

基于无线传感器网络的运动训练系统^①

曹小虎 周晓芳 屈玉贵 (中国科学技术大学 电子工程与信息科学系 安徽 合肥 230027)

摘要: 根据体育训练的应用需求,利用无线传感网络技术设计了一种由嵌入式数据采集终端和数据库服务器组成的运动训练系统。硬件上设计了传感器节点和基站,实时采集运动员的运动参数。软件上设计了节点、基站控制软件及运动数据库管理系统,实现了对运动参数接收、存储、分析。并进行了系统实验,实验结果表明本系统满足体育训练的应用需求,为科学训练决策研究提供了有效工具。

关键词: 无线传感器网络; 体育训练; CC2500; Borland C++ Builder

Athletic Training System Based on Wireless Sensor Network

CAO Xiao-Hu, ZHOU Xiao-Fang, QU Yu-Gui

(University of Science and Technology of China, Department of Electronic Engineering and Information Science, Hefei 230027, China)

Abstract: According to the application requirement in sports training, a new athletic training system is designed by taking advantage of wireless sensor network technologies. It is composed of the embedded data gathering terminal and the database server. Designed with sensor nodes and base stations, the hardware can examine the real-time acquisition of the movement parameters of athletes. Meanwhile, nodes, based station controlling and data management software is designed, realizing its functions of data receiving, data storing and analyzing. Through system experiment, the result indicates that athletic training system meets the sports training need and provide an effective research tool for making scientific training program.

Keywords: wireless sensor network; sports training; CC2500; borland C++ builder

信息技术的迅猛发展,对竞争激烈的现代竞技体育产生了前所未有的影响,运用信息技术辅助运动员进行科学训练已成为现代竞技体育的重要标志。传统的体育训练方法中,主要由教练员负责观察和记录运动员的运动数据,并凭经验判断运动技术的合理性。这种的定性分析方法,存在着主观性强、误差大、易受干扰等缺点。将信息技术与传统训练方法、经验和历史训练数据的相结合,能够及时有效地获取运动员运动量化参数,并交由计算机进行统计处理,为精确的运动技术分析提供理论依据。

万众瞩目的北京奥运会不仅是一场成功的运动盛宴,更是信息技术完美展示的舞台。但是,我国信息

技术发展起步较晚,特别是在运动员训练数据实时监测网络的建立方面还处于起步阶段。作者以体育运动为应用背景,设计开发了低成本、实用化,基于无线传感器网络^[1-4]的运动训练系统,具有快速组网、无线连接和流动训练等诸多优点,实时监测运动员的运动参数,对提高训练的及时性和有效性有明显的优势。

1 系统的总体设计

图 1 为运动训练系统的总体构建示意图,运动训练系统以无线通信的方式监测运动员的诸多运动、生理参数,如速度、加速度、心电、血压等。集成不同类型传感器的节点可以被安装在运动员身体或运动路

① 基金项目:国家 863 计划项目(2007AA012Z428)

收稿时间:2010-03-17;收到修改稿时间:2010-05-04

径上,收集相关运动参数。并把这些参数通过射频模块发送到基站,基站通过内部管理软件,实现数据的收集和处理,并通过LCD屏实时显示。基站收集的运动数据可以长期存储到数据库系统为综合运动分析提供依据,并通过积累大量的优秀运动员的数据资料,构筑专家系统。

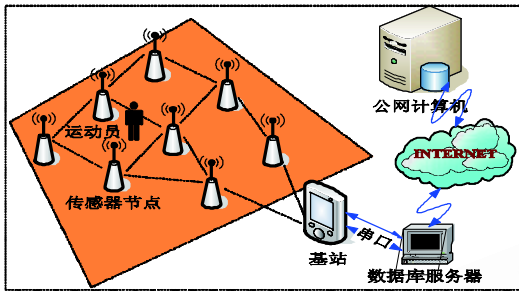


图1 系统结构示意图

2 系统的硬件设计

2.1 传感器节点

传感器节点的硬件结构^[9]主要由处理器模块、传感器模块、射频模块和电源模块等组成,图2为本系统传感器节点的结构设计框图。电源模块给整个节点提供稳定而准确的能源,是节点能否工作的先决条件。本节点需要的电压范围2.6~3.6VDC,设计采用2节AA电池供电。

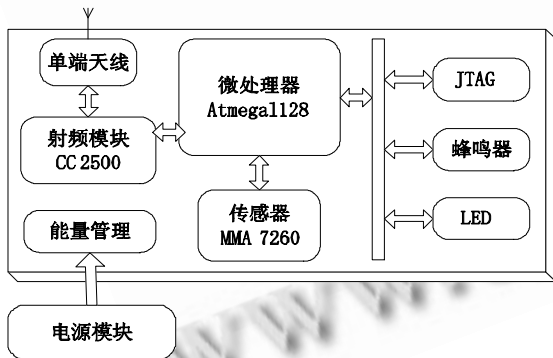


图2 传感器节点结构框图

选用 ATmega128 单片机为节点核心处理器。ATmega128 是一款基于 AVR 内核的低功耗 COMS 单片机。内部有 128KB 的程序 Flash, 4KB 的 RAM 空间以及 4KB 的 EEPROM。

