

NB-IoT在城市智能停车系统中的应用研究

杨国栋

日海恒联通信技术有限公司 河南 郑州 450048

摘要:为缓解城市“停车难”问题,本文提出了一种基于NB-IoT的智能停车系统架构。系统采用地磁、超声波等感知设备结合NB-IoT通信,实现车位状态的高效采集与传输。平台层引入云计算与大数据分析技术,提升车位管理效率,应用层实现了车主查询、预约、缴费等功能。研究表明,该系统在覆盖能力、功耗控制、连接密度及部署成本方面均具备显著优势,具有良好的推广与应用前景。

关键词: NB-IoT; 智能停车; 物联网通信; 城市交通

引言

随着城市机动车保有量的持续增长,停车资源紧张与分布不均问题日益严重,亟需依托新兴信息通信技术提升城市停车管理效率。NB-IoT凭借其低功耗、广覆盖、大连接等特性,为构建高效、智能的城市级停车系统提供了可靠技术支撑^[1]。开展基于NB-IoT的智能停车系统研究,对于推动城市交通智能化、缓解拥堵现状具有重要现实意义。

1 NB-IoT 技术特性

窄带物联网(NB-IoT)是由3GPP在Release 13中正式定义的蜂窝物联网通信标准,旨在满足低速率、大连接需求的物联网场景。其发展依托于现有LTE网络架构,具备良好的可部署性和兼容性,自2016年标准化以来,逐步实现商用落地,已成为智能城市应用中关键的通信技术之一^[2]。

1.1 NB-IoT具备多项适用于城市智能停车系统的关键技术特性,其中低功耗是其显著优势之一。该技术采用了功耗优化机制,如PSM(Power Saving Mode)和eDRX(Extended Discontinuous Reception),使终端设备在非活跃状态下能够进入深度休眠,最长待机时间可达10年,极大降低了更换电池的频率和维护成本。对于部署在地下车库或偏远路侧的停车监测节点而言,这一特性提升了系统运行的可持续性。

1.2 在覆盖能力方面,NB-IoT通过在1.8MHz以内的窄带频谱上传输数据,结合高重复传输机制和低阶调制方式,实现在20dB以上的信号增益,支持室内、地下等弱信号环境下的稳定通信,覆盖范围较传统LTE提升约100倍,显著增强了其在城市密集环境中的通信可靠性。

1.3 NB-IoT支持每个基站连接5万至10万个终端,满

足了城市大规模部署需求。尤其在智能停车系统中,每一个车位传感器作为独立节点上传数据,其连接密度优势可确保系统在高并发状态下仍具备良好的通信性能。

1.4 在成本方面,NB-IoT采用简化的通信协议栈和半双工通信架构,降低了模块复杂性和芯片制造成本。目前主流NB-IoT通信模组单价已降至5美元以下,具备良好的成本控制能力,适合广泛部署于城市各类低速率、低频次的数据采集场景之中,为智能停车系统提供了经济可行的技术支撑。

相比LoRa、ZigBee等短距通信技术,NB-IoT在广域覆盖和网络稳定性方面更具优势,尤其适用于地下车库等弱信号区域;与Wi-Fi相比,其连接能力和能耗控制更适合低频次、小数据量的智能感知终端,能够更高效支持城市级智能停车系统的长期运行与统一管理^[3]。

2 城市智能停车系统架构

城市智能停车系统基于“感知-传输-处理-应用”四层架构,依次包括感知层、网络层、平台层和应用层。该架构实现了从车位信息采集、数据传输、后端处理到终端展示的完整流程,确保系统具备实时性、准确性与可扩展性^[4]。

2.1 感知层

感知层是智能停车系统的信息采集基础,负责实时监测车辆状态与停车位使用情况。常用的感知设备包括地磁传感器、超声波探测器和车牌识别摄像头。地磁传感器通过感知地磁场的微弱变化判断车辆是否驶入车位,具有功耗低、隐蔽性强、适合室外部署的特点;超声波传感器则多用于地面安装,通过声波反射测量距离,识别车位上方是否存在车辆,适合用于结构规范的停车场环境。车牌识别摄像头承担车辆身份识别任务,结合图像识别技术,实现对进出车辆的非接触式识别与记录,增强系统安全性与精细化管理水平。

