

低电压用户需求侧管理的自动化网络设计

曾祥君^{1,3}, K.K.Li², W.L.Chan², 尹项根³, 陈德树³

(1. 长沙电力学院电力系, 湖南省 长沙市 410077; 2. 香港理工大学电机系, 中国香港特别行政区;
3. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北省 武汉市 430074)

DESIGN OF AUTOMATIC NETWORK FOR DEMAND SIDE MANAGEMENT OF LOW VOLTAGE CONSUMERS

ZENG Xiang-jun^{1,3}, K.K.Li², W.L.Chan², YIN Xiang-gen³, CHEN De-shu³

(1. Dept. of Electrical Engineering, Changsha University of Electric Power, Changsha 410077, Hunan Province, China; 2. Dept. of Electrical Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong SAR, China;
3. College of Electrical & Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Hubei Province, China)

ABSTRACT: In order to implement the demand side management of lower voltage consumers, it is required to design communication network connecting consumer equipments and to set up hardware platform for controlling and managing consumer equipments. The home integrated-control unit for home utilization equipments and the intelligent appliance control-interface module are developed, the home automation network is designed and the automatic network frame for demand side management of lower voltage consumers is constructed.

KEY WORDS: demand side management; home automation; consumer equipment

摘要: 为实现对低压用户的需求侧管理, 需要研制低压用电设备间的通信网络, 建立对低压用电设备控制与管理的硬件平台。作者研制了家庭用电设备集中控制器和家用电器智能控制接口模块, 设计了家庭自动化网络, 并构筑了低压用户需求侧管理的自动化网络框架。

关键词: 需求侧管理; 家庭自动化; 用电设备

中图分类号: TM 76

文献标识码: A

1 引言

近十年来世界上大部分国家进行了需求侧管理 (Demand-Side Management, DSM) 的研究、设计及安装^[1~10]。需求侧管理是配电自动化中对用户进行直接控制, 以实现优化用电、解决能源供求矛盾的一种有效方法^[1~3]。我国在需求侧管理方面已取得了一定成绩^[3, 4, 7], 主要表现在: 推广

应用高效节能设备; 对大型用户进行远方投切, 直接控制; 推广分时电价, 由用户参与能源控制。国外从 20 世纪 70 年代起就开始进行远方负荷控制、推广节能电器设备, 目前已发展成为储冷蓄热、移峰填谷, 实现了对负荷曲线的有效控制^[1~3, 8~11]。但是, 目前需求侧管理中的各种负荷控制与管理方法一般只局限应用于中压配电网 (包括 3~110 kV 网络), 负荷投切控制一般只局限于操作配电变压器高压侧开关。通常切除配电变压器的操作将导致整个配电变压器的供电区域停电, 一切就停一大片, 包括单位内部的照明、保安等负荷。如果需求侧管理能够对低压用户 (110~220 V) 直接进行监测、管理与控制, 并对大型用户内部的低压设备进行负荷分级, 由用户的能源管理中心根据低压用户的级别进行投切、实现柔性控制, 这样可以减少负荷控制对照明、保安等重要负荷的影响。如果在低压用户的需求侧管理中, 电力零售商把实时电价传给用户, 用户根据电价来规划购电、用电、参与电力市场的交易, 则可以实现用户电力市场。

家庭自动化网络是实现低压负荷控制与管理的前提和基础。所谓家庭自动化网络就是将家庭内的各种设备 (包括保安、电脑、家电、视听等各种电器设备) 接在总线式的信息传输网络上, 通过控制中心统一调度控制, 实现用电设备的控制与管理^[12~15]。控制中心还应与 Internet 及其它控制网络 (如电力部门的能量管理系统、公用电话网络等) 连接, 使家庭自动化网络成为社会广域网的一部分, 这样

