xHRPD）。

国际电联将3GPP2 CDMA2000多载波系列标准视为纳入ITU-R M.1457的IMT技术。3GPP2 CDMA2000多载波系列标准提供的典型特性有：

- 一项经验证的具有先进接入控制的技术，可同时以干扰最小的随机接入和业务模式支持大量用户。
- 已为提供广泛地域的连通性进行了全球部署。
- 为每个基站设计了大规模的覆盖区域。
- 具有包括网络、安全、测试和性能方面的全套规范。

8.4 12.5 /25 kHz PMR/PAMR

低数据速率系统可被规划为在许可频谱中非常有效地使用频谱，在12.5 / 25 kHz窄带信道内提供24小时操作，以监测和控制30 km半径内的许多远程站点。

400 MHz频段内的标准窄带系统规划和干扰管理技术使每条无线电链路通常具有99.9%的可用性。通过链路分集可以实现更高的可用性和增强的抗干扰保护。

作为系统规划和干扰管理技术的一个例子，英国电网和气网的核心控制系统仅在12.5 kHz窄带400 MHz频段信道中的48个信道内运行。（注：使用1.4 GHz和微波固定无线电链路通常可以适应更高的数据速率。）

9 广泛部署用于电网管理系统的有线和无线网络对频谱可用性的影响

3GPP蜂窝无线技术和IEEE 802系列标准的目标之一是，当类似技术部署于同一位置和相邻区域内以及同信道频谱内时，频谱可用性不受与此类技术和设备广泛部署相关的干扰。

这一考虑十分重要，因为：

- 在欧洲、澳大利亚和北美等不同国家和地区无线智能电网设备装机量已达数百万，并在共用频谱中运行。这类部署正在不断增长，并计划在这些地域进行更多部署，因为这些设备成功和有效。
 - 联邦通信委员会等监管机构的现有法规已成功允许数百万无线智能电网设备（在家中）、英国通信办公室成功允许数百万无线智能电表设备（在家中）在互不损害的情况下运行。
- 移动消费者无线设备已在全球广泛使用。每台设备每月都可能传送几GB的数据。无线智能电网设备的数据使用量级小于现在移动无线网络的容量。
- 许可的移动无线频谱通常由无线运营商管理，因此，在业务可用的情况下，根据流量的关键特性，可以轻松处理增量流量。
 - 相反，仅使用几MHz窄带频谱监测和控制电网系统的国家可能需要少量额外频谱来满足传输额外数据的需求。

欧洲公用事业电信委员会（EUTC）⁸进行的预测表明， 2×3 MHz的独家许可400 MHz频谱（例如， 120×25 kHz双工信道或 2×1.4 MHz双工LTE信道）应该足够了。

注 – 继续使用400 MHz频段意味着可以复用现有的无线电系统基础设施，包括弹性措施，例如，基站72小时备用电源。

现有频段的继续使用也适用于在欧洲大陆内运行的当前宽带和宽带电网系统。许多国家正在寻求增加使用450-470 MHz频段内的频谱，例如，频段72（与461-466 MHz配对的451-456 MHz）。A3.3中显示了许多欧洲国家在该频段内的频谱使用安排图。

应当注意的是，由于公用事业公司管理和控制其网络所需的关键数据流量相对较小，因此全球大多数公用事业公司预测的总频谱需求为20 MHz或更低，意味着到2020年可能分配给移动业务的频谱在1%左右。此外，公用事业可以充分利用500 MHz以下专业陆地移动业务的现有频谱。

进一步的考虑是：

- IEEE 802无线标准采用多项技术，例如，跳频、网格路由、分段、编码和高突发速率，以及干扰消除和缓解及MIMO，以实现可靠的无线智能电网。
- 此外，通过使用链路分集，无线智能电网网络可以满足增强的弹性需求，例如，短期链路中断，以及使用备用电源系统来应对断电。
- 蜂窝无线3GPP技术采用了高电频调谐和编码、资源块划分、干扰抑制和缓解以及MIMO等多种技术，以便有效地利用划分的频谱。此外，对多点技术的协调提高了强健性。
- IEEE 802标准范围内开发的新认知无线电共用技术可有效使用频谱，同时又不对工作于这些频段的主要业务用户造成损害。
- 当类似技术部署于同一或相邻地区以及同信道频谱中时，频谱感知、频谱礼仪、信道集管理和共存等嵌入IEEE 802标准的特性，有助于确保自身和他方受到最低程度的干扰。
- 蜂窝无线3GPP技术持续演进，在3GPP各版本中已引入与智能电表相关的新特性，见A1.4：
- 无线以太网链接不使用无线频谱，但通常被要求遵守限制非发射系统电磁干扰的现行当地和国家规则。因此，在部署用于支持电网管理系统的无线和有线技术及设备的过程中，无需对与以太网使用相关的无线电通信给予更多干扰方面的考虑。

3GPP系列标准的目的之一是使频谱可用性免受这类技术和装配广泛部署相关的干扰，考虑到：

- 向数百万用户设备提供全球漫游的系统的广泛和全面部署，
- 几乎在全球每个人口密集地区都实现了可靠的蜂窝网络覆盖。

⁸ <http://eutc.org/wp-content/uploads/2016/04/EUTC-Spectrum-Position-Paper.pdf>

10 总结

本报告主要基于电力供应公用事业公司的示例，但对水和气公用事业公司也有直接类似的等效内容。

“智能电网”是一个双向电力输送网络，通过传感器和控制设备连接到信息和控制网络。这支持电力网络的智能和高效优化，包括发电、输电、配电和最终用户网络。

智能电表是一种电子设备，它以一小时（或更短时间）的周期间隔记录电能消耗，并将此信息报告给电力公司，以便进行监控和计费。智能电表支持电表和公用事业公司之间的双向通信。除了自动抄表功能，它还可以接收和处理来自公用事业公司有关能源管理的控制信息，并报告电能质量监测信息。智能电表不为用户提供对其功能的开放式访问，无论其物理安装位置如何（室外设施、建筑物内、家中等）。

智能电网将使电力能源行业能够促进双向流入不是为这种操作模式设计的传统网络。特别是，智能电网将使配电网络能够促进嵌入式发电连接到其网络，其中有许多可再生能源发电供应，并实现新的运营模式，例如，需求管理。包括微电网、孤岛网络、存储和电动车以及高压直流（HVDC）输电在内的新兴概念将能够整合到未来的网络中。

总体目标在于为了提高电力、煤气和自来水供应分配网络的有效性、可靠性和安全性，而对这些互动的智能电网进行监测与控制，同时确保对消费者的持续供应。需要明确区分两种截然不同的活动：

- 关键任务公用事业输电/配电监测和控制系统，这需要非常快速的动态交互性，以及在恶劣环境中、没有电源情况下能够工作许多天的极高的可靠性和安全性，但交互点会少得多，数据量也相对较小；以及
- 消费者信息收集和互动，即消费者层面的信息流“智能电网”，由相对少量的单个智能电表数据组成，但它们由数百万个家庭聚合而成。

附件1

与电网管理系统相关的现行标准示例

A1.1 ETSI标准

ETSI有多种适用于电网管理系统的无线标准。下表A1.1总结了相关ETSI无线标准的技术特性。

作为参考，ETSI TR 103 401 V1.1.1详细介绍了“智能电网和其他适用于公用事业运营的无线电系统及其长期频谱要求”。

表A1.1

ETSI标准的技术特性

标准	信道 (kHz)	数据速率 (kbit/s)	邻近信道 接收机选 择性 (dBm)	同信道抑制 (dB)	性能测试的接 收机灵敏度 (dBm)
EN 301 166	6.25	高达4.8	-50	大于-15	-107
EN 301 166	接收机阻塞电平不得低于90.0 dB μ V (-68 dBm)。				
EN 300 113	12.5	9.6至16	-47	17与0之间	-105
EN 300 113	12.5	>16至38.4	-47	24与0之间	-98
EN 300 113	12.5	大于38.4	-47	29与0之间	-93
EN 300 113	25	9.6至38.4	-37	12与0之间	-105
EN 300 113	25	>38.4至76.8	-37	19至0之间	-98
EN 300 113	25	大于76.8	-37	24至0之间	-93
EN 300 113	对所有信道宽度，接收机阻塞水平不得低于-23 dBm。				
EN 302 561	25	38.5至76.8	-63	-19	-104
EN 302 561	25	大于76.8	-63	-24	-99
EN 302 561	50	76.9至153.6	-66	-19	-101
EN 302 561	50	大于153.6	-66	-24	-95
EN 302 561	100	153.7至307.2	-67	-19	-98
EN 302 561	100	大于307.2	-67	-24	-93
EN 302 561	150	230.5至460.8	-67	-19	-97
EN 302 561	150	大于460.8	-67	-24	-91
EN 302 561	对所有信道宽度，接收机阻塞水平不得低于-27 dBm。				

A1.2 IEEE标准

IEEE 802具有适用于电网管理系统最初一英里应用的多项无线标准。相关IEEE 802无线标准的技术和操作特性的总结见下表。对与IEEE Std 802.11相关的技术参数，请见ITU-R M.1450建议书表中的表2-1。

表A1.2

IEEE 802.15.4标准的技术和操作特性

项目	数值
支持的频段，许可或非许可（MHz）	非许可：169、450-510、779-787、863-870、902-928、950-958、2 400-2 483.5 许可：220、400-1000、1427
标称操作范围	OFDM – 2 km MR-FSK – 5 km DSSS – 0.1 km
移动功能（游牧/移动）	游牧和移动
峰值数据速率（如不同可分为上行链路/下行链路）	OFDM – 860 kb/s MR-FSK – 400 kb/s DSSS – 250 kb/s
双工方法（FDD、TDD等）	TDD
标称RF带宽	OFDM –200 kHz至1.2 MHz范围 MR-FSK –12 kHz至400 kHz范围 DSSS – 5 MHz
分集技术	空间与时间
MIMO支持（有/无）	无
波束控制/成形	无
转发	ARQ
前向纠错	卷积码
干扰管理	对话前监听、频道选择、跳频扩频、频率捷变
功率管理	有
连接拓扑	点到点、多跳、星状
媒体介入方法	CSMA/CA
多接入方法	CSMA/TDMA/FDMA（在跳频系统中）
发现和关联方法	无缘和有缘扫描
服务质量方法	通过数据标记和流量优先级
位置意识	有
测距	有
加密	AES-128
认证/重放保护	有
密钥交换	有
流氓节点检测	有
唯一设备识别	64位唯一标识符

表A1.3

IEEE 802.16标准的特性

项目	数值
支持的频段（许可或非许可）	200 MHz和6 GHz之间许可频段
标称操作范围	在典型PMP环境中为5 km距离进行优化，作用距离达100 km
移动功能（游牧/移动）	游牧和移动
峰值数据速率（如不同可分为上行链路/下行链路）	802.16-2012: 34.6UL/60DL Mbit/s配有1 Tx BS天线（10 MHz BW）。69.2 UL / 120DL Mbit/s配有2 Tx BS天线（10 MHz BW） 802.16.1-2012: 66.7UL / 120DL Mbit/s配有2 Tx BS天线（10 MHz BW），137UL / 240DL Mbit/s配有4 Tx BS天线（10 MHz BW）
双工方法（FDD、TDD等）	均获得TDD和FDD定义，TDD最为通用，自适应TDD适用于非对称业务
标称RF带宽	可选：1.25 MHz至10 MHz
分集技术	空间与时间
MIMO支持（有/无）	有
波束控制/成形	有
转发	有（ARQ和混合ARQ（HARQ））
前向纠错	有（卷积码）
干扰管理	有（分数频率再利用）
功率管理	有
连接拓扑	点到多点、点到点、多跳中继
媒体接入方法	面向QoS连接之前的协调竞争是通过使用五种服务原则提供的支持。
多接入方法	OFDMA
发现和关联方法	通过CID/SFID的自主发现和关联
服务质量方法	QoS差异化（5级支撑）和面向QoS支持的连接
位置意识	有
测距	可选
加密	AES128 – CCM和CTR
认证/重放保护	有
密钥交换	PKMv2（第7.2.2节）
流氓节点检测	有，用于控制信息完整性保护的基于加密的信息认证码（CMAC）/散列信息认证码（HMAC）密钥推导。此外，用于MPDU完整性保护的AES-CCM的ICV。
唯一设备识别	MAC地址、X.509证书、可选SIM卡

