

文章编号: 2095-2163(2022)06-0137-04

中图分类号: TN828.5

文献标志码: A

# 室外运动场中长跑项目自动计时计圈系统的设计与实现

徐济仁<sup>1</sup>, 郭云辉<sup>1</sup>, 戴卫标<sup>2</sup>

(1 国防科技大学 电子对抗学院, 合肥 230037; 2 南京泉汇川网络科技有限公司, 南京 210000)

**摘要:** 本文立足于体育径赛自动记圈系统,对数据的采集与传输等方面进行研究,提出了利用现有 RFID 技术、无线传感器网络(WSN)来完成对数据的采集、处理和传输,从而以非人工的方式实现运动员行进圈数的自动统计。通过记录学员各个点的运动时间与人工计时的结果比对,800 m 与 3 000 m 的误差在 3~6 s 之间,这也表明基于 RFID 和 WSN 的体能测试系统方案用于运动自动计时是可行的。

**关键词:** 射频识别(RFID); 无线传感器网络(WSN); 计时; 体能测试

## Design and implementation of automatic timing and circle recording system for outdoor playground

XU Jiren<sup>1</sup>, GUO Yunhui<sup>1</sup>, DAI Weibiao<sup>2</sup>

(1 College of Electronic Engineering, National University of Defense Technology, Hefei 230037, China;

2 Nanjing Quanhuichuan Network Technology Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

**[Abstract]** Based on the automatic lap recording system of sports track competitions, this paper studies the data collection and transmission, and proposes using the existing RFID technology and wireless sensor network (WSN) to complete the data collection, processing and transmission, so as to realize the automatic way of non-artificial counting the number of circles the athlete travels. By recording the exercise time at each point of the students and comparing the results of manual timing, the error between 800 m and 3 000 m is between 3 and 6 s. The physical fitness test system based on RFID and WSN is feasible for automatic exercise timing.

**[Key words]** radio frequency identification (RFID); wireless sensor network (WSN); timing; physical fitness test

## 0 引言

长期以来,运动中的计时都是通过人工操作来实现的,不仅数据量大、劳动强度高、容易出错,而且失去了实时性的意义。许多长跑项目(如 5 000 m、10 km 竞走、20 km 竞走等)都有数十或数百名学生参加。手工方法不仅难以准确记录每个学生的排名和成绩,而且还需要大量的评委,如此也还不能保证真实性与精确性。又因距离远、时间长、场面宏大、组织管理困难,虽然有成熟的自动电子定时终端设备,但对于一百多名学员和日常训练标准,该设备一直也不完全适合这种应用场景,不能完全准确地记录每个学员的排名和成绩。例如,在 3 000 m 比赛中,由于运动员人数众多,第一个人和最后一个离开起跑线的人之间有很长的时间间隔。没有准确的计时装置,就会造成不公平竞争。近年来,军队院校加强了对在职干部的体育训练和体育教学绩效考核。牵涉到很多人。如此则亟需研发一个自动计时系

统,伴随着干部培训考核的始终。特别是在比赛中配备 RFID 的计数计圈系统来实现自动计时计圈,准确解读学生的排名和成绩,保证比赛的公开、公正、公平。

本课题的设计采用非接触式远程无线有源电子标签(RFID)来记录测试仪的计时。该设计方法还可以实现末端位置识别误差小,防止人为操作重写时间等问题,且试验操作方便、快速、准确、公平,缩短了试验时间。

该系统结合了无线射频识别(RFID)和无线传感器网络(WSN)的优点,两者相辅相成,更适合长途移动定时。

## 1 基于 RFID 运动计时系统

研究可知,运动计时多数情况下仍还停留在手工记录的水平,如肉眼识别或摄像机监控,不仅效果差,而且容易出错,无法得到观察学生的详细信息,因此难以做到实时、自动观察。这就直接导致得到

**作者简介:** 徐济仁(1967-),男,博士,副教授,主要研究方向:通信与通信对抗;郭云辉(1970-),男,硕士,副教授,主要研究方向:电路与信号;戴卫标(1972-),男,学士,工程师,主要研究方向:通信与信息处理。

**通讯作者:** 徐济仁 Email: xujiajun41203@163.com

**收稿日期:** 2021-12-11

的观察结果也不能用来对学生进行科学管理。

RFID技术在体育计时中的应用有助于解决上述问题。基于RFID运动计时系统,将电子标签绑定到观察学生身上,并在跑道内等关键观察位置安装阅读器。当学生经过测评者的阅览区时,测评者将得到的信息传递给后台计算机系统,实现对学生的实时观察。

