DOI：10.13199/j.cst.2010.06.76.wangwq.037
第 38卷第 6期 煤 炭 科 学 技 术 Vol. 38 No. 6
2010年 6月 Coal Science and Technology June 2010

基于 nRF9E5跳频的射频快速识别的设计与实现

王 文 清
(北京工业职业技术学院，北京 100042)

摘 要：为了解决现有人员定位管理系统中射频识别的误读现象，结合 nRF9E5射频芯片的特点，提出了一种新型的射频快速识别方案。在实现上，硬件电路基于 nRF9E5射频芯片的频道中心频率控制功能，标签按移动目标属性进行分组，减少了每组标签的数量，降低了组内标签通信碰撞的概率；软件设计采用一组标签占用一个频道的方法，通过程序控制查找不同频道内的标签（跳频技术），实现标签快速识别，解决了采集分站和标签之间射频识别的通信碰撞问题，提高了系统射频识别的准确率和可靠性。最后介绍了系统射频识别性能指标的测试方法。

关键词：射频识别；跳频技术；通信碰撞；可靠性；性能指标
中图分类号：TD684 文献标志码：A 文章编号：0253－2336（2010）06－0070－04

Design and Practices of Rapid Radio Frequency Identification Based on nRF9E5 Jumping Frequency

WANG Wen-qing
(Beijing Polytechnic College, Beijing 100042, China)

Abstract: In order to solve the misreading phenomenon of the radio frequency identification in the available personal positioning and management system, in combination with the features of the nRF9E5 radio frequency chip, a new rapid radio frequency identification plan was provided. In practices, the hardware circuit based on nRF9E5 radio frequency chip channel center frequency control functions, the tags grouped according to moving targets property. It decreased the number of each tag and reduced the probability of collision within the tag communication in group; Software design used the method with a set of tags occupy a channel, through controlling by program to check the tag within the different channels to achieve tags rapid identification and solved the communication collision problem of radio frequency identification between collection sub－stations and tags, improved the accuracy and reliability of radio frequency identification. Finally, the paper introduced the test method of system performance target with radio frequency identification.

Key words: radio frequency identification; jumping frequency technology; communication collision; reliability; property index

1 概 述

煤炭在我国一次能源生产和消费中接近 70%，由于煤矿生产的高危险性，煤矿安全生产成为安全监管部门、煤矿企业领导和社会关注的焦点。矿井人员定位及考勤管理系统采用 RFID射频识别技术实现了对煤矿井下人员定位管理，为煤矿安全生产提供了技术保证，因此，矿井人员定位及考勤管理系统在煤矿得到了广泛的应用。截至目前，取得矿井人员定位及考勤管理系统安全标志准用证的生产企业有数十家。一些系统在使用中存在着不能可靠识别移动目标的缺陷，主要表现在当多个移动目标集中经过某一个采集分站时，采集分站对移动目标达不到 100%的准确识别，出现标签漏读现象，即通信碰撞；也有的系统出现移动目标没有到达这个地方，这个地方的采集分站却发送了标签到达的信息，出现了多读现象，即通信干扰。针对上述诸多射频识别数据误读的现象，采用跳频识别技术较好地解决了采集分站和标签之间射频通信的碰撞问题，在研制的煤矿井下移动目标自动识别与管理系统中得到验证，取得了很好的实效。

2 射频识别技术

2.1 射频识别原理

RFID射频识别系统从原理上由标签、采集分

基金项目：北京市教育委员会科技成果转化课题资助项目（PXM2008_014225_055773）

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

站和计算机系统 3部分组成，如图 1所示。

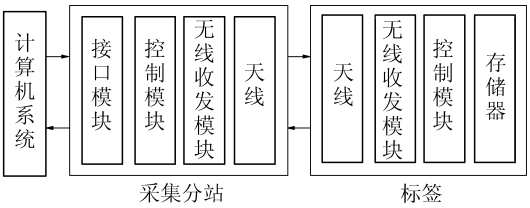

图 1　射频识别系统原理框图

采集分站安装在需要监控的地方，标签由移动目标携带。标签进入采集分站天线的工作区域后，将载有移动目标标识信息的射频信号发射出去；采集分站接收到标签发来的射频信号，经采集分站处理得到标签信息，并将接收的标签数据传输给计算机系统进行储存、分析，生成各种报表、统计图。

对于区域定位来说，采集分站发出的信号所有标签都可以接收到；同样，标签向采集分站发送信号也应收到。当多个标签同时向一个采集分站发送信号时，如何保证采集分站快速识别标签使其不会互相干扰（碰撞）是射频识别系统需要解决的核心问题。

