

# 基于 RFID 和 WSN 的运动计时系统分析与设计

*The Analysis and Design of RFID and WSN Based Sports Timing System*

(上海交通大学) 刘福铭 王 东

LIU Fu-ming WANG Dong

**摘要:** 本文论述一种将射频识别技术(RFID)和无线传感器网络技术(WSN)应用于体育比赛长距离运动的运动计时系统。系统通过射频识别对运动员配带的 RFID 传感器标签进行读写,完成对运动员非接触式自动识别,既可以获取运动员的标识信息,也可以获取运动员的身体状态信息如体温、心跳等,还可以获取比赛环境的温度、湿度、风力等信息,再经过无线传感器网络的组织将采集到的数据进行处理,一是实现运动员成绩的准确计时,二是可以通过多方面信息分析该运动员的比赛情况。该系统解决了在长距离运动中计时需要耗费大量人力财力的问题,同时可以对比赛数据进行详细的分析。经过试验表明,系统实现简单,控制方便,效果良好。

**关键词:** 射频识别技术(RFID); 无线传感器网络技术(WSN); 长距离运动; 计时

中图分类号: TP39

文献标识码: A

**Abstract:** This Paper discusses the sports timing system of the long-distance race which applies the RFID technology and WSN. The system reads and writes the information in the RFID sensor tag upon the person through the RFID reader. The information includes the identification of the person, the status of the person, such as temperature and heartbeat, and the status of the surroundings such as temperature humidity and wind power. Through the wireless sensor net, the information can be dealt with to correctly calculate the score of the person and to analyze the state of the person according to the complex data. This system can resolve the resource problem of the long-distance race and can improve the usage of the information to analyze the state. The system is simple, well controlled and effective.

**Key words:** RFID; WSN; long-distance race; timing

技术创新

## 1 引言

在体育比赛里的许多长距离计时项目(如马拉松、自行车、山地车等)中,由于经常是成千上万的运动员同时在比赛,为了记录每一个运动员的名次和成绩,不仅难度大,准确率低,而且需要数量极其庞大的裁判来辅助,无论是在人力方面还是财力方面都是巨大的浪费。虽然有一些终点计时的自动电子设备已经比较成熟,但是在对于成百上千的运动员,流动性的终点线,以及多段分路比赛中,这些设备已经不太适用。针对这些比赛,已经开始逐步有 RFID 应用的实例,比如波士顿马拉松比赛,厦门马拉松比赛等。通过 RFID 技术的使用,一方面可以节省大量人力财力,另一方面可以自动记录运动员的成绩,圈数,保证了比赛的准确性,可靠性,公平性。更进一步,我们将 RFID 技术与无线传感器网络技术相结合,通过在不同的分赛段或分赛点以及人身上、器具上布置 RFID 传感器节点,然后通过无线传感器网络将所有信息汇聚起来,传送到控制中心进行统一处理。该系统融合了 RFID 和 WSN 网络各自的优点,互相补足,更加适用于长距离运动计时。

## 2 关键技术

### 2.1 RFID 技术

又称为射频识别(Radio Frequency Identification,以下简称

RFID)技术,是从 20 世纪 90 年代兴起的一项自动识别技术。它利用无线射频方式进行非接触双向通信,以达到识别目的并交换数据,如今已经被广泛应用在工业及民用领域。这种非接触式的自动识别技术,具有使用寿命长、能在恶劣环境下工作、读取距离远、读取时间短、安全性高等特点,已经被运用于门禁控制、电子门票、物流和供应管理、生产制造和装配、航空行李处理等领域。

最基本的 RFID 系统由三部分组成:电子标签、阅读器、天线。

### 2.2 WSN 技术

无线传感器网络(Wireless Sensors Network,以下简称 WSN)是由大量无处不在的,具有通信和计算能力的微小传感器节点密集布设在无人值守的监控区域构成的能够根据环境自主完成指定任务的“智能”自治测控网络系统。WSN 除了具有传统的无线自组网络的特点外,还具有超大规模、无人值守、动态性强等独有的特点。目前 WSN 技术已经广泛应用于军事、环境、医疗、家庭、商务、空间探索等诸多领域。

### 2.3 两项技术的结合

由于无线传感器应用的特点,要求无线传感器体积小、成本低、能够长期使用,因为这给无源传感器的结构和能量供应提出了严峻的挑战。能量消耗问题一直是无线传感器网络研究的首要问题。近年来由于 RFID 技术的快速发展,为无线传感器提供了一种解决能量供给问题的新方法:RFID 标签工作所需的全部或者大部分能量都是从读写器天线产生的电磁场中获得,无线传感器可以借鉴 RFID 标签的结构,从读写器磁场获取

