

卫星与无线通信融合系统管理软件的设计与实现

王可慧 黄 烨 孙 滢 宋铁成 胡 静 沈连丰

(东南大学 信息科学与工程学院, 江苏 南京 210096)

[摘要] 为解决卫星通信与地面无线通信两个产业链有机融合的难题,设计了一种卫星与无线融合系统的总体方案,实现了对系统中核心单元——多网融合网关的管理控制.管理软件的功能模块划分为用户界面和融合网关软件两部分.在 Windows 平台下利用 MFC 框架为用户设计友好、便利的界面,融合网关软件则基于嵌入式 Linux 系统配合用户界面搭建各个控制子模块.此管理软件通用性好、简洁直观.测试结果表明,该管理软件完全满足设计要求,用户可以方便地实现对融合网关系统的监控管理.

[关键词] 融合系统,管理软件,界面设计

[中图分类号] TN927; TP315 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-4292(2011)04-0077-06

Design and Implementation of the Management Software for Satellite and Wireless Communication Fusion System

Wang Kehui, Huang Ye, Sun Ying, Song Tiecheng, Hu Jing, Shen Lianfeng

(School of Information Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: In order to solve the integration of satellite communications and terrestrial wireless communications, this paper introduces a general scheme of satellite and wireless communication fusion system. The system successfully realizes the managing and controlling of the core unit of the system—multi-network convergence gateway, builds the controlling modules of the management software on Windows platform utilizing MFC framework, and eventually provides friendly and convenient User Interface. Test results show that the management software fully meets the design requirements, and the users can easily realize the monitoring and managing of the integration gateway system by using the intuitionistic and high universality management software.

Key words: fusion system, management software, interface design

卫星通信作为一种应急通信方案,在抢险、救灾、疾控、环保、森林防火、高速公路、质量监督等领域的应用非常广泛.目前,卫星业务更加趋向于宽带、多媒体方向发展.近年由于自然灾害与突发事件频发,对通信保障机动性、灵活性提出了更高要求,卫星与无线通信融合的优势日益突出,已受到各国政府的高度重视.在下一代无线通信系统中,只有采用卫星与地面相互补充,才能满足有效、高速、高质量的多媒体业务的传输要求,而且只有将卫星系统与地面系统的接口更好地融合,才能适应下一代空间段、地面段的一体化需求^[1].

2008 年南方雪灾和汶川地震,凸显了卫星与无线通信融合应用的重要性,中电科技 54 所、中科院上海微系统所和南京中网等单位迅速研发融合应用产品.南京中网的卫星与无线通信融合产品迅即在河南等六省市气象局、贵州等三省消防总队以及南京市无线城域网示范工程中得到应用.随着物联网产业的快速发展,卫星与无线通信融合产品的应用领域将不断扩大.

本文提出的卫星与无线融合系统,实现了卫星通信与地面无线通信两大产业链的有机融合,对公众通信网络的广域覆盖和盲区多媒体通信问题的解决具有突破性的作用.其应用场景为抢险、救灾等现场车辆

收稿日期: 2011-10-29.

基金项目: 国家科技重大专项课题(2010ZX03006-002-01)、江苏省科技成果转化专项资金(BA2010023)、高等学校科技创新工程重大项目培育资金(708046).

通讯联系人: 宋铁成,博士,教授,博士生导师,研究方向: 无线通信领域. E-mail: songtc@seu.edu.cn

间及车辆与 Internet 网络及卫星网络的通信^[2-4].

本文的主要工作是实现了对卫星与无线融合系统核心单元多网融合网关的管理控制. 该管理软件一方面接收车辆间的组网信息并进行即时处理, 实现对车辆自组织网络的实时监控; 另一方面接收用户对车载网关的管理控制消息, 实时响应用户操作. 用户可以通过界面直观地观察到车辆间的组网信息, 自主控制选择通信链路, 实现卫星与地面无线资源的灵活、合理使用.