基金项目: 湖南省自然科学基金 (01JJY3025) 和香港理工大学研究基金 (G.YC.52)。

任何人在任何地方或任何时候都可以随意地查询家庭内外的各种信息,对家庭设备进行控制管理^[16, 17]。在国内智能化建筑的设计中,自动化网络通常分为楼宇自动化(BA)、办公自动化(OA)、通信自动化(CA)、消防自动化(FA)和保安自动化(SA)等5个部分(总称为5A)^[18],尚未包括对家庭用电设备控制与管理的家庭自动化。因此电力部门在建立低压用户需求侧管理时,需要额外设计家庭自动化网络。国外对家庭自动化网络研究较早,已形成X-10、CEBus、LonWorks、Smart House等成熟的网络规范^[19~22],设计了简单的家庭自动化网络,并基于智能体(Agent)技术,提出了根据分时电价进行用电设备优化控制管理的理论模型^[23~26]。目前基于家庭自动化网络的低压用户需求侧管理系统已经成为国外研究的热点。

本文基于当今世界最新出现的智能家电、家庭自动化网络及智能体技术^[25~28],研制了家庭用电设备集中控制器(HCU)及低压电器设备的智能接口模块,设计了家庭自动化网络,并提出了关于用户负荷控制与管理的网络结构模型,以便实现低压用户需求侧管理。

2 家庭用电设备集中控制器

家庭用电设备集中控制器(Home Control Unit, HCU)是家庭自动化系统的控制中心,通过家庭自动化通信网络与具有智能接口模块(Interface Unit, IFU)的各种用电设备相连,对各种用电设备进行监测、控制与管理。作者设计的家庭用电设备集中控制器硬件结构如图1所示,包括:主机、保护测量模块、键盘及液晶显示模块、通信模块。其中主机采用小型工业控制机,外围测量及通信接口模块设计成具有总线结构的控制卡,插在工控机插槽内。各部分功能如下:

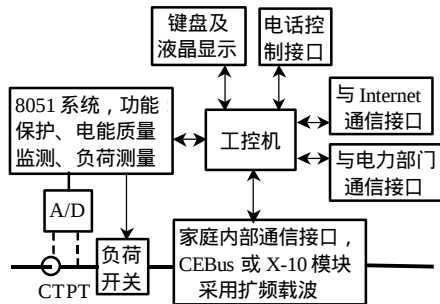


图1 家庭用电设备集中控制器的硬件结构

Fig. 1 The hardware structure of HCU

(1) 保护测量模块

由8051单片机系统构成,用于测量电源电压及家庭负荷的总电流,且具有过电压保护、欠电压保护、过电流保护及漏电保护等功能,并能进行功率测量、电能质量监测、电表电能计量及电费计算。以往的家庭用电保护一般采用模拟式保护装置,保护原理单一、智能化程度低;该保护模块采用数字化、网络化设计,具有自适应、智能化特点,可以检测因插头接触不良而产生的电火花,有效防止漏电火灾的发生。保护整定值可以通过工控机的键盘、电话、互联网或电力负荷控制中心进行设置。

(2) 键盘及液晶显示模块

该模块是人机交互的界面。操作人员通过该模块进行保护设置,对各种用电设备进行整定,查看各设备的运行状态,对各设备的运行进行控制;并可以与上一级网络进行通信,显示和查询实时电价。

(3) 通信模块

家庭用电设备集中控制器具有四个通信模块:家庭内部自动化网络的扩频载波通信模块、与电话网络通信的模块、与Internet通信的模块、与电力部门通信的模块。家庭用电设备集中控制器通过扩频载波通信模块对家庭用电设备进行通信,完成对用电设备的监测、控制和管理。用户可以通过电话、网络浏览器、电力部门的能源管理系统等对家庭用电设备进行监测与控制。

3 智能电器的接口模块

低压用电设备一般不具有智能接口模块(Interface Unit, IFU),不能直接进行远方控制。如果想要把这些电器接入家庭自动化网络,参与用户能源控制与管理,通常采用以下两种方法:

(1) 对低压用电设备进行改造,外加智能控制接口。由于一般家用电器的控制管理功能简单,只需要开、关操作,外加智能接口的改造要比将非遥控电视改为遥控电视还要简单;

