

基于 NB-IOT 智能光缆交换箱 监控系统设计与实现

徐灵飞¹, 陈斌²

(1. 成都理工大学 工程技术学院, 四川 乐山 614000;

2. 四川金互通科技股份有限公司, 四川 乐山 614000)

摘要: 针对在光缆交换箱管理中存在的防盗、钥匙管理以及工作环境监测等问题, 介绍了一种基于 NB-IOT 的监控系统; 该系统主要由监控终端、云平台 profile 和插件以及监测服务器软件三部分构成; 使用低功耗控制器完成了电子锁控制和温湿度、烟雾、水浸、电源电压、震动以及倾斜等参数的检测, 并结合 NB-IOT 网络、蓝牙功能和服务器软件实现了电子锁数字钥匙、日常监测信息和报警信息的管理; 实测结果表明, 该系统网络连接、数据采集、传输和控制成功率都在 98% 以上, 能够有效提高光缆交换箱安全性, 实现了智能化管理。

关键词: NB-IOT; 光缆交换箱; 远程监控; 数字钥匙; 低功耗

Design and Implementation of NB-IOT Based Intelligent Optical Cable Exchange Box Monitoring System

Xu Lingfei¹, Chen Bin²

(1. Engineering & Technical College, Chengdu University of Science and Technology, Leshan 614000, China;

2. Sichuan Jinhutong Technology Co., Ltd., Leshan 614000, China)

Abstract: In view of the problems of anti-theft, key management and working environment monitoring in the management of optical cable exchange box, a NB-IOT based monitoring system is introduced in this paper. The system consists of monitoring terminal, cloud platform Profile, plug-in and monitoring server software. Low power controller is used to complete the electronic lock control and the detection of temperature and humidity, smoke, water intrusion, power supply voltage, vibration and tilt. Combined with NB-IOT network, bluetooth function and server software, the management of electronic lock digital key, daily monitoring information and alarm information is realized. The test results show the success rate of network connection, data acquisition, transmission and control of the system is more than 98%, which can effectively improve the security of the optical cable exchange box, and realize intelligent management.

Keywords: NB-IOT; optical cable exchange box; remote monitoring; digital key; low power consumption

0 引言

光缆交换箱承担着通信网络的测试、跳转、链接、分线等作用, 其工作环境会影响内部通信线路的工作状态和寿命, 它的安全与正常运转对于通信企业而言十分重要, 因此需要定期对其进行巡检维护。大部分光缆交换箱都采用的是人力巡检模式, 钥匙管理困难、状态监控困难、维护检修记录难管理等问题, 使得光缆交换箱运营成本高管理效果欠佳, 存在智能化联网监控改造的需求。GPRS 技术的引入部分解决了光缆交换箱运营维护困难的问题^[1], 但是, GPRS 功耗较大, 在无源光缆交换箱中无法使用, 因此, 其将逐渐被停止服务。物联网技术的普及应用和 NB-I

IoT 商用网络建成^[2], 为光缆交换箱运营管理的实时监控提供了理想的广域、低功耗、低成本的网络技术基础^[3]。NB-IOT 网络覆盖更广、网络连接数量更大、通信功耗极低^[4], 使得基于 NB-IOT 技术的光缆交换箱监控器不仅适用于城区, 也可以广泛使用在乡间、偏僻山区^[5-6], 并解决了无源光缆交换箱电池长续航需求问题。

1 系统设计方案

整个系统基于 NB-IOT 通信网络, 实现光缆交换箱钥匙数字化管理、防盗预警和箱内状态温湿度、烟雾、水浸及倾斜等状态的监测, 解决光缆交换箱管理现存的弊端。监控系统主要由光缆交换箱监控终端和 NB-IOT 监控服务器组成, 其结构如图 1 所示。监控终端检测光缆交换箱状态、上传数据并完成电子锁控制, NB-IOT 监控服务器管理整个系统监测数据^[7], 并完成光缆交换箱突发状况巡检任务分配。