表A1.4

IEEE 802.20标准625k-MC模式的技术和操作特性

项目	数值
支持的频段（许可或非许可）	3.5 GHz以下许可频段
标称操作范围	12.7 km（最大）
移动功能（游牧/移动）	移动
峰值数据速率（如不同可分为上行链路/下行链路）	625 kHz载波带宽的峰值下行链路用户数据速率1 493 Mbit/s和峰值上行链路用户数据速率571 kbit/s。
双工方法（FDD、TDD等）	TDD
标称RF带宽	2.5MHz（可容纳四个625 kHz间隔载流子）、5 MHz（可容纳八个625 kHz间隔载流子）
调制/编码速率—上游和下游	自适应调制和编码、BPSK、QPSK、8-PSK、12-PSK、16QAM、24QAM、32QAM和64QAM
分集技术	空间分集
MIMO支持（有/无）	有
波束控制/成形	空间信道选择性与自适应天线阵列处理
转发	快速ARQ
前向纠错	块和卷积编码/维特比解码
干扰管理	自适应天线信号处理
功率管理	自适应功率控制（开环与闭环）方案。功率控制将提高网络容量并减少上行和下行链路的功耗。
连接拓扑	点到多点
媒体接入方法	随机接入、TDMA-TDD
多接入方法	FDMA-TDMA-SDMA
发现和关联方法	由BS-UT相互认证实现
服务质量方法	625k-MC模式定义了三个实行IETF Diffserv模式的QoS级别：快速转发（EF）、保证转发（AF）和尽力而为（BE）。基于DiffServ码点每跳行为（DSCP）。
位置意识	有
测距	有
加密	流加密RC4和AES
认证/重放保护	基于根据采用Rivest、Shamir和Adleman（RSA）算法的ISO/IEC 9796标准签署的数字证书的BS认证和UT认证
密钥交换	椭圆曲线密码学（在FIPS-186-2标准中采用曲线K-163和K-233）
流氓节点检测	防范恶意节点
唯一设备识别	有

表A1.5

IEEE 802.22标准的技术和操作特性

项目	数值
支持的频段（许可或非许可）	54-862 MHz
标称操作范围	在典型PMP的点-to-多点（PMP）环境中为30 km距离进行优化，作用距离达100 km
移动性能力（游牧/移动）	游牧和移动
移动功能（游牧/移动）	22-29 Mb/s，超过具有MIMO的40 Mb/s
峰值数据速率（如不同可分为上行链路/下行链路）	TDD
双工方法（FDD、TDD等）	6、7或8 MHz
标RF带宽	空间、时间、块码、空间复用
分集技术	有
MIMO支持（有/无）	有
波束控制/成形	ARQ、HARQ
转发	卷积码、Turbo和LDPC
前向纠错	有
功率管理	有，低功率状态类型
连接拓扑	点到多点
媒体接入方法	TDMA/TDD OFDMA，根据MAC预订
多接入方法	OFDMA
发现和关联方法	有，通过MAC ID、CID和SFID设备
服务质量方法	QoS差异化（5级支撑）和面向QoS支持的连接
位置意识	地理定位
测距	有
加密	AES128 - CCM、ECC和TLS
认证/重放保护	AES128 - CCM、ECC、EAP和TLS，通过加密、认证以及分组标记提供回放保护
密钥交换	有，PKMv2
流氓节点检测	有
唯一设备识别	48位唯一设备标识符，X.509证书

根据不同距离上的多种光纤和专用独立铜介质以及1 Mb/s至100 Gb/s的选定运行速率，确定了IEEE Std 802.3以太网的局域网运行标准。

- IEEE 802.3 EPON
- 最初一英里的IEEE 802.3以太网

A1.3 ITU-T标准

制定ITU-T G.990x (G.9901、G.9902、G.9903、G.9904) 系列NB-PLC建议书旨在为智能电网连接和通信提供支持。表A1.6列出了与智能电网通信有关的ITU-T建议书。

表A1.6
与智能电网通信有关的ITU-T建议书

建议书号/技术论文	标题
G.9901	窄带OFDM电力线通信收发信机 – 功率谱密度规范
G.9902	用于ITU-T G.hnem网络的窄带OFDM电力线通信收发信机
G.9903	用于G3-PLC网络的窄带OFDM电力线通信收发信机
G.9904	用于主网络的窄带OFDM电力线通信收发信机
G.9905	基于集中式度量的源路由
G.9958	用于能源管理的家庭网络的通用架构
G.9959	短程窄带数字无线电通信收发信机 – PHY和MAC层规范
ITU-T技术论文	ITU-T G.9960、ITU-T G.9961收发信机在智能电网中的应用：高级计量基础设施、家庭和电动车的能源管理
ITU-T技术论文 GSTP-HNSG	GSTP-HNSG – 关于智能电网使用G.hn技术的技术论文

下表总结了ITU-T中规定的两种经过现场验证的NB-PLC技术的技术和操作特点。

表A1.7
ITU-T G.9903和G.9904建议书的技术和操作特性

项目	G.9903数值	G.9904数值
支持的频段	35-488 kHz	42-89 kHz
峰值数据速率	42 kbit/s	128 kbit/s
多接入方法	OFDM	OFDM
前向纠错	Reed Solomon、卷积码、扰码、交织、重复码	卷积码、扰码、交织
网络拓扑	网格	树状
转发	ARQ	ARQ
媒体接入方法	CSMA和优先权	CSMA和无竞争或优先

表A1.7 (完)

项目	G.9903数值	G.9904数值
发现和关联方法	6loWPAN和基于EAP-PSK	具体网络注册程序
服务质量方法	具有两个优先权的QoS差异化	具有4个优先权的QoS差异化
加密	AES128 – CCM	AES128 – GCM
认证/重放保护	认证和反回放机制	认证和反回放机制
密钥交换	有	有
唯一设备识别	64位唯一标识符设备	64位唯一标识符设备

A1.4 3GPP标准

3GPP有多种无线标准，适用于电网管理系统第一英里内的应用。最近发布的3GPP标准已应用于增强机器型通信（MTC），例如：

版本10：

- 介绍了建立延迟容忍访问的原因，指示低访问优先次序，从而通过宽松的延迟要求对MTC设备进行系统控制。这在过载的情况下尤其有用。（GSM/EDGE、UMTS、HSPA+、LTE）
- 拓展访问限制和隐式拒绝，从而支持限制配置有低访问优先级的延迟容忍设备。（GSM/EDGE）

版本11：

- 拓展访问限制（UMTS、HSPA+、LTE）

版本12：

- 对于低频数据传输的设备，UE省电模式可将电池寿命延长到数年。（GSM/EDGE、UMTS、HSPA+、LTE）
- 低复杂性的UE类别可降低设备成本，并灵活使用广泛的MTC应用（LTE）。

版本13和14：

- 扩展DRX支持长电池寿命，同时在网络控制下保持移动端可达性（GSM/EDGE、UMTS、HSPA+、LTE）
- GSM物联网拓展覆盖度（EC-GSM-IoT）（GSM/EDGE）、为MTC增强LTE物理层（eMTC）（LTE）、窄带物联网（NB-IoT）支持低设备复杂度、164 dB耦合损耗、电池10年寿命、10秒延迟，以及具有至少为每平方千米60 000个设备的系统容量。

版本15：

- eMTC和NB-IoT增强功能，用于改善系统容量、用户延迟、数据速率和能效。还规定了NB-IoT TDD操作。

有关3GPP无线标准（直到并包括版本15）的技术和操作特性（包括上述MTC增强功能）的摘要载于下表。

表A1.8

3GPP技术的技术和操作特性

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
可靠建设相关设备链路的能力	时间%	取决于部署 (典型> 99%)	取决于部署 (典型> 99%)	取决于部署 (典型> 99%)	取决于部署 (典型> 99%)	取决于部署 (典型> 99%)	取决于部署 (典型> 99%)	取决于部署 (典型> 99%)
维护相关连接的能力	每1000个会话的故障率	取决于部署 (典型< 1%)	取决于部署 (典型< 1%)	取决于部署 (典型< 1%)	取决于部署 (典型< 1%)	取决于部署 (典型< 1%)	取决于部署 (典型< 1%)	取决于部署 (典型< 1%)
语音		有	支持语音消息	有	有	有	有(覆盖度可能降低)	支持语音消息

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
数据	最大可持续用户数据速率每用户的单位为 Gbit/s/Mbit/s / kbit/s	GPRS: 172 kbit/s UL/DL EGPRS: 491kbit/s UL/DL EGPRS2-A: 811kbit/s DL 638 kbit/s UL	98 kbit/s UL/DL (考虑到协议限制。)	1.92 Mbit/s DL 0.96 Mbit/s UL (假设只有数据连接)	294 Mbit/s DL 58.65 Mbit/s UL (假设在空中数据速率方面, 整体吞吐量比峰值减少15%)	DL: 根据UE类别, 范围区间在0.85 Mbit/s和21.2 Gbit/s之间。 UL: 根据UE类别, 范围区间在0.85 Mbit/s和11.6 Gbit/s之间。 (假设在空中数据速率方面, 整体吞吐量比峰值减少15%)	类别M1: FD-FDD: 800 kbit/s – 1 Mbps DL 1 Mbit/s – 2.98 Mbit/s UL HD-FDD: 300 kbit/s – 588 kbit/s DL 375 kbit/s – 1119 kbit/s UL (考虑到协议限制。) 类别M2: FD-FDD: 4 Mbit/s DL 7 Mbit/s UL HD-FDD: 1.2 Mbit/s – 2.35 Mbit/s DL 2.6 Mbit/s UL (考虑到协议限制。)	类别NB1: 21.3 kbit/s DL 62.5 kbit/s UL (考虑到协议限制。) 有2个HARQ进程的类别NB2: 126.8 kbit/s DL 158.5 kbit/s UL (考虑到协议限制。)
视频		有	无	有	有	有	有(覆盖度可能降低)	无

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
地理覆盖区域	km ²	有正常定时超前的35 km半径； 有扩展定时超前的120 km半径	有正常定时超前的35 km半径	扩展范围小区的120 km半径	扩展范围小区的120 km半径	100 km半径	100 km半径	4120 km半径
链路预算	dB	EGPRS(Veh A50): 146.36/133.39 dB GPRS/EGPRS/EGPRS2-A: 144 dB	164 dB (假设 33 dBm MS 功率等级。进一步假设见3GPP TR 45.820)	高达147 dB	高达147 dB	高达143 dB DL; 高达133 dB UL	155.7 dB (假设 20 dBm UE功率等级。进一步假设见3GPP TR 36.888)	164 dB (假设 23 dBm UE 功率等级。进一步假设见3GPP TR 45.820)
最大相对运动速率	km/s	350 km/h	~100 km/h (不支持切换)	350 km/h	350 km/h	350 km/h	~100 km/h	~100 km/h (不支持切换)
最大多普勒效应	Hz	1 000个, 具有信道跟踪均衡器		648	648	648	70	

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
空中上行链路数据速率峰值	瞬时峰值数据速率, 单位为 Gbit/s / Mbit/s / kbit/s	GPRS: 172 kbit/s EGPRS: 491 kbit/s EGPRS2-A: 638 kbit/s (根据每个无线帧的信息位, 见3GPP TS 45.003)	491 kbit/s (根据每个无线帧的信息位, 见3GPP TS 45.003)	1.024 Mbit/s UL (假设同时进行语音(64 kbit/s)和数据(0.96 Mbit/s)连接)	69 Mbit/s UL (假设有两个载波、64 QAM和2个MIMO层)	根据UE类别, 范围在1 Mbit/s和13.6 Gbit/s之间。 (见3GPP TS 36.306以参考类别中的UE类别)	类别M1: FD-FDD: 1 – 2.98 Mbit/s HD-FDD: 1 – 2.98 Mbit/s 类别M2: FD-FDD: 6.97 Mbit/s HD-FDD: 6.97 Mbit/s (对UE类别, 见3GPP TS 36.306)	类别NB1: 250 kbit/s 类别NB2: 258 kbit/s (对UE类别, 见3GPP TS 36.306)

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
空中下行链路数据速率峰值	瞬时峰值数据速率, 单位为 Gbit/s/ Mbit/s/ kbit/s	GPRS: 172 kbit/s EGPRS: 491 kbit/s EGPRS2-A: 811 kbit/s (根据每个无线帧信息位的数量, 见 3GPP TS 45.003)	491 kbit/s (根据每个无线帧信息位的数量, 见 3GPP TS 45.003)	2.048 Mbit/s DL (假设同时进行语音 (128 kbit/s) 和数据 (1.92 Mbit/s) 连接)	346 Mbit/s DL (假设有 15 HS-PDSCH 代码、4 个载波、64QAM 和 4 个 MIMO 层)	根据 UE 类别, 范围在 1 Mbit/s 和 25 Gbit/s 之间 (见 3GPP TS 36.306 参考 UE 类别。)	类别 M1: FD-FDD: 1 Mbit/s HD-FDD: 1 Mbit/s 类别 M2: FD-FDD: 4.01 Mbit/s HD-FDD: 4.01 Mbit/s (对 UE 类别, 见 3GPP TS 36.306)	类别 NB1: LTE 波段内操作: 170 kbit/s 独立操作: 226.7 kbit/s 类别 NB2: LTE 波段内操作: 174.4 kbit/s 独立操作: 258 kbit/s (对 UE 类别, 见 3GPP TS 36.306)

