

文章编号: 1001 - 893X(2011)01 - 0068 - 06

电调天线设备控制系统的设计与实现*

李文生¹, 罗仁泽^{1,2}, 吕 焱¹, 邓春健¹

(1. 电子科技大学 中山学院 计算机工程系, 广东 中山 528402; 2. 西南石油大学 电气信息学院, 成都 610500)

摘要: 针对提高网络维护和优化效率的需求, 开发了电调天线设备控制系统, 实现了对诸如 RCU、TMA 等电调天线设备的远程监测和控制。从系统拓扑结构、主从设备之间通信方式、软件体系结构、系统具体实现方法等方面讨论了电调天线设备控制系统的设计与实现。系统采用层次化的软件体系结构, 具有较好的适应性和扩展性; 准确完整地实现了 AISG2.0, 能够与任何符合 AISG2.0 协议的第三方电调天线设备兼容和互操作。

关键词: 电调天线设备; 电调天线设备控制系统; 远程控制单元; 塔顶放大器; AISG 协议

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-893x.2011.01.014

Design and Implementation of an Antenna Line Device Control System

LI Wen-sheng¹, LUO Ren-ze^{1,2}, LV Yi¹, DENG Chun-jian¹

(1. Zhongshan Institute, University of Electronic Science and Technology of China, Zhongshan 528402, China;
2. School of Electric Engineering and Information, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: An antenna line device(ALD) control system(ACS) to monito and control ALDs such as remote control unit(RCU), TMA remotely is developed to meet the requirement of improving the efficiency of network maintenance and optimization. The design and implementation of ACS is discussed from system topology, master-slave communication, software architecture and realization method. The developed ACS is flexible and extensible thanks to its hierarchical software structure, and it has also realized AISG2.0 accurately and completely and can be compatible and interoperable with he third party's ALDs that comply with AISG2.0.

Key words: antenna line device(ALD); ALD control system(ACS); remote control unit(RCU); TMA; AISG protocol

1 引言

随着移动通信特别是 3G 网络普及和应用深入, 电调天线设备的应用越来越普遍, 但问题也由此产生。例如, 如何对基站设备进行统一的监控和管理, 如何整合不同厂家的产品构建一个电调天线系统以实现最高的性价比, 如何解决不同厂家的产品兼容性和互操作性等^[1]。

基于上述原因, 世界上几大主流天线设备供应商成立了 AISG (Antenna Interface Standards Group) 组织, 并于 2004 年提出了 AISG1.1 协议^[2-3], 以解决不同厂家的电调天线设备主要是电调天线远程控制单元(RCU)与控制设备或软件的互操作性, 并实现对 RCU 设备的远程监控。

之后, 3GPP 组织以 AISG1.1 为蓝本, 开发了 3GPP 关于电调天线的相关规范, 并定义了对电调天线设备操作的 Iuant 接口^[4-8]。Iuant 接口是一个 3

* 收稿日期: 2010 - 11 - 03; 修回日期: 2010 - 12 - 16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61072073); 广东省科技计划项目(2008B010200032)

Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China(No. 61072073); Science and Technology Planning Project of Guangdong Province (No. 2008B010200032)

层的协议模型,包括物理层、数据链路层和应用层。物理层在电气上可采用 RS485 标准或者共用射频馈线的 Modem 方式,都为半双工通信。数据链路层是 HDLC 协议的一个子集,采用了 HDLC 协议中正常响应模式下的非平衡通信方式,并支持为应用层提供虚拟全双工的通信链路。应用层根据不同的设备有不同的功能,目前该协议支持的设备包括 RET 和 TMA,因而应用层的功能函数都与电调天线设备的具体功能密切相关,如 RETAP(针对 RCU)和 TMAAP(针对塔顶放大器 TMA)。2006 年 ASIG 进一步在 3GPP 的标准基础上开发了 ASIG 2.0 版本标准^[3], ASIG 2.0修正了 AISG 1.1的一些错误,增加了对 TMA 的支持,并充分考虑了协议的可扩展性。

AISG 2.0推出之后,世界上一些天线设备厂商如 Kathrein、Argus、Andrew 等都开始了符合 AISG 的电调天线设备的研发工作,但是由于 AISG 只是一个协议文本,并没有提出具体的实现方法,而除了 AISG 协议和 3GPP 相关规范外,相关的文献并不多见,以致不同的厂商对于 AISG 的理解存在一些细微的差异,常常造成不同厂商的设备和系统并不能够做到真正的兼容和互操作。

