

# 物联网在电力系统的应用展望

李 勋, 龚庆武, 乔 卉

(武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

**摘要:**以智能电网(数字电网)为框架,分析了智能电网(数字电网)的关键功能与要求。结合物联网概念及射频识别技术,提出了电力物联网(IOTIPS)的概念,并对其应具备的功能、结构以及关键技术和因素做了描述与分析。电力物联网是以网络技术、数据库技术、通信技术的发展为基础的智能型网络,它的应用将显著提高电力系统的稳定性与安全性,同时亦能满足保护环境、节能减排的可持续发展要求,促使电网水平进入一个更高的层次。

**关键词:**电力物联网;数据采集;智能化设备;云计算;可持续发展

## The application of IOT in power systems

LI Xun, GONG Qing-wu, QIAO Hui

(School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** Based on the analysis of smart grid's framework, the key functions and requirements of the smart grid are discussed. The concept of the internet of things in power systems (IOTIPS) is set forth using the IOT and RFID techniques. The definition, the functions, the contents and the key techniques are discussed. IOTIPS is an intelligent network based on network technology, database technology, communication technology and so on. Its application will significantly improve the power system's stability and security, as well as protect the environment and meet the sustainable development requirements. Moreover, the level of the power system will be promoted.

**Key words:** IOTIPS; data acquisition; intelligent device; cloud computing; sustainable development

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)22-0232-05

## 0 引言

2000年卢强院士曾提出数字电力系统(Digital Power Systems, DPS)的概念,它是指某一实际运行的电力系统的物理结构、物理特性、技术性能、经济管理、环保指标、人员状况、科教活动等数字化、形象化地、实时地描述与再现<sup>[1]</sup>。最近一段时间,国内外掀起了一股“智能电网”的研究热潮<sup>[2-4]</sup>。无论是数字电网还是智能电网,它们都有一些共同的特征,那就是结合新型的控制技术、信息技术和管理技术,优化电力生产、传输和使用。

近几年,“物联网”这一新名词进入了人们的视线,它是指物与物之间通过互联网主动进行数据交换的网络。物联网概念一经提出,立即受到各国政府,企业和学术界的重视,在需求和研发的相互推动下,迅速热遍全球。

本文结合射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)等无线自动识别技术,在智

能电网及数字电网框架下首次提出了“电力物联网(Internet of Things in Power Systems, IOTIPS)”概念,并试探性地提出了电力物联网的结构及其应具备的功能,分析了建设电力物联网需要的关键技术和影响因素。电力物联网与智能电网(数字电网)是相辅相成的,其目的也是进一步优化系统运行,提高系统的安全稳定性。

## 1 射频识别技术与物联网概念

### 1.1 射频识别技术

射频识别技术(RFID)是20世纪中期进入实用阶段的一种非接触式自动识别技术,其基本原理是利用射频信号及其空间耦合和传输特性,实现对静止或移动物体的自动识别。射频识别的信息载体是电子标签,其形式有卡、钮扣等多种标签表现形式。电子标签一般安装在产品或物品上,由射频识读器读取存储于标签中的数据。RFID可以用来追踪和管理几乎所有物理对象。采用RFID最大的好处在于

可以对企业的供应链进行高效管理, 以有效地降低成本。

电子标签最大的优点在于:

a. 可以实现非接触、无视觉识别, 因此完成产品识别工作时无需人工干预, 便于实现自动化;

b. 阅读距离远, 识别速度快, 可实现远距离监测物品快速进入仓库;

c. 可进行多目标同时读取, 便于监测大量物品同时进入仓库;

d. 电子标签相对于条码来说是进行单个产品的标识, 因此便于通过物联网来实时获取产品的信息。

## 1.2 物联网

随着全球经济一体化和信息网络化进程的加快, 为满足对单个产品的标识和高效识别, 美国麻省理工大学Auto-ID研究中心于1999年提出了产品电子代码 (Electronic Product Code, EPC) 的概念, 确立了EPC 在全球统一标识体系中的战略地位, 使EPC成为一项具有革命性意义的新技术, 受到了世界众多发达国家的高度重视, 被誉为全球物品编码工作的未来。物联网就是在计算机互联网的基础上, 利用电子标签为每一物品赋予唯一的标识码——EPC码, 从而构造一个实现全球物品信息实时共享的实物互联网 (Internet of Things, IOT), 简称“物联网” [5-6]。