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
峰值吞吐量上行链路数据速率	最大可持续用户数据速率, 单位为Gbit/s / Mbit/s / kbit/s	见数据行	见数据行	见数据行	见数据行	见数据行	见数据行	见数据行
峰值吞吐量下行链路数据速率	最大可持续用户数据速率, 单位为Gbit/s / Mbit/s / kbit/s	见数据行	见数据行	见数据行	见数据行	见数据行	见数据行	见数据行
在非许可频段运行的公共无线电标准	GHz L/UL	可操作, 但目前未确定	可操作, 但目前未确定	可操作, 但目前未确定	可操作, 但目前未确定	有(证书辅助访问)	可操作, 但目前未确定	可操作, 但目前未确定
在许可频段运行的公共无线电标准	GHz L/UL	按照3GPP 45.005的多频段	按照3GPP 45.005的多频段	按照3GPP 25.101的多频段	按照3GPP 25.101的多频段	按照3GPP 36.101和36.104的多频段	按照3GPP 36.101和36.104的多频段	按照3GPP 36.101和36.104的多频段
在许可频段运行的私人无线电标准	GHz L/UL	可操作, 但目前未确定	可操作, 但目前未确定	可操作, 但目前未确定	可操作, 但目前未确定	有, 包括按讲和直接设备到设备技术	可操作, 但目前未确定	可操作, 但目前未确定
双工方法	TDD/FDD	半双工FDD	半双工FDD	FDD和TDD	FDD和TDD	FDD和TDD, 包括全功和半双功FDD	FDD和TDD, 包括全功和半双功FDD	半双工FDD、TDD

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
载波带宽	kHz	200 kHz	200 kHz	用于FDD的 5 MHz	用于FDD的 5 MHz	1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz, 高达640MHz的聚合 带宽使用载波 聚合	1.4 MHz, 5 MHz	180 kHz
信道间隔	kHz	200 kHz	200 kHz	用于FDD的 5 MHz	用于FDD的 5 MHz	标称信道间隔 = $(BWChannel(1) +$ $BWChannel(2))/2$, 其中, BWChannel(1)和 BWChannel(2) 分 别为两个载波的 信道带宽	标称信道间隔 = $(BWChannel(1) +$ $BWChannel(2))/2$, 其中, BWChannel(1)和 BWChannel(2)为 信道带宽	LTE 波段内 操作: 180 kHz 独立操作: 200 kHz
操作频段中非重叠信道数量		见3GPP 45.005	见3GPP 45.005	见3GPP 25.101	见3GPP 25.101	见3GPP 36.101和 36.104		见3GPP 36.101和 36.104

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
峰值频谱效率	bits/s/Hz	GPRS: 0.86 bit/s/Hz EGPRS: 2.46 bit/s/Hz EGPRS2-A: 4.05 bit/s/Hz DL 3.19 bit/s/Hz UL	2.46 bit/s/Hz	0.2048 bit/s/Hz UL; 0.4096 bit/s/Hz DL	2.2 bit/s/Hz UL; 5.6 bit/s/Hz DL	15 bit/s/Hz UL; 40 bit/s/Hz DL	类别M1: LTE 波段内操作: 1.56-2.77 bit/s/Hz UL 1.56 bit/s/Hz DL 独立操作: 1.56-2.77 bit/s/Hz UL 1.56 bit/s/Hz DL	类别NB1: LTE 波段内操作: 1.39 bit/s/Hz UL 0.94 bit/s/Hz DL 独立操作: 1.25 bit/s/Hz UL 1.13 bit/s/Hz DL 类别NB2: LTE 波段内操作: 1.43 bit/s/Hz UL 0.97 bit/s/Hz DL 独立操作: 1.29 bit/s/Hz UL 1.29 bit/s/Hz DL
平均电池频谱效率	bits/s/Hz/cell	1.1760 Mbit/s/MHz/cell (Veh A50) (EGPRS)	取决于部署场景	0.67 DL (有分集); 0.47 UL (路人A)	取决于部署场景, 示范数值范围1.1-1.6 DL; 0.7-2.3 UL	取决于部署场景, Rel-8的示范数值为1.8-3.2 DL; 0.7-1.05 UL	取决于部署场景	取决于部署场景

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
帧时长	Ms	120/26 ms TDMA帧 GPRS: 20 ms TTI EGPRS/EGPR S2-A: 10, 20 ms TTI	20-80 ms TTI	10 ms (2 ms TTI)	10 ms (2 ms TTI)	10 ms (1 ms TTI)	10 ms (1 ms TTI)	10 ms (1 ms 最小TTI)
最大包尺寸	字节	RLC接口处 1560字节	RLC接口处 1560字节	没有用于FDD 的固定规模 (取决于调制 电频和信道化 编码数量); TDD (3.84 Mbit/s) = 12750 字节 (见 3GPP 25.321)	每个DL流 42192比特: UL为22996比 特	DL/UL的8188 字节	DL/UL的8188 字节	DL/UL的1600 字节
分段支持	有/无	有	有	有	有	有	有	有
分集技术	天线、极化、 空间、时间	有	有	有	有	有	有	有
波束控制	有/无	无	无	无	有	有	有	无
重传	ARQ/HARQ/-	有, 如 ARQ、HARQ -增量冗余	有, 如ARQ、 HARQ-增量冗 余	有, 如 ARQ/HARQ	有, 如 ARQ/HARQ	有, 如 ARQ/HARQ	有, 如 ARQ/HARQ	有, 如 ARQ/HARQ

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
接收信号强度指示 (RSSI)		有；在 -110 dBm + 时标和 -48 dBm + 时标之间的64级	EC-GSM-IoT报告在 -122 dBm和 -48 dBm之间的75电平内接收有用信号	有；在 -100 dBm和 -25 dBm之间的77电平	有；在 -100 dBm和 -25 dBm之间的77电平	LTE报告了LTE相邻单元的参考信号接收功率 (RSRP) 和HSPA和边缘相邻单元的RSSI (77电平 -100 dBm到-25 dBm之间的电平)。见3GPP TS 36.133。	LTE报告LTE相邻单元的参考信号接收功率 (RSRP)。见3GPP TS 36.133。	NB-IoT基于窄带参考信号测量窄带参考信号接收功率 (NRSRP)、窄带次同步信号，或者传输窄带屋里广播信道。见3GPP TS 36.214。
丢失的包		取决于操作点，但HARQ后的剩余BLER通常为1%	取决于操作点，但HARQ后的剩余BLER通常为1%	剩余BLER = HARQ后1%	取决于操作点，但HARQ后的剩余BLER通常为1%	取决于操作点，但HARQ后的剩余BLER通常为1%	取决于操作点，但HARQ后的剩余BLER通常为1%	取决于操作点，但HARQ后的剩余BLER通常为1%

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
降低能耗机制		有, 如DTX、DRX、拓展DRX、省电模式及电源控制	有, 如拓展DRX和省电模式	有, 如DTX、DRX、拓展DRX和省电模式	有, 如DTX、DRX、拓展DRX和省电模式	有, 如DTX、DRX、拓展DRX和省电模式	有, 如拓展DRX、省电模式、唤醒信号、早期数据传输、再同步信号和早期终止PUSCH传输	有, 如拓展DRX、省电模式和早期数据传输
低功率状态支持		有, 如拓展DRX和省电模式	有, 如拓展DRX和省电模式	有	有, 如所有状态下较长的DTX/DRX	有, 如拓展DRX和省电模式	有, 如拓展DRX、省电模式, 并支持基于唤醒接收机的UE架构	有, 如拓展DRX、省电模式, 并支持基于唤醒接收机的UE架构
点到点		有	有	有	有	有	有	有
点到多点		有	无	有	有	有	有	有
广播		有	无	有	有	有	ETWS, CMAS, SIB16 时间信息	SIB16时间信息
切换		有	无	有	有	有	有	无

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
<ul style="list-style-type: none"> - 同信道干扰 - 相邻信道干扰 - 相间信道干扰 - 防撞 - 保护机制 - 对其他干扰无线电技术的灵敏度 - 对其他无线电技术的干扰度 - 对电力线RF发射的灵敏度 		遵循3GPP规范和实施进行管理	遵循3GPP规范和实施进行管理	遵循3GPP规范和实施进行管理	遵循3GPP规范和实施进行管理	遵循3GPP规范和实施进行管理	遵循3GPP规范和实施进行管理	遵循3GPP规范和实施进行管理
MAC地址				有	有	有	有	有

表A1.8 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
SIM卡		有	有	有	有	有	有	有
其他身份		IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI
恶意检测		有	有	有	有	有	有	有
基本标准, SDO	SDO名称	ATIS (3GPP 机构合作 伙伴)	ATIS (3GPP 机构合作 伙伴)	ATIS (3GPP 机构合作 伙伴)	ATIS (3GPP 机构合作 伙伴)	ATIS (3GPP 机构合作 伙伴)	ATIS (3GPP 机构合作 伙伴)	ATIS (3GPP 机构合作 伙伴)
测试和应用机构	协会/论坛 名称							
温度范围		根据3GPP 45.005	根据3GPP 45.005	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104
RF噪声源 – 其他无线电		根据3GPP 45.005和 45.050	根据3GPP 45.005和 45.050	根据3GPP 25.942	根据3GPP 25.942	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104
RF噪声源 – 其他电器设备		根据3GPP 45.005和 45.050	根据3GPP 45.005和 45.050	根据3GPP 25.943	根据3GPP 25.943	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104
接收机灵敏度	dBm	根据3GPP 45.005	根据3GPP 45.005	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104
发射机功率峰值	dBm	根据3GPP 45.005	根据3GPP 45.005	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 36.101和36.104	14 dBm的最低 UE功率类别 根据3GPP 36.101和36.104	14 dBm的最低 UE功率类别 根据3GPP 36.101和36.104

表A1.8 (完)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
发射机功率步近	dB	根据3GPP 45.005	根据3GPP 45.005	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104
天线增益	dBi	根据3GPP 45.005	根据3GPP 45.005	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104
本底噪声	dBm	根据3GPP 45.050	根据3GPP 45.005	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 25.101和 25.102	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104	根据3GPP 36.101和36.104
调制	GFSK、 OFDM、 BPSK、 GMSK	在EGPRS2-A中 增加GMSK、 8-PSK 16QAM/ 32QAM	GMSK, 8PSK	BPSK/QPSK	QPSK, 16QAM/ 64QAM	QPSK, 16QAM/64QAM /256QAM	QPSK, 16QAM	pi/2-BPSK, pi/4QPSK, QPSK
前向错误编码		收缩卷积码	收缩卷积码	卷积码和 Turbo	卷积码和 Turbo	Turbo; BCH上 的截尾卷积码	Turbo; BCH上 的截尾卷积码	UL中的Turbo; DL中的截尾卷 积码

A1.5 3GPP2标准

3GPP2拥有多种适用于电网管理系统的无线标准。

3GPP2 CDMA多载波系列技术也可用于电网管理应用。适用的频段在有关CDMA2000扩频系统的3GPP2 C.S0057-E v1.0频段类别规范中定义。

对相关3GPP2无线标准技术和操作特性的总结见下面表A1.9。

表A1.9

3GPP2 CDMA2000多载波系列标准的技术和操作特性

项目	数值		
	CDMA2000 1x	CDMA2000高速率分组数据 (HRPD/EV-DO)	扩展高速率分组数据 (xHRPD)
支持的频段 (许可或非许可)	可使用经许可的多频段 (见3GPP2 C.S0057-E)	可使用经许可的多频段 (见3GPP2 C.S0057-E)	可使用经许可的多频段 (见3GPP2 C.S0057-E)
标称操作范围	160 dB路径损耗 (对于城市部署, 根据3GPP2 C.R.1002-B评估方法, 2 GHz典型最大范围为5.7 km。对于特殊部署, 采用最佳参数设置, 其范围可高达144 km。)	160 dB路径损耗 (对于城市部署, 根据3GPP2 C.R.1002-B评估方法, 2 GHz典型最大范围为5.7 km。对于特殊部署, 采用最佳参数设置, 其范围可高达144 km。)	北美属于对地静止卫星部署案例; 地面部署11.4 km; 2 GHz
移动性能力 (游牧/移动)	游牧/移动	游牧/移动	游牧/移动
峰值数据速率 (如不同的话, 上行链路/下行链路)	下行链路为3.1 Mbit/s (1.23 MHz载波) 上行链路路 1.8 Mbit/s (1.23 MHz载波)	每1.23 MHz载波4.9 Mbit/s, 下行链路可多达16个载波; 每1.23 MHz载波1.84 Mbit/s, 上行链路可多达16个载波;	下行链路每1.23 MHz载波3.072 Mbit/s; 每12.8 kHz信道 0.0384 Mbit/s, 在上行链路的1.23 MHz支持多达96个12.8 kHz信道
双工方法 (FDD、TDD等)	FDD	FDD	FDD
标称的RF带宽	1.25 MHz	1.25至20 MHz (1至16个载波)	1.25 MHz
分集技术	天线、极化、空间、时间	天线、极化、空间、时间	天线、极化、空间、时间
支持MIMO (是/否)	是	是	否
波束控制/成形	有	无	无

