

基于 IEC61850 城市亮化智能控制系统^①

宗起振, 赵 琴, 李志军

(国电南京自动化股份有限公司, 南京 210032)

摘 要: 为提高城市照明设施维护效率、降低维护成本及节约能源, 结合国内城市照明设施管理现状, 我们提出了以 IEC61850 协议为基础的城市亮化智能控制系统设计方案. 该方案首先介绍系统的关键技术(如参照 IEC61850 标准, 以 Vxworks 为开发平台, 采用 Sqlite 数据库及 GoAheadServer 等技术), 其次讨论本系统的具体操作方法及通信方式, 最后介绍照明设施的实时监控、监测信息的整合、传输规约以及通信网络的标准化等内容, 对城市亮化设施管理水平的整体提高有一定的意义.

关键词: IEC61850; GoAhead; VxWorks; Sqlite; 城市亮化

City Lighting Monitoring System Based on IEC61850

ZONG Qi-Zhen, ZHAO Qin, LI Zhi-Jun

(Guodian Nanjing Automation Share Co.Ltd, Nanjing 210032, China)

Abstract: In order to improve the efficiency maintenance, reduce the maintenance costs and save energy, city lighting monitoring system based on IEC61850 was proposed according to the status of domestic city lighting facilities. First, this system introduced some important technologies, such as IEC61850V, Vxworks development platform, Sqlite database and GoaheadServer. Second, the specific methods and the communication mode were discussed, and finally, following contents were introduced, such as real-time monitoring of lighting, integration of monitoring information, transmission protocol and the standardization of communication network. It has a certain significance to improve the overall management level of city-lighting facilities.

Key words: IEC61850; GoAhead; Vxworks; Sqlite; city lighting

随着城市基础设施规模的不断扩大, 城市亮化建设得到了快速发展, 塑造了现代化城市形象和优化了市民的夜生活环境^[1]. 但随着人民生活水平的提高, 对城市亮化更人性化的管理要求越来越高, 比如根据环境的变化, 灯光亮度也随之变化、开关灯的准确率、故障检测的实时性和维修的及时性等等^[2-3].

我国城市照明即使是经过最近十几年的快速发展, 虽然有不少城市在一定程度上建成了城市亮化无线或有线监控系统, 也只是实现了基于配电管理的远程控制和数据采集, 但从总体上来讲现有监控硬件设备功能单一, 软件功能不齐全, 已不能适应城市亮化现代化管理水平的需求. 随着城市亮化需求范围的日

益扩大, 城市亮化的管理难度越来越大.

同时由于我国对城市亮化缺乏统一规划, 如市政管理部门负责广场照明设施, 路灯管理部门负责路灯照明设施, 河道管理部门负责河道照明设施等等, 导致管理体制多头, 管理部门众多, 很大程度上阻碍了对城市亮化的统一指挥. 而且各部门使用不同的城市亮化监控系统, 采用不同的通讯规约和数据格式, 因此各部门之间检测信息不能共享, 形成多个信息孤岛, 导致对出现问题的照明设施故障检测不能做出快速响应, 维修不及时和维修费用高等现象, 致使城市亮化的节能降耗目标常常得不到有效落实^[4]. 因此如何充分利用现代信息技术、高科技手段以及通信规范对数据

① 收稿时间:2015-08-25;收到修改稿时间:2015-10-14

进行整合和提高数据的利用率是体现城市亮化管理现代化水平的重要标识之一。

2002年通过了 IEC61850 变电站通信网络和系统的国际标准草案, 由于 IEC 61850 在通讯规范中采用传输协议、规范以及网络通讯的标准化, 为在各种自动化系统内部准确、快速地数据采集、处理、整合后, 最终采用统一的传输格式为上送给用户提供了可靠快速的通讯保证^[5], 因此为各种监测系统的标准化、网络化提供了有力的技术支撑, 在国内外电力行业得到了广泛的应用和推广。本文提出了基于 IEC61850 的城市亮化智能监控系统设计。该方案的应用原理如图 1 所示。本文中采用高实时性的 Vxworks 嵌入式操作系统, 它可以出色的完成单片机难以做到的功能如网络通讯功能, 用户在客户端通过浏览器可以实现对所照明终端进行参数的读取与设置、数据查询、实时监测运行状态等等。不仅提高了对城市亮化智能控制和实时监测的要求, 同时采用 IEC61850 通信协议使监测信息数据的传输格式得到统一和网络通信的标准化, 对数据的整合、统一上送、处理、分析、实时监测以及监测信息的共享奠定了基础。