系统在正常运行期间, 检测温湿度、烟雾、水浸、振

收稿日期: 2020-03-17; 修回日期: 2020-04-03。

基金项目: 成都理工大学工程技术学院基金项目 (C122018004); 四川省科技服务业示范项目 (2019GFW200)。

作者简介: 徐灵飞 (1981-), 男, 河南新乡人, 硕士, 副教授, 主要从事嵌入式系统设计方向的研究。

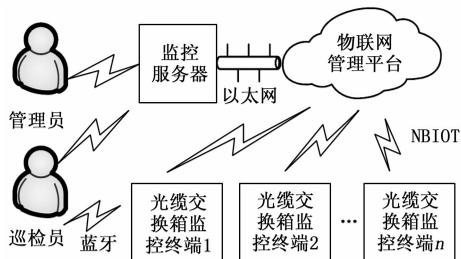


图 1 监控系统架构图

动、倾斜以及电池状态,并定时将状态值上传到服务器,用于光缆交换箱日常工作状态后期的分析。在出现突发情况,如水侵、烟雾值超标、振动和大角度倾斜等事件时,蜂鸣器报警提示,实时将状态数据上传,并缩短上传间隔时间,增加报警数据检测量,细化记录异常转台变化过程。在监控服务器发现异常后,及时将相关信息通知给管理员,以分派巡检员及时进行巡检维护。

光缆交换箱数量众多,钥匙的管理是保证资产安全和巡检维护的一个重要环节。在机械钥匙的基础上,结合 NB-IOT、蓝牙技术实现钥匙数字化管理,数字钥匙管理系统如图 2 所示。在需要进行光缆交换箱巡检或出现突发状况时:1) 管理员生成需要巡检的光交箱的数字钥匙;2) 通过服务平台下发到巡检员手机中;3) 在巡检员到达现场后触发终端数字钥匙请求并同步到光缆交换箱监控终端中;4) 打开监控终端中的蓝牙功能以备开锁,巡检员使用手机通过蓝牙与监控终端进行数字钥匙匹配,决定是否打开电子锁;5) 然后监控终端将电子锁状态上传到服务平台;6) 在数字钥匙一次使用完毕后,服务器通过 NB-IOT 网络将数字钥匙回收,避免数字钥匙的反复使用。如果数字钥匙匹配失败,巡检员联系管理员重新生成钥匙再次进行图 2 中的 1)~6) 的步骤。在光缆交换箱电子锁的数字化管理系统下,实现了智能开锁,避免了钥匙复制、丢失带来的安全问题,减少非法开门存在的隐患。

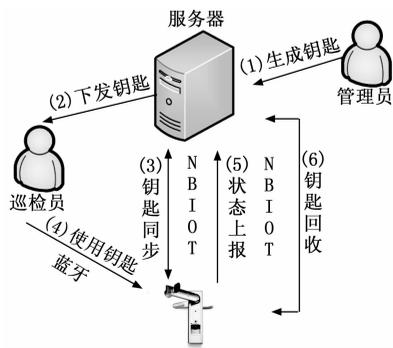


图 2 数字钥匙管理系统

2 监测终端硬件系统设计

监测终端硬件系统主要包括 5 个部分: 主控器模块、通信模块、电子锁控制模块、传感器模块以及电源管理模

块,结构如图 3 所示。

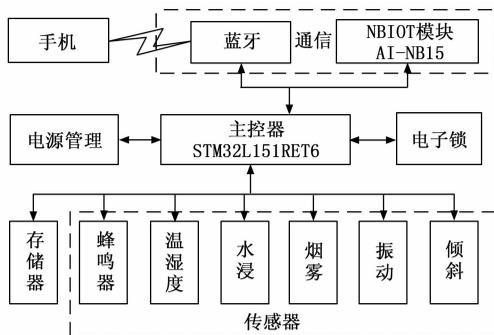


图 3 监测终端系统结构图

整个监控终端电路设计工作在 3.3 V, 电源管理模块实现在主控器控制下实现对高耗电功能模块电源供给的管理,在不工作的时候切断这些工作电源,例如: 电子锁、蓝牙通信等。并由主控器定时检测电池的电压监测电池电量。通信模块由 NB-IOT 和蓝牙两个功能组成, NB-IOT 主要实现监测数据的上传和服务控制平台控制命令的接收,蓝牙功能用于巡检员数字钥匙的验证。电子锁控制模块主要用于实现对电子锁的控制和状态检测。传感器模块由温湿度传感器、水侵传感器、振动传感器等组成,检测工作环境状态。在 STM32L151RET6 的管理下,终端定时将采集的相关状态数据通过 NB-IOT 模块上传到服务器。在采集间隙多数模块工作在低功耗状态^[8],如果出现突发状况或需要通信时,通过中断事件唤醒 STM32L151RET6,及时采集数据并上传预警。

