

注：浙江省教育厅一般科研项目—“互联网+背景下基于NB-IoT的智能引导泊车系统研究”
(No. Y201840167)

摘要：针对目前市场上泊车管理系统智能化程度有限、网络结构复杂、成本高、可靠性差等问题，本文介绍了一种基于NB-IoT（窄带物联网）技术的智能泊车系统设计方案。该方案采用低功耗嵌入式芯片结合地磁传感器构成终端节点对停车位进行监测与控制，读取停车位信息，通过NB-IoT通讯模块将数据传至云端。云平台实时处理相关停车位的信息，上层软件实现车位查询、引导及支付等服务。重点研究了网络部署方案以及如何降低系统功耗的关键性问题，完成了终端节点硬件与软件的设计。系统采用优化的网络部署方式，终端设备全部采用低功耗器件，极大地提升了系统性能，降低了安装与运行的成本。

关键词：终端模组；网络部署；地磁传感；云平台

中图分类号：TP271.5

文献标识码：A

文章编号：1006-883X(2020)07-0020-05

收稿日期：2020-05-11

NB-IoT 智能泊车系统的研究与开发

叶芊芊

浙江商业职业技术学院 应用工程学院，浙江杭州 310053

一、引言

随着社会发展和城市化进程的加快，汽车的保有量剧增，“停车难”问题成为制约城市发展的第一大难题。在无法实现泊车位快速增长的情况下，对停车场进行智能化升级改造，提升停车场效率成为解决停车难问题的重要途径。近年来出现一些基于RFID（无线射频识别）、ZigBee（无线传感网络）、GPRS（通用无线分组业务）技术相结合的智慧停车系统。虽然实现了一定程度的智能化，但由于ZigBee通信方式传输距离较短，在途中需要部署多个中继节点，因此网络拓扑结构复杂、稳定性较差。同时由于目前大多数停车场都是地下室，GPRS信号在室内存在盲点，很难精准地获取空闲车位的位置，大大影响了系统的使用效果^[1]。

本文介绍了一种基于NB-IoT技术的智能泊车系统的设计方案，将通信模组嵌入到终端设备上，实时检测停车位状态，数据通过中国电信蜂窝物联网直接

传送到云端的管理平台上，实现车位预定、导航、缴费等功能。与现有系统相比具有以下优势：

- 1、解决了 ZigBee 通信方式需要中继与网关，拓扑复杂、稳定性差的缺点，又比 GPRS 覆盖能力更强，弥补其在地下停车场存在盲点的缺陷；
- 2、功耗低：停车场终端设备续航时间从目前技术的几个月最多可提升到 10 年；
- 3、覆盖广：比目前技术提升 100 倍区域覆盖能力；
- 4、连接多：在同一基站情况下，比现有无线技术提供 50~100 倍的停车位终端接入数，一个扇区能够支持 10 万个连接；
- 5、成本低：与现蜂窝网融合演进，实现系统平滑升级，降低系统安装部署成本和后期维护成本。