(2) 在低压用电设备电源侧连接一个通信控制开关,由家庭用电设备集中控制器HCU对通信控制开关进行操作,完成对用电设备的电源的控制(包括:电源的开关状态监测和开、关控制)。目前国际市场上已有基于Lonworks、X10、CEBus等网络通信协议的智能开关插座出售^[29~31],价格也很便宜(基于X-10通信协议的控制模块^[29]如表1所示)。

表 1 基于 X-10 通信协议的控制模块
Tab. 1 Popular control modules based on X-10 protocol

控制模块	使用方式	功 能	应 用
家电控制智能插座	即插即用	开/关	控制家电（如音响、电视、热水器等）开关
台灯控制智能插座	即插即用	开/关/调亮度	对台灯等设备进行开关及亮度调节控制
墙内智能开关	取代墙内灯开关	开/关/调亮度	对普通灯等设备进行开关及亮度调节控制
传感器模块	即插即用	测量温度湿度等	测量室内外的温度湿度
其他智能控制模块	即插即用	告警	安全系统的鸣铃警告

家庭用电设备集中控制器 HCU 通过智能接口模块 IFU 对家庭用电设备进行监控，具体功能包括 [1,2]：

（1）HCU 通过 IFU 对用电设备运行状态进行监测，读取用电设备的运行模式，即读取用电设备当前所处的开或关状态及各状态参数的设置值（如空调的温度、风向等设置值）；

（2）HCU 通过 IFU 对用电设备的运行状态进行设置，对用电设备进行操作控制，（如对设备

进行开、关操作及对空调的温度、风向等参数进行设置）。

家用电器的智能化、网络化是目前发展的趋势。国内外已研制出大量的网络家电产品，如我国海尔集团已推出网络微波炉、网络冰箱、网络洗衣机、网络热水器等产品。这些网络家电都具有智能接口模块 IFU，可以直接接入家庭自动化网络。但是不同厂家的 IFU 的通信协议不一致，一般家庭往往有不同厂家生产的家用电器，为了使家庭用电设备集中控制器能够与不同厂家生产的家用电器进行通信，需要设计通信接口转换模块（Communication Interface based Transfer Unit，CITU），把不同厂家 IFU 的通信协议转换为同一通信协议接入家庭自动化网络。

4 家庭自动化网络设计

4.1 家庭网络通信标准比较

国际电子业界早就看准家庭自动化网络的广阔市场前景，已经对家庭网络进行了深入研究，形成了 X-10、CEBus、LonWorks 及 SmartHouse 等几种主流通信标准 [12]。各种通信标准的比较见表 2 所示。

表 2 几种主要家庭网络通信标准的比较
Tab. 2 Comparison of major communication standards for homenetwork

通信标准	开发商	通信媒介	最大传输速率	技术私有或公开	相关费用	适用范围
X-10	X-10 美国公司	电力线路	60 bit/s 或 50 bit/s	私有，不容许其它公司使用	低	旧的或新建的房屋
CEBus (EIA IS-60)	电子工业协会 Electro-nics Industry Association (EIA)。由 CEBus Industry Council 进一步完善	电力线路、双绞线、同轴电缆、无线电、红外线、光纤	典型 10 kbits/s，外加支持声音、图象及数据传输	基本公开，但需取得资格认证才能使用 CEBus logo。	低或中等	旧的或新建的房屋
LonWorks	Echelon 公司由 Lon-Mark Interope-rability Association 测试、认证及领导	电力线路、双绞线、无线电等	610 bits/s ~ 1.25 Mbits/s	需要认可，需要资格认证才能使用 Lon-Mark logo。	低或中等	旧的或新建的房屋，商业或工业建筑，其它控制自动化系统
Smart House	Smart House Limited Partnership (Smart Hou-se L.P.) for the National Association of Home Builders	特定的通信线(4 对双绞线)	典型 50 kbits/s，外加具有同轴电缆的通信功能	需要认可	中等或高	主要为新建的房屋，部分商业建筑