2007 年开始,我们和国内某知名天线设备厂商合作,及时跟踪电调天线技术和 AISG 协议发展,综合运用嵌入式技术开发了面向 3G 移动通信的、符合 AISG2.0 和 3GPP 规范的 RCU、TMA、ALD 手持控制器等电调天线设备^[9-10],并开发了相应的电调天线设备控制系统(ALDs Control System, ACS)。

本文以实际项目为背景,从主从设备之间的通信方式、软件体系结构、软件具体实现方法等讨论电调天线设备控制系统 ACS 的设计与开发。

2 ACS 系统拓扑结构和设备状态模型

2.1 系统拓扑结构

ACS 可以运行在手持控制器上,也可以运行在 PC 机上,它通过 485 线缆、射频馈线和 USB-485 转换器与 RCU、TMA 等天线设备相连接,天线设备之间按照 AISG 规定通过 485 电缆以菊花链连接,其拓扑结构如图 1 所示,其中虚线表示上位机与下位机的分界线,上位机和下位机之间通过 HDLC 帧进行通信,采取的是半双工的通信方式。

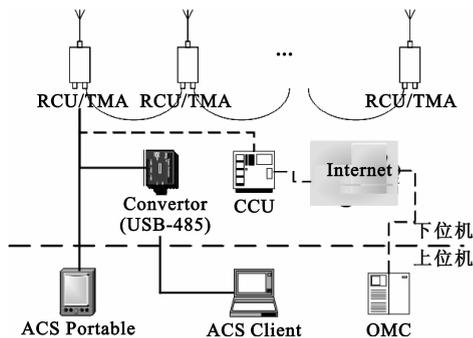
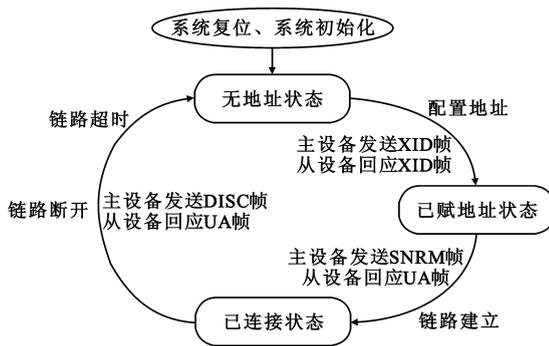


图 1 电调天线设备控制系统拓扑结构图
Fig.1 Topological structure of ALD control system

2.2 电调天线设备状态模型

ACS(主设备)必须与电调天线设备(从设备)建立连接之后,才能对它们进行远程监控。从设备连接状态主要包括无地址状态、已赋地址状态、已连接状态,用于改变连接状态的操作主要包括配置地址、链路建立、链路断开、链路超时。根据 AISG 协议规定,从设备连接状态模型可以用图 2 表示。



从设备在系统复位或系统初始化后进入无地址状态,此时从设备仅对扫描、配置地址操作以及其它一些不需要回应的广播消息起作用,这时候主设备和从设备之间以 XID 帧进行通信,扫描挂载在菊花链总线的天线设备,并对扫描所得的从设备进行赋地址操作。已赋地址从设备收到主设备发送的 SNRM 帧后进入连接状态,进入连接状态后,主设备才可以对它们进行远程控制操作。当从设备收到主设备发送的 DISC 帧或指定时间内没有收到主设备发过来的帧,则又回到无地址状态。

3 主设备和从设备之间的通信

3.1 HDLC 帧

主设备与从设备之间所有的通信消息以 HDLC 帧的形式进行传输的, HDLC 帧格式如表 1 所示。主要包括帧定界标记、HDLC 地址、控制、数据域、CRC 校验等字段。

表 1 HDLC 帧格式

Table 1 Format of HDLC frame

Head Flag (1 字节)	ADR (1 字节)	CTRL (1 字节)	INFO (N 字节)	CRC (2 字节)	Tail Flag (1 字节)	
帧首 标记 0x7E	从设备 地址	控制 字段	HDLC 帧数 据域	CRC 校验 低字 节位	CRC 校验 高字 节位	帧部 标记 0x7E

HDLC 帧的帧首标记为 0x7E, 标志一帧的开始, HDLC 帧的帧尾标记同样为 0x7E, 标志一帧的结束。HDLC 帧中的地址字段用于指明要发往的目的设备地址, 可取 0 到 255 之间任意值, 其中 0 表示无地址, 255 表示广播地址。

