

# 基于 3G 网络和 CAN 总线的汽车 远程控制系统设计

穆胜亮, 秦贵和

(吉林大学 计算机科学与技术学院, 长春 130012)

**摘要:** 针对传统汽车远程控制系统时延高、安全性差等问题, 提出了新的远程控制方案, 实现了远程服务器通过车载控制终端对车载网络中各节点设备的远程控制; 在远程服务器与车载控制终端通信过程中采用 3G 网络、TCP 协议和 AES 加密, 降低了系统的通信时延, 提高了系统的可靠性和安全性; 车载控制终端与各节点设备采用 CAN 总线网络进行通信, 实现了对各节点的有效控制; 经过测试, 系统能很好地满足远程服务器对车门窗、车灯、报警器和发动机等节点设备远程控制时延和安全性的要求, 各节点响应快, 可靠性高, 具有较强的实时性和良好的扩展性。

**关键词:** 3G 网络; CAN 总线; 远程控制; 车载网络

## Design of Vehicle Remote Control System Based on 3G Network and CAN Bus

Mu Shengliang, Qin Guihe

(College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China)

**Abstract:** For the drawbacks of traditional vehicle remote control systems, such as high latency and poor security, a new design scheme of remote control is proposed, realizing that remote server via vehicle control terminal controls each node device of vehicle network. The communication between remote server and control terminal uses 3G network, TCP protocol and AES encryption, reducing the latency of communication, improving the security and reliability of system. Control terminal communicates with each node via CAN bus, realizing effective control of each node. The test results indicate the system meets the need of latency and security when remote server controls vehicle doors, windows, alarms and engine node, each node response fast, with high reliability, strong real-time performance and good scalability.

**Keywords:** 3G network; CAN bus; remote control; vehicle network

## 0 引言

伴随计算机技术、网络通信技术和控制科学的发展与融合, 控制系统逐渐由封闭集中向开放分布发展<sup>[1]</sup>。因此, 通过因特网的远程控制引起了学术界和工业领域越来越多的重视。远程控制在不同系统中的应用越来越广泛<sup>[2-3]</sup>。在汽车远程控制系统中, 远程服务器可对车门窗、车灯和发动机等对象进行远程控制。对于位置相对固定的设备, 多采用有线网络技术进行远程控制, 而汽车具有很大流动性, 因此对汽车的远程控制需要通过无线网络技术。

在汽车远程控制系统中, 远程服务器与汽车建立的点对点通信, 需要确保链路连通和通信数据安全并尽可能的降低时延。传统的汽车远程控制系统, 多采用 GSM 或 GPRS 技术<sup>[4-5]</sup>进行明文通信, 这不仅价格昂贵、数据传输速率低、延迟高、易受干扰, 而且通信数据易被窃取和篡改。

目前 3G 网络技术发展成熟, 具有覆盖范围广、价格较低、传输速率高、延迟较低和抗干扰性较强等特点, 因此采用 3G 网络实现车载控制终端与远程服务器的通信。为防止通信数据被窃取或篡改, 采用 AES 加密, 提高了系统的安全性<sup>[6]</sup>。同时, 采用 CAN 总线网络实现车载控制终端与各节点的通信, 使用户得以通过车载控制终端远程控制各个 CAN 节点设备<sup>[7-8]</sup>。结果表明, 本研究实现的汽车远程控制系统较传统汽车远程控制系统具有低时延、安全可靠和可扩展性强等优点。

## 1 总体架构及原理

设计一款汽车远程控制系统, 为用户能够不受距离的限制更方便地控制汽车, 以提高用户对汽车的控制能力, 使汽车更加智能, 为用户带来更加便捷和安全的驾驶体验<sup>[9-10]</sup>。整个系统由四部分组成, 分别为远程服务器模块、基于 ARM 处理器的车载控制终端模块, 车载 CAN 网络节点模块和 STC89C52 单片机模块。系统结构如图 1 所示。

远程服务器模块为具有公网 IP 的 PC 机, 配有以太网卡, 实现与车载控制终端通信。车载控制终端模块基于 ARM11 微处理器, 配置的 3G 模块实现了与远程服务器的互联互通; 车载 CAN 网络节点模块由高速 CAN 和低速 CAN 节点组成, 通过 CANoe 模拟了以上各节点进行测试; 高速 CAN 网络包括发动机节点; 低速 CAN 网络节点包括车门锁、可升降的电动