作者简介: 杨国栋(1978.8-),男,汉族,籍贯:河南省封丘县,本科,工程师,研究方向:通信工程

三者可根据场景组合部署,形成互补。感知层设备需具备环境适应能力,如防水、防尘、耐温,并通过NB-IoT模块将采集信息上传至平台。高质量的感知层设计直接决定了系统数据的准确性与实时性,是保障后续管理与服务有效运行的前提。随着边缘计算技术的引入,部分初步判断功能也正向感知终端下沉,进一步提升系统响应效率与稳定性。

2.2 网络层

网络层作为数据传输的中介环节,负责将感知层采集的车位状态、车辆信息等数据上传至平台层。NB-IoT作为当前主流的物联网广域通信技术,其在智能停车系统中的应用具有显著优势。该技术依托于运营商现有蜂窝网络,可实现对地下车库、密集建筑区等复杂环境的广覆盖,确保停车数据在不同部署环境中实现稳定、高效传输。

在数据传输模式上,NB-IoT采用UDP或COAP等轻量级协议,有效减少数据交互过程中的通信开销,满足停车系统中小数据包、低频率上报的实际需求。网络层的设计注重低延迟与高可靠性的平衡,通过设置重传机制与QoS策略,提高系统抗干扰能力和通信成功率,适应城市高密度节点部署的特点。

NB-IoT终端支持PSM与eDRX节能机制,降低感知设备能耗,延长电池寿命,有利于实现大规模、低维护成本的停车终端网络部署。随着5G NB-IoT RedCap方案的推进,未来网络层将在保持低功耗的同时进一步提升速率与连接密度,支撑更复杂的停车场景需求。

2.3 平台层

平台层主要功能包括数据接收、存储、处理与分析,依托云计算与物联网平台协同运行。云平台提供高并发处理能力与弹性扩展机制,支撑来自数万感知终端的实时数据上传与处理,保障系统在高峰时段依然保持稳定运行。

IoT平台能够实现设备管理、协议接入与远程控制等功能,支持对前端感知设备的生命周期管理,包括注册、状态监测、远程升级与故障报警等,提升系统可维护性与自动化水平。同时,平台内置权限控制机制与数据加密措施,确保车位与车辆信息的传输与存储安全。

基于大数据分析模块,系统可进行历史数据建模与行为模式挖掘,支持车位使用率分析、流量预测与区域停车热力图生成,为城市停车政策制定和运营优化提供数据支撑。平台层可提供标准化API接口,便于系统间数据对接与扩展集成,是实现开放共享与多元服务的关键枢纽。

2.4 应用层

应用层是智能停车系统面向用户与管理者的交互窗口,主要包括面向车主的移动端App与面向运营方的管理端平台。用户端App通常集成车位查询、预约导航、在线缴费、反向寻车等功能,依托地图服务与定位技术实现实时停车信息展示与路径规划,有效缩短用户寻找车位的时间,提升整体出行体验。

管理端系统提供运营监控、车位配置、收费管理与数据统计等功能模块,支持多维度可视化界面,帮助管理人员实时掌握各停车区域的车位使用状况与收入情况,实现对异常状态的快速响应与精准调度。系统具备权限分级机制,不同角色可依据职责访问相应模块,提高管理效率与信息安全。

应用层系统通常与城市交通平台或第三方出行服务进行集成,支持城市级统一管理,形成联动协同的智慧交通生态。随着AI技术的引入,应用层也在逐步增强智能推荐、语音交互等能力,推动用户服务由“被动响应”向“主动引导”升级,为实现“即停即走、先订先得”的智能停车体验提供技术保障。

3 城市智能停车系统功能设计

3.1 用户功能

面向用户的智能停车系统功能主要围绕“便捷、高效、自主”展开,涵盖车位查询、预约、导航及在线缴费等核心操作环节。系统通过接入城市级停车数据平台,实时获取各停车区域车位占用状态,用户可通过App界面查询附近或指定区域的可用车位。数据来源依托NB-IoT终端上传的地磁或超声波感知结果,保障信息的实时性与准确性。

车位预约功能在此基础上实现智能分配机制,避免资源浪费和车位重复占用。系统结合用户偏好、距离、价格等维度动态匹配最优停车位,并预留使用权限一段时间,支持用户在规定时间内到达。导航模块与地图服务融合,为用户提供最短路径指引,提升停车效率,减少因寻找车位造成的交通干扰。

在支付环节,系统引入电子支付接口,支持微信、支付宝、银联等多种方式,自动计算停车时长与应付费,并通过无感支付实现自动扣款,简化用户操作流程,提升体验的连贯性。上述功能模块协同运行,构建起完整的“找、订、停、付”一体化用户流程,满足现代城市出行对智能停车系统的实用性和可操作性需求。

