

Traffic light control system based on high frequency RFID technology design

Feng Pengfei¹, Gu Jiangyang¹, Cao Xiaoli²

¹Anhui Sanlian University, Hefei 230601, China;

²Southeast University, Nanjing 211189, China;

Abstract: In road network may be limited by other vehicles running through the intersection operation of vehicles or factors lead to intersection operation efficiency is low. Now put forward a kind of based on RFID technology as sensing unit of single intersection traffic signal timing data source. The system consists of three divisions, namely, the RFID system, Zigbee system and terminal system, including the RFID system used to detect traffic information, Zigbee wireless system will be after statistical traffic information to the terminal system, terminal system according to the received traffic information, call algorithm for dynamic control signals. The simulation results show that the system reduce the average waiting time, improve the traffic efficiency

Key words: RFID; Zigbee; The dynamic control; light

基于高频RFID技术的交通灯控制系统的设计

凤鹏飞¹, 顾江洋¹, 潮小李²

¹安徽三联学院 安徽省 合肥市 230601;

²东南大学 江苏省 南京市 211189

摘要: 在道路网络中车辆运行通过交叉口可能会受到其他运行的车辆或因素的干扰导致交叉口运行效率低下。现提出了一种基于 RFID 技术作为传感单元采集单个交叉口的交通信号配时数据来源的可能性。该系统由三分部组成, 分别是 RFID 系统, Zigbee 系统以及终端系统, 其中 RFID 系统用于检测车流量信息, Zigbee 系统将统计后的车流信息无线传给终端系统, 终端系统根据接收到的车流信息, 调用算法实现对信号灯进行动态控制。仿真结果表明, 该系统降低车辆平均等待时间, 提高通行效率。

关键字: RFID; Zigbee; 动态控制; 信号灯

1 引言

77 年, Pappis 等人就将模糊控制运用到交通控制上, 通过建立规则库或是专家系统对各种交通状况进行模糊控制, 并取得了很好的效果。为了研发一种适应我国当前现状的交通信号灯控制方案, 国内学者进行了大量的研究。2009 年温志达设想通过在行车道路埋设地感线圈对车流量进行精确检测, 但是实施成本高、施工难度大、维修困难多。2011 年刘信新提出了利用多超声波传感器耦合技术解决了多车道问题, 但是存在精确度差问题。2012 年 Y. Sankarasubr amianiam 提出在道路两侧设计感应探头对车流量进行检测, 2014 年王震远提出了利用光电开关进行检测, 但是仅仅能够统计单车道的车流量, 对于多车道则不具备可行性, 具有一定的局限性。

RFID 技术是一种自动识别技术, 天线是阅读器与标签之间传输的媒介, 两者之间可通过无线方式通信, 与传统的识别技术相比, RFID 技术具有明显的优势, 通信速度更快、信息存储容量大。可以同时识别多个不同的标签。通过高频 RFID 技术实时对道路上的车流量进行统计, 并将统计的结果利用 Zigbee 无线技术传输总控制台, 控制台根据各个路口车流量的结果, 运行调度算法, 对各个车道上的信号灯时间进行控制, 从而达到对交通灯控制目的。本系统中高频 RFID 的阅读距离为 10m 左右, 每个车辆具有唯一的标签, 车流信

息通过无线的方式传输给终端控制系统，不需要安装电缆等，大大的降低了施工难度，具有非常高的可实施性。

1 系统设计

基于 RFID 技术的交通灯控制系统主要有四部分组成，分别是 RFID 系统、Zigbee 无线传感系统和终端系统和信号灯组成。其中本地终端系统能将当前车流量信息和信号灯的工作状态传递至远程终端系统，实现远程监控，同时也能够接收远程控制命令，对信号灯的人为控制。本系统组成如图 1 所示。终端控制系统是本系统的关键部分，具有四方面作用，首先是与 Zigbee 节点进行通信，本系统中，终端节点同样包含一个 Zigbee 无线传输节点，该节点能与系统中的其他 Zigbee 节点相匹配，作用是接收各个路段 Zigbee 子节点发送的车流统计信息，将信息传输给控制模块；其次是运行调度算法，执行输出控制指令；然后交通信号灯部分，执行输出控制；最后一个是与远程终端通信，接收远程指令。由于交通控制系统需要具有较高的反应速度和数据处理能力，因此，MCU 采用 ARM 处理器。

