

文章编号:1007-2780(2013)02-0244-06

嵌入式公路可变情报板通讯系统设计

程 鹏^{1,2},王瑞光^{1*},郑喜凤¹,陈 伟¹

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, E-mail:cheng_peng@foxmail.com;
2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要: 目前,智能交通系统(ITS)在对高速公路可变情报板通讯稳定性和可靠性提出了更高要求的同时,也提出了情报板应具备能够根据不同环境灵活采用最为简便有效的通讯方式、适应多种复杂环境能力的需求。针对这一情况,结合嵌入式技术和网络通讯技术,提出一种嵌入式公路可变情报板通讯系统。该系统采用 MC703CDMA EV-DO 3G 模块和 DM9000CIEP 网络芯片,借助于 Linux 操作系统强大的网络功能,使其同时具备 3G 无线网络通信、10/100M 自适应以太网通信、RS485 串行接口通讯多种通信方式,在保证系统高效稳定通信的同时可根据具体环境选用不同的通讯方法,具有很高的灵活性。

关 键 词: 多通讯方式;网络通信;串行通讯;3G 通讯;Linux

中图分类号: TP332 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20132802.0244

Design of Embedded Highway VMS Communication System

CHENG Peng^{1,2}, WANG Rui-guang^{1*}, ZHENG Xi-feng¹, CHEN Wei¹

(1. Changchun Institute of Optic, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,
Changchun 130033, China, E-mail:cheng_peng@foxmail.com;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Currently, intelligent transportation systems (ITS) proposed a new demand that the VMS should have the ability to choose the most simple and effective means of communication according to the different environments as well as higher demands in the stability and reliability of the communication. In view of this situation, combined with the embedded technology and network communication technology, this paper proposed a communication system based on embedded highway VMS. The system uses MC703CDMA EV-DO 3G module and DM9000CIEP network chip, combined with the powerful networking capabilities of Linux operating system, has the ability of 3G wireless network, 10/100M adaptive Ethernet communication and RS485 serial interface communication. The system has high effectiveness and stability in communication, at the same time it can selected different communication methods according to the specific environment.

Key words: multi-communication methods; network communication; serial communication; 3G communication; Linux

收稿日期: 2012-04-28; 修订日期: 2012-08-09

基金项目: 国家科技支撑计划基金项目(No. 2009BAE73B03)

作者简介: 程鹏(1987—),男,吉林蛟河人,硕士研究生,主要从事嵌入式系统应用研究。

* 通信联系人, E-mail: wangruiguang1957@126.com

1 引言

智能交通系统(Intelligent Transportation system,ITS)是将先进的信息技术、数据通讯传输技术、电子传感技术、控制技术及计算机技术等有效地集成运用于整个地面交通管理系统而建立的一种在大范围内、全方位发挥作用的,实时、准确、高效的综合交通运输管理系统^[1]。LED 公路可变情报板可以提供道路诱导信息,提醒行车限行限速,告知天气预警信息,提示方位坐标及路口信息,还可直接播出路段交通实况的动态图象以及警示提示语等,是智能交通系统的一个重要组成部分。

目前,LED 可变情报板控制系统多采用单一的通信方式,或为 RS485 串行接口通信或为以太网有线通信或为 GPRS 无线网络通信。有线通信线路铺设工程量巨大,会造成工程成本的成倍增加,所以其大范围应用具有一定的限制性。GPRS 无线网络通信虽然排除了有线通信网络线路铺设的问题,但其速度局限性终将成为可变情报板控制系统发展的一个瓶颈。而且单一的通讯方式使情报板系统无法根据具体环境来选择最为高效的通讯方式,往往会增加成本降低效率,有时甚至导致情报板系统无法在特定地区使用,给系统的架设安装带来很大的困难。

