

基于 NB-IoT 的配电网智能安防预警系统

背景概述

现状简介

配电箱是户外道路两侧常见的公共设施,一般用于供电、通信、监控等领域,为国防、公安、市政和普通民众提供基础设施服务。近年来国内外网络安全形势逐年严峻,国际不安定因素异常活跃,网络战日益加剧,关键基础设施行业面临严峻形势。配电网终端一旦攻入,一点受到破坏有可能影响整个配电网络,引起大面积断网断电,进而造成严重的后果。

现实中经常出现配电箱被蓄意破坏的情况和盗窃配电箱内部设备的情况,既危害人身安全,也影响公众服务。一般来说,道路旁的配电箱都要上锁,工作人员检修时才会打开。无论是配电箱外的锁没有锁好,还是外墙被损坏,对于配电箱而言都属于不正常现象。但是偷盗、破坏电力设施的行为仍然存在,而且也不排除有些检修人员一时疏忽大意,在检修完毕之后没有及时将配电箱外的锁锁上,才导致了上述情况的存在。一般每座城市中安装的各类公共配电箱上万个甚至更多,可是负责城市巡检员的人手有限,配电网终端点多面广,且分散在城市各个角落,单靠人工巡视防护几乎不可能。目前则更多是依靠市民发现配电箱的大门打开或是有其他的损坏时主动上报,因此需要革新技术手段,提高巡检效率。

用户需求分析

根据上述介绍,可以归纳为以下几点问题:

- 配电箱被恶意破坏而无法及时获知
- 配电箱内部设备被盗窃而无法及时获知
- 配电箱门因人员疏忽造成未关锁而无法及时获知
- 配电箱仅依靠人员巡检无法满足实际应用需求

针对上述问题, 本文提出一种基于泛在物联网技术的配电网智能安防预警技术研究, 旨在构建一种易部署、不依赖与传统网络, 抗打击能力强的智能安防预警技术。通过检测配电箱门的开关状态和设备的移动状态, 实现对恶意破坏、盗窃、巡检人员疏忽问题的及时预警, 避免或降低损失。通过物联网无线通信技术, 实现数据的远程上报, 减轻巡检人员的工作负荷, 让巡检人员有针对性的赶往出现预警情况的配电箱, 提高巡检的质量和效率。

系统方案设计

技术可行性

针对上述需求分析, 本方案需要解决配电箱门开关状态检测、内部设备震动情况检测和远程无线数据上报功能, 服务端软件管理全部的配电箱信息, 向用户展示当前配电箱状态, 及时发出预警信息。系统分为硬件设备和软件系统两部分, 其中硬件设备完成配电箱门开关检测、设备震动检测和无线巡检功能, 软件系统包含数据存储、解析、展示、预警和综合管理功能。

配电箱门开关状态检测可采用门磁传感器或行程开关传感器, 这些类型的检测传感器原理简单, 使用可靠稳定, 制造成本低, 在门窗防盗和工业设备检测

领域具备广泛的应用案例。

配电箱内设备震动通过加速度传感器采集设备运动过程中产生的加速度信息进行判别, 该类型传感器具有检测精度高, 设备功耗低的特点, 可以有效识别外界对配电箱内设备的破坏和移动等情况, 且传感器成本较低, 适合大批量应用。目前加速度传感器已经广泛应用于智能手机、平板电脑等消费电子产品中, 用于识别设备的姿态和移动信息。

配电箱无线巡检采用新一代 5G 网络技术 NB-IoT, 通过 NB-IoT 网络将采集到的门开关状态信息和设备震动信息发送到后台服务端软件。该技术是 5G 网络中面向物联网应用的专用网络, 具备通信距离远、资费低、低功耗、大容量的特点, 使用简单方便, 无需用户自建网络, 应用成本较低, 目前已经在国内大力推广应用。

配电网智能安防预警系统平台采用微服务架构, 避免传统后台管理软件系统所采用的 C/S 模型, 采用轻量级的 B/S 模型, 简化用户客户端的复杂度, 后台应用云计算、云存储、大数据分析和展示技术, 整体实现“轻”前端、“重”后端, 方便系统进行运行维护和扩展升级。