2.1 主控器

系统选择超低功耗的 STM32L151RET6 作为主控器,它的内部集成了丰富的片上外设,如 GPIO、USART、ADC、RTC 等,满足本系统外围电路控制需求。该芯片具有 5 种低功耗模: 低功耗运行模式、睡眠模式、低功耗睡眠模式、停止模式、待机模式,可以在终端采集传输数据间隙,使其运行于低功耗模式。根据系统要求,选择低功耗睡眠模式作为低功耗模式。监控器在正常工作时每个 10 分钟进行一次状态的采集和数据的传输,然后 STM32L151RET6 进入低功耗模式。在没有服务平台下发 NB-IOT 控制指令和出现异常状况时,STM32L151RET6 的唤醒由 RTC 中断触发。出现异常情况时,由外围电路产生的电信号触发中断事件唤醒 STM32L151RET6。

2.2 通信模块

通信模块包括 NB-IOT 模块电路和蓝牙模块电路。NB-IOT 模块选用四川爱联的 AI-NB15,通过串口与 STM32L151RET6 通信交互信息。AI-NB15 模块硬件电路如图 4 所示。

STM32L151RET6 通过主串口 (HST) 向 AI-NB15 模块发送 AT 指令,实现 AI-NB15 模块的初始化和数据的

LIS3DH 开始计时, 当在定义的时间 TIME_LIMIT 内加速度值能回落到阈值之下, 就认定是一个震动事件。将 LIS3DH 单击事件中定义在 INT1 引脚上, 当产生震动事件时, 可立即激活 STM32L151RET6。在初始化角度基础上, 每 10 分钟检测一次 LIS3DH 的重力加速度的变化, 检测箱体倾斜的角度, 超出定义的阈值则上报报警信息。

2.5 电源管理

为了简化设计和降低电源系统工作功耗, 整个终端电路被设计工作在 3.3 V 电源系统。系统由锂电池或普通干电池供电, 由于电池在长时间使用后会 出现压降的情况, 为保证系统稳定工作在 3.3 V, 选用升降压 DC-DC 电源芯片 TPS63805 进行稳压, 并且其静态工作电流为 11 μA, 符合本系统低功耗应用要求。当电池电压下降到低于 3.3 V 时, TPS63805 可以无缝实现降压和升压的切换, 在 1.3~5.5 V 输入电压范围下可输出 3.3 V, 并提供 2 A 的工作电流, 满足系统要求。为了保证系统电源供给的安全, 主控器定时检测电池的电压, 保障供电安稳定性。锂电池供电时, 报警电压设置为 3.5 V。3 节南孚干电池供电时, 报警点呀设置为 2.8 V。在主控器检测电池电压达到报警电压后, 上传报警信号提示及时进行维护。

3 系统软件设计

整个系统开发基于中国电信物联网开放平台, 包括终端控制程序、应用服务器软件以及物联网开发平台 profile 和插件开发。

3.1 终端控制程序

终端控制程序启动后首先进行 STM32L151RET6 片上外设的初始化配置, 包括 GPIO、RTC、定时器、外部中断、USART、ADC 等。然后, 对各传感器模块进行配置, 接着开始配置 NB-IOT 模块并附着通信网络。在确认联网成功后, 开始电子锁和各传感器模块状态的采集, 上传一次数据到服务器。最后 STM32L151RET6 启动定时器并进入低功耗模式, 开始周期性数据采集。当出现温湿度、烟雾、震动、倾斜报警或非授权开门等突发情况时, 相关传感器实时触发主控制通过 NB-IOT 网络上传服务器进行报警。在巡检员携带数字钥匙到达现场后, 点击电子锁外置按键, 触发 STM32L151RET6 开始一次 NB-IOT 通信, 从服务器上获取当前授权的数字钥匙。然后, 接通蓝牙模块供电开关并配置蓝牙模块, 通过蓝牙通信开始与巡检员现场进行数字钥匙匹配。当数字钥匙匹配成功后, STM32L151RET6 打开电子锁, 并通过 NB-IOT 通信上传电子锁状态、请求服务器回收已使用的数字钥匙。在电子锁开锁后的整个巡检过程中, STM32L151RET6 都处于正常运行状态, 在检测到关锁动作后断开蓝牙模块终端供电开关并进入到休眠定时状态。控制程序流程如图 6 所示。