二、系统总体架构及技术关键点分析

1、系统总体网络架构

智能泊车系统网络体系结构如图 1 所示，分为传

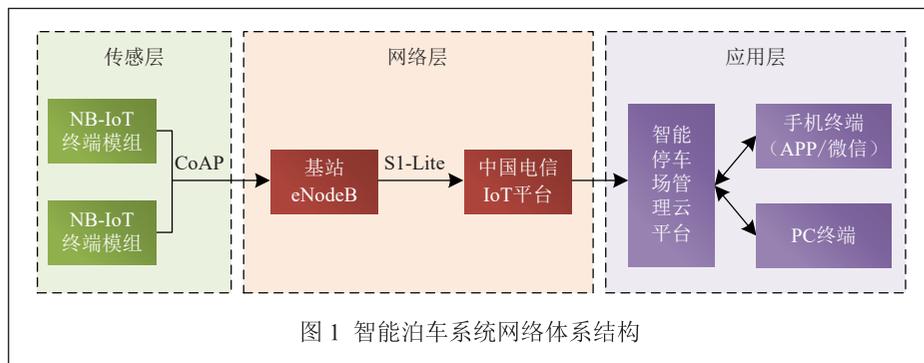


图1 智能泊车系统网络体系结构

感层、网络层以及应用层三部分^[2]。其中传感层为集成通信模块的NB-IoT停车终端模组，该模组负责采集车位空闲状态数据，并采用CoAP（受限的应用协议）将所有停车位状态信息通过空中接口连接到网络层的NB-IoT基站；基站eNodeB承担空间入口数据处理等功能，通过S1-Lite与中国电信的IoT核心网进行连接；IoT平台负责接收各类接入网所得到的数据，并根据不同感知数据类型转发给相应应用进行处理。智能停车场云平台为应用服务层，向用户提供车位查询服务、车位引导服务、在线预订、支付服务，并将信息发送至手机APP、微信以及PC等各类终端。

2、系统技术关键点分析

为设计高性能的智能泊车系统，尽量降低系统应用时的功耗与成本，在设计开发中需要解决的重点问题有两个：

（1）NB-IoT网络部署方式的选择

NB-IoT网络部署涵盖NB-IoT频谱规划、功率规划、覆盖规划、容量规划等一系列内容。其中频谱规划是网络部署的基础与重点，包括频段选择、部署方式选择以及具体频点。NB-IoT目前主流频段在低频段，比较覆盖相同距离情况下不同频段的路径损耗，选择合适的频段进行部署。部署方式有三种，分别是独立部署、带内部署以及保护带部署。为了降低网络部署成本，选用带内部署，直接采用LTE（长期演进技术）网络，利用现有的技术与基站，最大程度重复使用现有的硬件设计，共享频谱。

（2）终端模组的软硬件设计如何基于现有的芯片方案降低功耗

在终端模组的设计中，选取市场上多款商用NB-IoT通信模组，从功耗、业务延时、极限接入性能三方面进行测试，选取低功耗、高性能的通信模组。在模组硬件设计时，尽量使用低功耗处理器，通过

控制处理器主频、运算速度、待机模式来降低损耗。同时，进一步提升芯片、射频前端器件各个模块的集成度来减少通路差损，降低功耗，也可通过各厂家研发高效率功放和高价率天线器件来降低器件和回路上的损耗。软件方面的改进主要通过传输协议优化以及物联网嵌入式操作系统的引入来实现^[3]。

三、系统硬件部分设计

1、芯片选型及低功耗硬件系统设计

系统终端节点控制器通过NB-IoT射频信号与基站通信，对单个停车位进行监测和控制，能够上传停车位相关数据并接收中央管理平台控制命令，负责对停车位进行监测和控制。

终端节点是硬件设计的关键，芯片选型全部采用低功耗器件用以降低终端节点的运行功耗。主控制器选用ST公司的STM32 L4系列Cortex-M4超低功耗微控制器，该系列通过构建新型芯片架构实现了同类产品最佳的超低功耗及性能，对比STM32系列更加适应于低功耗的应用。地磁传感器采用霍尼韦尔三轴地磁传感器HMC5883L，具有尺寸小、检测灵敏度高、使用寿命长等优点^[4]。NB-IoT通讯模块采用基于HISILICON Hi2110的Boudica芯片开发的利尔达