随着智能交通系统的不断发展,应用范围不断扩大,在对可变情报板通讯系统可靠性和高效

性提出了更高要求的同时,也提出了可变情报板应具备能够根据不同环境采用最为简便有效的通信方式、适应多种复杂环境能力的迫切需求。而目前的情报板通讯系统难以同时满足这两点要求,针对这一点,结合近几年得到飞速发展的嵌入式技术和有线/无线网络通信技术,本文设计了一种嵌入式公路可变情报板通讯系统。该系统与主控计算机的通讯方式可采用无线网络通信、10/100M 自适应以太网通信以及 RS485 串行接口通信,具有很好的环境适应能力。无线网络通信使用 3G 技术(第三代移动通信技术),其数据传输速度至少可以到达 384 kbps,不但可以降低施工布线带来的耗费,还可以有效降低向单个情报板发布信息时对通讯信道的占有时间,能在短时间内完成更丰富的信息传输任务,突破了传统情报板传输信息类型的限制,使其在性能上得到很大提高。

2 通讯系统硬件设计

本通讯系统依托的嵌入式平台采用 Atmel 公司的 AT91SAM9G10 芯片作为主处理器,它是一款超低功耗 ARM926EJ-S 内核的微控制器,可以在时钟频率为 266 MHz 的时候获得 293 MIPS 的性能。嵌入式公路可变情报板通讯系统硬件结构如图 1 所示。AT91SAM9G10 是情报板系统的核心处理器,进行情报板图形处理和通信控制。3G 模块与 MAX487 直接与之连接,网络芯片则通过总线与之相连。

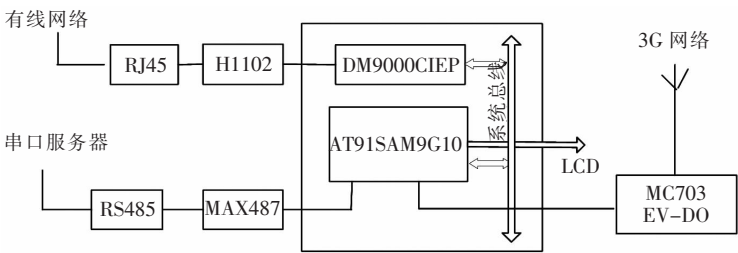


图 1 可变情报板通讯系统硬件框图

Fig. 1 Hardware diagram of VMS communication system

本系统设计采用的 3G 模块为 MC703CDMA EV-DO。该模块支持 CDMA 800/1900 频段,支持天线分集接收和全球卫星定位系统,并提供丰富的用户信号接口,包括 1 路 9 线全串口、2 路模拟音频接口、1 路 USB2.0 全速接口、2 路 ADC 接口等。本设计中采用 USB 接口实现 MC703CDMA

EV-DO 与 AT91SAM9G10 的连接,USB 接口与驱动配合,在主机中映射出 3 个独立的功能串口,其中“3G Modem”用于外置的拨号连接,与主机进行数据通讯业务,“3G Application Interface”DIAG 口用于后台调试,可以升级软件和抓取 LOG,“3G PC UI Interface”的 PC UI 口用于发

送 AT 命令和上报结果。

网络芯片为 DM9000CIEP,它是一款高集成度、高性价比的工业级快速以太网芯片,具有通用的处理器接口,支持与多种处理器的 8 位和 16 位的数据传输,具备 10/100M 的 PHY,可以连接到 3 类、4 类、5 类的 10M 无屏蔽双绞线和 5 类的

100M 无屏蔽双绞线。它兼容 IEEE 802. 3u 标准,支持 IEEE 802. 3x 全双工流控制,非常适合嵌入式设计。DM9000CIEP 与 AT91SAM9G10 的连接如图 2 所示。在设计中 DM9000CIEP 采用 16 位数据传输模式,片选信号和读写信号均为低电平有效(默认设置)。

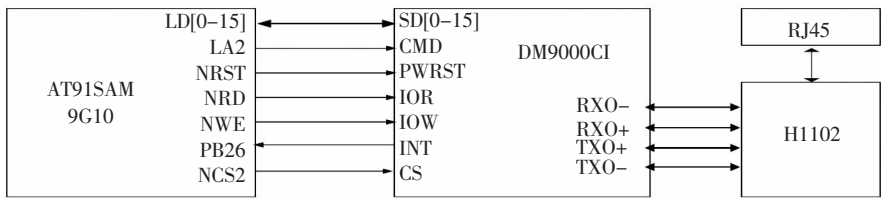


图 2 DM9000CI 与 AT91SAM9G10 连接方式
Fig. 2 Connection between DM9000CI and AT91SAM9G10

