

一种开放式智能停车场及其停车位控制系统设计^①

古 辉, 李侠君

(浙江工业大学 计算机科学与技术学院, 杭州 310023)

摘 要: 提出了一种基于磁阻感应技术与无线传感网络技术相结合的开放式智能停车场的控制与管理技术方案。开放式智能停车场的基本单元是停车位的控制部件设计, 方案中应用磁阻感应技术设计了地磁传感器, 自动检测和确定车位中有无车辆以及停泊车辆的离开意图, 通过构建无线传感网络, 实现整个开放式智能停车场系统的管理。

关键词: 开放式智能停车; 车辆检测; 地磁传感器; 无线传感网络

An Opened-Intelligent Parking Lot and Design of Parking Space Control System

GU Hui, LI Xia-Jun

(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: We present a kind of intelligent parking lot which is open style in this paper. We called it Opened-Intelligent Parking. It is a technological solution of management which is based on the combining of the geomagnetic sensor and Wireless Sensor Network technology. The Opened-Intelligent Parking lot's basic unit is the designing of the parking space's control unit. It can detect cars automatically as well as the purpose of leaving with the geomagnetic sensor. The Opened-Intelligent Parking uses Wireless Sensor Network technology to sending messages to manage the system of the whole Opened-Intelligent Parking.

Key words: opened-intelligent parking; car detection; geomagnetic sensor; wireless sensor network

随着时代的发展, 汽车数量急剧增加, 如何停车和管理成为一个急需解决的问题。笔者观察过很多关于未来停车场的构想, 基本上都是建立在封闭式停车场的基础上。本文提出了一种基于无线网络传感器的开放式停车场设计方案, 相对于封闭式停车场, 本设计方案有以下几个特点:

- 1) 可以共享已有的停车场;
- 2) 能够提供空余车位数量以及位置;
- 3) 实现自动收费;

本文中主要介绍两个模块的设计:

- 1) 停车位检测控制模块;
- 2) 收费模块;

停车位是开放式停车场的基本单元。对于车辆的感知检测方法有很多种, 韩华^[1]提出的微波车辆检测器、胡彬^[2]提出的毫米波雷达车辆检测方法, 都是通过

当有干扰物进入波段内时会改变波长而判断有无车辆的进入, 当碰到雨雪天气时对检测效果影响较大; 王淑洁^[3]提出的计算机全自动车辆检测、段晓明^[4]提出的基于多颜色空间信息融合的视频车辆检测方法、崔大铭^[5]提出的视频车辆检测技术则都是基于视频检测和分析来检测车辆, 当有其他物体出现在视频检测位置时, 会造成分析困难等问题; Ahmed I.S.I.Al-Jafar^[6]提出了一种可远程控制的车位锁, 车辆检测是由底部的超声波检测器来完成的, 根据发射器的声波碰到障碍物会反弹被接收器接收来判断有无车辆。

基于上述原因, 本文设计了一种由地磁传感器和无线局域网组成的停车位检测控制模块, 并运用RFID无线射频技术, 实现了一种基于开放式环境的智能停车位检测控制系统, 达到从停车到收费的自动化管理。

