

基于 ZigBee 技术的远程医疗监护系统

杨叔颖

(郑州大学第一附属医院信息处 郑州 450052)

〔摘要〕 介绍 ZigBee 技术特点, 提出构建基于 ZigBee 技术的嵌入式远程医疗监护系统, 阐述系统功能、结构、关键技术实现, 包括无线定位、无线数据传输、生命体征传感器设计, 测试生命体征实时监控效果, 指出该系统有助于优化医务工作者采集数据的过程以及患者就医流程。

〔关键词〕 远程医疗; ZigBee; 医疗监护系统

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2018.12.005

Remote Medical Monitoring System Based on ZigBee Technology YANG Shuying, Department of Information, The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

〔Abstract〕 The paper introduces characteristics of the ZigBee technology, sets forward the building of the embedded remote medical monitoring system based on ZigBee technology, elaborates on the system functions, structure and realization of key technologies, including wireless positioning, wireless data transmission and design of the vital sign sensor, tests the real-time monitoring effect of vital signs, and points out that the system is conducive to the optimization of the data collection procedure of medical staffs and patients' process of seeking advice from a doctor.

〔Keywords〕 remote medical; ZigBee; medical monitoring system

1 引言

随着我国国民经济水平的迅速提高, 先进的医疗设备也不断地发展并应用到临床诊断中, 提高医疗技术水平。目前医疗监护系统在临床中得到广泛应用, 利用传感器采集特定的生理参数, 再通过线缆将数据传送到监控中心, 是一种固定的医疗监测方式, 但由于传感器线缆长度限制, 需要患者在检测设备旁, 限制其行动自由, 较长时间的数据采集还会增加心理压力, 增加紧张情绪, 进而导致采集

数据异常造成假象, 影响医生对患者身体情况和病情的判断。

远程医疗作为一种新的技术手段和医疗模式, 可以远程、实时、连续、长时间地监测患者生理体征等参数, 对于提高医疗技术水平, 加快病情诊断和康复都具有重要作用^[1]。近年来 ZigBee 技术在医疗领域的发展以及无线传感器网络的出现为医学监护研究注入新活力。本文提出基于 ZigBee 技术的嵌入式远程医疗监护系统, 其采用远程无线传输与生理传感器数据检测的方法, 可对在家庭和社区对被监护对象进行实时监控, 使被监护对象能够拥有较多的自由活动空间, 在获得较准确测量指标的同时也得到更有效的监护。

〔收稿日期〕 2018-09-04

〔作者简介〕 杨叔颖, 工程师, 发表论文 4 篇, 参编专著 1 部。

2 短距离无线通信技术

2.1 比较

为适应科学技术的进步，短距离无线通信技术作为设备间数据交互的手段深受广大用户欢迎，常见的 Wi-Fi、蓝牙、ZigBee 技术等都因其特点和优势应用于不同领域^[2]。在远程医疗中对患者的生命体征数据进行实时有效监控需要确定其中最适合的通信方式。不同技术比较，见表 1。可以看出，虽然 Wi-Fi 具有高带宽和高数据传输的特点，但也存在高功耗和安全隐患，导致监控生理参数的可穿戴设备很少应用此技术。蓝牙和 ZigBee 技术都是基于 802.15 标准，但主要应用于移动手机等个人设备。而 ZigBee 由于功耗低、时延短以及自组网能力强的优势，在传感器数据的采集和控制数据的传输上更能满足目前医疗监护的需求。

表 1 短距离无线通讯技术的比较

规范	Wi-Fi	蓝牙	ZigBee
物理层标准	802.11	802.15.1	802.15.4
功耗 (mW)	10-50	20	5
节点连接数	255	7	2 ¹⁶ ~2 ⁶⁴
带宽 (Kbits/s)	10 000	720	20-250
安全性	低	高	中等
传输速度	54Mbps	1Mbps	100Kbps
适用领域	无线局域网	个人网络	智能家居 传感器网络 工业控制

2.2 ZigBee 技术特点

一是功耗极低。ZigBee 节点有多种节电工作模式且常处于休眠状态，因此能量消耗很慢。二是数据传输时延短和速率低。ZigBee 响应速度很快，通常时延在 20 毫秒左右，且其专注于低速率传输数据的应用要求，最高传输速率为 250 Kb/s^[3]。三是自组网能力以及自愈能力强。ZigBee 节点可以很快适应网络的动态变化，无需任何基础设施辅助，自