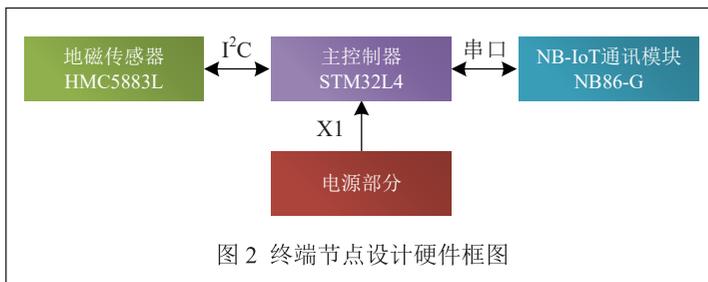


图2 终端节点设计硬件框图

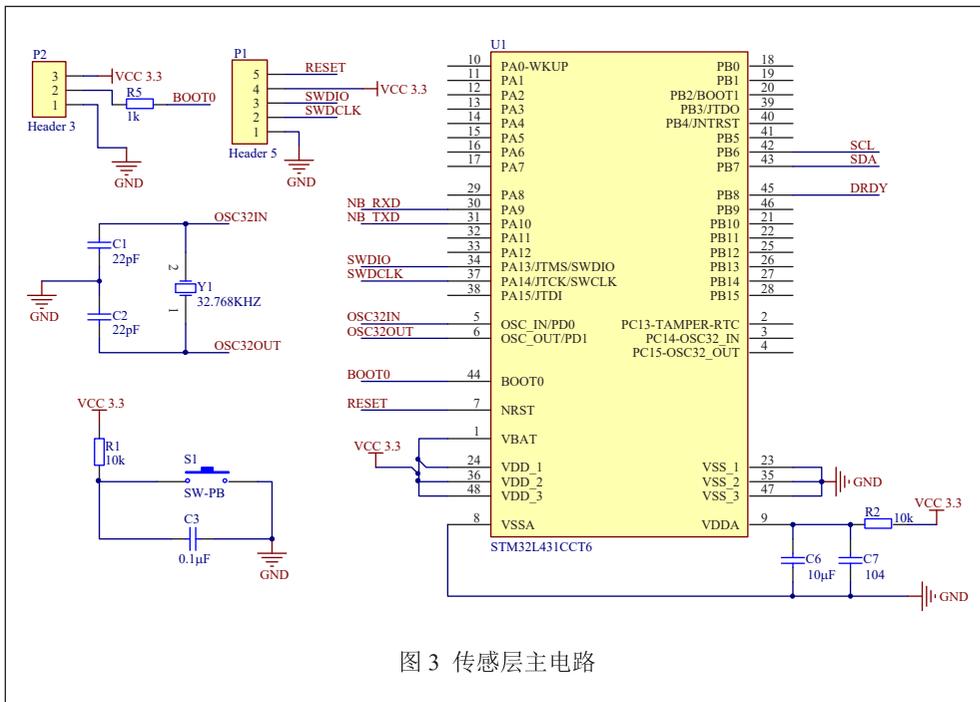


图 3 传感层主电路

NB86-G。电源部分由 DC-DC 转换电路与充放电管理模块组成，采用低功耗电源转换芯片与电源管理 SOC，硬件设计框图如图 2 所示。根据框图 2 设计出图 3 传感层电路原理图。

2、工作原理分析

系统工作时，地磁传感器周期性测量停车位区域磁场的变化^[5]，进行数据采样，用于判断是否有车辆停放。HMC5883 可同时感应水平与垂直三个方向的地磁强度，并通过三个轴的磁场感应强度计算出车辆的空间位置状态。采样数据通过 I²C 总线传送至主控制器 STM32L431CCT6，STM32L431CCT6 完成地磁传感器数据的预处理及分析，并结合地磁数学模型进行车位状态精确识别，控制 NB-IoT 模组进行无线数据传输。NB-IoT 通讯模块通过串口 RS232 与主控制器进行通讯，将接收到的数据通过 NB-IoT 技术透传到中国电信的云平台。

四、系统软件部分设计

1、终端节点主程序

基于主控制器 STM32L431CCT6 设计终端节点软件程序，流程图如图 4 所示。

基于降低系统功耗的考虑，主控制器采用休眠—唤醒—休眠的循环工作方式。定时器每隔一段时间进行唤醒，系统自检，判断是否有故障，若发生故障则报告故障错误，无故障则开始进行地磁数

据采样，根据地磁模型进行校正，将采样的数据与前一状态进行对比，判断是否发生变化，若发生变化，将数据通过 NB-IoT 通讯模块传至云平台，否则继续转入睡眠状态，等待再一次被唤醒^[6]。

2、NB-IoT 通讯协议

NB-IoT 模块通过串口与 STM32L431CCT6 直接进行通讯，并通过 CoAP 协议实现模块与云平台之间的云透传^[7]。CoAP 协议即可受限应用协议，是一种专用于受限节点和受限网络之间传输的 Web 传输协议。作为一种专门为物联网设计的可靠连接协议，该协议运行于

