

基于无线传感网的老人监护系统^①

朱倩霞, 朱寒阳, 邵磊

(浙江工业大学 信息工程学院, 杭州 310023)

摘要: 通过对老人监护问题的需求分析, 设计一套基于无线传感网的监护系统。本系统设计了便携式的心电检测仪, 实时采集被监护对象的心电信号, 并采用嵌入式零树小波变换算法实现心电数据压缩; 同时, 构建无线传感网络, 利用基于 RSSI 的三点定位算法实现对被监护对象的定位。最后, 将心电数据和位置信息通过无线路由传至监护中心的终端软件, 供分析、显示和记录。实验表明, 该系统能较好地完成心电信号检测及定位功能, 有助于医疗人员实施老人监护工作。

关键词: 无线传感网; 老人监护; 心电监护

Elder Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks

ZHU Qian-Xia, ZHU Han-Yang, SHAO Lei

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: A monitoring system based on wireless sensor network is designed in order to solve the problem of elder monitoring. This project has designed a wearable ECG monitoring module to collect the real-time data of ECG signal, and uses the Embedded Zero tree Wavelet ECG compression algorithm to compress the ECG data. It builds a distributed wireless sensor network, and uses the three points location algorithm to achieve the positioning tasks of the elders. Then the system sends the physiological data and the location message to the software on monitoring center to analyze, display and record. The routing line is selected through analyzing the calculated results. The experimental results show that this system performances excellently in ECG tests and positioning tasks of the elders. Therefore, it contributes to the monitoring of elder, and meets the demand of aging.

Key words: wireless sensor networks; monitoring of elder; ECG monitoring

据第六次全国人口普查数据显示, 我国现有老龄人口 1.79 亿, 占总人口数的 13.26%, 已经进入人口老龄化快速发展时期。据统计, 每年老人因心肌梗塞、脑血栓等急性病抢救不及时病逝的有几百例, 老年人的安全监护问题越来越受到社会的关注。

随着无线传感网技术(WSN)的快速发展, 其在远程医疗领域的作用受到越来越多的重视。美国哈佛大学医学院的 Codeblue 项目^[1], 利用无线传感技术开发了一系列的医疗保健设备。罗彻斯特大学的科学家使用无线传感技术构建智能医疗房间^[2], 使用节点来测

量居住者的重要体征参数。哈尔滨理工大学、浙江大学等国内高校也已经开展了无线传感网在医疗领域的研究工作^[3-8]。

本文针对老年人的监护问题, 设计了一套基于无线传感技术的老人监护系统, 实现对被监护对象的心电检测、异常报警及区域定位功能。

论文其余部分安排如下: 第 1 部分, 介绍系统的整体架构设计; 第 2 部分, 从硬件结构和软件处理两个方面对心电监测功能的实现展开介绍; 第 3 部分, 分析定位及通信原理, 介绍其实现过程; 最后是实验测试结果与总结。

^① 基金项目:国家自然科学基金(60974017);浙江省自然科学基金(Y1110484);2010 年浙江省新苗人才计划(2010R403009)

收稿时间:2011-08-22;收到修改稿时间:2011-09-18

1 系统架构设计

本系统使用 WSN 技术, 借鉴了国内外远程医疗监护研究经验, 设计了如图 1 所示的系统架构, 其中 E1、E2 代表用户随身佩戴的心电参数感知节点, R1、R2、R3、R4 代表固定分布的定位锚节点, Q1 代表基站中心接收节点。本系统主要由数据采集节点、信标节点以及监护基站 3 部分组成。

数据采集节点实时采集用户的心电信息, 并进行分析, 当判断出异常时触发周围的信标节点对被监护对象进行定位。信标节点主要负责两方面的工作: 数据传输和区域定位。区域定位由三点式分布定位算法实现, 数据通过无线网络路由以最优路径传输给基站节点。基站节点接收心电信息和网络布局信息, 上传到与之相连的监护中心。监护中心的监控软件将对数据进行分析、展示并存储到数据库中。