动对网络拓扑进行调整。同时可以通过邻居节点的位置确定整个网络的连接关系，自动建立结构化网络。四是数据传输安全可靠。ZigBee 技术采用鉴权以及数据完整性检测功能，在传输数据过程中采用 CSMA-CA 碰撞避免技术，很好地解决设备在网络中使用信道时的冲突^[4]。ZigBee 技术是一种双向高可靠的无线网络技术^[5]，其弥补传输时延短、低成本、低复杂度以及低速率等无线通信领域的空缺，使其成为无线传感器网络最佳的选择。

3 远程医疗监护系统

3.1 概述

远程医疗监护系统是融合现代通讯、医学、信息处理以及传感器技术的新型监护系统，其弥补传统医疗监护系统的不足，有效提高医护人员工作效率，改善现有医疗水平，为医疗监护研究注入新活力。监护系统在 ZigBee 技术的基础上利用自组网和多跳路由的方式对患者的生命体征数据进行实时监控，同时实现信息实时动态显示，便于医生在第一时间了解病情，采取必要的治疗措施。

3.2 功能

主要包括生命体征数据采集、无线定位、数据传输、数据处理等。其中数据采集功能采用模块化方式，由 A/D 采样电路、信号调理电路以及医学传感器组成。

3.3 结构

远程医疗监护是一个整体系统，由监控中心、ZigBee 节点及其之间的通信网络组成。监测节点能够实时向协调器传送模块采集到的患者生命体征数据，当网关接收到数据时会按照既定格式通过医院局域网络显示在专业医疗人员使用的终端上，医疗工作者根据收集到的数据决定对患者采用的治疗措施，从而实现远程医疗。医疗监护系统结构，见图 1。

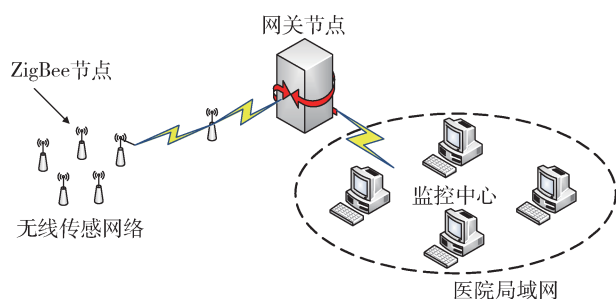


图 1 医疗监护系统结构

4 关键技术实现

4.1 无线定位与无线数据传输

4.1.1 无线定位 医院在为住院患者提供医疗护理的同时对患者位置的监管也十分重要，当突发紧急情况时需要首先确定的就是患者的位置信息，才能及时针对患者病情采取一系列急救措施。尤其是在患者单独行动时，当系统接收到生命体征波形超出预定的报警阈值时需要快速通过节点定位算法找出患者位置，从而保障其安全，甚至在危急时刻挽救其生命。节点的定位是指借助区域内有限已知节点的位置信息，通过定位算法确定待测节点位置信息的过程，而不需要直接利用硬件来获取节点的方位信息。基于 ZigBee 技术的定位系统包括待测节点、锚节点、协调器节点等设备^[6]。待测节点为患者佩戴的传感器节点；锚节点也称信标节点，是静止、已知位置的节点，被预先放置在固定位置上，为其他节点提供定位参考；协调器节点主要用于数据的中转以及网络的配置和建立。当需要定位到某个特定患者时，首先由患者佩戴的传感器节点向网关发送要求加入网络的请求，一定时延后待测节点向附近的锚节点发送位置请求广播，锚节点在收到后将自身位置坐标等数据信息一同发送给待测节点，在收到足够多个锚节点的位置信息后可以通过定位引擎实时计算出其位置坐标，从而完成定位。

4.1.2 无线数据传输 (1) ZigBee 的数据采集。其功能主要是通过传感器设备向无线传感器的网关节点传输患者多项生命体征参数^[7]。基于 ZigBee 技术的远程医疗监护系统是多层次的网络体系结构，在该网络中每个独立的节点是最小的构成单元，

ZigBee 网络结构，见图 2，可划分为星型、树型、网状型网络^[8]。每个节点又根据网络中承担的功能和作用不同，定义路由器、协调器以及终端节点 3 种设备。这 3 个设备通过单跳或多跳的方式与区域内其他节点进行通信，共同协作完成整个任务。其中路由器主要负责路由消息的传递，协调器主要用于配置和建立网络，终端节点主要将采集到的数据发送给协调器以及接受协调器发来的命令并执行。

(2) 3G 数据传输。考虑到各个传感器节点采集信息后汇聚的信息量较大，因此系统采用 3G 无线通讯技术，将 ZigBee 网关节点所收集到的患者生理参数通过 3G 网络发送至医疗监护信息平台。3G 数据传输流程，见图 3。