3 通讯系统软件设计

3.1 软件总体设计

本通讯系统同时提供 RS485 串行通信、有线网络通信和 3G 无线网络通信 3 种通信方式以满足不同环境下的需求,如果将 3 种通讯方式以分立模块的形式完成,会极大地增加系统软件的复杂性,引起系统调度混乱。如果通过某种“虚拟接口”的方式,将 3 种通信方式引导进入同一个公共模块,并在该模块内完成通信全过程,不但可以有效地降低通讯系统软件设计的复杂度,还可以增加通讯方式选择和调度的灵活性,提高软件的稳定性。通过分析 3 种通信方式流程的共性,我们将一次通信过程分割成建立通信、数据传递和取消通信 3 个步骤,采用面向对象继承和多态的设计思想,将这 3 个步骤实现为 3 个对应的“虚拟接口”,并定义为一个 communication 抽象基类,在基类内提供 3 个接口的不同实现,如此,便将 3 种独立的通信方式虚拟地集成到一个模块,在 C 语言中,采用结构体方法实现这一过程,示例代码如下:

```
Struct Communication{
.....
int (* init_comm)(gpointer communication);
int (* deinit_comm)(gpointer communication);
int (* trans_data)(gpointer communication);
.....
}。
```

以网络通信为例,其接口传递过程实现如下:

```
communication *
create_serial_communication(){
.....
communication->init_comm=serial_init;
communication->deinit_comm=serial_deinit;
communication->trans_data=serial_trans_data;
.....}

communication 类提供一个工厂方法生成子类的实例,这一方法在不增加模块耦合度的前提下提高了模块的内聚度,实现了模块设计“高内聚低耦合”的原则,同时也增强了软件的可扩展性,在未来增加新的通讯方式时,在底层实现然后注册到通讯模块中即可。
```

一个系统集成多种通信方式在增加了通信选择灵活性的同时,也提高了系统初始化时通信参数设置的难度。传统的单一方式通信系统多将通信参数固化在程序内部,在系统启动时按照预设参数建立通信连接,这一方法由于其极低的可移植性和灵活性已经无法满足多方式通讯系统。为了更好地提高在通信选择方面的灵活性,本系统采用配置文件的方式存储通讯方式选项以及通讯模块初始化时的相关参数如串行接口波特率、IP 地址、MAC 地址、端口号等。在模块初始化时对配置文件进行读取,根据配置来完成通讯模块初始化,建立通信连接。使用这种方法可以通过修改配置文件内容的方式完成对通信方式的选择和参数配置过程,满足了系统对于不同通信方式切换时简单快捷的要求。本设计中对配置文件的读取过程采用 Glib 库提供的 Key-value file parser

(键值对解析程序) API 进行开发,以保证对配置文件读取的准确性。

通讯系统软件设计流程如图 3 所示。系统启动后,程序根据配置文件中的配置建立通讯服务客户端,完成相应接口配置工作,如果读取到的配置文件信息有错误,模块会尝试使用默认配置建立通讯连接。通讯连接建立后便启动通讯线程,接收主控计算机发来的命令帧,并对帧内容进行核对,当确认收到的命令帧是正确命令帧后,根据命令帧号进入指定功能模块进行操作,并将命令执行结果组装入应答帧。发送应答帧是每次通讯过程结束的唯一标志,发送过程与命令执行结果无关,主控计算机可以根据收到的应答帧内容来启动下一次通信过程。