2.2　无线跳频

无线跳频通信技术是指传输信号的载波频率按预定规律进行离散变化的一种扩频通信技术，该技术的主要特点是载波频率可由程序控制而改变，具有非常好的抗干扰、抗截获和抗人为阻塞能力，无线跳频技术在军事保密通信领域得到了高度重视。在民用无线通信应用领域，可以提高系统的抗干扰能力，增加系统的稳定性。无线跳频功能的实现由组成系统的核心集成电路射频芯片 nRF9E5完成。nRF9E5射频芯片内置 433/868/915MHz的 nRF905收发器、8051兼容微控制器和 4通道 10位 80kS/s A/D转换器。

nRF9E5的片内微控制器与标准 8051兼容。中断控制器支持 5个扩展中断源，即 ADC中断、SPI中断、唤醒中断和 2个无线收发中断。扩展了 2个数据指针，使得片外 RAM存取数据更为方便。nRF9E5内置的收发器由频率合成器、功率放大器、调制器和接收单元组成。频道中心频率 $f=(422.4+C/10)(1+H)$，其中，C为频道寄存器值；H为工作频率模式寄存器选择值。

频道中心频率通过对特殊功能寄存器编程进行选择。在 902.2～927.8MHz频段内，隔 200kHz带宽可设一个频道，共有 128个频道可供选择。改变频道号就改变了频道中心频率值，从而实现了跳频频道中心频率。f与 C，H赋值关系见表 1。

表 1　频道中心频率 f与 C，H的赋值关系

f/MHz	H	C
902.2	1	100011111
902.4	1	100100000
⋮	⋮	⋮
927.6	1	110011110
927.8	1	110011111

载波检测是 nRF9E5的一大特色功能。在 Shock Burst接收方式下，当工作信道内有射频载波出现时，载波检测引脚 CD被置高。即当收发器准备发送数据时，它首先进入接收模式并检测所工作的信道是否可以发送数据（信道是否空闲）。载波检测的标准一般比灵敏度低 5dBm，比如，灵敏度为 -100dBm，载波检测功能探测低至 -105dBm的载波。这个特性很好地避免了同一工作频率下不同发射器数据包之间的碰撞，对于解决 RFID系统中的同频碰撞问题很有帮助。

3　硬件设计

射频识别需要采集分站和标签的配合。采集分站和标签之间的通信由内部的无线收发模块完成，无线收发模块的性能好坏决定了射频识别的性能优劣。无线收发模块是硬件电路设计的关键。

由于 nRF9E5只有 4kB的 RAM，没有内部程序存储器，硬件电路在设计上选择了 8kB非易失性铁电存储器 FM25640做为程序存储器，与 nRF9E5的 SPI接口相连。nRF9E5上电时会自动通过 SPI接口从外部的 FM25640加载程序；为了减小射频电路的体积，降低射频电路的制作成本，射频电路天线采用 PCB板载天线；晶振频率为 16MHz，为了得到精确的内部偏置电压，在引脚 IREF和地之间接一个阻值为 22kΩ、误差为 1%的电阻。无线收发模块电路原理如图 2所示。

为了使标签的电气性能满足本安要求，采用可充电镍镉电池给标签供电。镍镉电池随着使用时间的增长，电池电压会逐渐降低，电压降低会影响标签与采集分站间的通信距离。为了克服此弊端，在

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

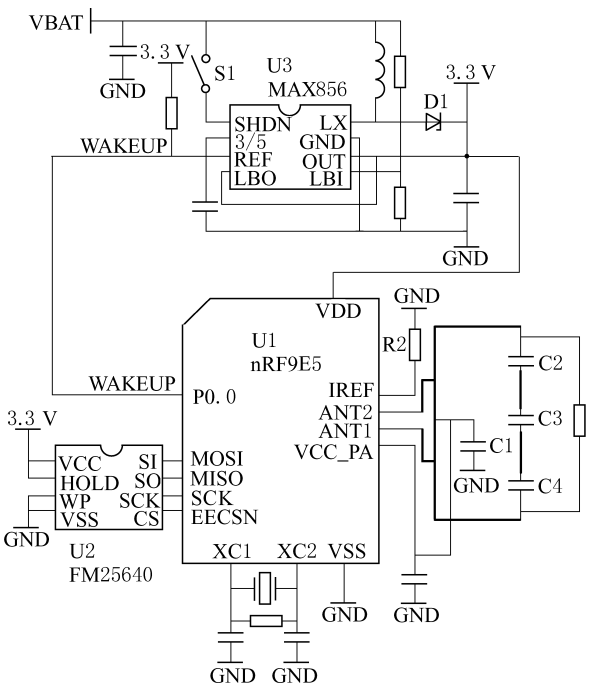

图 2　无线收发模块电路原理

电路中增加了 DC /DC电源芯片 MAX856，输入电压为 0.8～ 6.0 V，输出电压稳定在 3.3 V，保证了标签的通信性能不随着电池电压的降低而下降。

电容 C1，C2，C3，C4和 PCB板上敷铜层组成 PCB板载环形射频天线，电容值的大小和 PCB板上敷铜层的尺寸决定了射频的工作频率；电容的性能影响着天线的灵敏度和射频输出功率，决定采集分站和标签的射频识别距离。