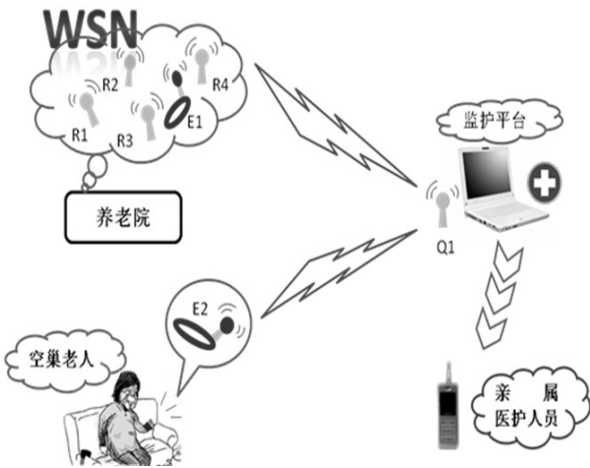


图 1 系统示意图

本系统具有快速、便捷、高效的特点, 可以实现对空巢老人和养老院老人身体状况的实时监护。当被监护者身体状况出现异常时, 例如老人心率小于 50 次/分或大于 100 次/分, 系统产生报警信号, 促使监控中心及时采取施救措施, 并根据实际需要把相关警示信息以电话或短信方式通知被监护者家属。

2 心电监测功能实现

心电监测功能的实现主要通过可佩戴的生理传感器节点(physiological sensor node)实时采集生理数据, 将生理数据通过预置在养老院中的信标节点转发到监护中心基站节点。

2.1 心电信号采集模块的硬件设计

心电信号幅值在 0.05-4mV, 频率在 0.5-150 Hz。检测中存在电极片与人之间的极化电压、50Hz 工频干扰、仪器内部噪声和仪器周围电磁场等干扰, 因此其硬件电路的抗干扰设计非常重要。本模块采取的心电信号处理流程如图 2 所示。

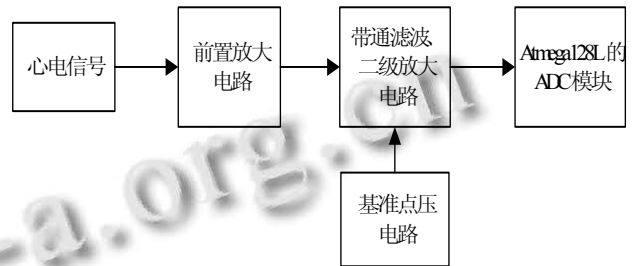


图 2 心电传感板电路框图

针对采集到的心电信号比较微弱且存在大量干扰的问题, 本系统设计了具有高增益(Gain)、高输入阻抗(Input Impedance)、高共模抑制比(CMRR)、低温漂(Offset Drift)等特点的心电信号采集电路, 硬件架构如图 3 所示。

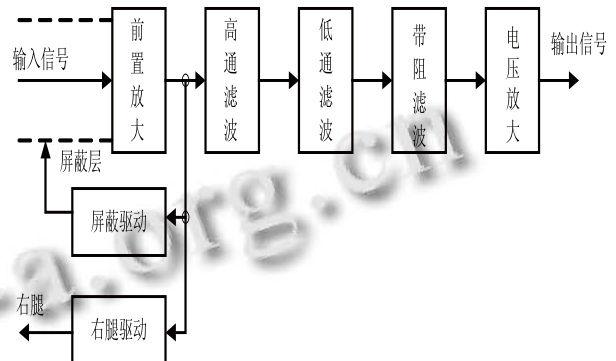


图 3 硬件系统架构流程

针对心电采集系统中产生的噪声, 本系统设计了 50Hz 工频滤波器消除相应的干扰, 设计了数字滤波器消除基线漂移的干扰。

系统综合考虑了节点的体积、处理能力、功耗及性价比等问题, 选择 Crossbow 公司的 MICAZ 节点作为传感器节点, 并集成心电采集模块。利用其内置 ADC 对调理后的心电信号进行采集, 在嵌入式 TinyOS 操作系统下, 对采集的心电信号数据进行除噪, 并将数据编码压缩, 经无线网络将心电数据通过节点发送至监护中心的监控软件。

