

孙路强, 高也, 马超群, 马胜. 2020. 基于 NB-IoT 技术的地震预警信息发布终端设备研制. 震灾防御技术, 15 (4): 821—827. doi: 10.11899/zfy20200416

基于 NB-IoT 技术的地震预警信息 发布终端设备研制¹

孙路强¹⁾ 高也¹⁾ 马超群¹⁾ 马胜²⁾

1) 天津市地震局, 天津 300201

2) 天津大学智能与计算学部, 天津 300072

摘要 天津市地震局于 2015 年通过首都圈预警示范工程项目建设, 完成地震预警信息服务网络建设, 并选取 6 所学校安装地震预警信息发布装置, 提供地震预警信息示范服务, 但由于信息发布装置安装复杂且价格偏高, 在一定程度上影响终端设备的普及, 制约地震预警信息社会化服务进程。同时, 已有终端设备如同黑箱, 不利于二次开发应用, 存在安全隐患, 影响服务质量。因此, 天津市地震局积极推进基于 NB-IoT 技术的地震预警信息发布终端设备研制, 实现低成本、低功耗、低延时目标及地震预警信息社会化服务。

关键词: 地震预警 NB-IoT 低成本 预警终端 社会化服务

引言

地震预警指突发性大震已发生, 采用电磁波比地震波传播更快的原理 (蔡寅等, 2019), 在严重灾害尚未形成之前发出警告并采取措施。在首都圈地震预警示范区主要采用地震预警信息发布终端向公众提供预警示范服务, 这要求终端设备覆盖面积更大、成本更低, 且方便安装, 满足不同环境需求, 同时适应预警信息推送低延时的需要, 以提升信息服务质量。在万物互联的时代, 窄带物联网 (Narrow Band Internet of Things, NB-IoT) 作为互联网的延伸, 构建于蜂窝网络, 仅消耗约 180kHz 的带宽, 可直接部署于 GSM、UMTS、LTE 网络, 以降低成本, 实现平滑升级 (吴细刚, 2017)。NB-IoT 支持低功耗设备在广域网的连接, 支持待机时间长、对网络连接要求较高的设备的高效连接, 在一定程度上满足地震预警信息发布终端设备的功能需求。

本文设计了基于 NB-IoT 技术的地震预警信息发布终端, 采用低功耗广域网形式, 通过研究基于 SOC 片上系统方案, 采用 MCU 微控制单元中的 Cortex-M3 低功耗芯片构架地震预警信息发布终端装置, 满足不同功耗、不同应用场景的需要, 同时与天津大学智能与计算学部合作, 开展设备功耗、传输时效测试试验, 并达到设计标准要求。

1 项目基金 地震科技星火项目 (XH20004Y); 天津市地震局局内重点科研项目 (zd201904)

[收稿日期] 2019-07-19

[作者简介] 孙路强, 男, 生于 1985 年。高级工程师。主要从事测震台网运维、软件研制研究。E-mail: sunluqiang163@163.com

1 系统总体架构

根据地震预警系统信息发布要求,结合 NB-IoT 技术特点和发展前景,基于 NB-IoT 的地震预警信息发布终端设备部署架构包括预警台站、区域数据处理中心、区域发布中心、发布终端设备,如图 1 所示。

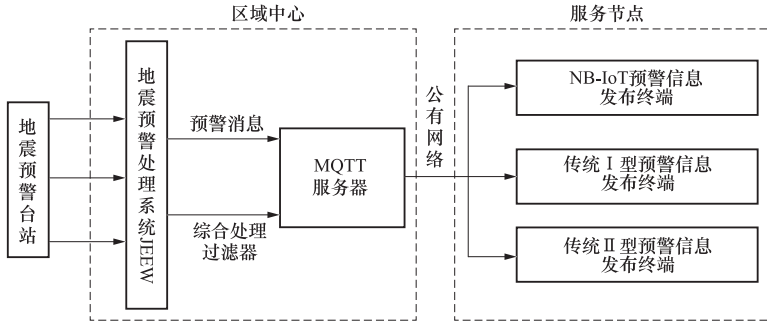


图 1 基于 NB-IoT 的预警信息发布终端设备总体部署架构图

Fig. 1 The Overall deployment of terminal equipment for warning terminal

地震预警信息发布终端设备通过声、光、LED 点阵屏等媒介实现预警信息的对外发布,通过多种颜色指示灯的闪烁告知用户预计地震波到达后产生的预测烈度,通过嵌入式喇叭播放地震波预计到达剩余时间,同时可外接广播设备,满足大型场馆的部署。