UDP（用户数据报协议）上，借鉴了 HTTP 协议机制

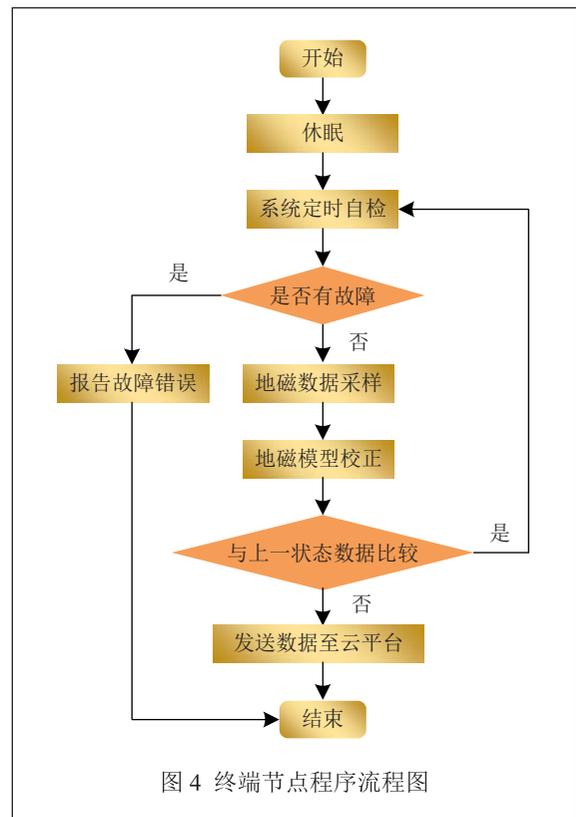


图 4 终端节点程序流程图



并简化了协议包格式，适用于资源受限型的物联网网络，最小的协议包只有 4B。CoAP 系统中 CoAP Client 与 CoAP server 可以双向通信，双方都可以主动向对方发送请求。CoAP 消息结构如图 5 所示。

利尔达 NB86-G 模块为 NB-IoT 无线通信模块，符合 3GPP 标准，支持 Band1、Band3、Band5 等多种不同频段，具有体积小、功耗低、传输距离远、抗干扰性能强等特点。该模块有连接态（Connected）、空闲态（Idle）、节能模式（PSM）三种工作模式。节能模式下处于休眠，近似关机状态，功耗极低；连接态下可以发送和接收数据，模块需提供 IMEI 号注册入网，注册入网后即处于该状态；无数据交互超过一段时间进入空闲态，空闲态可接收下行数据，无数据交互超过一段时间进入 PSM 模式。

STM32L4X1 通过串口发送命令给 NB86-G 模块，向基站发送一系列 AT 指令请求入网。模块在发送数据时会上传一个包含 NB-IoT 模块 IMEI 号注册包到平台。成功注册后实现数据透传，云平台接收数据，统一存储在 NB-IoT 云平台的数据库中。当数据传输完毕后断开连接，重新进入节能模式。

3、上层用户软件设计

云平台提供开放的 API 接口函数，可以根据实际需求开发诸如车位查询、车位引导以及费用支付等个性化应用软件。云平台服务端应用程序具有很强的可扩展性，当用户有新业务需求时，能够在不停止原有业务的情况下动态的增加对新业务的支持。

五、系统测试运行结果分析

1、地磁传感器及 NB-IoT 网络测试

在实验地点选定若干实验车位，将带有地磁传感器的系统终端模组安装在停车位上，地磁传感器 HMC5883L 采用霍尼韦尔各向异性磁阻（AMR）技术，具有的对正交轴的低灵敏度的固相结构能用于测量地球磁场的方向和大小。测试驶入车辆与地磁传感器距离不同时地球磁场的变化量，记录数据如表 1 所示。实验测试结果表明，将地磁传感器放在距车辆 0.3m 范围内，阈值设为 1.2 gauss，能够有效检测车辆的存在，并基本过滤旁边停车位车辆所带来的干扰。

