

基于 ZigBee 技术的远程医疗监护系统设计方案

摘要: 将无线传感器网络引入医疗监护系统, 提出了一种由 ZigBee 传感器和无线局域网构成的远程医疗监护系统的体系结构和具体实现方法。系统中, 节点和基站设备所使用的近距离通信标准为 802. 15. 4 /ZigBee 标准, 收集病患者的各类信息, 实现病患者的家中进行远程医疗监护, 并及时将病患情况反映给医生及其家属, 以应对病患者可能的突发情况, 在获得准确的测量指标的同时, 免除患者在家庭与医院之间奔波的劳苦。

远程医疗是信息技术与医学相结合的产物, 它使用远程通信和计算机多媒体技术为患者提供医学信息和医疗服务。在信息技术高速发展的今天, 它已经成为医学交流中一道亮丽的风景线。

远程医疗主要应用在临床会诊、检查、诊断、监护、指导治疗、医学研究、交流、医学教育和手术观摩等方面。远程医疗监护系统作为远程医疗系统中的一部分, 是将采集的被监护者的生理参数与视频、音频以及影像等资料通过通信网络实时传送到社区监护中心, 用于动态跟踪病态发展, 以保障及时诊断、治疗。随着当今社会老年人口的剧增, 医疗资源中监护的作用更加突出。

医疗监护仪器目前可分为两类, 一类是指在医院内由职业医生或专业技术人员使用的专门仪器, 对病人进行生理指标的监护; 另一类是在普通人员的家庭内或者户外, 在医生的指导下, 由患者本人或其家属使用远程医疗监护系统对其进行监护, 所得生理指标将及时传送给相关医生。目前, 医院所使用的监护系统, 大多是建立在线缆连接的基础上, 往往体积和功耗大, 不便于携带, 且要求在患者身边使用, 限制了患者和医护人员的行动, 增加了他们的负担和风险, 已经越来越不适当今实时、连续、长时间地监测患者重要生命特征参数的医疗监护需求。为了使经常需要测量生理指标的人员 (比如慢性病人或者老年患者等) 能够在家中在随意运动的状态下测量某些常规指标, 人们对远程医疗的关注度越来越强。

近年来, 随着生物学传感器的小型化、信息处理及无线数据传输技术的快速发展和普及, 无线医疗监护系统的研制成为热点。笔者设计出一种新的网络式监护装置及系统, 目的是利用高频率的无线多通道数据传输方式, 传递医疗传感器与监护控制仪器之间的信息, 减少监护设备与医疗传感器之间的连线, 使被监护人能够拥有较多的自由活动空间, 在获得较准确的测量指标的同时, 免除患者在家庭与医院之间奔波的劳苦。同时, 在医院病房内建立无线监测网络, 多项测试项目可以在病床上完成, 能够极大地方便病人就诊, 并加强医院的现代化信息管理和工作效率。

1 系统结构

远程医疗监护系统的体系结构图如图 1 所示，系统由监护基站设备和 ZigBee 传感器节点构成一个微型监护网络。传感器节点上使用中央控制器对需要监测的生命指标传感器进行控制并采集数据，通过 ZigBee 无线通信方式将数据发送至监护基站设备，并由该基站装置将数据传输至所连接的 PC 或者其他网络设备上，通过 Internet 网络可以将数据传输至远程医疗监护中心，由专业医疗人员对数据进行统计观察，提供必要的咨询服务，实现远程医疗。在救护车中的急救人员还可通过 GPRS 实现将急救病人的信息实时传送，以利于医院抢救室及时做好准备工作。医疗传感器节点可以根据不同的需要而设置，因此该系统具有极大的灵活性和扩展性。同时，将该系统接入 Internet 网络，可以形成更大的社区医疗监护网络、医院网络乃至整个城市和全国的医疗监护网络。