2.2 心电数据的压缩处理

针对采集数据量比较大的问题，本系统利用基于嵌入式零树小波变换(EZW)的心电压缩算法，提高数据的压缩率。EZW 压缩算法流程如图 4 所示。

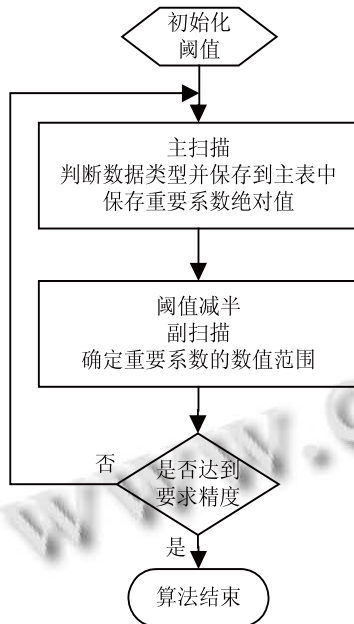


图 4 EZW 压缩算法流程

在上位机中对传输上来的压缩电信号数据进行解压、还原，并对数据进行光滑处理。利用 Mexico hat 小波函数对还原的心电数据进行小波分解，并提取出 QRS 特征值，以及对相关波形进行定位检测判断，描绘出心电图。

试验证明，该方法可以减少数据冗余度，减少通信量，从而有效地降低系统的总功耗，能够满足数据的实时性要求。

3 数据传输及定位功能

利用基于无线传感网络的定位技术^[9-12]，对被监护对象进行快速定位。通过 RSSI 的测距方式，实现对被监护对象位置信息的采集，并结合心电模块，通过无线传感器网络将位置信息和身体状况传回监控平台。

3.1 节点间通信

节点间的通信是构成系统网络的关键部分，也是实现定位功能的基础。系统选用 MICAZ 节点作为传感器节点，该节点是专为基于无线传感器网络测量系统设计的。

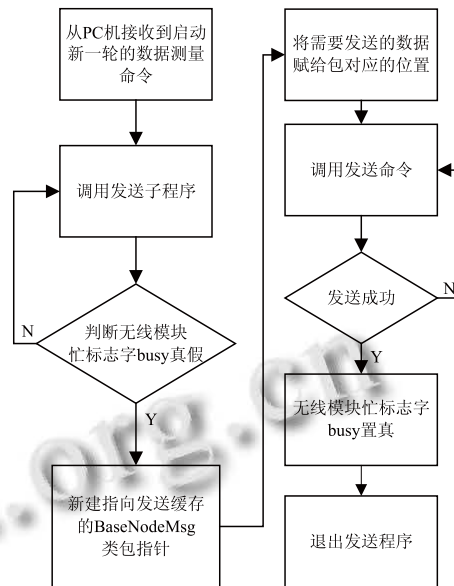


图 5 基站发送命令给其他节点流程图

基站发送信息给其他节点的通信流程图如上图 5 所示。基站节点一直工作在广播方式，其余节点工作在只发送信息给基站节点的定点发送方式。

无线传感器网络中节点资源的有限性决定了组网过程应尽量保持各节点间的能耗均衡，以保证网络的最优连通性。根据应用场所的不同，为更合理地利用网络平台，本系统采用不同的拓扑结构。

在家庭环境下，由于区域较小，采用星型网络。该拓扑结构由心电采集节点 E 和信息转发节点 C 组成。节点 E 直接和节点 C 进行双向通信，该结构具有控制简单、实时性能好、布网成本低、网络功耗低等特点，很适合在家庭环境使用。社区中转节点基于低功耗、路由简单有效的原则进行分布，实时向监控中心传送信息。

而在养老院等环境较复杂的户外环境，星型网络显然不能够满足需求，本系统在这些场所使用树形网络，如图 6 所示。

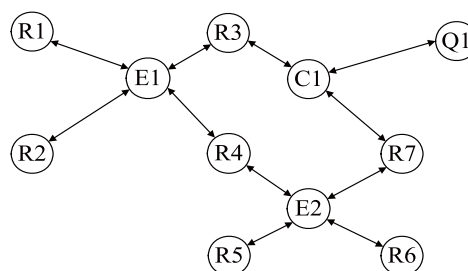


图 6 养老院树形网络

该结构由数据采集节点 E、定位节点 R 和中转节点 C 组成, 这种静态网络具有范围广、路由算法简单、数据传输较快等特点, 能够实现对老人的区域定位及数据的准确实时传送功能。在本系统规划中, 针对养老院等场所, 老人身上佩带可穿戴式心电采集节点, 构成无线传输平台。

