



# 基于 NB-IoT 技术的水表远程无线抄表系统设计

彭芬

(武汉职业技术学院 电子信息工程学院,湖北 武汉 430074)

**摘要:**根据水表安装地点以及数据传输特点,选择了 NB-IoT 技术实现水表的远程无线抄表,给出了系统方案、硬件设计和软件设计思想流程等。经实验,系统可以完成水表中相关参数的采集与数据无线远传,满足水表智能化抄表要求。

**关键词:**NB-IoT;远程无线抄表;智能水表

**中图分类号:** TN929.532;TU821.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-931X (2023) 01-0112-05

**DOI:** 10.19899/j.cnki.42-1669/Z.2023.01.017

## 一、背景分析

生活中密切相关的水、燃气、电都存在抄表的问题。从当前应用情况看,电表基本实现远程智能抄表,智能燃气表和智能水表的应用水平仍然远低于智能电表。其中智能水表整体普及率最低,目前大多数水表仍是采用人工抄表方式。随着国家“阶梯水价”和“一户一表”等节水政策的实施,水表智能化是大势所趋,智能水表市场需求将不断扩大。

近年来潘小琴等提出采用短距离无线通信 ZigBee 技术设计远程抄表系统<sup>[1]</sup>。肖思琪等人提出了基于 LoRa 的远程自动抄表系统设计方案<sup>[2-4]</sup>。宋洪儒等人进行基于窄带物联网技术 NB-IoT 的抄表系统设计<sup>[5-7]</sup>。NB-IoT 由 3GPP 主推的 5G 技术,它基于授权频段,在中国有着非常友好的发展环境<sup>[8]</sup>。

该技术具有大容量、广覆盖、低成本、低功耗等特点,能够带来更加丰富的应用场景。

本文将基于 NB-IoT 技术的水表远程无线抄表系统设计。

## 二、水表安装环境和数据传输要求

大多数水表安装在杂草里、泥土中、井盖下、地下室等地方,不方便经常更换电池,对于水表终端设备有着低功耗诉求。

水表数据一般不需要经常查看或者抄送,每天传送的数据量极低,且允许一定的传输延迟,因而大多数时间处于不工作状态;数据传输是以上行为主,对下行实时性要求不高的业务;抄表终端设备长期处于静止状态,并不需要移动。

收稿日期:2022-07-25

基金项目:2020 年武汉职业技术学院校级课题“基于 NB-IoT 的远程无线抄表系统研究”(项目编号:2020YK040)。

作者简介:彭芬(1971—),女,湖南双峰人,武汉职业技术学院电子信息工程学院副教授,研究方向:物联网技术、智能控制。

### 三、远程无线抄表系统方案

#### (一) 无线通信技术选择

智能抄表业务中的终端设备水表一般位于地下室或者弯角旮旯里,对网络的覆盖深度要求高,短距离无线通信技术如 GPRS、WIFI、Bluetooth、ZigBee 技术等传输距离短,业务覆盖范围受限。而 NB-IoT、Lora 等广域无线通信技术网络覆盖能力强,足以覆盖到地下车库、地下室、地下管道等信号难以到达的地方;同时 NB-IoT 技术能提供多种低功耗模式,可按照抄表系统对水表终端数据上传的频率要求,在无数据上传的阶段让终端设备处于休眠状态,具有实现终端设备低功耗的可能;NB-IoT 拥有超大容量满足大量用户同时接入,工作在授权频谱范围,在成本、可靠性等多方面优势明显。所以选用 NB-IoT 作为远程抄表的无线数据传输协议。