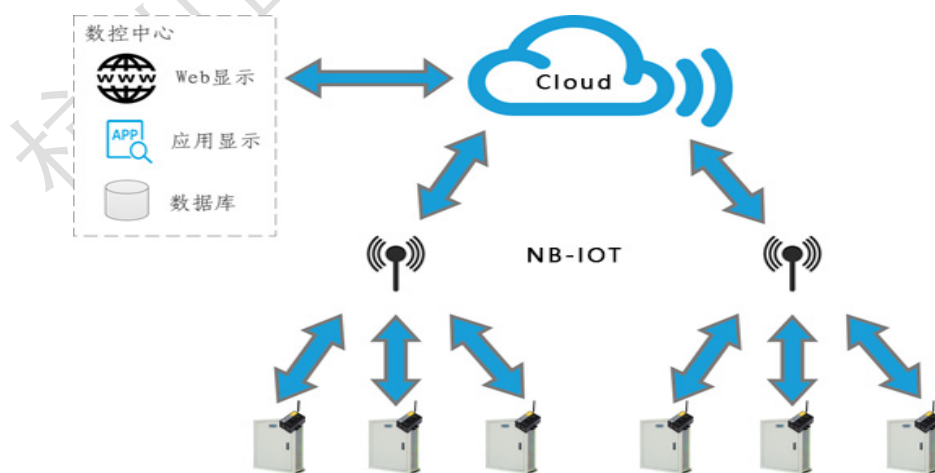


图 1 系统整体架构

硬件功能设计

硬件电路由电源适配器、备用电池、控制器、开关传感器、加速度传感器、NB-IoT 通信模块、天线和设备外壳组成。设备正常条件下由电源适配器接入配电箱进行取电，配电箱断电时备用电池可以保证设备继续工作一段时间。控制器完成开关传感器和加速度传感器数据读取，并通过 NB-IoT 通信模块上传到云端服务器。其中，开关传感器采用引线固定到配电箱门缝处，检测门的打开与闭合，加速度传感器刚性固定在配电箱内设备表面，检测设备的加速度震动数据，天线通过馈线引出到配电箱外部安装，避免金属配电箱对电磁信号屏蔽造成无线通信中断。

此外，硬件设备还需要进行封装外壳设计，确保满足应用环境要求，达到防尘防水使用需求和工作环境温度与湿度要求。

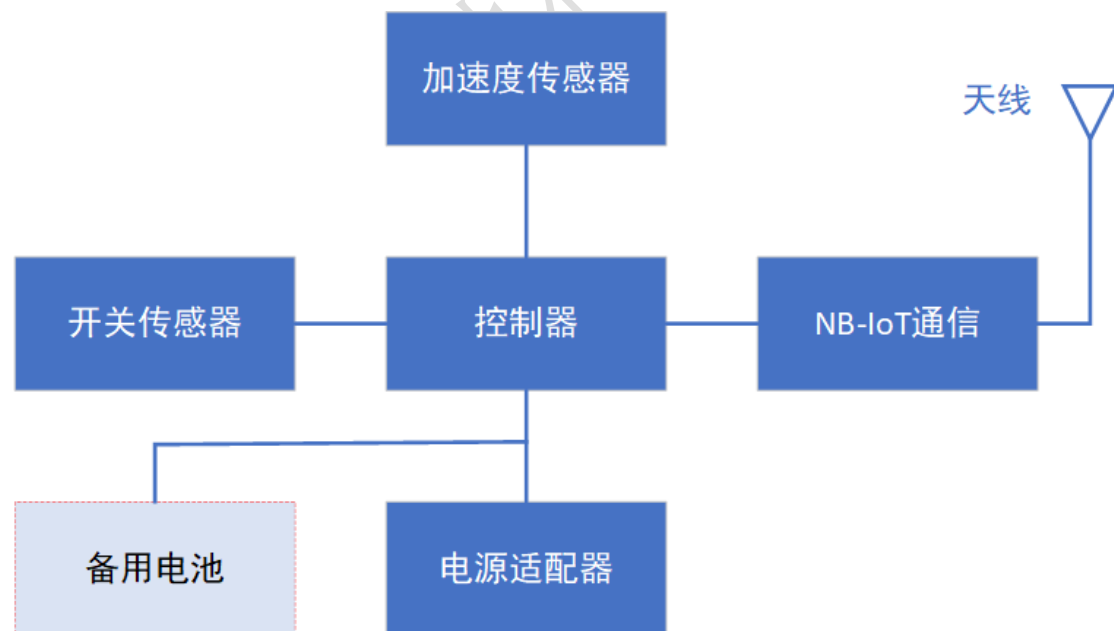


图 2 硬件功能设计

软件功能设计

软件功能分嵌入式软件、前端软件和后台软件三部分。

其中嵌入式软件运行在硬件设备中，设备上电后开始周期性读取门开关数据、设备震动加速度数据和备用电池电量数据。若存在数据异常，则立即通过 NB-IoT 网络上传数据到云端服务器，若采集数据无异常，软件根据运行状态判断当前是否需要与云服务器进行一次同步，以表明设备当前运行正常在线。设备发送完数据后，即可开始新一轮的数据采集。