3.2 定位功能实现

经过对养老院环境及定位要求的分析, 本文在区域三边定位基础上, 采用了分布式三点定位方案。将养老院户外环境划分为若干区域 A-P, 如图 7 所示简化模型, 其中 1-25 代表分布在养老院中的定位节点 ID 号。

假定未知节点位于 F 区域, 则只需 F 区域中 7、8、12、13 四个锚节点能接收到 RSSI 信号就能满足系统区域定位的要求, 即 RSSI 阈值 M_i 值大于锚节点之间距离 R_M 。

假定未知节点 X 位于某区域, 当 X 节点发出警示信息后, 检测到 RSSI 值大于阈值 M_i 的锚节点被唤醒, 继续进行 RSSI 值检测。未知节点 X 建立数组 $R[]$ 用于存放接收到的 RSSI 值和各个值对应的节点 ID 号。对数组 $R[]$ 进行排序, 找出 3 个 RSSI 值最大的锚节点, 设对应的节点 ID 号分别为 a、b、c。即:

$$MAX[3](R[]) = \{a, b, c\}$$

由于 RSSI 检测值大小与距离成对数关系, 根据三个 RSSI 最大值节点的 ID 号 a、b、c 即可定出未知节点区域。在图 7 中, a、b、c 依次为 7、8、12, 则可得老人所在区域为: F。

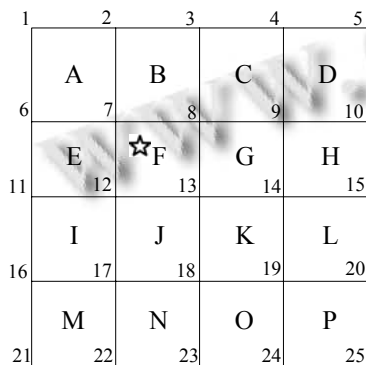


图 7 养老院简化图形

作为标志位, 在不同区域, 以不同的路由将区域号以及心电信息发送到监护中心。路由协议由 matlab 仿真在上位机上模拟以及实际测试中所得的数据得出最优路径之后预先存放在心电节点中, 故当未知点在各区域内时都存在固定的一条或两条路由路径将信号包传回总控制中心。

如上图 7 所示: 假设监护室在 13 位置, 如果未知节点 (即被监护的老人) 出现在 A 区域, 则选择 $x \rightarrow 12 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 13$ (监控室); 如果出现在 J、K 或 N 区域, 则由未知节点 $x \rightarrow 18 \rightarrow 13$ (监控室)。为了防止路由传输信号出错或者丢失, 可以多增加一条路由路径。比如当未知节点在 A 区域时, 则可以再选择一条路由路径: 未知节点 $x \rightarrow 7 \rightarrow 12 \rightarrow 13$ (监控室)。未知节点上的信号包通过两条路由路径分别发送, 则监控室可以很准确的接收到信息包。与先计算未知节点和锚节点之间进的多跳路径, 再传输到监控室的方法相比, 此方法能减少计算量和通信消耗, 并能更快的传输信号包。

4 实验测试结果

将无线心电检测仪携带于老人身上, 当其检测到老人身体状况出现异常时, 发出报警信号, 触发老人身上的基节点, 向周围环境发出广播信号, 唤醒分布在周围环境中的锚节点对老人进行区域定位, 并立即通过固定的路由路径将位置信息和身体状况传回监控中心, 系统实测如图 8 所示。