4　软件设计

RFID射频识别的防碰撞算法分为标签程序算法和采集分站程序算法 2个部分。只有 2个部分的程序算法结合起来统筹考虑，才能有效解决标签和采集分站的无线通信碰撞问题。

为了保证多个标签在同时通过采集分站时不漏读，降低标签发生碰撞的概率，将标签分类：人员携带的标签按人员所在部门分类，安装在设备上的标签按设备类别分类。同一个部门、同一类型的设备使用相同的频道，不同部门、不同类型的设备使用不同的频道。采集分站自动扫描不同频道上的标签，实现对标签的识别。

4.1　标签程序算法

标签按移动目标所在单位进行分组，每个标签组分配给不同的频道；频道由 nRF9E5片内 8051控制器的寄存器 CH_NO的数值 *C* 决定。*C* 值在 100011111－110011111选择，共有 128个频道，其相对应采集分站的工作频段为 902.2～ 927.8 MHz。

1）标签上电后，初始化 nRF9E5，打开 RTC实时时钟定时器，用做睡眠唤醒和数据发送的定时器；打开 T0定时器，用做接收等待超时计时器。

2）将 nRF9E5切换到无线接收状态，检测信道是否空闲。

3）如果信道忙，则进入浅睡眠状态，睡眠时间为 0～ 2 s的随机数。睡眠结束后，返回第 2步重新检测信道状态。

4）如果检测信道空闲，则切换到无线发送状态，对外发送呼叫信号，发送完毕后，启动接收等待超时计时器，并返回无线接收状态，等待采集分站的应答信号。

5）如果未收到应答信号而造成等待超时（大于 3 ms），则关闭接收等待超时计时器，并进入浅睡眠状态，睡眠时间为 0～ 2 s的随机数，睡眠结束后，返回第 2步。

6）如果标签能够正确地收到来自采集分站的应答信号，则关闭接收等待超时计时器，进入深度睡眠，睡眠时间为 1～ 5 s的随机数。睡眠结束后返回第 2步，开始新一轮的呼叫。标签主程序流程如图 3所示。

4.2　采集分站跳频识别算法

采集分站的防碰撞算法由内外 2个循环构成。内循环完成同一频道内移动目标的查询，查询次数由通信分站接收到地面中心站计算机发送的当天工作的标签数量决定；外循环完成不同频道上标签组的查询，频道的搜索号由采集分站接收到地面中心站计算机发送的当天工作的标签所在组号决定。由于每组标签数量的减少，射频通信碰撞的可能性和标签睡眠等待的时间将大幅减少，提高了采集分站对移动目标的识别速度。

标签在某一个频道上要发送数据之前，首先检测空气中是否有载波信号存在，如果存在载波信号，说明频道忙，则随机延时一段时间再重新检测，而其他标签则处于接收状态。采集分站无线收发模块接收到标签信息后立即返回该标签所需要的有效数据和地址。标签对接收到采集分站的数据进行判断：如果数据地址是自身的地址，则表示完成