后台软件运行在云端服务器中，系统采用阿里云服务，确保具有良好的稳定性与可伸缩性，满足后续系统升级扩展的需要。后台软件完成数据的存储、解析、预警以及 API 接口调用功能，采用 REST-full 框架设计，满足多种应用前端需求，可以快速集成到 Web、小程序、APP 及传统 PC 端软件中。

前端软件采用 B/S 架构，采用时下最流行的微服务设计方案，用户无需安装 APP 及其它特定软件，通过 Web 浏览器进行系统管理和数据查看。用户可以实时查看配电箱的门开关状态、设备震动加速度数据和配电箱的 GIS 地理信息数据，方便用户对全部的配电箱和设备全局掌控。当其中任何一个配电箱发生异常时，系统高亮显示发生异常的设备，通知管理员及时进行处理，提高配电箱异常的处置的速度和效率，做到问题早发现早解决。

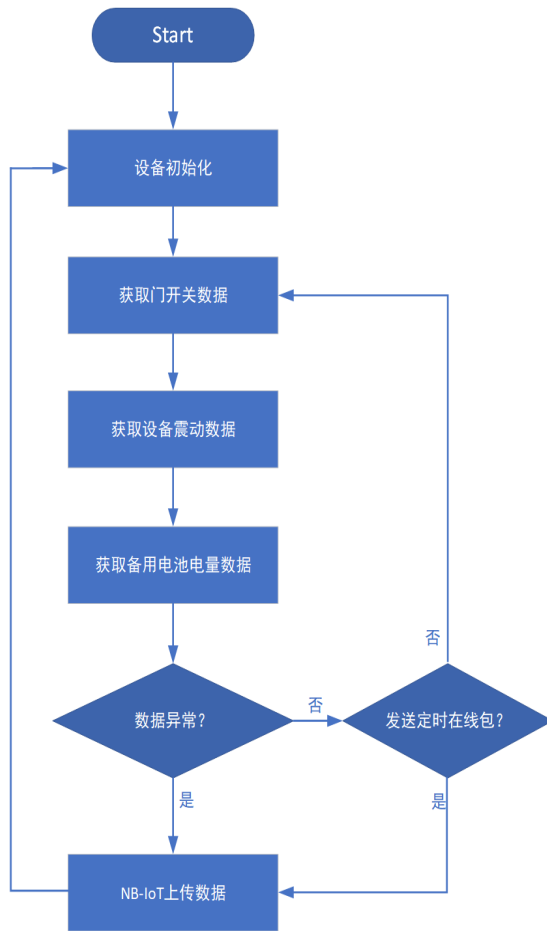


图 3 嵌入软件

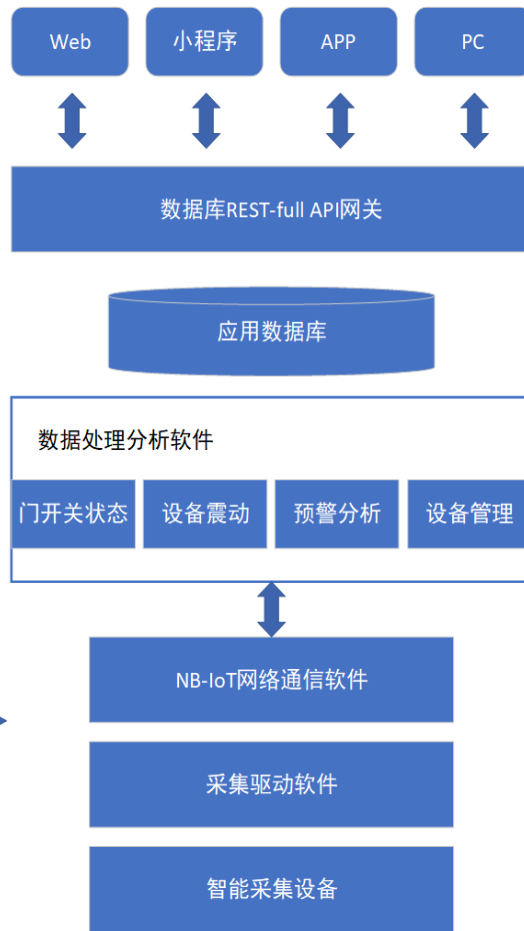


图 4 后台软件



图 5 前端软件

部署安装设计

系统由硬件设备和软件组成，其中软件部署在云服务器和硬件设备中，硬件部署在配电箱中，用户即可通过 PC、平板、手机随时访问系统。

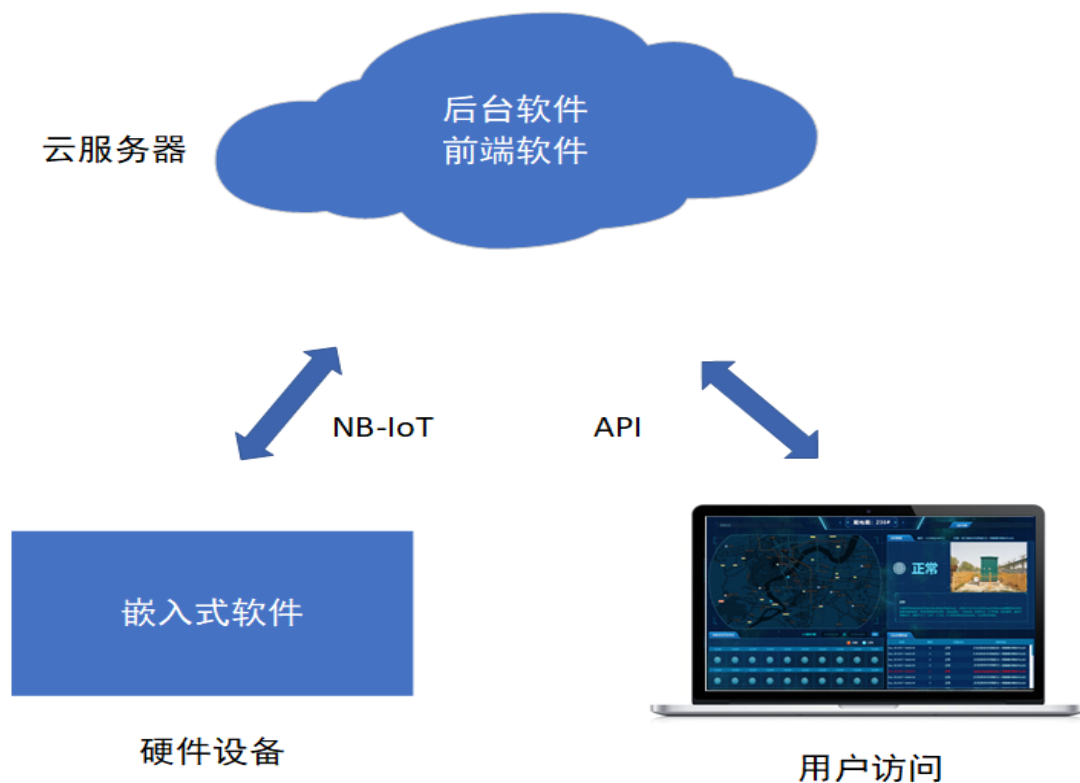


图 6 系统软件组成

上图中后台软件、前端软件集中部署在阿里云，方便后续的运维管理和弹性扩容，具有极高的可用性与安全性，嵌入式软件预装在每一套硬件设备中，硬件设备在出厂时完成嵌入式软件固化工作。