表A1.9 (续)

项目	数值		
	CDMA2000 1x	CDMA2000高速率 分组数据 (HRPD/EV-DO)	扩展高速率分组数据 (xHRPD)
重发	HARQ	HARQ	HARQ
前向纠错	卷积码和Turbo	卷积码和Turbo	卷积码和Turbo
干扰管理	有, 接收机干扰抑制、 功率控制等多种技术	有, 接收机干扰抑制、 功率控制等多种技术	有, 接收机干扰抑制、 功率控制等多种技术
功率管理	有, 多种低功率状态	有, 多种低功率状态	有, 多种低功率状态
连接拓扑	点到多点	点到多点	点到多点
媒体接入方法	CDMA	CDMA (RL)/TDMA (FL)	FDMA (RL)/TDMA (FL)
发现和关联方法	有, 移动电话不断搜索 最强基站, 向一组基站 注册, 并在发射/接收数 据时与最强基站连接。 移动电话在注册时可能 收到MAC ID。	有, 移动电话不断搜索 最强基站, 向一组基站 注册, 并在发射/接收数 据时与最强基站连接。 移动电话在注册时可能 收到MAC ID。	有, 移动电话不断搜索 最强基站, 向一组基站 注册, 并在发射/接收数 据时与最强基站连接。 移动电话在注册时可能 收到MAC ID。
服务质量方法	有, 3GPP2定义的优先	有, 3GPP2定义的优先	有, 3GPP2定义的优先
定位意识	有, GNSS和AFLT	有, GNSS和AFLT	无
测距	有, 根据来回程延迟测 量	有, 根据来回程延迟测 量	未定
加密	蜂窝消息加密算法 (CMEA); AES	AES	AES
认证/回放保护	有; CAVE & AKA	有; CHAP & AKA	有; CHAP & AKA
密钥交换	用于AKA的CAVE、 SHA-1 & SHA-2	SHA-1、SHA-2 & MILENAGE	SHA-1、SHA-2 & MILENAGE

表A1.9（完）

项目	数值		
	CDMA2000 1x	CDMA2000高速率 分组数据 (HRPD/EV-DO)	扩展高速率分组数据 (xHRPD)
流氓节点检测	有，可认证基站	有，可认证基站	有，可认证基站
唯一设备识别	采用60 bits MEID和 SimCard（可选）	采用60 bits MEID和 SimCard（可选）	采用60 bits MEID和 SimCard（可选）

附件2

北美的智能电网

A2.1 引言

在美国和加拿大，政府机构已经认识到智能电网实时、高容量的性能将使公用事业和最终用户能够充分利用可再生资源，特别是分布式可再生资源，从而获得经济和环境效益⁹。同时，这些功能有望释放动态速率结构的潜在优势，并要求获得能够实时与数千设备进行互动的响应应用¹⁰。

⁹ 2008年底，加利福尼亚空气资源委员会（CARB）表示，“一个‘智能’和交互式的电网和通信基础设施将允许能源和数据的双向流动，这是分布式可再生能源、插电式混合动力或电动汽车以及终端使用效率设备广泛使用所必需的。”智能电网可满足临近消费点对分布式发电资源与日俱增的需要，从而降低整体电力系统损耗和相应的温室气体排放。这种系统能够使分布式发电成为主流……支持将插入式电气车辆用作能源存储装置……[以及]使电网运营商能够更灵活地应对发电方面出现的浮动，通过整合风等间歇性资源，这可帮助缓解目前的困难。”加利福尼亚空气资源委员会界定规划，附录卷I，C-96、97、CARB（2008年12月）。

¹⁰ 见如“建设未来的电力系统 – 安大略省智能电网论坛报告，安大略省智能电网论坛”（2009年2月），该报告告诫说，“有关能源保护、可再生和智能电表的举措开启了向新电力系统的过渡，但没有能够实现智能电网的先进技术，就不可能充分发挥系统的潜力。”

A2.2 智能电网部署的依据

美国和加拿大当局已将综合通信网络视为智能电网的组成部分。例如，美国能源部发起的现代电网举措指出，“综合通信的落实工作是（智能电网）的根本需要，也是其它关键技术的必须，同时又是现代电网的关键……”¹¹

能源部还指出，“[h]高速、充分整合的双向通信技术将支持急需的实时信息和电力交换”¹²。

国家机构¹³和其他行业利益攸关方也同样重视先进通信的功能。例如，安大略省智能电网论坛最近指出，“通信技术是智能电网的核心。[这项技术]将电表、传感器、电压控制器、移动网络单元和一系列其他电网设备生成的数据传送至计算机系统，以及其他将这一数据转换为可采取行动的信息所需的其他设备”¹⁴。

¹¹ 见B1-2和B1-11现代网格的系统视图，综合通信，由国家能源技术实验室为美国能源部电力供应和能源可靠性办公室进行（2007年2月）。这样的综合通信将“将组件连接到开放的架构中，以实现实时信息和控制，允许电网各部分同时进行‘交谈’和‘聆听’”。《智能电网：介绍》，载于《美国能源部》2008年第29期。

¹² 同上。

¹³ “利用附加的双向通信、传感器和控制技术等智能电网的关键组件实现电力网络的现代化，可使消费者极大受益。”加利福尼亚PUC决策委托程序，以便对寻求3中的恢复法资金的投资商所有项目及投资进行审议（2009年9月10日），请见：

http://docs.cpuc.ca.gov/word_pdf/FINAL_DECISION/106992.pdf。亦见加利福尼亚能源委员会位于51的自动配电价值，加利福尼亚能源委员会公共利益能源研究最终项目报告（2007年4月），请见：<http://www.energy.ca.gov/2007publications/CEC-100-2007-008/CEC-100-2007-008-CTF.PDF>。

“通信是几乎所有应用的基础，它包括贯穿整个配电系统并延伸至个体消费者的高速双向通信。”）

¹⁴ 见建设未来的电力系统 – 34页的安大略省智能电网论坛报告，安大烈省智能电网论坛（2009年2月）。该报告还指出，“公用事业公司正在为智能电表开发的通信系统，不适于支持全面的智能电网建设。与收集电表数据相关的通信不同于电网运行通信。鉴于运行速据的数量、数据使用所需的速率以及其关键作用，电网运行需要更大带宽和冗余服务。第35页同上。

附件3

欧洲的智能电网

A3.1 引言

2019年，欧盟完成对其能源政策框架的全面更新¹⁵。欧洲全民清洁能源一揽子计划包括如下所示的8个不同的法案：

- 建筑能效指令（欧盟）2018/844
- 可再生能源指令（欧盟）2018/2001
- 能效指令（欧盟）2018/2002
- 治理法规（欧盟）2018/1999
- 电力指令（欧盟）2019/944
- 电力法规（欧盟）2019/943
- 风险准备法规（欧盟）2019/941
- 能源监管机构合作署（ACER）的法规（EU）2019/942

欧洲利用其丰富的经验和资源努力掌握并促进智能电网的发展，作为应对欧洲气候变化和能效挑战的解决方案，其中包括以下倡议：

- “欧洲技术和创新平台能源转型智能网络”（ETIP SNET）¹⁶指导研究、开发和创新（RD&I），以支持欧洲的能源转型。欧洲技术和创新平台能源转型智能网络（ETIP SNET）愿景2050提出了ETIP SNET利益攸关方有关2050年能源系统和相关高水平研究、开发和创新（RD&I）挑战的综合定性观点。它还指出了未来几十年RD&I工作应遵循的框架。¹⁷
- BRIDGE¹⁸是欧盟委员会的一项倡议，旨在将Horizon 2020智能电网和储能项目结合起来，以创建一个结构化视图，来展示示范项目中遇到的、可能会阻碍创新的交叉问题。

¹⁵ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>

¹⁶ <https://www.etip-snet.eu/>

¹⁷ ETIP SNET 愿景2050 – 为能源转型整合智能网络：服务社会和保护环境，见以下网址：
<https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2018/05/VISION2050-v10PTL.pdf>

¹⁸ <https://www.h2020-bridge.eu/>

A3.2 欧洲在一些成员国中开展的活动¹⁹

联合研究中心（JRC）、欧洲委员会的科学和知识业务已颁布“2017年智能电网项目展望”²⁰。结论是，欧盟（EU）成员国之间在项目数量、总体投资水平和速度方面存在巨大差异。这项研究与交互式可视化工具携手并进，允许用户生成可定制的地图、图形和图表，以跟踪在欧盟成员国以及英国、瑞士和挪威实现的智能电网项目的进展情况。²¹

联合研究中心还发布了“2018年智能电网实验室清单”²²，其中包含来自全球89个实验室的信息。它提供了关于智能电网研究主题、技术、标准和基础设施的汇总信息，供在实验室层面开展智能电网活动的顶级组织使用。

通过推进和资助联合项目和联合伴随活动，建立在知识库、R&D倡议以及区域、国家和欧洲层面现成的研究和演示设施基础上，“ERA-Net SES焦点倡议智能电网+”²³为区域与欧洲智能电网倡议之间的深度知识共享提供支持。

A3.2.1 欧洲电网工业倡议

欧洲电网工业倡议²⁴由欧洲委员会在欧洲战略能源技术（SET）计划²⁵框架内提出。

SET计划于2007年设立，旨在通过促进欧盟国家、行业和研究机构之间以及欧盟组织内部的合作，来更好地协调国家和欧洲的研究和创新工作。它为有影响力的技术提供支持，这将有助于欧洲能源系统的转型，同时它也激励联合活动，尤其是在参与SET计划的国家之间。

¹⁹ 全段来源：欧洲监管机构电力和天然气组有关智能网的立场论文 – 文号：E09-EQS-30-04，附件 III：https://www.ceer.eu/documents/104400/3751729/E09-EQS-30-04_SmartGrids_10+Dec+2009_0.pdf/c481db2a-3cfb-6d6f-4b58-da3dee68de4a?version=1.0&previewFileIndex=

²⁰ 见以下网址：https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2017/sgp_outlook_2017-online.pdf

²¹ <https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2017/org.html>

²² http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC114966/jrc114966_kjna29649enn_track_changes_v12.pdf

²³ https://www.eranet-smartenergysystems.eu/Calls/SG_Plus_Calls/Focus_Initiative_Smart_Grids_Plus

²⁴ 参考：欧洲委员会，欧洲委员会致理事会、欧洲议会、欧洲经社委员会和区域委员会的信函 – “欧洲战略能源技术规划（SET-Plan）– 面向低碳未来”，COM（2007年）723最终稿，欧洲委员会，2007年11月22日，“欧洲未来的能源：战略能源技术（SET）规划”，MEMO/08/657，2008年10月28日。

²⁵ 参考：欧洲委员会，欧洲委员会致理事会、欧洲议会、欧洲经社委员会和区域委员会的信函 – “欧洲战略能源技术规划（SET-Plan）– 面向低碳未来”，COM（2007年）723最终稿，欧洲委员会，2007年11月22日，“欧洲未来的能源：战略能源技术（SET）规划”，MEMO/08/657，2008年10月28日。

2015年9月，欧洲委员会发布了一个有关SET计划²⁶的新战略，其中包括根据能源联盟R&I优先事项制定的10项行动。新方法建立在两个主要元素之上：一个超越“技术孤岛”概念的、更加综合的方法；以及一个增强的、SET计划社群（由欧洲委员会、SET计划国家以及工业和研究利益攸关方组成）间的伙伴关系。

2016年，SET计划社群根据其10项R&I行动商定了雄心勃勃的目标。2016年版“通过创新转型欧洲能源系统”²⁷综合SET计划进程报告记录了迄今取得的重要进展。同样在2016年，通信加速清洁能源创新（ACEI）²⁸进一步推动了SET计划活动，该活动为加快R&I产出的市场吸收提供了一个有利框架。2018年SET实施计划结果已经公布。²⁹

SET计划中的欧洲工业倡议（EII）是：

- 风能（欧洲风能倡议）
- 太阳能（太阳能欧洲倡议 - 光伏和集中式太阳能）
- 电网（欧洲电网倡议）
- 碳捕获和存储（欧洲二氧化碳捕获、运输和存储倡议）
- 核裂变（可持续核倡议）
- 生物能（欧洲工业生物能倡议）
- 智慧城市（能效 - 智慧城市倡议）