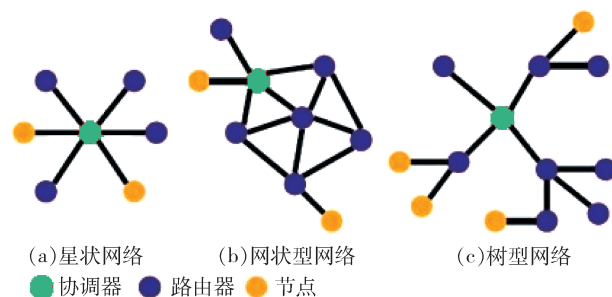


图 2 ZigBee 网络结构

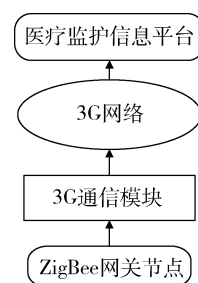


图 3 3G 数据传输流程

4.2 生命体征传感器设计

4.2.1 心率监测模块 主要由圆筒、光敏发光二极管以及红外发光二极管组成^[9]，心率传感器，见图 4。其主要工作原理是利用指套式传感器，通过光电容积脉搏波进行脉搏测量。当手指放入圆筒，光束照射到指端皮肤时产生光电效应。光束将通过投射或反射的方式传送到光电接收器中，由于心脏压送不同指间微血管内的血流量不同，其透光率也

就不同^[10]，光接收器接受的光的强度也会随之呈现脉动性变化，这样就将人体的脉搏转换为相应的脉搏电信号，便于检测。因此是一种无创的监测方法。

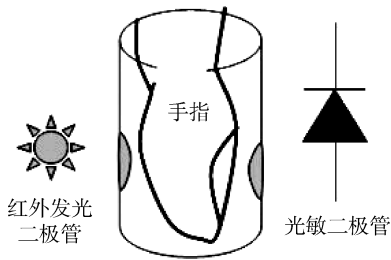


图 4 心率传感器

4.2.2 脉搏监测模块 脉搏中蕴含着大量的人体病理生理信息，具有重要的研究意义。脉搏传感器用来检测动脉搏动时产生的信号数据，包含如半导体应变式传感器、集成化脉搏传感器、多普勒效应传感器等多种用于人体微弱信号测量的传感器。针对信号频率低且易受干扰的特点，提出低漂移、低噪声、高共模抑制比、高输入阻抗的信号调理电路设计要求。在脉搏信号的采集过程中，由于信号微弱且容易受到噪声干扰，需要进行进项滤波、放大、比较、整形等处理。基于脉搏信号的上述特征，本研究设计的脉搏信号调理电路由滞回比较电路、限波电路、低通道滤波电路、适调放大电路组成，脉搏信号调理电路原理，见图 5。滞回比较电路的输出端信号送入 CC2530 的 P0.1 口进行 A/D 转换并完成后续处理。

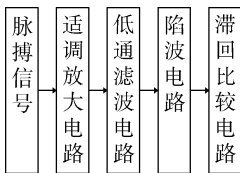


图 5 脉搏信号调理电路原理

4.2.3 体温监测模块 体温监测电路由精密电阻和高精度 NTC 热敏电阻构成^[10]。通过便携式检测设备 ZigBee 芯片的 A/D 转换通道测出监测点电位，分析出电阻阻值变化，再利用分段的线性化公式以及热敏电阻 R - T 的关系表得到相对应的温度。

5 生命体征实时监控测试

5.1 测试方案（表 2）

表 2 生命体征实时监控

名称	生命体征实时监控
说明	以无线传感器网络为技术支持，通过无线方式将病房患者的心率、体温等信息定时发送给监测系统，测试生理数据实时监控功能
测试流程	(1) 设备每间隔 5 秒上传生命体征数据；(2) 打开界面，选择查看被监控的患者；(3) 检查患者生命体征数据和波形是否持续实时更新；(4) 当有异常数据被上传时，检查系统是否报警
异常事件	出现一定延迟

5.2 测试结果

系统可以实时、完整地显示出患者的各项生命体征数据，通过连续的波形图像动态跟踪患者病情的发展和演变。在测试过程中当系统接收到异常数据或生命体体征波形超出设置的报警阈值时，系统会立即对异常体征数据通过声音和短信的形式告知监测人员，将患者所在的位置信息标识在电子地图上便于快速定位。当监测人员发现有系统报警后，及时查看该异常患者的监控界面，以便分析原因并采取必要的急救措施。而测试过程中出现的异常事件则是因为设定的时间间隔引起。

