

一款医用可穿戴计算机系统的设计与实现

荣雪宇¹, 车忠根²

(1. 北京工业大学 嵌入式软件与系统研究所, 北京 100124;

2. 北京化工大学 信息科学与技术学院, 北京 100029)

摘要:目前,可穿戴技术越来越多地应用于医疗领域。文中设计了一款集传感器、蓝牙、GPS、TD-SCDMA 等技术于一体的现代医用可穿戴监测系统,由传感器采集各项重要生理指标(血压、脉搏、体温等),经过蓝牙短距离无线传输系统传送给个人手持终端,个人手持终端通过先进的面向通信的双核处理器 DTT6C01B 对整个系统进行控制,及时地与携带者及远程医疗控制中心进行通信。通过实例对可穿戴计算技术的体系结构进行探讨,并对其中的关键数据采集技术进行了实验论证,并就可穿戴计算技术的前景进行了展望。

关键词:可穿戴计算机;传感器;蓝牙;DTT6C01B

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)07-0206-04

Design and Realization of a Medical Wearable Computer System

RONG Xue-yu¹, CHE Zhong-gen²

(1. Institute of Embedded Software and Systems, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. Institute of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical

Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: At present, wearable technology is increasingly used in medical field. A new system about medical wearable monitoring which includes sensors, bluetooth, GPS, TD-SCDMA and other technologies are introduced. The data of important physiological indicators (blood pressure, pulse, temperature, etc.) are collected by the sensors and transported to the personal handheld devices by bluetooth. The personal handheld device control the whole system by DTT6C01B—a communication oriented multi-type information processor, and communicate timely with the carriers and medical control center. In this paper, the architecture of the wearable computer is studied in some cases, and one of the key experimental data collection techniques were demonstrated, and look into the future of it.

Key words: wearable computer; sensor; bluetooth; DTT6C01B

0 引言

可穿戴计算机(Wearable computer—Wearcomp)从首次出现到现在已经经历了整整半个世纪的时间。但可穿戴计算机的发展速度并不是很快,主要原因是现有的技术无法很好地支持可穿戴计算机的便携性、灵活性和高度的人机合一性。随着传感器技术的发展,各种外型小巧而又功能强大的传感器在可穿戴计算机中的应用越来越多,尤其在医用可穿戴计算机领域,人体的很多生理数据都是通过传感器采集的,并且随着新材料技术的发展,传感器也变得更薄、更小,可以缝在织物里,穿在身上,全天候地采集人体脉搏、血压、心

跳等生理数据。近几年来,可穿戴技术和远程医疗逐渐成为科研人员研究的热点。可穿戴远程医疗能够为病人提供低负荷、非接触、长期连续的生理检测,在新一代医疗监护模式下被认为是最有效和最实际可行的监护手段^[1,2],医疗保健领域主要面向的对象是老年人,而我国又处于一个老龄化越来越严重的阶段,因此研究出一套高效实用的医疗监护系统是具有很大意义的。

1 系统结构

文中将介绍一个将传感器技术、蓝牙无线传输技术及 GSM 等技术集于一体的智能医用监护系统,并对其中采用到的关键技术的可行性进行分析。利用各种专用的医用传感器来采集人体的血压、脉搏等生理数据,再利用蓝牙无线传输技术将数据传输给个人手持终端,个人手持终端可以通过 GSM、TD-SCDMA 等远距离无线传输方式将数据传送给远程控制终端,从而

收稿日期:2010-12-27;修回日期:2011-03-15

基金项目:北京市人才强教计划“学术创新团队建设计划”项目(02500054R4901)