1 总体方案

1.1 卫星与无线通信融合系统整体结构

将卫星与无线通信融合的车载系统, 提供多种通信方式, 包括 WLAN 链路、3G 链路和卫星链路. 要实现这些异构网络的互联, 卫星与无线通信融合网关(简称多网融合网关) 就应运而生. 卫星与无线通信融合系统的车载应用场景如图 1 所示.

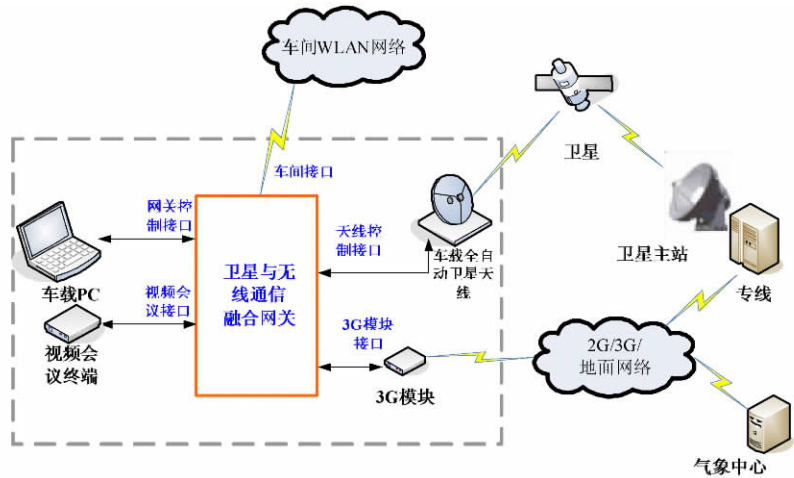


图 1 卫星与无线融合通信系统车载应用场景图

Fig.1 Satellite and wireless communication fusion system vehicle-mounted applications scenarios

从图 1 可以看出, 车载融合系统包含多种通信方式. 根据直接通信双方的类别不同, 通信方式可归为 3 种情况: 车辆间通过 WLAN 通信, 车辆通过 3G 模块无线接入蜂窝网进而与 Internet 通信, 车辆通过车载天线接入卫星网络进行通信. 此外, 该系统带有视频会议终端, 支持视频会议业务.

由于卫星资源稀缺, 不可能每个车载系统都拥有卫星接口. 多网融合网关的作用就在于能够实现卫星等稀缺资源的共享. 用户通过管理软件可以实现对卫星与无线融合通信系统中各个设备的管理控制、通信链路的选择, 从而实现在应急场景下资源的最大化利用^[5].

1.2 卫星与无线通信融合网关硬件方案

卫星与无线通信融合网关系统硬件部分采用基于 ARM9 架构的 MCU 以及外围设备搭建嵌入式平台. MCU 选用 Atmel 公司的 AT91RM9200 芯片, 3G 模块选用深圳易通无线的 W380, 扩展网卡芯片选用 Davicom 的 DM9000AEP 芯片, WLAN 模块选用 ZDC 的 ZT-B200 802.11a/n 模块, 此外, 平台还需连接 SDRAM 和 NAND FLASH, 为系统提供存储空间. 融合网关硬件框图如图 2 所示.