表 1 磁场变化量与距离之间关系

距离 (m)	磁场变化量 (mGs)	距离 (m)	磁场变化量 (mGs)
0.15	5677	0.45	735
0.2	3702	0.5	390
0.25	2028	0.7	158
0.3	1225	0.9	90

对参加实验的停车位进行编号，单个车位进行 100 次网络数据传送实验。实验结果表明，大多数车位数据丢包率在 1% 以下，数据传输稳定度达到 99% 以上。

2、系统运行结果分析

本系统对实验地点进行停车场智能化升级，部署 50 个车位，测试时间为 30 天。系统单个车位改造时间短，成本低。运行测试结果表明，与改造前相比，车主从寻找停车位到完成泊车的平均时间比之前管理系统减少了 0.5 小时。系统故障率主要出现在车辆进出场和地磁识别授权失败情况，故障率低于 0.5%。系统改造后停车场单个车位月均利润是目前的 3.5 倍。

六、结语

随着物联网、计算机、通信等信息化技术的发展，更高效、更节能的智能泊车系统必将在未来智慧城市中带来巨大的社会价值。本系统是 NB-IoT 技术、嵌入式以及云计算技术的综合应用，提供了停车便捷服务，实现了停车资源的高效共享。运行情况表明，该系统功耗低、通信稳定、信号强度高、抗干扰性强。

系统的主要特色如下:

- 1、实现系统传感层与网络层的设计, 通过简化协议、采用低功耗芯片、控制发射接收时间等方式降低了功耗, 大幅度提升了设备的调通率和抗干扰能力;
- 2、选用地磁传感器完成终端信息的采集, 系统灵敏度高, 抗干扰性能强;
- 3、全面采用的低功耗器件降低了系统整体的运行功耗。

参考文献

- [1] 雷小燕. 基于 NB-IOT 的智能停车系统研究 [J]. 信息通信, 2018, (4): 82-84.
- [2] 朱鹏. NB-IOT 技术在智慧停车系统中的应用 [J]. 信息与电脑, 2018,(8): 160-161,164.
- [3] 陈继欣, 灯立. 传感网应用开发(中级) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [4] 周鹏, 魏英华, 覃光勇, 李建风, 吕正阳. 基于 HMC5883L 的停车位 ZigBee 数据采集系统 [J]. 电子设计工程, 2015, (20): 9-13.
- [5] 董玉荣, 聂云峰. 基于 NB-IOT 的智慧停车系统研究与设计 [J]. 南京航空航天大学学报: 自然科学版, 2017, (31): 95-99.
- [6] 梁振奇, 陈文钊, 张雨晨, 唐少虎. 基于 NB-IOT 技术和地磁传感器的路边停车检测系统 [J]. 科技与创新, 2018, (12): 7-9.
- [7] 余莉, 张治中, 程方, 胡昊南. 第五代移动通信网络体系架构及其关键技术 [J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2014, (4): 427-433.

Research and Development of NB-IoT Intelligent Parking System

YE Qian-qian

(Applied Engineering Department of Zhejiang Vocational College of Commerce, Hangzhou 310053, China)

Abstract: Aiming at the problems of limited intelligence, complex network structure, high cost and poor reliability of parking management system in the market, this paper introduces a design scheme of intelligent parking system

based on NB-IoT technology. The scheme uses low-power embedded chip and geomagnetic sensor as terminal node to monitor and control the parking space, read the parking space information, and transmit the data to the cloud through NB-IoT communication module. The cloud platform processes the information of parking space in real time, and the upper layer software realizes the services of parking space inquiry, guidance and payment. The key problems of network deployment and reduce the power consumption of the system are studied, and the design of hardware and software of terminal node is completed. The system adopts optimized network deployment mode, and the terminal equipment adopt low-power devices, which greatly improves the system performance and reduces the installation and operation cost.

Key words: Terminal Module; Network Deployment; Geomagnetic Sensing; Cloud Platform

作者简介

叶芊芊: 浙江商业职业技术学院应用工程学院, 讲师, 研究方向为物联网应用技术。

通信地址: 浙江省杭州市西湖区古墩路文新颐景园竹苑 15 幢 2 单元 102 室

邮编: 310053

邮箱: 44161182@qq.com