

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.2351-2 报告
(06/2017)

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号决议附件1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/en>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/en>）

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
2020年，日内瓦

© 国际电联 2020

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.2351-2 报告

智能电网公用事业管理系统

(2015-2016-2017年)

目录

页码

1	引言	3
2	智能电网通信和功能特性	3
3	智能电网通信网络技术	5
3.1	国际电联和标准制定组织的作用	5
3.2	国际电联的内部协调	6
4	智能电网的目标和优势	7
4.1	通过系统优化降低总体电力需求	7
4.2	整合可再生和配送能源	7
4.3	支持智能计量	8
4.4	提供弹性网络	9
5	智能电网参考架构概述	10
6	电力线路和智能电网电信的有线标准	11
6.1	经过电力线的智能电网通信	12
6.2	经过有线网络的智能电网通信	13
7	智能电网电信的无线标准	13
7.1	家域网	13
7.2	WAN/NAN/FAN	15
8	对涉及部署用于支持电网管理系统的无线和有线技术和设备的无线通信系统， 应考虑哪些干扰因素	15
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	17
10	结论	18
	附件1 – 与电网管理系统相关的现行标准示例	19
A1.1	IEEE标准	19
A1.2	ITU-T标准	24

A1.3	3GPP标准	25
A1.4	3GPP2标准	42
附件2	– 北美的智能电网	44
A2.1	引言	44
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
附件4	– 巴西的智能电网	48
A4.1	引言	48
A4.2	巴西的能源部门	49
A4.3	巴西的智能电网研究组	49
A4.4	电信问题	50
A4.5	技术数据	51
A4.6	LF测量	51
A4.7	结论	51
参考文献	54
附件5	– 韩国的智能电网	51
A5.1	韩国的智能电网路线图	51
A5.2	技术发展	53
附件6	– 印度尼西亚的智能电网	54
A6.1	引言	54
A6.2	智能电网的发展和挑战	55
附件7	– 中国智能电网无线接入技术的研究	57
A7.1	引言	57
A7.2	中国智能电网的无线接入技术	57
A7.3	结论	59

1 引言

智能电网一词用于从生成和生产来源至消费点的先进的提供系统公用事业服务（电力、煤气和水），并包括所有相关的管理和后台系统，以及综合现代数字信息技术。最终，智能电网配电基础设施更高的可靠性、安全性和效率，有望降低向用户提供公用事业服务的成本。

通信技术已成为许多公用事业公司拓展其智能电网基础设施的基本工具。例如在过去几年间，监督电力生产、分配和消费的主管部门和国家委员会承诺，将提高效率、环保、安全性和可靠性作为其努力将电力生产在全球产生的温室气体减少40%工作的一部分¹。智能电网系统是这一领域的关键支撑技术。

智能电网项目的主要目标是：

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

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先进电网部署的后盾。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。智能电网项目的关键在于对家庭和行业的有效的仪表测量，实现了对消费和与电网控制中心通信的实时监测，使消费和生产达到平衡，并以适当的价格水平供电。

在国际电联，智能电网的部署与为广泛网络目的开发的不同有线和无线技术紧密相关²。家庭以外的智能电网服务包括高级测量基础设施（AMI）、自动计量管理（AMM）、自动抄表系统（AMR）和配电自动化。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

智能电网项目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配电网络各部分的泛在连接。智能电网将需要与互联网相匹配的巨量双向数据流和复杂连接。欲进一步了解预计流经电力供应网络的通信信息，见国际电联技术论文“ITU-T G.9960建议书

¹ 欧盟委员会智能电网愿景和未来欧洲电网战略（2006年欧盟委员会第七次会议“欧盟委员会智能电网愿景报告”，见 <http://www.smartgrids.eu/documents/vision.pdf>）。

² IEEE 802有专门为智能电网和远程室外连接而开发的标准。

的应用，ITU-T G.9961智能电网应用收发信机：家庭和电气车辆的先进计量基础设施和能源管理”³。为使国际电联更加重视智能电网项目，与通过电力线提供连接和为智能电网应用专门设计PLT调制解调器相关的工作，自那时起便与G.9960框架内的较一般的家庭网络工作脱钩，而这项工作目前在G.9901、G.9902、G.9903和G.9904等ITU-T G.990x（前G.9955）系列建议书的框架内继续进行。

智能电网将提供信息叠加和控制基础设施，创建综合通信和感应网络。智能电网支撑的配电网络，能够使公用事业公司和客户同时提高对电力、水和煤气使用的控制。此外，该网络还能使公共事业公司的配电网络以前所未有的效率运行。

以下国家、研究机构、委员会、行业和标准制定机构，确定了智能电网和智能计量的特性与特征：

- 美国的近期立法⁴
- 智能电网互操作专门小组（SGIP）⁵
- 电力研究所（EPRI）⁶
- 美国能源部（DOE）推出的现代电网举措⁷
- 欧洲委员会战略研究议程⁸
- 最近英国有关智能计量落实工作的磋商⁹
- 电信行业协会负责智能公用事业网络的TR51委员会¹⁰

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

⁴ 2007年能源独立和安全法（公共法110-140）（标题XIII-智能电网）。
<http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>。

⁵ 评估智能电网应用无线标准的NISTIR7761v2优先行动计划2指导原则。

⁶ <http://my.epri.com/portal/server.pt>。

⁷ DOE推出的现代电网举措确定的现代或智能电网见
http://www.netl.doe.gov/smartgrid/referenceshelf/whitepapers/Integrated%20Communications_Final_v2_0.pdf。

⁸ EUR22580 – 未来欧洲电网战略研究议程（EC战略研究议程）2007年欧盟委员会第62次会议。
ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/energy/docs/smartgrids_agenda_en.pdf。

⁹ 英国能源和气候变化部举办了有关2010-2011年智能计量落实工作的磋商（10D/732 20/7/2010-30/03/2011）；磋商结果见：
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 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“监控”和“控制”功能连接在一起。信息和通信技术将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。信息和通信技术也将促进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（不干扰无线电通信业务）的其他电信系统和网元不产生冲突。

3.1 国际电联和标准制定组织的作用

电信业在智能电网应用中占据着重要地位，例如宽带接入可用于需求侧管理，云托管能源服务提供商可通过现有的宽带接入技术深入家庭中。此外，消费电子行业将在新能效标准基础上开发产品，且这些产品也将支持智能电网应用。智能电网应用的电信、电力和消费电子行业的融合将推动新的产品生态系统。这种融合必须在国际标准制定组织的支持下发生。

对这些应用和行业融合的支持将要求制定涵盖窄带通信和宽带通信及其整个电网中从发电到载荷的管理的新建议书或改进现有的建议书。这些研究将包括从物理层到异构网络传输或更高层协议的通信问题，以及智能电网需求和通信架构的定义。