刘福铭:硕士研究生

基金项目:上海市科学技术委员会重大科技攻关项目“电子标签应用系统中间件技术与开发(04dz15019)

工作所需的能量。此外,不断发展完善的 RFID 应用协议也为无线传感器网络协议提供了重要的借鉴。因此,基于 RFID 协议构建的无线传感器网络同时结合了两项技术的优点,具有很好的可行性,为实际应用提供了更好的技术支持。

### 1) RFID 传感器标签

RFID 传感器标签主要由微控制单元、传感单元、射频单元、通信单元、定位单元和供电单元组成,如图 1 所示:

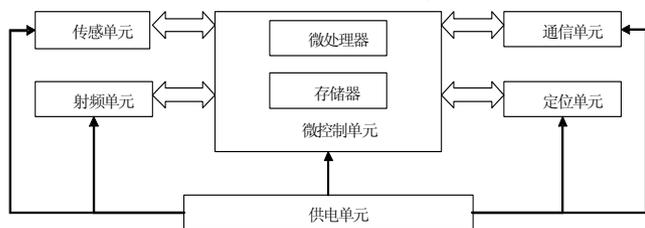


图 1 RFID 传感器标签结构

微控制单元负责整个芯片的任务分配和调度,完成数据的分析、存储和转发,进行无线数据验证和区域内网络的路由维护等;射频单元控制接收和发送射频信号,并选择运用空分多路、时分多路、频分多路和码分多路等存取方法实现多目标同时识别与系统防冲撞机制;通信和定位单元用于解决无线通信中载波频段、数据传输速率、信号调制、编码方式等的选择,并通过天线进行芯片与读写器间数据的收发工作,具有数据融合、请求仲裁和路由选择等功能;定位单元实现芯片自身位置的定位以及信息传输方位的定位,基于无线传输协议,如 IEEE802.15.4 标准和 ZigBee 协议等;供电单元为标签的持续、正常的稳定工作提供能量供给,通过合理的设置芯片的接收、发射以及待机状态,可以解决耗能量消耗与传输可靠性的问题,有效延长芯片的使用寿命。

### 2) 基于 RFID 协议构建 WSN

WSN 组网主要需要考虑到下面几个问题:网络安全协议问题、网络的拓扑结构、系统功耗、网络组建成本、移动性管理等。目前还没有专门用于 WSN 的网络协议,因此以 RFID 协议标准为 WSN 协议提供了一个研究方向。目前具有代表性的 RFID 协议标准有 EPC、ISO、UID 等,制定全球统一的覆盖各频段的 RFID 标准也正在进行中。新一代的 RFID 标准规定的标签将具有更大的存储空间,更低的成本,更灵活和更安全的通信机制,因此构建一个基于 RFID 协议的 WSN 是完全可行的,其具有以下特点:

基于 RFID 的 WSN 是一个以读写器为中心的网络,读写器既是无线传感器的能量提供者,也是整个传感器网络的信息中枢,从根本上解决了无线传感器能量供给问题,大部分信息处理和网络管理的功能集中在读写器端,使得传感器的结构相对简单。

基于 RFID 的 WSN 是一个低成本的网络:基于 RFID 芯片技术设计的无线传感器的加个在今后可能降到几分钱的量级。基于 RFID 的 WSN 是一个相对安全的网络:RFID 协议为网络提供了相对安全的措施,包括传感器和读写器通信的密钥机制,网络信息安全和隐私控制等。

基于 RFID 的 WSN 是一个具有多种附加功能的网络:如 RFID 的定位技术,对无线传感器来说是一个具有重要意义的关键技术,再如 RFID 防冲突技术,可以用于同时读取多个无线传感器。

## 3 系统架构

目前 RFID 已经初步应用在计时运动中,取得了良好的成果,但也存在了不少不足点,如各信息节点的可靠性问题,信息的自动汇集问题等。因此,为长距离计时比赛构建一个更加全面的 RFID 传感器网络系统具有重要意义,此系统具有较低的成本和很强的实用性。

