

文章编号:1001-893X(2003)05-0029-05

一种点对多点无线数据传输系统的设计*

韦日华, 张 春, 王志华

(清华大学 电子工程系, 北京 100084)

摘 要:介绍了一种点对多点无线数据传输系统的设计,提出了一种基于时分多址的“随机延时”防通信碰撞协议,并给出了该防碰撞协议和相关 CRC 编码的软件实现方法。该系统可用于智能交通监管,也可用于其它实时性要求较高、但数据量不大的应用。

关键词:智能交通系统;点对多点;无线数传;防碰撞协议;设计

中图分类号:TN919.72 **文献标识码:**A

Design of a Point - to - Points Wireless Data Traffic System

WEI Ri - hua , ZHANG Chun , WANG Zhi - hua

(Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The design of a point - to - points wireless data traffic system is presented, including a random delay anti - collision protocol, the implementation of this protocol and CRC coding by software. This system meets the needs of Intelligent Traffic Surveillance, which is one of the fields of ITS(Intelligent Traffic System). And this system can apply, as well, to other fields in which the amount of data is not large and high real - time performance is demanded.

Key words: ITS; Point - to - points; Wireless data traffic; Anti - collision Protocol; Design

一、概 述

点对多点通信是现代通信技术中一个重要的概念。常见的点对多点通信有:计算机网络中服务器与工作站的通信、移动通信系统中基站与手持机的通信等。由于应用要求不同,各类点对多点通信系统在技术特点上差别很大。近年来,随着信息技术在交通监管中的大量应用,出现了智能交通监管系统。该系统通过在地面上设置固定查验台、在车辆上放置移动应答台,依靠固定台和移动台的通信来实现对来往车辆的自动监督管理。针对这一通信模式,本文介绍了一种点对多点无线数据通信系统的设计,该系统可用于实时性要求较高、但数据量不大的应用。

二、基本原理

1. 应用模型

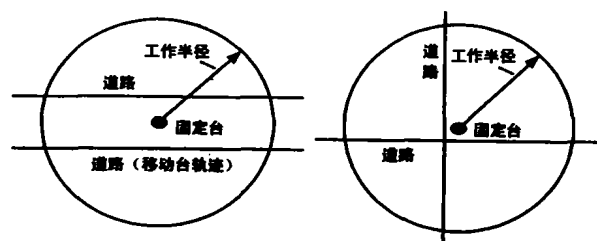


图 1 系统的应用示意图

系统的应用模型如图 1 所示。图中直线代表道路,黑点代表固定的查验台,圆圈代表固定台的工作区域;固定台通过与工作区域内的移动台进行通信,实现对过往车辆的监管;固定台可设置于路边(如左

• 收稿日期:2003-02-12

图所示),也可放置于交叉路口(如右图所示),各固定台的工作区域不交叠;移动台放置在车辆上,道路即为移动台的运动轨迹。

2. 实现方案

该系统选择采用半双工通信(单一频点),以固定台主动查询方式工作,通信目的是获取过往车辆的基本信息(如车牌号等)。通信数据量不大,但由于要求允许多辆汽车以较高的速度通过固定台的工作区域,因此可供处理的时间很短。该系统所解决了的问题包括移动台之间的通信碰撞、车辆的速度影响和强噪声的干扰等。

当固定台发出查询命令时,如果附近有多个移动台,就可能会出现几个移动台同时应答,这时将发生通信碰撞。防止通信碰撞出现的常见方法是各移动台的应答在时间、频率或相位上错开。从实现的难易程度考虑,本系统在参考 ALOHA 和 IEEE802.3 CSMA/CD 随机访问技术^[1]的基础上,提出了一种基于时分多址的“随机延时”防碰撞方法,由软件来实现。

车辆的行驶速度远小于光速,通信中的多普勒频移效应可以忽略不计。但车辆速度越高,在固定台工作区域内逗留的时间就越短,信号强度变化也越快,因此必须提高数据的收发速度。本系统将最高车速定为 60 km/h 左右,工作半径定为 100 m 左右,处理能力定为同时处理 30 辆汽车,因此平均每辆车的处理时间需小于 400 ms。经估算,在机动车监管应用中,处理一辆汽车总的通信数据量不大于 500 byte(其中车辆身份信息数据为 200 byte),因此理论上要求数据传输率必须至少大于 10 kbit/s。实际电路中,数据传输率要比理论值大许多。

