**智能电网中的通信技术**

学 院（系）： 软件学院

专 业： 物联网

学 生 姓 名： 庄浩麒

学 号： 201492473

班 级： 软网1401

完 成 日 期： 2016.6.10

大连理工大学

Dalian University of Technology

目录

[一、 智能电网概述 2](#_Toc453341368)

[ 智能电网定义 2](#_Toc453341369)

[ 背景 3](#_Toc453341370)

[ 智能电网的优势 3](#_Toc453341371)

[ 关键技术 5](#_Toc453341372)

[二、 通信技术 6](#_Toc453341373)

[ 现有通信技术及其优缺点 6](#_Toc453341374)

[ 智能电网中的通信技术 10](#_Toc453341375)

## 智能电网概述

### 智能电网定义

美国能源部《Grid 2030》：一个完全自动化的电力传输网络，能够监视和控制每个用户和电网节点，保证从电厂到终端用户整个输配电过程中所有节点之间的信息和电能的双向流动。

中国物联网校企联盟：智能电网由很多部分组成，可分为：智能变电站，智能配电网，智能电能表，智能交互终端，智能调度，智能家电，智能用电楼宇，智能城市用电网，智能发电系统，新型储能系统。现在对其中的一部分做简单介绍。

欧洲技术论坛：一个可整合所有连接到电网用户所有行为的电力传输网络，以有效提供持续、经济和安全的电力。

国家电网[中国电力科学研究院](http://baike.baidu.com/view/573141.htm" \t "_blank)： 以物理电网为基础(中国的智能电网是以特高压电网为骨干网架、各电压等级电网协调发展的坚强电网为基础)，将现代先进的传感测量技术、通讯技术、信息技 术、计算机技术和控制技术与物理电网高度集成而形成的新型电网。它以充分满足用户对电力的需求和优化资源配置、确保电力供应的安全性、可靠性和经济性、满 足环保约束、保证电能质量、适应电力市场化发展等为目的，实现对用户可靠、经济、清洁、互动的电力供应和增值服务。

[智能](http://baike.baidu.com/subview/375267/9975769.htm)[电网](http://baike.baidu.com/view/69135.htm)就是电网的[智能化](http://baike.baidu.com/view/335547.htm)（[智电电力](http://baike.baidu.com/view/6948158.htm)），也被称为“电网2.0”，它是建立在集成的、高速双向通信网络的基础上，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用，实现电网的[可靠](http://baike.baidu.com/view/190360.htm)、[安全](http://baike.baidu.com/subview/4547/8036693.htm)、[经济](http://baike.baidu.com/view/20838.htm)、[高效](http://baike.baidu.com/view/1923395.htm)、环境友好和使用安全的目标，其主要特征包括自愈、激励和包括用户、抵御攻击、提供满足21世纪用户需求的电能质量、容许各种不同发电形式的接入、启动电力市场以及资产的优化高效运行。

### 背景

[智能电网](http://baike.baidu.com/view/2723256.htm)的发展在全世界还处于起步阶段，没有一个共同的精确定义，其技术大致可分为四个领域：高级量测体系、高级配电运行、高级输电运行和高级资产管理。高级量测体系主要作用是授权给用户，使系统同负荷建立起联系，使用户能够支持电网的运 行；高级配电运行核心是在线实时决策指挥，目标是灾变防治，实现大面积连锁故障的预防；高级输电运行主要作用是强调阻塞管理和降低大规模停运的风险；高级 资产管理是在系统中安装大量可以提供系统参数和设备（资产）“健康”状况的高级传感器，并把所收集到的实时信息与资源管理、模拟与仿真等过程集成，改进电 网的运行和效率。智能电网是物联网的重要应用，《计算机学报》刊登的《智能电网信息系统体系结构研究》一文对此进行了详细论述，并分析了智能电网信息系统 的体系结构。

### 智能电网的优势

#### 更先进

与现有电网相比，智能电网体现出电力流、信息流和业务流高度融合的显著特点，其先进性和优势主要表现在：

（1）具有坚强的电网基础体系和技术支撑体系，能够抵御各类外部干扰和攻击，能够适应大规模清洁能源和可再生能源的接入，电网的坚强性得到巩固和提升。

（2）信息技术、传感器技术、自动控制技术与电网基础设施有机融合，可获取电网的全景信息，及时发现、预见可能发生的故障。故障发生时，电网可以快速隔离故障，实现自我恢复，从而避免大面积停电的发生。