### 3.1 硬件环境

#### 1) RFID 传感器节点

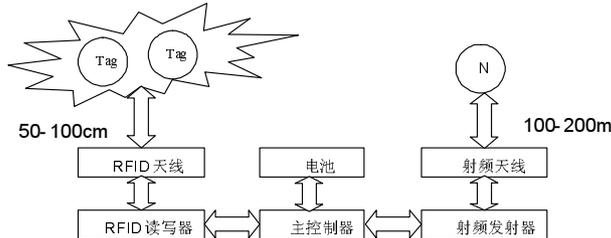


图 2 RFID 传感器节点

如上图 2 所示,每个节点包括:主控制器、射频收发器、射频天线、RFID 读写器、RFID 天线、电池、各种连接件以及终端的 RFID 传感器标签(Tag)。其中节点工作流程为:在运动员身上部署 RFID 传感器标签(Tag),传感器节点通过 RFID 天线向 Tag 发出查询信号,Tag 被电磁波激活,驱动自己的天线向 RFID 天线回复自己的信息,信息被 RFID 读写器读出,并通过 RS-232 串口接口传到主控制器进行处理,然后通过 SPI 接口传到射频收发器,由射频天线传到其他节点,节点通过多跳,并最终将信息传到控制与处理中心,从而得到所需目标的信息。

#### 2) WSN 结构图

如下图所示,整个 WSN 结构由 RFID 传感器节点、网关、Internet 网(或者专网)、远程控制系统组成。每个 RFID 传感器节点通过自主处理,将信息汇聚到网关,再通过 Internet 网(或者专网)传送到远程控制系统。远程控制系统也可以发送远程指令,传会到 RFID 传感器节点,通过读写器操作某些 RFID 传感器标签,完成指定的功能。

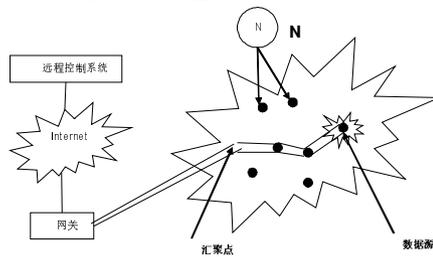


图 3 WSN 结构

### 3.2 软件环境

整个系统主要由 4 个子系统组成:数据采集子系统、运动员登记子系统、在线数据处理子系统、运动员成绩实时发布子系统。其中数据采集子系统由前面所讲的各个 RFID 传感器节点组成,其余 3 个子系统组成软件环境。如下图所示。

#### 1) 运动员登记子系统

该系统完成运动的登记注册,建立后台数据库,具体完成功能有:具有输入、修改、查询等功能;具有打印各种统计报表的功能;具有资料备份的功能。

#### 2) 在线数据处理子系统

该子系统每过一定时间(如 0.1s)向数据子系统发送一次

参数采集指令,并等待数据

采集子系统传送相关的各项数据信息,数据采集单元通过接口读到从射频控制器传来的 RFID 传感器标签编码信息,再根据此信息从数据库中查出该运动员的资料,并自动记录到达时间(或分段时间)。该子系统具有错误自动诊断和排除功能。

### 3) 数据分析子系统

该子系统主要针对汇集上来的各种数据,包括 RFID 标签数据、sensor 数据等,集中进行行分析,可以综合评判一个运动员在环境因素、身体因素下得到什么样的成绩。

### 4) 成绩实时发布子系统

该子系统处理后台数据库中的运动员成绩和排名,并通过显示设备显示出来,同时可以实时打印运动员的成绩报表以及成绩公告报表等。

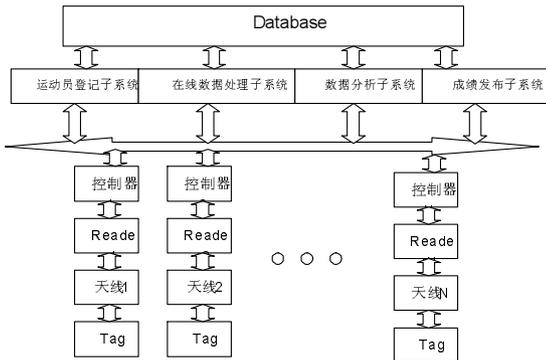


图3 系统架构

## 4 总结

本文主要讨论了 RFID 技术和 WSN 技术各自的特点,并结合两项技术,构建了一个基于 RFID 传感器网络的应用于运动计时的系统。全面分析了该系统从硬件到软件的具体架构,分析了其可行性。如果能够进一步通过解决防碰撞问题、系统相应速度、设计适合比赛的标签、读写器、天线等问题,再辅以软件进行控制管理,该系统可以良好的运用于各项正式的长距离比赛中。在此基础上进一步改进,可以得到更广泛的应用。

