

美军单兵生命体征监测系统无线传感网络

王春飞^{1,2} 石江宏¹

(1.厦门大学电子工程系 福建省厦门市 361005; 2.解放军第174医院 福建省厦门市 361003)

摘要 单兵生命体征监测(WPSM)系统是一套基于采集、传输、存储、分析士兵生理数据的无线传感网络,它可以收集和监测包括人体的体温、脉搏、血压、呼吸、承受压力的情况、睡眠情况、身体的姿势、所能承受的工作强度等生命体征信号。同时,当士兵受伤或者极度疲劳时,它还能将士兵的状况报告给指挥官和医务兵。于是,着重讨论了WPSM中无线传感网的结构及其数据管理。

关键词 单兵生命体征监测; 无线传感网; 数据管理; 传感器

中图分类号: C931.3 文献标志码: A 文章编号: 1003-8868(2007)11-0034-03

Wireless sensor network in American War-fighter Physiologic Status Monitoring System

WANG Chun-fei^{1,2}, SHI Jiang-hong¹

(1. Electronic Engineering Department, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China; 2. The 174th Hospital of PLA, Xiamen 361003, Fujian, China)

Abstract War-fighter Physiologic Status Monitoring (WPSM) is a wireless sensor network that is used to collect, transmit, store and interpret physiologic data from soldiers, sailors and pilots. It can collect and monitor information regarding vital signs such as body temperature, heart rate, blood pressure, hydration and stress levels, sleep status, body position and workload capacity of the warrior. If necessary, the WPSM can notify medics and commanders if the soldier has been wounded or has become fatigued. The structure of the wireless sensor network in the WPSM and the data management of the sensor network are mainly discussed.

Key words WPSM; wireless sensor network; data management; sensor

1 引言

现代战争中,战场的情况复杂而多变,在这种环境下,需要时刻掌握战场和士兵的各种信息才能了解战局的发展,控制战场的局势,减少伤亡,避免意外的发生。近几年,各国都在大力研制适应未来战争的武器装备,检测士兵生理状态的便携装置也成为研究的重点之一。这其中美国的WPSM系统,英国的FIST计划,法国的F4in未来战士项目,澳大利亚的Land 125计划及德国的IdZ未来战士计划。

单兵生命体征监测系统(Warfighter Physiologic Status Monitoring, WPSM)是美军未来部队勇士(FFW)装备中的一部分^[1]。未来部队勇士(FFW)装备是美军近几年为适应未来作战的特点,运用最新科技设计的轻便、综合的步兵战斗装备系统。WPSM系统是一套包含生理的和医学的传感器装备,它可以收集和监测包括人体的体温、脉搏、血压、呼吸、承受压力的情况、睡眠情况、身体的姿势、所能承受的工作强度等生命体征信号,同时当士兵受伤或者极度疲劳时,它还能将士兵的状况报告给指挥官和医务兵。

WPSM系统的设计有3个目的:(1)通过监测士兵的生命体征来减少战斗中的疾病和伤亡,为战场救护提供有用的信息,便于制定救治顺序和救治方案;(2)通过对士兵的体温、心率及呼吸等指标的监测来预判士兵的身体状况;(3)该系统能向指挥官提供所有士兵情况的简单报告。方便指挥官进行人员调遣和行动的安排。为此,WPSM系统将士兵状态分为4种,分

别用4种颜色表示:(1)正常状态,用绿色表示;(2)需要关注,用黄色表示;(3)需要紧急救治,用红色表示;(4)生命不存在,用蓝色表示。另外,用蓝色也表示信号传输故障。

2 系统组成

WPSM系统根据使用功能放置位置大体分为6部分,如图1所示。

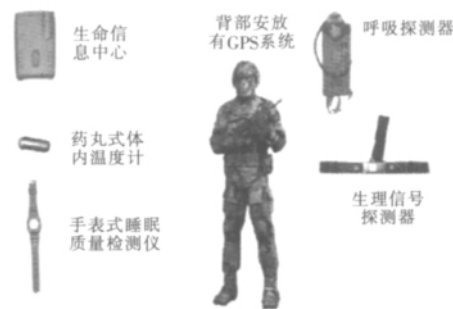


图1 单兵生命体征监测系统分解图

2.1 生命信息中心

生命信息中心(Medical Hub)负责与全身所有的传感器组成传感网,接收全身各传感器发送的生命信号并进行处理,同时还监测环境温度。所有的传感器都通过无线局域网与Hub连接,整个系统通过唯一的识别码与其它系统进行区分,具有良好的抗干扰性,并且当士兵相互接近时不会产生系统冲突。