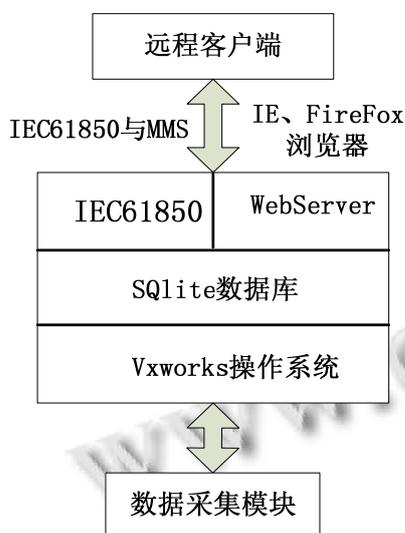


图1 系统应用原理

1 系统采用的关键技术

1.1 Vxworks 操作系统

Vxworks 是高实时性嵌入式操作系统, 它采用微内核设计, 具有可裁减性、可伸缩性以及高可靠性的特点, 几乎可应用于所有流行目标的 CPU 平台如 X86、PPC, 用户可以根据实际工作中的需求对

VxWorks 内核进行裁剪。由于 VxWorks 操作系统具有良好的持续发展能力、高性能的内核以及友好的用户开发环境^[6-7], 因此具有开发效率高和开发周期短度的优势。

1.2 GoAhead Web 服务器

随着嵌入式技术的发展和 Internet 的快速发展, 使得嵌入式 Webserver 的应用越来越广泛, 而作为人机交互的一种有效沟通手段, Webserver 应用显得十分方便快捷, 用户在客户端只需通过 Web 浏览器就可以对嵌入式设备进行远程访问, 它为管理、监控嵌入式设备提供了一种有效的方法和途径^[7]。本系统使用 GoAhead Webserver3.1^[8], 它是一款开放源代码的嵌入式 Web 服务器程序, 其支持包括 VxWorks、WinCE、Cos、Linux、QNX、LynxOS、pSOS 等多种操作系统。

1.3 嵌入式数据库

目前在 Vxworks 操作系统下主要采用免费的嵌入式数据库: SQLite3 和 Berkeley DB, 它们有其共同特点: 开放源代码、占用空间少, 运行高效可靠、可移植性强、不存在服务器概念, 具有零配置, 通过 API 接口访问数据等。最大的不同是: SQLite3 是关系型数据库^[9-10], 可以支持绝大部分标准 SQL 语言, 支持多表、视图、事务、索引、触发等功能; 而 Berkeley DB 不是关系型数据库, 不支持 SQL 语言, 加大了开发难度。而目前在软件开发应用中大都采用的是关系型数据库, 同时为了提高开发进度和降低开发难度, 因此在本系统采用 SQLite3 数据库。

1.4 IEC6185 标准

IEC 61850 通信协议是以实现智能电子设备(IED)之间以及与后台之间的互操作于网络结构的抽象通信服务接口(ACSI), 支持 TCP/IP 协议, 是一个开放的、面向未来的自动化系统通信协议。通过对设备的一系列规范化, 使其形成一个规范化的输出, 实现各系统之间的无缝连接^[11,12]。

2 系统设计与实现

GoAhead Server 和 SQLite3 数据库里面所有代码都是用 c 语言编写, 在开发本系统前, 先把 GoAhead Server 和 SQLite3 数据库移植到 VxWorks 操作系统中。为了让多个应用程序在运行中能同时访问数据库而不阻塞主线程, 在移植 SQLite3 数据库时, 选择多线程模式即把 SQLITE_THREADSAFE=2, 添加在 Vxworks

操作系统下相应的宏定义,编译成静态库,以便其它应用程序调用和访问.对 IED 的信息建模时需要借助于系统配置描述语言 SCL 及配置工具对信息模型进行实例化,保障 IED 与后台之间的互操作性,为了提高系统的开发效率,可采用 SICO 公司的 MMS-EASE 与 MMS-EASELITE 将抽象通信服务映射为 MMS(制造报文规范)服务,完整的 MMS 提供了 IED 的 IEC61850 信息建模与实现协议栈及编程接口.