作者简介:荣雪宇(1982-),女,山东威海人,硕士,研究方向为嵌入式系统。

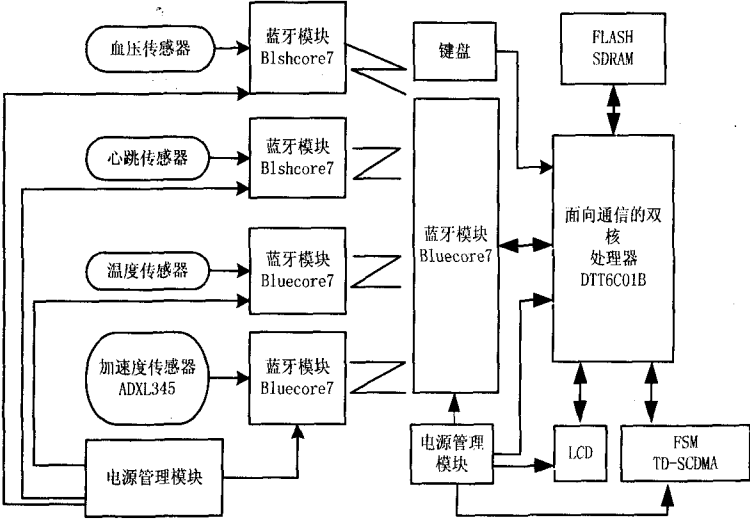


图 1 系统结构图

实现远程医疗监控与报警，远程医疗监控中心还可以通过 GPS 实时动态地采集病人的状态信息和准确地获取其所在的位置，使得医生能及时对病人的病情做出相应准备和就地治疗，以达到快速、准确、高效的目的^[3]。

该系统的结构如图 1 所示。从图上可看出本系统有三大主要部分，一个是传感器数据采集部分，一个是数据无线传输部分，还有个人手持终端部分。以下分模块进行讨论。

2 各模块介绍

2.1 传感器数据采集部分

目前市场上已经出现了各种成熟的医用传感器，它们可以穿戴在人身体的各部分，对人体的血压、脉搏、体温等进行测量，但是很多测心跳或脉搏的传感器只能支持静态测量，当人体处于运动的状态时，会在各个方向产生加速度进而干扰测量结果。由于医用可穿戴计算机需要穿戴在人体上全天候地监护人体的各项生理指标，人体的各种运动是不可避免的，因此文中选择了一款小量程、小尺寸、低功耗的三轴加速度传感器 ADXL345，它是一款小而薄的超低功耗 3 轴加速度计，分辨率高（13 位），测量范围达 $\pm 16g$ 。数字输出数据为 16 位二进制补码格式，可通过 SPI（3 线或 4 线）或 I2C 数字接口访问。它采用 $3mm \times 5mm \times 1mm$ 小尺寸封装，非常适合用于便携式电子产品^[4]。文中除了利用它对加速度的修正功能外还可以利用它对 Z 轴加速度的检测来做为计步器，记录人体一天的行走量，还可以利用 Z 轴加速度的骤变，来判断人体是否处于跌倒，这样可以对行动不便的病人出现的跌倒、摔伤险情进行监控。

ADXL345 与蓝牙模块连接的电路原理图如图 2

所示。

该图采用 I2C 数据传送方式，将 16 位的二进制补码传送给蓝牙模块，其中 BlueCore7 的 PIO 口模拟 I2C 的数据传送协议与加速度传感器进行数据通信，I2C 数据线需要外接上拉电阻 R1，R2。根据《UM10204 I2C 总线规范和用户手册》03 版，R1，R2 的阻值应为 10k，且 I2C 能支持标准（100 kHz）和快速（400 kHz）数据传输模式，由于通信速度限制，使用 400 kHz I2C 时，最大输出数据速率为 800 Hz，使用 100 kHz I2C 时，ODR 最大限值为 200 Hz。以高于推荐的最大值和最小值范围的输出数据速率运行，可能会对