以及

- 燃料电池和氢气（联合技术倡议）
- 核聚变（国际 + 社群方案 - ITER）

EII是学术界、研究机构和工业界之间的大型联合技术开发项目。EII的目标是聚焦和协调社群、成员国和行业的工作，以实现共同的目标，并创建一个关键的活动和参与者群体，从而加强工业能源研究和技术创新，在社群层面开展工作将为其增加最大价值。

A3.2.2 国家技术平台 - 德国智能电网

德国目前正在推动各种项目和活动，以支持配电网向智能电网的转型。2016年，智能电表（低电压层面一个重要的数据来源）的推出已在《能源转型数字化法》（Gesetz zur Digitalisierung der energie wende）中得到合法确定。这些设备的通信单元，即所谓的智能电表网关，必须满足数据保护、数据安全和互操作性方面的高标准。因此，制造商必须通过广泛的认证过程。第一个智能电表网关在2018年12月完成了这一过程，并可供安装使用。在德国开始强制推广需要来自三个独立制造商的、经认证的智能电表网关，这能在2020年2月开始。作为第一步，智能电表的强制推广包括所有年用电量超过6 000 kWh且低于100 000 kWh的消费者。大约有370万个安装案例。随着智能电表网关的进一步发展或法律框架的进一步

²⁶ https://setis.ec.europa.eu/system/files/Communication_SET-Plan_15_Sept_2015.pdf

²⁷ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/set-plan_progress_2016.pdf

²⁸ COM/2016/0763最终稿：<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52016DC0763>

²⁹ https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/setis%20reports/setplan_delivering_results_2018.pdf

调整，拥有超过100 000 kWh/a的消费者群体、拥有灵活用电设备和发电系统的消费者群体将在稍后的时间点跟进。

为了能够连接智能电表进行全面通信，创建适当的电信资源是一项基本要求。迄今为止，关键基础设施的运营商还没有任何可用的宽带频率或专用频率范围。因此，450 MHz频段现在和将来都将专用于关键基础设施，实际使用频率的前提是建立有关关键基础设施和智能电表的通信网络。随着450 MHz频率专用于关键基础设施，能源转型的数字化进程已经开始。这些频率特别适于在水（废水）电气和区域供热领域建立全面、高可用且同时防中断的无线网络基础设施。各种试点项目已经成功完成。

除此之外，联邦经济事务和能源部实施了所谓的智能能源展示 - 能源转型数字议程（SINTEG）资助方案，该方案将持续到2021年。它提供了建立大规模展示区的框架，以开发和验证能够提供安全、高效和环境兼容的能源供应的模型解决方案，当中电力在很大程度上来自风能或太阳能等不稳定来源。开发的解决方案而后可在更大范围内推广。

该方案明确强调建设连接能源供需双方的智能网络，以及使用创新的电网技术和运营策略。因此，它解决了能源转型的关键挑战，包括将可再生能源纳入系统、灵活性、数字化、系统安全、能源效率以及智能能源系统和市场结构的建立。该项目为推进数字化转型和能源转型做出了重要贡献。

A3.2.3 英国的电网控制、智能电网和智能电表

英国使用12.5 kHz窄带扫描遥测（ST）系统来监测和控制电力公用事业系统。这些窄带系统通常提供非常高效的操作。通常只有最小频谱被可用信道占用。通常具有全天24小时的控制和监测活动。例如，它可以仅使用单个12.5 kHz信道，并覆盖半径为35 km的地区。

英国现有智能水电气网控制系统的核心控制网络在450-470 MHz频段内共享 2×1 MHz。最近，Ofcom（英国）宣布，450-470 MHz频段内的划分将在十年内保持不变，从而确保水电气用户持续获得400 MHz频段（406.2-470 MHz）内的智能电网控制解决方案。

在每种情况下，英国现有电网控制系统的核心都工作于12.5 kHz窄带信道内。参见Ofcom（英国）OfW49。最近，OfW49已经更新，允许25 kHz窄带系统。这一变化将使数据速率从9.6 kbit/s提高到64 kbit/s等，从而消除从400 MHz频段迁移的潜在需求。

12.5 kHz扫描遥测系统是点到多点系统，可能是SCADA系统的核心。作为英国典型需求的一个例子，电力（电力和天然气）和供水公用事业公司主要访问ST系统的 80×12.5 kHz信道。

这些系统的基本参数是：

- 系统可用性接近99.9%；
- 每个小区的半径为25 km；
- 每个小区6个信道，每项公用事业2个信道；
- 每个集群12个小区，同信道复用距离为150 km。

潜在的信道在英国复用23次。由于智能电网的发展，现有的智能电网控制系统需求将从目前监测约10 000个站点扩充到超过100万个活跃资产，约250 000个站点。这些计划包括向最终用户供电的低压11 kV / 240 V变电站。这种扩充将需要过渡到一个更高带宽网络解决方案，即增加窄带链路数量，但将能够在网络的最边缘监测和控制电力消耗。这将能够几乎

实时地准确测量能源需求，并在整个网络上排序非常本地化的能源需求周期。（英国现有的窄带和公共移动操作的智能电表也可用于补充/确认对这些本地化能源需求的识别。注意：智能电表反馈将是非实时的。）为此，各种宽带技术也正在英国智能电网系统的400 MHz频段内进行试验。这些宽带技术的带宽从 2×3 MHz 到 2×5 MHz不等。

英国负有独特的责任，因为它需要保护工作于400 MHz频段内的雷达系统的操作。地理位置靠近该雷达的宽带智能电网系统可能不适合400 MHz频段。现有窄带系统的扩展计划可能是400 MHz频段内唯一的解决方案。

关于智能电网系统的更多信息包含在ETSI TR 103 401 V1.1.1中。

关于英国工程专用移动无线电（PMR）通信系统的信息包含在附件8中。

A3.3 欧洲部分地区的智能电网频谱安排

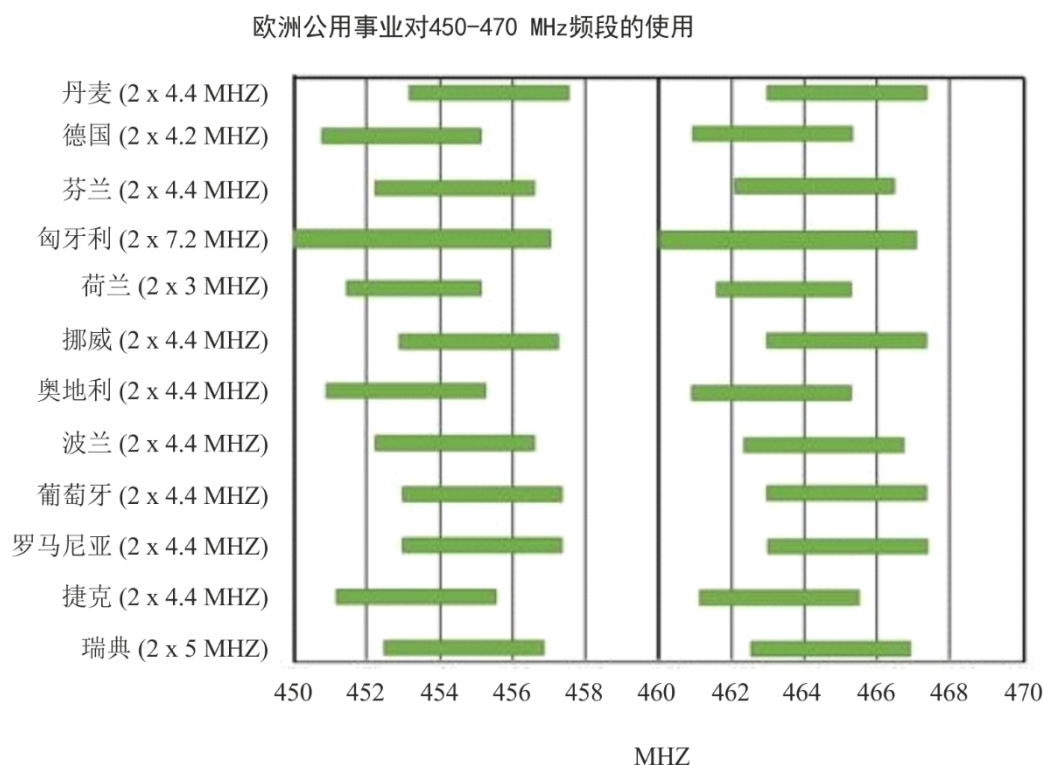
许多欧洲国家已经在400 MHz频段内为智能电网提供了 2×3 MHz的频谱。这通常使得两个相邻的CDMA信道能够工作。

图A3-1显示了几个欧洲国家将450-470 MHz的频谱分配给宽带业务的情况。

图A3-2显示了450-470 MHz频段的相关协调3GPP频段。

图A3-1

欧洲400 MHz频段频谱安排示例



这些国家中的几家智能电网运营商正在寻求迁移到 2×5 MHz LTE系统。为简单起见，它们通常寻求增加其当前接入之频谱的带宽，例如，接入频段72（与461-466 MHz配对的451-456 MHz）。

图A3-2

450-470 MHz频谱的统一3GPP频段



SM.2351报告-A3-02

附件4

巴西的智能电网

A4.1 引言

矿产和能源部一直推进可用于智能电网理念的技术研究。这些研究旨在减少技术和非技术损耗，并提高整个系统的性能，从而进一步提高可靠性、耐用性和安全性。最近，巴西矿产部的一个研究小组提出了目前电力系统面临的问题，并介绍了可能降低损耗并改善这些电力系统性能的技术和解决方案。这些研究还考虑到经济方面，尤其是该国能否获得接受安装4500个电表所需的成本。

此外，私营机构也开展了其他研究，并公布了研究结果，如由ABRADEE和APTEL领导的研究以及与电力行业相关的非营利协会进行的研究。

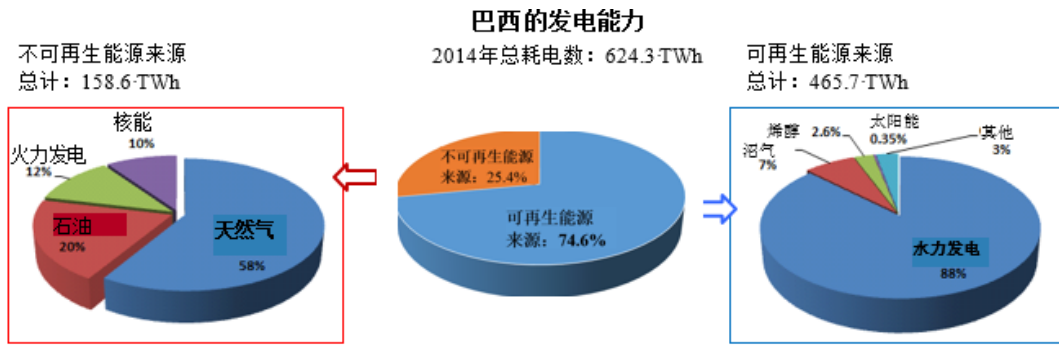
- APTEL – 基础设施和电信系统专有私营公司协会，1999年4月7日成立。
- ABRADEE – 巴西配电商协会，1975年8月成立。

A4.2 巴西的能源部门

目前，巴西的发电能力超过142 GW，用户超过7500万。如图A4.1 [1]所示，巴西的能源消耗（2014年）约为624.3 TWh。

巴西生产的可再生能源占74.6%，不可再生能源占25.4%。

图A4-1



SM 2351报告-A4-01

巴西平均耗电量为68 GW，高峰时超过80 GW。最近，电力部门预测，耗电量将增加44%左右，因此需要提高电力系统的能源效率。

作为这些进程的第一步，相关部门将把降低能源系统的技术和非技术损耗作为首要任务。输电系统和配电系统的技术损耗分别为5%和7%。此外，非技术性损耗，如配电系统的未授权能源利用加起来多达7%。

通过这些数字，我们可以看出，巴西在提高效率，降低损耗的基础上发展能源系统将面临巨大挑战。

A4.3 巴西的智能电网研究组

为了解智能电网概念，2010年5月，矿产能源部成立了由电力和电信行业成员组成的研究组。该组的宗旨之一是评估上述概念是否适用于巴西电网的系统效率提升。

2011年3月中旬，矿产能源部收到了有关这项技术的最新发展状况报告。报告包含智能电网概念以及有关技术、计费 and 电信问题的技术信息。

在电信方面，研究考虑到了巴西的现有技术和资源以及其它国家使用的、可用于巴西的技术。作为初步战略，巴西政府特别关注先进的测量基础设施的部署情况。

作为此项研究的组成部分，一技术小组于2010年10月造访美国，收集有关智能电网问题的信息。总之，该组发现，几乎所有为支持智能电网功能而部署的电信技术都可用于巴西。