鉴于智能电网应用的多学科性质，预计将需要在国际电联各部门之间（包括研究组、课题、焦点组（FG）、联合协调活动（JCA）、全球战略举措（GSI））并与国际组织、研究机构、行业联盟和其他积极开展智能电网项目的论坛进行高度合作。

目前正在国际电工技术委员会（IEC）中进行智能电网标准的全球协调工作，该委员会已制定了有关智能电网活动的战略展望和路线图¹¹，包括标准差距和相关建议（书）。

国际电联电信标准化部门（ITU-T）也在与IEC开展合作，在智能电网通信相关方面问题献计献策。现已与IEC TC 57 WG 20建立了很好的协作关系，且将酌情将这种协作关系扩展至IEC其他技术委员会和外部组织。如果不能进行相互间工作的很好协调，就可能出现重复工作并制定出互不兼容且不能互操作的标准的风险。

3.2 国际电联的内部协调

在ITU-T内部，由若干研究组研究并制定与接入网传送有关的建议书（如第5、9、13、15、16和17研究组）。ITU-T内部的协调举措以ITU-T智能电网焦点组以往收集的综合信息为基础，该组于2010年2月的ITU-T电信标准化咨询小组（TSAG）会议上成立，负责向ITU-T研究组提供有关标准化智能电网活动的通用平台，并与全球智能电网界（如研究机构、论坛、学术界、标准制定组织（SDO）和产业集群）开展协作。确定的目标是：

- 确定对标准制定的潜在影响；
- 研讨未来ITU-T研究项目和相关行动；
- 使ITU-T和标准界熟悉新兴的智能电网属性；
- 鼓励ITU-T和智能电网界的协作。

作为一项进一步举措，TSAG在其2012年1月会议上成立了称作“智能电网和家庭网络联合协调活动”（JCA SG&HN）的专门小组，负责协调ITU-T的内部活动。该专门小组取代了此前的家庭网络JCA（JCA-HN）。JCA SG&HN的职责范围是协调ITU-T内部和外部的智能电网所有网络相关方面和相关通信以及家庭网络标准化工作。JCA SG&HN已于2013年6月成功结束工作，自此，关于“智能电网和家庭网络”的协调工作由ITU-T第15研究组进行，该组将是ITU-T内部的中心协调机构。

此外，目前ITU-T第15研究组正在参与以下与智能电网主题相关的举措：

- [物联网联合协调活动（JCA-IoT）](#)
- [信息和通信技术（ICT）与气候变化联合协调活动（JCA-ICT&CC）](#)
- [M2M焦点组（FG-M2M）](#)
- [智能交通系统（ITS）通信标准协作](#)

ITU-R的作用是必要时对活动进行监督并干预，以确保支持智能电网通信的频率使用和射频功率举措不会干扰或降低无线电通信业务操作的质量，同时注意到，电网与人口分布情况密切相关，而且也与不受阻碍的无线电通信业务获取需求密不可分。

¹¹ 见<http://www.iec.ch/smartgrid>。

ITU-R部门就智能电网通信技术开展的并行活动，归属于ITU-R第1研究组的ITU-R 第236/1号课题，即“用于支持电网管理系统的无线和有线数据传输技术对无线电通信系统的影响。”

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

现有的本地配电系统旨在单向提供能源，缺少优化能源提供的智能。因此，能源公用事业公司必须扩大产电能力，以满足峰值能源需求，尽管这类峰值每年只出现几天的时间，而平均需求远低于这一水平。这实际上意味着在需求可能高于平均值的这几天当中，公用事业公司可能需要重启只偶尔使用但效率较低且更为昂贵的发电机。

欧盟、美国国会¹²、国际能源主管部门¹³和许多研究机构及公用事业公司都认为，智能电网是提高电力消费可靠性并降低其环境影响的基本技术。据EPRI估计，智能电网支持的电力配送可降低5%至10%的电耗，以及13%至25%的二氧化碳排放¹⁴。

4.2 整合可再生和配送能源

智能电网连接和通信可以解决自产电能的处理问题。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。但要想将分散的可再生能源接入电网往往很难、昂贵甚至不可能。此外，即使将可再生能源回馈给电网，全球的配电网也无法预测或应对这一电力回流。与净计量相关的技术将有助于分散的可再生能源在电网中的整合。分散能源生成和分配是智能电网支持的新的功能之一。

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，公共事业公司可以避免再生能源不可预测性带来的问题。能源和环境经济学公司（E3）和EPRI解决方案公司最近起草的加利福尼亚能源委员会关于配电自动化价值的报告

¹² 例如，最近美国的联邦立法“2007年能源独立和安全法案”（公共法110-140），提出将实施智能电网系统以实现电网现代化作为美国的一项政策，并要求联邦和州政府以及监管机构采取具体行动支持部署智能电网。

¹³ 国际能源机构，2008年能源技术展望，179。

¹⁴ 见未来电力部门框架：实现21世纪变革，42，电力研究所（2003年8月）（“EPRI报告”），见：http://www.globalregulatorynetwork.org/PDFs/ESFF_volume1.pdf。

指出，可实时管理的分布式电力存储（如电池或插入式车辆）的价值，可比未连接智能电网的资产高近90%¹⁵。

4.3 支持智能计量

智能计量是电网管理系统的应用之一，其功能包括：

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

以下是世界上用于无线电网管理系统的频段示范清单。

表1
用于无线电网管理系统的频段示例

频率（MHz）	地区/区域	与实际使用相关的意见
40-230（部分）， 470-694/698	北美、英国、欧洲、非洲 和日本	TV空白频谱，美国和英国已完成规则制定。欧洲正在制定规则
169.4-169.8125	欧洲	无线MBus
220-222	国际电联2区部分地区	在国际电联1区和伊朗，此频率范围是根据GE06协议用于地面广播的频段的一部分，不用于AMR/AMI
223-235	中国	许可频段
410-430	欧洲部分地区	
450-470	北美、欧洲部分地区	
470-510	中国	短程设备（SRD）频段
470-698	北美和欧洲	在国际电联1区和伊朗，此频率范围是根据GE06协议用于地面广播的频段的一部分，不用于AMR/AMI
779-787	中国	
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

¹⁵ 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后项目报告”](#)，第95页（2007年4月）（CEC报告）。