收稿日期: 2015-02-05; 修回日期: 2015-04-07。

基金项目: 国家青年自然科学基金(61300145)。

作者简介: 穆胜亮(1989-), 男, 河南新乡人, 硕士研究生, 主要从事汽车电子与智能控制方向的研究。

秦贵和(1962-), 男, 山东高密人, 教授, 博士生导师, 主要从事嵌入式系统与智能控制方向的研究。

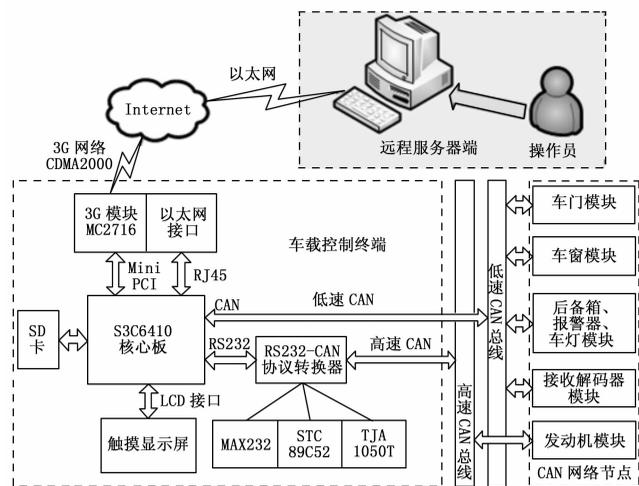


图 1 汽车远程控制系统结构

车窗、车灯和接收解码器等。接收解码器节点能够对车钥匙的按键触发的高频编码指令进行解码, 然后向节点发送控制指令, 节点收到指令后完成相应动作, 当它关闭后则将收到的高频编码通过车载控制终端转发给远程服务器。STC89C52 单片机模块主要完成 CAN 总线与 RS232 总线通信协议的转换, 实现车载控制终端与高速 CAN 总线节点通信的功能。

系统实现了远程控制、远程查询和远程解码功能。在远程控制/查询中, 车载控制终端除了将远程服务器端的控制/查询指令通过 CAN 总线发送到车载 CAN 网络的各节点, 还将收到的 CAN 节点的指令执行结果/当前状态信息通过 3G 网络转发给远程服务器。在远程解码中, 远程服务器将接收解码器转发过来车钥匙的高频编码进行远程解码, 然后通过车载控制终端向节点发送控制指令。车载控制终端通过 3G 网络与远程服务器的通信数据以及通过 CAN 总线与各节点的通信数据均能够在其界面实时显示; 同时, 各节点状态均能够在远程服务器界面上动态显示。

系统采用通信速率(上/下行速率达到 1.8/3.1 Mbps)和性价比较高的 3G 网络, 既降低了通信时延又节约了成本; 采用 TCP 协议, 实现远程服务器与车载控制终端的通信, 保证了数据传输的可靠性; 并采用 AES 加密算法对 TCP 数据部分进行加密, 保证了通信数据的安全性; 采用多线程技术, 实现了通信数据接收与发送和远程解码与远程控制的并发执行; 采用 CAN 总线网络, 使车内各节点组成总线型网络拓扑结构, 实现了车载控制终端与各节点通信的功能。

## 2 硬件设计

### 2.1 远程服务器模块

远程服务器为 PC 机, CPU 为 AMD 双核处理器, 内存 2GB (DDR3), 具有 RJ45、RS232 和 USB 等接口, 性能满足系统运行需求。目前, 计算机硬件技术发展成熟, 远程服务器所需硬件不需单独开发, 降低了硬件设计难度。

### 2.2 车载控制终端模块

车载控制终端模块不仅负责与远程服务器的通信, 而且负责与车载 CAN 网络中各节点的通信, 并将各节点状态信息在

LCD 显示屏上实时显示, 因此主控制器的性能要高。硬件设计如图 2 所示, 采用 RISC 微处理器 S3C6410 作为主控制器, 它采用 ARM1176JZF-S 内核, 主频为 533 MHz, 最高可达到 667 MHz。