3.2 管理功能

管理端功能模块主要服务于系统运营方与城市交通管理部门,对车位资源、财务状况和设备运维进行全方

位掌控。车位状态监管功能通过NB-IoT感知终端与平台实时交互,动态呈现每一车位的占用状态、预约情况与异常报警,辅助管理人员进行调度决策和秩序维护。例如,在节假日或高峰时段,系统可预判热点区域并提前发布引导信息,缓解区域拥堵。

收入统计模块以停车数据为基础,自动生成每日、每周、每月收入报表,区分来源(线上支付、包月用户、临停计费)与区域,对比分析收益结构,为运营方提供精细化管理依据。系统支持多维度查询和图表化展示,便于管理人员直观了解运营状况及趋势变化。

设备维护功能通过平台对前端感知节点进行监控,实时上报设备异常、通信中断、电池电量不足等状态信息,结合远程日志查看与OTA升级机制,减少人工巡检频率,提高维护效率与响应速度。系统支持多级权限配置与操作记录审计,提升安全性和可追溯性,确保停车管理平台在大规模运行中具备稳定性与可控性。

3.3 数据交互流程

智能停车系统的数据交互流程涵盖感知、传输、处理与反馈四个阶段,构建低延迟、高可靠、强闭环的数据闭环体系。首先,感知层设备(如地磁传感器、超声波探测器等)实时检测停车位状态,并将采集结果经由NB-IoT网络上报至运营平台。此过程采用轻量级通信协议,确保数据包小、传输稳定,适用于高频次、低带宽环境。

数据传输至平台后,经IoT网关统一接入并进行初步预处理,包括数据清洗、异常值识别与时间戳校正。随后,数据进入云平台进行集中处理与结构化存储,同时与已有车位数据库进行匹配更新。大数据分析模块对历史与实时数据进行整合,生成趋势预测与行为分析,为管理与调度提供支持。反馈流程依据用户请求自动完成。用户在App端发起车位查询或预约请求,系统通过调度引擎实时匹配最优车位并返回信息;支付完成后,平台同步更新车位状态至空闲或占用。

3.4 移动端/Web端界面设计逻辑

移动端与Web端作为用户和管理者与系统交互的主要载体,其界面设计应兼顾功能完整性与操作便捷性,遵

循“以人为本”的人机交互原则。在移动端方面,系统界面布局采用模块化设计,首页聚焦实时车位查询与导航入口,通过可视化地图展示附近空闲车位,同时集成搜索、筛选与预约功能,支持用户根据距离、价格、类型(地面、地下)等条件快速决策。

预约成功后,界面自动跳转至导航页面,调用手机GPS与第三方地图接口,实现路径引导;停车完成后,系统自动计费并生成支付界面,通过一键支付完成整个停车流程。UI风格方面,应强调信息层级清晰、响应及时,避免冗余按钮与复杂逻辑,适配不同屏幕分辨率与操作习惯,提升易用性。

Web端界面面向管理人员,需覆盖更复杂的功能与数据呈现,采用仪表盘式主界面展示车位分布、使用率、收入数据与报警信息等关键指标。各模块独立可控,支持操作日志查看、权限配置、设备远程管理等操作。界面设计须具备数据可视化与操作流畅性,支持图表、热力图、列表等多种信息表达形式,使管理决策更加直观高效。

4 结语

本文围绕NB-IoT在城市智能停车系统中的应用展开系统研究,从架构设计、功能实现到数据交互流程进行深入分析。研究表明,NB-IoT凭借其技术优势,有效支撑了车位信息的实时采集与高效管理,显著提升停车资源利用率。该系统具备良好的扩展性和实用性,为推动智慧交通建设提供了可行路径与实践基础。

参考文献

- [1]都秉甲,丁飞,刘春君,等.基于Harmony OS与NB-IoT的城市共享停车系统设计与性能评估[J].无线电工程,2024,54(11):2703-2709.
- [2]左劲中.基于NB-IOT互联网技术的城市智慧停车管理系统设计[J].九江学院学报(自然科学版),2021(1):75-78,123.
- [3]白亚静,王连震,袁丰祥,等.基于智慧城市建设的共享停车系统[J].现代信息科技,2023,7(20):130-135.
- [4]王良彬,丘昌鑫,李佳.智能停车系统的设计与实现[J].科技创新与应用,2022,12(23):44-48.