（3）柔性交/直流输电、网厂协调、智能调度、电力储能、配电自动化等技术的广泛应用，使电网运行控制更加灵活、经济，并能适应大量分布式电源、微电网及电动汽车充放电设施的接入。

（4）通信、信息和现代管理技术的综合运用，将大大提高电力设备使用效率，降低电能损耗，使电网运行更加经济和高效。

（5）实现实时和非实时信息的高度集成、共享与利用，为运行管理展示全面、完整和精细的电网运营状态图，同时能够提供相应的辅助决策支持、控制实施方案和应对预案。

（6）建立双向互动的服务模式，用户可以实时了解供电能力、电能质量、电价状况和停电信息，合理安排电器使用；电力企业可以获取用户的详细用电信息，为其提供更多的增值服务。

#### 智能电网发展的重大意义

（1）具备强大的资源优化配置能力。我国智能电网建成后，将实现大水电、大煤电、大核电、大规模可再生能源的跨区域、远距离、大容量、低损耗、高效率输送，区域间电力交换能力明显提升。

（2）具备更高的安全稳定运行水平。电网的安全稳定性和供电可靠性将大幅提升，电网各级防线之间紧密协调，具备抵御突发性事件和严重故障的能力，能够有效避免大范围连锁故障的发生，显著提高供电可靠性，减少停电损失。

（3）适应并促进清洁能源发展。电网将具备风电机组功率预测和动态建模、低电压穿越和有功无功控制以及常规机组快速调节等控制机制，结合大容量储能技术的推广应用，对清洁能源并网的运行控制能力将显著提升，使清洁能源成为更加经济、高效、可靠的能源供给方式。

（4）实现高度智能化的电网调度。全面建成横向集成、纵向贯通的智能电网调度技术支持系统，实现电网在线智能分析、预警和决策，以及各类新型发输电技术设备的高效调控和交直流混合电网的精益化控制。

（5）满足电动汽车等新型电力用户的服务要求。将形成完善的电动汽车充放电配套基础设施网，满足电动汽车行业的发展需要，适应用户需求，实现电动汽车与电网的高效互动。

（6）实现电网资产高效利用和全寿命周期管理。可实现电网设施全寿命周期内的统筹管理。通过智能电网调度和需求侧管理，电网资产利用小时数大幅提升，电网资产利用效率显著提高。

（7）实现电力用户与电网之间的便捷互动。将形成智能用电互动平台，完善需求侧管理，为用户提供优质的电力服务。同时，电网可综合利用分布式电源、智能电能表、分时电价政策以及电动汽车充放电机制，有效平衡电网负荷，降低负荷峰谷差，减少电网及电源建设成本。

（8）实现电网管理信息化和精益化。将形成覆盖电网各个环节的通信网络体系，实现电网数据管理、信息运行维护综合监管、电网空间信息服务以及生产和调度应用集成等功能，全面实现电网管理的信息化和精益化。

（9）发挥电网基础设施的增值服务潜力。在提供电力的同时，服务国家“三网融合”战略，为用户提供社区广告、网络电视、语音等集成服务，为供水、热力、燃气等行业的信息化、互动化提供平台支持，拓展及提升电网基础设施增值服务的范围和能力，有力推动智能城市的发展。

（10）促进电网相关产业的快速发展。电力工业属于资金密集型和技术密集型行业，具有投资大、产业链长等特点。建设智能电网，有利于促进装备制造和通信信息等行业的技术升级，为我国占领世界电力装备制造领域的制高点奠定基础。

### 关键技术

通信建立高速、双向、实时、集成的通信系统是实现智能电网的基础，没有这样的 通信系统，任何智能电网的特征都无法实现，因为智能电网的数据获取、保护和控制都需要这样的通信系统的支持，因此建立这样的通信系统是迈向智能电网的第一 步。同时通信系统要和电网一样深入到千家万户，这样就形成了两张紧密联系的网络—电网和通信网络，只有这样才能实现智能电网的目标和主要特征。下图显示了 电网和通信网络的关系。高速、双向、实时、集成的通信系统使智能电网成为一个动态的、实时信息和电力交换互动的大型的基础设施。当这样的通信系统建成后， 它可以提高电网的供电可靠性和资产的利用率，繁荣电力市场，抵御电网受到的攻击，从而提高电网价值。