X-10 是针对家庭用电设备远方控制而专门设计的一种已获得推广且应用较为成熟的通信标准，它能够基本满足需求侧管理的要求 [12, 29]。该标准直接采用电力线路扩频载波方式通信，避免额外架设通信线路。X-10 公司已经开发了各种智能开关插座及智能通信模块等系列产品（如表 1 所示），以方便该标准的推广应用。但由于该标准通信速率低，

不适合紧急负荷控制（如参与维护系统稳定的低频减载控制），并且不易与声音、图像及数字通信等结合，组成“三网合一”的通信模式 [1]。

CEBus 是由国际电子工业协会开发的一种统一的家庭通信标准 [19, 20]。电子工业协会采用 CSMA/CD 通信规约，建立了一种网络编程语言：

公开共享的公共应用语言(CAL)^[21]。基于 CEBus 通信标准,由 Honeywell、Intel、Inter-active Media Systems、Microsoft、Smart 和 Tomson Consumer Electronics 等公司发起,共同制定了家庭即插即用(Home PnP)规范^[21]。目前 Intellon 公司、Domsys 公司等已开发出一系列 CEBus 兼容型以电力线路为通信媒介的接口芯片,其中 2000 年 5 月测试接口芯片的最高通信速率已达 14 Mb/s^[30],该芯片基本上可以满足各种语音、图像及数据的传输要求。如果把该接口芯片安装在电器内部,各种家用电器可以通过电源线直接进行即插即用的数据通信,容易实现电器设备的远方控制与管理。

LonWorks 通信标准已经在电力系统有较为成熟的应用,能够满足需求侧管理的要求。但 LonWorks 网络造价较高,且通信速率有限^[12]。

SmartHouse 标准立足于建设统一的家庭综合自动化网络,基于资金节省的原则对语音、图像及数据通信进行统一设计,采用具有 4 对双绞线的电缆进行通信,最近正与 CEBus、LonWorks 合作进行通信接口元器件开发^[12]。

比较以上四种通信标准,CEBus 适用于电力线路载波通信,具有易于集成化、模块化、便于安装、通信速率高等特点。国际上已有众多家电企业生产的家用电器设备附有 CEBus 通信接口模块。下文以 CEBus 为例,进行家庭自动化网络分析。

4.2 家庭自动化网络设计

作者对文献[21]提出的家庭能量管理网络进行改进,提出了如图 2 所示的家庭自动化网络。家庭用电设备集中控制器 HCU 通过线路扩频载波与各用电设备的智能接口单元 IFU 通信,对各用电设备进行监测与控制。HCU 可以读取各设备的整定值(如空调的温度、风量的设置值),对各用电设备进行整定与控制;通过外接的 CT、PT 测量电能质量,进行过电压保护、欠电压保护、过电流保护及漏电保护;并通过电话线接口、电力系统的能源管理网络接口、Internet 接口与外界进行通信,外界可以读取家庭自动化系统的整定值,监测各设备的运行状态,控制各设备的运行,进行远方抄表及实现电力市场交易等。

作者设计的办公室或家庭内部用电设备连接网络的拓扑结构如图 3 所示,各种用电设备通过电源线直接或间接与家庭用电设备集中控制器 HCU 通信。各种具有网络通信功能的智能电器(计算机、