^① 收稿时间:2013-03-11;收到修改稿时间:2013-04-22

1 系统概述

本文提出的基于无线传感网络的开放式智能停车场的总体结构如图 1 所示。

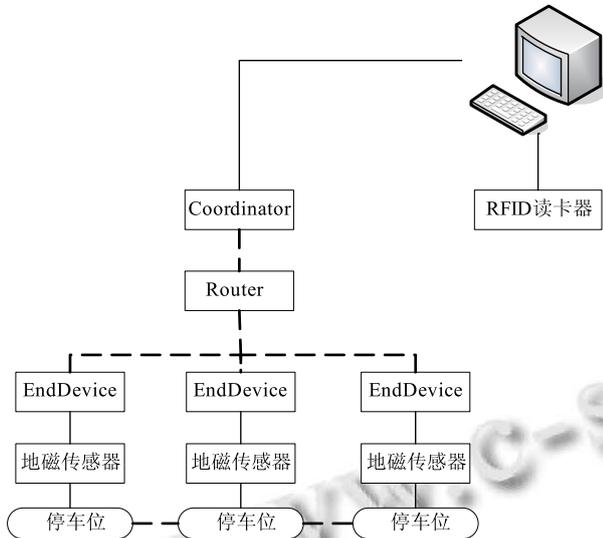


图 1 开放式智能停车场系统框架图

系统主要包括停车位检测控制模块和收费模块。停车位检测模块主要由地磁传感器和具有无线通信和温湿度检测功能的 GAINJSJ-EVO 节点组成。收费模块由 RFID 无线射频和电脑终端组成。图中的 Coordinator、Router、EndDevice 均为 GAINJSJ-EVO 节点，只是各自担任的任务不同。Coordinator 负责从 Router 和 EndDevice 收集数据并将其通过串口输出到电脑终端，以便纪录停车位信息。Router 负责接收数据或者转发从 EndDevice 收到的数据，并且扩大整个无线网络的通信距离。EndDevice 负责检测各个车位的有无车辆状态，通知 Coordinator 或者 Router。

2 系统流程设计

开放式智能停车场的总体流程如下图 2 所示。

- 1) 程序启动后，地磁传感器模块对车位进行检测
 - a. 无车时返回 1;
 - b. 确定有车时进入 2;