高速双向通信系统的建成，智能电网通过连续不断地自我监测和校正，应用先进的信息技术，实现其最重要的特征—自愈特征。它还可以监测各种扰动，进行补偿，重新分配潮流，避免事故的扩大。高速双向通信系统使得 各种不同的智能电子设备（IEDs）、智能表计、控制中心、电力电子控制器、保护系统以及用户进行网络化的通信，提高对电网的驾驭能力和优质服务的水平。 在这一技术领域主要有两个方面的技术需要重点关注，其一就是开放的通信架构，它形成一个“即插即用”的环境，使电网元件之间能够进行网络化的通信；其二是 统一的技术标准，它能使所有的[传感器](http://baike.baidu.com/view/16431.htm)、 智能电子设备（IEDs）以及应用系统之间实现无缝的通信，也就是信息在所有这些设备和系统之间能够得到完全的理解，实现设备和设备之间、设备和系统之 间、系统和系统之间的互操作功能。这就需要电力公司、设备制造企业以及标准制定机构进行通力的合作，才能实现通信系统的互联互通。

## 通信技术

### 现有通信技术及其优缺点

#### 电力线通信

电力线通信（Power Line Communication，英文简称PLC）技术是指利用电力线传输数据和媒体信号的一种通信方式。该技术是把载有信息的高频加载于电流然后用电线传输接受信息的适配器再把高频从电流中分离出来并传送到计算机或电话以实现信息传递。

电力线通信全称是电力线[载波](http://baike.baidu.com/view/190234.htm" \t "_blank)（Power Line Carrier – PLC）通信，是指利用高压电力线（在电力载波领域通常指35kV及以上电压等级）、中压电力线（指10kV电压等级）或低压配电线（380/220V用户线）作为信息传输媒介进行语音或数据传输的一种特殊通信方式。

#### 数字用户线路

数字用户线路（DSL）是一种接入技术体系。

DSL在有限的距离内使用高传输频率和高级的调制技术在传统的和老式铜线上提供高带宽。

不对称数字用户线（ADSL）是DSL最常见的应用。ADSL旨在与连接 到中央办公室的本地环路中的普通电话业务（POTS）共存，其方法是使用更高的频率用于数据传输，使用老式公共交换电话网（PSTN）使用的4kHz频率 以下的频段接收数据。因此，本地环路连接中不需要做任何改变。住宅单元或者小型分支办公室安装一台调制解调器，再安装一个把语音和数据分开的分频器就可以 了。DSL连接以中央办公室的数字用户线路接入复用器（DSLAM）为终点。DSLAM能够让服务提供商把语音通信转接到PSTN网络，把数据通信转接到 互联网。

#### 光纤通信

[光导纤维](http://baike.baidu.com/subview/37051/37051.htm)通信简称，原理是利用光导纤维传输信号，以实现信息传递的一种通信方式。实际应用中的光纤通信系统使用的不是单根的光纤，而是许多光纤聚集在一起的组成的光缆。

1966年英籍华人[高锟](http://baike.baidu.com/view/131894.htm" \t "_blank)博士发表了一篇划时代性的论文，他提出利用带有包层材料的[石英玻璃](http://baike.baidu.com/subview/239362/239362.htm)[光学纤维](http://baike.baidu.com/view/69367.htm)，能作为通信媒质。从此，开创了光纤通信领域的研究工作。

1977年美国在芝加哥相距7000米的两电话局之间，首次用[多模光纤](http://baike.baidu.com/subview/164682/164682.htm" \t "_blank)成功地进行了光纤通信试验。0.85微米波段的多模光纤为第一代[光纤通信系统](http://baike.baidu.com/view/565769.htm" \t "_blank)。

1981年又实现了两电话局间使用1.3微米多模光纤的通信系统，为第二代光纤通信系统。

1984年实现了1.3微米[单模光纤](http://baike.baidu.com/subview/164686/164686.htm" \t "_blank)的通信系统，即第三代光纤通信系统。

20世纪80年代中后期又实现了1.55微米单模光纤通信系统，即第四代光纤通信系统。

20世纪末或21世纪初发明了[第五代](http://baike.baidu.com/subview/1082640/8009069.htm" \t "_blank)光纤通信系统，用光[波分复用](http://baike.baidu.com/subview/165607/165607.htm)提高速率，用光波放大增长传输距离的系统，[光孤子](http://baike.baidu.com/subview/691251/691251.htm)通信系统可以获得极高的速率，在该系统中加上[光纤放大器](http://baike.baidu.com/view/1378786.htm)有可能实现极高速率和极长距离的光纤通信