表1（结束）

频率 (MHz)	地区/区域	与实际使用相关的意见
896-901	北美	美国90部分的许可频段
901-902	北美	美国24部分的许可频段
902-928	北美、南美、澳大利亚	免许可的ISM。在澳大利亚和南美的部分国家，澳大利亚只分配了该频段的上半部分
915-921	欧洲部分地区	ERC 70-03建议书
917-923.5	韩国	
920-928	日本	
928-960	北美	美国22、24、90和101部分的许可频段
950-958	日本	与无源RFID共用
1 427-1 518	美国和加拿大	在1区的部分地区，即欧洲地区： <ul style="list-style-type: none"> - Ma02revCO07协议（国际电联登记为区域性协议）计划将1 452-1 479.2 MHz频率范围用于地面广播，而相关EC决定则规划将它用于辅助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。 - 未用于AMR/AMI
2 400-2 483.5	全球	
3 550-3 700	美国	获区域许可
5 250-5 350	北美、欧洲、日本	
5 470-5 725	北美、欧洲、日本	
5 725-5 850	北美	免许可，ISM频段

也可将3GPP2 cdma2000多载波系列技术用于电网管理应用。用于cdma2000扩频系统的3GPP2 C.S0057-E v1.0频段等级规范中确定了适用频段。

4.4 提供弹性网络

遥感技术以及电力配电线路使网络运营商能够实时收集其网络状态信息，这使供应商可在重要的国家性基础设施发生故障前预防运行中断，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分配系统中的传感器处收集和分析数据，从而指出哪个部分的性能受到了影响。通过最大限度扩展其维护计划，配电公司可防止发生断路情况，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。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和与此相关的最终用户断电现象只能有增无减。智能电网将在这场持续争夺控制权的战争中提供一种实实在在的工具。

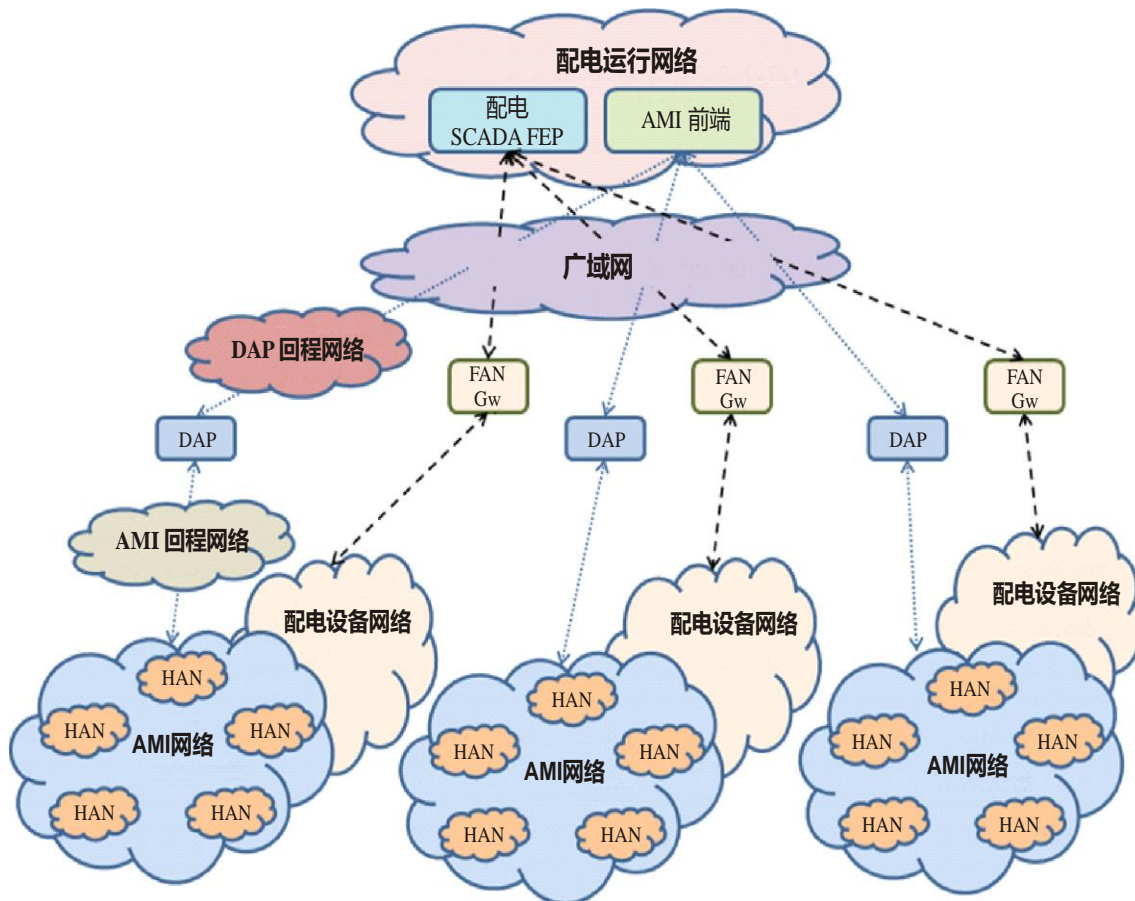
5 智能电网参考架构概述

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¹⁶：

- 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设备上游变电站连接路径或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） – 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范围，或是像农村环境中的几英里区域那么大的范围。
- 广域网（WAN）。
- 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。
- 数据采集与监视控制系统（SCADA） – 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。

¹⁶ 定义和图源自[NISTIR 7761 2013-07-12](#)。

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。

针对智能电网通信无线成分所用频率是否应源自为此目的进行划分且对之予以保护的频段，还是应源自不受监管的频段（如免除单独许可的频段）的问题，各方的观点大相径庭（如，英国能源与气候变化部开展的磋商期间收到的观点¹⁷）。请注意，在一些国家，账单和收费数据被视为个人数据，因此，受到数据保护法的严格保护。

许多无线技术提供强大的安全和隐私功能，可以保护智能电网应用中的用户数据。例如，IEEE 802标准提供强健的链路集隐私和安全保护，非常适宜保护有线和无线网络（许可和免许可频段中操作）中的个人数据。此外，3GPP技术为全网范围内的授权、认证、隐私和安全提供保护手段。

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。

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

6.1 经过电力线的智能电网通信

可供考虑的早期备选方案之一，是根据以下简单理由提出的电力线通信/电信（PLC），即电力供应线路自身保证电力供应网络各部分之间的泛在连通性，而且必要的数字信号可通过电力线本身进行端到端的传送。但这忽略了一些重要的问题，如电力线沿线的衰减和噪声，以及如何在电网中路由信号，以及至关重要的数据完整性。

ITU-T部门参与PLC工作的理由是，虽然数据通信的主要电气布线越来越普及，电力线并不是为通信目的而设计或安装的，ITU-T尤其关注用于输电的无屏蔽和无捻丝电线，因为它们易受到多种类型的强干扰¹⁸，许多电气设备也成为电线的噪声源。

由于电力线通信易受外来干扰，自2010年以来，ITU-T第15研究组通过ITU-T G.9960系列建议书为通用PLC应用开发了高级通信和噪声缓解技术。近来，ITU-T通过旨在具体支持智能电网连通性和通信的ITU-T G.990x（G.9901、G.9902、G.9903、G.9904）系列建议书（前G.9955），开发了一系列窄带电力线通信（NB-PLC）技术。通过在欧洲、亚洲和美洲多个国家安装设备，其中两份建议书（G.9903和G.9904）经受了实地检验。IEEE标准协会制定了将PLC用于智能电网应用的标准，即IEEE Std1901.2-2013标准。

