

# 基于 nRF9E5 和 GPRS 的无线抄表系统

张炳达, 翁情安

(天津大学 电气与自动化工程学院, 天津 300072)

**摘要:** 介绍了由具有无线接发功能的电子式电能表、带有 nRF9E5 和 GPRS 模块的中继装置、电能监控中心三部分组成的无线电能管理系统。给出了电能表和中继装置的硬件结构和通信软件的编制方法。实践表明, 由 nRF9E5 组成的局域无线系统不仅经济性好, 而且运行稳定。

**关键词:** 电能管理 无线抄表 nRF9E5 GPRS

传统的人工抄表不仅费时费力, 而且不利于用电波峰波谷的统计。随着电子技术的发展, 各种各样的电子式电能表以其精确度高、功能扩展性强等优势已被电力企业和用户广泛认可与接受, 为实现远程自动抄表和电能计量信息化管理奠定了坚实的基础。随着通信技术的发展, 自动抄表系统的通信方式也从电力载波、车载无线发展到目前的 GPRS。基于 GPRS 通信网的自动抄表系统具有数据传输速度快、可靠性高、实时在线等优点, 目前已经被广泛采用。虽然 GPRS 的设备成本和运行费用不是很高, 但给每个电能表配置一个 GPRS 的做法并

不合适。通常, 同一区域内的电能表通过无线方式或 RS-232/485 方式连接到安装在区域中心的 GPRS 上, 再由 GPRS 与电能监控中心取得联系。

nRF9E5 是 Nordic VLSI 公司于 2004 年 2 月推出的无线射频收发芯片, 外接 50Ω 天线且无遮挡时, 信号有效发射距离可达 800m 以上, 有建筑物等遮挡时仍可达 350m 左右。本文利用 nRF9E5 设计了具有无线接发功能的电子式电能表和与其相适应的 GPRS 装置, 并把它们构成了区域性无线通信网络, 使整个无线抄表系统更加经济。

(接上页)

文采取在线迭代聚类的方法计算并修正聚类中心, 实现模型自适应, 以保证灯亮中心和灯灭中心及时反映外界变化, 提高模型的鲁棒性。以红灯灯亮中心为例, 设  $BGRON$  为红灯的灯亮中心, 当前帧红灯的颜色特征向量为  $SV$ , 计算公式如下:

$$BGRON_{new} = \begin{cases} \alpha \times BGRON_{old} + (1-\alpha) \times SV, & \text{当 } SV.r > BGRON_{old.r} \\ \beta \times BGRON_{old} + (1-\beta) \times SV, & \text{当 } SV.r < BGRON_{old.r} \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $SV.r$  代表该颜色向量的  $r$  分量, 聚类参数  $\alpha$  和  $\beta$  为 0 和 1 之间的更新权重系数。其中,  $\alpha$  为跟踪系数,  $\alpha$  越小, 跟踪能力越强, 越能及时反映外界变化。但  $\alpha$  越小, 越容易引入干扰, 中心震荡越厉害。 $\beta$  为抗干扰系数,  $\beta$  越大, 抗干扰能力越强, 但是  $\beta$  越大, 当灯灭中心低于实际值时, 其纠偏能力越弱。应根据信号灯控制的周期和绿信比设置这两个参数。

## 2.4 红度的计算及状态判定

对于红灯, 本文定义两个颜色向量  $S1$  和  $S2$  的距离  $d$  为:

$$d = \sum_{i=1}^3 t_i |s1(i) - s2(i)|, \text{其中 } 0 < t_i < 1, \sum_{i=1}^3 t_i = 1 \quad (3)$$

由于红灯亮和灭时, 其红色分量差异最大, 因而在三个系数  $t_i$  中,  $t_1$  的值设得最大, 这样有利于增强系统的鲁棒性。

对于红灯, 根据红度的取值范围, 判断红灯的当前

状态。判定准则如下:

判定准则 1: 如果红度  $< 0.5$ , 则判定红灯灭。

判定准则 2: 如果红度  $> 3$ , 则判定红灯亮。

判定准则 3: 如果红度在 0.5 和 3 之间, 判定状态未知, 留待灯组分析时进行判断。

判定准则 4: 在灯组分析时, 如果发现红黄绿三个灯的判别结果都是状态未知, 则可判断信号灯出现故障; 或者发现灯的亮灭状态与该信号灯的控制逻辑不符合, 也可判断为信号灯出现故障。