#### zigbee

[ZigBee](http://baike.baidu.com/view/117166.htm)是基于IEEE802.15.4标准的低功耗局域网[协议](http://baike.baidu.com/view/36190.htm" \t "_blank)。根据国际标准规定，ZigBee技术是一种短距离、低功耗的[无线通信](http://baike.baidu.com/view/43840.htm)技 术。这一名称（又称紫蜂协议）来源于蜜蜂的八字舞，由于蜜蜂(bee)是靠飞翔和“嗡嗡”(zig)地抖动翅膀的“舞蹈”来与同伴传递花粉所在方位信息， 也就是说蜜蜂依靠这样的方式构成了群体中的通信网络。其特点是近距离、低复杂度、自组织、低功耗、低数据速率。主要适合用于自动控制和远程控制领域，可以 嵌入各种设备。

简而言之，ZigBee就是一种便宜的，低功耗的近距离无线组网[通讯技术](http://baike.baidu.com/view/521295.htm" \t "_blank)。ZigBee是一种低速短距离传输的[无线网络](http://baike.baidu.com/view/5030.htm" \t "_blank)协议。ZigBee协议从下到上分别为[物理层](http://baike.baidu.com/view/239585.htm" \t "_blank)(PHY)、媒体访问控制层(MAC)、传输层(TL)、[网络层](http://baike.baidu.com/view/239600.htm" \t "_blank)(NWK)、[应用层](http://baike.baidu.com/view/239619.htm" \t "_blank)(APL)等。其中[物理层](http://baike.baidu.com/view/239585.htm" \t "_blank)和[媒体](http://baike.baidu.com/view/7072.htm)访问控制层遵循[IEEE 802.15.4](http://baike.baidu.com/view/1915042.htm)标准的规定。

#### 多跳网络

“多跳网络”是由节点构造的，包括诸如电脑和移动电话这些设备，这些设备全都用无线连接到彼此，然后互相可以通过网络转发数据。数据从一个节点跳到另一个节点，直到抵达目的地。除非所有的节点都发生故障，否则数据总是可用的，如此使得这种网络拓扑结构可靠且可扩展。

在[无线网络](http://baike.baidu.com/view/5030.htm" \t "_blank)中，任何无线设备节点都可以同时作为[AP](http://baike.baidu.com/subview/46313/5071312.htm)和[路由器](http://baike.baidu.com/view/1360.htm" \t "_blank)，网络中的每个节点都可以发送和接收信号，每个节点都可以与一个或者多个对等节点进行直接通信。

在无线多跳网络中，源结点到目的结点之间的典型路径是由多跳组成的，该路 径上的中间结点充当转发结点。因此，无线多跳网络中一个结点具有两种功能，首先结点可以充当端结点产生或接受数据分组，其次结点可以充当路由器对来自其它 结点的数据分组进行转发。在现有的无线网络中，无线Ad Hoc网络，[无线传感器网络](http://baike.baidu.com/view/140209.htm" \t "_blank)以及无线Mesh网络均属于无线多跳网。

尽管“多跳网络”的基本任务和因特网的功能是一致的，都是让元件从网络中获取数据。但是目前实施因特网会比“多跳网络”昂贵得多。

#### 卫星通信

卫星通信：利用人造地球卫星作为中继站来转发无线电波，从而实现两个或多个地球站之间的通信。

人造地球卫星根据对无线电信号放大的有无、转发功能，有有源人造地球卫星 和无源人造地球卫星之分。由于无源人造地球卫星反射下来的信号太弱无实用价值，于是人们致力于研究具有放大、变频转发功能的有源人造地球卫星——通信卫星 来实现卫星通信。其中绕地球赤道运行的周期与地球自转周期相等的同步卫星具有优越性能，利用同步卫星的通信已成为主要的卫星通信方式。不在地球同步轨道上 运行的低轨卫星多在卫星移动通信中应用。

同步卫星通信是在地球赤道上空约36000km的太空中围绕地球的圆形轨道上运行的通信卫星，其绕地球运行周期为1恒星日，与地球自转同步，因而与地球之间处于相对精致状态，故称为禁止卫星、固定卫星或同步卫星，其运行轨道称为地球同步轨道（GEO）

#### 无线局域网

在无线局域网WLAN发明之前，人们要想通过网络进行联络和通信，必须先 用物理线缆-铜绞线组建一个电子运行的通路，为了提高效率和速度，后来又发明了光纤。当网络发展到一定规模后，人们又发现，这种有线网络无论组建、拆装还 是在原有基础上进行重新布局和改建，都非常困难，且成本和代价也非常高，于是WLAN的组网方式应运而生。