## 2 电力物联网的定义与内涵

电力物联网 (IOTIPS) 的定义是指: 电力系统各种电气设备之间以及设备与人员之间通过各种信息传感设备或分布式阅读器, 如 RFID 装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描等种种装置, 结合已有的网络技术、数据库技术、中间件技术等, 形成的一个巨大的智能网络。

该网络可能具备以下内容与功能:

a. 电力系统各电气设备的运行状态, 例如温度、湿度、气压等;

b. 电力系统各网络节点的电气量监测;

c. 电力系统主设备的“健康”状态;

d. 运行或检修人员的实时跟踪;

e. 技术人员管理信息;

f. 环保指标及环保设备的使用情况等。

电力物联网与智能电网都是利用传感器将各种设备与资产连接到一起, 对关键设备的运行状况进行实时监控, 使用户之间以及用户与电网之间能够进行网络互动和即时连接, 对数据信息进行整合分析, 实现数据的实时、高速、双向传输的总体效果,

用于提高整个电网的可靠性、可用性, 使运行和管理达到最优化<sup>[7]</sup>。

电力物联网与智能电网又是相辅相成的。电力物联网的建设将促进传感器终端智能化水平的进一步提高, 为分布式数据的采集创造了必要的条件。除此之外, 电力物联网在智能电网基础上进一步强调了人员与电网之间的互动, 不仅仅是设备之间的关联, 还包括人员的管理、人员与设备的双向交流, 从真正意义上实现电网的可观测、可控制、可自愈。

## 3 电力物联网的结构

电力物联网的实现以网络技术、数据库技术、信息通信技术与电力控制技术的发展为基础。随着智能电网成为下一代电网的制定规范, 电力物联网的技术研究也显得迫在眉睫。本文提出的国家电网公司电力物联网系统可分为四个层次, 其架构如图 1 所示。

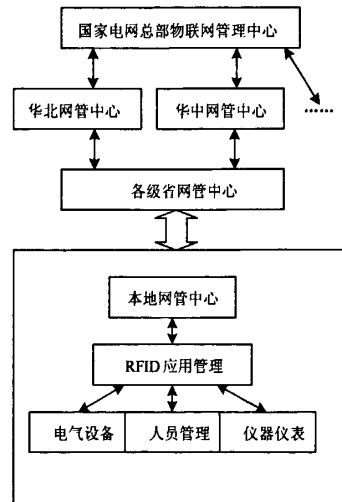


图 1 我国电力物联网信息服务系统架构

Fig.1 Architecture of IOTIPS in China

国网总部管理中心作为第一层次, 负责整个电力物联网的结构、功能的制定与发布, 并提供最高层次的存储和查询; 各网局管理中心为第二层, 负责管理所辖范围内各省之间电力物联网信息的统计存储, 并提供较高层次的存储和查询; 省局管理中心为第三层, 负责全省范围的信息汇总与存储, 提供数据存储、统计和查询等功能; 本地网管中心为最底层, 负责本企业或本系统设备或人员的追踪和信息存储。

各级管理中心负责本级中各节点的信息传输、存储和发布; 管理各节点接口的用户权限与数据安全

全；监控各节点的运作及报告并排除故障，保障电力物联网信息系统的安全、稳定与高效<sup>[8]</sup>。

按照电网整个信息的流向，作为最底层的本地网管中心，其 RFID 应用系统的稳定运行直接关系到整个 IOTIPS 的运行可靠性与安全性。因此，整个 IOTIPS 架构应注重从最底层的传感终端一级一级往上建构，本地网管中心网络建设应作为重中之重。