通过红度的计算, 采用比值作为判别量, 提高了模型的抗干扰能力, 增强了模型的鲁棒性。

利用实时视频录像, 采用视频图像处理的方法来判断交通信号灯状态, 既降低了机动车违章闯红灯自动监测系统安装和维护的成本, 也避免了信号机出现故障时发生的误判。该视频信号灯状态判别模型在闯红灯视频自动监测系统中的应用结果表明, 模型准确、可靠、鲁棒性强, 满足实际应用要求。

## 参考文献

- 1 陆化普, 李瑞敏, 朱茵. 智能交通系统概论. 北京: 中国铁道出版社, 2004
- 2 李慧, 王力强. 2004 中国国际智能交通论坛“核心论点综述”. 山西警官高等专科学校学报, 2004; 12(3)
- 3 刘大海, 卢朝阳. 视频技术在智能交通系统中的应用. 计算机工程, 2003; 29(17) (收稿日期: 2006-07-28)

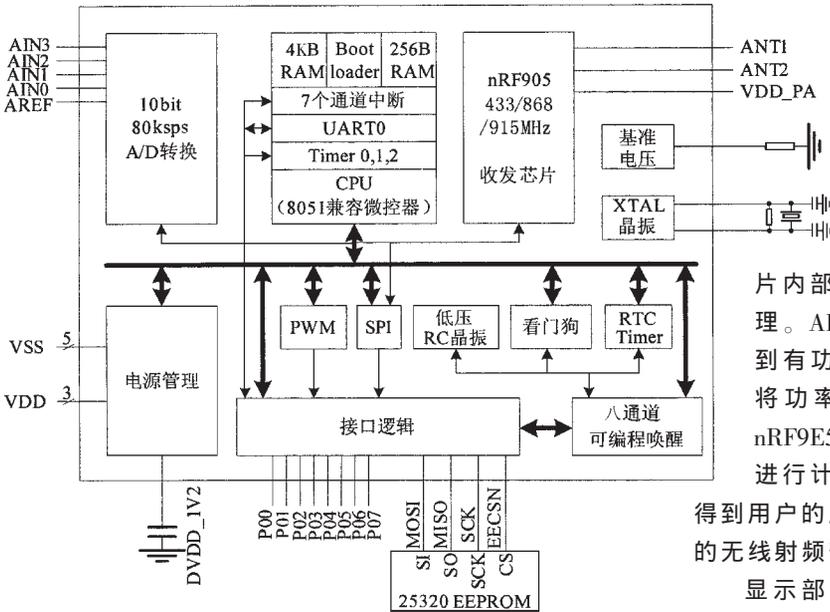


图1 nRF9E5 内部结构框图

## 1 nRF9E5 芯片

nRF9E5 芯片符合美国通信委员会和欧洲电信标准学会的相关标准,其内部结构框图如图1所示。

在 nRF9E5 芯片中,嵌入了 nRF905 无线收发芯片、集成增强型 8051 微处理器和 4 通道的 10 位 ADC,内含 1.22V 电压基准、电源管理、PWM、UART、SPI、逻辑接口电路、看门狗电路、多通道可编程唤醒电路等。nRF9E5 没有复杂的通讯协议,完全对用户透明,同种产品之间可以自由通讯,内置的 CRC 纠错硬件电路和协议免去了软件纠错编程和微控制器的纠错运算,降低了无线应用的开发难度。

## 2 无线抄表系统的组成

本文提出的无线抄表系统由具有无线接发功能的电子式电能表、带有 nRF9E5 和 GPRS 模块的中继装置、电能监控中心三部分组成。其结构图如图2所示。

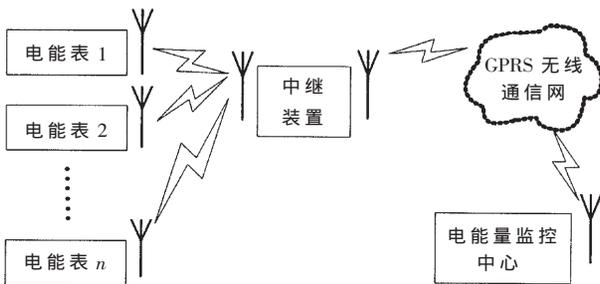


图2 无线抄表系统结构示意图

### 2.1 电能表

电能表的任务是完成电能量的采集与计算,并向电能监控中心提供电能数据。电能表以 ADE7757 作为电能测量芯片,nRF9E5 中内置的 8051 微处理器为 CPU。其硬件原理如图3所示。

