

基于无线传感器的智能监测输液系统设计

代 小 红^{1,2}

(1. 重庆工商大学 电子商务及供应链系统重庆市重点实验室, 重庆 400067; 2. 重庆工商大学 学术期刊社, 重庆 400067)

摘 要:设计了一种用于实时测量患者脉搏、体温、血压和呼吸频率的生命体征监测传感器及其与智能输液装置组成的监控系统;分析了患者在输液过程中实行生命体征智能监控的有效性和安全性,并以电子血压计全自动智能测量的实现为例,阐述血压监测传感器的单片机模块与 RF 收发芯片的接口设计原理与方法;系统设计中通过短距离无线通信技术实现了患者输液过程中的各项生命体征智能监控,实现了患者治疗过程中医护人员无须值守及护士因多点护理带来的问题;有利于网络在线监测、系统安全性警示与应急救护相结合的综合治疗与管理。

关键词:智能输液系统;短距离无线通信;生命体征;无线传感器

中图分类号:TN795

文献标识码:A

Design of Intelligent Monitoring Transfusion System Based on Wireless Sensor

DAI Xiaohong^{1,2}

(1. Chongqing Key Lab. of E-commerce and Supply Chain System, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China; 2. The Academic Periodical Society, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: In this paper, an intelligent transfusion monitoring system with vital signs monitoring sensor has been designed for real-time measurement of patients' pulse, body temperature, blood pressure (BP) and respiratory rate. The efficacy and safety of conducting vital signs intelligent monitoring in the transfusion of patients has been analyzed in detail. Taking the realization of full automatic intelligent measurement of electronic sphygmomanometer as an example, the design principle and method of SCM module of BP monitoring sensor and the interface of RF transceiver chip has also be described in this paper. It has been found that this system can conduct intelligent monitoring of every vital sign in the transfusion of patients with short distance wireless communication technology, can result in medical staffs not being on duty in the treatment of patients, and can solve many problems, and can solve many problems brought by nurse's care at multiple spot, which is favorable for comprehensive treatment and management in combination with on-line monitoring, safety warning of systems and emergency rescue.

Key words: intelligent transfusion system; short distance wireless communication; vital signs; wireless sensor

0 引言

据统计,医院入院治疗患者中有近 93% 采用了静脉输液治疗方式,而临床输液治疗中经常会出现输液综合症,即液体进入人体后发生的各种不良反应^[1-3]。这些不良反应主要包括患者发冷与寒战,面部和四肢表现为发绀,接着患者体温上升偏离正常人的温度,产生患者发热现象,少部分患者的体温甚至达到 41~42 °C,同时伴有头痛头昏、恶心呕吐、烦躁不安等症状,严重者可能出现血压下降、昏迷休克

和呼吸衰竭等,从而将导致死亡。传统医疗与监护系统要求医护人员座守病人,从而限制了医护人员和患者的个人行为;另外,由于信息数据共享程度较低,加大了患者医疗救治的高风险,这一医疗救治措施在网络信息化的今天难以满足患者生命特征数据监测的几大需求,如患者在医疗救护过程中实时性监测、动态性监测和连续性监测的需求。同时这一医疗救治方式也易让患者承受过大的心理压力,将会随之对其身体状况产生影响,从而造成医生

收稿日期:2014-07-12

基金项目:重庆市教委科技基金资助项目(KJ120714),重庆市教委重点研究基金资助项目(112081),重庆市社会科学规划基金资助项目(2012YBCB055),重庆市教育科学规划基金资助项目(2012-GX-149)

作者简介:代小红(1969-),男,重庆市人,硕士,主要从事系统控制、模式识别和图像处理的研究。

获取了异常的诊断信息,形成误诊并带来医患纠纷等问题。

1 生命体征智能监测的必要性分析

1.1 传统输液监控系统的原理分析

在医疗系统中输液监控器已被广泛采用,患者在医疗救治过程要检测或监护各种体征数据,这对于医护人员提高工作效率、时时动态了解和掌握患者的生理情况有重大意义和作用。目前,在医疗过程中传统的输液监控系统主要功能:

1) 滴液速率的检测与控制。

2) 在输液过程中,严禁外界空气或其他杂质进入液体,从而导致人体体征数据的监测异常。

3) 为了防止低温液体给患者带来其他病症,必须在液体进入患者体内前对液体加温,使液体温度与正常人体的温度充分接近。

因此,传统的输液监控系统在功能上侧重于输液过程的控制、监测与管理,而对于患者的各种体征变化是通过患者的生理反应、护士的例行检查和患者向医护人员的口头描述来实现生命体征数据的传递,这种方法不能进行智能防护与监测,不能在第一时间内向医护人员传达重要的体征数据^[4-5]。另外,从系统实现的原理来看,传统的固定医疗和监护系统是通过传感器模块来感知人体生理体征的各种数据,再由系统的网络链路将感知的数据传输到监护设备上^[6-7]。从数据的收集与传递来看,此种监测和监护需要以网络和线缆作为互相连接的条件,网络系统中所有硬件在现代医疗技术条件下具有不适应性,即硬件设备体积庞大,不便携带;单个模块具有功耗高等问题^[8]。

1.2 生命体征智能监控输液系统的优越性

医院传统的人工体征监管方式受各种客观因素的影响,医护人员仅凭主观判断导致经验偏差,特别是在无人监护的环境条件下,将可能导致患者抢救时机的贻误,因此,患者医疗过程中的无人值守监控非常必要。为了满足患者临床治疗、特别是重症监护的需要,生命体征智能监控输液系统的设计与研制越来越重要,此智能监控输液系统能随时采集患者的多项体征数据,如病人的体温与脉搏、血压与呼吸、心电与血氧饱和度等。

系统数据采集的主体设备是智能传感模块,这些微型传感模块通过网络与短距离无线收发器连接,形成了由无线传感器网络的终端与节点构成的、

具有集中传输功能的星型结构,再与网络主机连接实现了患者体征参数的实时采集,这种网络数据传递避免了无线网络复杂的自组织路径算法^[9]。系统将采集到的病人人体体征数据传输到医疗主控模块,医务人员再根据病人当前的病情即主控模块中的体征数据进行分析与处理,提出较合理的治疗措施与方案。患者生命体征数据通过网络与医护人员进行时时传递,通过手持监护终端或者监控中心查询病人的生命体征数据,一旦发现患者出现异常,立即进行救治以防止患者病情加重,这提高了医务人员的医疗水平和管理效率,同时也增强了患者治疗过程中的有效性与即时性。

2 系统构成与设计

2.1 生命体征监测系统的构成

根据患者的各种病情或家庭健康保健的需要,监测人体生命体征数据从功能上来看,可将系统的人体体征数据监测分为远程监测、动态监测、病房监测和家庭健康保健监测等。临床上常把呼吸、体温、脉搏、血压作为患者的四大生命体征,利用传感器技术将体征信息转换成为数字信号,供监控系统进行显示、处理和调节、控制。人体生命体征监测系统如图1所示。此生命体征监测系统通过网络服务器,能实现人体生命体征的在线实时监测,实时准确地测量人体系统的多项生理体征的数据参数,为医护人员救治病人提供数据参考,也能为病人时时了解自己的各项生命体征状况^[10]。信号采集模块与待测人体系统相连,它是人体直接相连的传感系统,是采用传感器感知人体的生理状况,如体温变化、呼吸快慢、心跳频率等;并将这些信息转换为系统能够识别的电信号。监测电路模块获取来自采集模块的电信号,传感器捕获的体征信号微弱,加之外界各种信号的干扰,必须将此人体体征的电信号进行降噪滤波、信号放大处理,再经A/D转换模块将人体体征的模拟信号转化为数字信号。

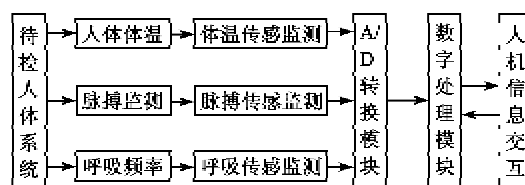


图1 人体生命体征监测系统构成

数字处理模块是人体生命体征监测系统的重要组成部分,此模块由微处理器、存储器和其他接口电路等

构成。当数字处理模块的微处理器收到来自上位机的控制信号时,微处理器系统根据人体体征信号的类别再执行相应的处理程序进行识别,数字信号的识别处理主要包括信号分析、信号处理与信号输出。数字处理模块的存储器功能主要存储各种应用程序、系统的信息设置和其他需要临时存储的信息,数字处理模块的接口电路主要完成和系统的上位机交互通信功能^[11]。人机信息交互模块是人与征监测系统交流的接口界面,其功能是查询与显示各项人体体征数据,并对来自于下位机的检测数据进行存储与访问。

