智能小区用电数据模型研究

耿卫建[1,2] 徐小龙[1,2] 李玲娟[1] 陈建新[1] 杨 庚[2,3]
(南京邮电大学计算机学院 南京 210003)[1] (江苏省无线传感网高技术研究重点实验室 南京 210003)[2]
(宽带无线通信与传感网技术教育部重点实验室 南京 210003)[3]

摘 要 为了能给智能电网的建设提供数据和关系支持,构建低碳、方便、节能的智能小区,提出了一种智能小区用电的数据模型。从模型数据的存储查询、通信要求及数据流分析等方面讨论了小区用电数据模型的需求分析,并根据需求分析及智能小区的功能完成了对智能小区用电数据模型的设计。最后通过一个应用案例对模型进行了验证,结果表明该数据模型具有可行性与实用性。

关键词 智能小区,数据模型,智能电网
中图法分类号 TP391 **文献标识码** A

Data Model for Intelligent Community Power

GENG Wei-jian[1,2] XU Xiao-long[1,2] LI Ling-juan[1] CHEN Jian-xin[1] YANG Geng[2,3]
(College of Computer, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)[1]
(Jiangsu High Technology Research Key Laboratory for Wireless Sensor Networks, Nanjing 210003, China)[2]
(Key Laboratory of Broadband Wireless Communication and Sensor Network Technology (Nanjing University of Posts and Telecommunications), Ministry of Education, Nanjing 210003, China)[3]

Abstract An intelligent community power data model was proposed in this paper for providing data and relational support for the smart grid, and building the low-carbon, convenient and energy-saving intelligent community. The demand analysis of the data model was discussed about store queries, communication requirements and data flow analysis. According to the demand and function of the community, the data model was constructed. Finally, an application demo was presented to verify our model. The results show that the data mode is feasible and available.

Keywords Intelligent community, Data model, Smart grid

1 引言

随着社会经济的发展,能源短缺问题日益严峻,结构性矛盾日益突出,在现阶段已成为制约着我国经济发展与和谐社会建设的突出问题,构建智能电网,最大限度地利用太阳能、风能等可再生清洁能源,已成为必然。智能小区用电作为智能电网的重要组成部分,是实现电网与客户实时交互响应,增强电网综合服务能力、提高用电效率、促进节能减排的重要手段[1,2]。但目前我国智能小区的发展还不成熟,尤其是没有统一的智能小区用电的数据模型,没有构建智能小区的统一标准和基础数据支持。

本文的贡献在于:侧重从供需平衡方面探讨了智能小区用电的数据模型,本文首先从模型需求方面着手,分析了模型建立的迫切性、合理性及必要性;然后分别从概念模型和逻辑模型两方面构建了智能小区的用电数据模型,并对模型进行了说明,此外本文还阐述了智能小区用电数据模型能够实现的功能;最后通过应用案例说明了模型的可行性与实用性。

2 智能小区

所谓智能小区,就是将在一定地域范围内多个具有相同或不同功能的建筑物(主要是指住宅小区)按照统筹的方法分别对其功能进行智能化,使资源充分共享,统一管理,提供安全、舒适、方便、节能、可持续发展的生活环境,并尽可能地提高性价比指标[3]。

随着计算机技术、现代通信技术和自动控制技术的迅速发展,智能小区便应运而生。从20世纪80年代起,国外就开始着手发展智能小区,1984年美国康奈涅格(Connecticut)州哈特福德(Hartford)市建起了世界上第一座智能化大楼[4],随后日本东京的一座智能大厦也成立了,从此智能小区便引起了世界各国的关注。

本文受国家重点基础研究发展计划(973计划)课题(2011CB302903),国家自然科学基金资助项目(60873231),江苏省自然科学基金(BK2009426)和江苏高校优势学科建设工程资助项目(yx002001)资助。
耿卫建(1987—),男,硕士生,主要研究方向为传感网与物联网技术;徐小龙(1977—),男,博士,副教授,主要研究方向为网络计算、传感网技术等,E-mail:xuxl@njupt.edu.cn(通信作者);李玲娟(1963—),女,博士,教授,主要研究方向为网络计算、物联网技术等;陈建新(1973—),男,博士后,副教授,主要研究方向为无线传感网技术等;杨 庚(1961—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为网络计算技术、传感网与物联网技术等。

我国智能小区的建设起步于1998年末，1998年－2000年是我国智能小区的试点阶段，随着我国经济的发展人民生活水平的提高，在2000年后的10年中，智能小区便如雨后春笋般地出现在中国的大地上，到21世纪中叶，我国将拥有全世界一半以上的智能小区[5,6]。纵观国外智能小区的发展，相比之下，我国智能小区的建设还处于起步阶段，各方面技术都还不成熟，仍需借鉴国外智能小区建设的经验。