本文作者创新点:

1. 本文将 RFID 技术和无线传感器网络技术相结合用于运动计时系统中,进一步提高了计时系统的准确性与扩展性;
2. 本文将传感器应用于运动比赛中,通过收集的人体状态信息和环境状态信息,为以后的综合分析运动员比赛情况打下基础。

参考文献

- [1](Korea)Byunggil Lee, Howon Kim :Design and Implementation of a Secure IBS platform using RFID and Sensor Network ,2005
- [2]Zhu Jingping :Design and Implementation of RFID Technology Based Circle-Counting and Timing System Used in Sports ,2006
- [3]Holger Karl, Andreas Willig , Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks 电子工业出版社 ,2006
- [4]于海滨,曹鹏.智能无线传感器网络系统,科学出版社,2006
- [5]刘媛,郝铭.基于 RFID 和 WSNs 的仓储监管系统的设计.微计算机信息,2006,10-2:283-285.
- [6]MSDN homepage, <http://msdn2.microsoft.com/zh-cn/default.aspx> 作者简介:刘福铭(1980-),男,上海交通大学计算机系硕士研究生,主要研究方向:无线射频识别(RFID);王东(1969-),男,上

海交通大学软件学院副教授,硕士生导师,博士,现任上海交通大学现代物流中心副主任,上海市物流学会副会长,上海市电子商务行业协会物流信息应用技术专委会副主任,上海 RFID 演示中心主任。主要研究方向:无线射频识别,物流。

**Biography:**LIU Fu-ming (1980 -), male, Shanghai Jiaotong University computer science graduate, the main direction of research: Radio Frequency Identification (RFID)

(200240 上海交通大学 计算机科学与工程系)刘福铭 王东  
(Department of Computer Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China) LIU Fu-ming WANG Dong

通讯地址:(200240 上海市东川路 800 号交大闵行校区软件大楼 5307)刘福铭

(收稿日期:2008.11.15)(修稿日期:2008.12.03)

(上接第 276 页)

本文作者创新点:

主要对 D 类积分器中运放的设计做详细的讨论,并使积分器带宽满足系统的需要。

经济效益:没有具体数目,大概 1 千万以上

该项目“低功耗 D 类音频功率放大器芯片设计”受到浙江省科技厅“浙江省引进消化吸收再创新重大项目”基金支持,编号“2006C14036”。

参考文献

- [1]Behzad Razavi 著,陈贵灿等译.模拟 CMOS 集成电路设计.西安交通大学出版社,2003.3.
- [2]Macro Ferro, Franco Salerno and Rinaldo Castello. A Floating CMOS Bandgap Voltage Reference for Differential Applications.I. IEEE JSSC Vol. 24, June, 1989.
- [3]段晓峰,陈向东,黎文模.0.5  $\mu\text{m}$  CMOS 工艺参数电流反馈运算放大器.微计算机信息,2006,22-11:234-236.
- [4]H.Maarefi, A.Parasa, H.Hatamkhani, D.Shirl. A Wide Swing 1.5V Fully Differential OP-AMP Using a Rail-to-Rail Analog CMFB Circuit.IEEE, 2002.
- [5]Mihai Banu, John M Khoury, Yannis Tsvividis. Fully Differential Operational Amplifier with Accurate Output Balancing.IEEE, Solid-state Circuits, Dec, 1988.

作者简介:林福坚(1982-),男(汉族),浙江温州人,中科院微电子所在读硕士研究生,主要从事模拟集成电路设计。目前研究方向为音频功放电路设计;袁国顺(1966-),男,中科院微电子所研究员,博士生导师,主要从事多项专用集成电路设计与开发。

**Biography:** LIN Fu-jian (1982-), male (han), zhejiang province, Institute of Microelectronics of Chinese Academy of Sciences, master degree, working on analog IC design. The research area is audio amplifier design now.

(100029 中国科学院微电子研究所)林福坚 袁国顺  
(314000 中科院嘉兴中心电子设计与应用分中心)周长胜  
(Institute of Microelectronics of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029) LIN Fu-jian YUAN Guo-shun

(Electronic Design and Application Center, EDA, CAS, Jiaying, Zhejiang 314000) ZHOU Chang-sheng  
通讯地址:(314006 浙江省嘉兴市南湖区亚太路 JRC 大楼 A-301 中科院嘉兴中心电子设计与应用分中心)林福坚

(收稿日期:2008.11.15)(修稿日期:2008.12.03)