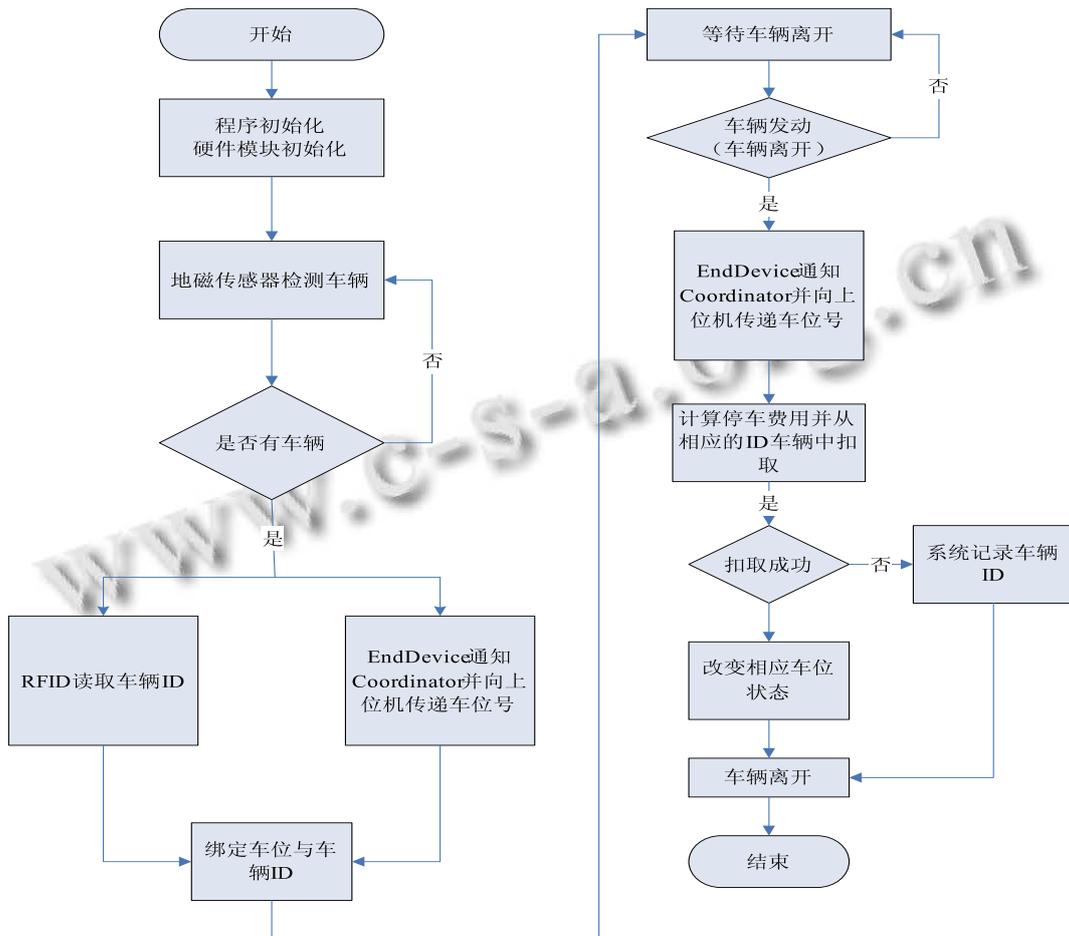


图 2 系统流程图

- 2) EndDevice 向 Coordinator 发送车位号, Coordinator 将此信息转发给上位机;
- 3) 上位机通知 RFID 模块读取车辆 ID;
- 4) 绑定车位号与车辆 ID 号;
- 5) 等待车辆离开;
 - a. 车辆为发动返回 5;
 - b. 车辆发动进入 6;
- 6) EndDevice 向 Coordinator 发送车位号, Coordinator 车辆离开信息转发给上位机;
- 7) 上位机计算停车费用并扣费
 - a. 扣费不成功进入 8;
 - b. 扣费成功进入 9;
- 8) 系统记录车辆 ID, 进入 10;
- 9) 改变停车位状态;
- 10) 车辆离开;

3 停车位检测控制模块

停车位检测控制模块主要由地磁传感器模块和无线局域网组成.

3.1 地磁传感原理

地球的周围本身存在着一个弱磁场, 在任何一个地点, 在不受外界干扰的情况下, 其都具有相对稳定的磁强度, 磁场平均强度为 0.05~0.06 mT, 可以将这个数值与相应地点结合再根据三维坐标而分别得出三个方向分别对应的磁强度与磁方向如图 3, 当有大块铁磁物体包括车辆经过时则会引起地磁场的变化如图 4 所示, 由此来判断有无车辆^[7].

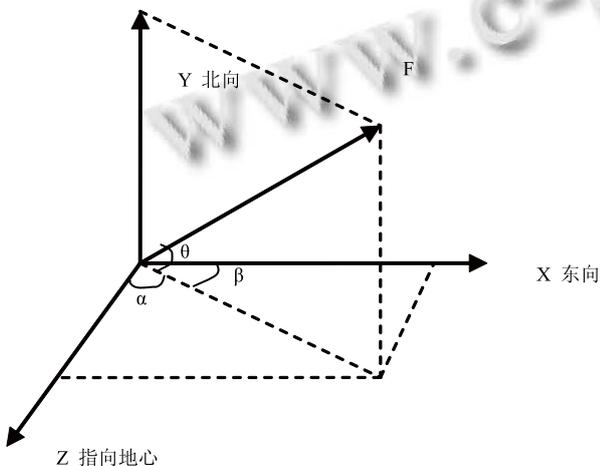


图 3 磁强度与磁分量



图 4 车辆干扰磁场

地磁传感器是在 MEMS(微电子机械系统)工艺的基础上发展起来的新型传感器, 采用法拉第电磁感应定律即线圈切割地磁场磁力线产生感应电动势的原理, 具有体积小、质量轻、功耗低、测量精度高、易于计算机连接等优点, 成为微传感器的一个重要发展方向. 地磁传感器是利用地球磁场在铁磁物体通过时磁场会因此而引起变化, 再将此变化转化为电压的变化来判断, 不受气候温度的影响^[7], 相对于其他诸如红外检测, 视频检测等方法更加的准确.

3.2 地磁传感器硬件设计

本文实际选用 HMC5883 二维地磁传感器, 通过 ADC 转换, 将磁阻传感器所感知的车辆模拟信号转化为数字信号, 电路设计如下图 5 所示.