公路的噪声环境恶劣,例如有发动机火花发射的电磁波、汽车机械噪声和高速行驶气流噪声等,并且,通信碰撞也频繁发生。这些会使无线信道误码频繁,并且极易产生多个随机误码和一定长度的突发性误码序列。因此,必须选用性能较好的差错控制编码,确保有较强的检错能力。本系统选择采用移动通信中常用的循环冗余码(CRC)。

三、硬件设计

1. 系统结构

系统的基本结构如图 2 所示。固定台和移动台

的基本结构相似,都由控制及处理模块、射频收发模块和通用接口等组成。固定台另外还有一个串行接口,用来连接计算机。计算机可以用来做整个系统的数据库和控制终端。

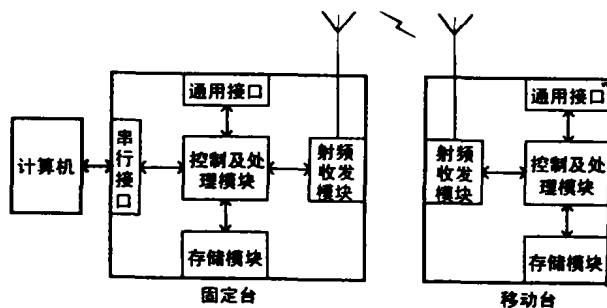


图 2 系统的基本结构图

2. 电路实现

系统的电路分为数字部分和射频部分,并且固定台和移动台中相似的功能模块选用相同的芯片。射频部分直接使用北京华荣汇通信设备公司的 TX100 数据发送模块和 RX100 数据接收模块。这两个模块上的主芯片均由台湾 Himark 公司提供,调制方式为 ASK,频点为 433 MHz,数据传输率为 20 kbit/s。通过调节接收芯片外接的滤波电容,可将接收响应时间设定为 0.5 ms。

电路的控制及处理模块使用 Intel 公司生产的 8051 单片机,时钟频率为 12 MHz;存储模块使用存储容量为 8 kbyte 的 6264 外部 RAM;8051 单片机 P1 口的大部分口线用作通用接口,预留来连接各种扩展接口。

固定台与移动台相比,多了一个用来与计算机对接的数据串行口。该串口采用常见的 RS-232C 标准,用 MAX232 芯片实现。8051 单片机有一对收发串口(TXD 和 RXD),可用来连接射频模块。另外,固定台还有一个 RS-232C 串行接口需连接,8051 单片机的串口不够,可利用 16C550 通用异步串行接口芯片将 8051 的并行接口转换为串行接口。

图 3 是固定台的串口连接示意图。8051 单片机唯一的一对串口 TX 和 RX 分别用来连接射频模块 TX100 和收模块 RX100。8051 连接 16C550 的方法与连接外部存储器相同。16C550 内部有发送缓冲寄存器、接收缓冲寄存器、若干控制寄存器和状态寄存器,各寄存器由地址线 A[0:2]区分。16C550 内的各寄存器与外部存储器统一编址,用同一类指

令来访问。16C550 使用前,要由 8051 先对其进行初始化,以设定工作状态。

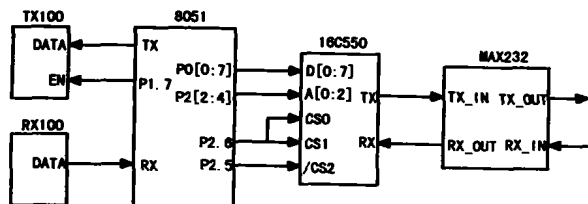


图 3 固定台的串口连接图

如图 4 所示,为防止外界的电磁干扰,本系统的电路用金属盒进行屏蔽。同时,为避免系统本身的射频电路对数字电路发生干扰,这两部分电路分别放在 2 个不同的隔仓内。金属盒的盒壁上钻有小孔,方便各种连接线通过,孔径极小(远小于 $1/4$ 波长),不会使外部的电磁波泄漏进来。