图 8 系统实测示意图

3.3 通信路径

将定位节点所得的区域号放入数据包中, 以 ID 号

监控中心电脑与基站相连, 实时传回信息。当老人出现意外时, 在监控中心的上位机上发出报警信号,

并显示出当前老人的身体状况及位置信息,如图 9 和图 10 所示,使监控中心在第一时间作出响应,派医护人员及时前往救援,确保救援的及时性。

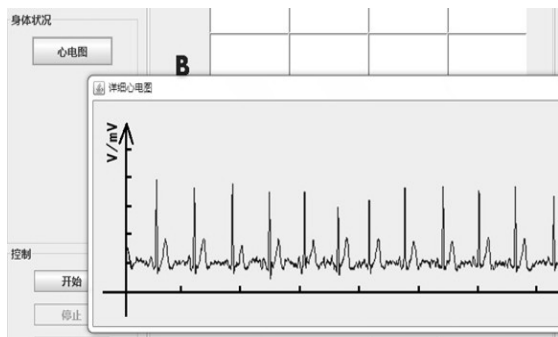


图 9 实测心电图上位机显示

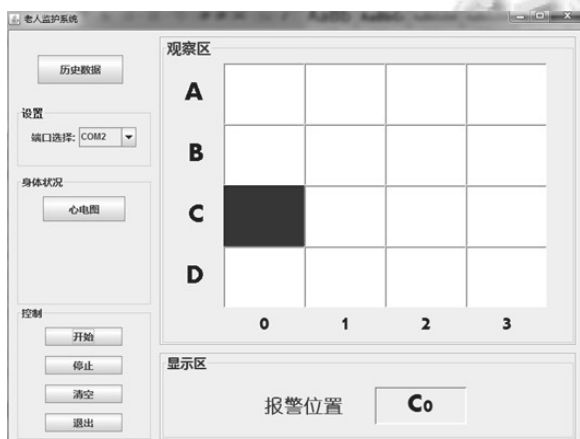


图 10 出现报警信号的界面显示

监护软件还具有建立老人生理数据库的功能,便于医护人员进行一段时间内老人身体状况的分析,如图 11 所示。

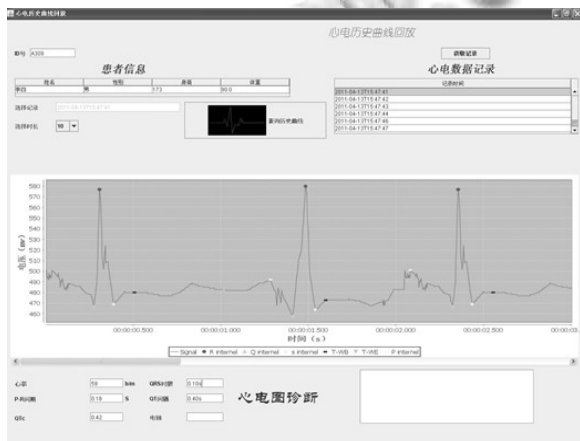


图 11 心电历史数据

上述测试结果表明,设计的心电节点能较好地实现心电数据的采集及处理,并能结合传感器节点完成报警及定位功能。整个老人监护系统在数据采集及数据管理分析等方面已达到应用要求。

5 结论与展望

随着人口老龄化的发展,社会保障制度迫切需要从被动的医疗医护模式转向“治疗为辅,预防为主”的主动模式,本项目利用无线传感网的低能耗、低成本、适应性强等优点,可用于各种地形和环境,且无线网络技术应用方便、可靠。利用心电检测模块的监护功能,能实时进行检测,且检测数据可靠,能很好的实现老人监护的功能。在此基础上利用基于无线传感网的定位技术,可以将本系统用于养老院的老人监护;建立社区无线传感器网络,此系统又可用于对空巢老人的监护。对于被监护老人来说,无线技术对老人日常生活没有任何限制,老人可自由活动,设计比较人性化,能较好的被老人接受。应用此系统,能很好的缓解社会老龄化带来的老人监护问题,同时也可以缓解子女的生活和工作压力,具有良好的社会前景和经济效益。

本系统已基本实现,但是向应用性更强的产品化发展,还有待进一步研究和改进,主要考虑以下几个问题:

- ① 多功能的生理参数采集节点,例如:血压,血氧等,做到全方位监护。
- ② 自适应的路由算法,在整个系统中,可能会出现某些节点故障,或者低电情况,此时整个网络需要跳跃故障节点继续传输,保障网络的稳定性。
- ③ 建立老人生理参数数据库,供监护人员数据分析和历史查阅。

参考文献

- 1 Malan D, Fulford-Jones T, Welsh M, et al. Codeblue: an ad hoc sensor network infrastructure for emergency medical care. Proc. of the International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks. Boston, USA, 2004.
- 2 Pan JL, Li SP, Wu ZL. Towards a novel incommunity healthcare monitoring system over wireless sensor networks. Proc. Internet Computer in Science and Engineering. Harbin, China, 2008:160-165.