整个无线网络的传输频段为40 MHz,所有的传感器都由

作者简介:王春飞,助理工程师,主要从事生理信号提取与自组网、传感网方面的研究工作;石江宏,副教授,硕士生导师。

电池供电,出厂时都预设了唯一的ID编号和随机数表。各传感器与Hub分时段进行数据传输。在网络建立时,传感器向Hub发送器传输列表(包括它的ID和随机数表)和时钟信息,Hub存储这些信息并保持与传感器时钟同步,随后Hub进入休眠状态。Hub根据器传输列表定时唤醒,与相应的传感器进行数据传输。通过时分法与各传感器进行通信避免了各传感器与Hub之间的通信冲突,也同时节省了Hub和传感器的能量消耗。

2.2 药丸式体内温度计

药丸式体内温度计(Core Temperature Pill)是一个藏于体内的温度计药丸。它可以实时监测体内的温度并通过无线通讯的方式向Medical Hub传送信息。

2.3 呼吸探测器

呼吸探测器(Fluid Intake Monitor)通过检测士兵气体吸入量来监测士兵的体能状况及其消耗。

2.4 生命信号探测器

生命信号探测器(Life Sign Detection Sensor, LSDS)是完整的多参数生命体征监测系统。它可以记录士兵的心率、呼吸、体表温度以及士兵的运动方向和活动记录。LSDS还包括完整的弹道侦测系统。当士兵不幸中弹时,它可以通过探测子弹击中人体时发出的声音信号产生报警提示。

2.5 表式睡眠质量检测仪

表式睡眠质量检测仪(Sleep Performance Watch)可以监测士兵的睡眠情况和睡眠质量,并提供相应的分析数据。

2.6 GPS系统

GPS系统可以提供准确的位置定位,方便伤病员的查找和营救。同时,系统还在软件功能中增加诊断救治模版功能,以帮助完成基本救治。

3 无线传感网的建立

WPSM系统其实是以各种传感器为结点建立的小型无线局域网,也称为无线传感网^[2-5]。传感器网络以数据为中心^[6-7],其基本思想是:把传感器视为感知数据流或感知数据源,把传感器网络视为感知数据空间或感知数据库,把数据管理和处理作为网络的应用目标。传感器网络以数据为中心的特点使得其设计方法不同于其他计算机网络(包括Internet)。在WPSM系统中,传感器网络的设计以感知数据管理和处理为中心,把数据库技术和网络技术紧密结合,从逻辑概念和软、硬件技术2个方面实现一个高性能的,以数据为中心的网络系统,为此,WPSM系统运用了复杂的算法并建立了多种不同的模型。

3.1 建立模型

WPSM系统应用生理信息融合技术⁸根据检测项目的需要,结合士兵的状态等因素建立了各种不同的模型,以适应各种不同的情况。不同的模型中所涉及的传感器、所处理的数据也各不相同。例如,对于人体体能的评测,当士兵在正常状态下时WPSM系统运用2种不同的模型:一种简单的模型是极限模型。通过分析体表温度和心率对人体体内能量进行评测。当体表温度处于很低或很高的极限状态时,此模型对人体热量的评测相对比较准确;第二种模型是在温度适宜的时候通过分析人体的新陈代谢、周围环境、衣着等数据来综合评测人体的能量状况。而人体的新陈代谢信息又可通过分析人体的心率、呼吸、活动情况等数据得来。

WPSM系统根据环境的不同选择不同的模型,选择需要的数据,从而确定与相应的传感器建立连接,动态的更新数据传输的

列表。这样既保证了传感网中数据的可靠性,又节约了能量。

3.2 动态的改变传输列表

WPSM主要监测人体的几种生命信号和事件,每一种生命信号和事件运用了不同的模型且每种生命信号和事件对人体的意义又有区别,如对于人体是否受伤的检测属突发事件,其报警级别比较高。所以,在WPSM系统中,当监测模型发生改变时传输列表会改变,同时,对于级别较高的事件发生时传输也具有更高的优先级,其传感器的采样时间和数据传输的等待时间也相应较短。