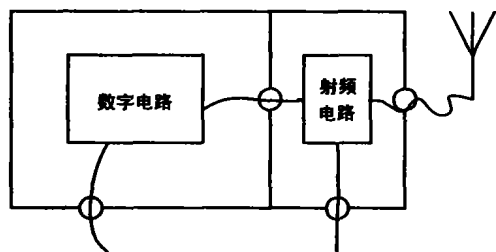


图 4 电路的屏蔽示意图

四、软件设计

1. 软件流程

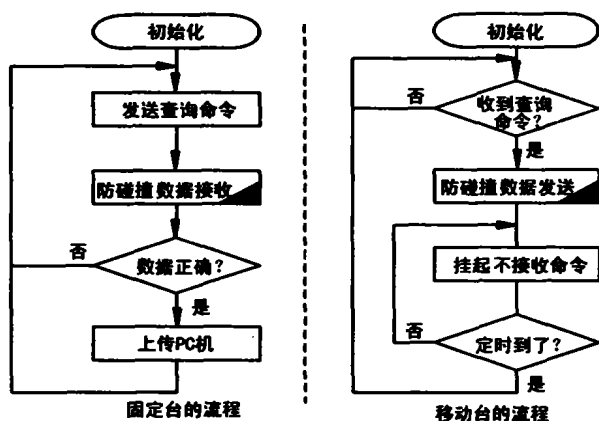


图 5 系统软件的流程示意图

图 5 所示的是系统软件流程,左右图分别为固定台和移动台的流程图。固定台循环发送查询命令、查询附近有无车辆经过,并经过防碰撞过程接收数据;接收到的数据如果是正确的,就上传 PC 机,否则抛弃。移动台开机之后,便时刻在监听是否有

查询命令发出,如果有,则经防碰撞过程发送数据,数据发送完之后便挂起一段时间,以避免重复响应同一地点的固定台的查询命令。

2. 防碰撞协议

本系统采用基于时分多址的“随机延时”防碰撞协议,以实现点到多点通信。具体做法如图 6 所示,将固定台发出查询命令后的时间划分成若干时间间隔,即将延时进行标准化处理。各移动台“随机”地选择一个时间间隔,在该时间间隔内回发应答,固定台逐个时间间隔接收应答数据。如果某时间间隔内发生了碰撞,固定台就会发现该时间间隔内接收到的数据有误码,然后将数据抛弃;如果没发生碰撞,固定台就会收到正确的数据,然后通知该移动台数据已收到。应答数据包括了车辆的所有身份资料,如车牌号、车型、车主等,如果接收到正确的应答数据就意味着成功地查获了一辆汽车。

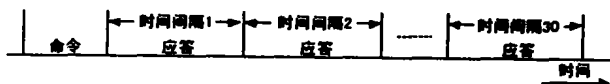


图 6 随机延时防碰撞的具体做法

时间间隔的长度和数量都会影响固定台对每个移动台的平均处理时间。根据系统性能定义,将时间间隔长度定为 100 ms,时间间隔的总数定为 30。

“随机延时”的防碰撞方法涉及频繁的收发切换、时间间隔的精确划分和随机数的产生等问题。如图 7 所示,一个时间间隔包括固定台或移动台的发模块开启保护时间、发模块关闭保护时间、固定台收模块强弱信号切换保护时间,以及数据传输时间。在保护时间内,单片机不做任何实质工作,可由 $\text{for}(i=0; i < \text{TIME}; i++)$ 语句完成定时,时间间隔长度由 8051 内的定时器编程设定。

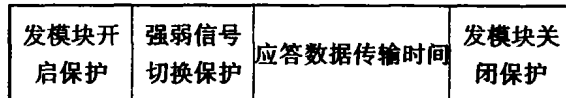


图 7 时间间隔构成的示意图

移动台“随机”选择时间间隔所需的随机数,可通过在软件中生成伪随机数序列的方法得到^[3]。各移动台都有唯一的 ID 号,由各自的 ID 号可生成互不相同(长度不等或排列不同)的伪随机数序列,移动台每次延时的时候都从伪随机数序列中按顺序取出时间间隔号。例如,某移动台的伪随机数序列为

1, 3, 1, 5, 4, ..., k, 如果上一次遇查时选择了时间间隔 3, 本次遇查则按顺序选 5; 如果上一次选的是 k, 本次则回过头来选 1。

本系统中, 最大时间间隔号定为 10, ID 号为 4 bit, 伪随机数序列用“M 序列”的方法产生, 步骤如下:

(1) 先用 4 位 ID 号产生周期不等的 M 序列。设某移动台的 ID 为 C3C2C1C0 (二进制数), 其 M 序列的生成反馈逻辑函数则为 $A_n = C_3 A_3 \oplus C_2 A_2 \oplus C_1 A_1 \oplus C_0 A_0$ (\oplus 为模 2 和), 初始值为 $C_3 C_2 C_1 C_0$;

(2) M 序列中有可能出现大于最大时间间隔号的随机数, 不能直接当做时间间隔号来用, 因此必须将该随机数序列进行映射, 映射成为一个所有随机数都小于最大时间间隔号的新序列。如某随机数 $A_3 A_2 A_1 A_0 = 1111$, 即十进制数 15, 大于 10, 可拆成只有 10 和 5 两个数的子序列, 然后用这个子序列将原序列中的 15 替换掉, 生成新的随机数序列。

随机数序列只需要在系统启动时计算一次即可。

3. CRC 编码

本系统中的差错控制码选用 CRC 编码, 采用出错即抛弃的差错控制方式, 特别适合于有发动机噪声干扰、且通信碰撞频繁发生的应用。CRC 编码是一种线性分组码, 利用生成多项式 $G(x)$ 可以为不同字节长度的信息码生成校验码。

如图 8 所示, 本系统以帧为单位进行 CRC 编码, 其中命令帧中的信息码有 2 byte, 数据(应答)帧的信息码有小于 200 byte; 生成多项式采用 CCITT 建

议 $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, 运算所得的余数(即校验码)为 2 byte, 直接加在各帧末尾送出。接收时, 根据信息码重新计算 CRC 校验码, 然后与接收到的校验码相比较, 如果两者不同, 则对所接收到的命令置之不理, 对所接受到的数据做抛弃处理。

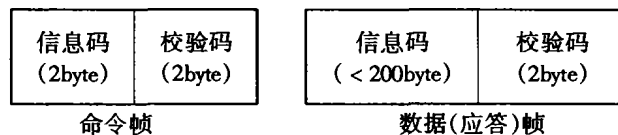


图 8 帧结构示意图

CRC 编码由程序完成, 采用基于“查表法”的并行优化算法^[4]。具体做法如下:

(1) 先列出如下 8 个基本字符: 00000001、00000010、00000100、00001000、00010000、01000000、10000000, 分别将它们乘以 x^{16} 后模 2 除以 $G(x)$, 得到 16 位余数。这 8 个余数分别用 R_6, R_7, \dots, R_1 表示, 值如表 1 所示。

(2) 任何一个 8 位字符都可以由这 8 个基本字符模 2 相加而成, 它们的余数则可相应地由 R_6, R_7, \dots, R_1 模 2 相加而得。如 00000011 的余数可由 00000001 和 00000010 相加而成, 则它的余数 R_1 和 R_2 模 2 相加而得。用这种办法可以产生所有 512 个 8 位字符的余数表, 共占用 1 024 字节的存储单元。任何一个多字节信息码都可以通过特定算法, 逐个字符查表求余数, 最终得到整个信息码的余数(即校验码)。该余数表只需在系统启动时计算一次即可。

表 1 基本字节的余数表

	x^{15}	x^{14}	x^{13}	x^{12}	x^{11}	x^{10}	x^9	x^8	x^7	x^6	x^5	x^4	x^3	x^2	x	1
R_6	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
R_7	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
R_6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
R_5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
R_4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
R_3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
R_2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
R_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

(3) 如图 9 所示, 设信息码 $F(x)$ 由 $f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)$ 等 n 个字节组成。 $F(x)$ 的 CRC 编码将以字节为单位进行。首先进行 $f_1(x)$ 求余运算, 被除数是 $f_1(x)$, 余数是 RH_1, RL_1 。然后进行

第二个字节 $f_2(x)$ 求余运算, 被除数为 $f_2(x) \oplus RH_1$, 余数是 RH_2, RL_2 。第三个字节 $f_3(x)$ 求余时被除数为 $f_3(x) \oplus RH_2 \oplus RL_1$, 余数是 RH_3, RL_3, \dots , 最后一个(即第 n 个) $f_n(x)$ 的被除