传感器模块采用飞思卡尔公司的低功耗三轴电容式加速度传感器 MMA7260。MMA7260 采用了信号调理、单极低通滤波器和温度补偿技术。休眠模式下,

最低供电电流 3μA,满足节点低工耗的要求。传感器模块开发有扩展接口,能够根据需要安装不同类型的传感器。

射频模块选用 CC2500 射频芯片。CC2500 是一款工作在 2.4GHz 频段的射频收发器,在休眠模式时仅 0.9μA 的功耗,可以由外部中断或 RTC 唤醒系统,具有良好的无线接收灵敏度和强大的抗干扰能力。

2.2 基站

基站作为整个系统的控制和处理核心,具备网络唤醒、路由维护、数据处理、操作管理等功能,基站的硬件框图如图3所示。

与节点相比基站要求较高的处理能力和运行速度,并考虑到系统以后性能扩展的要求,设计中选择高性价比且具有丰富的片上资源的 ARM7 处理器 S3C44BOX 作为核心处理器。S3C44BOX 微处理器采用 0.25μm CMOS 工艺制造,工作在 66MHz,集成有 8KB Cache、外部存储器控制器、LCD 控制器等,特别适合对功耗敏感的应用场合。

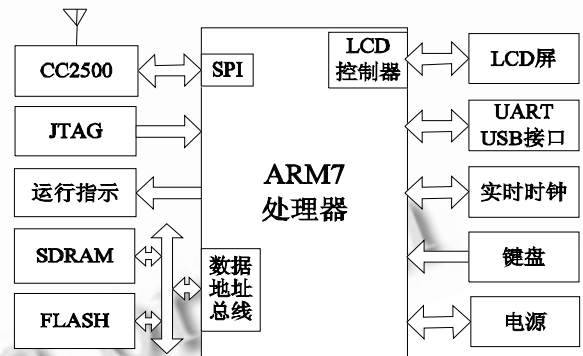


图3 基站硬件框图

射频模块还是选用 CC2500 射频芯片,可以统一传输协议,保证传输的可靠性。

选用 16Mbit 的 Flash(SST39VF160)和 2 块 64Mbit 的 SDRAM(HY57V641620)分别作为程序存储器和数据存储器,为基站提供足够存储空间。

选用 3.5 英寸 320*240LCD 屏,并基于 μC/GUI 开发图形界面,使基站能够作为手持设备,接受教练员的指令,控制整个传感器网络工作,在室内外各种环境中完成训练任务。

3 系统的软件设计

本系统将无线传感器网络与传统运动技术分析理

论相结合起来，通过基站控制前端传感器网络完成运动参数实时监测。系统软件设计主要包括节点软件设计、基站软件设计、运动数据库管理系统设计。

3.1 节点、基站软件设计

节点与基站均基于 $\mu C/OS-II$ 实时操作系统完成功能定制开发，根据两者的硬件结构和功能需求开发不同的硬件驱动和应用软件。 $\mu C/OS-II$ 操作系统是一个完整的、多任务、多进程的实时嵌入式操作系统，并且具有源代码开放、结构小、性能稳定、易于移植和开发等优点。基站与节点的工作流程图如图 4 与图 5 所示。

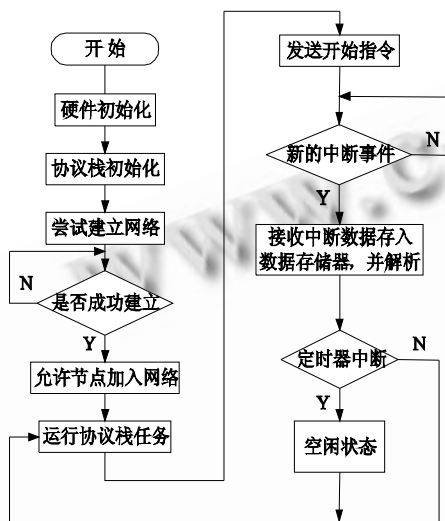


图 4 基站工作流程

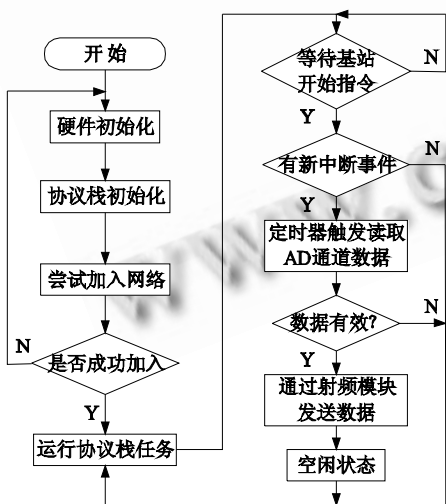


图 5 节点工作流程

基站程序启动后，通过函数 `Network_Init()` 创建一个网络，网络建立成功后允许节点加入网络。当发

现有节点未加入网络，基站发送广播报文，直至超时时间到或所有节点加入网络后，开始运行协议栈任务，向节点发送数据收集指令。通过中断程序对从节点接收到的数据和事件进行处理。