学生的日常训练和比赛都有自己的独有特点,如人数多、组织复杂、管理困难等,所以要求RFID观测时间系统具有阅读距离长、阅读精度高、对环境影响小等优点。

综合考虑,系统选择如下:

(1) 915 MHz 工作频段。一般来说,高频段能量高,适合远程应用。此外,915 MHz 工业控制频段无线通信不需要无线电控制委员会的批准,也不需要支付频谱占用费用。

(2) 无源电子标签。无源电子标签从阅读器发送的信号到电子标签的反馈信号需要经过双倍的空间距离,特别是遇到障碍物的情况下,需要经过2次障碍物。被动标签只通过障碍物发送一次信号。

(3) 只读标签。电子标签只需要存储序列号进行关联,不需要频繁更改标签内容。因此,选择只读电子标签。标签内存容量为96字节。

(4) 卡片电子标签。主要用于学生粘贴,便于粘贴或安装在固定部件上。

(5) 固定式读卡器。计时过程中,读卡器只需固定在轨道内侧,无需手持读卡器。

(6) 读卡器接口。读卡器采用RS232接口,RS232是最常用的串口与计算机通信,这样就能降低系统的总成本。

## 2 软件需求与总体分析

通过对系统的需求分析,研究可知系统的软件结构分为3个部分:赛前数据管理、赛间数据管理和赛后数据管理。对此拟做探讨表述如下。

(1) 赛前数据管理。在比赛前,运动员的相关数据将在数据库系统中绑定到the RFID电子标签本身的唯一ID号,如此一来标签用户将通过RFID阅读器进行初步存储。

(2) 比赛期间的数据管理。当携带RFID电子标签的运动员经过读写器的时候,通过电磁场的互相耦合,就可以读出运动员的唯一RFID标识号。研究中对运动员每次通过读写器时间加以处理,就可以对运动员进行自动的计时计圈,同时将数据存

储在数据库当中。再通过系统的后台处理进行实时显示或打印,一并也可以分享给裁判和现场观众。

(3) 比赛结束后的数据管理。选手从终点线出发,通过读取RFID电子标签用户信息存储区域,并对比数据库中早期收到的信息,核对比赛时间和定位数据,可以提高时间和定位的准确性,为比赛裁判提供有效的依据,并能打印出相关的业绩报告。

### 2.1 系统组成与功能

整个系统主要由5个子系统组成,分别是:数据采集子系统、学生注册子系统、在线数据处理子系统、学生成绩实时发布子系统、辅助分析与决策系统。其中,数据采集子系统由每个RFID无线传感器网络节点组成,其他4个子系统构成软件环境。系统设计架构参见图1。这里对各子系统的功能解析可给出阐释分述如下。

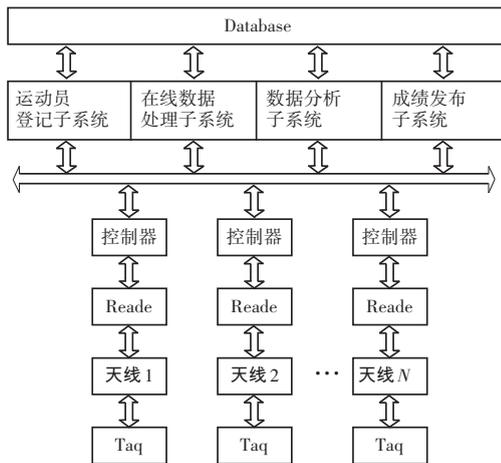


图1 系统架构

Fig. 1 System architecture

(1) 学生注册子系统。主要是为运动员和RFID电子标签的ID号建立一定对应关系,并将这种对应关系存储在数据库当中。重点是在为RFID电子标签的ID号建立一定对应关系后即可进行建立、修改、查询等操作,同时还可以打印出各种各样的统计报表,并适时进行数据备份。

(2) 在线数据处理子系统。在400m的标准跑道上设置2个节点,每一个节点配置一个RFID读写器。读写器每隔一个固定时间(通常都会设置为100ms)读入位于读写器范围内的所有的电子标签的唯一识别号(UID)和时间。读入的UID标识号存入到数据库当中。该子系统具有自检、自动诊断和自动排除故障等功能。