ABRADEE/APTEL研究组于2011年12月向国家电力监管机构ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica介绍了其研究报告。该研究的重点是预测10年内智能电网功能在整个巴西电力行业的推广情况，并预测与这些预测相关的投资和收益。研究采用了与该项目有关的50多家配电公用设施单位的数据库，且其预测以巴西相关公司的真实情况为基础。

A4.4 电信问题

技术小组注意到，若干电信技术可用于相同目的。举例而言，Zig-Bee和网格网均可用于最终用户电表的读取。回程、WiMax、GPRS、3G、4G等亦均可使用。各种解决方案的选择取决于可用频谱、传播、吞吐量等技术方面。

目前，智能电网应用所需要的回程吞吐量尚不确定。的确，这一信息对于智能电网项目而言具有战略意义，从而对带宽等频谱资源、对其它业务的有害干扰限制、功率和限制和传

播方面的适当解决方案和需求做出选择。迄今为止，尚未就用于智能电网的电信系统要求开展任何研究。

我们对智能电网应用中LF频段电力线载波（PLC）使用中的电场计量技术极其关注。最近，巴西一些公司对载波约为80 kHz载，智能计量20 kHz的PLC设备认证表示出兴趣。该频段的发射受到规则限制，电场限值用于在距源头300米处进行的计量使用。

ABRADEE/APTEL研究认识到，在电信资产方面需要190亿雷亚尔（Reais）的投资，部署基本智能电网功能（如智能计量、配电网自动化、自愈、分布式可再生能源来源和电动车）所需的这些技术资产方面的投资约为30亿雷亚尔。

研究采用的通信架构参考模型是IEEE P2030提出的模型。所建议的架构确定了进行可互操作互连的逻辑系列和标准接口，这些可由若干通信网络技术部署，如研究中采用的技术：无线（Wi-Fi 802.11、WIMAX 802.16）、GPRS、3G、MPLS、VPN以及用于场域网（FAN）和回程的光纤及无线电链路。

关于巴西现有公用事业设施电信网的研究表明，69%的回程系统使用光纤，而GPRS是最后一英里接入的最主要技术，且44%的公司使用微波链路（400 MHz和900 MHz）进行安装在塔杆上的数据设备的连接。约50%的公用事业设施采用公众电信运营商的专用线路。

A4.5 技术数据

收集适于智能电网的有关回程吞吐量、延迟、恢复能力、可靠性的数据至关重要，以用于规划必要的基础设施和频谱资源，从而避免过期使用和资源浪费。

采用通用信息模型 – 由IEC通过并由IEC 61970定义的CIM – ABRADEE/APTEL研究突出了这样的需要，即，在考虑到下述潜在风险的情况下，制定与智能电网网络安全相关的具体战略：

- 电网的复杂性很高。
- 互连网络带来新的薄弱环节。
- 可被利用的接入点数量。
- 保护消费者隐私。

A4.6 LF测量

此外，为便于执行，为避免城市地区电场测量的繁杂程序，考虑到严格的规定，我们认识到，功率测量等其它程序与LF天线相连接的频谱分析仪相比复杂性较低。

A4.7 结论

由于在发展中国家实施智能电网的战略意义，我们请其它主管部门就上述技术数据和LF测量提交文稿。

考虑到需要支持在巴西整个电网上推广智能电网概念所需的电信网络的规模和复杂性，ABRADEE/APTEL通过研究提出的建议包括根据目标深入分析频谱，以确定并预留专门用于场域和城域方面应用的具体频段。

参考资料

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

附件5

韩国的智能电网

A5.1 韩国的智能电网路线图

为应对气候变化，在努力达到减排目标的过程中，韩国已认识到将智能电网作为低碳、绿色行业基础设施的必要性。在此基础上，韩国政府努力将实施智能电网作为一项国策，从而实现“低碳、绿色增长”的愿景。

2009年，韩国绿色发展委员会提出了“建设发达绿色国家”³⁰愿景，并首次宣布了智能电网的路线图。

2012年，制定了“第一份智能电网基本计划”。根据计划，与可再生能源、ESS（储能系统）、智能电表相关的基础设施已经建成。此外，AMI（高级计量基础设施）、可再生能源、EV（电动汽车）、ESS和虚拟电力市场被引入济州岛Gujwa-eup的6,000个家庭，以实现智能电网计划。

2018年，它制定了未来5年智能电网的第二个基本计划，并一直在推动以下4个领域实现电力消费合理化、高效发电和创建新能源产业。

- 1) 推广智能电网新业务。
- 2) 建设亲身体验智能电网中心。
- 3) 扩大智能电网基础设施和设备。
- 4) 为扩大智能电网奠定基础。

第一，推广智能电网的新业务：

- 根据季节和时区提供不同的电力评级系统。
- 将资源交易市场从大型电厂市场转变为全国性的DR市场。
- 为企业提供存储在大数据平台中的全国用电数据。
- 运营电力经纪市场，在该市场上可交易小规模能源，例如，可再生能源、ESS和EV。

第二，将建设亲身体验智能电网中心，以让人们体验新业务。

³⁰ http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Koreas-Green-Growth-Experience_GGGL.pdf

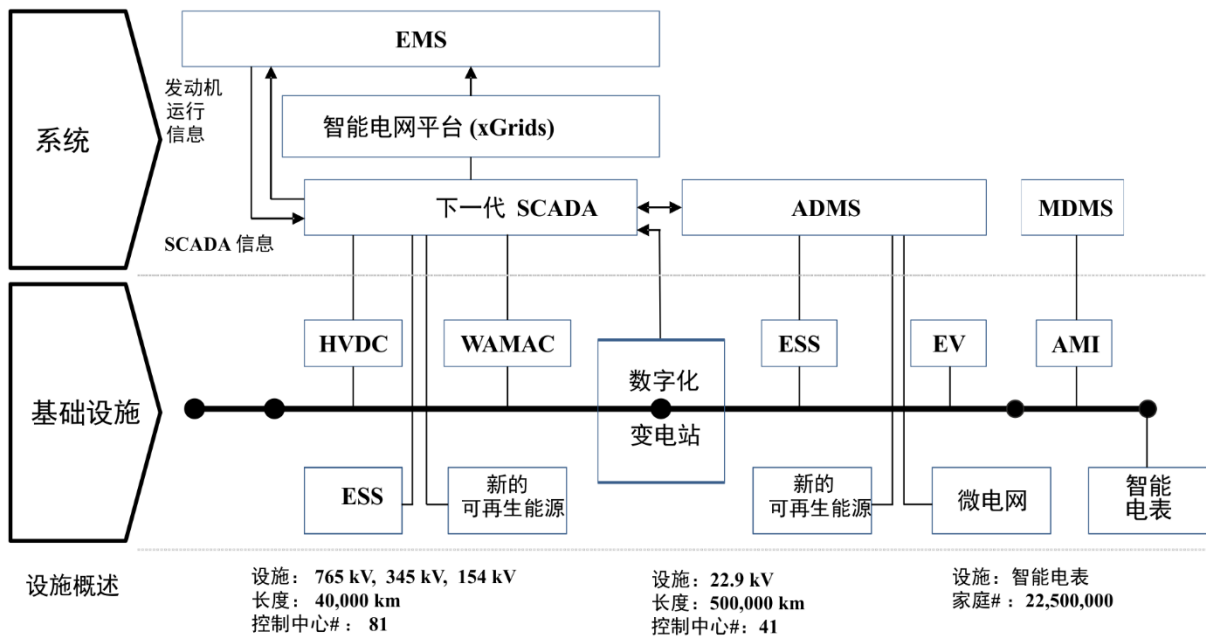
第三，将扩建输电和配电线路、变电站、AMI、ICT基础设施，并将在公共部门建立DER（分布式能源资源）控制系统。

第四，将成立一个由公共和私营部门组成的咨询组，以培育开发人工智能和区块链等核心技术的专家。

从国内角度而言，智能电网项目旨在提高能源效率并建设绿色行业基础设施。通过建设有利于生态的基础设施而降低CO₂的排放。从行业角度而言，该项目旨在确保韩国在绿色发展时代获得一个新的增长引擎。从个人角度而言，通过体验和参与低碳、绿色生活，可以提高个人生活质量，实现低碳、绿色生活。

图A5-1

智能电网系统的概念图

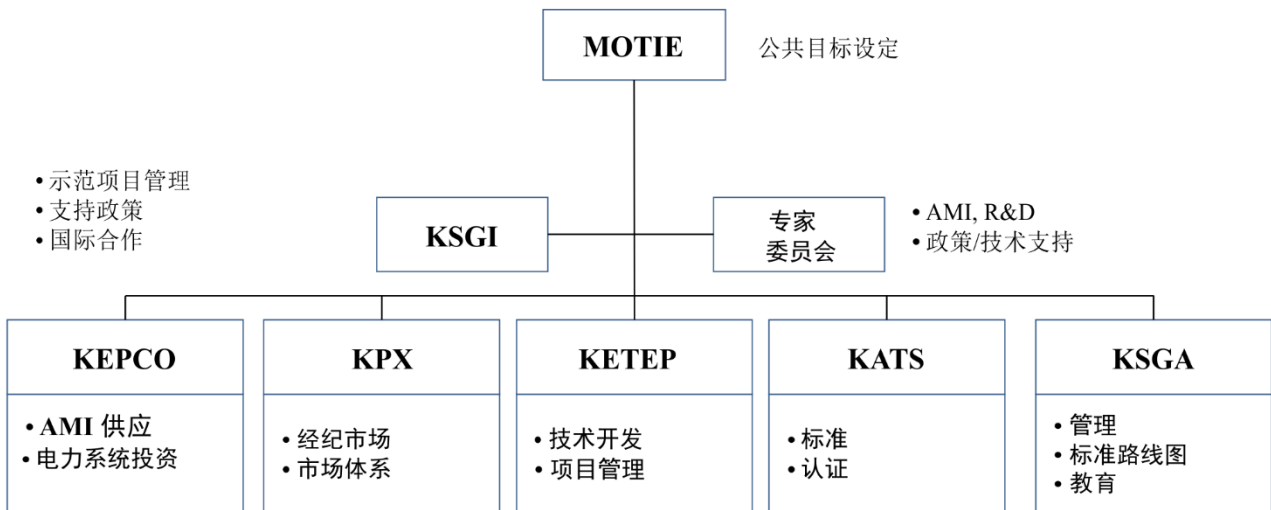


SM 2351 报告-A5-01

- * EMS: 能源管理系统
- * SCADA: 监督控制和数据采集
- * ADMS: 先进配电管理系统
- * MDMS: 电表数据管理系统
- * HVDC: 高压直流
- * WAMAC: 广域监测和控制

图A5-2

智能电网政策咨询理事会



SM 2351报告-A5-02

- * MOTIE: 贸易、工业和能源部
- * KSGI: 韩国智能电网研究所
- * KATS: 韩国技术和标准局
- * KSGA: 韩国智能电网协会

政策咨询理事会由KEPCO（韩国电力公司）、KPX（韩国电力交易所）、智能电网工作组、KETEP（韩国能源技术评估和规划研究所）、相关协会和专家组成。该理事会的主要作用是充当智能电网计划的控制塔、设定政策方向和实施战略、评审每个研究所的绩效，并确定要改进的法规和要出口的业务。

A5.2 通信网络

由于智能电网的扩展，对无线通信的需求越来越大。特别是，当前的智能电网通信环境混合了可靠性、安全性和速度应得到保证的控制系统区域以及各种终端相互通信的物联网区域。目前，使用有线和无线通信混合的通信方式。随着业务范围的扩大，需要一个适合新环境的最佳通信网络。

表A5.1

智能电网的通信方式

分类	有线网络	无线网络
电力控制	光纤	TRS (380 ~399.9 MHz)
智能计量	PLC, HPGP	Wi-SUN (917 ~ 923.5 MHz)
		LTE (800 MHz, 900 MHz, 1.8 GHz, 2.1 GHz, 2.6 GHz)
新的和可再生能源的发电	光纤	TRS (380 ~ 399.9 MHz)