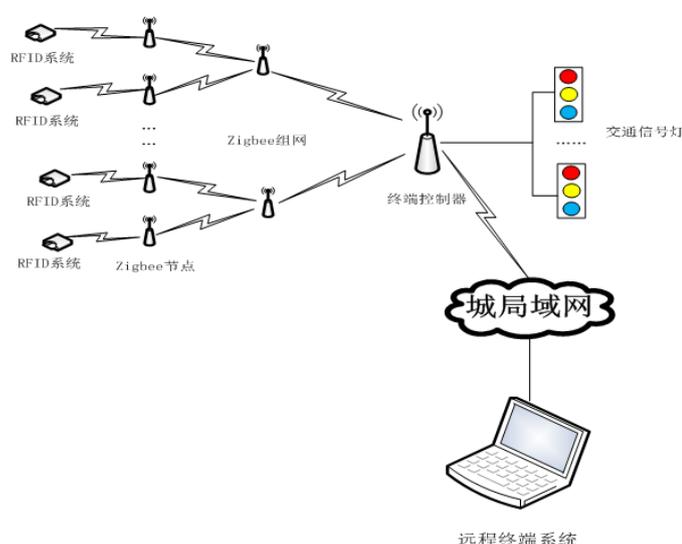


Fig 1 traffic signal terminal control system schematic diagram

图 1 交通信号灯终端控制系统示意图

无线传感节点包含两部分，分别是 RFID 无线节点和 Zigbee 无线传输节点。其中，RFID 节点是本系统的核心部分，能够无线读取标签的方式对车道上的车流量进行统计，根据不同通信频率，RFID 可以划分为低频、高频以及超高频三类。综合实际情况与经济效益，设计的系统选用的 RFID 属于高频，其通信频率为 13.56MHz。而 Zigbee 节点通过自组网的方式进行数据传输，每个无线传感节点模块包含一个 Zigbee 节点和 RFID 模块。Zigbee 节点和 RFID 节点都可以采用电缆或者电池进行供电，其中采用电缆供电方式施工麻烦，采用电池方式后期维护难度大。系统中采用信号灯是作为输出设备，没有特殊要求。只需要在每个十字路口的每个路段设置一组普通的信号灯即可。基于 RFID 技术的交通信号灯控制系统中，为了能够对车流量进行精确统计，需要设置众多的无线传感节点，由于终端控制系统与无线传感器之间采用无线的方式进行通信，极大的降低了施工难度。为了防止无线通信受到外界意外情况的干扰，终端系统与输出设备采用有线的方式进行连接，这样当系统正常运行时，控制器能够对信号灯进行动态控制，而当意外情况发生时，能够采用常用控制方式，比如时序控制，提升系统可靠性。

2 硬件设计

2.1 无线传感器节点设计

无线传感器节点设计包含三部分，分别是 RFID 模块、Zigbee 模块以及电源模块三部分。一个 Zigbee 模块与一个 RFID 模块相连接，两者之间通过电缆相连接，各个模块之间通过电缆相连接。硬件电路图如图 2 所示。

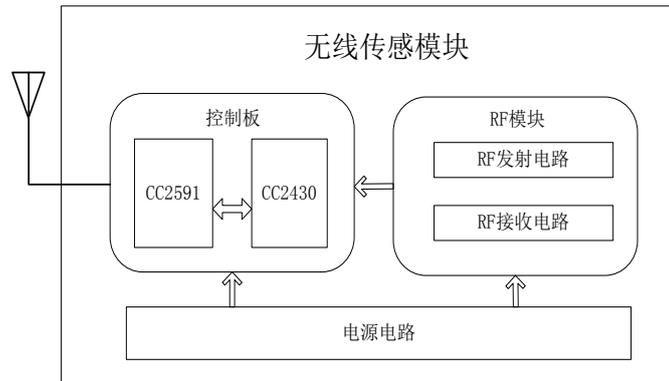


Fig 2 wireless sensor node hardware schematic diagram

图 2 无线传感器节点硬件示意图

(1) Zigbee 模块硬件电路设计

Zigbee 模块的核心设计是芯片 CC2430 设计，该芯片是由 TI 公司设计，是目前市场上具有很强竞争力的一款无线传感器设计。虽然在一定程度上借鉴了 CC2420 的硬件设计架构，但是在前者基础上增加了 MCU、扩展了内存以及整合了 RF 前端。本系统中 CC2430 的 MCU 采用的是 8051 微控制器，该控制器不仅具有高性能、低功耗的优点，同时该芯片还集成了安全协议处理器和 2.4GHz 的射频无线电收发机，具有抗干扰能力强，信号灵敏度高的优点，非常适合在本交通系统中进行应用。