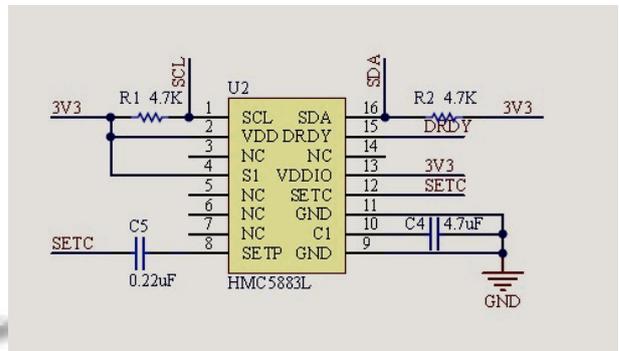


图 5 HMC5883 电路设计

SDA 为串行数字信号引脚, 设置 SCL 为串行时钟信号引脚. 由于读取的信号是二维的, 即读取的是 X 轴与 Y 轴的数据, 此处需要根据停车位的出口处来设置地磁传感器的摆放位置, 通常情况下是将 Y 轴纵向放置, X 轴水平放置, 这样当车辆驶入停车位时, 基本上影响的是 X 轴方向的磁场. 由于地磁传感器的本身特性所限, 它的感应距离是有限的, 为了验证 HMC5883 的有效性, 进行试验. 停车示意图如图 6, 实验结果如表 1 所示.

其中一组为 30cm 时实际测试如图 7-9 所示(图中芯片为 C51).

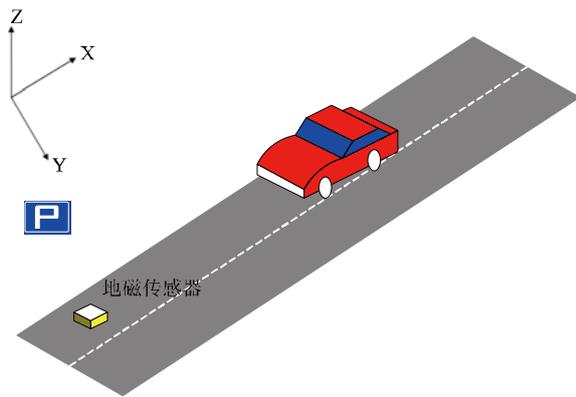


图 6 停车示意图

表 1 实验结果均值

距离 距离	无车时 (均值)	有车且并未熄火 (均值)	有车已熄火 (均值)
15cm	19.0	92.3	78.5
30cm	19.3	87.2	74.9
45cm	20.4	42.5	31.4
50cm	20.1	21.4	20.8