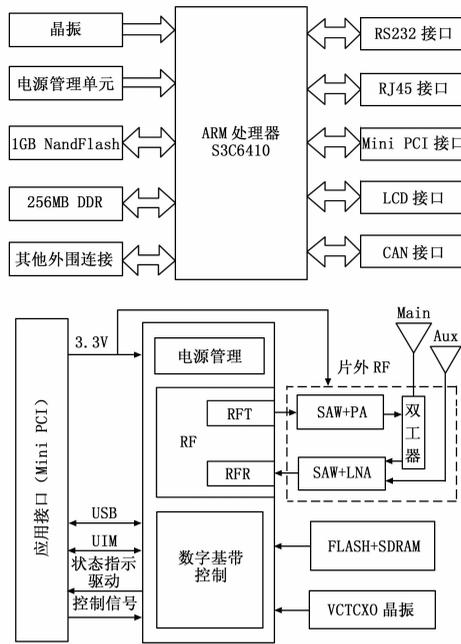


图 2 车载控制终端模块及 3G 模块原理图

模块配置有 32 位数据位宽的 256MB 的 DDR SDRAM 内存, 由两片 16 位数据位宽的 128MB 容量的 LPDDR 存储器并联组成; 配置了 1GB 的 Flash 存储器, 采用掉电非易失的 MLC 型 NANDFLASH 芯片 K9G8G08; 配置了中兴公司 MC2716 型号的 3G 模块, 采用 PCI Express Mini Card 接口, 支持 CDMA2000 网络, 支持 800MHz 和 1900MHz 双频, 3G 模块硬件设计如图 2 所示; 处理器 S3C6410 通过 50Pin 控制信号(行/列扫描、时钟和背光使能等)和完整 RGB 数据信号端口与真彩色 TFT-LCD 及四线电阻式触摸屏进行连接, RS232 端口通过 MAX232 芯片电平转换后引出。

### 2.3 车载 CAN 网络节点模块

车载 CAN 网络节点模块中, 根据通信速率的不同, 分为高速 CAN 和低速 CAN。高速 CAN 与实时性要求较高的发动机节点连接, 并通过 CAN-RS232 协议转换器与车载控制终端连接。车载控制终端通过高速 CAN 实现与发动机节点通信。低速 CAN 与车门窗、车灯和接收解码器等节点连接, 并通过 CAN 接口与车载控制终端连接。车载控制终端通过低速 CAN 与车门窗、车灯和接收解码器等节点通信。高速 CAN 和低速 CAN 均具有可扩展性, 可根据需要添加 CAN 节点。

### 2.4 STC89C52 单片机模块

CAN-RS232 协议转换器主要由主控制器、SJA1000 控制模块、TJA1050 收发模块、RS232 接口和 CAN 接口模块组成。硬件电路原理如图 3 所示, 主控制器采用具有 ISP 功能的 STC89C52 单片机, 负责处理 RS232 总线与 CAN 总线收发的数据, 实现两个总线协议间通信数据的透明转换。

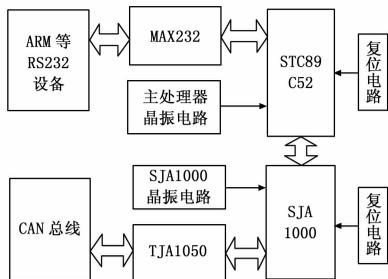


图 3 CAN-RS232 协议转换器原理图

STC89C52 是一款低功耗、高性能的 8 位 CMOS 微处理器。选用 SJA1000 作为 CAN 总线控制器，它有两种工作模式：Basic CAN 和 Peli CAN，同时支持 CAN 2.0A 和 CAN 2.0B 协议。采用 TJA1050 作为 CAN 总线驱动器，它为 CAN 控制器 (SJA1000) 提供差动收发功能，具有良好的 EMC 性能，在不上电时具有理想的无源性能。它支持两种工作模式：高速模式和静音模式，可通过引脚 S 选择。将“S”引脚接地进入高速模式，此时总线输出信号斜率固定，且切换速度快；将“S”引脚接高电平，进入静音模式，此时发送器处于禁止状态，防止 CAN 控制器失控时阻塞网络。

### 3 软件设计

#### 3.1 远程服务器

远程服务器采用 Linux 3.5 内核操作系统，运行服务器端程序，控制流程如图 4 所示。

在程序启动后，首先选用 TCP 协议创建套接字并开始监听，等待客户端的连接请求；当收到连接请求后返回一个套接字，负责与客户端通信，并创建两个独立的线程负责通信数据的接收和发送；当接收到客户端的身份验证消息后，若验证失败向客户端发送验证失败消息，断开连接结束本次通信，否则向客户端发送验证通过消息，开始远程控制；在控制界面中选择被控节点，然后在指令框中输入指令，经过 AES 加密后发送给车载控制终端；若为关闭接收解码器指令，则创建远程解码线程，负责将车载控制终端转发过来的高频编码进行解码，然后向控制终端发送相应指令，控制终端再把指令转发给指定节点，当再次开启接收解码器时，则终止远程解码线程。对车载控制终端转发过来的节点数据先进行 AES 解密再进行解析，得到的执行结果/当前状态信息在界面中实时显示，并写入日志。