#### (二) 系统组成

整个系统以 NB-IoT 技术为基础,由抄表终端、云端服务器、用户终端三大部分组成,如图 1 所示。

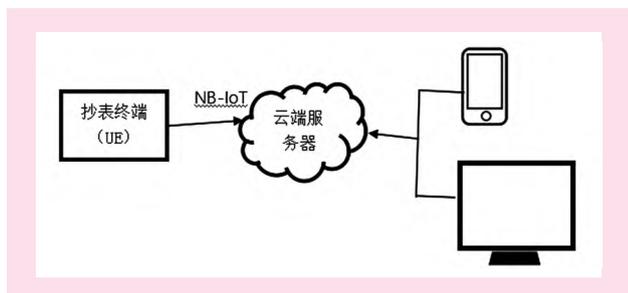


图 1 抄表系统组成

抄表终端 UE 负责水流量数据采集,并且通过 NB-IoT 接入网络实现与云端服务器通信,将模块本身的状态、抄表数据等信息发送到云端服务器;云端服务器接收用户终端上传数据,进行计算处理,并且能实现与用户移动或桌面终端数据交互;用户终端可以是用户移动终端或者桌面终端设备,能通过网络从云端服务器获取数据,查看抄表数据。本系统主要涉及前面两个部分,第三部分使用客户端进行模拟。

### 四、抄表终端硬件设计

#### (一) 硬件系统组成

抄表终端节点硬件系统主要由四部分组成:主控电路、水流量采集电路、NB-IoT 模块、OLED 显示电路,如图 2 所示。水流量采集电路与主控电路之

间直接通过 GPIO 端口连接;OLED 显示电路通过 SPI 接口方式与主控电路连接;NB-IoT 模块电路通过 UART 串行通信接口与主控电路相连。

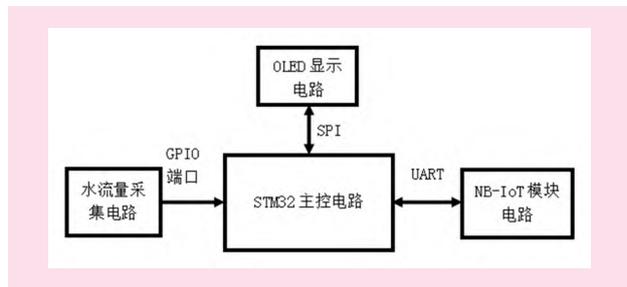


图 2 抄表终端节点硬件系统

#### (二) 主控电路

主控芯片采用 STM32F030F4P6,在此基础上加上复位电路、时钟电路以及电源电路组成主控电路。

#### (三) 水流量采集电路

根据对流量测量范围、精度、结构形式、接口大小、材质、输出信号形式以及探头的费用等多种参数的综合对比分析,选择采用脉冲输出的霍尔流量传感器采集水流量参数,数据采集电路输出的是与流量成正比的脉冲信号。

流量脉冲关系为:  $f=KQ$ , 式中:  $f$  为脉冲信号频率, Hz;  $Q$  为水流瞬时流速, L/min;  $K$ : 流量脉冲系数,不同产品系列,不同口径的产品,此系数是不同的。本次选用口径为 26mm, 其对应的流量脉冲系数为 6.6。

#### (四) NB-IoT 模块电路

NB-IoT 模块电路核心部分选用移远通信的 BC26 模块,体积超小,能最大限度地满足紧凑型终端设备的需求。NB-IoT 模块电路由 BC26 模块、B26 模块与主控电路的接口电路、SIM 卡电路、无线射频发射电路组成。

#### (五) OLED 显示

显示模块选用高清晰度 0.96 寸 OLED 显示屏,其分辨率为 64\*128,实验阶段用于本地调试信息显示,产品阶段用于本地数据显示。

### 五、软件设计

#### (一) 设计思想

抄表终端的主控与 NB-IoT 模块之间串行通信实现,抄表终端和用户端模拟器均采用 MQTT 传输协议与云端服务器进行通信。抄表终端按照一定频率采集水流速并统计流量,将这些数据分主题上传云服务器。用户根据需要订阅水表数据相关主题。