在网络接入方面,为适应多种安装环境,终端设备在物联网通信的基础上同时兼容 Wifi、4G 和以太网接入方式,使地震预警终端设备安装简单、方便。

在基带通信方式方面,地震预警信息发布终端设备采用 180kHz 窄带系统,甚至更低的单子载波模式,采样率低,缓存 Flash/RAM 要求小,数/模(D/A)和模/数(A/D)转换、信道要求低;发射功率为 23dBm,可支持单片芯片内置功率放大器(PA),进一步降低成本;为降低终端模块解码复杂度,使用卷积码代替 turbo 码;终端设备使用单天线,射频和基带信号解调仅需一根接收链,通过半双工模式省去双工滤波器,仅需 1 个开关和 1 个振荡器便可实现,从而降低成本、减小功耗,满足设备低功耗、低成本要求。

2 关键技术

2.1 低功耗技术

借助节能模式(PSM)和扩展周期不连续接收技术(eDRX)可实现更长待机(林剑萍,2019)。其中,PSM 技术使处于 RRC 空闲期的终端可进入深睡眠,不监测网络,达到省电目的;eDRX 技术减少终端监测网络的频度和接收单元不必要的启动,大幅度提升下行可达性。另外,移动性管理仅支持小区选择和重选,同时减少终端发送位置更新的次数,从而减少测量开销。

2.2 嵌入式操作系统的应用

鉴于系统应用场景、成本因素和硬件选型情况,选择移植 FreeRTOS 操作系统。FreeRTOS 是实时操作系统内核,作为轻量级操作系统,功能包括任务管理、时间管理、信号量、消息队列、内存管理、记录功能、软件定时器、协程等,基本可满足较小系统的需要。FreeRTOS 操作系统是具有源码公开、可移植、可裁减、调度策略灵活的特点(陈渭力等,2019),可方

便地移植到 MSP420、ARM 等多款处理器上运行，其最新版本为 9.0.0 版。

通过 FreeRTOS 嵌入式系统实现地震预警信息发布终端设备边缘计算处理，终端设备在接收到由省级中心发出的地震定位结果信息后，在本地计算震中距、地震波到达剩余时间和预测烈度值等信息。

2.3 软件业务功能研究

系统包括 NB-IoT 基带通信、通信管理、信息结构化缓存、控制器管理、版本配置和管理、声光指示管理、人机界面操作管理、辅助检测和控制功能等模块。针对 NB-IoT 方案实现基于 UDP 协议的数据通信功能及数据组帧、解帧、校验、反馈、重传等通信管理功能（于滢等，2019；于晓阳，2019）。针对设备智能化需求实现边缘计算扩展功能，控制板软件系统架构如图 2 所示。