#### 3.2 车载控制终端

车载控制终端采用 Linux 2.6 内核操作系统，运行客户端程序，处理流程如图 4 所示。客户端启动后，首先开启 3G 网络；然后创建套接字，连接到服务器后，发送身份验证信息；若收到验证失败消息，则重新连接服务器，否则创建通信数据的发送与接收线程；当收到服务器的控制指令，经过 AES 解密后判断节点 ID，若是发动机，则通过 CAN-RS232 协议转换器，转发至高速 CAN 总线，若是其他节点 ID 则转发至低速 CAN 总线，系统通信 TCP 和 CAN 报文格式如图 5 所示；当收到节点的指令执行结果即指令执行后节点的状态，经过

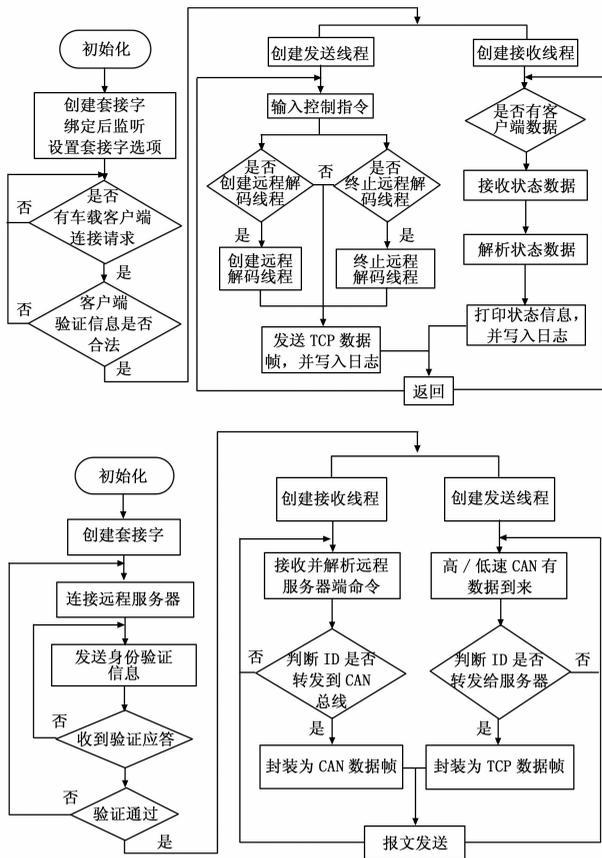


图 4 远程服务器及车载控制终端流程图

AES 加密后转发给远程服务器，完成远程控制功能；若是查询指令，则转发给指定节点，当收到节点发送过来的当前状态信息，控制终端对状态信息进行 AES 加密后转发给远程服务器，完成远程查询功能；若收到关闭接收解码器指令，则创建远程解码线程，负责将接收解码器节点转发过来车钥匙的高频编码转发给远程服务器，当收到开启接收解码器指令时则终止远程解码线程，完成远程解码功能。

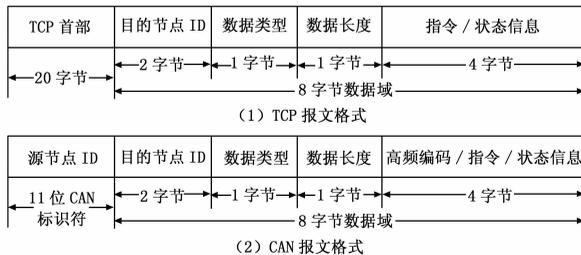


图 5 TCP 和 CAN 报文格式

#### 3.3 CAN-RS232 协议转换

STC89C52 单片机运行 CAN-RS232 协议转换程序。它将从车载控制终端 RS232 接口发出的数据，转换后发送到高速 CAN 总线上，同时将从高速 CAN 总线读取的数据，转发给车载控制终端，实现了 CAN-RS232 协议通信的透明转换。

### 3.4 CAN 节点执行程序

总线上的各节点根据 CAN 报文的帧 ID 来判断是否接收, 若 ID 匹配则接收, 否则丢弃。节点接收指令后再判断指令类型, 若为控制指令, 则执行指令做出相应动作并向连接的 CAN 总线发送执行结果, 若为查询指令, 则向连接的 CAN 总线发送本节点状态。

## 4 系统运行结果与分析

### 4.1 系统运行测试

系统利用 3G 网络和 CAN 总线实现与各个节点的通信, 以组成汽车远程控制系统。用户可通过远程服务器端监控各 CAN 节点的状态, 并通过它实现对节点的控制。