彭芬:基于 NB-IoT 技术的水表远程无线抄表系统设计

服务器按照主题订阅情况将数据分发到相应的客户端。

(二)抄表终端软件设计

抄表终端软件设计主要由四部分组成,如图 3 所示。其中流量数据采集部分实现现场流量数据采集,并利用流量脉冲特性进行瞬时流速和总流量等数据计算与处理。数据显示采用 OLED 显示,利用

SPI 接口既为了实验阶段能直观地观察当地温度数据,同时可以本地查看表计数据;将采集的数据通过 NB-IoT 网络远程发送服务端,实现数据上报,便于客户端进行表计数据查看;由于表计安装现场限制,不便于频繁更换电池,同时从日常使用角度看,对数据的实时性要求不高,不需要频繁上报数据,在终端节点上进行低功耗设计。

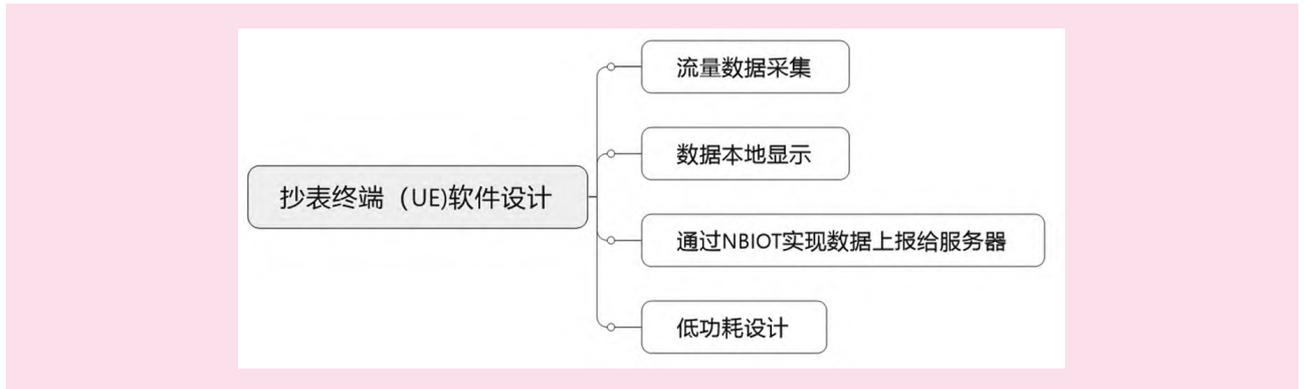


图 3 抄表终端软件设计

软件设计采用分层代码架构设计思想,进行分层设计,逐层封装。整体分为三层,结构如图 4 所示。第一层(Hal)主要面向硬件,重点是操作和管理硬件,如这里的霍尔传感器、显示器、串口等;第二层(Service)为服务组件,对第一层进行服务化抽象和管理,并为下一层提供服务;第三层面面向用户需求,如定时地获取传感器的数值,并上报给指定的服务器。