HDLC 帧中的控制字段主要表示帧的类型, 或者记录轮询标志以及发送和接收帧的序号。当帧的类型为 I 帧或 RR 帧时, 控制字段记录轮询标志以及发送和接收帧的序号。控制字段为 0xBF 时表示 INFO 域中封装的数据为 XID 帧。控制字段值为 0x53、0x73、0x93 时, 分别指明 HDLC 帧具体类型为 DISC 帧、UA 帧、SNRM 帧, 这个时候 HDLC 帧的 INFO 域为空。

HDLC 帧的数据域字段用于封装主设备与从设备的通信消息, 该字段的长度根据通信消息的不同而不同。

HDLC 帧中的 CRC 字段值采用 16 位循环校验算法获得, 在发送过程中该字段值, 计算的是从帧首标记之后到 INFO 域为止的所有字节。在接收过程中该字段值计算的是开始标记与结束标记之间(不包括开始标记和结束标记)的所有字节。

3.2 天线设备扫描与 XID 帧

天线设备启动时处于无地址状态, 这时主设备只能通过广播 XID 帧与这些处于无地址状态的从设备进行通信。在设备扫描过程中主设备要以某种扫描算法不断地向所有从设备广播包含从设备 UniqueID 数据子串的 XID 帧, 以获得从设备的回应来

确定从设备是否存在以及设备的类型, 通过扫描获得挂载在总线的从设备后, 可以通过 XID 帧给指定 UniqueID 的设备赋地址。

在设备扫描和赋地址过程中主设备发送的扫描信息(XID 参数)在经过通信接口后会先后进行两次封装, 分别为 XID 帧封装及 HDLC 帧封装。

XID 帧是在通信接口的第七层进行封装的。当 XID 帧传到通信接口的第二层时, 会被封装成 HDLC 帧, 原先的 XID 帧内容填充至 HDLC 帧的 INFO 域。XID 帧格式为 FI, GI, GL, PI, PL, PV, PI, PL, PV……, 其中 FI 表示格式标识, GI 表示组标识, GL 表示后面所有参数所占的长度, PI 表示参数标识, PL 表示参数长度, PV 表示参数值。PI、PL、PV 3 个字段构成一个参数整体, 一个 XID 帧可具有多个参数, 参数的顺序是没有定义的, 因为参数值是通过 PI 来标识的。XID 参数都是从主设备发起的。XID 帧与 HDLC 帧的包含关系如图 3 所示。



图 3 XID 帧与 HDLC 帧关系

Fig. 3 Relationship between XID frame and HDLC frame

XID 帧是广播帧, 在封装成为 HDLC 帧后不需指明目的设备地址(需给 HDLC 帧的 ADR 字段赋值 0xFF), 该帧是在从设备处于无地址状态时进行广播发送的。

3.3 天线设备控制与 I 帧

主设备对从设备的控制主要通过基本过程(Elementary Procedure, EP)实现, EP 可以看成是主设备与从设备之间进行的一次通信过程。EP 按照从设备有无回应可分为两类, 第一类 EP 有回应消息, 流程大致为: 主设备发起→从设备接收, 从设备回应→主设备接收; 第二类 EP 没有回应消息, 流程大致为: 主设备发起→从设备接收。

EP 属于 AISG 协议的应用层, 按照其作用于从设备类型的不同主要可分为两类: 一类是 RETAP, 主要针对电调天线控制单元(RCU), 如天线校准(Calibrate)、设置倾角(SetTilt)等; 一类是 TMAAP, 主要针对塔顶放大器, 如设置 TMA 模式(TMASet-Mode)、设置 TMA 增益(TMASETGain)等。当然还有一类 EP 是针对所有类型的天线设备的, 如获取设

备信息(Get Information)、软件下载(Download Application)等。

用于封装 EP 的帧称为 I 帧,I 帧是在 AISG 协议的第七层(应用层)进行封装的,当 I 帧从第七层传递到第二层(数据链路层)后,第二层将其封装成 HDLC 帧,原先的 I 帧填充至 HDLC 帧的 INFO 域中。I 帧格式如表 2 所示,I 帧主要包括基本过程 ID、数据域长度、数据域等字段。

表 2 I 帧格式
Table 2 Format of I frame

Procedure ID (1 字节)	Data Length (2 字节)		Data (N 字节)
基本过程 ID	数据域长度 低字节位	数据域长度 高字节位	数据域