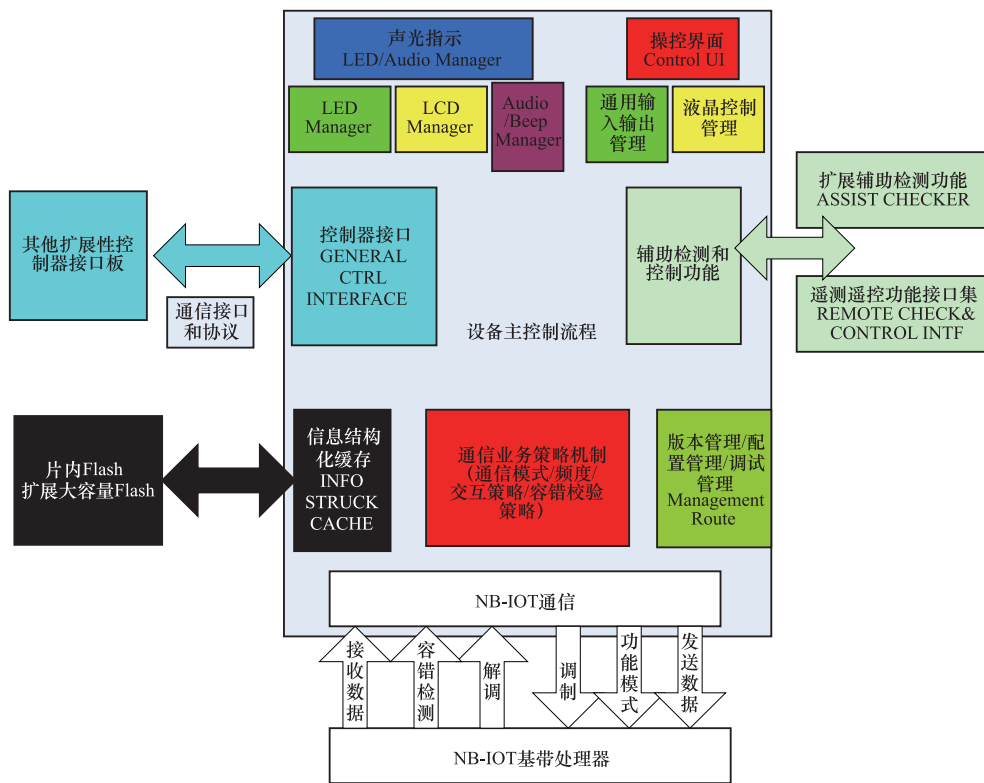


图 2 基于 NB-IoT 的预警信息发布终端设备控制板架构图

Fig. 2 The control board structure of equipment for seismic warning terminal

3 设备研制

为更好地控制研制和量产成本，减少研制风险，基于 NB-IoT 的预警信息发布终端设备采用核心板+底板的研制方式，功能核心板主要包括核心嵌入式控制器（MCU）模块、NB 通信模组模块、报警功能模块、图像显示模块及设备底板。

3.1 核心控制器设计

核心控制器采用 ST 公司的 F103 芯片，该芯片拥有高达 72MHz 的运算速度，256Kbytes

的 Flash memory、64Kbytes 的 SRAM、多路 USART 及多路 IIC 接口，完全满足项目要求，且该芯片推出市场较久，性能稳定，资料丰富，价格低廉，核心控制器原理如图 3 所示。