CC2430 的无线通信带宽可以达到 250kbps，最大的发射功率可得到 0dbm，通信距离达到了 70m 左右，再加上其自组网的特性，通讯距离完全能够满足本系统要求。另外，CC2430 芯片供电电压可以 2.0~3.6v 之间工作，驱动能力达到了 4mA 以上。

图 3 为 Zigbee 模块的天线部分设计电路图。该电路中包含三个电感和一个电容以及微波传输线，电感和电容作用是对无线信号进行滤波、调制作用，能够正确接收和发送 RF 信号。另外在软件设计过程中，将控制器 8051 的引脚设置成输入和输出两类，其中输入类引脚与无线传感器输出端相连，输出端与无线传感器输入端相连。

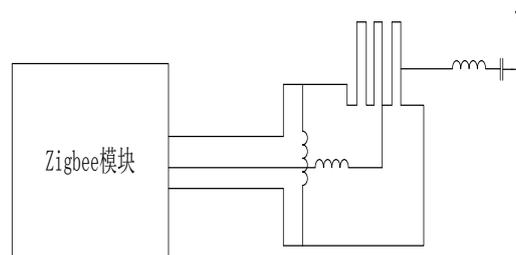


Fig3 Zigbee module antenna design electrical diagrams

图 3 Zigbee 模块天线设计电气图

(2) RFID 模块设计

RFID 模块有阅读器和标签两部分组成，每个标签都具有唯一的 ID 号，因此，阅读器通过一定的算法对标签进行快速识别，进而对汽车的数量进行统计。阅读器与标签之间通过无线方式通信。

本系统中，阅读器模块芯片采用 MSP430 芯片，该芯片是 16 位数据处理芯片，采用精简指令结构形式，具有大量的模拟口和 SPI 口等，同时还有大量的数据存储器 and 寄存器，可同时进行多种并行运算，运行速度

快。MSP430 采用采用 8MHZ 晶振，执行指令周期达到 125ns。除此之外，该芯片还是一种低功耗信号，在半休眠模式下，其耗电量极低，仅仅是 0.7uA。阅读器的识别范围约为 10m。

标签模块在系统中的作用是作为汽车的 ID，每辆汽车都有着自己唯一 ID。本系统中，标签模块采用的芯片是 TRF7960/61 芯片，选择该芯片的原因主要因该芯片与阅读器芯片 MSP430 具有良好的兼容性。TRF7960/61 芯片内集成了多标准协议通信频率为 13.5MHz 的射频前端系统，数据按照一定格式对外发送。在利用该芯片之前，可以通过代码的形式修改寄

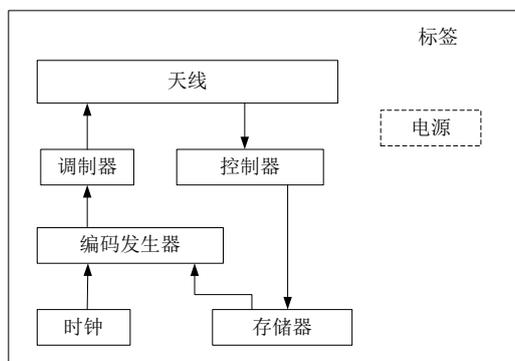


Fig4 label internal structure

图 4 标签内部结构图

存器来选择相应的协议，本系统中选择基于 ISO1443 协议的标签。RFID 模块与 Zigbee 模块的手法引脚相连，RFID 阅读器读取标签的数据，然后将读取的数据通过串口的形式传送给 Zigbee 模块，Zigbee 模块产生串口中断，然后将标签的数据传送出去。