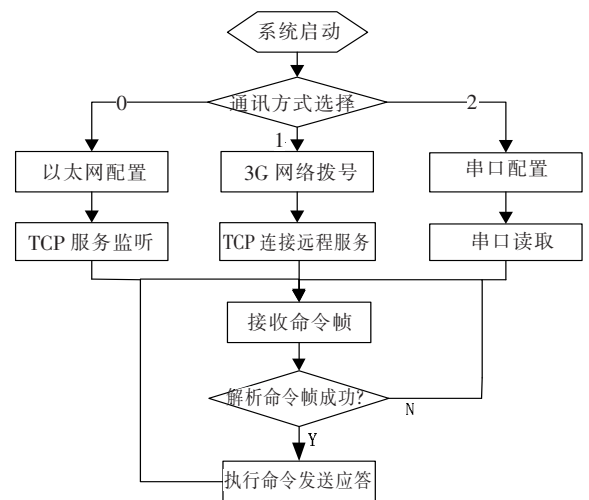


图 3 通讯系统软件流程图

Fig. 3 Communication system software flow chart

3.2 网络通信实现

3.2.1 基本原理

数据在以太网上的传输和接收都必须遵循以太网络的通讯协议,在一系列以太网通讯协议中,核心协议是传输层的 TCP/IP 协议。TCP/IP 代表的是传输控制协议/网际协议,IP 协议是针对数据包的底层协议,它提供从一台计算机通过网络到达另一台计算机的路由。TCP 协议是面向连接的,它提供排序、流控和重传,以确保大数据的传输可以完整地到达目的地或者报告一个适当的错误条件^[2]。

在 Linux 中,基于 TCP/IP 协议的网络编程通过 Socket 接口来进行,Socket 是 TCP/IP 网络传输层的一个接口,提供一系列原语供用户编程

调用,访问系统资源,进行网络应用软件开发或者实现进程之间的通信^[3]。它也可以理解为客户端或服务端的一个特殊对象,通常也称为“套接字”。每一个 Socket 都用一个半相关描述{协议,本地地址、本地端口}来表示;一个完整的套接字则用一个相关描述{协议,本地地址、本地端口、远程地址、远程端口}表示^[4]。

3.2.2 网络通讯程序设计

在 Linux 嵌入式系统中应用 socket 实现 TCP 套接字编程要借助于 Linux 包含的 POSIX 标准库函数,利用 Socket(),bind(),listen(),accept()这几个库函数可以方便地实现客户机/服务器模型中数据的传送与接收^[5]。服务器程序设计流程如图 4 所示。

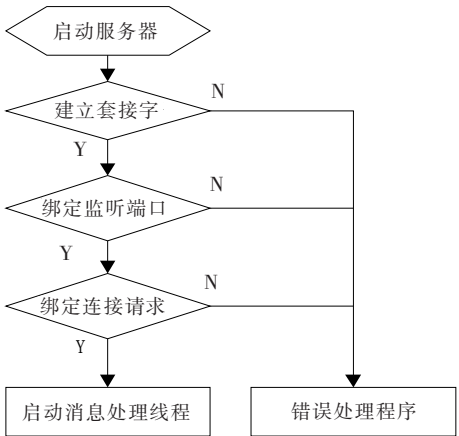


图 4 TCP 服务器程序设计流程图

Fig. 4 TCP server software flow chart

(1)服务器程序首先创建一个套接字,它是一个通信线路的一个端点,通过调用 int socket(int domain, int type, int protocol)实现。其中 domain 参数指定协议族,本设计使用的协议族为 ARPA 因特网协议,type 表示套接字通信类型,我们使用的是 TCP 协议对应的流式套接字 SOCK_STREAM。

(2)将服务器的 IP 地址与套接字绑定。通过调用 int bind(int socket,const struct sockaddr* address,size_t address_len)实现,它将参数 address 中的地址分配给与文件描述符 socket 关联的未命名套接字,address_len 表示地址结构长度。

(3)为了能够在套接字上接受进入的连接,服务器程序创建一个队列来保存未处理请求,它调

用 `int listen(int socket,int backlog)` 来完成此工作,其中 `backlog` 表示未处理请求队列的长度。在本设计中,为了保证每次到达的消息都能得到及时处理,将 `backlog` 值设为 1。