3.2 物联网开发平台 profile 和插件开发

这部分 NB-IOT 通信中的南向开发, 系统通信基于

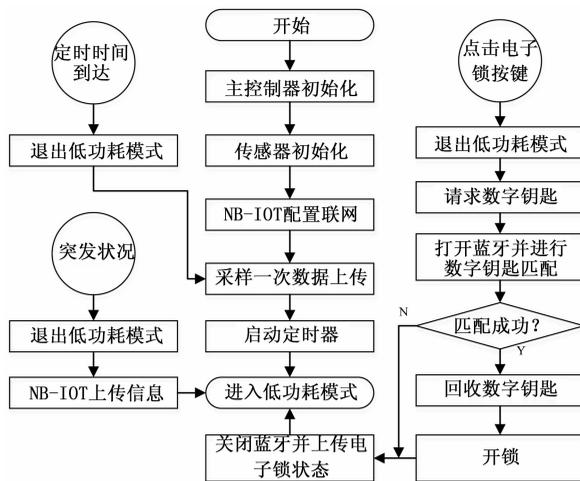


图 6 系统终端程序流程图

COAP 协议, 在电信物联网平台上需要进行 NB-IOT 模块的注册、应用创建以及 profile 和插件开发。Profile 定义应用涉及到的上传和下发数据的属性, 插件定义具体的通信数据内容与 Profile 数据属性之间的映射关系, 由物联网平台实现厂商定义数据到 JSON 格式数据的相互转换。涉及到终端上传的数据包括采集数据、报警数据以及数字钥匙请求、回收等^[10]。服务器通过物联网平台下发给终端的数据包括数字钥匙和控制码, 如重传控制、开锁及解除警告等。系统中涉及到的上传和下发数据组成如表 1 所示。

表 1 NB-IOT 数据通信数据格式

方向	命令	内容						
数据上传	设备状态	Message ID 8 位	字节数 8 位	厂商 ID 8 位	设备类型 8 位	锁开/关 8 位	RSSI 8 位	电池电压 8 位
		温度 16 位	湿度 16 位	倾斜 16 位	CO2 16 位	TVOD 16 位	报警码 16 位	校验码 16 位
	钥匙控制	Message ID 8 位	字节数 8 位	厂商 ID 8 位	设备类型 8 位	请求/回收 8 位	校验码 8 位	
数据下发	数字钥匙	Message ID 8 位	MID 16 位	字节数 8 位	厂商 ID 8 位	设备类型 8 位	数字钥匙 16 位	校验码 16 位
	控制码	Message ID 16 位	MID 16 位	字节数 8 位	厂商 ID 8 位	设备类型 8 位	控制码 8 位	校验码 16 位

上传和下发的数据由 MessageID、字节数、数据实体以及校验码等组成。

上传的数据包括采集的状态数据和数字钥匙请求/回收。状态数据的 MessageID 是 0x01, 其中的 RSSI 值是 NB-IOT 模块本身的射频信号强度, 通过 AT+CSQ 命令获取。水浸、震动以及非授权电子锁开关状态以开关量封装在报警码中。钥匙控制的 MessageID 是 0x02, 以 0x55 作为钥匙请求码, 0xAA 作为钥匙回收码。

下发的数据包括数字钥匙和控制码。数字钥匙的 Mes-

sageID 是 0x11, MID 是随机的 16 位响应字段, 在终端接收到下发的数据后原样返回给服务器作为接收确认。对应于这一下发数据的确认消息 MessageID 定为 0x12。控制码的 MessageID 是 0x13, 控制码功能包括数据重传、紧急开锁、解除报警等功能, 对应于这一下发数据的确认消息 MessageID 定为 0x14。