3.3 在Hub与传感器之间建立双向传输

在以往的传感器网络中,传感器与中心点Hub之间的数据传输是单向的,即传感器只负责向中心点Hub发送数据,中心点Hub负责接收数据。这种方式存在3个优点:(1)传感器节点比较节约能量,其不用对网络进行侦听,只是定时向中心点Hub发送数据;(2)因为传感器节点间的冲突几率小,所以数据丢失的可能性比较小;(3)这种网络在组建时比较简单。

运用双向传输模式,中心点Hub可以根据所检测生命信号和事件的情况选择不同的模型,从而选择与模型相关联的传感器节点建立通信连接,同时向其它传感器节点发送命令,让其处于休眠状态。待到模型转换时,根据需要调整网络连接来唤醒相应的传感器节点。经测试这种双向传输模式的网络连接较单向传输的网络连接整个网络的功耗更低。

3.4 设置传感器间的关联

在传感器测量中,传感器的检测数据可能随着其它因素的影响而产生变动,如心率的检测通过检测心电信号和人体加速度信号得到。当人体在运动中时,心电信号可能会受到影响,这时要相应的改变心电信号和人体加速度信号的关联关系,得到更准确的人体心率信号。

4 传感器的选择

在野战情况下,战场的环境条件非常复杂,这就对传感器提出了很高的要求。传感器的稳定性和检测方法都极大地影响着检测信号的准确性,所以在传感器的选择上WPSM系统针对这些特殊的情况也应用了许多比较先进的技术。例如对于心电信号的检测。心电电极可以分为2种:一种是金属电极,其表面直接与被测物体表面建立容性或阻性的耦合;第二种是绝缘体电极,是通过容性耦合与被测物体相连。通常情况下,我们检测心电信号都是通过金属电极与人体直接连接采集得到的,电极与人体的接触要靠电极片粘连到人体的皮肤上,但当士兵在野外活动时,运动、出汗、长时间的野外活动都会影响电极片的粘性,从而导致电极的脱落。

WPSM系统中对于心电采集的传感器应用了非接触式的心电电极⁹(Capacitively couple noncontact electrode, CCNE)。这种传感器可以嵌入到衣服中,透过衣服采集心电信号而不与皮肤接触。经过对人体的检测试验,应用这种非接触式的心电电极采集的信号检测QRS波与普通电极采集的信号检测QRS波一样准确。同时在提高性能的情况下,这种电极还可用于心脏疾病诊断检测中。

5 结束语

WPSM系统通过有效的数据管理建立了一套高效的无线传感网络,该网络能够灵活应对各种不同的作战环境,准确采集和分析士兵的各种生命体征, (▶▶下转第39页▶▶)

```

/*特殊节假日设定, 计算为工作日, 人为设定为节假日 :
Holidays*/
and(not to_char(t.visit_date,'yyyy-mm-dd') in ('2007-05-01'))
)
and t.visit_date between to_date('2007-04-28','yyyy-mm-dd')
and to_date('2007-05-08','yyyy-mm-dd')
union
/*节假日*/
select '节假日' DayClass, count(distinct trunc(t.Visit_Date,'DD')) days, count(*) Outps
from outpadm.clinic_master t
where
/*周末, 5.1,10.1,元旦默认为假日*/
(((to_char(t.visit_date,'d') in ('1','7'))
or ((to_char(t.visit_date,'dd') in ('01','02','03','04','05','06','07'))
and(to_char(t.visit_date,'mm') in ('05','10'))
or ((to_char(t.visit_date,'mm')='01')and (to_char(t.visit_date,'dd')='01'))
/*特殊节假日设定, 计算为工作日, 人为设定为节假日 :
Holidays*/
or(to_char(t.visit_date,'yyyy-mm-dd') in ('2007-05-01'))
)
/*特殊工作日设定, 计算为节假日, 人为设定为工作日 :
WorkDays*/
and(not to_char(t.visit_date,'yyyy-mm-dd') in ('2007-04-28','2007-04-29'))
)
and t.visit_date between to_date('2007-04-28','yyyy-mm-dd')
and to_date('2007-05-08','yyyy-mm-dd')

```

(◀◀上接第 35 页◀◀)