ITU-T G.990x（如G.9955）系列建议书（见表2 – G.9901、G.9902、G.9903、G.9904）确定了用于NB-PLC的频率范围，即是CENELEC¹⁹和CEPT²⁰为欧洲、FCC为美国，以及ARIB为日本确定的使用范围。此外，G.990x系列建议书设定的传导和辐射干扰限值符合IEC CISPR 22标准，即“信息技术设备 – 无线电干扰特性 – 限值与测量方法”，并符合低于148.5 kHz频率的CENELEC EN 50065-1（2011）标准。

¹⁸ 见ITU-T指导文件第5.1.2节：<http://www.itu.int/pub/T-TUT-HOME-2010/en>。

¹⁹ [欧洲电工标准化委员会](#)。

²⁰ [欧洲邮电主管部门大会](#)。

表 2
与智能电网通信相关的ITU-T建议书

建议书编号	建议书标题
G.9901	窄带OFDM电力线通信收发信机 – 功率频谱密度规范
G.9902	ITU-T G.hnem网络的窄带OFDM电力线通信收发信机
G.9903	G3-PLC网络的窄带OFDM电力线通信收发信机
G.9904	PRIME网络的窄带OFDM电力线通信收发信机
G.9905	以计量标准为基础的集中式来源路由
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 G.990x系列建议书推荐用于NB-PLC/智能电网的频率范围使用了最佳做法，以避免因为用于智能电网通信的PLT的泛在部署而可能出现与无线电通信业务的不兼容现象。然而，其他标准制定机构（SDO）和国际电联以外的行业集团，对开发供智能电网应用使用的PLT产品表示关注，因为这些产品应充分考虑到兼容性要求。

6.2 经过有线网络的智能电网通信

除电力线电信外，在公用事业用地可用时，常常将诸如光纤和铜线等传统有线方案用于广域网。

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。

根据不同距离上的多种光纤和专用线独立铜介质。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
- 第一英里的IEEE 802.3以太网

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，比如燃气或水表。

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抑或在区域和国家一级指定用于解除管制的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较深入的磋商，因为智能电网通信可能包括免费供解除管制用途使用频段的计费和个人数据。

根据国家和区域指定的解除管制用途，属于900 MHz左右频段内的多个频率目前被认为适用于ITU-T G.9959建议书规定的用途，其中2区的两个用途处于指定用于ISM应用的频段。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²¹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。G.9959的未来频谱需求以及用于智能电网的类似技术可能会成为第23届世界无线电通信大会（WRC-23）议程议项2.5下的一个问题。

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。对于不受监管的频谱中的操作（如单独许可），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。

²¹ 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）。

7.2 WAN/NAN/FAN

WAN/NAN/FAN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
- 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
- 可用性
- 可靠性
- 监管（如可许可）与非监管（如免许可）频谱。

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

其他可满足智能电网要求的无线通信技术包括蜂窝技术和声音广播技术。应用3GPP的蜂窝网络（如GSM/EDGE、WCDMA/HSPA和LTE）已经从提供通话服务发展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章所述的改善室内覆盖度。智能电表采用3GPP技术，具有独立的监控功能。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。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标准。

8 对涉及部署用于支持电网管理系统的无线和有线技术和设备的无线通信系统，应考虑哪些干扰因素

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。
- 为利用这些频段，联邦通信委员会和英国通信管理局等监管机构针对不同频段提出了必须严格遵守的发射限值。
- 在IEEE 802标准（如亦称Wi-FAR™的IEEE 802.22-2011™）范围内开发的新的认知无线电共用技术可有效利用频谱，同时又不损害在这些频段或相邻频段运行的其他主要用户。
- 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。

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。

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：

- 码分多址cdma2000 1x
- 码分多址cdma2000 High Rate Packet Data高速率分组数据/演进数据优化（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。

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，是使频谱可用性免受与这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。
- 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吉字节的数据。无线智能电网设备的数据使用量级较小。无线电信公司管理的许可频谱能够轻易地处理递增的业务量。
- 联邦通信委员会和英国电信监管机构等监管机构的现行规定，已成功地使数百万无线智能电网设备在无互相伤害的情况下运行。
- IEEE 802无线标准采用多项技术，如跳频、网格选路、分段存储、加密和高突发速率，以实现可靠的无线智能电网。此外，无线智能电网对于链路中断和停电具有适应性。
- 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，同时又不对在这些频段或相邻频段运行的主要业务用户造成损害。
- 频谱感应、频谱礼仪、信道及管理 and 共存等嵌入IEEE 802标准的特性，将确保自身和他方受到最低程度的干扰。
- 蜂窝无线3GPP技术不断发展，3GPP第13版已经引入与智能电网相关的新特性，以支持：
 - 最大耦合损耗为164 dB。

- 在使用5瓦时电池的基础上至少运行10年，满足以低频数据传输为特征的流量模式。
- 即使在系统边缘，小数据包传输最多10秒的延迟，即164 dB的耦合损耗。
- 每平方千米至少支持60 000个设备的能力。
- 通过使用加密和完整性保护将数据包安全传输。
- 低复杂性的系统和设备设计利于支持大量MTC应用。
- 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，
- 几乎在全球实现可靠的蜂窝网络覆盖。

10 结论

采用无线、PLT或其他连接感应器和智能仪表的通信技术的高容量双向通信网络，可将现有的公用事业公司配电网络改造成为智能电网。

利用智能电网的智能计量和通信，将原则上允许消费者以最有利于他们的方式监测和改变其消费形式。公用事业公司也将推出实时的定价措施，根据总体需求和配电网络的完整性持续调整费用。原则上还可根据具体的高使用率家庭电器和工业设备等级，对需求进行管理。

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。

附件1

与电网管理系统相关的现行标准示例

A1.1 IEEE标准

IEEE 802具有适用于电网管理系统头一英里应用的多项无线标准。相关IEEE 802无线标准的技术和工作特性的总结见下表。

注 – 与IEEE Std 802.11相关的技术参数，请见ITU-R M.1450建议书中的表2。

表A1.1

IEEE 802.11标准的技术和操作特性

项目	802.11	802.11ah ²²		802.11n	802.11ac
		模型 1 ²³	模型 2 ²⁴		
支持的频段（许可或非许可）	2.4 GHz	900 MHz	900 MHz	2.4 GHz	5 GHz
标称操作范围	1.5 km	2 km	2 km	0.25 km	0.14 km
移动功能（游牧/移动）	游牧和移动	游牧	游牧	游牧和移动	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）	2 Mb/s	156 Mb/s	1.3 Mb/s	600 Mb/s	6 934 Mb/s
双工方法（FDD、TDD等）	TDD				
标称RF带宽	20 MHz	1、2、4、8、16 MHz	2 MHz	20、40 MHz	20、40、80、160 MHz
分集技术	时空				
支持MIMO（有/无）	无	有	无	有	有
波束控制/成形	无	有	有	有	有
转发	自动重复请求（ARQ）				
前向纠错	有	卷积码和LDPC	卷积码和LDPC	有	有
干扰管理	对话前监听	对话前监听和频道选择	对话前监听和频道选择	对话前监听	对话前监听