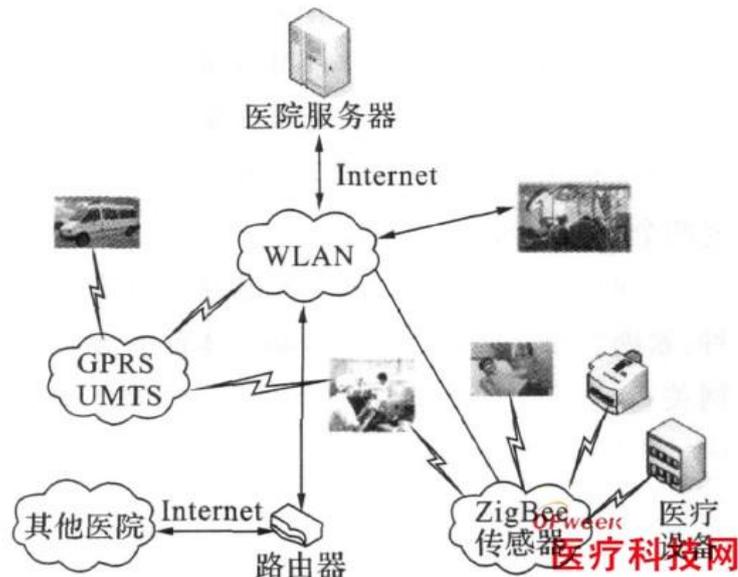


图 1 远程医疗监护系统结构图

系统中包括无线个人网络（wireless personal area network, WPAN）、ZigBee 网络以及一系列医疗监护网络的医疗传感器节点。本系统具有良好的扩展性，例如医护人员在急救途中或在其他医院可以分别利用 WLAN/UMTS 网关和互联网与系统进行信息交互。

2 监护传感器节点

2.1 监护传感器的组成及工作原理

医疗无线传感器节点主要功能为采集人体生理指标数据，或对某些医疗设备的状况以及治疗过程情况进行动态监测，并通过射频通信的方式，将数据传输至监护基站设备。

医疗传感器节点框图如图 2 所示，主要包括医疗传感器模块、ZigBee 通信模块、处理器单元和电源 4 部分。处理器单元如图 3 所示，主要分为 CPU、存储器、AD 转换、测试带和数码显示屏 5 部分。根据低功耗和处理能力的需要，采用 TI 公司的 MSP430 系列单片机，存储器部分主要用于存储传感器所采集的临时数据，在处理器将数据传输之后，传感器节点内不做数据的大量存储。

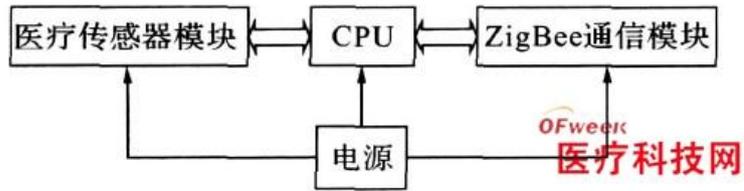


图 2 医疗传感器节点框图

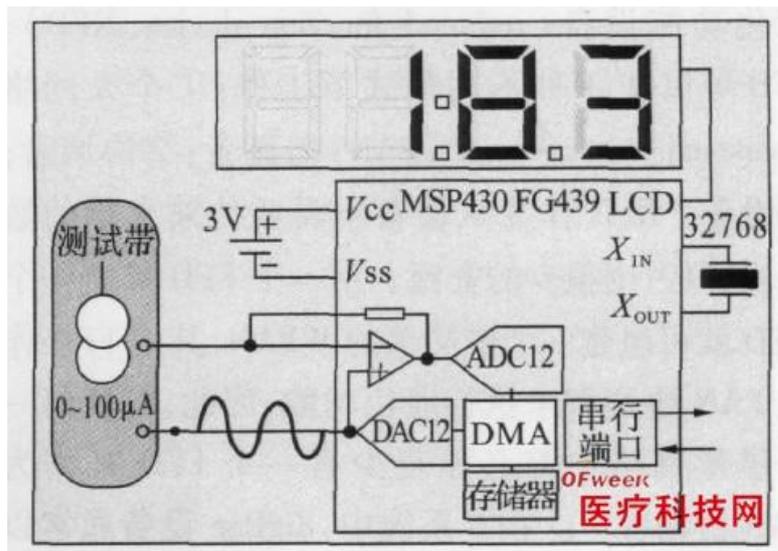


图 3 处理器单元

该监护传感器的工作原理为，首先由控制单元发出开始监测某项生理参数的指令，然后通过无线数据通信单元把指令发给生理信息与数据采集单元，对人体生理信号（体温、血压、脉搏、血糖、血氧等）进行采集，最后通过无线数据通信单元将数据传给控制和显示单元中的信息处理模块，一方面对接收到的数据进行处理和显示，另一方面将结果数据存入数据库供检索和回放。节点的核心是无线数据通信单元和生理信息与数据采集单元。