传统的人体生命体征监测系统是属于常规检测,其检测项目主要是体温检测、血压与脉搏测量,但随着社会的进步和科学技术的日新月异,人体生命体征监测系统需要监测人体的多项生理参数,要求系统具有远程在线监测、异地数据传输、快速的数据处理能力等特点,同时具有良好的扩展性和支持多功能接口设备的接入。

2.2 无线传感器网络组件设计

2.2.1 传感器模块的组成

无线传感器模块是人体生命体征监测系统的主要组成部分,在系统数据采集与传输过程有重要作用,待检人体的体温监测、脉搏监测和呼吸频率监测等多项功能的监测是通过无线传感器与网络主机进行连接。人体生命体征数据监测是基于网络而采用的与短距离无线通信技术相结合的方式,网络监测的数据传输通道主要有以下几种方式:

1) 采用基于 ZigBee 的医疗监护系统。

2) 采用无线收发芯片,此项监护从理论上是基于非标准协议的通讯模式。

3) 采用基于蓝牙技术的物联网监护系统。本系统设计采用 RF 无线收发器(RF 射频传输电路)与无线传感器相组合的设计模式。

系统设计中采用了具有低功耗和小型化的设备,将嵌入式数字信号处理与低功耗单片机相结合的设计模式。此种设计模式有利于克服各种电气设备连接产生的漏电危害,有利于传感器的信息数据采集、信号传输与处理等多功能的集成优化^[12],具有多功能监测的传感器系统在结构上由数据输入模块、微处理器模块、集成电源模块、LCD 显示模块等组成。无线传感模块的数据处理单元能对电源进行动态调节,在事件驱动上采用了信息的自适应响应

机制,能实现分布式数据处理与信息协同处理技术的支持,其低功耗处理器能支持系统休眠的特点优势。在进行系统设计时,我们采用了具有集成数据处理与 SoC 单芯片机相组合的系统解决方案,SoC 单芯片机的通信功能为多功能智能输液的系统监测和参数调节提供了较完善的系统技术支持。

2.2.2 体征监测模块与无线传输模块的接口设计

在医学上血压间接测量法分为示波法和听诊法。从理论上分析,电子血压计的工作原理是基于采用示波法,而在其临床验证是基于听诊法的技术标准,并结合统计学的相关原理和方法设计。示波法的测量原理如下:在测量患者人体血压时,系统将患者的舒张压、收缩压、平均压和袖套压力震荡波的相互关联性,进行了患者人体的血压测量。电子血压计已实现全自动智能测量,测量数据通过网络自动传输系统管理平台,并将生成的健康数据报告反馈给医护人员。测量结果因采用更领先的电子技术,比传统电子血压计更精确。电子血压计分为三代:

1) 基于 G1-NIBPM 结构的电子血压计(第一代电子血压计)。

2) 基于 G2-NIBPM 结构的电子血压计(第二代电子血压计),其特点是使用了减压时测量的 MWD 技术,能根据测量者的血压进行智能加压,测量结果更稳定。

3) 基于 G3-NIBPM 结构的第三代电子血压计,其特点是采用了加压时测量的 MWI 技术,在其结构设计上使用了自动控制的快速排气阀与加压同步测量的 MWI 技术相组合,其优点在于测量过程中是匀速加压,并在加压时进行了血压测量。人体体征监测主要有体温变化、呼吸快慢、血压监测、血氧监测、心跳频率和血脂监测等,各监测模块能够和血液净化设备进行短距离无线联网通信^[13]。

在此以血压体征数据监测的传感器模块为系统设计对象,并对其在无线网络环境下进行监测的原理与运行机制进行了电路分析与系统设计。电路设计时要考虑组件的功耗和发射功率,图 2 为系统电路设计图。图中我们选用 RF 无线传输的接口电路和血压监测处理器电路的组合方式,RF 信号收发电路采用了 CC1100 组件,是基于 433 MHz 的标准模块,系统的信号处理电路设计是基于 MSP430F1232 的单片机进行信号控制处理,此模块