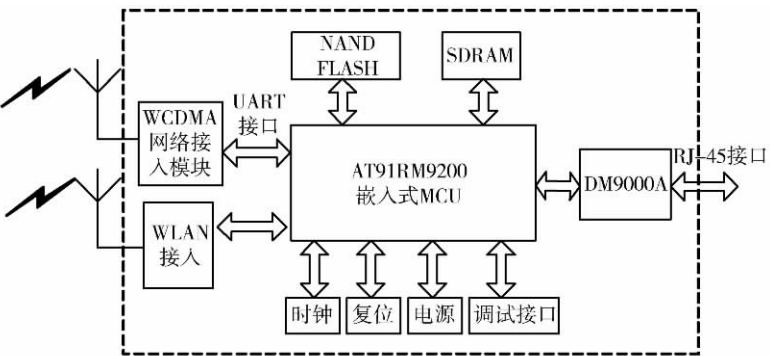


图 2 融合网关硬件框图

Fig.2 Convergence gateway hardware block diagram

1.3 卫星与无线通信融合网关管理软件总体方案

1.3.1 管理软件编程框架设计

本管理软件是面向 PC 机(Windows 操作系统)平台的应用,融合网关功能的实现基于嵌入式 Linux 操作系统^[5].用户界面运行在融合系统中的车载 PC 上,监控管理融合网关的工作,同时融合网关上相应的嵌入式软件模块配合 PC 上的用户界面,响应用户界面发送的控制、状态查看等命令.由于 TCP/IP 协议的广泛性、完善性和跨平台性,故采用基于 TCP/IP 协议的 Winsock 接口实现管理软件和融合网关间的数据传输,并且采用客户/服务器结构模式来架构应用程序^[6].用户界面与融合网关之间通过网卡由五类双绞线建立起点对点的物理连接.用户界面与融合网关之间采用 UDP(用户数据报协议)传输协议,双方事先定义好数据格式,网关将数据报发送到界面所在 PC 机的特定端口(如 6601),进行数据交互.

管理软件编程框架如图 3 所示.用户界面软件利用 Socket 通信机制通过网线将控制信息传递给融合网关,融合网关的软件模块执行相应的操作;操作完成后融合网关将状态信息通过网线回传给网关管理界面软件进行显示.此外,融合网关要发送包含各个外接设备状态的周期广播包,用户界面软件接收此消息实时更新组网信息列表及本车设备状态.

1.3.2 管理软件功能模块设计

根据应用场景的需求,系统管理软件要实现对系统中多网融合网关以及 3G 等车载设备的管理控制,其功能模块划分如图 4 所示.

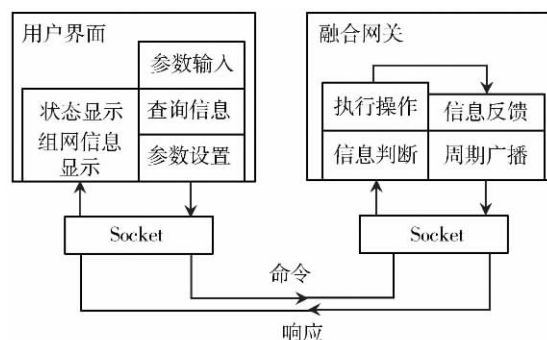


图 3 管理软件编程框架

Fig.3 Management software programming framework

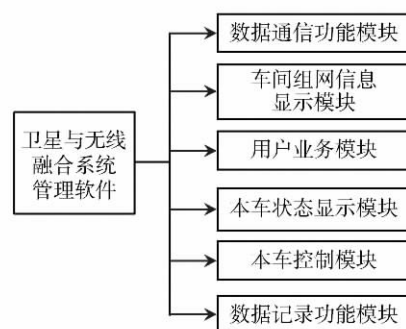


图 4 系统软件功能模块划分

Fig.4 System software function module partition

(1) 数据通信功能模块.负责与融合网关的网络接口通信,通过 TCP/IP 网络协议利用 Windows 的套接字(SOCKET)来实现^[8].Windows Sockets 编程通过 MFC 封装的 CAsyncSocket 类来实现.包括消息接收模块和消息发送模块.消息接收处理模块用来处理管理软件接收到的数据,根据接收数据的数据包类型进行相应的处理,分别在用户界面的相应模块进行显示;消息发送模块为用户业务信息及本车控制信息提供统一的数据发送接口.

(2) 车间组网信息显示模块.包括车间组网列表及车间组网图示两部分.车间组网列表为用户提供当前车辆所在组网中各个车辆的详细信息,包括车载设备情况、链路使用情况及资源权限设置情况,为用户申请业务提供充足的信息;图示部分则动态直观地显示组网中的车辆基本情况.

(3) 用户业务模块.根据设计要求,用户选择业务时,管理软件为用户提供自动可切换的链路.

(4) 本车状态显示模块.包括本车车载设备的当前状态和本车用户操作的响应状态两部分.车载设备状态通过动态图示提供直观的用户界面,操作响应状态则通过 MFC 的 ListBox 实现,实时显示用户当前操作的情况.