²² IEEE P802.11ah是一个事实上已完成了的项目，但在编拟本报告之际，正在等待批准程序的结果。

²³ 模型1是系列说明+室内模式。

²⁴ 模型2是具体的操作模型+室外模式。

表A1.1 (完)

项目	802.11	802.11ah ²⁵		802.11n	802.11ac
		模型1 ²⁶	模型2 ²⁷		
功率管理	有				
连接拓扑	点到点、多跳、星状				
媒体接入方法	CSMA/CA				
多接入方法	CSMA	CSMA/TDMA	CSMA/TDMA	CSMA	CSMA
发现关联方法	无源和有源扫描				
服务质量法	无线队列优先级、通过数据标记和业务优先				
位置意识	有				
测距	有				
加密	AES-128、AES-256				
认证/重放保护	有				
密钥交换	有				
流氓节点检测	有				
独特设备识别	48位唯一标识符				

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

²⁵ IEEE P802.11ah是一个事实上已完成了的项目，但在编拟本报告之际，正在等待批准程序的结果。

²⁶ 模型1是系列说明+室内模式。

²⁷ 模型2是具体的操作模型+室外模式。

表A1.2 (完)

项目	数值
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
前项纠错	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)
发现关联方法	无缘和有缘扫描
服务质量法	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
独特设备识别	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 (许可或被许可)	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5千米距离进行优化, 作用距离达100千米
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

表A1.3 (完)

项目	数值
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
发现关联方法	通过CID/SFID的自主发现和关联
服务质量法	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。
独特设备识别	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公里（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
发现关联方法	由BS-UT相互认证实现
服务质量法	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
独特设备识别	有

表A1.5

IEEE802.22标准的技术和操作特性

项目	数值
支持的频段（许可或被许可）	54-862 MHz
标称操作范围	在典型PMP的点-to-多点（PMP）环境中为30千米距离进行优化，作用距离达100千米
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
发现关联方法	有，通过MAC ID、CID和SFID设备
服务质量法	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
独特设备识别	48位独特设备标识符，X.509证书

A1.2 ITU-T标准

ITU-T G.990x（G.9901、G.9902、G.9903、G.9904）系列NB-PLC建议书的制定，旨在向智能电网连接和通信提供支持。对于ITU-T介绍的两项经过实地验证的NB-PLC技术的技术和操作特性总结见下表。

表A1.6

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
发现关联方法	6LoWPAN和基于EAP-PSK	具体网络注册程序
服务质量法	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
独特设备识别	64位唯一标识符设备	64位唯一标识符设备

A1.3 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），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：

- 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。

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

表A1.7
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A1.7 (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%)	FD-FDD: 800 kbit/s DL 1 Mbit/s UL HD-FDD: 300 kbit/s DL 375 kbit/s UL (考虑到协议限制。)	21.3 kbit/s DL 62.5 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A1.7 (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	平方千米	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	40 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A1.7 (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)	FD-FDD: 1 Mbit/s HD-FDD: 1 Mbit/s (假设UE类别为M1 (见3GPP36.306))	250 kbit/s (假设UE类别为NB1 (见3GPP 36.306))
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。)	FD-FDD: 1 Mbit/s HD-FDD: 1 Mbit/s (假设UE类别为M1 (见3GPP 36.306))	LTE 波段内操作: 170 kbit/s 独立操作: 226.7 kbit/s (假设 UE 类别为 NB1 (见3GPP 36.306))

表A1.7 (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

表A1.7 (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	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	LTE波段内操 作: 1.08 MHz 独立操作: 1.4 MHz	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A1.7 (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	LTE 波段内操作: 1.56 bit/s/Hz 独立操作: 1.56 bit/s/Hz	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
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
帧时长	ms	120/26 ms TDMA帧 GPRS: 20 ms TTI EGPRS/EGPRS2-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)

表A1.7 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
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
纠错技术		删除型卷积编 码，在 EGPRS2-A中 增加Turbo	删除型卷积 编码	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	DL中的截尾卷 积码； UL中的 TurboL

表A1.7 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
干扰消除		有	有	无	有	有	有	有
运行的RF频率		每3GPP 45.005的多频段	每3GPP 45.005的多频段	由3GPP 25.101规定	由3GPP 25.101规定	由3GPP 36.101规定	由3GPP 36.101规定	由3GPP 36.101规定
重试		可配置	可配置	可配置	可配置	可配置	可配置	可配置
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测量参考信号接收功率 (RSRP)。

表A1.7 (续)

功能特性	测量单位	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
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%
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和省电模式	有, 如拓展DRX和省电模式
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和省电模式	有, 如拓展DRX和省电模式
点到点		有	有	有	有	有	有	有
点到多点		有	无	有	有	有	无	无
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A1.7 (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A1.7 (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 & 25.102	根据3GPP 25.101 & 25.102	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104
RF噪声源 – 其他无线电		根据3GPP 45.005 & 45.050	根据3GPP 45.005 & 45.050	根据3GPP 25.942	根据3GPP 25.942	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104
RF噪声源 – 其他电器设备		根据3GPP 45.005 & 45.050	根据3GPP 45.005 & 45.050	根据3GPP 25.943	根据3GPP 25.943	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104
接收机灵敏度	dBm	根据3GPP 45.005	根据3GPP 45.005	根据3GPP 25.101 & 25.102	根据3GPP 25.101 & 25.102	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 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 & 25.102	根据3GPP 25.101 & 25.102	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104

表A1.7 (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 & 25.102	根据3GPP 25.101 & 25.102	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104
天线增益	dBi	根据3GPP 45.005	根据3GPP 45.005	根据3GPP 25.101 & 25.102	根据3GPP 25.101 & 25.102	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104
本底噪声	dBm	根据3GPP 45.050	根据3GPP 45.005	根据3GPP 25.101 & 25.102	根据3GPP 25.101 & 25.102	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 36.104	根据3GPP 36.101 & 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

A1.4 3GPP2标准

3GPP2拥有多种适用于电网管理系统的无线标准。对相关3GPP2无线标准技术和操作特性的总结见下表。

表A1.8

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） 上行链路为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
重发	HARQ	HARQ	HARQ
前向纠错	卷积码和Turbo	卷积码和Turbo	卷积码和Turbo