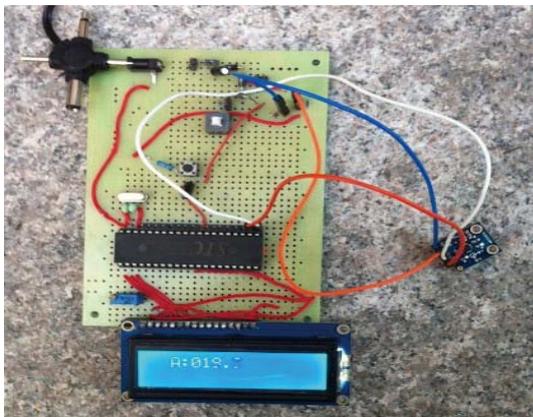


图 7 无车辆时 X 轴方向数值为 19.3

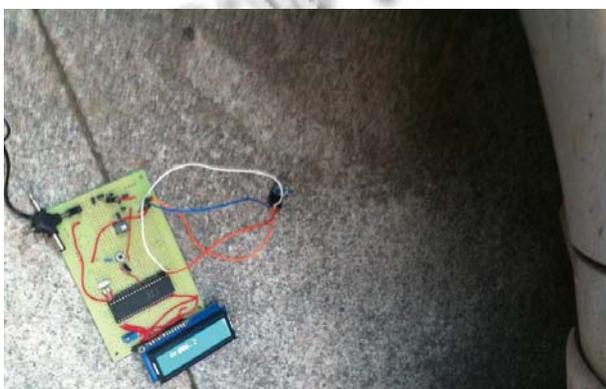


图 8 车辆刚驶入停车位未熄火时 X 轴方向数值 86.3

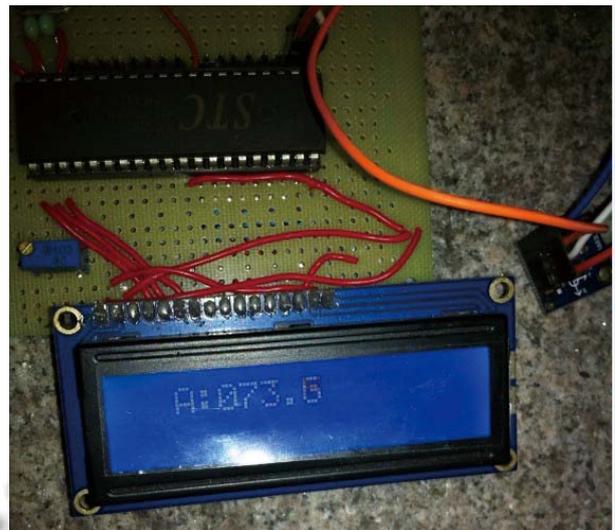


图 9 当车辆挺好熄火后 X 轴方向 数值为 73.5

由表 1 得出将本文设计的地磁传感器来检测车辆的有无是没有问题的。

3.3 地磁传感器软件设计

3.3.1 基值以及采样值的设置

外部环境可能一直处于变化之中, 当没有车辆经过时, 由于旁边新的建筑物或者新的设备的放置也可能改变着停车位旁边的磁场, 而且这种干扰效果是持续性的, 有可能会影响到磁阻传感器的正确检测结果, 因此本文提出了一种动态设定基值法(当停车位没有车辆时的值): 主要采取的是加权调整方法. 首先在设定内部时钟, 每满 48 小时后产生一个中断, 在中断时检测是否有车辆, 如果没有车辆, 则取一组大时间序列队 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$, 其中 $V_i = (t_i, v_i)$. 得出 t_i 时间内的平均值 v_i 作为基值, 但是由于外界环境的变化而导致基值失准时, 就能准确的对基值进行调整, 设之前的基值为 V_{before} , 测出的基值为 V_{test} , 当前要设定的基值为 V_{now} , 则有式 1:

$$V_{now} = V_{before} * 0.7 + V_{test} * 0.3 \quad (1)$$

车辆检测主要是根据采样值来判定车辆的设置, 本文用到的均值法, 即采样值的获取由设定的一个记录采样总点数的均值来决定, 公式为 2, 其中 V_i 为每次采样所得值, T_{max} 为每次采样的最长时间, f_{sample} 是采样频率.

$$V_{avr} = \sum_i V_i / T_{max} * f_{sample} \quad (2)$$

3.3.2 车辆检测

由于数据的采集是实时的, 因此处理数据也是实

时的,但是由于环境的复杂多变性,导致会出现很多影响磁场的物体除了汽车以外,或者是汽车进入到了停车位但是并没有停车打算等.为了处理这类意外情况,本文首先提出了一种状态机制,由此来判别车辆的停驻以及离开,如下图 10 所示.

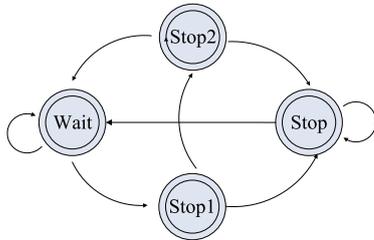


图 10 停车位车辆检测状态图

给每个地磁模块设定一个阈值,为了过滤掉一些由其他原因引起的小干扰,将阈值设定为 15%,即当前检测到的值如果超过或低于基值的 15%,则判定有车辆进入,如计算公式 3.

$$\|V_{now} - V_{basic}\| \geq V_{basic} * 15\% \quad (3)$$

V_{now} 为当前测量值, V_{basic} 为基值.