在 RFID 应用管理中，传感器装置应安装在电网的固有设备（如断路器、变压器、线路等）、数字信号采集设备、智能仪表、电力电子设备、安全稳定装置、保护装置以及其他智能终端配套设施上。通过智能传感器设备获取电网开关、重合器、线路监测、气象、人员状况等与生产调度相关的数据，为调度中心提供丰富有价值的信息支持，显著提高整个电网的监控水平<sup>[9]</sup>。该信息采集框架如图 2 所示。

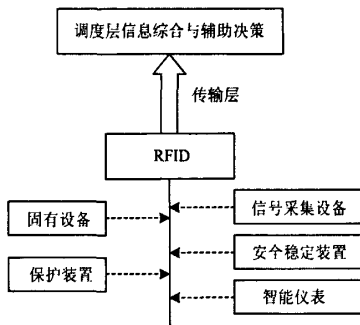


图 2 信息采集框架图  
Fig.2 Diagram of data acquisition

### 4 电力物联网的功能

#### 4.1 节约能源，降低损耗

在电能表上装设传感器，供电部门能随时知道用户使用电能的情况，使电网具备智能化。例如：江西电网对分布在全省范围内的 2 万台配电变压器的运行状态进行实时监测，实现用电检查、电能质量监测、负荷管理、线损管理、需求侧管理等高效一体化管理，一年来降低电损耗 1.2 亿 kWh<sup>[10]</sup>。

#### 4.2 提高设备运行安全性与可靠性

在重要电气设备上装上传感器，可以实时监测到设备的运行状况，便于风险评估与预警。如：在断路器三相接头处装设温度传感器后，当线路出现过载现象时，能立即将断路器实时温度传至中央信息处理服务器，方便运行人员进行倒负荷或其他确保线路安全运行的措施。

#### 4.3 合理调配人员，提高工作效率与确保安全

当安排有检修或倒闸操作任务时，若每位工作人员随时佩戴有一个 RFID 装置，就能够对工作人员进行实时跟踪与管理，避免工作人员误入带电间隔，同时也能够加强人员管理并提高工作效率。

#### 4.4 确保实验用仪器或工具的合理运用与回收

将各种仪器设备的详细信息和属性存储在 RFID 信息服务器中，当仪器在取出到使用的各个环节被识别并记录时，通过对象名解析服务 (Object Naming Service, ONS) 的解析可获得仪器所属信息服务系统的统一资源标识 (Universal Resource Identifier, URI)，进而通过网络从 RFID 信息服务器中获得其代码所对应的信息和属性，以达到对仪器自动追踪的目的。该结构示意图如图 3 所示。

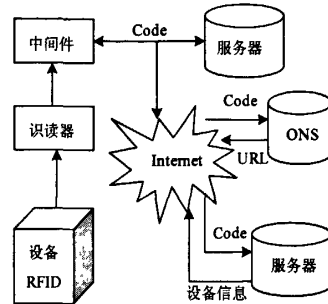


图 3 设备追踪结构示意图  
Fig.3 Schematic diagram of equipment's trackness

#### 4.5 推进“无纸化”进一步应用

先将各电气设备上贴上 RFID 电子标签，同时将设备台帐信息等存储在信息服务器中，通过服务器将信息下载到手持阅读器中，检修或运行人员可以手持该阅读器对设备扫描后即将得到设备的相关台帐数据信息。这将在巡检系统中发挥重要作用，真正实现“无笔化”与“无纸化”，大大节约资源。

### 5 关键技术及因素

#### 5.1 数据采集

在电力物联网系统中，数据的采集是一项非常重要的基础工作。它主要是准确获取 IOTIPS 中的不同节点处的分布式阅读器所采集到的数据，并根据业务的需要向信息处理层传递所需要的数据。为防止多个电子标签被同一个阅读器读取时造成数据丢失、数据出错和数据重复等问题的发生，可采取基于事件监听的主动阅读器方案<sup>[11]</sup>。