节点初始化成功后，调用 `Network_Join()` 函数向基站注册 ID 并申请加入网络。节点加入网络后，等待基站的指令开始采集数据，并完成数据判断、传送等功能。

3.2 运动数据库管理系统设计

数据库系统为一台具有以太网接口和 USB 接口的 PC 机，通过运行运动数据库管理系统详细分析和处理基站收集的运动数据。

选择了 `Borland C++ Builder 6` 作为运动数据库管理系统开发工具，运动数据库管理系统主要实现数据的接收、存储和分析，根据功能需求，分成 4 个模块如：

- (1) 数据接收模块：数据库系统与基站之间采用串口接口连接，在确认基站的连接请求后，接收数据，并根据自定义数据包协议完成数据解析。
- (2) 数据库存储模块：根据数据的采集顺序以及运动员编号，将测试数据存储到数据库相应属性字段中。
- (3) 数据统计分析模块：从数据库表中读取测试数据，绘制测试数据时间变化曲线，分析测试数据数学统计特性。
- (4) 参数设置模块：包括用户权限管理、运动员编号、测试节点个数、测试方式等参数设置，以满足不同的测试和训练要求。图 6 为管理软件主界面。

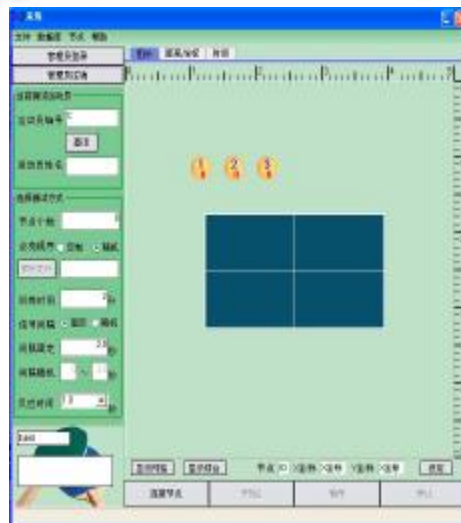


图 6 管理软件界面

4 实验结果

实验中测试本系统节点间无线通信数据碰撞率、丢包率, 电流消耗、功率消耗, 表 1 为通信实验统计结果。同时测得节点在不同发射功率下的电流消耗和在不同工作模式下的功耗如表 2、3 所示。

测试和应用结果表明本设计较好地实现了节点的微型化, 低功耗, 灵活性和扩展性等设计目标。

表 1 节点通信实验统计

节点	发送数据包数	丢包数	碰撞次数	碰撞率 (%)	丢包率 (%)
1	2826	00	42	1.49	0.0000
2	2798	01	38	1.36	0.0357
3	2832	00	46	1.62	0.0000
1	8563	02	156	1.82	0.0234
2	8571	01	172	2.01	0.0117
3	8493	01	161	1.90	0.0118

表 2 节点在不同发射功率下的电流消耗

CC2500发射功率 /dBm	通信距离/m	节点消耗电流/mA
0	64.5	90.8
-1	58.9	89.3
-3	51.7	88.2
-5	43.6	87.1
-7	36.9	86.2
-10	29.3	84.8
-15	26.4	84.1

表 3 节点在不同工作模式下的功耗

工作模式	功耗/mW
处理器掉电模式	19.7
处理器空闲模式	53.8
处理器活动模式 (最小工作系统模式)	132.5
接收模式	228.6
传感模式	185.2
发送模式 (最小发送功率)	197.3
发送模式 (最大发送功率)	223.9

5 结束语

本系统将无线传感器网络技术应用于运动员的运动训练过程, 设计和开发性能好、价格低的运动训练系统。采用无线传感器网络技术来设计运动训练系统显著改善系统的性能, 不仅很好地实现了训练模式与过程的自动控制, 更极大地支持各种室外运动场地中训练需求, 组网灵活。可以预计无线传感器网络的广泛应用是一种必然的趋势, 而将其用于体育训练由于具有技术新、低成本、便于操作、实时性好、携带方便等优点, 将会有非常好的应用前景。

参考文献

- 1 Akyildiz IF. A survey on sensor networks. IEEE Communications Magazine, 2002,40(8):102—114.
- 2 Omer K, Mattern F. The design space of wireless sensor networks. IEEE Wireless Communications, 2004,11(6): 54—61.
- 3 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感器网络. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- 4 王益祥, 吴林, 段俊丽. 基于无线传感器网络的微灌监控系统研究. 测控技术, 2009,(3):64—67.
- 5 王庆华, 屈玉贵, 赵保华, 洪飞. 无线传感器开发系统的设计及实现. 电子技术应用, 2006,(6):37—39.