表A1.8 (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)
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
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²⁸。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²⁹。

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……”³⁰

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”³¹。

²⁸ 2008年底，加州空气资源委员会(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。”加州空气资源委员会界定规划，附录卷I，C-96、97、CARB（2008年12月）。

²⁹ 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、可再生和智能仪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。”

³⁰ 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。

³¹ 同上。

国家机构³²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]将仪表、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”³³。

附件3

欧洲的智能电网

A3.1 引言

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源效率挑战的解决方案，其中包括所有以下举措：

- **2008年1月 – Fiona Hall MEP**题为“提高能源效率：释放潜力的行动计划”³⁴的报告，报告认识到信息通信技术在欧洲超越20%增效目标的生产力进一步提高中所发挥的重要作用并认识到，“智能电网这类技术应成为有效政策建议的主题”。
- **2008年6月 – 欧洲议会有关内部电力市场的通用规则指令（一读）**³⁵指出，“结合智能仪表和电网的定价方式须促进家庭用户，尤其是能源短缺家庭采取节能行为并在最大程度上降低成本。”

³² “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。”）

³³ 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仪表开发的通信系统，不适于支持全面的智能电网建设。与收集仪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。

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>。

- 智能电网欧洲技术平台³⁶旨在“为面向2020年的欧洲电网的发展制定愿景并推动其实现”，尤其将探讨如何利用先进的ICT使电网在满足不断变化的欧洲需求的过程中保持灵活性、可用性、可靠性和经济性。
- **Address项目**³⁷（全面整合了需求和能源资源分配的有源配电网）是欧盟资助的项目，旨在为未来智能电网发展的“积极需求”提供全面的商业和技术框架。ADDRESS包含来自11个欧洲国家的25个合作伙伴，涉及整个供电链。PLT是ADDRESS项目中的重要组成部分³⁸。

A3.2 欧洲在一些成员国中开展的活动³⁹

A3.2.1 欧洲电网工业计划

欧洲电网工业计划⁴⁰是由欧洲委员会在欧洲战略能源技术（SET）规划框架内提出的。

欧洲委员会能源总局于2007年11月22日提出了SET规划以便开展研究，从而加速提供新能源技术并为欧洲能源技术发展制定长期框架。SET规划将欧洲委员会的协调能力、欧洲重要机构和大学的研究能力、欧洲业界的参与力，以及各成员国的承诺汇聚成一股力量。SET规划应对的两项挑战之一是筹集更多财务资源，以便开展研究并在行业范围内进行相关基础设施演示和市场复制项目。在SET规划往来通信中，委员会通报了欧洲共同体（2007-2013年）第7次框架方案和欧洲智能能源计划预算的增长情况。

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 见2009年11月9日今日智能电网，“Iberdrola，EDP在EUTC活动中宣布大规模扩大智能电网”（“Iberdrola利用PLC连接其智能仪表，同时EDP混合使用PLC和无线技术”）。

³⁹ 全段来源：欧洲监管机构电力和天然气小组有关智能网的立场文稿 – 文号：E09-EQS-30-04，附件IIIhttp://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/EER_CONSULT/CLOSED%20PUBLIC%20CONSULTATIONS/ELECTRICITY/Smart%20Grids/CD。

⁴⁰ 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。

与前一个计划⁴¹相比，用于能源研究（EC and Euratom）的年度平均预算从 5.74 亿欧元增长至 8.86 亿欧元。用于欧洲智能能源计划的年平均预算将达 1 亿欧元，是上一个计划的两倍。

为使欧洲业界参与进来，欧洲委员会提出于 2009 年春季开展六项欧洲行业举措（EII），涉及风、太阳、生物能源、CO₂的捕获、运输和仓储、电网和核裂变等领域。EII 旨在加强能源研究和创新，加速技术部署，突破停滞不前的局面。EII 将整合相关资源，并汇聚行业各方力量，在这些行业内部分担风险、共享公众私营伙伴关系和资金，并在欧洲范围内发挥增值作用。

有关电网的EII将侧重于发展智能电力系统（包括储备）以及为落实欧洲输电网络研究计划创建欧洲中心⁴²，从而最终实现统一欧洲智能电网的目标，全面整合可再生和分布式能源源头⁴³。至于其他欧洲工业计划，关于电网的EII应在降低成本或改善性能方面具有可衡量的目标。

A3.2.2 国家技术平台 – 德国智能电网

“电子能源：基于ICT的未来能源系统”⁴⁴是联邦德国新技术政策中重点支持和资助的领域。就像“电子商务”或“电子政务”一样，缩略词“电子能源”表示整个能源供应系统的全方位数字连接和基于计算机的控制和监测。

项目决定首选电力行业，因为电力储备能力有限，因此在实施互动和计算机智能方面的挑战异常突出。电子能源的首要目标是创建电子能源示范区，展示如何通过最深入地发掘信息通信技术（ICT）的优化潜力进一步提高效率，完善供电安全和环境兼容性（能源与气候政策的基石），以及如何由此创造新的就业机会并开拓市场。该项目的创新之处突出表现在综合的ICT系统理念，对整个供电系统链中的效率、供电安全和环境兼容性的优化（从发电到输配电再到用电），以及在区域性电子能源示范项目中的发展和实时测试。

为跟上所需的创新发展步伐，并增多创新成果，电子能源计划侧重于以下三个方面：

- 1) 开拓电子能源市场，推进市场各方之间的电子法律交易和业务往来；

⁴¹ 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。

⁴² 构建欧洲电网中心的建议源于6FP RELIANCE项目，8家欧洲输电系统运营商参与了该项目。

⁴³ 欧洲委员会“欧洲未来的能源：战略能源技术（SET）规划”，2008年10月28日。

⁴⁴ <http://www.e-energy.de/en/>。

- 2) 技术系统和部件的数字互联和计算机化，以及以这些系统和部件为基础的过程控制和维护活动，以确保整个技术系统基本实现独立监测、分析、控制和调节；
- 3) 电子能源市场和总体技术系统之间的在线结合，确保业务和技术操作之间实现实时数字互动。

通过举办电子能源技术比赛产生了六个获奖示范项目。这些项目均采用综合系统方式，涵盖市场和技术操作层面所有与能源相关的经济活动。

该计划将持续4年时间，通过参与企业的股本投入，项目将为六个电子能源示范区的建设筹集1.4亿欧元：

- eTelligence, Cuxhaven示范区
主题：能源、市场和电网智能化
- E-DeMa, Ruhr区域示范区
主题：采用分散的综合能源系统实现未来的电子能源市场
- MeRegio
主题：最小发射区
- Mannheim示范城
主题：Rhein-Neckar 示范区中的Mannheim示范城
- RegModHarz
主题：Harz再生示范区
- 智能Watts, Aachen示范区
主题：利用能源网提高效率，提高消费者利益