2.2 终端控制系统设计

目前，绝大多数的交通灯控制系统仍是采用简单的单一固定算法，控制器设置较为单一，以定时设置为例，控制器在运行的时候，只需要在固定的时间点进行打开或者断开信号灯操作即可，因此，采用 PLC 控制或者普通的 8 位单片机即可满足要求。但是，给予 RFID 无线传感技术的交通控制系统，除了需要对交通灯控制外，还需要利用 Zigbee 模块无线接收或者发送数据，同时还能接收远程控制，普通芯片很难满足要求，因此，本系统采用 S3C2440 芯片。S3C2440 芯片是一款工业级芯片，内核是 32 位 ARM920T 内核，主频率可达到 500MHz，功耗较低。终端控制系统的硬件框图如图 5 所示。Zigbee 无线传感模块是作为一个单独模块，其与终端控制器采用串口形式进行通讯。控制器采用 RS485 接口形式对信号灯进行输出控制，同时利用以太网接口发送信号灯工作状态或者接收远程控制指令，完成与交通灯监控中心的通信。

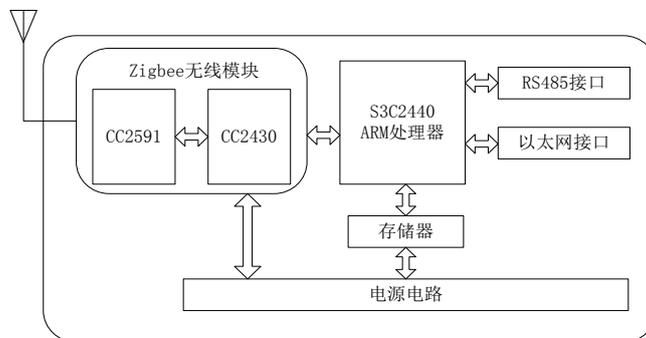


Fig 5 terminal hardware schematic diagram of the control system

图 5 终端控制系统的硬件示意图

3 设计布置图

以四车道的交叉口为例，系统整体网络布置图如图 6 示意图所示。综合 Zigbee 节点的有效传输距离以及实际情况考虑，设置对每个车道距离信号灯 50m 内的车流进行统计。Zigbee 和 RFID 无线网络终端节点分别布置在车道 1 和车道 2，车道 2 和车道 3 的分界线上，

分别布置 5 组节点，由于 RFID 的有效读取距离是 10m，因此，各个无线传感节点间距设置为 10m，减少 RFID 读取标签时的冲突问题。

在实际布置过程中，考虑到天气、工作环境等因素的考虑，防止车辆碾压和环境造成无线传感节点不能够正常的工作，可以制造特殊的钢结构等保护装置，将无线传感节点置于保护装置内。

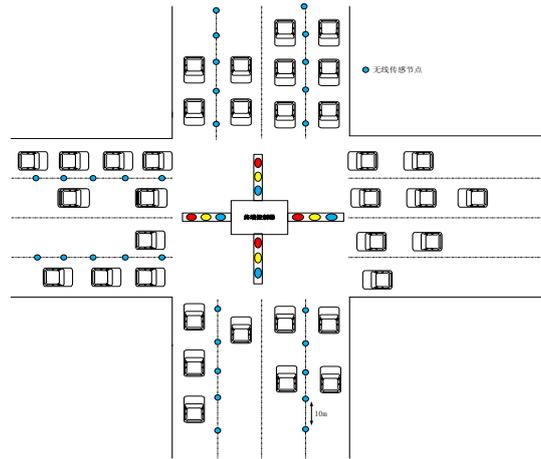


Fig 6 system layout diagram
图 6 系统布置示意图

4 仿真与分析

从概率论的角度出发对于充分小的时间 Δt ，在 $\Delta t + t$ ，内出现两个或两个以上质点的概率与出现一个质点的概率相比从理论上是可以忽略不计的。而满足式(1)、(2)和(3)的过程称为强度为 λ 的泊松过程，而质点出现的时刻 $t_1, t_2, \dots, t_n, \dots$ 称为强度为 λ 的泊松流分布式中：以 P 代表概率，下标代表产生的质点数而在车道上行驶的车辆经过传感器节点的流量上恰好与泊松分布特性相似，如果考虑非独立车道的情况下，那么从本质上每条车道上的车流量都应该独立服从泊松分布，那么多个独立的泊松分布过程的和仍服从泊松分布，所以即采用泊松分布作为用户数据生成的概率模型。

$$P_1(t, t + \Delta t) = P\{N(t + \Delta t) = 1\} = \lambda \cdot \Delta t + O(\Delta t) \quad (1)$$

$$\sum_{j=2}^{\infty} P_j(t, t + \Delta t) = \sum_{j=2}^{\infty} P\{N(t + \Delta t) = j\} = o(\Delta t) \quad (2)$$

$$P_0(t, t + \Delta t) = 1 - P_1(t + \Delta t) - \sum_{j=2}^{\infty} P_j(t + \Delta t) \quad (3)$$