3 数据模型构建需求分析

就目前而言，在智能小区用电模型中，既有结构化的数据又有非结构化的数据，不含半结构化的数据，其中结构化数据占绝大部分。

3.1 数据的存储、查询要求

结构化数据，即行数据，能够存储在数据库里，可以用二维表结构来逻辑表达实现的数据。智能小区用电中的大部分数据（如用户的用电信息、小区的配电信息、传感器采集的信息）等都是可以用二维表结构来逻辑实现的，而且随着目前数据库技术的成熟，市场上有很多性能优异的数据库，如SQL Server、MySQL、Microsoft Access、Oracle、Sybase等，这些都是关系型数据库，它们都具有良好地数据库管理系统，都能很好地满足用户对数据的查询、修改等访问操作。

相对于结构化数据而言，不方便用数据库二维逻辑表来表现的数据即称为非结构化数据，包括所有格式的办公文档、文本、图片、XML、HTML、各类报表、图像、音频和视频信息等。在智能小区用电数据模型中，监控设备采集的信息内容是非结构化的数据，如视频、音频、图片数据，这些数据与传统的数据不同，其存储结构和存取方式具有特殊性，它们应按照多媒体数据的特征进行有效的存取。对于非结构化数据的查询，主要有3种查询方式：基于元数据的查询、基于内容的查询、基于联系的查询[7]。在智能小区中，用户只需根据自己的需求确定相应的查询策略即可。

3.2 通信要求

由于智能小区传输的数据基本上都是实时的，安全、可靠、实时是智能小区对通信的要求。例如，小区内发生火灾，小区监控设备或传感器能够及时地将相关信息采集下来，如果这些数据没有及时地传输到数据中心和用户，后果将不堪设想，所以智能小区应采用光纤通信设备，采用可靠的通信协议，将小区信息实时地传输给电网数据中心和用户，才能保证小区用户的安全与稳定。

3.3 数据流分析

所谓数据流向就是数据的流动方向，对于智能小区数据流向的分析，能使用户很清楚地看到小区内采集到的数据的流动方向，它是构建智能小区模型的基础。

在图1中，电网数据中心主要收集用户、公共用电设备、监控设备、充电站采集到的数据，经过处理后，将处理结果返回给配电中心，配电中心再按照此结果进行配电。

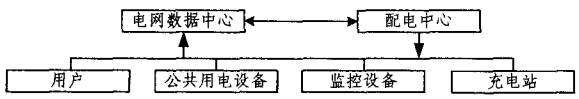


图1 小区数据流向图

在图2中，智能电表主要采集智能电器、照明设备、通信设备、分布式能源的用(发)电信息（同时这些设备也可将一部分信息直接交给电网数据中心），智能电表及传感器将一部分信息交给智能终端，将全部信息交给电网数据中心，电网数据中心将数据经过处理后再返回给智能终端。

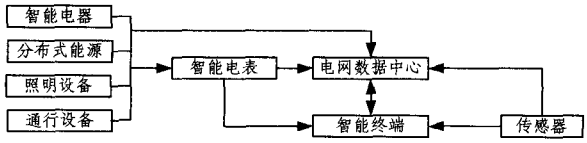


图2 用户数据流向图

4 模型体系结构设计及功能

4.1 模型体系结构

智能小区用电数据模型主要包括传感器数据采集模型、用户用电及付费模型、电器设备数据模型、“三表”数据模型、小区配电数据模型、监控设备数据模型、分布式能源接入控制模型，其中核心的模型为用户用电及付费模型和小区配电数据模型，下面对这两个模型进行详细的说明。

(1)用户用电及付费模型

在图3中，用户实体包含了很多属性，如用户名、联系方式、用户编号、用户地址，其中用户编号是标识用户的唯一标志，用户通过用电与电网公司产生联系，其中用电关系包含的属性有：预用电量、已用电量、用电时间、电价，其中预用电量是电网公司根据用户用电的记录和当前的天气情况等综合因素预测用户的用电量，已用电量是记录用户到目前为止已经消耗的电量，用电时间作为用户用电的时间记录，电价是电网公司制定的实时电价。用户和电网公司还有付费关系，该关系所具有的属性包括用户充值时间、电费余额、已用电量。电网公司所具有的属性包括编号、名称、地址等。