Wait: 当车位状态是无车状态时,检测模块处于传感器设置为每固定一分钟检测一次,如果当前检测到的值如果超过或低于基值 15%,则判定有车辆进入,进入 Stop1 状态.

Stop1: 在此状态时则进行每 30 秒一次的检测,持续 2 分钟,若当再次过程中有任意一次检测到的值得变化是低于 15%的话则进入 Stop2 状态,否则的话就判断此车辆将会停驻在这个车位,并且在过程中选取每次采样的最大变化值,如果最终能进入 Stop 状态则保留这个数值.

Stop2: 此状态主要是为了防止有些车辆可能并不一定要停车,只是想借这个车位掉个头或者处理一些其他的情况,所以在此状态将测定的时间拉长改为每分钟检测一次,持续三分钟,若在这三分钟内出现任何一次数据的变化小于 15%,则回到 Wait 状态,否则进入 Stop 状态,同样在过程中选取每次采样的最大变化值,如果最终能进入 Stop 状态则保留这个数值.

Stop: 确定此车将停驻,并将节点信息传递给上位机.

3.3.3 判定车辆离开:

本文提到的系统不单单具有车量检测功能,还具有自动收费功能,因此对于判断车辆何时离开时具有

相当重要的意义的.当停车位检测模块进入 Stop 状态后,仍需要进行每 30 秒一次的采样.由上图 6 可知当车辆发动机启动时相对熄火时对磁阻的影响要大很多,根据此原理,将进入 Stop 后每次采集到的数据和之前 Stop1 或者 Stop2 保存的最大数据作比较,若相差大于 5%则判定为离开意图,然后进行收费.

4 无线局域网设计

本文使用的是由具有无线通信和温湿度检测功能的 GAINJSJ-EVO 节点组成的无线局域网, GAINJSJ-EVO 节点作为无线局域网的控制器和无线通信模块. GAINJSJ-EVO 节点内核结构如图 11.

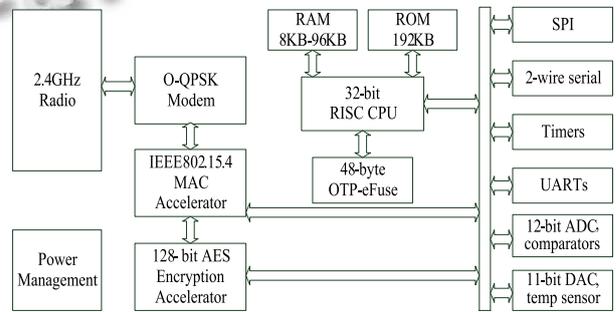


图 11 JN5139 的内核结构^[8]

4.1 GAINJSJ-EVO 节点软件设计

本文主要采用 GAINJSJ-EVO 节点来进行节点之间的无线通信,即通过一个总的 Coordinator 端来收取各个 EndDevice 端的停车位信息,并将 EndDevice 端的信息转发给上位机.

本文采取的是 ZigBee 通信协议,这一协议基于 IEEE 802.15.4 标准,其目的是为了适用于低功耗,无线连接的监测和控制系统.

ZigBee 网络一共有三种网络拓扑形式,分别是星形网络、树型网络和网状网络(MESH 网络)本文采取的是 MESH 网络,如图 12 所示.

Coordinator:

- 1) 选择网络所使用的频率通道;
- 2) 开始网络;
- 3) 将其他节点加入网络;
- 4) Coordinator 通常还会提供信息路由,安全管理和其他的服,一个网络智能有一个 Coordinator;

Router:

- 1) 在节点之间转发信息;

2) 容许子节点通过它加入网络;

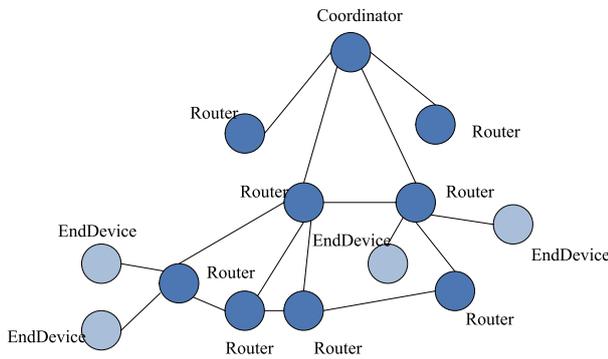


图 12 MESH 网络^[9]

EndDevice:

1) 主要任务就是发送和接收信息^[10].