所谓主动型阅读器是指：(1) 当阅读器接入网络后，阅读器的数据传输端口将自动打开，不需要从服务器获取命令来打开端口；(2) 当阅读器读取

到 RFID 数据后, 以消息的形式向上层服务器传送数据, 而服务器只需要等待消息到来后处理数据。

基于事件监听的主动识读者方案应具备以下几个功能:

- 能够支持多种识读者协议, 允许不同种类的识读者写入适配器;
- 能够以标准格式从识读者中采集 IOTIPS 数据;
- 设置过滤器, 可以平滑、协调、转发 IOTIPS 数据;
- 允许写入各种记录文件。

该方案的整体结构如图 4 所示。

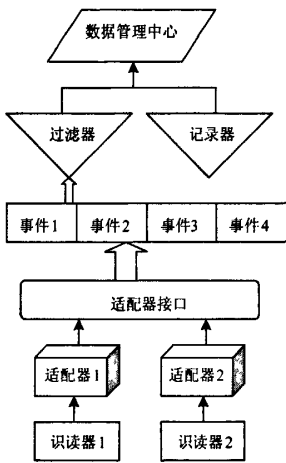


图 4 基于事件监听方案的数据采集结构图

Fig.4 Diagram of data acquisition based on event-monitor

图中, 识读者可以采用多种物理方式与计算机网络通信, 如: 红外传感、USB 接口、串口线、以太网等, 允许采用不同的通信协议。该方案需要提供多种识读适配器与识读者通信, 以用来采集 IOTIPS 事件。识读者接口首先从识读适配器获得事件, 然后将其所获事件组成一个事件队列, 并传给过滤器进行过滤, 过滤后的数据经过事件日志记录器进行处理, 最后交给数据管理中心存储。

## 5.2 设备智能化水平

智能化设备的基本功能是信息采集和命令执行, 具有分布性和智能化的特点, 融合先进的传感器技术、人工智能技术和通信技术, 借鉴多智能体思想实现对电网信息的初步筛选和准确传递, 并能够对其他智能装置的运行状态进行监控。

智能化设备的实现可以参照 IEC61850 中的分层思想进行研发, 建立标准的通信机制和统一的信息模型<sup>[9]</sup>。设备结构如图 5 所示。

将智能变电站系统、智能线路系统、智能用电系统、智能通信系统与物联网系统集成将大大改进电网的运行效率。

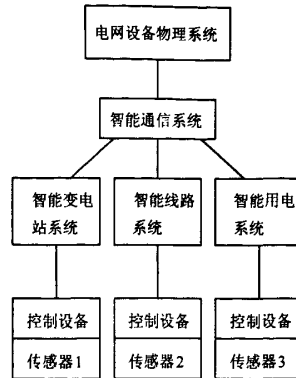


图 5 电网设备物理系统结构图

Fig.5 Physical diagram of equipment

通过物联网中高级传感器采集到的设备信息可以同如下过程进行集成<sup>[12]</sup>:

- 优化资产使用的运行;
- 输、配电网规划;
- 基于条件 (如可靠性水平) 的维修;
- 工程设计与建造;
- 顾客服务;
- 工作与资源管理;
- 模拟与仿真。

## 5.3 “云计算”技术的运用

云计算 (Cloud Computing) 是一种新兴的计算模型, 用户可以利用该模型在任何地方通过连接的设备访问应用程序, 应用程序位于可大规模伸缩的数据中心, 计算资源可在其中动态部署并进行共享。

云计算的基本原理是: 计算分布在大量的分布式计算机上, 而非本地的计算机或远程服务器中, 企业数据中心的运行将与互联网更加相似, 这使得企业能够将资源切换到需要的应用上, 根据需求访问计算机和存储系统。

电力系统出现不正常运行或发生故障时, 海量信息将会上传到数据处理中心模块, 这就对计算机的数据处理能力提出了很高的要求, 电力系统相应的硬件投入成本也是巨大的。而云计算使得超级计算能力通过互联网自由流通成为可能, 企业与个人用户无需再投入昂贵的硬件购置成本, 只需要通过互联网来购买或租赁计算能力<sup>[13-14]</sup>。这样, 电力系统可以大大节约成本, 这与建设资源节约型社会是相呼应的。电力系统云计算网络结构如图 6 所示。