2.1 软件总体架构

本系统以嵌入式操作系统为 VxWorks6.6、MMS 服务、GoAhead3.1 和 Sqlite3.7.8 为软件平台、开发工具为 workbench3.0.由于 Vxworks 提供多任务机制,对任务的控制采取优先级抢占调度和时间片轮转调度机制相结合的方式,因此,本系统的软件设计采用了多任务的思想,把整个系统主要划分为:61850MMS 服务端、数据采集及 Web 服务器三大部分.根据实际运行环境的需要,本系统软件对任务切换的策略既具有优先级调度算法,又具有时间片轮转调度算法^[11].系统软件框架如图 2 所示.

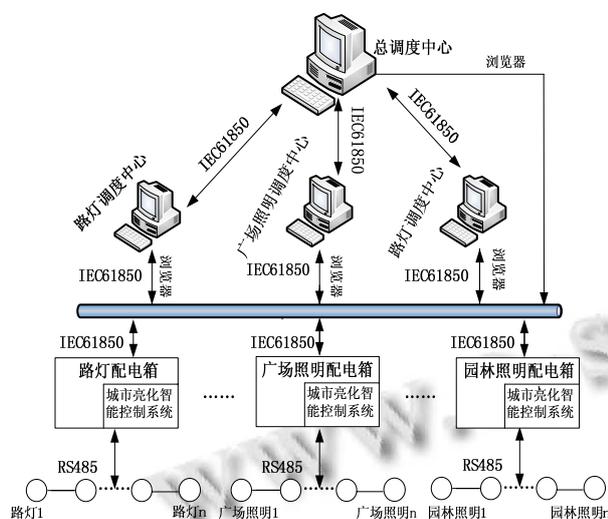


图 2 系统软件框架

2.2 基于 IEC 61850 的建模过程

为了对城市照明设备达到统一的传输格式和网络通信标准化的要求,以便监测信息共享,IEC 61850 提供了建立通信数据模型的方法.从城市照明的实际角度出发,可以将每个照明配电箱看作一个整体进行建模,每个照明配电箱实际就是一个智能电子设备(IED),IED 中的每一个照明设施(如电压值和各种辅助功能)可

以定义为逻辑节点的一个实例,考虑 IED 在实际应用中的功能,一个 IED 中一般集成多个逻辑节点.所有逻辑节点的集合加上辅助服务就构成了逻辑设备(Logical Device).而每一个 IED 均由服务器和应用组成,将服务器(Server)分层为逻辑设备(LogicalDevice),逻辑节点(LogicalNode),数据对象(DataObject),数据属性(DataObjectAttributes).对于照明配电箱设置一个状态监测主 IED 命名为 iedTransform 包含一个逻辑设备命名为 LDevice1,由 LN0 和一个或多个 LN 等逻辑节点实例构成,在 IED 的信息模型中,把各个照明设备(如路灯设施,广场照明设施)的描述性信息就存贮在相应的逻辑节点的属性数据中.在本系统中信息模型采用单 LD 多 LN 的方式.在实际应用中,一个实际的路灯配电箱就是信息模型中的 LD,LD 的 inst 为路灯配电箱拼音的大写,desc 为中文描述,如文昌路路灯配电箱,LD 的 inst="WCLLDPDX",desc="文昌路路灯配电箱".一个 LN 就是一个照明装置如路灯 001,一个 LN 也可以表示所有的照明装置,只要在 DOI 描述清晰即可,LN 的命名只要符合标准的命名空间要求即可.类扩展原则和命名方法符合 IEC61850 国家标准.IED 的主要数据对象如表 1 所示,表中 INC 为可控整数状态,INS 为整数状态 ASG 为定值组,LPL 为逻辑节点铭牌,SPS 为单点状态 MV 为测量值.如表 1 所示.IED 的数据对象每个 IED 主要有三个数据集:dsMeasure(遥信数据集),dsState(遥测数据集),dsSetting(定值数据集)以及 ReportControl(遥测和遥信报告控制块)等.其中遥测数据集主要包括 IED 和每个照明设施的参数:电压、电流、亮度等级等,遥信数据集主要包括 IED 和每个照明设备的状态:设备状态、串口通讯状态以及装置通讯状态等,定值数据集主要是用户通过客户端对 IED 进行读写控制,进而对每个照明设施进行控制的参数信息:开启时间、关闭时间、亮度等级等.