对士兵的状态有很好的监控作用。WPSM系统目前已经研制完成, 正处于试验阶段, 这些试验包括装置的稳定性, 装置的舒适度, 士兵的接受程度。同时, 试验还模拟各种不同的战场环境, 采取协同作战、分组对抗等方法检验装置的适应性。根据美军计划整个未来部队勇士(FFW)装备将于2010年部分装备部队进行短期使用, 于2020年完成整个FFW系统。

参考文献

- [1] Comstock, J. M. Freeborg, C.D. Martinez, et al. Future Force Warrior[J]. IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium, 2006, 4: 234-238.
- [2] 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感网络[J]. 软件学报, 2003, 14(7): 1 282- 1 291. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1282.htm>.
- [3] Tilak S, Abu-Ghazaleh NB, Heinzelman W. A taxonomy of wireless micro-sensor network models [J]. Mobile Computing and Communications Review, 2002, 1(2): 1- 8.
- [4] Akyildiz LF, Su WL, Sankarasubramanian Y, et al. A survey on sensor networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2002, 40(8):

程序中带下划线者为设定的工作日和节假日。如'2007-04-28'和'2007-04-29'正常判断为周末, 由于五一调休需要将其设定为工作日。为使“人为设定节假日”部分非空, 将'2007-05-01'填入补位。实际应用时, 将春节放假日期填入即可。若统计的时间范围较长, 设定的工作日和节假日可能会较多, 可将该语句放入程序中, 通过参数传递将这些日期传递到SQL语句中。

4 讨论

随着医院管理的深化, 医疗统计工作需要提供更多的信息为管理

决策提供支持。特别是节假日期间, 患者就诊量、手术室开放数量、医护人员安排、辅诊检查、药品供应、后勤物资等的合理配备, 需要有数量依据作为基础。节假日工作量的统计越来越成为常规统计内容。本文所介绍的方法能够适应大多数这类的应用。

但在使用过程中, 也存在一些限制: 由于count(distinct trunc(t.Visit_Date,'dd'))函数仅能返回数据集中实际出现的天数, 若某一日根本没有数据, 则该日无法进入计数。用它计算的天数就会有遗漏, 若用它作分母求日均, 仅能反映有数据的日期门诊日均, 在解释时需特别注意。如要得到确切天数, 需要通过编程逐日判断解决。

参考文献

- [1] 代伟, 胡湖, 曹秀堂. 医院信息采集质量监控方案的设计[J]. 医疗卫生装备, 2006, 27(9): 36-37.
- [2] 杨大千, 周云仙. 门诊患者检查的标本周转时间分析[J]. 中华医院管理杂志, 2005, 21(10): 698-699.
- [3] 曹秀堂, 董军, 高筠等. 医疗数量质量目标值的制订方法探讨[J]. 中国医院统计, 2004, 11(4): 298-300.
- [4] 张岩, 张志彬. Oracle数据库性能调整误区 [J]. 医疗卫生装备, 2006, 27(5): 33.
- [5] 周静, 王建栋. ORACLE共享服务器在军字一号系统中的应用[J]. 医疗卫生装备, 2006, 27(10): 35.

(2007-06-05 收稿)

102-114.

- [5] Estrin D, Govindan R, Heidemann J, et al. Next century challenges: Scalable coordinate in sensor network. In: Proceedings of the 5th ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking[J]. Seattle: IEEE Computer Society, 1999, 263-270.
- [6] 李建中, 李金宝, 石胜飞. 传感器网络及其数据管理的概念、问题与进展[J]. 软件学报, 2003, 14(10): 1 717- 1 727. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1717.htm>.
- [7] Nesime Tatbul, Mark Buller, Reed Hoyt, et al. Confidence-based Data Management for Personal Area Sensor Networks[D]. New York: ACM Press, 2004: 24-31.
- [8] 白净. 生理系统的仿真与建模[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994: 85-109.
- [9] Jaime M. Lee, Frederick Pearce, Craig Morrisette, et al. Evaluating a Capacitively Coupled, Noncontact Electrode for ECG Monitoring [J]. Sensors, 2005. <http://mil.sensorsmag.com/sensors/article/articleDE-TAIL..JSP?id=3132198.PagelD=1&sk&date=>

(2006-12-11 收稿 2007-06-20 修回)