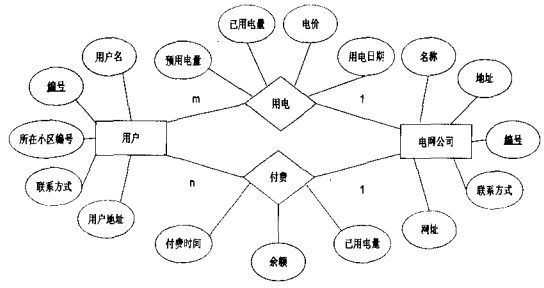


图3 用户用电付费E-R图

(2)小区配电数据模型

图4为小区配电E-R图，小区配电中心向用户、公共用电、充电站分别配电，其中图4(a)是用户配电图，图4(b)是公共用电配电图，图4(c)是充电站配电图。配电关系包含的属性有：配电时间、配电量。其中配电量是电网中心根据用户的用电情况预测的用电量，配电时间是配电中心给用户配电的具体时间；公共用电与充电站包含的属性有：设备编号、用电量、预用电量、日期，其中用电量是指已用电量，预用电量是电网中心根据用户的用电情况预测的用电量，日期为用电时间。配电中心包含的主要属性有：未配电量、已配电量、地址、名称等属性。

4.2 模型关系图

在图5中，展示了通过模型建立的部分E-R关系图，图

中的每个表格都是在以上每个 E-R 模型图中抽象出来的。如 user_info 表示用户信息表，表中 id 表示用户编号，同时也是该表的主键，name 表示用户名，adress 表示用户地址，community_id 表示用户所在小区编号，telephone 表示用户联系电话；表与表之间的关系是通过一条带有钥匙头的链条表示的，如在 user_info 表与 sensor_info 表之间有个指向 user_info 表的链条，表示 sensor_info 表引用了 user_info 表的 id 属性值作为它的外键。

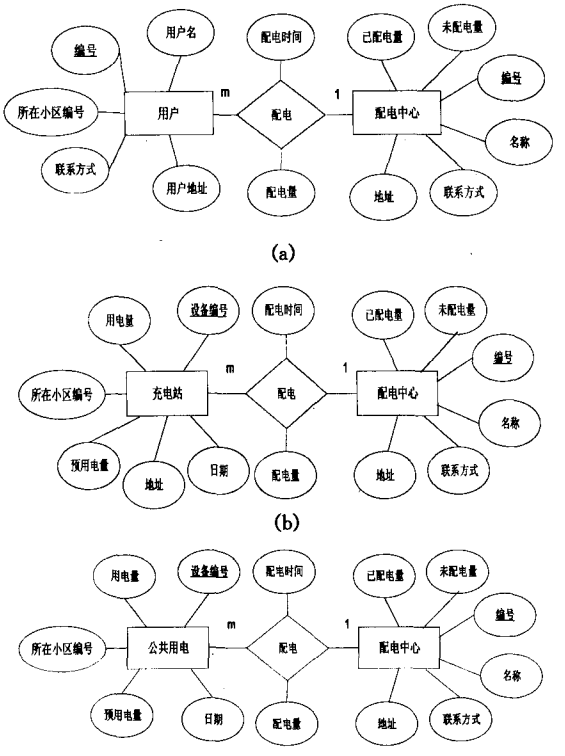


图 4　小区配电 E-R 图

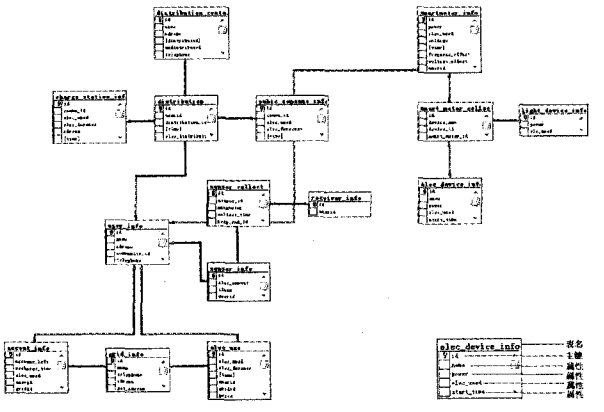


图 5　智能小区用电模型 E-R 关系图

通过对智能小区用电数据模型的构建，能够实现的主要功能有：

(1)用户室内环境参数的监测。通过布置各种传感器如温度传感器、湿度传感器、烟感传感器等来实现用户室内环境参数的监测[8,9]。

(2)查看和预测用户、公共用电设备及充电站的用电量。通过对用户、公共用电设备及充电站用电数据的采集，用户可以查看这些设备的用电情况，同时电网数据中心将根据采集到的实时数据、用户用电的历史数据及其他相关数据(如气象参数数据)通过数据挖掘及相关预测算法对用户用电量进行预测，从而为小区配电中心提供配电参考，以免造成电能的浪费，进而实现整个电网的供需平衡。