是信号处理的核心控制,模块接口 RS232 接口和 SPI 接口,具有 10 位数模转换控制功能。在图 2 中 RC 复位电路是由 R_9 、 C_9 构成的单片机,在系统低功耗处理上采用 32.768 kHz 晶振频率,单片机在无线传输模块的支持下与系统中的 CC1100 SPI 总线进行数据通信,在模块 CC1100 芯片中 nCS 是其芯片的片选信号,模块的串行数据输入和模块的数据输出分别为 SI 和 SO, GDO2、GDO0 是握手信号和 CC1100 模块的状态,系统中 SCK 是 SPI 总线串行移位时钟。单片机的 TMS、TCK、TDO 和 TDI 信号是系统编程仿真的标准 JTAG 信号,其端口分别是气泵及电磁阀控制电路和压力检测电路等。

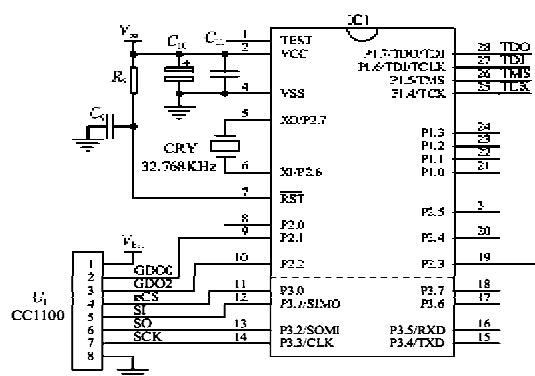


图 2 处理器与 RF 模块的接口原理图

3 实验仿真测试

实验中为了获取病人的各项生命体征数据,我们随机抽取某医院住院部 25 例进行采样分析,25 例病人分为 13 男 12 女,年龄结构在 24~82 岁。在此利用具有高度可靠性的漏血监测法,从血液净化系统中获取各个病例的生命体征数据,将系统获得的光电信号在技术上利用小波分析法进行处理。系统根据人的生命体征设置各项参数(阈值),系统网

络监测主要由红外发光二极管进行信号的发射处理,其光电信号检测由光敏二极管处理,网络监测系统再将此信号进行放大处理后,便于信号的 A/D 转换。网络中心的计算机处理来自于各终端的采样信号,系统的数据采集量一般要求每次在 200~500 个,网络终端设备的采样频率是 500 个/s,在此设置系统的采样周期为 0.5 s,因此系统每次的数据采集量在 250 个,用此采样数据进行波形曲线绘制,每一个 0.5 s 波形前移一定的距离,在一个采样周期(0.5 s)获取的数据(250 个样点)将会在这段距离上进行波形曲线绘制。网络监测系统中远程计算机上显示的各项生命体征数据如图 3 所示。

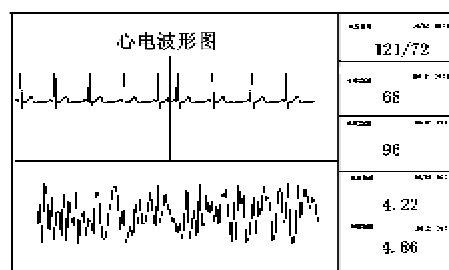


图 3 病人生命体征数据网络监测图

从本次 25 例病例中随机抽取其中的 5 位,进行数据分析,其采样数据如表 1 所示。图 3 为病例丁的各项生命体征数据,采样时间为 09:25,血压监测数据为 16.093/9.576 kPa,心率监测数据为 68 次/min,血氧监测数据为 96,血脂监测是总胆固醇的监测数据(4.22 mmol/L),血糖监测数据为 4.86 mmol/L。由表可看到,病例戊血糖监测数据为 7.96 mmol/L,此项数据超出正常人的血糖范围,由于采集时间是 13:17,病人戊刚用过午餐,与实际情况相符合,病人乙的血压监测数据为 20.083/13.167 kPa,与病人乙是高血压患者相符合。

表 1 部分人体生命体征数据监测结果表

病例选取	监测时间	血压监测/ mmHg	心率监测/ min	血氧监测/ %	血脂监测/ (mmol/L)	血糖监测/ (mmol/L)	备注
病例甲	08:31	17.157/11.305	80	98	3.54	3.99	空腹
病例乙	08:56	20.083/13.167	75	99	4.54	5.23	空腹
病例丙	09:12	14.497/10.241	69	96	3.24	5.60	空腹
病例丁	09:25	16.093/9.576	68	96	4.22	4.86	空腹
病例戊	13:17	15.561/10.640	76	97	4.92	7.96	餐后