(5) 本车控制模块.用以处理用户通过界面对本车车载网关的控制操作,主要包括对 WLAN 网桥、3G、视频终端等网关外接设备的设置以及对资源使用权限的设置.

(6) 数据记录功能模块.负责将管理系统运行阶段的车间组网信息以及用户业务记录到文档中,供以后查询,通过 MFC 的 Serialization 机制重载文档类的 Serialize 函数来实现.

2 管理软件具体实现

融合网关管理软件的用户界面软件运行在 Windows 主机下,利用 MFC 编程框架开发可视化管理界面,对融合网关进行管理,同时,需要融合网关开发平台的软件模块支持。

本管理软件启动了 Windows 环境下基于 MFC 的多线程来实现系统功能。管理软件启动后,将首先启动系统的主进程,主进程将对软件运行环境初始化,随后启动接收子线程。主进程主要用于运行图形用户界面,它维持了一个友好的图形环境,采用消息驱动机制,保证用户的操作能够及时得到处理。接收线程由主进程产生,是主进程的子线程。当它启动之后,将监视整个系统是否接收到数据。多线程技术可以实现一个进程下多个线程共享所有的进程资源,极大地方便了应用开发。

2.1 用户界面软件

用户界面部分主要负责图形化界面的实现,完成车间组网信息及车载设备状态的实时显示,控制信息的发送和响应信息的显示。具体包括对本车控制及用户业务选项进行定义,生成控制命令通过 Socket 进行发送;通过 Socket 接收网关平台的响应信息,对响应信息进行显示。

根据系统要求,可以把管理软件的 6 个功能模块归类,划分为 3 大部分,对应界面软件的 3 个消息处理模块,分别是本车控制消息处理模块、组网控制消息处理模块和接收消息处理模块。得到的界面软件的数据处理流程如图 5 所示。其中,本车控制消息处理模块用以处理用户通过界面对本车车载网关的控制操作,主要包括对 WLAN 网桥、3G、视频终端设备的设置;组网控制消息处理模块用以处理用户对车间组网的控制操作,主要包括组网信息查询、资源状态查询、业务请求等操作;接收消息处理模块则用来处理管理软件接收到的数据,根据接收数据的数据包类型进行相应的处理,分别在用户界面的相应模块进行显示。

管理界面分为本车控制、本车状态、组网信息及组网历史记录、业务类型选择、车间组网视图及本车车载设备状态视图 7 个模块。本车控制主要包括对本车控制的一些选项;本车状态则显示本车车载网关当前的各个模块的运行状态;组网信息显示车辆所在的车间组网中每辆车的车载设备的状态及使用情况,为用户下一步的资源请求提供参考。

图 6 为实际运行场景的主界面截图。从图中可以直观地看出,实际环境中 3 辆车,本车为 Car1,车载融合系统拥有卫星资源;Car2 则同时拥有卫星和 3G 资源;Car3 则既无 3G 也无卫星资源。从本车设备状态图中可以看到,本车卫星设备正在被占用,详细的占用信息如组网信息列表中所示“正在被 Car3 的视频会议业务占用”,实现了卫星资源的共享。同样,本车无 3G 资源,用户可以通过对融合网关的控制使用 Car2 的 3G 资源,如图 6 中组网信息所示,实现了 3G 资源的共享。图 7 则为管理软件对视频终端端口范围的参数配置截图。根据不同视频终端端口范围,在编辑框中输入相应的端口值,即可实现融合网关相应端口的设置。

2.2 融合网关的软件模块

首先,车载融合网关能够周期性地从车辆数据源采集车载资源数据,以广播包将消息发送至车载 PC 及周边车辆,接收端网关在收到车辆的车载资源数据后存储,以备后续查询和资源请求使用。