使用光缆的有线网络主要用于需要高可靠性的电力控制。智能计量采用有线PLC和多种无线通信方式以及光纤通信方式。TRS无线通信用于可再生能源的发电。

应用多种无线通信方式，物联网频段将使用320 MHz频段，以满足无线通信需求。

附件6

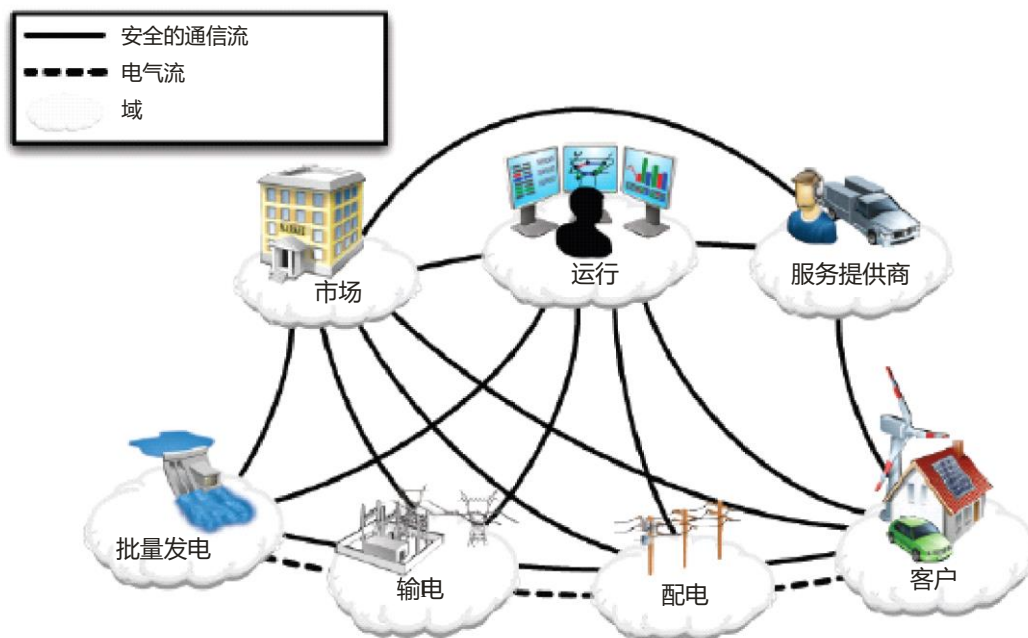
印度尼西亚的智能电网

A6.1 引言

智能电网的实施包括技术设备，它改变了从发电厂到客户的业务流程，这其中七个重要领域：批量发电、输电、配电、客户、运行、市场和服务提供商。各领域本身由智能电网单元组成，这些单元通过使用模拟或数字通信的双向通信方式相互连接，从而集合在一起，并充当信息和电力通道。连接是智能电网的基本组成部分，用于提高效率、可靠性、安全性、电力生产和配送的经济性和可持续性。

图A6-1

智能电网各方互动



SM.2351报告-A6-01

作为一个系统到另一个系统，智能电网主要分三层：电力和能源层、通信层和IT层。这三层是电信和通信流的主要构成元素。

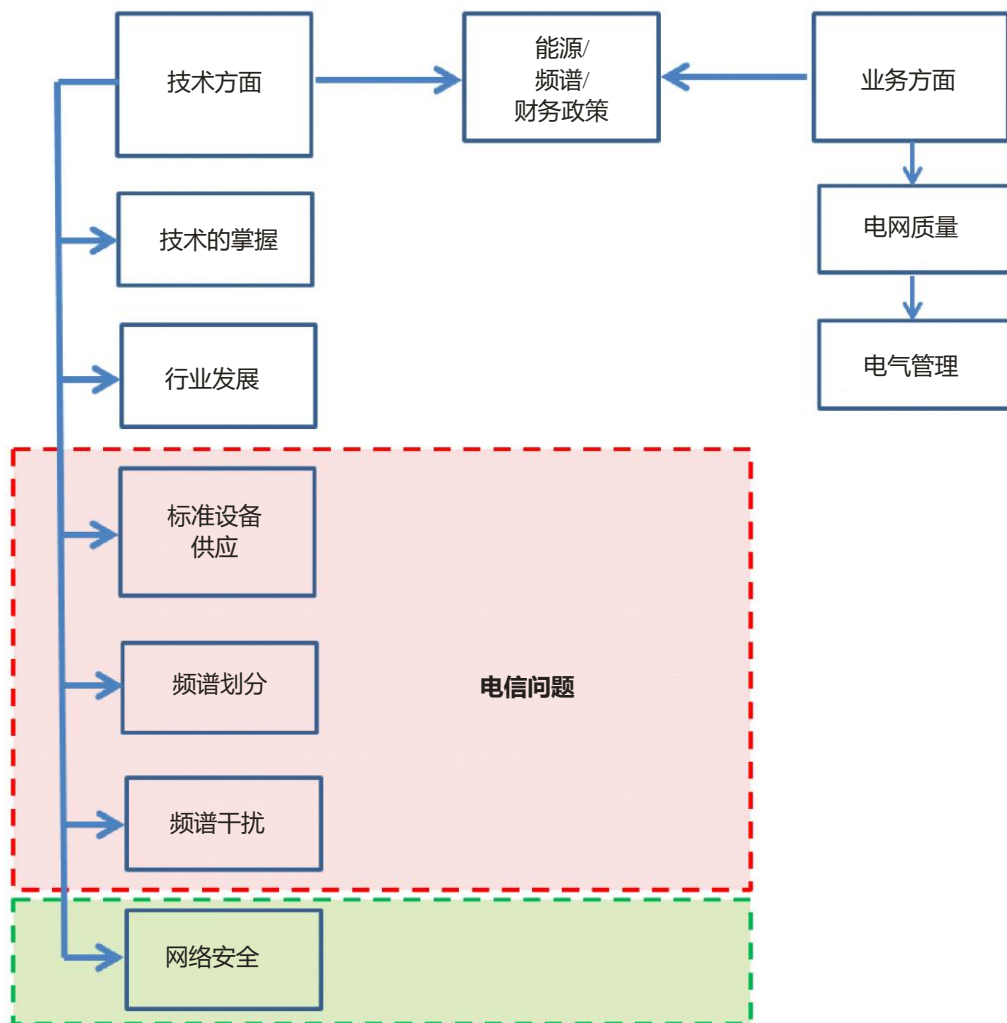
在电力/能源消耗中，能源的消耗和价格均上涨。这种情况与移动服务用户的增长相辅相成。

A6.2 智能电网的发展和挑战

印度尼西亚政府认识到，智能电网可作为提高电力使用效率的备选解决方案。因此，政府机构已就印度尼西亚东部实施智能电网的情况设立了试点项目。该试点项目是由评定和应用技术机构与PLN（国家电力公司）合作进行的。

智能电网的发展面临多项挑战。技术和商业方面的挑战可为制定政策和规则提供基础性参考。

图A6-2
挑战性问题



SM.2351报告-A6-02

有关图A6.2，影响智能电网发展的两个主要问题引发我们对电信和IT方面若干问题的担忧：

- a) 标准设备和供应：
简单描述设备的技术规范以便检验是否兼容。

- b) 频谱资源：
制定与频谱划分、应用所需带宽有关的战略规划。这一问题对于高效使用稀缺资源至关重要。
- c) 频谱干扰：
确保该技术的实施不干扰其它业务。
- d) 网络安全：
确保数据流的安全性。

由于该应用可用于多项移动（宽带）业务，建议相关研究组进一步讨论电信需求，以帮助发展中国家制定战略规划，为妥善解决有关落实智能电网的政策和规则问题提供指导。

附件7

中国智能电网无线接入技术的研究

A7.1 引言

无线技术是电力管理系统的重要组成部分。采用无线技术可以双向实时传输管理和控制信息。早些时候，配电和用电通信网需要的通信容量通常较小。使用固定频率的传统窄带无线通信设备主要是作为专用无线通信手段用于电力管理系统。随着智能电网的发展，毫秒级精确负荷控制、电力能源数据采集、负荷需求管理、配电和用电通信网络所需的现场视频监控业务对通信带宽、传输时延和可靠性提出了更高的要求。为此，中国展开了一系列研究，并在智能电网中建设了新一代电力通信网。

A7.2 中国智能电网的无线接入技术

A7.2.1 引言

在中国，SWIN系统（230 MHz离散多载波电力无线通信系统：SWIN）和IoT-G 230系统（230 MHz离散多载波电力无线通信系统：IoT-G 230）都是无线智能电网应用的选项，通过在223-235 MHz频率范围（此次也指230 MHz频段）中聚合多个25 MHz离散窄带载波，已用于实现宽带传输，来为智能电网提供无线业务。230 MHz频谱提供良好的传播特性，适于满足许多智能电网应用所需的广域覆盖范围需求。

SWIN和IoT-G在设计中都全面考虑到智能电网的业务需求。与窄带无线通信系统相比，系统具有诸多优势，如覆盖广、用户接入量大、频谱效率高、实时性、安全性和可靠性强、网络管理能力突出等。

A7.2.2 主要技术特性

中国工业和信息化部以25 kHz为单位，已对223-235 MHz频段进行了划分。两种技术都有许多顾及独特频谱特性的关键技术。

SWIN可整合多个离散窄带频率，以进行宽带数据传输。与此同时，利用频谱感知技术可检测相邻频段RAT间的干扰情况，以改进共存能力，是SWIN的关键技术之一。该技术可确保与现有的窄带系统在223-235 MHz频段内实现共存。

IoT-G 230还通过为每次传输聚合多个25 kHz窄带载波来支持宽带传输。此外，为了进一步扩展覆盖范围，IoT-G 230支持多天线技术，以获得空间分集增益和功率合并增益。此外，为了保障电网安全，IoT-G 230支持I/II生产区业务和III/IV管理区业务的端到端业务隔离。最后但并非最不重要的是，为了确保与其他窄带系统的共存，IoT-G 230支持在整个230 MHz频段商的载波间跳频，粒度为10 ms，以提高通信可靠性和鲁棒性。

表A7.1

SWIN和IoT-G 230的技术和操作特性

项目	SWIN	IoT-G 230
支持的频段（许可或非许可）（MHz）	许可频段：223-235 MHz	许可频段：223-235 MHz
标称操作范围	3~30 km	3~30 km
帧长度	25 ms	10 ms
副载波间隔	2 kHz	3.75 kHz
移动性能力（游牧/移动）	移动	移动
峰值数据速率（如不同可分为上行链路/下行链路）	1.5 UL/0.5 DL Mbit/s (1 M BW) 13 UL/5 DL Mbit/s (8.5 M BW)	11.27 UL/9.92 DL Mbit/s (7M BW)
双功方法（FDD、TDD等）	TDD	TDD
标称的RF带宽	可选：25 kHz – 12 MHz	可选：25 kHz – 12 MHz
MIMO支持	否	是
转发	HARQ	HARQ
前向纠错	卷积、Turbo	卷积、Turbo
干扰管理	分段频率复用、频谱传感	在整个频段上调频 频谱感知
功率管理	是	是
连接拓扑	点对多点	点对多点
媒体接入方法	随机接入（有争议和无争议的）	随机接入（有争议和无争议的）

表A7.1（完）

项目	SWIN	IoT-G 230
多接入方法	SC-FDMA（上行链路）和OFDMA（下行链路）	TDMA和FDMA
信道编码	Turbo编码、截尾卷积编码	Turbo编码、截尾卷积编码、Reed-Muller编码
调制	QPSK/16QAM/64QAM	QPSK/16QAM/64QAM
发现和关联方法	自主发现，通过承载商关联	自主发现，通过承载商关联
服务质量方法	OoS差异化（支持5种类别，可扩展）	OoS差异化（支持5种类别，可扩展）
位置意识	有	有
加密	ZUC	ZUC/SNOW3G/AES
认证/回放保护	是	是
密钥交换	是	是
流氓节点检测	是	是
唯一设备识别	15位（IMEI）	15位（IMEI）

A7.2.3 工业化和应用

目前，SWIN系统包含基带芯片、终端、基站、核心网和网络管理设备。SWIN试验网已部署于中国几个省的配电和用电通信网中，为智能电网的电力信息捕获、负载控制、配电自动化和其他方面提供服务。经过一段时间的运行测试，证明SWIN能够满足智能计量和配电自动化的业务需求。

IoT-G 230的实验室测试于2018年10月完成，IoT-G 230的现场测试于2018年11月在中国江苏省苏州市完成。IoT-G 230通过了包括干扰测试、系统安全测试、稳定性测试等在内的所有现场测试用例。

A7.2.4 标准化

SWIN和IoT-G 230技术均属于Q/GDW11806下的系列规范。

SWIN系统规范“Q/GDW11806.2 230 MHz离散多载波电力无线通信系统-第2部分：LTE-G 230 MHz技术规范”和“Q/GDW11806.3 230 MHz离散多载波电力无线通信系统-第3部分：LTE-G 230 MHz测试规范”已于2018年11月发布。

IoT-G 230系统规范“Q/GDW11806.4 230 MHz离散多载波电力无线通信系统-第4部分：IoT-G 230 MHz技术规范”和“Q/GDW11806.5 230 MHz离散多载波电力无线通信系统-第5部分：IoT-G 230 MHz测试规范”正在研究中。