打印机、网络电冰箱等)直接接入通信网络。尚未具有通信功能的普通家电(日光灯、普

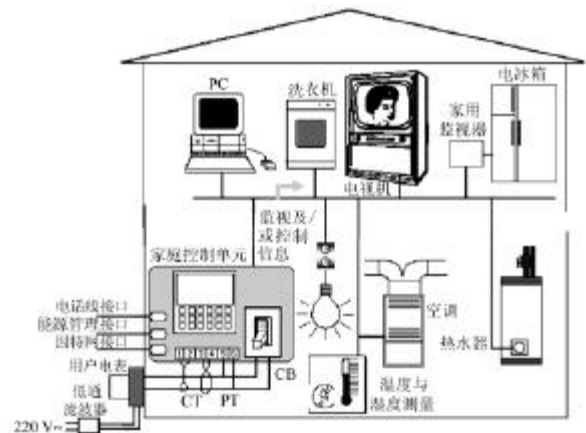


图 2 家庭自动化网络中用电设备的连接

Fig. 2 Connection for appliances in home automation network

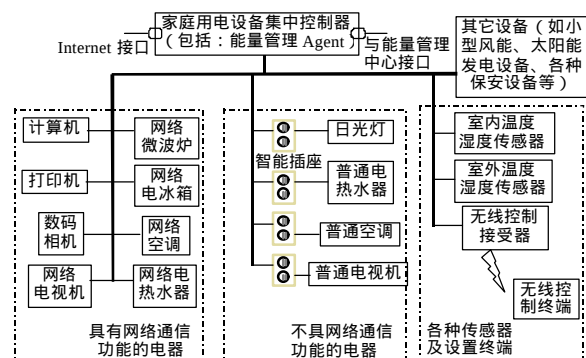


图 3 家庭自动化网络的拓扑结构

Fig. 3 The communication network topology for home automation system

通电视机、普通电热水器等)由智能开关插座进行控制,通过智能开关插座接入通信网络。另外为了对室内外环境进行监测、创造舒适的生活环境,家庭网络上连接有各种传感器(包括:温度传感器、湿度传感器等);并装有无无线控制终端(类似电视机遥控器),对所有用电设备进行遥控监测。家庭自动化系统的其他设备(如家庭小型风能、太阳能发电设备、保安设备等)也统一由家庭用电设备集中控制器进行控制与管理。在智能建筑、智能大厦中,已经存在一些自动化孤岛(如办公自动化系统、闭路电视系统、空调系统、自动报警系统等),建设家庭自动化网络时应顺应网络共享、信息资源共享的发展趋势,立足于语音、图像及数据通信信息的共享,建立家庭综合自动化网络(如国内已开始

建立的“三网合一”网络等)^[32]。

5 低压用户需求侧管理的自动化网络

为满足电力部门对低压用户需求侧管理的要求,作者建立了如图 4 所示的低压用户需求侧管理的网络框架,实现能量管理系统 EMS 对低压用电设备的控制管理。该网络包括能量管理系统 EMS、配电自动化 DAS、需方侧管理中心 DSM、企事业单位及住宅小区的能源管理中心及家庭用电设备集中控制器等。从 EMS 到企事业单位或住宅小区能源管理中心的网络建设属于配电自动化改造的内容,可以根据实际情况选择光纤通信、电力线路载波通信或无线扩频通信等。从能源管理中心到车间、办公室的用电设备集中控制器或家庭用电设备集中控制器的网络连接,可以借鉴抄表系统的成熟经验,选择采用电话线、电力线路载波等进行通信,或采用智能建筑中预留的通信线路进行通信。从家庭用电设备集中控制器到用电设备之间的通信连接由前面介绍的家庭自动化网络完成。

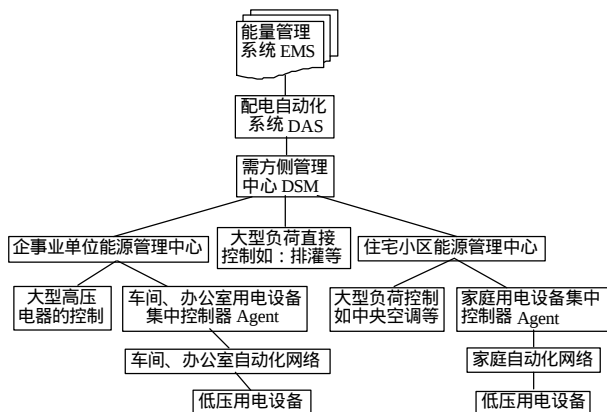


图 4 低压用户需求侧管理网络框架

Fig. 4 The network frame for consumer's demand side management in LV system

由于低压用户需求侧管理需要对各种低压用电设备进行监测控制和管理,网络覆盖面广,被控设备多,控制中心通信量大,容易引起控制中心的信息阻塞,甚至导致需求侧管理瘫痪。为了简化控制系统结构,减少控制中心的负担,避免由控制中心对成千上万的低压用电设备进行直接管理,采用多智能体 (Agent) 控制技术 (一种高级的分散分布式智能控制技术^[26, 27])。如在图 3、图 4 中把家庭用电设备集中控制器设计为一个 Agent,使其具有强大自治能力,可以自主工作。上级网络对家庭用电设备集中控制器仅进行建议性、指导性控制,减