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

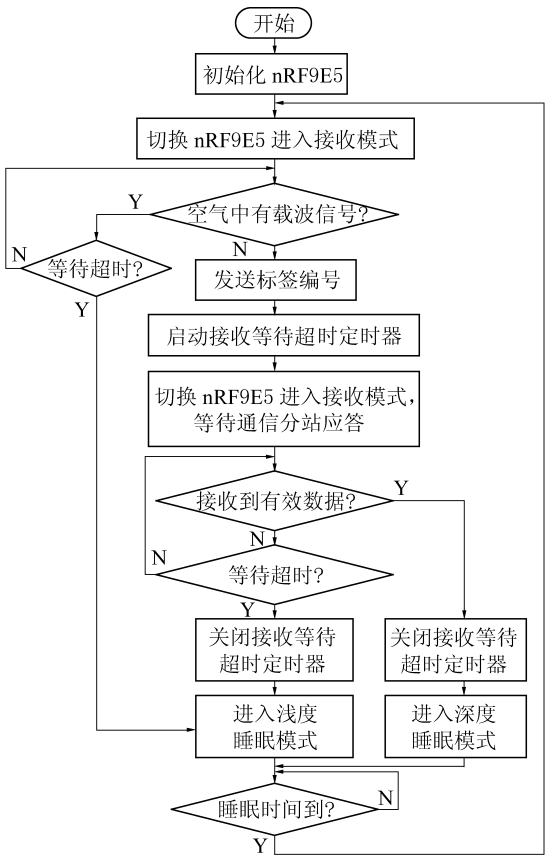

图 3　标签主程序流程

一次通信，标签进入深度睡眠；如果数据地址与自己地址不符合，则标签通过一次随机的延时后再发送数据，数据发送完毕后立即进入接收状态，再次进行数据的接收和判断。这样，随着完成通信的标签越来越多，处于竞争中的标签越来越少，有效地解决了同一个频道标签的碰撞问题。采集分站跳频接收程序流程如图 4所示。

通过这样的循环操作，在采集分站的作用范围内实现多个标签的分时共享，实现了一个采集分站对多个标签的时分多路存取。因为采集分站的安装位置固定，控制中心就能够实时得到移动目标所在地域的位置，进而可以实现对移动目标的实时跟踪，实现对重点移动目标的追踪管理。

5　测试情况

反映人员定位管理系统能否快速、准确识别标签的指标是标签的最大位移速度和通信分站的并发识别数量。AQ标准对此有明确的规定：标签运动速度大于 5 m /s，通信分站的可靠识别标签的数量

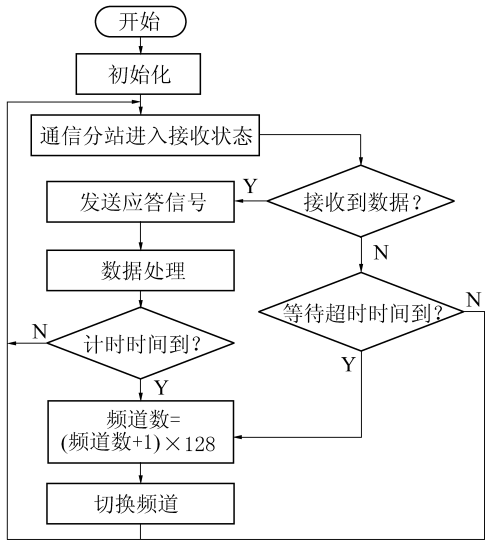

图 4　采集分站跳频接收程序流程

应大于 80个。

使采集分站一直处在正常工作状态，并与中心站计算机通信正常，用移动装置携带一定数量的标签，以 5 m /s的速度从 *A* 点移到 *B* 点后，查询中心站在计时时间内接收到的标签信息。采集分站能够正确接收到被测标签数据的最大数量就是采集分站的最大并发识别数，能够满足最大识别数量的标签移动速度就是最大位移速度，如图 5所示。

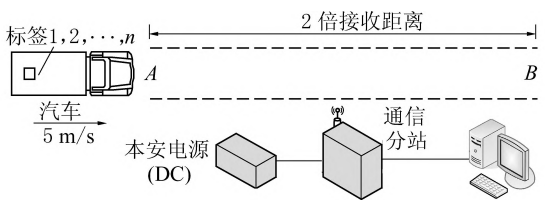

图 5　最大并发数测试

在测试过程中场地条件要满足要求：汽车要远离 *A* 点，保证汽车到 *A* 点时的汽车速度能达到规定的恒定速度，采集分站不能接收到标签的数据，需做好标签的屏蔽处理措施。在汽车 20 km /h的速度下，计算机能可靠识别 126个标签，即采集分站的最大并发识别数为 126，远大于 AQ标准标签运动速度 5 m /s，分站可靠识别 80个的要求。

参考文献：

[1]　Nordic VLSI ASA. RF Communication in a Multi-user Environment [D]. Nordic: Nordic VLSI ASA, 2003　2-4

(下转第 78页)

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

统结构设计相对简单，钻臂固定方式合理，充分利用了现有掘进机的主要结构特点；掘进机完成切割后可立即打开钻臂系统进行临时支护及锚杆永久支护，减少了传统支护工艺中人工前窜前探梁进行临时支护的时间；2套钻臂可同时作业，钻箱扭矩大，破岩能力强，钻进速度快，多数情况下可一次成孔，大幅加快了锚杆打设速度，超过便携式单体锚杆机速度的 2倍以上。