除项目协调人员外，诸如电器设备厂商、系统集成商、服务提供商、研究机构和大学等其它各方均参与到项目中。

到2012年，所选示范区将制定其向市场发布的提案并在日常应用中检验营销能力。

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个仪表所需的成本。

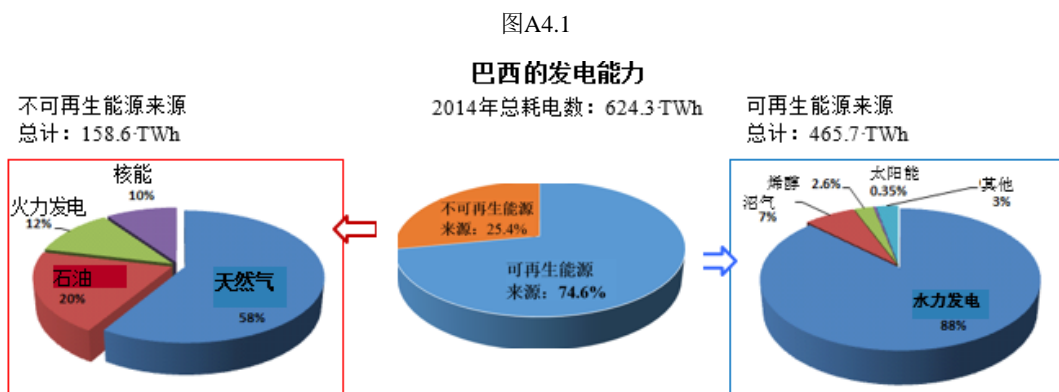
此外，私营机构也开展了其他研究，并公布了研究成果，如由ABRADEE和APTEL领导的研究以及与电力行业相关的非营利协会进行的研究。

- 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%。



巴西平均耗电量为68GW，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，以便于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研究突出强调了这样的需要，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”愿景，并概括了智能电网路线图的主要内容⁴⁵。通过2009年10月以来征集业界、学术界和研究机构专家的意见于2010年1月宣布了最终路线图。根据国家路线图，智能电网项目已在以下5个领域实施，从而在2030年之前将智能电网遍布全国：

- 1) 智能电力网
- 2) 智能地方
- 3) 智能交通
- 4) 智能可再生能源
- 5) 智能电力服务

韩国的智能电网项目将分3个阶段落实：第一阶段旨在建设并运行智能电网测试点，以测试相关技术。第二阶段是将测试点扩大到都市地区，同时提高消费端智能化水平。最后一阶段用来完成全国范围内智能电网的建设，从而实现所有的智能网络建设。

⁴⁵ <http://www.ksmartgrid.org/eng/>。

图A5.1

韩国的智能电网络线图

按阶段实施的方向	第一阶段（2010-2012年） 建设和运行智能电网测试点 （技术认证）	第二阶段（2012-2020年） 向都市地区扩大 （智能消费者）	第三阶段（2021-2030年） 完成国家智能电网建设 （智能电网）
智能电网	-实时智能电网监测 -数字电力输送 -运行优化的配电系统	-预测电网中可能发生的故障 -将电力系统与其它国家的系统相连接 -将电力传送系统与分布式发电和蓄电设备相连接	-电力网的自我恢复 -运行整合的能源智能网
智能消费	-智能家庭的电力管理 -各种消费选择（包括费率）	-建筑物/工厂的智能电力管理 -鼓励消费者发电	-零能源家庭/建筑物
智能交通	-建设并测试电动车充电设施 -将电动车辆运行作为试点项目	-在全国范围内扩大电动车充电设施 -有效维护并管理电动车	-普遍提供充电设施 -采用多样化充电方法 -使用便携式蓄电设备
智能 可再生能源	-通过连接分布式发电、蓄电设备和电动车来运行微网格 -扩大蓄电设备和分布式发电系统的使用范围	-通过微网格优化运行电力系统 -扩大电力存储设备的使用	-普遍提供可再生能源
智能 电力服务	-消费者选择用电费率 -消费者出售可再生能源	-促进电力衍生品交易 -在全国范围内实施实时定价系统 -出现自愿市场参与方	-促进各类电力交易 -推动电力行业的市场融合 -领导东南亚地区的电力市场

SM.2351报告-A5-01

在完成第三阶段后，智能电网的成果和收益将显而易见。通过智能电网，韩国计划降低6%的全国耗电量，同时在更广的范围内推动风电和太阳能等新型可再生能源的使用。此外，到2030年，韩国将减少排放2.3亿吨温室气体，每年创造50 000个就业岗位，国内市场规模将达到680亿韩元。长期积累的经验为韩国走向国际市场奠定了基础。韩国的绿色增长将极有助于防止未来全球变暖趋势发展。

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。

A5.2 技术发展

智能网测试点是一个有3 000户人家的城市（10MW），该城市至少具有两个电容器的两个变电站，每个电容器都有两条变电线。智能网测试点将作为“利用IT的电力传输”以及新型可再生能源资源研究项目所在地。

五个区域中约有10个联合企业参与了技术和商业模式的开发测试，并按照表A5.1分两个阶段落实了该项目。

表A5.1

Jeju测试点阶段性实施计划

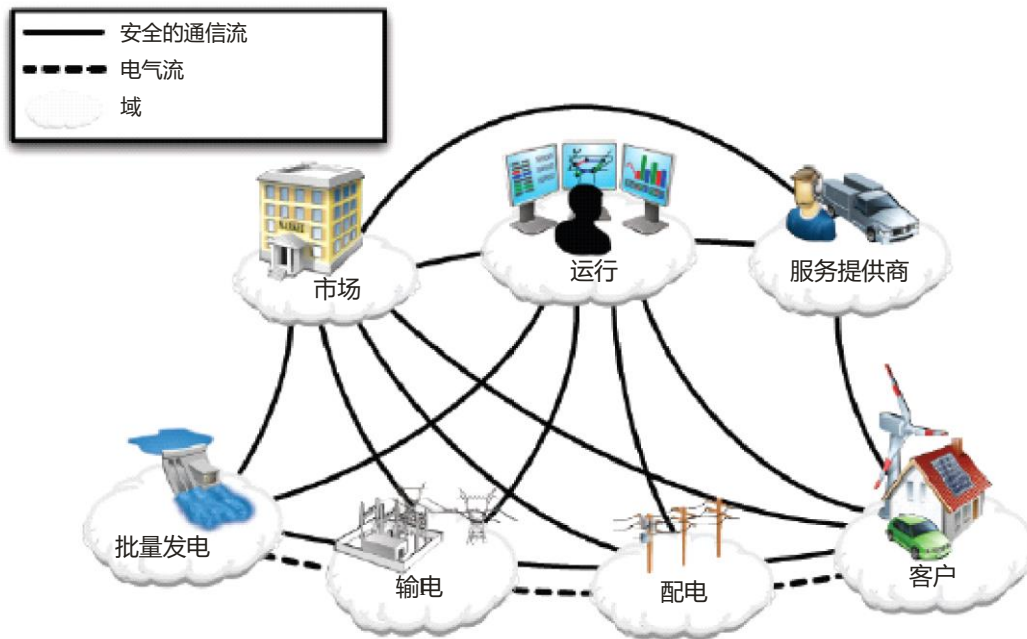
阶段	时间	重点领域	重点内容
基本阶段 (基础设施建设)	2010-2011年	智能电网 智能地方 智能交通	将电网和消费者、电网和电动车辆联系起来
扩展阶段 (综合运行)	2012-2013年	智能可再生能源 智能电力 服务	<ul style="list-style-type: none"> - 提供新的电力服务 - 将可再生能源纳入电力网