(3)预测用电峰谷。电网数据中心将根据小区用户的当前的用电情况及历史数据等参数，预测下一时刻的用电高峰，并向用户提出避峰填谷的建议，用户还可以通过显示终端看到未来用电峰谷的曲线图，了解整个电网的负荷情况。

(4)通告实时电价、预测电价。电网数据中心将会根据当前电网供需关系，制定合理的实时电价，并且预测当前电价升降的发展趋势，从而通过电网公司对电价的调控，激励用户避开用电高峰，最终达到削峰填谷的目的，使得整个电网运行最优化。

(5)查看“三表”的显示数据。用户可通过智能显示终端查看水表、气表、电表的实时数据。

(6)分布式能源接入控制。用户可以接入分布式式能源，如太阳能、风能等清洁能源，用户可以通过智能终端显示设备查看分布式能源的发电量、功率等相关参数。分布式能源发的电将首先供给用户，其次交给电网公司，电网公司将根据整个电网的供需情况制定相应的净计量电价(即用户交给电网公司部分电的电价)并进行结算[10]。

(7)双向互动服务。用户可以通过智能显示终端查看电网公司发布的信息，如停电通知、电价调整等信息。同时用户还可通过智能显示终端办理网上业务，主要包括用电策略、营销业务受理信息、在线支付信息、故障报修信息、投诉信息、举报与建议、短信、电子邮件等。

5　应用案例

5.1　应用说明

本模型在大学校园实施模拟应用，将整个校园作为一个智能小区，将每个宿舍、教室、实验室等用电场所作为用户。在模拟校园环境内还配置了一个汽车充电站，以方便电动汽车进行充电，学生宿舍楼楼顶安装了太阳能发电电池板，同时每个宿舍、教室、实验室等用电场所安装了智能电表及智能终端显示设备。

5.2　用电数据样本

表 1 显示了 X 实验室采集的用电信息数据，表中显示了该实验室内的用电设备的用电实时情况，如设备名称、功率、用电量、用电开始时间、结束时间及日期(其中功率的单位为瓦，用电量的单位为千瓦时)。电网数据中心就可参考这些信息为该教研室的用电情况进行预测，同时该实验室的人员也可以通过部署在该实验室的智能显示终端了解实验室内的用电情况。

表 1　X 实验室用电信息采集表

ID	名称	功率	用电量	开始时间	结束时间	日期
1001	日光灯	40	0.20	18:01:00	23:00:45	2011-04-01
1002	日光灯	40	0.21	17:30:56	22:50:16	2011-04-02
1004	笔记本	120	0.36	08:30:45	11:45:26	2011-04-01
1004	笔记本	120	0.48	14:15:46	18:29:35	2011-04-01
1007	路由器	50	0.75	07:00:00	23:00:00	2011-04-02
1005	打印机	350	0.03	11:20:30	11:25:45	2011-04-01

5.3　智能显示终端界面

在图 6 中，展示了智能显示终端模拟参考界面，可以看到

智能终端具有五大功能：发电信息、业务办理、用电信息、用电预测、信息公告。其中在发电信息功能中包括：已发电量、蓄电池电量、发电功率、向电网中输出电量、净计量电价、预计发电量。业务办理功能中包括：增值业务、缴费业务、故障报修业务，其中增值业务包括：社区业务、医疗业务、订购消费、家政服务。用电信息功能中包括：家用电器用电信息（用电量、用电时间、功率）、查看用户电能质量、历史用电数据及合理用电策略。用电预测功能主要包括：查看本地用电负荷曲线、预测用电峰谷曲线、预测本地用电量及用户用电量、预测实时电价。信息公告功能包括：发布停电、电网维护通知，同时用户还可向电网公司提出投诉、举报或建议。在该框架中，用户还可看到室内的温度、湿度、三表数据、天气情况和电网公司发布的通知信息。

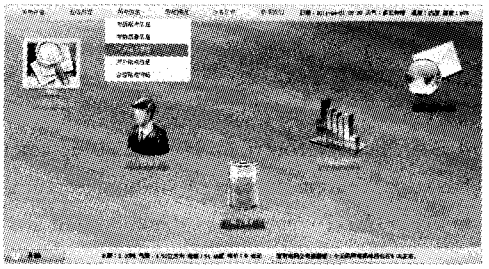


图 6　智能显示终端功能模拟界面

结束语　本文主要从用户用电方面入手，通过对智能小区数据模型的需求分析，根据智能小区中的用电设备及其之间的关系，构建了智能小区用电的数据模型，该模型是现在及未来智能小区建设的基础，并为我国智能小区的构建提供了理论支持。