(4)消息处理线程自身为一个无条件循环,通过 `int accept(int socket,struct sockaddr * address,size_t * address_len)` 系统调用来等待客户建立通信连接。当连接成功建立后,会读取客户发来的信息并调用相关处理函数完成命令。

3.3 串行通信实现

3.3.1 基本原理

串行通信是指利用一条传输线将信息一位一位地顺序传送。其特点是通信线路简单,利用简单的线缆就可以实现通信,成本很低,适合远距离通信但传输速度慢的场合。

串行通信根据协议不同可分为同步协议和异步协议。异步协议的特点是一个字符一个字符传输,传送一个字符总是以起始位开始,以停止位结束,字符之间没有固定时间间隔要求。每个字符的前面都有一位起始位,字符本身由 5~7 位数据位组成,根据具体应用字符后面可以是一位校验位,最后是一位或一位半或二位停止位,停止位后面是不定长度的空闲位。同步协议分为面向字符的同步协议和面向比特的同步协议。面向字符的同步协议一次传送由若干个字符组成的数据块,并规定了 10 个字符作为这个数据块的通信控制字;面向比特的同步协议特点是所传输的一帧数据可以是任意位,而且它是靠约定的位组合模式,而不是靠特定字符来标志帧的开始和结束。

3.3.2 串行通信程序设计

在 Linux 系统上,多数设备被抽象为设备文件供应用程序使用^[6],因此在操作串口设备时可以将其看作是对文件进行 I/O 操作,利用 `open()`,`read()`,`write()`,`close()` 等系统库函数可以快捷地完成串口通讯过程。本设计串口通讯程序流程图如图 5 所示。

(1)串口通讯程序首先打开串口文件。在本设计开发板中打开的串口为 `/dev/ttyS1`,通过调用 `serial_fd = open(dev,O_RDWR|O_NOCTTY)` 实现。其中 `O_RDWR|O_NOCTTY` 参数表明以读写方式打开串口并且该串口不是进程的控制终端。

(2)打开串口成功后,需要对串口通讯参数进

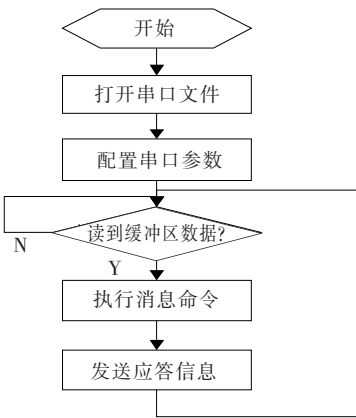


图 5 串口通讯程序流程图
Fig. 5 Serial communication software flow chart

行配置,包括波特率、字符位数、停止位数、奇偶校验等。它们在 `struct termios` 结构体中设置,通过调用 `tcsetattr(fd,TCSANOW,&options)` 库函数激活配置。

(3)建立串口通讯后,程序进入无条件循环,不断读取串口数据缓冲区数据,并对串口数据进行解析,根据其内容在消息处理模块中进行命令匹配以完成相应操作。

(4)发送应答帧是一次串口通信结束的标志。上位机以此作为通信成功的唯一标准,在收到应答帧后开始准备下一次的数据发送。

3.4 3G 通信实现

本设计采用的 3G 模块为华为公司的 MC703CDMA EV-DO 无线模块,该模块以 USB 方式与 CPU 通讯,因此需要在 Linux 内核中添加 USB 转串口的驱动程序和 PPP 协议支持,驱动程序是一种可以使计算机和设备通信的程序,相当于操作系统和硬件之间的接口,只有通过这个接口,才可以控制硬件设备的工作^[7],添加驱动的具体步骤为:

(1)添加 USB 转串口驱动。在内核编译界面进入 `USB support` 目录,选中 `USB SerialConverter support` 和 `USB driver for GSM and CDMA modems` 选项。