电压传感器和电流传感器的信号送入 ADE7757 芯

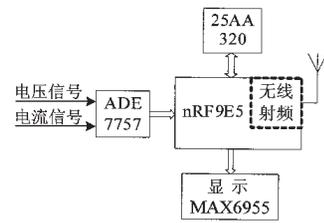


图3 电能表硬件原理图

片内部的两个 ADC 以后,电压和电流被数字化处理。ADE7757 内置的乘法器将电压和电流相乘,得到有功功率  $P(t)$ , ADE7757 通过数字-频率转换器将功率转换成频率输出。内置 8051 微处理器的 nRF9E5 通过外部中断方式对 ADE7757 输出的脉冲进行计数,并根据脉冲频率和  $P(t)$  之间的比例关系得到用户的用电量。处理结果通过 SPI 方式送到 nRF9E5 的无线射频部分进行无线发送。

显示部分则将 nRF9E5 处理后的用电量显示出来,便于用户查看。显示部分采用带有键盘扫描的 LED 显示驱动电路 MAX6955。该器件具有 400kbps、与 I<sup>2</sup>C 兼容的 2 线串行接口,不仅简化了键盘/显示部分的硬件电路,而且减轻了 nRF9E5 的软件负担。

nRF9E5 的程序存储在 EEPROM 芯片 25AA320 中。系统上电或复位后,处理器自动执行 ROM 引导区中的代码,将 25AA320 中的用户程序加载到内部 RAM 中执行。

### 2.2 中继装置

中继装置的任务是把电能表发送的数据递交给电能监控中心,或将电能监控中心发出的命令传达给每块电能表,起到沟通 GPRS 系统和局域无线系统的作用。中断装置结构图如图4所示。

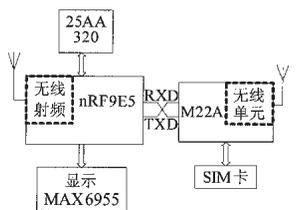


图4 中继装置硬件结构图

局域无线系统部分仍然采用 nRF9E5,GPRS 部分采用 BENQ 公司的 M22A 芯片。M22A 的基带处理器与 nRF9E5 之间的信息交换通过 UART 来完成。

M22A 芯片符合 EGSM900、DCS1800 和 PCS1900 标准。片上无线单元主要完成信号的调制与解调,实现外部信号与内部基带处理器之间的信号转换。M22A 芯片的 SIM\_CLK、SIM\_RST 和 SIM\_IO 引脚与 SIM 卡相连。SIM\_CLK 和 SIM\_RST 分别为 SIM 卡提供时钟和复位信号,SIM\_IO 则用于与 SIM 卡之间的数据传输。

GPRS 基于 TCP/IP 协议,监控中心的查询命令或控制命令可以通过 Internet 或 GPRS 通信网发送到中继装置的 GPRS 模块中,再通过 nRF9E5 组成的局域无线系统传送给各个电表。

## 3 无线抄表系统的通信设计

由 nRF9E5 组成的局域无线系统的通信协议格式为:

Preamble	Add	X	Data	CRC
----------	-----	---	------	-----

# 自动化技术

其中, Preamble 为引导字节, Add 为接收机地址, X 为识别码, Data 为有效数据, CRC 为校验码。

nRF9E5 处于发射模式时, Add、X 和 Data 由微控制器按顺序送入射频模块, Preamble 和 CRC 由 nRF9E5 自动加载。处于接收式时, nRF9E5 先对 Preamble、Add 和 CRC 进行验证, 验证正确后再将 X 和 Data 送入微控制器进行处理。当 X 和本机识别码一致时, 继续处理后继数据, 否则放弃该数据包。

当信道内有 RF 载波出现时, nRF9E5 的 CD 脚被置高。在准备发送数据时, 应检测信道是否可以用于发送数据, 以避免与其他收发器抢用相同信道的现象发生。其发送和接收数据流程分别如图 5 和图 6 所示。

图中, TRX\_CE 为发送和接收使能寄存器位, DR 为数据准备寄存器位, AM 为地址匹配寄存器位, AUTO\_RETRAN 为自动重发寄存器位。

M22A 芯片和 nRF9E5 的通信数据接口为 UART。M22A 通过接收来自 UART 的 AT 指令, 实现 GPRS 的各种功能。

在指令状态下建立 M22A 与 Internet 连接的步骤如下:

- (1) 为 M22A 开通 TCP/IP 服务。发送指令“AT+CGDCONT=1, 'IP', 'CMNET'”, 正常情况下返回“OK”。
- (2) 为 M22A 分得固定虚拟 IP 地址。发送指令“AT3E2IPA=1, 1”, 正常情况下返回“OK”。
- (3) 查看 M22A 分得的 IP 地址。发送指令“AT3E2IPI=0”, 正常情况下返回 IP 地址。
- (4) 通过 TCP 连接电能量监控中心的数据接收服务器。发送指令“AT3E2IPO=1, '202.113.177.159', 1001”, 连接后返回“CONNECT”。如果返回“ERROR”, 则必须重新发送相关指令。