加速度数据产生不良影响，包括采样丢失或额外噪声。

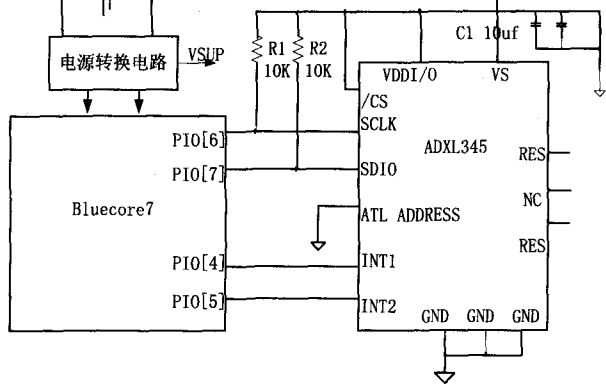


图 2 传感器采集数据转换电路图

2.2 数据无线传输部分

蓝牙技术在短距离无线传输领域占有着举足轻重的地位，它的低功耗低辐射特点特别适用于医疗可穿戴领域，且蓝牙技术本身有着灵活的安全体系结构。

在保证可以访问可信任的业务和设备的同时，又能够提供对其他不可信的设备和服提供访问权限^[5]。CSR 公司的 BlueCore 系列产品广泛地应用于移动电话、PDA、无线耳机、笔记本电脑上，BlueCore7 是首款在单芯片上整合蓝牙 v2.1+EDR、低功耗蓝牙、eGPS（增强型全球定位系统）和 FM 收发技术的设备。采用低功耗蓝牙技术的 BlueCore7 比标准蓝牙的连接速度更快，并且连接时的功耗更低。BlueCore7 上新增的 eGPS 定位系统，可以为远程医疗监护系统提供携带者更准确、更可靠的位置信息。

文中采用的是把射频和基带集成在一起的 BlueCore7 蓝牙单芯片，在单芯片中，所有的蓝牙协议栈以及应用程序均运行在芯片之上。可穿戴医疗监测系统的前端由分布在身上的很多带传感器的蓝牙模块组成，这些传感器节点可以构成一个蓝牙无线网络。蓝牙有两种组网方式，一种是点对点连接的微微网