少通信的数据量,降低对通信实时性的苛求。家庭用电设备集中控制器 Agent 是家庭能源管理的代理,代理电力部门及住户对家庭用电设备进行能源控制管理。每个家庭用电设备集中控制器在上一级指导性建议下,感知环境的变化并自治地运行,具有以下功能: 根据分时电价,经济安排各电器设备的用电时间,进行电力市场交易; 由低压用户参与柔性负荷控制及低频减载控制; 负责家庭用电保护 (过电压保护、欠电压保护、过电流保护、漏电保护及插头接触不良的电弧保护)。

6 结论

低压用户需求侧管理实现了电力部门对低压用电设备的控制与管理,提高了电力负荷管理的水平。家庭自动化网络是实现低压用户需求侧管理的硬件平台。本文结合当今国外最新研究的智能家电、家庭自动化网络及智能体技术,对低压用户需求侧管理的自动化网络进行了下列研究:

(1) 研制了家庭用电设备集中控制器;

(2) 研制了低压电器设备的智能接口单元;

(3) 比较分析了现有的家庭自动化网络规约,设计了适于用户能量控制与管理功能实现的家庭自动化网络;

(4) 提出了建立在家庭自动化网络基础上的低压用户需求侧管理网络框架。

低压用户需求侧管理的研究还刚起步,作者正在构筑低压用户需求侧管理网络平台,另外还有很多软件有待开发。

参考文献

- [1] Gellings C W. Demand-side management planning[M]. USA, Tulsa, PennWell Publishing Company 1993.
- [2] Pansini A, Smalling K. Guide to electric load management[M]. Tulsa, PennWell Publishing Company, USA, 1998.
- [3] 电力工业部计划用电办公室. 国外电力需求侧管理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- [4] 胡兆光. 需求侧管理在中国的应用与实施[M]. 电力系统自动化, 2001, 25(1): 41-44.
- [5] 林庆农, 刘学松, 姜正豪. 新一代能量管理系统设计[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(17): 45-47.
- [6] 朱义勇, 宣晓华, 王孟龙. 配电管理系统 (DMS) 的技术要点[M]. 电力系统自动化, 1999, 23(7): 34-37.
- [7] Zeng Ming, Zhao Lizhi, Liu Baohua et al. The study on the feasibility of DSM for Beijing. Proceedings for International Conference on Power System Technology[C]. Beijing, Aug. 1998. (1): 302-306.
- [8] Borowski D, Seamon R. EPRI project RP 2592, 'large scale

(下转第 64 页 continued on page 64)

电厂在峰谷同价的运行管理模式下的电量效益较差。但它所揭示的是 LNG 电厂的科学利用方法,而不是对广东发展 LNG 电厂的否定,广东发展 LNG 电厂应对其容量效益重点关注。

从 LNG 资源利用、环境保护和社会经济可持续发展等高层次角度来看,建设 LNG 电厂可以带来相当大的社会效益。发展 LNG 电厂应考虑这方面效益的再分配。

参考文献

- [1] 曾勇. 浅谈广东发展天然气电厂[A]. 2000 年广东省能源研究会学术研讨会论文集[C], 2000.
- [2] 广东省电力集团公司. 2001~2020 年广东电力发展规划[Z]. 2001.