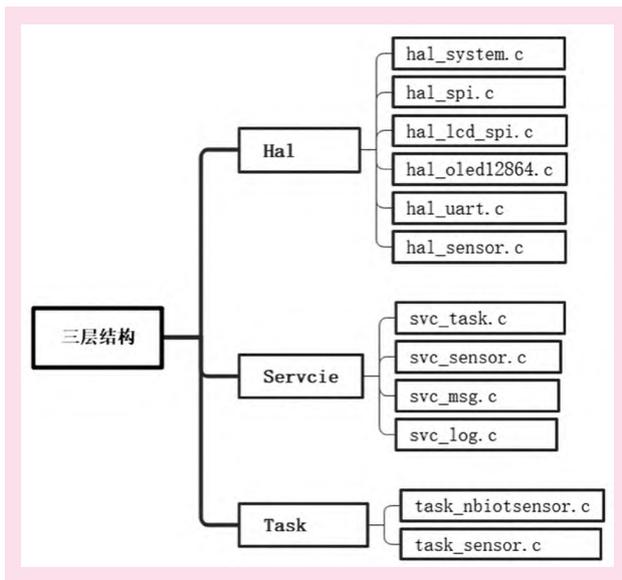


图 4 软件的三层结构

(三)抄表终端数据采集与上报

抄表终端采集水流数据并通过 NB-IoT 实现数据上报的程序流程如图 5 所示。

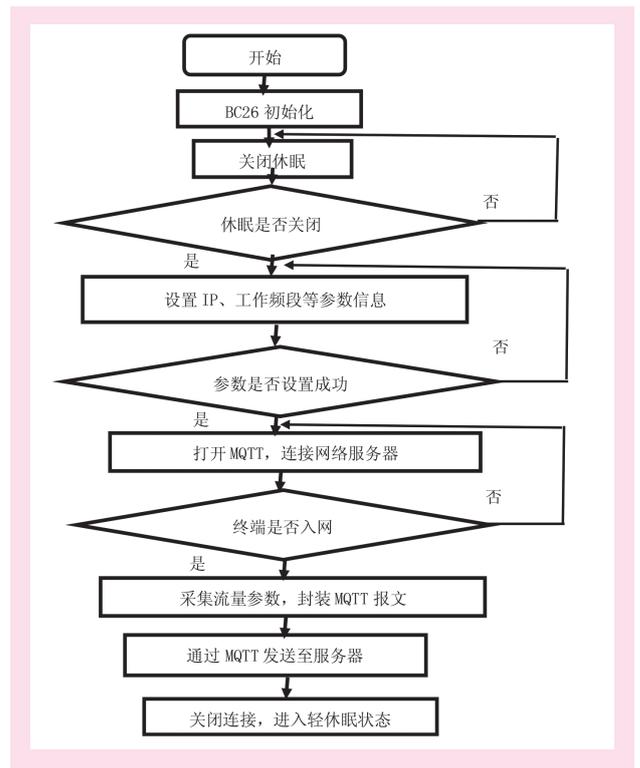


图 5 抄表终端数据采集与数据上报流程

(四)低功耗设计

BC26 模组具有三种工作模式,分为工作模式、轻休眠模式和深睡眠模式。允许 UE 在进入空闲态(轻休眠)一段时间后,关闭信号的收发和接入层等相关功能,从而减少天线、射频、信令处理等的功耗消耗。从工作模式与轻休眠模式之间可由软件控制