3) 锚杆支护效果得到明显改善。由于掘进机加装了液压钻臂系统，使得掘进机切割后的顶板一经暴露立即得到及时的锚杆支护，比传统支护方式减少空顶时间 30 min以上，从而防止裸露顶板过长时间没有得到有效支护而导致的顶板下沉量过大、出现离层破坏等现象的发生，保证了对大断面煤巷围岩的控制效果。此外，钻臂系统临时支撑能对巷道顶板和侧帮的锚杆支护提供强力的预压缩锚固，前期施加的顶推力最终大部分将转化成锚杆的预紧力，相对于传统单纯依靠拧紧螺母增加锚杆的预紧力，其预紧力更大并更均匀，有利于发挥锚杆支护的整体性。

4) 锚杆支护作业环境和安全性得到了改善。采用钻臂系统进行巷道锚杆支护，其主要支护工序实现了机械化，工人的作业始终处于永久支护及强力临时支护系统的可靠保护之下，劳动强度大幅降低，工作环境得到了改善，为安全生产提供了良好的基础。

6 结　　语

实践使用证明加装液压钻臂系统后的掘进机，由于具备了掘锚一体化的功能，可保证在巷道掘进后通过机载锚杆机对巷道顶板及侧帮方便、及时地进行锚杆支护，优化了掘进生产的工艺，同时由于钻臂功能良好，打锚杆速度较快，大幅降低工人劳动强度，减少了生产辅助时间，提高了巷道整体的掘进速度。

该项技术可用于目前国内所使用的各种中型以上的掘进机，如 S150J型掘进机、S200M 型掘进机、EBH－132型掘进机、EBJ－120型掘进机等，加装的方案灵活多样，与采购进口的煤巷掘锚机高昂的费用相比，其加装钻臂系统的费用少很多。快速支护施工工艺成为提高巷道支护效果、实现快速掘进的关键。掘锚一体化无疑是实现煤巷快速掘进的一条新的有效途径，也正是我国发展掘锚一体化技术的必要性之所在。

参考文献：

[1] 张　波，郭晓玮. 试论掘进机电气系统. [EB/OL]. [2009－12－16]. http://www.sunlw.com/gongxuelunwen/jixiezhizaolunwen/sljjxjdqxt_27615.html

[2] 戴绍诚. 高产高效综合机械化采煤技术与装备 [M]. 北京：煤炭工业出版社，1998.

[3] 赵淑梅. 浅论我国机掘巷道掘锚机械化的发展趋向 [J]. 锚杆支护，1999，3(4)：13－17.

[4] 张京泉，刘兆伟，张庆义. 锚杆快速支护施工工艺 [J]. 探矿工程：岩土钻掘工程，2007，34(2)：61－62.

[5] 司志群，田军先，岳官禧. 掘锚一体化实现煤巷快速掘进的几点思考 [J]. 煤矿开采，2006，11(4)：22－24.

[6] 李正龙，郑金录. 掘锚一体化快速成巷技术在澳思达煤矿的应用 [J]. 煤炭科学技术，2008，36(12)：8－12.

[7] 郑富德. 掘锚一体化是快速掘进的主要途径 [J]. 西山科技，2002(S)：17－19.

[8] 郝建生. 悬臂式重型掘进机关键技术探讨 [J]. 煤炭科学技术，2008，36(4)：5－9.

作者简介：王　亮(1959－)，男，安徽芜湖人，高级工程师，工程硕士，研究方向为煤矿井下巷道掘进掘锚一体化。Tel：13911043196，E－mail：lwang@johnfinlay.com.cn

收稿日期：2010－02－07；责任编辑：赵　瑞

(上接第 73页)

[2] Nordic Semiconductor ASA. 433/868/915MHz RF Transceiver with Embedded 8051 Compatible Microcontroller and 4 Input, 10 bit ADC [D]. Nordic：Nordic Semiconductor ASA，2004：5－98.

[3] Nordic VLSI ASA. Small Loop Antennas nAN400－03 [D]. Nordic：Nordic VLSI ASA，2000：1－12.

[4] 沈宇超，沈树群，樊　荣，等. 一种用于多目标实时识别的防碰撞算法：射频识别系统中的关键技术 [J]. 北京邮电大学学报，1999，22(1)：11－14.

[5] 王文清. 煤矿井下移动目标自动识别与管理系统的研制 [D]. 北京：北京工业大学，2009：25－57.

[6] 翟乐育，彭　丽，黄卫平. 基于 nRF9e5的抗干扰跳频通信设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用，2009(1)：34－36.

作者简介：王文清(1963－)，男，北京密云人，高级工程师，硕士，研究方向为嵌入式系统应用。Tel：010－51511330，E－mail：wwenqing@sina.com

收稿日期：2010－02－26；责任编辑：赵　瑞

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net