每个 IED 主要有三个数据集:dsMeasure(遥信数据集),dsState(遥测数据集),dsSetting(定值数据集)、ReportControl(遥测和遥信报告控制块)以及 LogControl(日志控制块)等.其中遥测数据集主要包括 IED 和每个照明设施的参数:电压、电流、亮度等级等,遥信数据集主要包括 IED 和每个照明设备的状态:设备状态、串口通讯状态以及装置通讯状态等定值数据集主要是用户通过客户端对 IED 进行读写控制,进而对每个照明设施进行控制的参数信息:开启时间、

关闭时间、亮度等级以及 IED 系统重启等功能。

表 1 IED 主要数据对象

类别	数据	C D C	说明	M/O
公用 信息	Mod	INC	模式	M
	Beh	INS	行为	M
	Health	INS	健康状态	M
	Namplt	LPL	铭牌	M
状态	LinAlm	SPS	照明设施状态	M
	SerAlm	SPS	串口通讯状态	M
	DevRunSta	SPS	装置通讯状态	M
测量	Voltage	MV	电压	0
	TolVoltage	MV	总电压	M
	EleCur	MV	电流	0
	TolEleCur	MV	总电流	M
	LumLev	MV	亮度等级	M
定值	OpenTime	ASG	开启时间	M
	CloseTime	ASG	关闭时间	M
	LumLev	ASG	亮度等级	M
	Restart	ASG	重启装置	M

2.3 IED 和后台的通讯方式

在实际设备中,每一个照明配电箱装置就是一台服务器,有唯一的通信地址.每个照明配电箱通过以太网与后台互连在一起.根据 IEC61850 标准,他们之间的通信采用 C/S(客户/服务器)模式,用于交换控制信息或读取数据,后台是客户端.客户提出服务请求,从执行该服务的服务器收到确认或响应.客户也可以收到来自服务器的报告指示(Report Indications).而后台可以采用组播的方式,可以实现对多个 IED 之间高速、稳定的通信.主要通信服务如下:

① Associte,Abort 和 Release 等服务信息用于双边应用关联.

② GetData、SetData、GetDataName 等服务用于对数据进行读写操作.

③ actSG、CnfEdit、EditSG、NumOfSG 等服务用于对定值进行读写操作.

④ ReporteGetBRCBValues、ReporteSetBRCB Values、ReporteGetURCBVa、ReporteSetBRCB Values 等服务用于监测数据告警召唤周期上传输.

根据实际需求情况,也可以添加日志服务功能.

2.4 Web 服务器设计

这是系统的重要部分之一.采用 B/S 架构,Web 服务器是对 IED 的现场安装、调试以及参数设置的必备手段,也作为对 IED 的在线监测的工具,可以和 IEC61850MMS 一起使用,亦可单独使用.下面我们将结合城市亮化监控系统的需求,阐明 Web 服务器的功

能模块设计.采用 SNTP(Simple Network Time Protocol)技术使系统和服务器时钟定期校时,保证系统开关照明设施的合理性和准确性.

2.4.1 IED 参数信息模块

该模块主要对 IED 的基本信息、路灯信息、配电箱信息、密码管理等信息,特别是路灯信息的关键字包括:编号、名称、开始路段、结束路段、灯杆数量、灯杆编号范围、照明类型、责任人等以及对 IED 通讯时的一些参数进行设置如 IED 的 IP 设置、串口参数、系统重启等参数信息,为信息查询和实时监控和故障维护提供了最基本的数据.

2.4.2 数据采集模块

数据采集任务主要完成系统根据事先设定的规约,通过串口 RS485 或局网络来控制终端装置的开关、时间设置和调节亮度等级,以及接收终端装置返回来的监测数据如照明设施当前运行的电压、电流、故障状态、亮度等级以及配电箱的总电流、总电压等,系统把处理后的数据存储到数据库中以便查询和监控.为了解决路灯照明设施“长链型”的特点,增强 RS485 的传输距离,我们在每个 1000 米左右的照明设施上添加一个 RS485 中继器并采用特制的 RS485 芯片,使 RS485 总线所能支持的照明设施达到 256 个.

2.4.3 遥控模块

该模块主要针对考虑到时间和不同地段对灯光效果的规律性和非规律性,特别是非规律性以及突发性事件如雨雪天气、重大节日等,需要人工对照明设施的开关时间和亮度等级进行干预的功能.

2.4.4 在线监控和查询模块

该模块主要实时的本 IED 的对各个照明设施的运行状态、亮度等级和配电箱的开关、回路的电流、电压、等进行监控.用户只需要在客户端连上以太网,通过浏览器,输入用户名和密码即可查看照明设施的当前运行状况,如灰色为正常状态,黑色为故障故障状态.可以对系统任意时间内的数据按日期、亮灯率、路段和照明标号等方式进行查询、统计,查询结果以列表或趋势图形式显示以及对数据库定期备份、历史数据定期进行清理等功能.极大提高了对照明设施的实时监控能力.如图 3 所示.