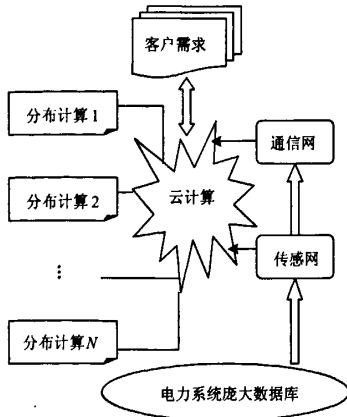


图6 电力系统云计算网络

Fig.6 Cloud computing network in power system

### 6 结语

本文首次提出电力物联网的概念。电力物联网是结合网络技术、数据库技术、中间件技术等多种高级技术的智能型网络。随着信息化技术和数字化技术的发展，电力物联网的应用定能够提高电力系统运行可靠性与安全稳定性，同时，它亦能满足保护环境，节能减排的可持续发展的要求，促使电网结构水平进入一个更高的层次。

### 参考文献

[1] 卢强. 数字电力系统 (DPS) [J]. 电力系统自动化, 2000, 24 (9): 1-4.  
 LU Qiang. Digital power systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24 (9): 1-4.

[2] 肖世杰. 构建中国智能电网技术思考[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (9): 1-4.  
 XIAO Shi-jie. Consideration of technology for constructing Chinese smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33 (9): 1-4.

[3] 钟金, 郑睿敏, 杨卫红, 等. 建设信息时代的智能电网[J]. 电网技术, 2009, 33 (13): 12-18.  
 ZHONG Jin, ZHENG Rui-min, YANG Wei-hong, et al. Construction of smart grid at information age[J]. Power System Technology, 2009, 33 (13): 12-18.

[4] 谢开, 刘永奇, 朱治中, 等. 面向未来的智能电网[J]. 中国电力, 2008, 41 (6): 19-22.  
 XIE Kai, LIU Yong-qi, ZHU Zhi-zhong, et al. The vision of future smart grid[J]. Electric Power, 2008, 41 (6): 19-22.

[5] 蒋亚军, 贺平, 赵会群, 等. 基于EPC的物联网研究综述[J]. 广东通信技术, 2005 (8): 23-29.  
 JIANG Ya-jun, HE Ping, ZHAO Hui-qun, et al. The survey of IOT based on EPC[J]. Communications Technology in Guangdong, 2005 (8): 23-29.

[6] 谢勇, 王红卫. 基于物联网的自动入库管理系统及其

应用研究[J]. 物流技术, 2007, 26 (4): 90-93.  
 XIE Yong, WANG Hong-wei. Research on automated stock management system based on internet of goods and its application[J]. Logistics Technology, 2007, 26 (4): 90-93.

[7] 陈树勇, 宋书芳, 李兰欣, 等. 智能电网技术综述[J]. 电网技术, 2009, 33 (8): 1-5.  
 CHEN Shu-yong, SONG Shu-fang, LI Lan-xin, et al. Survey on smart grid technology[J]. Power System Technology, 2009, 33 (8): 1-5.

[8] 宁焕生, 张瑜, 刘芳丽, 等. 中国物联网信息服务系统研究[J]. 电子学报, 2006, 34 (12): 2514-2517.  
 NING Huan-sheng, ZHANG Yu, LIU Fang-li, et al. Research on China internet of things' services and management[J]. Acta Electronica Sinica, 2006, 34 (12): 2514-2517.

[9] 唐跃中, 邵志奇, 郭创新, 等. 数字化电网体系结构[J]. 电力自动化设备, 2009, 29 (6): 115-118.  
 TANG Yue-zhong, SHAO Zhi-qi, GUO Chuang-xin, et al. Digital power grid architecture[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29 (6): 115-118.