MESH 网络相较星形网络首先是在通信距离上由于有 Router 节点的加入, 变得覆盖范围更加的广, 相较于树型网络其路由机制更加的健全, 树型网络中智能父子节点间进行通信, 路径单一, 一旦一个路由出问题, 则这个网络便出现问题, 而 MESH 网络可以自动的沿着其他的路由路径进行传输.

工作流程如图 13 所示.

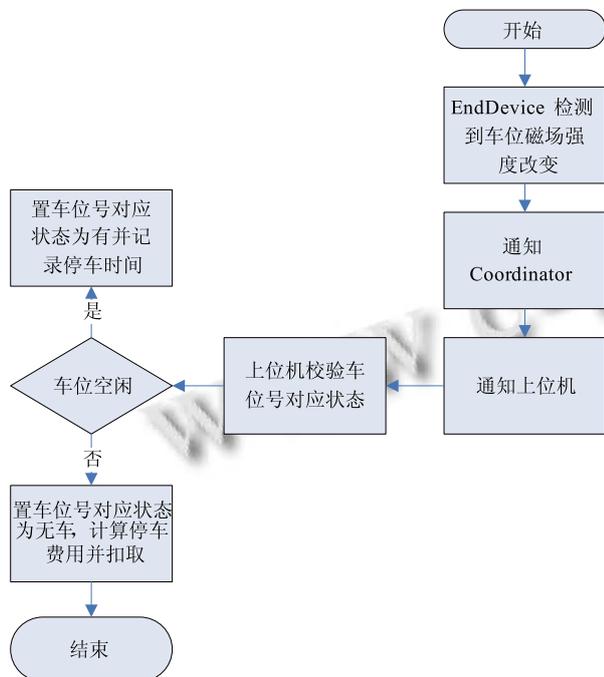


图 13 无线局域网工作流程图

5 结语

本文将自行设计的由地磁传感器和 GAINSJ-EVO 节点组成的停车位检测模块用于车辆的检测. 通过一系列的检测与验证, 证明停车位检测模块时能正确运行的. 接下来将再在这个系统内加入 RFID, 这样就能完成车辆与车位的绑定和自动收费功能, 到时就可以实现基于无线网络的开放式智能停车系统了.

参考文献

- 1 韩华.高速公路微波车辆检测器的原理分析与应用.物联网技术,2012,2(9):49-51.
- 2 胡彬.基于 MHT 模型的毫米波雷达车辆检测方法.南京理工大学学报,2012,36(4):557-560.
- 3 王淑洁.计算机全自动车辆检测及管理系统研究.中国科技博览,2012,22:23-23,25.
- 4 段晓明.基于多颜色空间信息融合的视频车辆检测方法.洛阳理工学院学报(自然科学版),2012,22(2):69-73.
- 5 崔大铭.视频车辆检测技术的应用与发展.中国电子商务, 2012,10:98-98.
- 6 Ahmed I.S.I.Al-Jafar.Remote Control Parking Barrier.United States:0044046,2012-02-23.
- 7 马珊珊.基于地磁传感器的车辆检测系统的研究.机床与液压,2012,40(2):65-68..
- 8 李晓纬.无线传感器网络技术.北京:北京理工大学出版社,2007.148-149.
- 9 徐勇军.低速无线个域网实验教程.北京:北京理工大学出版社,2008.130-135.
- 10 Jennic.JN-DS-JN5139MO-1v6.www.jennic.com/support,2010-11-29.