3 系统应用案例

本系统在南京某大型游乐场及周边景观路段进行

了软硬件的安装和试运行。

系统主要功能有: (1)系统对于室内、室外、景观路段的照明灯具能根据光感强度自动开启或关闭控制; (2)IED 上所采集的数据如电压、电流值通过 IEC61850 规范快速可靠的上传到游乐场的控制中心; (3)管理人员可以通过网络进行远程监控各处照明灯具实时情况。

城市亮化智能监控系统

文昌中路路灯在线监测

编号	状态	亮度等级	编号	状态	亮度等级	编号	状态	亮度等级
001	●	中亮	002	●	中亮	003	●	中亮
004	●	中亮	005	●	中亮	006	●	中亮
007	●	中亮	008	●	中亮	009	●	中亮
010	●	中亮	011	●	中亮	012	●	中亮
013	●	中亮	014	●	中亮	015	●	中亮
016	●	中亮	017	●	中亮	018	●	中亮
019	●	中亮	020	●	中亮	021	●	中亮
022	●	中亮	023	●	中亮	024	●	中亮

图3 监控页面

通讯网络是基于 RS485 的总线式网络结构, 采用 115200/bps 的通信速率, 使用 24AWG 双脚屏蔽线, 用来连接 IED 装置和现场各个终端控制器 MEC。

系统主干网采用 100M 以太网连接, 运行 TCP/IP 协议, 用户在客户端通过浏览器就可以远程访问 IED, 通过 C/S 结构模式, IED 装置采用 IEC61850 通讯协议把数据上送到调度中心。

4 总结与展望

本文借鉴 IEC61850 在电力行业成功应用的经验, 尝试以 VxWorks 操作系统为开发平台、采用 GoAhead 服务器、Sqlite 数据库和 IEC61850MMS 服务等关键技术, 在 PowerPC CPU 处理器作为硬件平台, 实现了基于 IEC61850 的城市亮化监控系统, 提高了对城市景

观照明设备的远程监控能力, 为系统间运行监测数据交换的无缝连接以及后台对监测数据参数统一管理提供了新的技术支持, 进一步提高城市亮化的精细化管理水平, 对城市亮化管理更智能化、更人性化, 对城市的发展、绿色环保有着积极的推动作用, 同时为社会带来一定的经济和社会效益。

参考文献

- 1 严李强,宋龙,李小.基于 Multisim10.0 的路灯智能控制系统设计.西藏大学学报(自然科学版),2013,5(1):113-115.
- 2 陈小荣.关于智能控制系统在照明中的应用问题的几点思考.制造业自动化,2012-9(下):131-133.
- 3 官国雄.整合城市照明管理资源提高城市照明管理效能.照明工程学报,2008,2:81-83.
- 4 齐嘉伟.基于数字化城市管理系统的城市照明管理体系研究[硕士学位论文].天津:天津大学,2009.
- 5 章坚民,朱炳铨,赵舫,蔡永梁.基于 IEC 61850 的变电站子系统建模与实现.电力系统自动化,2004,28(21):43-48.
- 6 王学龙.嵌入式 VxWorks 系统开发与应用.北京:人民邮电出版社,2003:126-127.
- 7 温增葵,高晓光,魏小丰.基于 VxWorks 的机载火控仿真系统设计与实现.火力与指挥控制,2012,37(7):174-178.
- 8 张信权,彭军林,李少卿等.基于 GOAHEAD、SVG 和 PRFIS 的变电站远程 Web 监控系统设计.电力系统保护与控制,2011,39(12):131-133.
- 9 Embedthis GoAhead.GoAhead Embedded WebServer. <http://www.embedthis.com/products/goahead/index.htm>. 2013.
- 10 沈文伟,杨建华,陈叶富.嵌入式数据库 SQLite 在可视嗅觉系统中的应用.仪器仪表学报,2010,7,31(6):101-104.
- 11 程立,李少卿,朱中华等.基于 Berkeley DB 的配电终端的设计.电气设计,2012,2:21-23.
- 12 李锋,谢俊,赵银凤等.基于 IEC61850 的智能变电站交换机 IED 信息模型.电力系统自动化,2012,36 (7):76-79.