3.3 监控服务器软件

这部分是 NB-IOT 通信中的北向开发, 监控服务器与物联网平台之间通过 HTTPS 协议进行通信, 通信数据以 JSON 格式进行组织。监控服务器使用物联网平台地址/端口号、创建应用或项目后获取的应用 ID、应用密钥完成对平台上设备的注册, 实现监控服务器和物联网平台的对接。之后监控服务器可以订阅物联网平台数据, 实现物联网平台到服务器消息推送以获取 NB-IOT 终端的上传数据。当服务器需要下发指令时, 需要将相应的控制指令包装成 JSON 格式发送给物联网平台, 并根据接插件转换成自定义数据等待终端查询。服务器管理软件以城市为单位, 可以选择城市不同区域进行管理, 能够显示设备总数、在线数量以及报警数量, 并能够查看设备的在线信息和报警信息。选择需要查看的设备, 可以显示设备的基本信息和状态信息, 如设备位置、设备 ID、巡检状态、电子锁状态、温湿度等。软件设定了灵活的管理功能, 通过巡检控制功能可以进行设备的巡检任务的分配, 设备管理功能可以实现设备的增加、删除等, 授权管理可以给设备指定巡检员, 通过设备日志功能可以查询设备的历史状态信息, 解除报警和电子锁控制功能可以实现服务器向下到设备的控制。服务器软件的界面如图 7 所示。



图 7 监控服务器软件控制界面

4 系统测试

在不同的位置布置多个终端设备, 进行联网测试, 测试结果如表 2 所示。终端设备可以正常连接到物联网平台并将各自的采集数据传到到监控服务器中, 在监控服务器上显示的电子锁开关、温湿度、RSSI 以及倾斜度等采集量和现场实测基本一致。对报警功能进行了测试, 在非授权状况下打开电子锁、将箱体倾斜一定角度等都可以将

相关报警信上传到服务器上提示。系统的其他功能如巡检控制、设备管理、授权管理、电子锁控制等功能经过测试都能正常工作。

表 2 系统测试结果

测试项目	测试次数	失败次数
终端连接服务器	100	2
授权开锁	60	1
非授权开锁报警	60	0
振动报警	60	0
电池电压采集	60	0
温湿度数据采集	60	0
倾斜数据采集	60	0
水侵报警	40	0
烟雾报警	40	5
RSSI 数据上报	40	0

5 结束语

针对当前光缆交换箱管理存在的问题, 设计了一套监控系统, 解决了管理、监控和控制等问题。该系统具备智能化、低功耗、通信覆盖广和节点多等优点, 满足了光缆交换箱智能化管理的要求, 实现了在线管理, 简化了巡检工作, 大幅提高了光缆交换箱的安全性, 保障了光缆通信的安全工作环境。另外, 本系统相关设计内容适用于如水表、路灯、车位等场景管理应用。

参考文献:

- [1] 孙长翔, 徐 斌, 汪文杰. 基于物联网的光交箱状态在线监测系统 [J]. 通信世界, 2015 (3): 226-228.
- [2] 黄文超. NB-IoT 低速率窄带物联网通信技术现状及发展趋势 [J]. 电子测试, 2017 (6): 58, 29.
- [3] 刘 辉, 杨 奕. NB-IoT 技术与物联网产品的应用特性 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2018, 18 (12): 11-14.
- [4] 李 娟, 胡晓玲, 李自刚. 窄带物联网 NB-IoT 能耗测试浅析 [J]. 电信网技术, 2016 (8): 65-67.
- [5] 邹玉龙, 丁晓进, 王全全. NB-IoT 关键技术及应用前景 [J]. 中兴通讯技术, 2017, 23 (1): 43-46.
- [6] 卢 斌. NB-IoT 物联网覆盖增强技术探讨 [J]. 移动通信, 2016, 40 (19): 55-59.
- [7] 张飞雄, 黄 浩, 胡永明, 等. 基于 NB-IoT 的电梯安全远程监控系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2018, 26 (11): 117-122.
- [8] 徐业鹏. NB-IoT 节点的低功耗运行研究与设计 [D]. 银川: 宁夏大学, 2018.
- [9] 杨 凡, 王宜怀, 宋洪儒. 基于窄带物联网应用架构的温湿度控制系统设计 [J]. 电子技术应用, 2018, 44 (7): 59-6.
- [10] 吴晓斌. 基于 NB-IoT 的窖井盖及井下工况远程监控系统设计 [D]. 太原: 中北大学, 2018.