6 结语

本文探讨的远程医疗监控系统是一种基于 Zig-Bee 无线传感器网络、面向家庭单元和居民社区的新型监护系统。该系统实现对患者人体心率、脉搏、体温的远程动态监测和报警，彻底改变医院传统的人工测量方法，可以使患者在家中实现远程监护、医疗和健康咨询等，最大程度减少医务工作者采集数据的繁琐过程，优化患者的就医流程。

（下转第 28 页）

形式对全院网络的安全情况进行评估,展示并说明网络中存在的风险业务、风险用户、攻击、后门等问题,方便领导了解全院网络总体安全情况。

5 应用效果

一般情况下如果大量终端未同时出现症状,医院管理员很难发现内网中存在的攻击,如基于“永恒之蓝”漏洞发展的变种病毒,目前变种形式已经越来越多,有些只是潜伏在内网中,不会造成大规模明显的不良反应,不易被发现。而通过安全态势感知系统能很容易地发现网络中各种攻击,了解具体攻击程度,使医院系统在未出现大规模中毒之前将病毒提前清理掉。在构建安全态势感知系统后,经过对一段时间的流量采集分析,平台发出一些告警,遍布 3 个阶段:尝试入侵但未成功、入侵成功和入侵成功后将终端变成僵尸主机,告警类型包括网络漏洞、网络攻击、黑市工具、僵尸网络、流氓推广、网络蠕虫和木马等。每个告警详细记录攻击事件的过程、程度和目前状态并展示攻击原理,提出处理建议等。其中发现最严重的是基于“永恒之蓝”漏洞的变种病毒,已经有数 10 台终端失陷,沦为僵尸主机,严重威胁医院网络安全。根据处理建议采取一系列针对性措施,包括在防火墙上限制外来攻击者 IP 访问、及时更新相关补丁、对内网的僵尸主机进行逐一查杀等。安全态势感知系统使医

院安全管理员能够更有针对性地实现精准预防及查杀,主动发现网络中存在的威胁,及时采取相应措施,有助于防止医院因病毒攻击造成的严重损失。

6 结语

安全态势感知系统满足新等保 2.0 对网络攻击检测和分析要求,特别是针对未知的新型网络攻击和 APT 攻击。网络安全态势感知系统的构建标志着医院从被动防护向主动防御的转变,医院不再以防范为中心,更加强调检测与响应。下一步将通过感知系统与下一代防火墙、杀毒软件等安全设备和软件的联动实现整个主动式体系,为建设完整的主动式防御体系奠定坚实基础。

参考文献

- 1 刘剑,苏璞睿,杨珉,等.软件与网络安全研究综述[J].软件学报,2018,29(1):42-68.
- 2 徐影.面向大型企业信息安全建设的虚拟化威胁感知技术[J].电信科学,2016,32(12):149-156.
- 3 张杰.基于云模型的半监督聚类入侵防御技术研究[D].镇江:江苏科技大学,2014.
- 4 刁振军.融合 Snort 和代理的网络异常检测与防御系统研究[J].电子设计工程,2018,26(1):43-47.
- 5 王龙海.面向武警总队信息网的安全态势感知研究[D].北京:国防科学技术大学,2011.

(上接第 24 页)

参考文献

- 1 杨杰,周小四,沈利.家庭远程医疗监护报警和咨询智能系统[J].高技术通讯,2012,12(6):1-6.
- 2 金纯,蒋小宇,罗祖秋. ZigBee 与蓝牙的分析与比较[J].信息技术与标准化,2014(6):17-20.
- 3 赵泽,崔莉.一种基于无线传感器网络的远程医疗监护系统[J].信息与控制,2006,35(2):265-269.
- 4 杨顺,章毅,陶康.基于 ZigBee 和以太网的无线网关设计[J].计算机系统应用,2010,19(1):194-197.
- 5 石道生,任毅,罗惠谦.基于 Zigbee 技术的远程医疗监护系统设计与实现[J].武汉理工大学学报,2008,30

(3):396-397.

- 6 潘巨龙,李善平,吴震东.基于无线传感器网络的社区保健检测系统[J].中国计量学院学报,2007,6(18):136-140.
- 7 陈荷燕.无线远程生理参数传输系统研究[D].南京:南京航空航天大学,2006:12-16.
- 8 许剑,卢建刚.多参数无线医疗监护系统的设计与开发[J].中国医疗器械杂志,2005,29(6):406-409.
- 9 李迎春,朱诗兵,陈刚.无线传感器网络体系结构研究[J].山西电子技术,2009,18(4):71-73.
- 10 齐妍妍.脉搏信号去噪及特征提取方法的研究[D].北京:北京工业大学,2012:25-26.