

基于 WSN 的医院病人实时监护系统^①

王绍卜

(浙江万里学院 现代物流学院, 宁波 315100)

摘要: 随着物联网技术的发展和广泛应用, 智慧医疗已逐渐被人们接受和期待, 基于 WSN (无线传感网络) 技术构建一个医院病人实时监护系统, 完成了主要的硬件电路设计和软件构架, 并给出了相关的算法, 能实现医护人员实时掌握病人的生命特征数据, 响应病人的突发事件。

关键词: 传感器; Zigbee; 监护系统

Hospital Patients Real-Time Monitoring System Based on WSN

WANG Shao-Bu

(Modern Logistics School, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China)

Abstract: With the development of networking technology and wide application of medical wisdom has gradually been accepted and look forward to this based on WSN (wireless networking and sensor) technology to build a hospital patient monitoring systems, completed a major hardware circuit design and software architecture, providing a major algorithms can achieve real-time grasp the patient's medical life parameters indicators, the patient's response to emergencies.

Key words: sensors; Zigbee; monitoring system

随着城市化进程的加速发展, 大型医院病人的日益增多, 现有的病人病情监护机制已经不能满足需要, 因其不能实时对病人的状况进行监护, 造成耽误救治、误诊时有发生。人们对医疗健康的关注 and 高质量医疗服务的需求, 使得基于 WSN 技术的无线医疗监护也越来越受到人们重视。ZigBee 技术在构建智慧医疗无线传感网络时, 具有独特的优势。能实时的获取病人的生命特征数据, 并通过智能终端设备, 无线网络向护士、医生、控制中心实时传输^[1]。

1 Zigbee技术

Zigbee 技术近年来在无线传感领域应用非常广泛。IEEE802.15.4 协议标准定义了它的 PHY 层和 MAC 层, ZigBee 联盟制定了网络层、安全和应用层标准, 用户可根据自己的应用需求进行应用层开发。网络的工作频段分为 868MHz, 915MHz 和 2.4GHz 共 3 个频段。在通信上, 采用 CMA/CA (免冲突多载波信道)

接入方式, 有效避免了无线电载波间的冲突; 能实现密钥长度为 128 位的加密算法对数据进行加密, 确保了通信数据的安全保密性。网络拓扑结构有星形、树形和网络形, 能实现自动组网、多跳路由。满足了医院病人实时监护的组网需求。

Zigbee 技术在组网时的特点:

① 低功耗: 在低功耗待机模式下, 2 节 5 号干电池可支持 1 个节点工作 6~24 个月, 甚至更长。

低成本: 通过大幅简化协议, 降低了对通信控制器的要求, ZigBee 免协议专利费, 每块芯片的价格大约为 2 美元。

② 低速率: ZigBee 工作在 20~250 kbps 的较低速率, 分别提供 250 kbps(2.4GHz)、40kbps (915 MHz) 和 20kbps(868 MHz) 的原始数据吞吐率, 满足低速率传输数据的应用需求。

③ 近距离: 相邻节点间的传输范围一般介于 10~100 m 之间, 在增加 RF 发射功率后, 亦可增加到 1~

^① 收稿时间:2011-08-10;收到修改稿时间:2011-09-05

3 km。如果通过路由和节点间通信的接力，传输距离将可以更远。

④ 短时延：ZigBee 的响应速度较快，一般从睡眠转入工作状态只需 15 ms，节点连接进入网络只需 30 ms。

⑤ 高容量：ZigBee 可采用星状、片状和网状网络结构，由一个主节点管理若干子节点，最多一个主节点可管理 254 个子节点；同时主节点还可由上一层网络节点管理，最多可组成 65000 个节点的大网。