HDLC 帧与 I 帧的包含关系如图 4 所示。

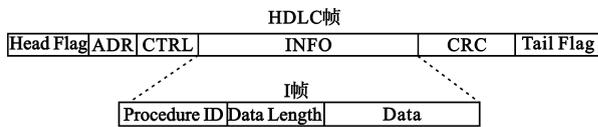


图 4 I 帧与 HDLC 帧关系

Fig.4 Relationship between I frame and HDLC frame

I 帧在封装成 HDLC 帧时必须指明要发送的设备地址,且 I 帧要在从设备已赋地址,并与主设备建立连接之后才可向从设备发送。

EP 的发起消息和回应消息具有相同的基本格式(即 I 帧格式),在回应消息中的 EP 代码和其对应的发起消息中的 EP 代码相同。如果主设备发送的发起消息被执行成功,回应消息中包含 < OK > 返回代码和附加信息;如果执行失败,回应消息中会包含 < FAIL > 返回代码及一连串失败描述代码。

4 ACS 的设计实现

4.1 ACS 软件体系结构

为了实现 AISG 功能实现与用户界面的分离,ACS 分为抽象传输接口层(类似于第一层:物理层)、抽象 HDLC 帧处理接口层(类似于第二层:传输层)、抽象 ALDs 设备功能接口层(类似于第七层:应用层)和用户界面层 4 层。抽象传输接口层和抽象 HDLC 帧处理接口层通过 HDLC 帧进行通信,抽象 ALDs 设备功能接口层和抽象 HDLC 帧处理接口层通过 HDLC 帧的 INFO 域进行通信,而用户界面层和

抽象 ALDs 设备功能接口层通过 EP(基本通信过程)的消息参数(Message Parameters)进行通信。用户界面层就是用户能够看到和使用的 ACS 功能菜单或按钮。主设备和从设备之间通过 HDLC 帧进行通信(主要是 I 帧)。另外,对抽象 ALDs 设备功能接口层和用户界面层,提供用户自定义数据类型接口,它用于封装协议用到的自定义的数据类型。ACS 软件体系结构如图 5 所示。

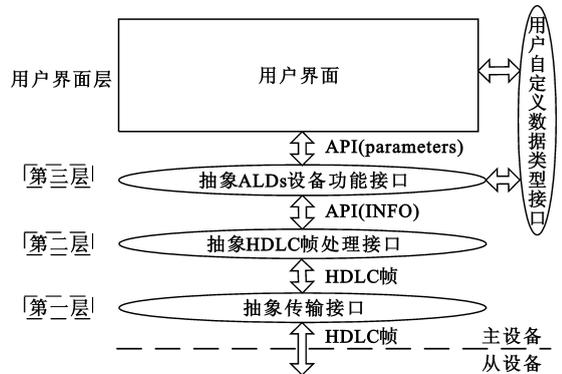


图 5 ACS 软件体系结构图
Fig.5 Software architecture of ACS

4.2 设备扫描

ACS 要控制天线设备,必须首先获知挂载在 485 总线上的天线设备并给它们赋地址。ACS 设备扫描算法是以循环递归方式构造包括可能合法的设备 UniqueID 子串的 XID 帧并广播给总线上所有设备,然后根据回应情况(无回应、回应被碰撞破坏帧、回应合法 XID 帧)来逐步获知挂载在总线上的天线设备及其 UniQueID。在扫描过程中主设备发送的扫描信息(XID 参数)在经过通信接口后也会先后进行两次封装,分别为 XID 帧的封装及 HDLC 帧的封装。

4.3 耗时过程及并行操作处理

在进行自检、校准、设置倾角等 EP 操作时,从主设备发送 EP 消息后,需要等待较长的时间后才能接收到从设备的回应消息,这类 EP 操作就是耗时操作。为了防止从设备较长时间没有收到主设备发送的帧而链路超时进入无地址状态,对于耗时 EP 操作必须进行特殊考虑。

耗时操作的处理流程为:首先主设备在通信接口的第七层(抽象 ALDs 设备功能接口层)将 EP 参数封装成 I 帧,并将该 EP 初始化消息通过第二层

(抽象 HDLC 帧处理接口层)发给从设备,这时主设备接收到的回应并不是从设备的 EP 回应消息,而是从设备发出的 RR 帧回应,因为此时从设备还在执行操作,主设备在收到 RR 帧回应后,也开始不断地向从设备发送 RR 帧,以探测从设备的操作是否已执行完毕,如果从设备操作尚未执行完毕,则继续回应 RR 帧;如果从设备操作执行完毕,则向主设备发送 EP 回应消息。主设备最终接收到从设备的 EP 回应消息,这个 EP 才算完成。