(Piconet), 另一种是点对多点连接的散射网 (Scatternet)^[6]。

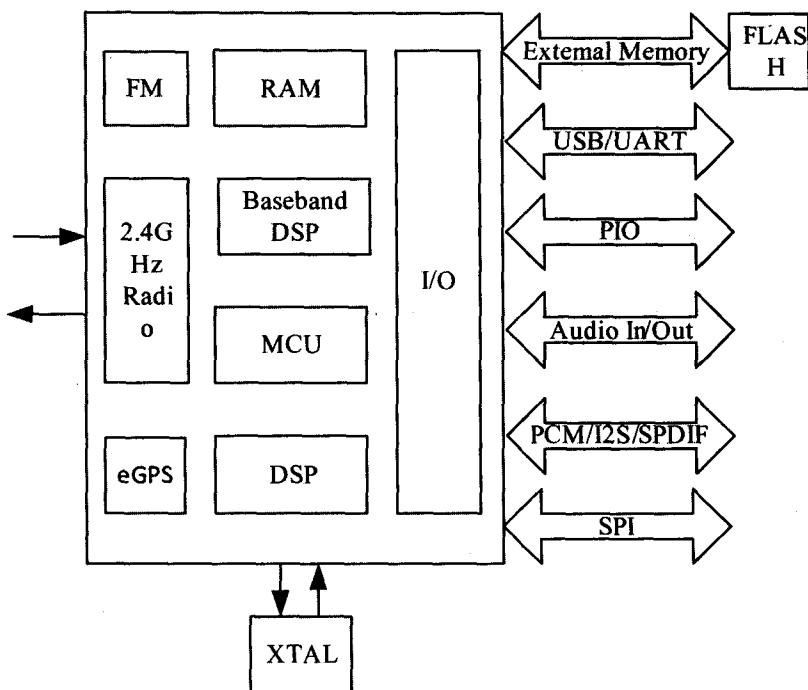


图 3 BlueCore7 系统结构图

文中采用的是微微网, 在一个微微网中, 只有一个主设备 (Master), 它最多支持 7 个从设备 (Slave) 同时与主设备进行通信。个人手持终端上的蓝牙模块是主设备, 分布在人身体上的各种与传感器相连的蓝牙模块是从设备。蓝牙模块间传输的流程主要包括: 蓝牙设备初始化、发现周围设备、配对、鉴权、加密、建立连接、收发数据等几个步骤。蓝牙模块之间传输的数据有很多种, 包括传感数据、音频和视频数据等^[7]。

蓝牙模块有很多通用的数据传输接口, 如 UART/USB、PIO、SPI 等, 这些接口可以支持传感器与蓝牙模块之间的数据传输, BlueCore 系列的蓝牙模块的 SPI 口只具有下载调试功能, 蓝牙模块无法对 SPI 口进行编程控制, 因此可以利用 BlueCore7 的 PIO 口模拟 I2C 数据传输方式, 读取 ADXL345 寄存器里的数据。读取的数据通过蓝牙模块射频装置传送给蓝牙接收模块。此部分的数据采集已经在实验室得到实现, 由于 BlueCore7 芯片新上市不久, 目前在国内还无法购买到该芯片及其相关的数据手册, 因此采用的是 BlueCore5, 数据采集环境为 Casira 蓝牙开发板, 它是由英国 CSR 公司提供并经过验证的一套完整的蓝牙嵌入式开发平台, 用于蓝牙协议栈及上层软件的开发、调试^[8]。软件开发环境为 BlueLab 4.0.1, 采用 C 语言编程。蓝牙开发包采用 luelab SDK (Software Development Kit), 它是 CSR 公司提供的一套蓝牙集成开发环境, 它包括了编译、烧录、调试等功能^[9]。同时, 它还有各种功能完备的库函数供开发人员调用, 大大简化了开发

过程, 编写的程序通过该环境烧录到蓝牙模块的 Flash 里面进行测试。

2.3 个人手持终端部分

本系统采集到的数据通过短距离无线传输方式蓝牙传送给个人手持终端, 个人手持终端可以对数据进行处理, 发送给远程控制终端。个人手持终端也是该医疗可穿戴系统的“主机”部分, 它除了具有 MCU、LCD 和键盘等输入输出设备, 还要具有与远程控制中心进行远距离无线传输的功能。该终端必须具有体积小、辐射低、功耗低便于携带等特点, 基于以上各项要求文中选择了一款由大唐电信科技股份有限公司自主研发生产的面向通信的综合信息处理器 DTT6C01B 作为个人手持终端的核心芯片。DTT6C01B 采用高性能、低功耗 CMOS 技术,

0.18 微米工艺制造, 具有 ARM946E 和 ZSP 双内核处理器, 采用 AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture, 先进微控制器总线系统) 总线结构, 总线速度最高可达 96MHz^[10], 该芯片由处理器模块、通用模块、外设界面模块、通信协议模块、调试模块和子系统通信模块六大模块组成, 六大模块下面包含了 26 个子模块, 各模块分布图如图 4 所示。