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，这其中有7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。

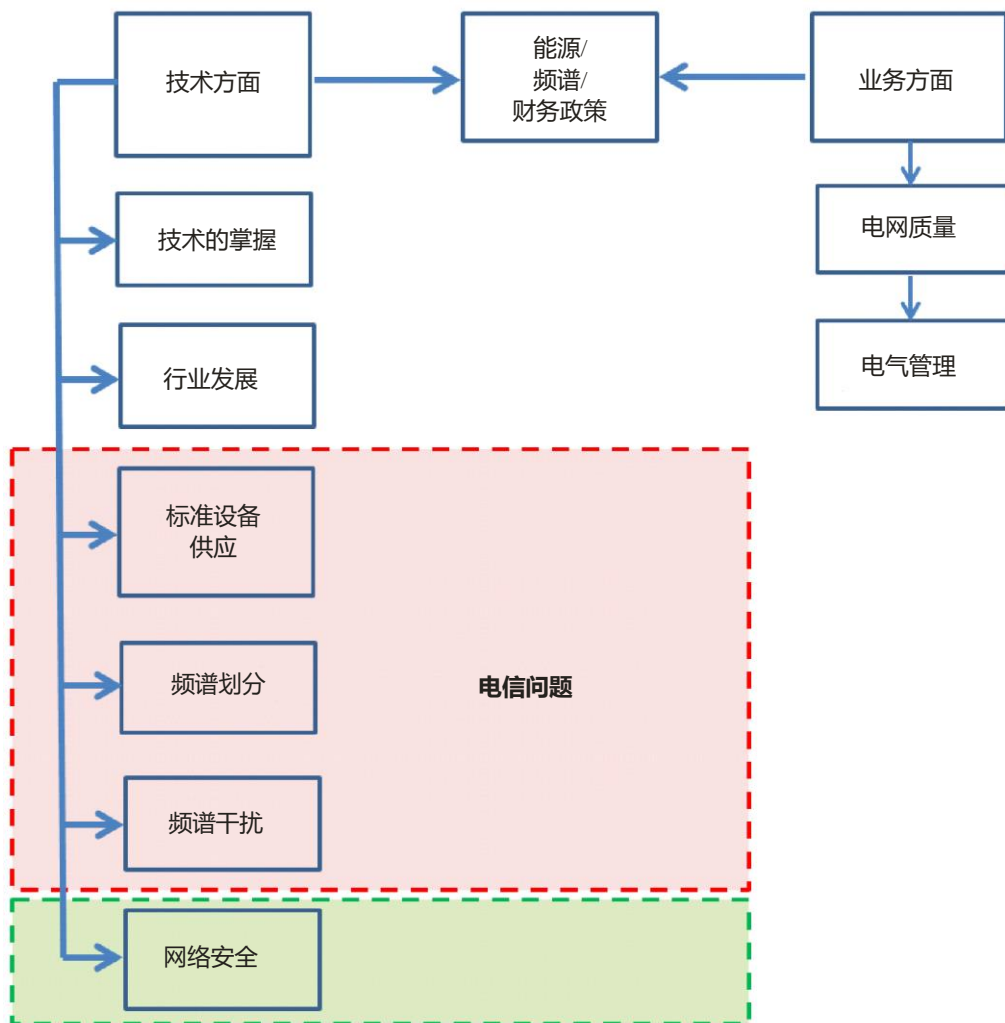
在电力/能源消耗中，能源的消耗和价格均上涨。这种情况与移动服务用户的增长相辅相成。

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，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。迄今为止，新的无线通信系统已在中国智能电网内开展了大规模试点应用。

A7.2 中国智能电网的无线接入技术

A7.2.1 引言

智能广域覆盖行业无线网络（SWIN）在设计中全面考虑到智能电网的业务需求。该网络基于4G技术，并在用于智能电网的223-235 MHz频段中获得许可。与窄带无线通信系统相比，该系统具有诸多优势，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、电力网管理能力突出等。

A7.2.2 主要技术特性

中国国家无线电管理局以25 kHz为单位，已对223-235 MHz频段进行了划分。有关频谱特性，SWIN可整合多个分离窄带频段，从而进行宽带数据传输。与此同时，利用频谱传感技术检测相邻频段RAT之间的干扰情况并改进共存能力是SWIN的关键技术之一。该技术可确保与窄带系统在223-235 MHz频段内实现共存。

表A7.1

SWIN的技术和操作特性

项目	数值
支持的频段（许可或被许可）(MHz)	许可频段：223-235 MHz
标称操作范围	3~30 km
移动性能力（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）	1.5 UL/0.5 DL Mbit/s (1 M BW) 13 UL/5 DL Mbit/s (8.5 M BW)
双功方法（FDD、TDD等）	TDD
标称的RF带宽	可选：25 kHz – 12 MHz
MIMO支持	否
转发	HARQ
前向纠错	卷积、涡轮
干扰管理	分段频率复用、频谱传感
功率管理	是
连接拓扑	点对多点
媒体接入方法	随机接入（有争议和无争议的）
多接入方法	SC-FDMA（上行链路）和OFDMA（下行链路）
发现关联方法	自主发现、通过承载相关
服务质量法	QoS插分（5级支持、可扩展）
位置意识	是
加密	ZUC
认证/重放保护	是
密钥交换	是
流氓节点检测	是
独特设备识别	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已部署于配电和用电通信网中。迄今为止，SWIN测试网已在中国13个省部署，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。

A7.2.4 标准化

目前，中国智能电网运营公司（国家电网公司）已开始制定SWIN标准。国家无线电监测中心的测试中心（国家无线电频谱管理组织）和中国通信标准化协会（CCSA）正在制定SWIN RF标准，以确保相同频段内系统共存。与此同时，SWIN的国家标准化工作正在进行之中。

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可通过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。