(3) 数据分析子系统。主要对采集到的各种数据进行集中分析,包括RFID电子标签数据和各传

感器采集数据,综合评估学生在环境和物理因素的情况下可以得到什么样的结果。

(4)学生成绩实时发布子系统。子系统通过UID唯一标识符对数据库进行处理,可以计算出学生的运动成绩,并进行排序、查询、插入、删除等操作,此外,可以通过操场的大屏幕系统进行显示。此外,还可以通过打印机对学生的成绩进行打印,并会在适时予以发布。

(5)辅助分析与决策软件。通过对学生体育成绩的分析,并与优秀学生进行比较,找出差距,制定相应的改进措施。

## 2.2 关键技术及解决方法

系统的关键技术主要涉及以下2个方面。一方面是采用了弱方向性天线,这样整个读写器的读写范围比较大,丢数据的可能性就会很小。另一方面是通过误差修正来进一步减少系统的计时误差。

本系统中的读写器和电子标签,都是采用直接采购的方式,用的都是目前在开发上已臻至完备的读写器和电子标签,并在此基础上进行二次开发。采用的频率是UHF915 MHz高频,电子标签也是同样的频率。对系统设计中仍有待研究解决的技术问题,可做具体阐述如下:

(1)基于RFID协议构建WSN。

(2)多名运动员同时通过读写器时相互之间发生碰撞的问题。学员跑步时携带的电子标签都是同一频率,所以当多名学员同时进入读写器范围时,就会出现互相干扰、即碰撞。

(3)运动员速度过快,系统会来不及响应。

(4)系统设计时软、硬件方面的工程实现问题。主要是RFID无线传感器网络节点、自主开发与设计、制作PCB、波峰焊以及用于管理的主机软件设计。

## 2.3 系统主要功能

(1)适用于部队与院校各种规模和档次的体育考试、体能测试,体育中考、高考的中长跑。

(2)主要性能与技术参数。具体内容如下:

①具备RFID卡自动编码识别功能,可以与学员佩戴号码进行捆绑。

②可测试任意长度中长跑项目,全程自动化。测试误差小于1s,分辨度为0.1s。

③实时显示人员编号、测试圈数、测试成绩等。

④具有IC卡与编号识别、成绩自动生成排序、以及储存、查询、筛选数据等功能。

(3)与行业内的中长跑计时系统相比,有以下

特点:

①RFID卡识别率为100%,不会丢失数据。这是非常重要的。

②RFID卡片用别针系于测试者后背,操作简单。人员不受限制。

③配备摄像和校对时间的功能。

④具有智能判断犯规和防作弊功能。

⑤语音提示。语音提示人数可调整,语音提示内容,如“0019,1.5圈,12 min 13 s”。

计时系统在干部体能达标测试中的场景图,如图2所示。



图2 计时系统在干部体能达标测试中的场景图

Fig. 2 Scene diagram of timing system in cadre physical fitness standard test

## 2.4 本项目创新点

(1)本文通过将无线传感器网络(WSN)和射频识别技术(RFID)进一步融合,应用于中长跑的计时,并进行辅助分析,提高了整个计时系统的准确性、可靠性。在标准的400m跑道上,可以同时设置2个、4个或者是6个节点,系统的扩展性良好。同时,可以沿着一个比较长的、任意设置的路径,自由设置节点,系统的灵活性好。

(2)通过节点的读写器读入运动员的电子标签信息,并存入数据库当中。利用对数据库的插入、删除、排序等操作可以实时地获取运动员的成绩并进行发布。这些信息的准确获取就可全面感知运动员在运动场的状态,为下一步的辅助分析和决策提供基础。

(3)设计了一种基于WiFi的WSN网络,具有判断犯规和防作弊功能。一开始,准备借助移动运营商网络,如中国移动、或中国联通。但这需要增加

用户额外的开销。后来经过反复权衡,决定在外场组建基于 WiFi 的无线传感器网络系统,通过若干个无线路由 WiFi 组成一个外场网络,相互传递数据,实现数据的共享。赛场范围完全是一个内网,不增加用户任何的额外开销。