⑥ 高安全：提供了三级安全模式，包括无安全设定、使用接入控制清单(ACL) 防止非法获取数据以及采用高级加密标准(AES 128) 的对称密码。

⑦ 免执照频段：采用直接序列扩频在工业科学医疗 (ISM) 频段，2.4 GHz (全球)、915 MHz (美国) 和 868 MHz (欧洲)。

2 系统及网络结构

本文设计的医院病人实时监护系统分为三层：病人所携带的各种传感器构成的感知层、Zigbee 技术构建的无线网络层、控制中心的应用层（如图 1 所示）。

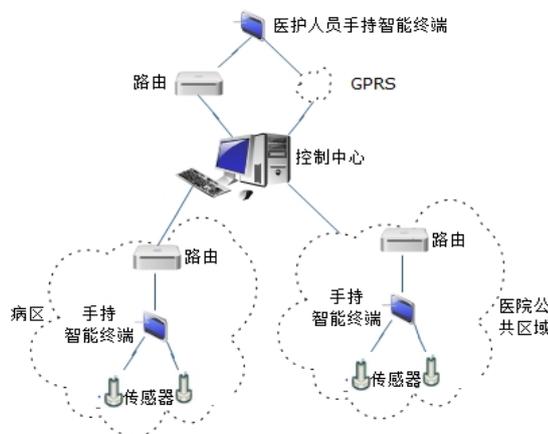


图 1 系统及网络结构图

当病人携带无线监护器（传感器）和智能终端设备在医院的病区和公共区域活动时，各种传感器能实时记录稳定状态、空间位置（定位）、心率、体温、呼吸等人体生命特征数据，通过 Zigbee 网络上传到控制中心，得到医护人员的实时监护。

无线网络由协调器节点（控制中心），适当数目的路由器节点（路由）和大量的终端节点（手持智能终端）组成，如果地理空间较大的话，也可以多协调器

组网。这种组网方式具有极好的灵活性，病人持有的终端节点进入相应的路由区域都能自动组网。GPRS 模块给远离医院的医护人员能不间断的监护提供了可能^[2]。

若综合考虑经济等方面因素，各种传感器（数字脉搏传感器、数字体温传感器、血压传感器、呼吸传感器、数字三轴加速度传感器、RSSI 定位传感器）可部分设计在病人手持智能终端上，也可单独设计成产品。手持智能终端预留接口，灵活选配使用。

3 系统设计

3.1 硬件设计

3.1.1 病人手持智能终端

病人手持智能终端基于 TI 公司的 CC2530 芯片开发，CC2530 芯片广泛应用在 2.4-GHz IEEE 802.15.4 系统、RF4CE 遥控制系统、ZigBee 系统、低功耗无线传感器网络、消费类电子和卫生保健。CC2530 需要实现的功能以及外围模块主要有 3 个部分：通过 A/D 口控制传感器模块进行数据采集；控制无线 RF 模块完成数据收发；通过 I/O 口相应主机控制。传感器采集的数据也可通过 I/O 口与微处理器相连，通过 RS232 接口可实现网络节点与 PC 机的通信。

由于 CC2530 芯片内集成了许多特色功能模块，因此，其典型的外围电路也就非常简洁（如图 2）。其中，主时钟晶振采用 32mhz 无源晶振以及 32.768khz 时钟晶振；无线 RF 模块外围电路采用无巴伦的阻抗匹配网络，天线使用 50 欧鞭状负极性天线。且将数字三轴加速度传感器和 RSSI 定位传感器集成在智能终端上。

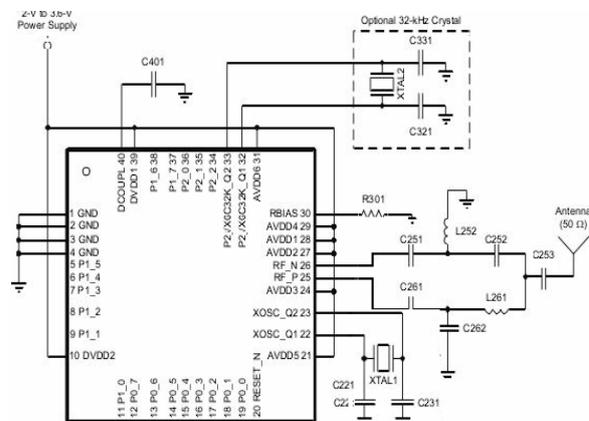


图 2 CC2530 外围电路图

3.1.2 路由

基于 TI 公司的 CC2530 芯片开发, 采用高性能的工业级 32 位通信处理器、工业级蜂窝无线模块和 ZigBee 模块, 以嵌入式实时操作系统为软件支撑平台, 同时提供 RS232 (或 RS485/RS422)、以太网和 ZigBee 接口, 可同时连接串口设备、以太网设备和 ZigBee 设备, 实现数据透明传输功能和路由功能。