(2)添加 PPP 协议支持。进入 `Device Drivers -> Networkdevice support` 目录,选中 `PPP (point-to-point protocol) support`、`PPP multilink support (EXPERIMENTAL)`、`PPP support for async serial ports`、`PPP support for sync tty`

ports、PPP Deflatecompression 以及 PPP BSD-Compress compression 选项。

(3)编译内核。

添加了 3G 模块驱动和 PPP 协议支持的内核启动后会在/dev 目录下生成 PPP 设备节点,连接 3G 模块后 USB 设备被虚拟成为 3 个串口,表明 3G 模块正确添加到内核中。在使用 3G 模块进行通信之前,需要使用 PPPd 和 chat 进行拨号上网,此时需要 3 个配置文件 evdo、chat-evdo-connect 以及 chat-evdo-disconnect,evdo 调用 chat-evdo-connect 和 chat-evdo-disconnect 完成会话连接和挂断。其中 chat-evdo-connect 配置文件内容为:

```
ECHO ON
ABORT 'BUSY'
ABORT 'NO ANSWER'
ABORT 'ERROR'
TIMEOUT 20
~\rAT
OK \rATDT#777
CONNECT \d\c
```

拨号成功后,可以使用 3G 模块进行通讯,此时 3G 模块已经被虚拟为串口,读取其中内容与普通读取串口方式相同,在此不做详细叙述。

4 3 种通讯方式比较

本系统设计了 3 种通讯方式,可根据具体环境进行灵活选择。RS-485 串行通信是控制机与下位机直接相连,不需要额外的网络支持,是最容易实现的一种通信方式。RS-485 接口的传输速

率与传输距离成反比,在 100 kbps 的传输速率下,可以达到最大的通信距离,约为 1 200 m,如果需传输更长的距离,需要加 485 中继器。有线网络通信需要网络服务支持,具有通讯距离远、数据传输速度快,但需要铺设网络线路。3G 网络通信不需要铺设网络线路,但需要 3G 网络业务支持,其速度至少可以达到 384 kbps,通信可靠性较好。3 种通讯方式的比较如表 1 所示。

表 1 3 种通信方式的比较

Table 1 Comparison of three communication methods

通信方式	速度	可靠性	维护成本	使用环境
RS-485	~100 kbps	较差	较高	可以布线区域
有线网络	~1Mbps	较好	较高	网络支持
3G 通信	384kbps~	较好	很低	3G 网络支持

5 结 论

设计的嵌入式公路可变情报板通讯系统采用 MC703CDMA EV-DO3G 模块和 DM9000CIEP 网络芯片,结合 Linux 嵌入式操作系统,使其同时具备 RS485 串口通信、以太网有线通信和 3G 无线网络通信能力,可以在无线网络信号覆盖的区域应用无线通信方式,降低工程难度和成本,在没有无线网络信号覆盖的区域使用有线通信方式以保证数据传输畅通,多通信接口的设计给情报板系统的安装带来很高的灵活性,使该系统具有更广阔的适用范围。实验结果表明,该系统在-30℃~+70℃时可以正常工作,在压力测试中通信链路表现出良好的稳定性和准确性,达到了预期指标。

参 考 文 献:

[1] 陈晓冬. 基于交通流理论的高速公路安全预警系统关键技术研究[D]. 长春: 吉林大学博士学位论文, 2011.

[2] Neil Matthew, Richard Stones. Linux 程序设计(第三版)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.

[3] 陈兵, 沈学飏. SOCKET 通信平台的设计与实现 [J]. 小型微型计算机系统, 1996, 17(9): 40-44.

[4] 孙琼. 嵌入式 Linux 应用程序开发详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.

[5] 吴培贤. Linux 环境下基于 TCP 的 Socket 编程浅析 [J]. 现代电子技术, 2005, 16: 53-59.

[6] 李国强, 章坚武, 占志伟. AMOLED 驱动电路和 LINUX 下驱动程序设计 [J]. 液晶与显示, 2011, 26(4): 527-531.

[7] 李想, 郑喜凤, 陈宇. 基于 Linux 下的 OLED 显示模块设计 [J]. 液晶与显示, 2012, 27 (1): 103-107.