自由切换,从工作模式至深睡眠模式也可由软件控制进入,PSM\_EINT 外部中断和 RTC 定时器超时能够将 BC26 从深睡眠模式唤醒,切换至工作模式。

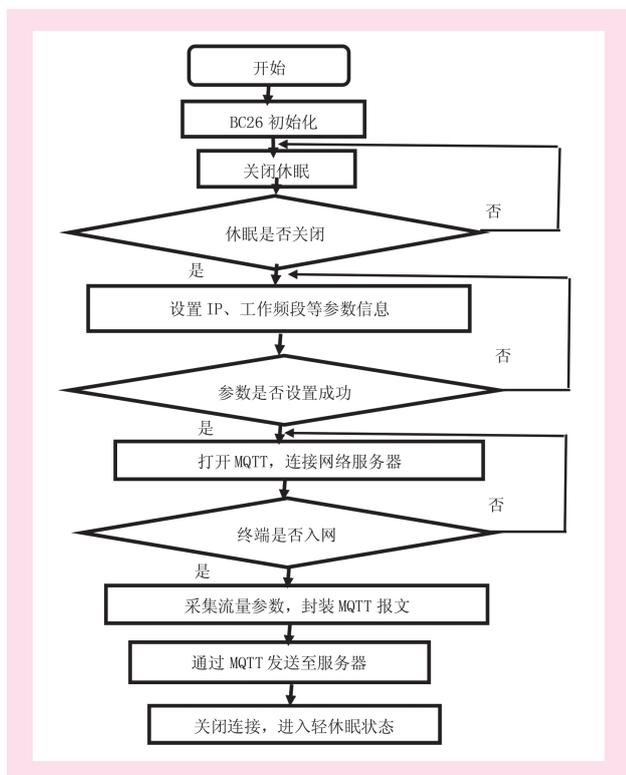


图 6 抄表终端低功耗设计流程

抄表系统对数据的实时性要求不高,本设计中抄表终端低功耗设计流程如图 6 所示,抄表终端 UE 数据采集处理与数据上报后,RRC 连接会被释放、进入空闲态,与此同时启动 Active Timer。此定时器超时,UE 切换工作模式进入 PSM 睡眠模式。从深睡眠唤醒采用 RCT 定时器超时唤醒方式,实现定时上报数据,同时节约能耗。

## 六、系统测试

### (一)测试平台搭建

测试平台由一个云端服务器和两个客户端组成。搭建云端 MQTT 服务器完成抄表终端、用户端与云端数据交互。借助 PuTTY 使用 SSH 协议远程访问服务器。将抄表终端作为其中一个 MQTT 客户端,使用发送 AT 指令的方法实现抄表终端与服务器进行通信;将用户端模拟器作为另外一个 MQTT 客户端,连接 MQTT 服务器。

### (二)抄表数据测试

如图 7(a)所示为抄表终端测试到的流速和用水量数据,(b)所示为用户端模拟器按照订阅的主题,接收到经过云端服务器转发的数据。



(a)抄表终端数据

(b)用户端模拟器数据

图 7 抄表终端和用户端模拟器数据实测

彭芬:基于 LoRa 技术的水表远程无线抄表系统设计

## 七、结论

基于 NBIOT 的无线抄表系统实现了水表中的瞬时流速和累计水流总量等参数的采集与数据无线远传,通过低功耗设计使水表抄表终端电池使用时间变长,满足了水表智能化抄表的要求。

## 参考文献:

- [1] 潘小琴,徐海龙.基于无线传感器网络的远程抄表系统设计[J].自动化与仪表,2016(6):27-30.
- [2] 肖思琪,全惠敏,钟晓先.基于LoRa的远程抄表系统的设计与实现[J].电子技术应用,2018(6):31-38.
- [3] 刘辉席,杨祯,朱珠,等.基于LoRa物联网技术的实验室安全

监测系统的设计与实现[J].实验技术与管理,2019(7):243-247.

- [4] 傅松寅.适用于多层住宅楼结构的无线智能水表抄表系统[J].计算机应用,2017(1):170-174.
- [5] 吴正平.基于NB-IoT智能水表抄表系统设计与实现[J].传感器与微系统,2019(12):93-95.
- [6] 宋洪儒,王宜怀,杨凡.基于窄带物联网智能燃气表系统设计与实现[J].传感器与微系统,2019(3):113-116.
- [7] 康文龙,计东.基于物联网技术的燃气表智能抄表系统设计[J].传感器与微系统,2018(11):103-105.
- [8] 成开元,廉小亲,周栋,等.基于NB-IoT的城市智慧路灯监控系统设计[J].测控技术,2018(7):19-22.

[责任编辑:刘 骋]

## Design of Remote Wireless Meter Reading System of Water Meters based on NB-IoT Technology

PENG Fen

(Department of Electronics & Information Engineering, Wuhan Polytechnic, Wuhan 430074, Hubei, China)

**Abstract:** According to the installation site and data transmission characteristics of water meters, NB-IoT technology is selected to realize remote wireless meter reading. The system scheme, hardware design and software design thought flow are also given. Through the experiment, the system can complete the collection of related parameters in the water meter and wireless remote data transmission, meeting the requirements of intelligent water meter reading.

**Key words:** NB-IoT; remote wireless meter reading; intelligent water meter