3.1.3 医护人员手持智能终端

可采用 ARM+WinCE 架构, 提供 Zigbee、GPRS、蓝牙、串口、USB 等多方式的网络接口, 集成化软件服务平台, 方便医护人员透明化的应用。

3.1.4 控制中心

控制中心由 CC2530 和 PC 机构成, CC2530 作为 ZigBee 网络的协调器, 负责整个网络的建立和管理。病人的生命参数指标和呼叫信息, 通过网络转发到控制中心进行集中显示, 并通过串口传至 PC 机进行存储以便进行查询。生命特征数据偏离了正常值而自动产生的报警信息会发至对应医护人员的手持设备上。

3.2 软件设计

3.2.1 系统网络启动流程图

基于 Zigbee 技术能实现自组网功能, 网络协调器 (控制中心)、路由节点和终端节点在启动时, 能根据自身状态自动组网或加入网络^[3] (图 3)。

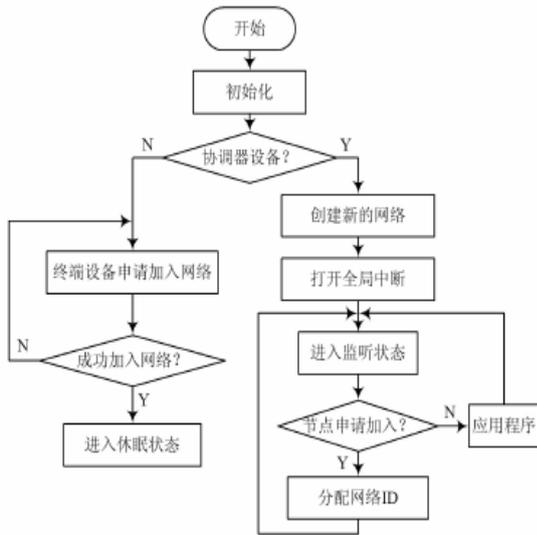


图 3 系统网络启动流程图

3.2.2 传输生命特征数据原理

只要病人身上携带有无线监护器, 相应传感设备就能自动发出代表病人身份的信号和生命特征数据。

手持智能终端就将病人的身份信息发送到最近的路由节点, 通过网络发送到数据中心站, 确认身份后, 病人当前的生命特征数据(如体温、心跳、血压、呼吸状态等)就会发送给控制中心。

3.2.3 数字三轴加速度平衡检测算法

三轴加速度传感器工作时, 敏感元件将被测点的加速度信号转换为成比例的电信号, 进入信号调整电路进行放大调整、改善信号的信噪比, 再进入单片机, 由软件控制单片机内的多路选择器将 3 个轴的信号分时输入 A/D 转换器, 进行模数转换得到数字信号, 然后, RS422 接口串行输出到上位机。

以 Z 轴对应人体直立时的垂直轴, X 轴对应人体的前后向水平轴, Y 轴对应人体左右侧向水平轴, X、Y、Z 轴相互正交, 任意空间方向上的矢量变化均可以分解成 X、Y、Z 三个方向上的分量变化, 在直角坐标系下从人体由直立状态变为接进水平状态、人体较长时间处于接近水平状态、加速度的变化速度较快三个方面, 通过阈值来判断是否发生跌倒。

3.2.4 RSSI 定位算法

根据定位机制不同, 定位算法总体上可分为 2 类:

① 基于测量距离(range-based)的定位算法, 通过测量节点间的距离或角度信息使用三边测量、三角测量或最大似然估计定位法计算节点位置, 其定位精度较高, 比较常用的测距技术有 RSSI、TOA、TDOA 和 AOA。

② 不需要测距算法(range-free), 利用节点间的邻近关系和连通性实现定位的算法, 定位精度较低, 如 DV-hop 算法、GPS-less LCO 算法等^[4]。

3.2.5 医护人员手持智能终端系统设计

医护人员智能终端系统选用带有触屏的 ARM9 开发板, 内置 Windows CE 6.0 操作系统, 用 .NET 编写的用户界面程序。主要实现如下功能:

病人信息查询: 通过触摸屏进行浏览, 可查询出病人的名称、入院时间、病情、诊断信息等。

用药提醒: 提醒病人按时服药。

服务呼叫: 对突发的情况, 提供呼叫服务功能。

治疗记录: 病人治疗过程在线记录。

4 实验与数据分析

4.1 Zigbee 网络 (模块) 组网测试

本实验基于文中 (图 1) 构建的网络结构, 利用

病人手持智能终端外接温度传感器进行数据采样、发送, 辅助器材(如电吹风)产生不同的温度值, 控制中心进行数据接收, 实验数据如下:(×表数据丢失)

表 1 网络测试数据表

距离 (米)	温度数据(度) 采样组号						接受 效果
	A	B	C	D	E	F	
10	23	26	32	40	45	52	100%
40	24	27	31	42	43	56	100%
80	21	24	34	40	45	51	100%
100	25	×	33	42	48	50	83%
120	26	30	×	×	50	×	50%

从实验数据分析可知, 在 80 米范围内, 本网络能正确的进行数据传输, 当通信距离接近 100 米时, 会产生数据丢失。因此, 在构建 WSN 时, 应保证相邻路由节点间的距离不应大于 160 米。在 Zigbee 模块没有增加 RF 发射功能时, 节点间距离在 100 米以内最稳定^[5]。

表 2 智能终端传感测试数据表

志愿者	跌倒姿势			
	向前	向后	向左	向右
1	√	√	√	√
2	√	√	√	√
3	√	√	√	√
4	√	√	√	√
5	√	√	√	√
6	√	√	√	√

√表示检测到跌倒信号

4.2 病人手持智能终端性能测试

由于病人手持智能终端可外接的传感器较多, 本实验只选取手持智能终端上集成的数字三轴加速度传感器进行性能测试。

测试过程由 6 个志愿者协助, 携带样机就向前跌倒、向后跌倒、向左跌倒、向右跌倒四个姿势进行, 控制中心进行相关信息的获取。

从这个实验中可以看出基于 CC2530+数字三轴加速度传感器的解决方案能够有效地对跌倒状态进行检测。当然, 这里只是一个简单的实验方案, 对于其它的传感器同样需要进行更加全面、有效和长期的实验来验证该解决方案的可靠性。

5 总结

无线医疗监护系统能使医院和医护人员实时的掌握病人信息、生命特征数据, 及时响应突发事件(如跌倒、走失、呼救等)、人性化的管理病人。同时, 病人能自由组合的使用各种传感监护器监护自身的各种生命参数指标, 对治疗的效果和进程明晰, 能缓解治疗情绪, 有利于治疗, 该系统有着广泛的实用性和社会需求。

参考文献

- 1 姚远,任永昌,等.基于 ZigBee 技术的医院病人监护系统研究.中国医疗器械信息,2007,10:32-34.
- 2 尹娟.基于 ZigBee 协议的医院病房呼叫系统.中国医疗设备,2010,11:25-26.
- 3 乔磊.基于 ZigBee 技术的无线点餐系统设计.现代电子技术,2011,2:68-71.
- 4 王玉柱,郑文岭,等.基于 ZigBee 的医院病人追踪定位系统设计.微计算机信息,2010,2:55-57.
- 5 孙新香.基于三轴加速度传感器的跌倒检测技术的研究与应用.上海:上海交通大学,2008.