无线[局域网络](http://baike.baidu.com/view/3102190.htm" \t "_blank)英文全名：Wireless Local Area Networks；简写为： [WLAN](http://baike.baidu.com/view/32856.htm)。它是相当便利的[数据传输系统](http://baike.baidu.com/view/4212135.htm" \t "_blank)，它利用[射频](http://baike.baidu.com/view/42237.htm)（Radio Frequency； RF）的技术，使用电磁波，取代旧式碍手碍脚的双绞铜线（Coaxial）所构成的局域网络，在空中进行通信连接，使得[无线局域网](http://baike.baidu.com/view/5470.htm" \t "_blank)络能利用简单的存取架构让用户透过它，达到“信息随身化、便利走天下”的理想境界。

### 智能电网中的通信技术

建立高速、双向、实时、集成的通信 系统是实现智能电网的基础,没有这样的 通信系统,任何智能电网的特征都无法实 现,因为智能电网的数据获取、保护和控 制都需要强大的通信系统来支持。现代通 信技术的种类繁多, 常见的类型有 Internet、光纤、电力线通信(BPL)、无线 通信等。这些技术近年来都以惊人的速度 迅速发展,受到广泛关注。在智能电网中 的应用中,不同的技术则各有利弊。下面 对几种主要的通讯技术及其应用前景做简要介绍:

1 Internet 2

Internet2 是下一代高速互联网骨干网, 采用 IPv6 协议和128位编码,地址资源极端丰富。借助于高性能主干网和多协议标签交换(MPLS)服务质量(QoS),可直接支持集成 QoS 敏感的应用。这项技术目前处于 演示阶段,并预计将商用大约需要 2 年时间。

目前绝大多数信息系统应用都是基于网路平台开发的,智能电网也不例外,因此 可以预见,网络仍将是信息化建设包括智 能电网实现最主要的平台。而具有高容 量、高传输效率、高服务质量的 Internet2 无疑会对智能电网的实施和完善产生巨大 影响。

2 光纤以太网通信

由于多千兆的以太网交换机正在用于光纤终端,光纤以太网(IEEE 802.3z)正在 成为一个公用的载体服务和廉价的互连方 法。这一技术在加上MPLS 时用于帮助进 入数字融合,可以简化需要使用昂贵的数 字交叉连接系统。进一步利用光电技术, 更有效地使运营商推动光纤深入网络,更 好地利用现有的带宽,经济地增加带宽,将 目标编程到具体领域,使高效率地提供许 多创收的互动服务。 目前这项技术已有商业化产品投入运 行,在目前及可预见的将来,它还将成为相 当多用户对通信技术的主流选择。

3 电力线宽带(BPL)通信

利用在 2～50MHz 下短距离 BPL 通信, 在用户入口处可以实现20Mbit/s 至100 Mbit/s的数据传输,甚至是运行维护和恐怖袭击检测的视频监控也是可以实现的。 现在BPL 标准正在开发,并需要更广泛的市场认可。使用家庭电源插头和室内布线通过宽带的通信,家庭插座允许像以太网网络一样的即插即用。这项技术目前正处于概念验证阶段, 预计商用需要大约 2 年时间。这一由电力线网络发展起来的通信方式,由于其网络 覆盖面广、安全性高等优点,正在受到越 来越多的关注。在克服了标准统一及通信质量等问题后,很有可能在智能电网中大 有所为。

4 第三代(3G)的无线通信

目前,我国正在进入 3G 时代,包括中国移动和中国联通在内的各类商业运营商都在竞先开展 3G 服务。按照以往的经验, 商业运营商网络覆盖范围可高达 95％,并且拥有先进的服务。利用现有的和将来的 3G 商业运营商的蜂窝数据网络可能是高性价比的解决方案,它可避免建立专门的无线网络所需的大量投资。 这一技术目前正处于早期采用阶段。由于我国政府对3G 无线通信的大力支持, 3G 网络将在未来拥有更大的发展空间,随着其应用范围和领域的扩展,也将可能在 智能电网建设中发挥更大的作用。

### 结语

原本，我认为智能电网的设计与通信系统并没有特别大的关系，但是，在此次大作业的学习过程中，我深刻学习了智能电网的设计框架。对智能电网有了更深的了解之后，我才明白了通信技术的重要性，不同的通信技术有不同的应用背景，不同的通信技术各有各的优势。在某些固定的场合下，可能有与之对应的通信技术。

其次，我更加意识到了新兴的通信技术的发展，需要我们这代人更加刻苦的学习。广泛的涉猎各种通信技术，明白其原理，才能在正确的场合下应用正确的技术。