耗时操作也是一种 EP 操作,它与普通 EP 操作最大的不同在于耗时操作在发送完 EP 初始化消息后不会立刻收到从设备的 EP 回应消息,这时主从设备之间使用 RR 帧进行反复通信,直到主设备收到 EP 回应消息为止。另外,在从设备执行耗时操作过程中,它能够接受主设备发送的其它指令,并对其进行响应,这就是并行操作。主设备 ACS 能够根据回应的 I 帧中的过程 ID,知道该回应信息是针对哪一条指令的。

4.4 ACS 的具体实现

ACS 利用 Visual Studio.NET 2003 实现,采用用户功能模块与通信接口相分离方法,通信接口部分使用 C++ 语言封装,用户功能模块采用 C++ 语言与 MFC 实现,用户功能模块使用通信接口与天线设备进行通信。每一个功能模块通过一个对话框类实现,通信接口通过 3 个不同层次的通信接口类实现。程序总体结构及每个类之间的关系如图 6 所示。

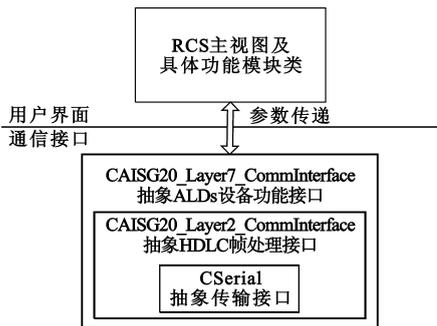


图 6 ACS 类关系结构图

Fig.6 Relation structure of ACS' s classes

通信接口模块由 CAISG20_Layer7_CommInterface、CAISG20_Layer2_CommInterface、CSerial 3 个类实现,其中 CAISG20_Layer7_CommInterface 对应抽象 ALDs 设备功能接口层,CAISG20_Layer2_CommInter-

face 对应抽象 HDLC 帧处理接口层,CSerial 对应抽象传输接口层。

CAISG20_Layer7_CommInterface 类对象在发送数据时,负责接收用户控制界面传递的参数并封装成各种帧格式(主要是 I 帧与 XID 帧),再将封装好的帧作为参数传递给 CAISG20_Layer2_CommInterface 类对象的 SendFrame 方法;在串口接收数据时,负责调用 CAISG20_Layer2_CommInterface 类对象的 ReceiveFrame 的方法,以获取 HDLC 帧的数据域部分,并将其解析后传到用户控制界面中去。CAISG20_Layer7_CommInterface 类对象以全局变量的形式存在,是整个系统的通信接口,用户控制界面通过调用该方法来与天线设备进行通信。

CAISG20_Layer2_CommInterface 类对象在发送数据时,负责接收 CAISG20_Layer7_CommInterface 类对象传递的各种帧格式数据,并将这些数据加上首尾标识、控制位及 CRC 校验封装成统一的 HDLC 帧,将封装好的 HDLC 帧作为参数传递给 CSerial 类对象的 SendData 函数;在接收数据时,负责调用 CSerial 类对象的 ReadData 函数,获取从串口传送过来的数据,通过 CRC 校验位检验接收数据的正确性,将数据域部分的数据传递给 CAISG20_Layer7_CommInterface 类对象。CAISG20_Layer2_CommInterface 类对象仅作为一个类成员变量存在于 CAISG20_Layer7_CommInterface 类对象之中。

CSerial 类对象主要实现串口通信,即通过串口收发数据。CSerial 类对象是 CAISG20_Layer2_CommInterface 类对象的一个成员变量。

具体功能模块主要包括设备扫描和连接模块、公共控制模块、天线控制模块、TMA 控制模块、告警模块等,每一个具体功能模块通过一个类以及一个相应的对话框来实现,对话框主要负责接受用户的输入以及操作结果的显示,而功能类主要负责功能的具体实现。

图 7 是 ACS 系统 PC 机版本的软件界面。系统界面简明直观,操作简单便捷,对于用户的操作具有引导功能,即可根据天线设备的类型及当前状态向用户提供当前可执行的操作,最大限度地避免非法操作的发生,确保用户对天线设备的操作能够有序地进行。用户每进行一个操作,系统都会给用户反馈详细的提示信息,如用户当前在做什么操作、操作成功与否、操作失败的原因等。