在 400 m 跑道的不同位置部署 2 个 RFID 传感器节点。一个在终点,称主测试节点。另一个距离终点 200 m,称从测试节点。每跑一圈,产生 2 个点的数据。干部体能达标考核 3 000 m 长跑时,共产生 16 个点的数据,并通过基于 WiFi 的 WSN 网络将 2 个 RFID 传感器节点信息汇聚起来,传送到中心计算机进行统一处理。

(4)通过辅助分析软件,且与优秀学员成绩加以比对,找出“为什么跑步成绩不理想,问题出在哪里”的症结所在,有针对性地进行训练,提高训练效果。

(5)电子标签采用独特的双环连接技术,用别针系于学员的后背。学员在跑步过程中,由于电子标签采用独特的双环连接,一方面可以在空中自由旋转,切割磁力线,获得额外的感应电动势,缩短感应器充电及读取数据时间,进一步保证了 RFID 的高识别率。另一方面,在空中自由旋转的电子标签,可以部分避开前后学员的遮挡,降低了电磁波的损耗,同时也缩短了感应器充电及读取数据时间。

### 3 结束语

本成果属于近场通信与计算机应用技术领域,针对学员中长跑训练或比赛缺少自动计时计圈系统、测试成绩时耗费大量人力财力等(军事)需求及不足,通过射频识别(RFID)和无线传感器网络(WSN)技术的使用,自动记录中长跑学员的跑步圈数、成绩,保证了比赛的准确性、可靠性和公平性。不仅如此,研究还提供了学员中长跑成绩的评估结果,借助于辅助分析软件,及时发现问题,找出差距,提升训练效果。本系统性价比很高,便于大范围推广。

本文立足于体育径赛自动记圈系统,对数据的采集与传输等方面进行研究,提出了利用现有 RFID 技术、WSN 来完成对数据的采集、处理和传输,从而

以非人工的方式对运动员行进的圈数实现自动统计。

本项目应用场合有 2 个。一是多学员的运动比赛和计时。二是用于日常训练,解决学员平时训练过程中缺少计时和评估的问题,通过辅助分析决策软件,及时找出和发现问题,有针对性地开展训练,使日常训练能够获得更好的效果。

本系统安装与测试手段简单,便于大范围推广。对于军事院校的学员尤其重要,也可应用于各种场合的运动计时比赛。目前预研工作已经完成阶段性的成果,样机在学院干体能测试 3 000 m 长跑中进行了应用,并取得了令人满意的成效。

### 参考文献

- [1] 徐济仁,陈家松,王可人,等. 基于虹膜识别和 RFID 的矿山人员安全管理方案[J]. 煤炭科学技术,2010,38(04):75-78.
- [2] 徐济仁,陈家松,易向军,等. 基于射频识别技术(RFID)的图书馆智能管理系统的设计与实现[J]. 电子技术应用,2009,35(05):137-140.
- [3] 徐济仁,陈家松,牛纪海. 射频识别(RFID)技术及应用发展[J]. 数据通信,2009(01):21-26.
- [4] XU Yangmin, XU Jiren, XUE Lei, et al. Improved safety management system of coal mine based on Iris identification and RFID technique [C]//2011 International Conference on Computers, Communications, Control and Automation, Hongkong: Intelligent Information Technology Application Society,2011:473-476.
- [5] ZHAO Xiaolan, RUAN Huailin, XU Jiren, et al. Research on sound intensity probe whose frequency band can be adjusted[C]// Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology. Harbin, China;IEEE,2011:1708-1711.
- [6] LIAN Tongli, XIE Minxiang, XU Jiren, et al. Modified BP neural network model is used for odd-even discrimination of integer number[C]//2013 International Conference on Optoelectronics and Microelectronics (ICOM).Harbin, China;IEEE,2011:67-70.
- [7] ZHAO Xiaonan, WU Zuguo, XU Jiren, et al. Generalized congruence neural networks and application in the fault diagnosis of rotary machine [C]//2011 International Conference on Fuzzy Systems and Neural Computing (FSNC 2011). Hongkong: Intelligent information technology application society,2011:173-176.
- [8] WU Dongsheng XIE Minxiang, XU Jiren, et al. Model and algorithm to determine standard value of detecting communication equipment[C]//2011 3<sup>rd</sup> International Conference on Computer Research and Development. Shanghai, China; IEEE, 2011: 278-281.