数为 $f_n(x) \oplus RH_{n-1} \oplus RL_{n-2}$, 余数 RH_n, RL_n 即为 $M(x)$ 的余数。

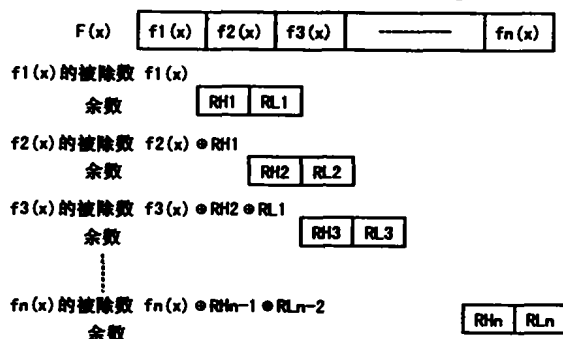


图9 多字节信息码的CRC求余运算

五、性能检验

理论计算表明,时间间隔数和当前待查车辆数相等时,时间间隔的利用率达到最大值35%。图10说明了这个数学关系,其中 x 为时间间隔数与待查车辆数之比, $f(x)$ 为时间间隔利用率;当 $x=1$ 时, $f(x)$ 有最大值35%。

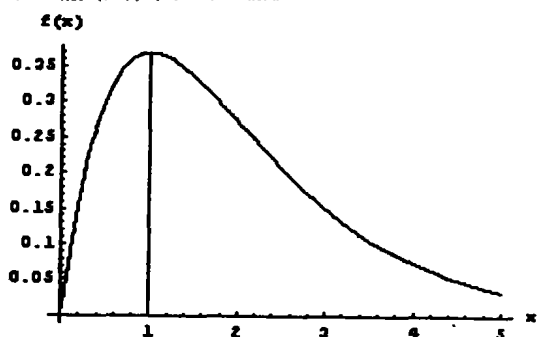


图10 时间间隔利用率的特点

本系统中,性能规定同时处理30辆车,由于时间间隔数定为30,所以时间间隔利用率为35%,平均每辆车的处理时间为 $100 \div 35\% = 286(\text{ms})$,小于400 ms。可见,理论上成功率可达100%。

而在实测时,如果排除掉通信上的一些原因,当待查车辆数小于30辆时,成功率可达100%;而大于30辆时,成功率有所降低。情况与图10基本相符。

六、结束语

使用本系统可实现智能交通中的不停车检查和公路车流量测量等功能。为了适应实时性要求更高、数据量更大的应用,可以通过提高射频器件的数据传输率、换用性能更好的随机数发生方式(如使用随机数发生电路或用Hash函数软件生成)等方法对系统加以改进。

参考文献

- [1] 高传善,等.局域网与城域网[M].北京:电子工业出版社,1998.
- [2] 李朝青.单片机原理及接口技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,1999.
- [3] 周师亮.伪随机序列原理[J].电视技术,1997,(6).
- [4] 赵哲身.一种查表生成CRC码的优化算法[J].遥测遥控,2000,(1).

作者简介:

韦日华(1977-),男,广西人,硕士研究生,研究方向为电子系统设计和ASIC设计;

张 睿(1972-),男,江苏人,清华大学电子系讲师,博士,研究方向包括数模混合信号集成电路设计、嵌入式微处理器设计和数字信号处理等;

王志华(1960-),男,山东人,清华大学电子系教授,博士生导师,清华大学微电子研究所副所长,主要研究方向为电子系统设计以及CMOS模拟、模数混合和射频集成电路设计等。

《电讯技术》专题资料 《天线与微波/毫米波技术》题要(六)

3 mm 高 Q 腔稳频连续波雪崩管振荡器

本文介绍了3mm高Q腔稳频连续波雪崩二极管振荡器的设计、调试与实测结果。

3 mm 稳频脉冲雪崩管振荡器研究

本文介绍一种3mm脉冲雪崩管振荡器,采用顶部斜率可调的脉冲电流给雪崩二极管(IMPATT)供电,应用高Q腔谐振器稳频,因而具有输出功率大、频率稳定性好等优点。