(下转第 62 页)

对短信分片,选取计算特征值,进行快速的短信定位过滤,并采用位向量法和编辑距离算法计算短信间的相似度,同时确保短信过滤匹配算法的高效性和正确性。

该算法需要对种子短信库进行初始化,保存种子短信的特征值及索引,使用了额外的内存空间,但通过特征值过滤机制,有效的减少了短信匹配次数,提高了海量短信过滤匹配的速度。因此,从实际应用的角度出发,本算法为短信营销业务的推广和扩大提供了一种高效的、可行的短信过滤匹配方案。

参考文献

- 1 廖建新.移动智能网技术的研发现状及未来发展.电子学报,2003,31(11):1725-1731.
- 2 车万翔,等.基于改进编辑距离的中文相似句子检索.高技术通讯,2004,14(7):15-19.
- 3 邹旭楷.汉字/字符串编辑距离和编辑路径的有效求解技术.计算机研究与发展,1996,33(8):574-580.
- 4 王斌,等.支持块编辑距离的索引结构.计算机研究与发展,2010,47(1):191-199.
- 5 薛晔伟,等.一种编辑距离算法及其在网页搜索中的应用.西安交通大学学报,2008,42(12):1450-1454.
- 6 李彬.计算字符串相似度的矩阵算法.现代电子技术,2007,30(24):106-111.
- 7 Levenshtein VL. Binary codes capable of correcting deletions, insertions and reversals. Doklady Akademii Nauk SSSR, 1966,163(4):707-710.
- 8 Zhang YT, Liao JX, Zhang TY, Zhu XM. A novel method for the short message or multimedia message synchronization. Second International Conference on Wireless and Mobile Communications. 2006.10.
- 9 孙德才等.基于匹配区域特征的相似字符串匹配过滤算法.计算机研究与发展,2010,47(4):663-670.
- 10 陈开渠,赵洁,彭志威.快速中文字符串模糊匹配算法.中文信息学报,2004,18(2):58-65.
- 11 赵作鹏.一种改进的编辑距离算法及其在数据处理中的应用.计算机应用,2009,29(2):424-426.
- 12 Levenshtein VL. Binary codes capable of correcting deletions, insertions and reversals. Doklady Akademii Nauk SSSR, 1966,163(4):707-710.
- 13 Lowrance R, Wagner RA. An extension of the string to string correction problem. Journal of the ACM, 1975,22(2):177-183.
- 3 潘巨龙,李善平,吴震东.基于无线传感器网络的社区保健监测系统.中国计量学院学报,2007,18(2):136-150.
- 4 唐明霞,王秋光.独居老人无线监护系统用户端的设计.哈尔滨理工大学学报,2006,11(6):49-52.
- 5 郑凯,赵宏伟,张孝临.基于 Zigbee 心电监护网络的定位系统的研究.仪器仪表学报,2008,29(5):1000-1005.
- 6 刘自立,许剑,陈金水,等.基于无线片上系统技术的心电监护系统的设计与开发.中国科技论文在线,2009,4(1):69-74.
- 7 潘健勇,董齐芬,潘浩,俞立.基于无线传感网的远程心电监护系统研究与设计.东南大学学报(自然科学版),2010,(S1):161-171.
- 8 Lee S, Lee M. A real-time ECG data compression algorithm for a digital holter system. Proc. Engineering in Medicine and Biology Society. Vancouver, Canada, 2008:4736-4739.
- 9 Li NQ, Li P. A Range-Free Localization Scheme in Wireless Sensor Networks: Knowledge Acquisition and Modeling Workshop. 2008:525-528.
- 10 Simic SN, Sastry S. Distributed localization in wireless Ad Hoc networks, UCB/ERL/M02/26, 2002.
- 11 He T, Huang C, Blum BM, et al. Range free localization schemes for large scale sensor networks. Proc. of the 9th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobi Com). San Diego, CA, 2003:75-100.
- 12 Patwari N, Ash JN, Kyperountas S, et al. Locating the nodes cooperative localization in wireless sensor networks. IEEE Signal Processing Magazine, 2005,22(4):54-69.

(上接第41页)