当 M22A 芯片和电能量监控中心的数据接收服务器

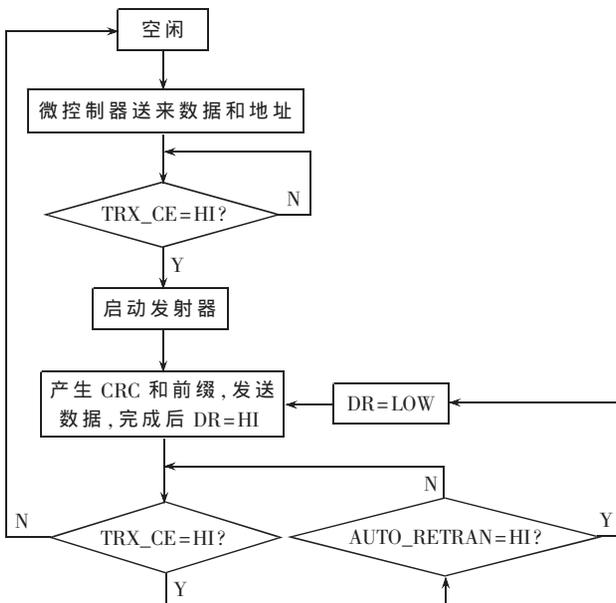


图 5 nRF9E5 模块发送数据流程图

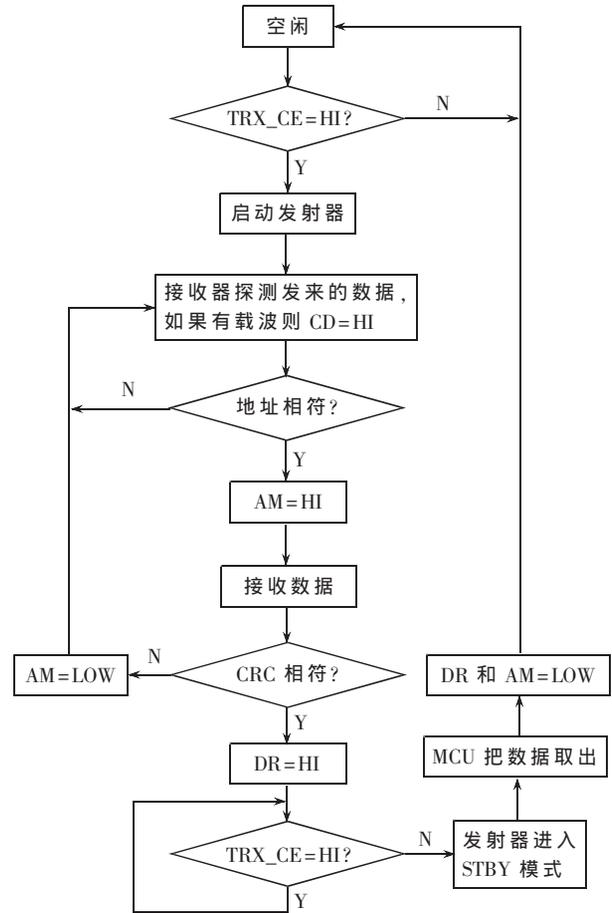


图 6 nRF9E5 模块接收数据流程图

成功建立连接后, 电能量监控中心就可以与电能表进行直接的信息交换。

nRF9E5 的硬件结构简单, 操作方便, 而且成本比较低, 是一种比较好的近距离无线通信解决方案。实际测试表明, nRF9E5 无线射频模块的误码率及抗干扰能力均达到了较高水平。本文介绍的基于 nRF9E5 和 GPRS 的无线抄表系统充分利用了 nRF9E5 的硬件资源, 经济性比较好。

## 参考文献

- 1 Nordic VLSI Inc. 433/868/915MHz RF transceiver with embedded 8051 compatible microcontroller and 4 input, 10 Bit ADC. Jun 2004
- 2 Analog Devices Inc. Energy metering IC with integrated oscillator(ADE7757). Mar 2003
- 3 BenQ Corp. M22 GSM/GPRS wireless module, Aug 2004
- 4 BenQ Corp. M22 GSM/GPRS wireless module AT command list, Jun 2004
- 5 郑启忠, 耿四军, 朱宏辉. 射频 SoC nRF9E5 及无线数据传输系统的实现. 单片机与嵌入式系统应用, 2004;(8)

(收稿日期: 2006-07-28)