收稿日期: 2001-10-11; 改回日期: 2001-12-20。

作者简介:

陈志刚(1968-), 湖南新邵人, 硕士, 工程师, 从事电力系统规划设计工作。

(编辑 查仁柏)

(上接第 45 页 continued on page 45)

- [1] distribution automation and load control, enters test year[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1990, 5(1): 486-492.
- [2] Klavut I, Medvedkov V, Anisimov V. Information systems in demand side management[C]. Proceedings of the 4th Korea-Russia Int'l Symp on Science and Tech. 27 June-1 July 2000, Volume: 2, 97-102.
- [3] Jorge H, Antunes C H, Martins A G. A multiple objective decision support model for the selection of remote load control strategies[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2000, 15(2): 865-872.
- [4] Van Tonder J C, Lane I E. A load model to support demand management decisions on domestic storage water heater control strategy[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1996, 11(4): 1844-1849.
- [5] Gerhart J. Home automation and wiring[M]. New York, The McGraw-Hill Company, 1999.
- [6] Douligeris C. Intelligent home systems[M]. IEEE Communications Magazine, 1993, 31(10): 52-61.
- [7] Nunes R, Delgado J. An architecture for a home automation system[C]. 1998 IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems, 7-10 Sept. 1998, (1): 259-262.
- [8] Warrine P, Karam K Z. Proposal for a new domestic automation networking system[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1998, 44(3): 612-616.
- [9] Topalis E, Orphanos G, Koubias S, Papadopoulos G. A generic network management architecture targeted to support home automation networks and home Internet connectivity[C]. International Conference on Consumer Electronics, 22-24 June, 1999, 42-43.
- [10] Corcoran P M, Desbonnet J. Browser-style interfaces to a home automation network[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1997, 43(4): 1063-1069.
- [11] 张瑞武. 智能建筑[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.
- [12] Desbonnet J, Corcoran P M. System architecture and implementation of a CEBus/Internet gateway[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1997, 43(4): pp. 1058-1062.
- [13] Kelly J C, Schoeche T D. A residential energy management test using CEBus[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1992, 38(4): 921-926.
- [14] CEBus Industry Council. Home plug and play specification[S]. ver. 1.0, 1998.
- [15] Shwehdi M H, Khan A Z. A power line data communication

- interface using spread spectrum technology in home automation[J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1996, 11(3): 1232-1237.
- [16] Wacks K P. Utility load management using home automation[J]. IEEE Trans. On Consumer Electronics, 1991, 37(2): 168-174.
- [17] Kaleshi D, Barton M H. Ensuring interoperability in a home networking system: a case study[J]. IEEE Trans. on Consumer Electronics, 1999, 45(4): 1134-1143.
- [18] Toshiyasu Higuma, Masahiro Inoue, Kazuhiko Nanjo *et al*. System architecture and interface for an apartment management system[J]. IEEE Trans. on Consumer Electronics, 1994, 40(3): 411-417.
- [19] Brazier F, Cornelissen F, Gustavsson R *et al*. Agents negotiating for load balancing of electricity use[C]. Proceedings of the 18th International Conference on Distributed Computing Systems, 26-29 May 1998, 622-629.
- [20] Jennings N R, Wooldridge M J. Agent technology, foundations applications and marks[M]. Springer, New York, 1998.
- [21] Huhns M N. Networking embedded agents[J]. IEEE Internet Computing, 1999, 3(1): 91-93.
- [22] Website: <http://www.x10.org/>
- [23] Website: <http://www.intellon.com/index.asp>
- [24] Website: http://www.homeautomation.org/sitemapMAIN_ie.html
- [25] 张保会, 陈长德, 刘海涛. 电话电脑和电力的三网合一概念与实现技术(一)[J]. 继电器, 2000, 28(9): 1-6.

收稿日期: 2001-10-29。

作者简介:

曾祥君(1972-), 男, 博士, 副教授, 从事电力系统微机保护与控制及信息融合技术在电力系统应用的研究开发工作, 目前受华中科技大学博士后学习站和许继集团博士后工作站委派到湘能许继公司进行博士后课题研究;

K K Li 男, 副教授, 从事电力系统继电保护的研究教学工作;

W L Chan, 男, 副教授, 从事电能质量管理及与工业自动化控制的研究教学工作;

尹顶根(1954-), 男, 教授, 博导, 从事电力系统继电保护与安全稳定控制等领域的教学、研究工作;

陈德树(1930-), 男, 教授, 博导, 从事电力系统继电保护与控制等领域的教学、研究工作。

(编辑 杨天和)