上述公式中的 λ 即为泊松分布的均值，在实验中仿真车辆随机多辆进入车道，要在每帧中计算刚进入采集范围内的车辆个数，那么车流量的数据产生就可以用服从均值为 λ 的平均值的泊松分布而后生成函数来计算得出。

如在实际交通车流量所做的分析，以双向 2 车道为例，设机动车的速度 60 公里/小时，各车间距 10 米，可以计算出平均每秒进入通信范围内的车数为 20 辆，按这种假设情形计算出的交通车流量已经大大超过实际中通常

可能出现的数值。进一步根据协议规定的每秒 80 帧,用每秒平均进入 20 个用户除以 80 帧,可以计算出每帧新进入用户数的均值为 $\lambda = 0.25$ 。

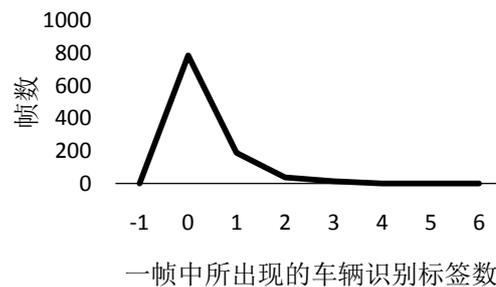


Fig 7 per frame identification sign data graph

图 7 每帧识别标识牌数据图

在 1 千帧的实验中,利用泊松分布函数计算得到的每帧新进入的用户数如图 7 所示。从图中可以看出每帧中产生的用户数量的分布基本符合实际情况绝大部分帧为空闲帧,没有新用户进入小部分帧有用户进入,随着单帧中用户进入数量的增加,其所占的比例急剧减小单帧进入 5 个用户以上的概率基本为 0。随着 λ 取值的不同,分布会有所变化,但合理的 λ 值范围内规律不变。从而验证在在多辆车进入的情况下是可以进行收集并发出数据的。

5 结论

随着科技水平的不断提高, Zigbee 无线技术和 RFID 技术得到了快速的发展, ETC 在高速公路中得到了广泛应用, 结合当前交通信号灯算法固定不能够解决交通拥堵现状, 本文设计了一种基于无线传感技术的智能交通控制系统, 该系统利用 RFID 技术感知当前的车流量, 然后利用节点 Zigbee 通过无线方式传递给终端系统, 终端系统根据各个车道上的情况, 动态的对信号灯进行控制, 降低了车辆等待时间。与传统的固定单一信号灯控制策略相比, 本系统能够就当前的车流量状况进行实时动态调整, 自适应能力更强。同时为了防止天气等意外因素对无线信号的干扰, 本系统还设计了以太网接口, 可实现后台监控系统对信号灯的远程控制, 提高了系统可靠性。

参考文献 (References)

- [1] 宋依青, 张润. 自适应交通灯控制系统的设计与实现[J]计算机测量与控制, 2013(4) : 497-499
- [2] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramanian, et al. Wireless sensor networks: A survey [J]. Computer Networks, 2012(07):33-39
- [3] Yuhe Zhang, Xi Huang, Li Cui, et al. http://sourcedb.cas.cn/sourcedb_ict_cas/cn/ictthesis/201207/P020090722622641878295.pdf
- [4] 王震远. 城市道路环形交叉口车辆排队及行车延误研究[J]. 北京建筑工程学院学报, 2004, 20(3) :54-58.
- [5] 刘信新, 陈鲲. 基于无线传感器网络的自适应交通灯控制系统[J]. 计算机与数字工程, 2011, 39(5):35-36
- [6] 温志达, 梁桂荣. 陈碧铭等. 基于车流量的智能交通灯控制系统[J]. 自动化技术与应用, 2009(6) : 117-119