2. 2 无线数据通信单元

在医院里，所应用的医疗监护设备对电磁辐射的要求很高。对于设备来讲，辐射的电磁波既不能干扰其他设备正常工作，同时也应具有一定的抗干扰能力，不受其他设备辐射出的电磁波干扰。因此，在医院或者使用无线通信的家庭中使用的医疗设备，设计中必须对此进行充分考虑。

在本系统中，所使用的射频通信为全球公开的免费 2.4 GHz 的 ISM 频段，采用的通信标准为 802.15.4 / ZigBee 标准。它是一种低复杂度、低功耗和低成本的无线通信技术，可在 10~75 m 范围内，以 20 ~250 kb / s 的传输速率来传输医疗数据。它依据 802.15.4 标准，在数千个微小的传感器之间相互协调实现通信。这些传感器只需少量能量，以接力的方式通过无线电波将数据从一个传感器传至另一个传感器，因此，通信效率非常高。它可用普通干电池作电源，在一般情况下，可支持 6~24 个月，大大减少了频繁更换电池的麻烦。

为降低成本，ZigBee 标准中定义了两种类型的设备：全功能设备（full function device, FFD）和简化功能设备（reduced function device, RFD）。

FFD 可以在 3 种不同模式下工作：①个人网络（personal area network, PAN）协调者；②协调者；③设备。RFD 作为从设备不需要传输大量的数据，且只占用很少的资源。用一个 FFD 加上一个 RFD 就可组建一个最简单的 WPAN，其中 FFD 作为 PAN 协调者来执行通信功能，因此，在任何一个星形网络中都必须至少有一个 FFD 来作为 PAN 协调者。在本系统中，ZigBee 设备通常以星形和网状形两种网络结构存在，其网络拓扑结构如图 4 所示。

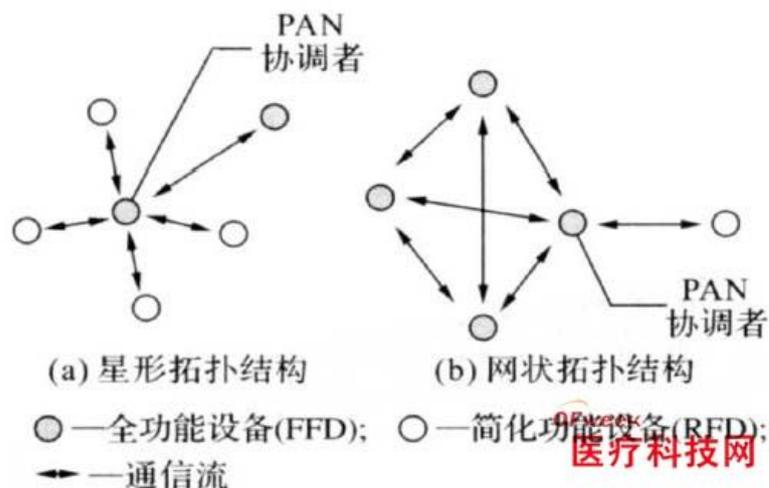


图 4 ZigBee 网络拓扑结构图

星形网络结构的通信是以 FFD 作为 PAN 协调者完成与设备之间的通信，在该网络中 PAN 协调者的功能是初始化网络、中止和路由信息。星形网络广泛应用于自动化家居、个人医疗监护系统和医院病房等小区域。

2.3 生理信息与数据采集单元

系统中，医疗传感器模块主要实现以下几种功能：体温、血压、血氧和血糖的测量等。其中，体温测量集成了北京迈创公司所生产的 YSI 体温探头，血压测量集成了迈创公司的 KNM 无创血压测量模块，血氧测量集成了迈创公司的 SWS01 血氧测量模块。