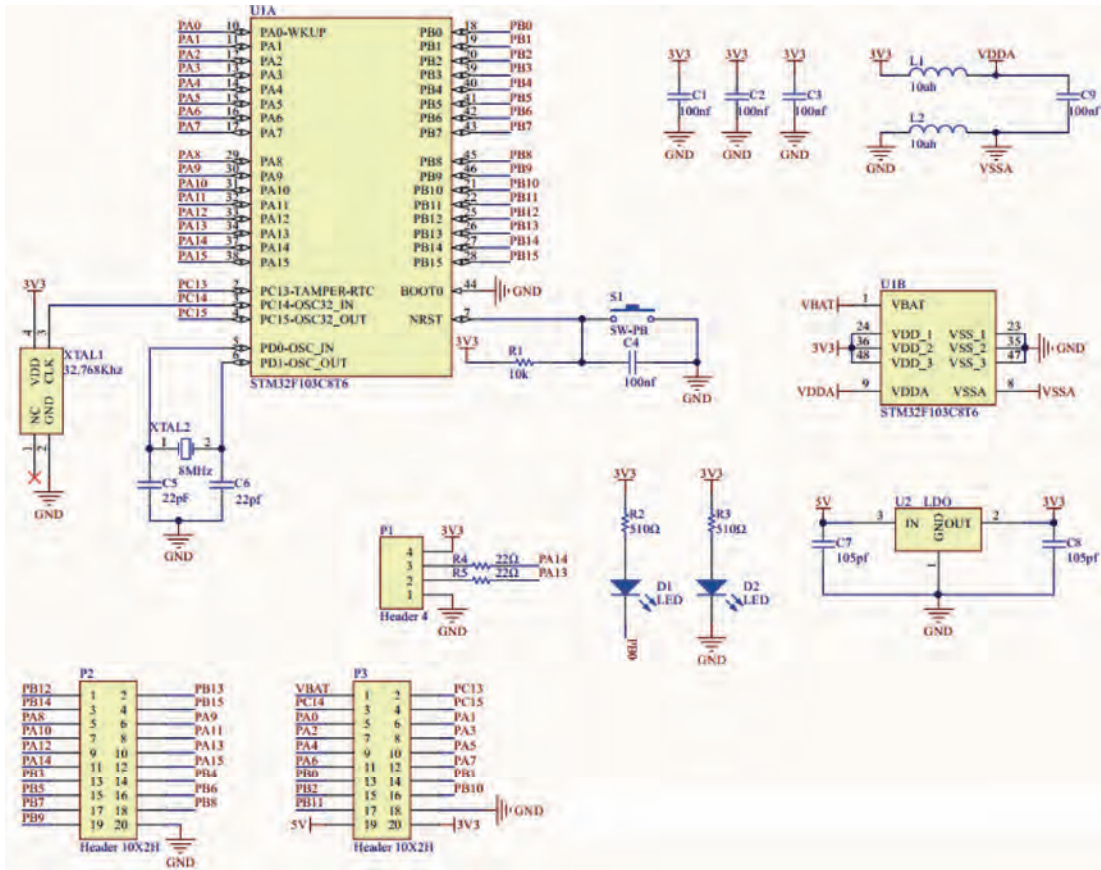


图 3 核心控制器原理图

Fig. 3 The schematic diagram of core controller

3.2 NB 通讯模组设计

NB 通信模组采用 M5310-A，工作在 Band3/Band5/Band8 的工业级模组，该模组核心电路尺寸仅为 19mm×18.4mm×2.7mm，支持国内三大运营商网络，支持多种通信协议，如 CoAP、LwM2M、MQTT-SN 等，支持数据透传和 OneNET 平台。

3.3 核心主板技术实现

采用嵌入式 Cortex-M 架构，按照功能分模块独立工作，采用微控制器方式实现高密度指令集的执行（强小燕等，2019），从而提高预警终端设备响应速度，使预警信息从接收到发送延时不超过 10ms，同时支持低功耗、低成本的设计要求，支持多任务并行执行，节约多模组芯片的投入，从而大幅度控制设备成本，预计该设备量产成本控制为 600 元左右。

由于预警终端设备用途的特殊性，不应在设备上耦合太多非预警工作的其他功能，系统代码应尽可能简化，同时设备应具备自维护功能，能自动解决死机、网络异常等状况，从而提高设备在线率。该终端设备须解决多种环境的安装要求，满足足够的温宽要求，且耐腐蚀，同

时考虑化工油气储备等高危行业，设备自身须防火防爆，核心主板实现技术路线如图 4 所示。

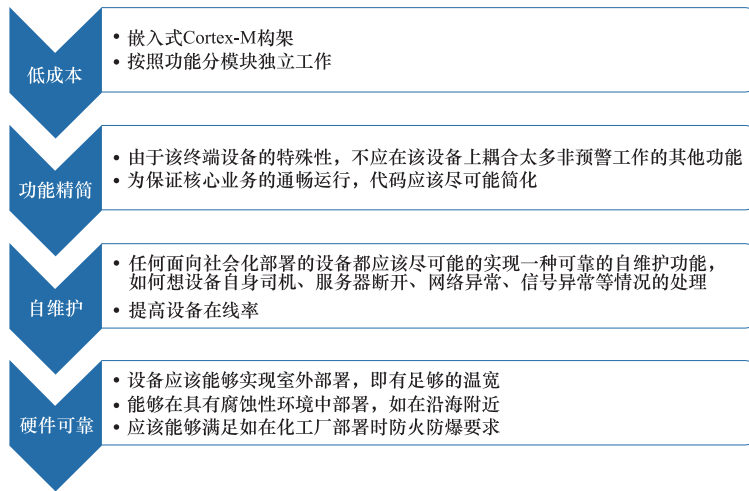


图 4 核心主板实现技术路线图

Fig. 4 Technical roadmap of core mainboard implementation

4 应用产出

通过实验室测试，基于 NB-IoT 技术的地震预警终端于 2019 年 10 月完成设计研制工作，并实现设计要求的各项功能，设备内置电池提供电量满足 4—5 年使用需求，接收预警信息后，设备在 1 个时钟周期 (1ns) 内完成信息发布，由于使用了嵌入式控制器，无需配备操作系统，在一定程度上降低了设备成本。该预警终端原型机在天津市台网中心投入使用以来，对 2019 年 12 月 5 日河北丰南 4.5 级地震进行有效信息发布，天津市区可用预警时间为 13s，预测烈度和震中距估算可靠，满足大面积安装部署要求，原型机外观如图 5 所示。