在智能小区用电数据模型中，本文只是对用户的主要用电设备进行了模型的构建，并没有考虑其他的用电设备，如小区安防系统、信息管理子系统等一些系统中的用电设备。除此之外，在智能小区构建的过程中，还存在许多问题，首先是小区用电数据的安全传输问题，这是网络本身的问题，是所有建立在网络基础上的系统所面临的问题；其次是小区用电数据传输的实时性，能否保证数据传输的可靠性、安全性和实时性，也是当今网络面临的一大问题；最后是电网中心能否找到最合理的算法来准确预测小区的用电量，从而确保智能电网供需平衡，也是我们面临的一次重大挑战。

参 考 文 献

[1] 章鹿华，王思彤. 面向智能用电的家庭综合能源管理系统的设计与实现[J]. 电测仪表，2010，47(537)：35-38

[2] 刘建明. 智能用电：引领低碳、和谐、智能生活[N]. 国家电网报，2010-10-15

[3] 林海啸. 未来智能小区构想[J]. 法制与社会，2009(5)：288

[4] 陈英，张艳丽. 谈谈智能化住宅和智能小区[J]. 科技信息，2007(18)：270

[5] 刘孝利. 国外智能小区发展历程[J]. 国外视野，2008(3)：26-27

[6] 邵瑾，梁明. 智能用电综合模拟平台的设计与实现[D]. 北京：华北电力大学，2010：7-9

[7] 杨晓文，韩燮. 网络化自动测试系统的数据模型研究[J]. 计算机工程，2010，36(11)：17-49

[8] Molderink A，Bakker V，Bosman M，et al. Management and control of domestic smart grid technology[J]. IEEE Transactions on Smart Grid，2010，1(2)：109-119

[9] Kok K，Karnouskos S，Nestle D. Smart houses for a smart grid [C]//20th International Conference on Electricity Distribution. 2009，751：1-4

[10] Drury E，Denholm P，Margolis R. Modeling the U. S. Rooftop Photovoltaics Market[J]. American Solar Energy Society，2010：1-7

(上接第 379 页)

结束语　针对本文 CC 协议定时器实现方案，我们在 PB 仿真器和 OMAP 5910 嵌入式硬件平台上，基于开发的测试程序，作了定时器协议功能的相关测试。结果显示，其能够准确实现网络侧和移动台侧发起的呼叫与释放等协议主要过程的定时关系，具有良好的一致性和稳定性。在实时性方面，由于采用了链表结构和相对时间算法，大大减少了运算时间开销；又由于采用了单线程设计方式，也减少了系统线程调用开销。此外，本方案还采用了 WinCE 的同步互斥量机制，实现了链表元素的插入与删除，提高了系统的实时性。在硬件资源利用方面，为了适应嵌入式系统内存容量小的特点，采用了 WinCE 堆管理机制，实现了有效的动态内存回收，提高了内存使用效率，也（从硬件层面）为实现嵌入式系统的实时性能提供了可能。通过在 OMAP 5910 硬件平台上的测试，本文设计方案可满足 3G 移动终端的相关性能要求。

应该指出，虽然本文所述方案是针对 UMTS 核心网的实现而提出的，其对于类似通信网络的协议实现仍具有一定的参考和借鉴作用。

参 考 文 献

[1] 陈晓炜，石江宏. 一种高效率的定时器管理模块设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用，2010，1：30-31，40

[2] 邹仕祥. 通信系统中大量定时器的设计与分析[J]. 计算机应用，2005，25(11)：2715-2716，2719

[3] 张玉艳，方莉. 第三代移动通信[M]. 北京：人民邮电出版社，2009：103-104

[4] 3GPP. Mobile Radio Interface Layer 3 Specification：Core Network Protocols [S]. ftp://ftp. 3gpp. org

[5] Taxes Instruments. OMAP 5910 Dual-Core Processor Technical Reference Manual(SPRU602)[S]. US：TI，2002

[6] Lippman S B. C++ Primer(第三版)[M]. 潘爱民，等译. 北京：中国电力出版社，2005：315-323

[7] Savitch W. C++面向对象程序设计—基础、数据结构与编程思想(第四版)[M]. 周靖，译. 北京：清华大学出版社，2003

[8] Boling D. Programming Microsoft Windows CE. NET[S]. US：Microsoft press，2003