A7.3 结论

中国有关智能电网无线接入技术的研究已着手进行。SWIN和IoT-G 230均可为智能电网提供令人满意的无线通信服务，由此降低智能电网的建设和运行成本。

附件8

PMR / PAMR工程通信（语音/数据）系统

A8.1 信道带宽为25 kHz、12.5 kHz和6.25 kHz的PMR/PAMR系统概述

专业/专用移动无线电（PMR）可用于日常和/或应急工程通信系统。

PMR的特点是专用（经单独授权）访问、专业部门特定组通信、定制设计，使用便携式、移动、基站和远程固定站（包括如数据终端以及监督、控制和数据采集（SCADA）系统），允许许可用户完全控制其手头的任务，并提供任务关键或业务关键应用，如即时语音和组通信，以优化其操作。

A8.2 使用高达25 kHz信道带宽的业务

PMR/PAMR业务包括组呼叫语音业务（通常称为“全知网”和/或“通话组呼叫”）。该业务用于便携式无线电环境，有时也与声控耳机（VOX）一起使用，以允许用户在通信时不用双手（如核电站内的免提操作）。

其他业务包括抢占式优先呼叫（应急呼叫）、呼叫保持、优先呼叫、动态组号码指配（DGNA）、环境监测、调度员授权的呼叫、区域选择、晚进入、直接模式、短数据业务和分组数据业务。

在需要和特别授权的情况下，也可以使用加密通信信道。

一个专门的供应部门正在为这个市场提供解决方案，从非常小的单一站点系统到巨大的全国性PMR/PAMR网络，这些网络通常是根椐这些网络用户的具体需求而定制的，例如，从单个电站的现场系统到覆盖整个电网区域的广域系统。

此类PMR/PAMR陆地移动无线电系统的关键业务包括：

- “按下通话”、“释放收听”——只需按下一个按钮即可在无线电频率信道上开启通信；
- 覆盖范围广；
- 封闭用户组；
- 许多使用远程或移动电台的系统能够听到所有的呼叫。这可能并不总是令人满意，可能需要一个选择性呼叫系统；
- 与蜂窝系统相比，呼叫建立时间通常较短。

A8.3 使用高达25 kHz信道带宽的系统

这些窄带系统几乎完全由PMR使用，其中包括模拟、MPT 1327和数字（dPMR、DMR、TETRA和TETRAPOL）。

任务关键型PMR/PAMR网络通常需要根据用户的关键需求进行一些定制，包括：

- 在规定的业务区域内具有非常高的覆盖可用性，包括在某些情况下偏远和无人居住的地区；
- 设计通常是满足确切的技术需求，而不是为了经济利益；
- 旨在覆盖所需的区域，包括移动电话等业务地区以外的孤立的无人居住区域。
- 最佳实践弹性/弹性M2M（RM2M）操作的能力；
- 即时和有保证的信道访问；
- 系统和所传输的数据具有高度的网络安全性和完整性。这可能包括：没有连接到外部和/或公共通信系统，如公共移动网络和公共互联网；
- 强化网络，以确保在恶劣环境条件下的可靠运行，包括雷击等电磁干扰；
- 长达96小时的备用电源；
- 寿命和支持，如10至20年。

A8.4 PMR/PAMR标准

表A8.1显示了用于6.25 / 12.5 / 25 kHz窄带PMR的典型标准。

表A8.1

电力公用事业使用的典型的PMR标准

技术	信道带宽 (kHz)	标准/规范
数字	6.25	ETSI EN 301 166
模拟	12.5	ETSI EN 300 086
数字	12.5	ETSI EN 300 113
数字	25	ETSI EN 300 113, ETSI EN 302 561

附件9

用于无线智能计量和智能电网系统的频段清单示例

表A9.1包含一个有关世界部分地区用于无线智能计量和智能电网系统的频段示例清单。

表A9.1

用于无线电网管理智能计量和智能电网系统的频段示例

频率 (MHz)	地区/区域	与实际使用有关的注释
40-230 (部分), 470-694/698	北美洲、英国、欧洲许多地区、非洲、日本	电视空白, 美国和英国完成规则制定。欧洲正在制定规则。
169.4-169.8125	欧洲	无线MBus
220-222	国际电联2区的部分地区	在国际电联1区+伊朗, 该频率范围是根据GE06协议用于地面广播的频段的一部分, 它不用于AMR/AMI。
223-235	中国	许可频段
410-430	欧洲部分地区	英国: 与422-424 MHz配对的412-414 MHz。
450-470	北美洲、欧洲许多地区	欧洲: 包括奥地利、丹麦、芬兰、匈牙利、荷兰、挪威、波兰、葡萄牙、罗马尼亚和瑞典。 英国: 与463-464 MHz配对的457.5-458.5 MHz。
470-510	中国	短程设备 (SRD) 频段
470-698	北美洲和欧洲	在国际电联1区+伊朗, 该频率范围是根据GE06协议用于地面广播的频段的一部分, 它不用于AMR/AMI。
868-870	欧洲	欧洲无线电通信委员会 (ERC) 70-03建议书
873-876	欧洲部分地区	ERC 70-03建议书 英国: 用于英国中部和南部智能电表频率范围扩展的、结合868和870 MHz免许可频段的公共移动网络。
896-901	北美洲	许可频段, 美国的第90部分。
901-902	北美洲	许可频段, 美国的第24部分。
902-928	北美洲、南美洲、澳大利亚	免许可ISM。在澳大利亚和南美洲的一些国家, 仅分配频段的上半部分。
915-921	欧洲部分地区	ERC 70-03建议书

表A9.1 (完)

频率 (MHz)	地区/区域	与实际使用有关的注释
917-923.5	韩国	
920-928	日本	
928-960	北美洲	许可频段, 美国的第22、24、90和101部分。
950-958	日本	与无源RFID共用
1 427-1 518	美国、加拿大	在1区的部分地区, 即欧洲: <ul style="list-style-type: none"> - 1 452-1 479.2 MHz 频率范围计划用于根据 Ma02revCO07 协议 (在国际电联注册为区域协议) 的地面广播, 以及根据相关的 EC 决定仅用于补充下行链路的移动业务。 - 根据 ERC 70-03 建议书附件 10, 1 492-1 518 MHz 频率范围用于无线麦克风。 - 不用于 AMR/AMI。
2 400-2 483.5	全世界	
3 550-3 700	美国	区域许可
5 250-5 350	北美洲、欧洲、日本	
5 470-5 725	北美洲、欧洲、日本	
5 725-5 850	北美洲	免许可, ISM 频段。

附件10

相关的ITU-R建议书和报告

ITU-R M.2440报告 - 用于窄带和宽带机器类型通信的国际移动通信地面部分的使用。第5节包含关于“支持窄带和宽带MTC的、基于地面IMT的无线网络和系统的技术和操作问题”的信息。

ITU-R M.2479报告 - 用于机器类型通信的陆地移动系统 (不包括IMT) 的使用。

ITU-R M.2441报告 - 国际移动通信 (IMT) 地面部分的新兴应用。第5.4节包含与智能电网相关的信息。

ITU-R M.1036建议书 - 在《无线电规则》为国际移动通信 (IMT) 确定的频段中用于实施IMT地面部分的频率安排。

ITU-R M.1457和ITU-R M.2012建议书分别为IMT 2000和IMT-Advanced提供IMT规范。

ITU-R M.2002建议书 - 广域传感器和/或执行器网络 (WASN) 系统的目标、特性和功能要求。

ITU-R M.2224报告 - 广域传感器和/或执行器网络 (WASN) 系统的系统设计指南。

后附资料

缩写词和首字母缩略语

3G	第三代（移动通信）
3GPP	第三代合作伙伴计划
3GPP2	第三代合作伙伴计划2
4G	第四代（移动通信）
ABRADEE	巴西电力分销商协会
AES	高级加密标准
AES-CCM	高级加密标准 - 常数编码和调制
AKA	认证和密钥协议
AMI	高级计量基础设施
AMM	自动化电表管理
AMR	自动抄表
ANEEL	巴西国家电力监管局
APTEL	基础设施和电信系统私营公司协会
ARIB	无线电工业和商业协会
ARQ	自动重复请求
AS	保证转发
BE	尽力而为
BPSK	二进制相移键控
BS	基站
CA	载波访问
CARB	加利福尼亚空气资源委员会
CAVE	蜂窝认证和语音加密
CC	气候变化
CCM	固定编码和调制
CCSA	中国通信标准化协会
CCTV	闭路电视
CDMA	码分多址
CEC	加利福尼亚能源委员会
CENELEC	欧洲电工标准化委员会

CEPT	欧洲邮电主管部门大会
CHAP	挑战握手认证协议
CID	小区标识符
CIM	通用信息模型
CISPR	国际无线电干扰特别委员会
CMAC	基于密码的消息认证码
CMEA	蜂窝消息加密算法
CSMA	载波侦听多路访问
DA	配电自动化
DAM	动态资产管理
DAP	数据聚合点
Db	分贝
DECC	英国能源和气候变化部
DER	分布式能源资源
DGNA	动态组号指配
DSSS	交叉频谱符号同步器
DMR	数字移动无线电台
DMS	配电管理系统
DOE	美国能源部
dPMR	数字专用移动无线电台
DSCP	差分服务代码点
EAP	可扩展认证协议
EC	欧洲委员会
ECC	欧洲通信委员会
EDGE	增强数据GSM环境
EF	快速转发
EII	欧洲工业倡议
eMTC	增强型机器类型通信
EPON	以太无源光网络
EPRI	电力研究所
ERC	欧洲无线电通信委员会
ESFF	未来电力部门框架

ETSI	欧洲电信标准协会
EU	欧洲联盟
EUTC	欧洲公用事业电信委员会
EV	电动汽车
EVDO	演进-数据优化
E3	能源和环境经济公司
FAN	场域网
FCC	联邦通信委员会
FDD	频分双工
FDMA	频分多址
FEP	前端处理器
FG	焦点组
FM	调频
GNSS	全球卫星导航系统
GPRS	通用分组无线业务
GSI	全球战略倡议
GSM	全球移动通信系统
GW	兆瓦
HAN	家域网
HARQ	混合自动重复请求
HMAC	散列消息认证码
HN	家庭网络
HRPD	高速分组数据
HSPA	高速分组接入
HVDC	高压直流输电
ICT	信息通信技术
ICV	完整性检查值
ID	身份
IEC	国际电工委员会
IEEE	美国电气和电子工程师协会
IoT	物联网
IoT-G	物联网 - 电网

ISM	工业、科学和医学
ISO	国际标准化组织
IT	信息技术
ITS	智能交通系统
ITU	国际电信联盟
ITU-R	国际电信联盟 - 无线电通信部门
ITU-T	国际电信联盟 - 电信标准化部门
JCA	联合协调活动
JRC	联合无线电有限公司
kHz	千赫
LDPC	低密度奇偶校验
LF	低频
LTE	长期演进
MAC	MAC消息认证码
MEID	移动设备标识符
MEP	欧洲议会成员
MHz	兆赫
MIMO	多输入多输出
MPDU	MAC（媒体访问控制）协议数据单元
MPLS	多协议标签交换
MPT	英国邮电部（现Ofcom）
MR-FSK	多区域频移键控
MTC	机器类型通信
M2M	机对机（通信）
MW	兆瓦
NAN	邻域网
NB	窄带
NB-PLC	窄带电力线通信
NISTIR	国家标准与技术研究所机构间/内部报告
OFDM	正交频分调制
PHY	物理
PKMv2	私钥管理版本2

PLC	电力线通信 ³¹
PLT	电力线电信 ³²
PAMR	公众接入移动无线电台
PMP	点对点
PMR	专业/专用移动无线电台
PRIME	电力线智能计量演进
PSK	相移键控
PUC	公用事业委员会
QAM	正交调幅
QoS	服务质量
RF	射频
RFID	射频识别
RM2M	弹性机对机通信
RSA	Rivest、Shamir和Adleman算法
SCADA	监督、控制和数据采集
SDO	标准制定组织
SDMA	空分多址
SET	欧洲战略能源技术计划
SFID	业务流标识符
SHA	安全散列算法
SIM	用户识别模块
SG	智能电网
SGIP	智能电网互操作性小组
SRD	短程设备
ST	扫描遥测
SWIN	面向行业的智能和广覆盖无线网络
TDD	时分双工
TDMA	时分多址
TETRA	泛欧集群无线电
TLS	传输层安全

³¹ 术语PLT和PLC经常互换使用。

TR	ETSI技术报告
TSAG	电信标准化顾问组
UHF	超高频
UK	英国
UMTS	通用移动通信系统
US	美国
UT	用户终端
UTC	公用事业技术委员会
VHF	甚高频
VOX	声控开关
VPN	虚拟专用网络
WAN	广域网
WASN	广域传感器和/或执行器网络
WCDMA	宽带码分多址
Wh	瓦特小时
xHRPD	扩展高速分组数据