[10] 王建国. 从互联网到物联网[EB/OL]. [2009-08-24]. <http://news.ccidnet.com/art/1032/20090824/1865523.html>.  
 WANG Jian-zhou. From internet to IOT[EB/OL]. <http://news.ccidnet.com/art/1032/20090824/1865523.html>

[11] 宋合营, 赵会群. 物联网分布式识读器数据采集方案设计与实现[J]. 北方工业大学学报, 2008, 20 (1): 22-25.  
 SONG He-ying, ZHAO Hui-qun. Data collection solution design and implementation of distributed reader in EPC network[J]. J North China Univ of Tech, 2008, 20 (1): 22-25.

[12] 余贻鑫. 智能电网的技术组成和实现顺序[J]. 南方电网技术, 2009, 3 (2): 1-5.  
 YU Yi-xin. Technical composition of smart grid and its implementation sequence[J]. Southern Power System Technology, 2009, 3 (2): 1-5.

[13] 叶晓勇. 简述云计算[J]. 信息科学, 2009, 24: 72.  
 YE Xiao-yong. Cloud computing[J]. Information Science, 2009, 24: 72.

[14] 危烽. 浅谈云计算在互联网中的应用[J]. 电脑知识与技术, 2009, 5 (3): 583-584.  
 WEI Feng. Research on the application of cloud computing on the internet[J]. Computer Knowledge and Technology, 2009, 5 (3): 583-584.

收稿日期: 2009-10-26; 修回日期: 2009-11-10

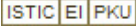
作者简介:

李 勤 (1983-), 男, 博士研究生, 研究方向为故障诊断、智能电网; E-mail: leesci@yeah.net

龚庆武 (1967-), 男, 教授, 博士研究生导师, 主要从事电力系统继电保护和自动化方面的研究;

乔 卉 (1977-), 女, 博士研究生, 研究方向为电力系统运行与控制。

# 物联网在电力系统的应用展望

作者: 李勋, 龚庆武, 乔卉, LI Xun, GONG Qing-wu, QIAO Hui  
作者单位: 武汉大学电气工程学院, 湖北, 武汉, 430072  
刊名: 电力系统保护与控制   
英文刊名: POWER SYSTEM PROTECTION AND CONTROL  
年, 卷(期): 2010, 38 (22)

## 参考文献(14条)

1. 危烽 浅谈云计算在互联网中的应用[期刊论文]-电脑知识与技术 2009 (03)
2. 叶晓勇 简述云计算 2009
3. 余贻鑫 智能电网的技术组成和实现顺序[期刊论文]-南方电网技术 2009 (02)
4. 宋合营;赵会群 物联网分布式阅读器数据采集方案设计与实现[期刊论文]-北方工业大学学报 2008 (01)
5. 王建宙 从互联网到物联网 2009
6. 唐跃中;邵志奇;郭创新 数字化电网体系结构[期刊论文]-电力自动化设备 2009 (06)
7. 宁焕生;张瑜;刘芳丽 中国物联网信息服务系统研究[期刊论文]-电子学报 2006 (12)
8. 陈树勇;宋书芳;李兰欣 智能电网技术综述[期刊论文]-电网技术 2009 (08)
9. 谢勇;王红卫 基于物联网的自动入库管理系统及其应用研究[期刊论文]-物流技术 2007 (04)
10. 蒋亚军;贺平;赵会群 基于EPC的物联网研究综述[期刊论文]-广东通信技术 2005 (08)
11. 谢开;刘永奇;朱治中 面向未来的智能电网[期刊论文]-中国电力 2008 (06)
12. 钟金;郑睿敏;杨卫红 建设信息时代的智能电网[期刊论文]-电网技术 2009 (13)
13. 肖世杰 构建中国智能电网技术思考[期刊论文]-电力系统自动化 2009 (09)
14. 卢强 数字电力系统(DPS)[期刊论文]-电力系统自动化 2000 (09)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jdq201022047.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jdq201022047.aspx)