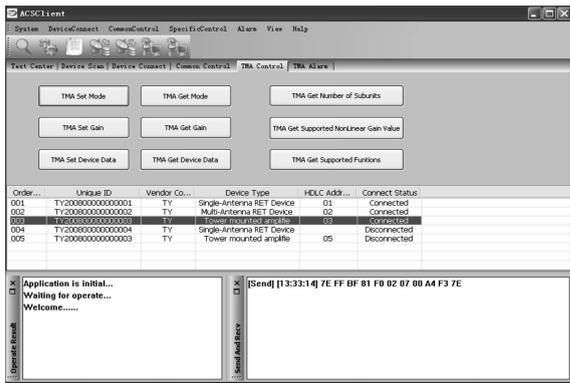


图 7 ACS 软件界面
Fig.7 Software interface of ACS

5 总 结

本文讨论了基于 AISG2.0 协议的电调天线设备控制系统(ACS)的设计与开发。ACS 准确完整地实现了 AISG2.0 协议,所开发的 RCU、TMA 等天线产品经过 ACS 测试后,和诺西、爱立信、台湾捷盟等第三方的基站系统、CCU 对测时,几乎都能一次性测试通过。尽管目前 ACS 暂时只支持 AISG 协议要求的 RCU 和 TMA 两种天线设备,但是由于 ACS 采用分层体系结构和面向对象实现方法,如果今后 AISG 协议要求支持新的天线设备,我们只要在抽象的 ALDs 设备功能接口层和用户界面层加以适当扩展就可以适应新的要求。

参考文献:

- [1] 吴松,葛海平,缪金迪.遥控电调倾角天线及其在网络优化中的应用[J].电信科学,2007(4):91-94.
WU Song, GE Hai-ping, MIU Jin-di. Remote electrical tilting antenna and its application in network optimization[J]. Telecommunication Science, 2007(4):91-94. (in Chinese)
- [2] Antenna Interface Standards Group Standard No. AISG1: Issue 1.1, Control Interface for Antenna Devices[S].
- [3] Antenna Interface Standards Group Standard No. AISG V2.0, Control Interface for Antenna Line Devices[S].
- [4] 3GPP TS 25.460 V6.2.0, UTRAN Iuant interface: General aspects and principles[S].
- [5] 3GPP TS 25.461 V6.5.0, UTRAN Iuant Interface: Layer 1[S].

- [6] 3GPP TS 25.462 V6.3.0, UTRAN Iuant interface: Signalling transport[S].
- [7] 3GPP TS 25.463 V6.4.0, UTRAN Iuant Interface: Remote Electrical Tilting (RET) antennas Application Part (RETAP) signalling[S].
- [8] 3GPP TS 25.466 V7.1.0, UTRAN Iuant Interface: Application Part[S].
- [9] 吕焱,刘伟.基于 AISG2.0 协议的电调天线远程控制单元的设计实现[J].电子技术应用,2009(11):33-35.
LV Yi, LIU Wei. The realization of RET control unit based on AISG2.0[J]. Application of Electronic Technique, 2009(11):33-35. (in Chinese)
- [10] 吕焱,曾荣荣.遵循 AISG2.0 协议的固件更新策略设计[J].测控技术,2010(9):62-65.
LV Yi, ZENG Rong-rong. Design of Firmware Update Strategy Conforming to AISG2.0[J]. Measurement & Control Technology, 2010(9):62-65. (in Chinese)

作者简介:

李文生(1966-),男,湖南郴州人,1991年获计算机硕士学位,现为副教授,主要研究方向为嵌入式软件开发、多媒体处理与通信;

LI Wen-sheng was born in Chenzhou, Hunan Province, in 1966. He received the B.S. degree in 1991. He is now an associate professor. His research interest includes embedded software, multimedia processing and communication.

Email: lws7166@126.com

罗仁泽(1972-),男,四川成都人,博士,教授,主要研究方向为数字信号处理;

LUO Ren-ze was born in Chengdu, Sichuan Province, in 1972. He is now a professor with the Ph.D. degree. His research direction is digital signal processing.

吕焱(1981-),男,山西大同人,2007年获硕士学位,现为讲师,主要研究方向为智能控制技术;

LV Yi was born in Datong, Shanxi Province, in 1981. He received the B.S. degree in 2007. He is now a lecturer. His research direction is intelligent control technology.

邓春健(1980-),男,广东韶关人,2008年获博士学位,现为副教授,主要研究方向为信息显示技术、通信技术。

DENG Chun-jian was born in Shaoguan, Guangdong Province, in 1980. He received the Ph.D. degree in 2008. He is now an associate professor. His research concerns information communication and display.