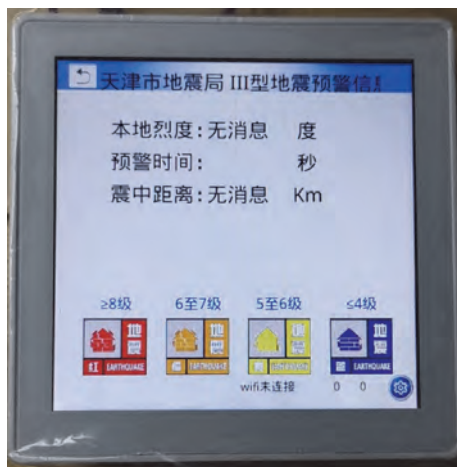


图 5 基于 NB-IoT 技术的地震预警信息发布终端外观

Fig. 5 The appearance of seismic warning terminal base on NB-IoT

5 结语

本文基于 NB-IoT 技术,研制地震预警信息发布终端装置,采用基于 SOC 片上系统方案,实现在片上系统开发地震预警信息接收、计算和报警发布装置。从系统功能实现,到软、硬件划分,最后完成设计。利用低功耗技术和基带通信方式,使终端设备适合普及安装,并向社会提供服务。该设备具有低成本、低功耗、低延时的特点,内置电池的形式满足多环境部署安装要求,且信息接收、发送延时严格控制在 1 个时钟周期内,符合地震预警信息快速服务的要求。

物联网的发展需要基础网络设施提供更多支持,包括传输速率、设备容量、安全性几个关键方面,依托 5G 技术可带来重要变化,2019 年 6 月 6 日工信部向四大运营商发放 5G 牌照,标志着我国正式进入 5G 元年,因此基于 NB-IoT 技术的预警信息发布终端设备将在社会服务的进程中得到应用,并发挥作用。

参考文献

- 蔡寅,张明,赵瑞等,2019.地震预警信息快速发布系统研究.震灾防御技术,14(1):247—258.
- 陈渭力,李伟,储萍等,2019.Cortex-M3 实验教学板的设计与分析.工业控制计算机,32(1):140—141.
- 林剑萍,2019.基于窄带物联网的智能路灯监控系统设计.绵阳师范学院学报,38(5):39—43,50.
- 强小燕,冯海英,2019.基于 Cortex-M0 的指令预取接口设计与实现.电子与封装,19(2):13—18.
- 吴细刚,2017.NB-IoT 从原理到实践.北京:电子工业出版社.
- 于晓阳,2019.传统蜂窝网对 NB-IoT 物联网性能的影响研究.通信技术,52(3):657—661.
- 于滢,谢涛,矫鲁平等,2019.基于 NB-IoT 的智能网关设计.计算机测量与控制,27(1):176—180.

Design and Development of Terminal Equipment for Earthquake Early Warning Information Publishing Based on NB-IoT Technology

Sun Luqiang¹⁾, Gao Ye¹⁾, Ma Chaoqun¹⁾ and Ma Sheng²⁾

1) Tianjin Earthquake Agency, Tianjin 300201, China

2) College of Intelligence and Computing, Tianjin University, Tianjin 300072, China

Abstract In 2015, Tianjin earthquake agency completed the construction of earthquake early warning information service network through the capital circle early warning project. The earthquake warning information publishing devices were installed in 6 schools. The devices provide the demonstration service of the earthquake early warning information. However, the installation of the device is complex and the price is high. To some extent, it affects the popularity of terminal equipment and restricts the socialized service process. At the same time, the existing terminal devices like black box. The phenomenon is not conducive to the secondary development and application of the equipment. Therefore, Tianjin earthquake agency actively promotes the development of terminal equipment based on NB-IoT technology and realizes the requirements of low cost, low power consumption and low delay. The terminal adapts to the use of family and realizes the socialized service.

Key words: Earthquake early warning; NB-IoT; Low cost; Early warning terminal; Socialized services