无线节点为传感器的扩展留出了丰富的接口，如果需要其他类型的生理指标数据，如体温、心电等数据，则只需要将相应的传感器接入预留的接口，形成新的无线传感器节点，开发相应的嵌入式控制及处理软件，就可以将节点直接加入到该无线传感器网络中。

3 GPRS /UM TSWLAN 网关

相对于 WLAN 高传输速率、低覆盖范围而言，GPRS/UMTS 具有低传输速率和高覆盖范围的特点。本系统利用 GPRS/UMTSWLAN 网关实现 UMTS 与 WLAN 之间的无缝连接。这样使得配有 UMTS 和 WLAN 接口的设备可以自由地在这两个网络之间进行切换。

一般来说，WLAN 和 UMTS 融合的方式有两种：紧耦合和松耦合。在紧耦合体系中，WLAN 网关直接连接到 UMTS 网络。而在松耦合体系中，WLAN 网关并不是直接连接到 UMTS 网络中，而是通过 Internet 或是 IP 骨干网作为中介。在本系统中，利用松耦合体系来实现手持移动设备与 UMTS 网络之间的通信。WLAN 和 UMTS 的松耦合体系结构如图 5 所示。

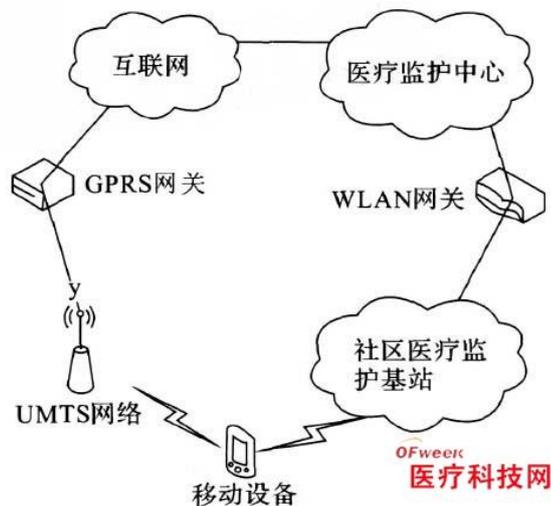


图 5 WLAN 和 UMTS 的松耦合体系结构

4 实验验证

系统在综合测试过程中取得了初步的结果，传感器节点上的生命指标传感器采集到的数据，通过 ZigBee 无线通信方式将数据发送至监护基站设备，并显示在基站设备的 LCD 上。每个病人总的数据传输量在 22~76 kb / s 之间（依据心电图电极的数量而变化），常用测量信号的频率范围和数据量如表 1 所示。由该基站装置将数据传输至所连接的 PC 或者其他网络设备上，通过 Internet 网络将数据传输至远程医疗监护中心，由专业医疗人员对数据进行统计分析，提供必要的咨询服务，实现远程医疗。如在救护车中，急救人员还可通过 GPRS 实现急救病人情况的实时传送，以利于医院抢救室及时做好准备工作。

参数	参数范围	信号频率范围 /Hz	A/D 转换比特率 /kb/s
无创血压	1.3~53.0 kPa	60	1.440
有创血压	1.3~53.0 kPa	50	1.200
心电图	0.5~4.0 mV	250/电极	18,000 (三电极)
血氧	80%~99%	30	400
体温	32~41 °C	0.1	0.002

表 1 常用测量信号的频率范围和数据量

5 结 论

所设计的一种新的网络式监护装置及系统，可以减少监护设备与医疗传感器之间的连线，在获得较准确的测量指标的同时，免除病人在家庭与医院之间奔波的劳苦。同时，在医院病房内建立无线监测网络，很多测试项目可在病床上完成，极大地方便病人就诊。另外，本系统还具有高的灵活性和扩展性，通过 Internet 可以使远离医院等医护机构的病员也能随时得到必要的医疗监护和远程医生的咨询指导。笔者将进一步开发该系统的软件和硬件，以提高其稳定性和实用性，同时也将根据特殊的需要定制开发上层管理软件以及完善医疗监护管理平台软件。