系统运行时, 远程服务器端通过控制终端向低速 CAN 节点设备发送不同指令, 通过 CANoe 模拟的低速 CAN 节点设备能够准确接收指令并做出相应动作 (接收解码器开关、发动机开关或车窗的升降等), 各节点的指令执行结果/当前状态信息, 均能在远程服务器界面和控制终端界面准确显示; 同时, 远程服务器通过控制终端向高速 CAN 节点设备发送不同指令, 模拟的发动机节点能够准确接收指令并完成相应动作, 发动机的指令执行结果/当前状态信息, 均能在远程服务器界面和控制终端界面准确显示; 当关闭本地解码器后, 按下车钥匙打开车门键, 控制终端收到钥匙高频编码信息后转发给服务器, 远程服务器完成远程解码后, 向控制终端发送相应指令, 控制终端再将该指令转发到车门节点, 车门节点解析指令后, 完成打开动作。

### 4.2 控制性能分析

经系统运行测试, 分析得如表 1 测试数据。

表 1 发动机节点测试数据

序号	源 ID	目的 ID	类型	长度	数据	功能
0	0x01	0x03	控制	1	0x02	关闭
1	0x01	0x03	查询	1	0x03	查询
2	0x03	0x01	状态	1	0x02	停止
3	0x01	0x03	控制	1	0x01	启动
4	0x03	0x01	状态	1	0x01	运行

当远程服务器向发动机节点发送不同控制指令, 发动机节点收到后根据指令数据完成相应动作, 并每隔 2 s 通过车载控制终端向远程服务器发送当前状态信息。电动车窗节点收到控制指令后根据指令数据旋转指定角度, 并通过车载控制终端向远程服务器发送指令执行结果即当前节点状态。

表 2 为不同网络负载率下, 3G 网络和 CAN 总线的平均时延以及总时延。时延随着网络负载率升高而升高。由于网络负载的不稳定性, 导致时延的不确定性, 若控制终端同时收到服务器端的多个指令时, 则比较指令序号, 序号越大指令越新, 因此向 CAN 节点转发序号较大的指令。经过多次测试分析, 系统时延较低, 运行稳定可靠, 达到了预期设计目标。

表 2 系统通信时延数据

网络负载率/(%)	3G 网络平均时延/ms	CAN 总线平均时延/ms	系统总时延/ms
10	126.2	2.33	128.53
20	134.1	2.51	136.61
40	155.7	6.37	162.07
60	213.4	12.15	225.55
75	371.6	23.64	395.24

## 5 结论

针对传统汽车远程控制系统时延高、安全性差等问题, 采用 3G 网络、TCP 协议、AES 加密、CAN 总线和多线程等技术, 实现了对汽车的低时延、安全可靠的远程控制, 更好的满足了汽车远程控制的需求。系统实现了远程服务器通过车载控制终端对各节点的远程控制、远程查询以及对车钥匙的远程解码。通过多次实验测试, 结果表明远程服务器能够安全可靠地与现场各节点通信, 完成远程控制、远程查询以及远程解码, 验证了系统的有效性。

### 参考文献:

- [1] 孙业国, 秦世引. 网络控制系统研究进展[J]. 科技导报, 2010, 28: 109-115.
- [2] Liu P X, Meng M Q H, Liu P R, et al. An end-to-end transmission architecture for the remote control of robots over IP networks[J]. Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on, 2005, 10(5): 560-570.
- [3] Cheng L, Wang Z. Research on delay of data streams in internet-based NCS[A]. Intelligent Control and Automation (WCICA), 2010 8th World Congress on. IEEE[C]. 2010: 1846-1851.
- [4] 程舒乔, 姜淑忠, 李小海. 塔架式抽油机的远程控制系统[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(1): 103-105.
- [5] 张舒哲, 叶桦, 冒建亮, 等. 基于 CAN 总线的智能喷灌远程控制系统[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2013, 44(S1): 292-296.
- [6] Hoang T. An efficient FPGA implementation of the Advanced Encryption Standard algorithm[A]. Computing and Communication Technologies, Research, Innovation, and Vision for the Future (RIVF), 2012 IEEE RIVF International Conference on. IEEE[C]. 2012: 1-4.
- [7] Prodanov W, Valle M, Buzas R. A controller area network bus transceiver behavioral model for network design and simulation[J]. Industrial Electronics, IEEE Transactions on, 2009, 56(9): 3762-3771.
- [8] 刘大鹏, 许勇. CAN 网络的车载控制平台设计[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(1): 91-94.
- [9] 齐光石. 基于 3G 技术远程车辆监控系统的设计与实现[D]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [10] 赵志强. 基于 CAN/3G 技术的车载终端监控系统的设计与实现[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.