其次,车载融合网关能够实时监测资源设备连接状态,一旦设备状态改变,就以广播形式将现有资源数据打包并发送至车载 PC 及周边车辆,接收端同样对数据进行存储。

再次,车载融合网关能够完成来自用户界面的 Socket 的数据接收、命令的解析执行和响应功能,以实

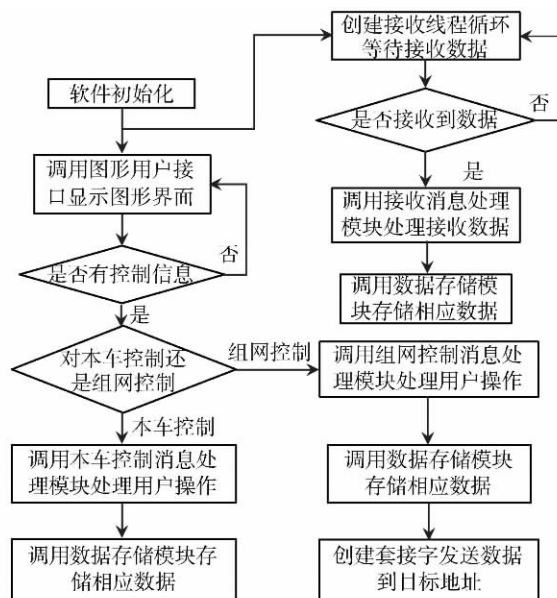


图 5 界面数据处理流程

Fig.5 Interface data processing flow



图 6 管理软件主界面

Fig.6 Management software main interface

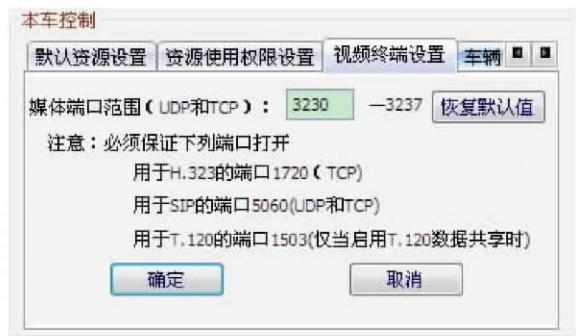


图 7 本车控制选项卡截图

Fig.7 Own car control Tab screenshot

现卫星及 3G 资源的共享^[9]。数据处理流程如图 8 所示。它首先对 Socket 接收的信息进行合法性判断,其次进行类型判断,根据命令中包含的命令类型信息进行参数配置或者状态显示操作,这主要是通过命令中包含的具体端口信息、具体的操作命令和配置参数来完成,完成后向管理界面进行响应。这些均通过调用具体的服务子函数来完成的。

服务子函数负责参数的修改和状态的读取,服务子函数调用融合网关提供的路由脚本、3G 拨号脚本以及设备状态子程序。路由脚本用于实现车辆间组网,3G 拨号脚本负责 3G 设备的控制,设备状态子程序实现对其他车载设备的操作。

2.3 信息交互的数据结构

管理软件和融合网关开发平台之间的信息传递需要相应的数据结构,这个数据结构主要包括信息类型、车载设备端口状态、操作类型和操作参数详情 4 项。为了表达简洁,车载设备端口状态使用一个单独的结构体。根据功能要求,信息类型主要包括周期广播信息、组网更新信息、本车操作信息、业务操作信息及各自对应的响应信息。主要数据结构的具体定义如下:

```
/* 融合系统信息交互数据结构 */
struct gpkt_in{
    packet_t type;                //信息类型
    struct dev_status dev_stat[DEV_ID]; //设备端口状态信息
    int oper;                     //操作类型标志位
    /* 操作参数详情 */
    char id_d[16];               //目的车辆 ID
    int dev;                     //操作设备标志位
    int vc_port[2];              //操作业务端口范围
    int ser;                     //申请业务标志位
    status_t ans_stat;           //响应状态
};

/* 融合网关外界设备当前状态 */
struct dev_status {
    int dev;                     //设备类型标志位
    int avail;                   //设备可用性标志位
    int auth;                    //设备权限标志位
    int occu;                    //设备占用标志位
    char id[16];                 //占用车辆 ID 标志位
    char ip[16];                 //占用车辆 IP 标志位
    int ser;                     //占用业务标志位
};
```