4 结束语

输液治疗过程可能伴随患者脉搏、血压和呼吸等生命体征的变化,监测体征参数的变化可以及时发现患者并发症和不良反应,以便于医护人员采取

医疗措施。采用专门设计生命体征监测传感器,以实时在线监测患者体征参数;通过引入目前广泛应用的短距离无线通信技术,既解决了安装布线、治疗过程无人值守等问题,又实现了终端的灵活移动

与随时监测,应急处置与安全警示相结合的系统综合管理,有效地提升了患者治疗的疗效与患者医护过程中的安全性,同时也提升了医护工作人员的管理效率,从而避免了在医疗过程产生的医患矛盾与纠纷,降低了患者治疗安全风险。

参考文献:

- [1] 姜向中,马杰. 心电数据的无损压缩算法在 HOLTE 中的应用[J]. 中国医疗器械杂志,1997,21(4):187-190.
JIANG Xiangzhong, MA Jie. The application of lossless compression algorithm for ECG data in holter[J]. Chinese Journal of Medical Instrumentation, 1997, 21(4): 187-190.
- [2] 王光利,李昔华,代小红. 非接触温度检测在血液净化技术中的应用研究[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版,2010(3):392-394.
WANG Guangli, LI Xihua, DAI Xiaohong. Application of non-contact temperature detection to blood purification technology[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications, Natural Science Edition, 2010(3): 392-394.
- [3] PAN J L, LI S P, WU Z L. Towards a novel in-community healthcare monitoring system over wireless sensor networks[C]//Harbin: Proc Internet Computer in Science and Engineering, 2008:160-165.
- [4] 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.
ZHAO Ze, CUI Li. A remote health care system based on wireless sensor networks[J]. Information and Control, 2006, 35(2): 265-269.
- [5] 代小红,王光利. 基于 GPRS 技术的设备远程监控系统[J]. 压电与声光, 2008, 30(6): 766-768.
DAI Xiaohong, WANG Guangli. Long-distance monitoring system of equipment based on GPRS technology[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2008, 30(6): 766-768.
- [6] 周建民,徐鹏,曹青松. 一种基于 ZigBee 技术无线抄表系统的设计[J]. 微计算机信息,2009,25(9/2):25-27.
- ZHOU Jianmin, XU Peng, CAO Qingsong. Design of remote reading meter technology base on ZigBee technology[J]. Microcomputer Information, 2009, 25(9/2): 25-27.
- [7] PAN J L, LI S P, WU Z L. Towards a novel in-community healthcare monitoring system over wireless sensor networks[C]//Harbin: Proc Internet Computer in Science and Engineering, 2008:160-165.
- [8] 王光利,李昔华,代小红. 智能血液监测器的设计及其应用[J]. 微电子学, 2009(3): 402-404.
WANG Guangli, LI Xihua, DAI Xiaohong. Design of smart blood monitor and its application[J]. Microelectronics, 2009(3): 402-404.
- [9] 代小红,王光利. 基于超声波的血液净化检测与应用[J]. 压电与声光, 2010, 32(2): 258-260.
DAI Xiaohong, WANG Guangli. Blood purification detection based on ultrasonic wave and its application[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2010, 32(2): 258-260.
- [10] GIORGINO T, TORMENE P. Wireless support to poststroke rehabilitation: MyHeart's neuro logical rehabilitation concept [J]. IEEE Trans Inf Technol Biomed, 2009, 13(6): 1012-1018.
- [11] 代小红,李昔华,应俊,等. 基于移动网络技术的车载导航/监控系统[J]. 微电子学, 2007(6): 907-910.
DAI Xiaohong, LI Xihua, YING Jun, et al. Vehicle-borne navigation/monitor system based on mobile network technique[J]. Microelectronics, 2007(6): 907-910.
- [12] JIN Z, ORESKO J, HUANG S, et al. Heart to go: a personalized medicine technology for cardiovascular disease prevention and detection [C]//S. l.: Proc IEEE/NIH LiSSA, 2009: 80-83.
- [13] JILEK, JIRI, TEIICHIRO. Oscillometric blood pressure measurement: The methodology, some observations, and suggestions[J]. Biomedical Instrumentation and Technology, 2008, 3(39): 237-241.