硬件设备部署需要由工人将硬件设备逐个按照到每一个配电箱中，由于配电箱数量众多、地理位置分散，因此需要集中培训多名工人进行大规模安装部署。

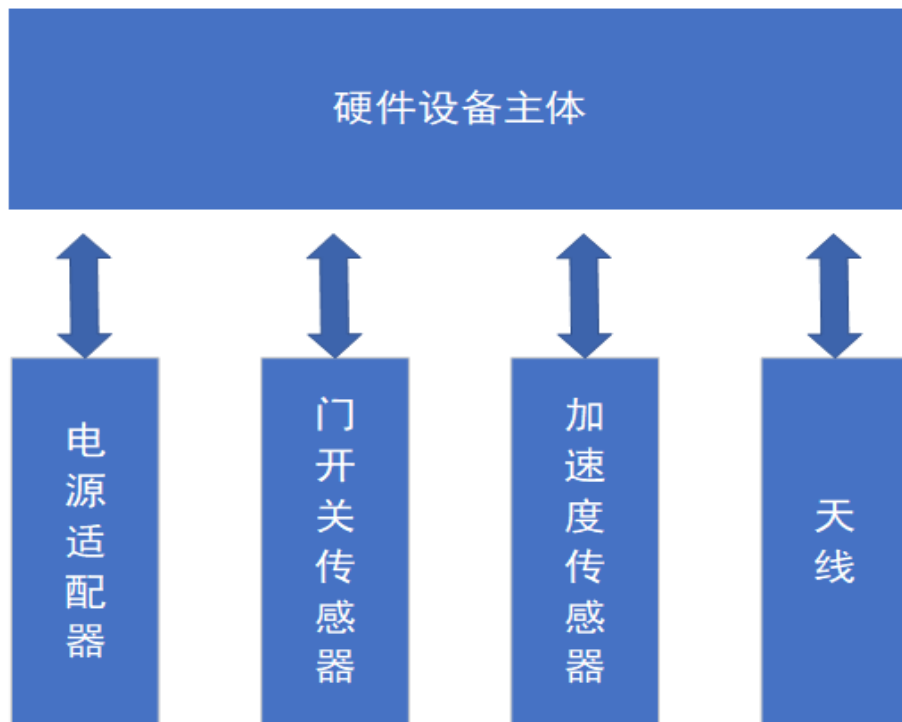


图 7 硬件设备组成

上图中所示硬件设备须将设备主体、电源适配器、门开关传感器、加速度传感器和天线单独安装。需要完成以下几个步骤：1) 设备主体放置在配电箱内部；2) 电源适配器须接至配电箱内 AC220V 供电端子；3) 门开关传感器需要固定在门闭合时的缝隙处，确保检测开关状态的准确；4) 加速度传感器需要刚性连接到设备外壳上，检测设备震动的加速度数据；5) 由于配电箱是金属密封结构，对无线电磁信号具有屏蔽作用，因此 NB-IoT 通信天线须通过馈线引至配电箱外，放置在配电箱的顶端或侧边；6) 将上述电源适配器、门开关传感器、加速度传感器、天线的接口与设备主体接口相连；7) 再次检查安装方式和接口连接方式，确保安装正确；8) 打开供电开关，设备上电启动工作。完成上述 8 个步骤后，设备即完成部署。

需要注意的是，设备安装时可能需要在配电箱打孔和取电工作，因此建议安装设备时对配电箱进行断电操作，确保安全操作。

监控终端参数

编号	规格	参数
1	控制器	STM32L053, Cortex-M0, 32-bit, 64KB Flash, 8KB SRAM, 2KB EEPROM
2	无线通信	NB-IoT 协议(3GPP NB-IoT), LTE Cat NB1
3	无线频段	850MHz
4	通信频段	200KHz
5	数据包长	512byte UDP, 单次发送包长
6	发射功率	23dBm \pm 2dB 发射功率
7	接收灵敏度	灵敏度-129dBm
8	工作电流	65mA@0dBm (Band 8/5/20/28) 80mA@12dBm (Band 8/5/20/28) 220mA@23dBm (Band 8/5/20) 250mA@23dBm (Band 28)
9	设备供电	电源适配器 输入 AC220V, 50/60Hz 输出 DC5V, 1A
10	工作温度	-25 ~ +80C°环境温度
11	工作湿度	0%RH ~ 90%RH 环境湿度
12	门开关传感器	DIN 查询采集

		开关量输入：ON/OFF
13	加速度传感器	I2C 总线接口采集 检测量程：最高±8g 分辨率：5mg/LSB
14	天线	吸盘天线 增益：≤3.5dBi 驻波：≤1.5 阻抗：50Ω 接口：SAM 同轴连接器 馈线：根据需求定制
15	其它功能	支持丢包重传，确保数据可靠传输 支持上下行链路双向通信，数据上传，下行控制 支持 IPv4、Ipv6、UDP、CoAP 等网络通信协议栈
16	设备尺寸	长宽高≤16x10x8cm