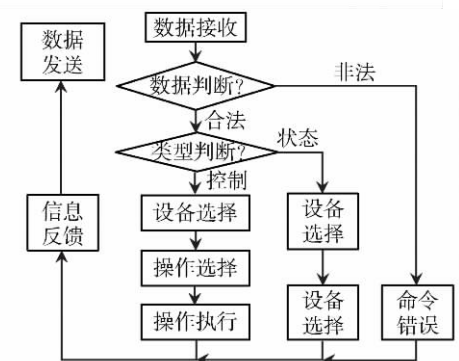


图 8 融合网关数据处理流程

Fig.8 Fusion gateway data processing flow chart

```
stamp_t stamp;           //时间戳  
};
```

对于本车操作,根据传递不同的设备参数,调用不同的操作函数,并根据传递的详细参数值,完成对设备不同的配置,同时融合网关相应软件模块执行完毕后,给管理软件传递响应信息.对于业务操作信息,根据传递的不同业务类型,调用不同路由脚本,为用户业务提供合适链路,并向用户界面传递响应信息.对于组网信息更新消息,融合网关只对传递的设备类型参数进行判断,判断完成后对相应设备端口的状态进行读取,读取完成后将状态通过 Socket 送到 Windows 主机,Windows 主机对状态进行显示,以供用户参考.

3 结语

本文提出卫星与无线融合系统管理软件的设计和解决方案,对融合网关和用户界面的主要功能做了划分,通过两者的交互实现对融合系统的管理控制.软件实际运行结果表明,系统达到了设计要求,且界面友好,表达清晰,易于扩展,通用性好.目前,该管理软件已经在南京中网卫星通信股份有限公司获得实际应用.从应用场景可以看出,该融合系统管理软件具有广阔的市场前景.下一步,管理软件将加入带宽测量、流量管控等功能,以实现更高层次上对融合网关的管理.

[参考文献](References)

- [1] Evans B, Werner M, Lutz E, et al. Integration of satellite and terrestrial systems in future multimedia communications [J]. IEEE Wireless Communications, 2005, 12(5): 72-80.
- [2] Jones W H, M de La Chapelle. Connexion by BoeingSM-broadband satellite communication system for mobile platforms [J]. IEEE Military Communications Conference, 2001, 2: 755-758.
- [3] Abbasi M, Stergioulas L K, Kretschmer M, et al. Heterogeneous satellite-terrestrial technologies: Quality of service and availability testing [C]// IEEE International Conference on Emerging Technologies. Pakistan: Rawalpindi, 2008: 138-145.
- [4] 陈诚, 曹秀英, 帅富强. 数字跳频通信设备关键技术的研究与实现 [J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2007, 7(4): 80-83.
Chen Cheng, Cao Xiuying, Shuai Fuqiang. Research and realization of digital frequency-hopping communication equipment [J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2007, 7(4): 80-83. (in Chinese).
- [5] Tang Zhong, Mei Zhan, Wang Hong. Congestion control for industrial wireless communication gateway [C]// International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation. China: Changsha, 2010: 1 019-1 022.
- [6] 张剑, 施云飞. ARM 嵌入式 Linux 系统开发技术详解 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
Zhang Jian, Shi Yunfei. Embedded Linux System Development for ARM [M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2009. (in Chinese).
- [7] Gray R Wright, W Richard Stevens. TCP/IP 详解: 协议 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
Gray R Wright, W Richard Stevens. TCP/IP Illustrated Volume 1: The Protocols [M]. Beijing: China Machine Press, 2000. (in Chinese).
- [8] Anthony Jones, Jim Ohlund. Network Programming for Microsoft Windows [M]. Beijing: China Machine Press, 1999.
- [9] 叶树华, 高志红. 网络编程实用教程 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
Ye Shuhua, Gao Zhihong. Network Application Programming [M]. Beijing: Posts and Telecom Press, 2006. (in Chinese).

[责任编辑: 严海琳]