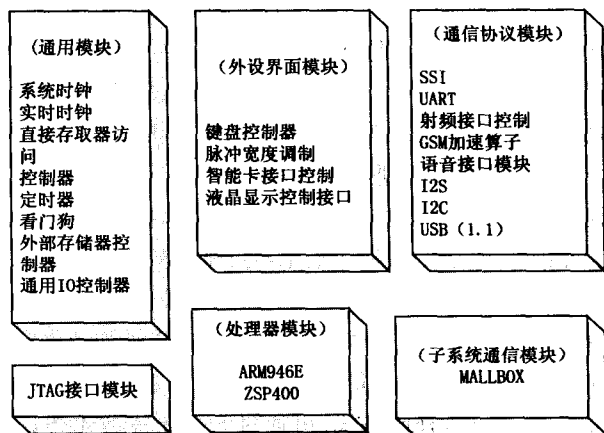


图 4 DTT6C01B 模块分布图

个人手持终端主要由蓝牙接收模块、DTT6C01B 模块、液晶显示模块、键盘输入模块、RF 模块、FLASH 模块和电源管理模块组成, 结构如图 5 所示, 该终端蓝牙接收模块与 DTT6C01B 之间采用通用异步串行通信 (UART) 方式进行通信, BC7 可以将接收到的数据通过 UART 端口传送给 DTT6C01B, DTT6C01B 里面的 ARM946E 是高性能、32 位片上系统解决方案 ARM9

Thumb 家族中的一员,它具有 32 位的 ARM 指令集和 16 位的 Thumb 指令集,可以快速高效地处理本系统的各种任务。DTT6C01B 的 LCD 控制模块支持异步总线和行场控制两种数据传送方式,其中异步总线传送方式支持 8 位、16 位、9 位位宽,本系统选择的是天马微电子生产的 TFT 制式液晶屏,型号为 SST,大小为 3.2 寸,采用的是 16 位宽异步总线方式传送数据。电源管理模块根据各个模块不同的供电需求合理分配电压,例如,蓝牙芯片工作电压为 3.3V,DTT6C01B 的工作电压为 3.3V,内核电压为 1.8V,供电电池采用锂离子供电方式。DTT6C01B 的射频接口控制模块包括 SCDMA 和 GSM,与基带发送模块相连进行远距离无线传输。存储器采用的是 SST 公司生产的 SST32HF64A2 型号,该芯片集 Flash 和 SRAM 于一体,存储容量为 4M * 16Flash+1024k * 16PSRAM。

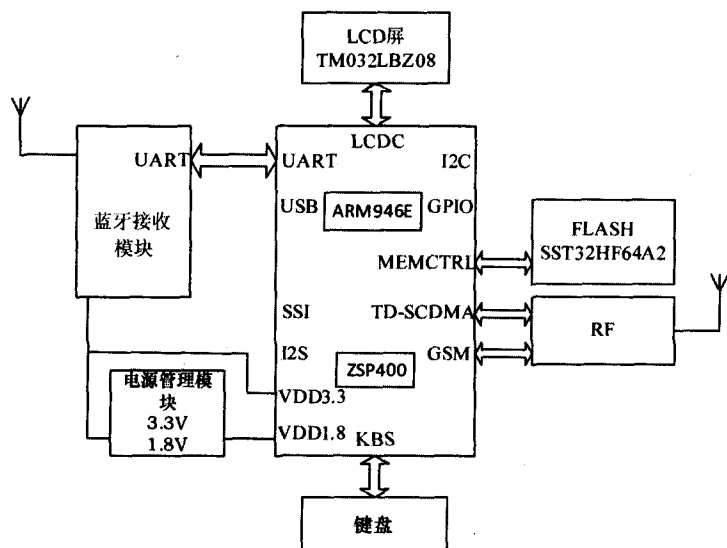


图5 个人手持终端系统结构图

随着 ARM 技术的广泛应用,建立基于 ARM 构架的嵌入式操作系统已成为当前研究的热点, $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 是一款在 ARM 架构上移植较为成功的嵌入式操作系统^[11,12],可以在 DTT6C01B 上安装嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$,系统上电后,处理器会自动执行一段指令来发现存储于 Flash 里的操作系统引导区 (boot block) 的位置,该引导区代码被自动导入 SRAM 并开始执行。随着引导区代码的执行,操作系统程序被加载到 SRAM 中的指定区域并初始化寄存器、终端设备等,操作系统开始运行并为用户提供简单友好的用户界面,并提供强大的网络功能,在操作系统上编写各种实用的软件,可以将各种生理指标以图形界面的形式展示出来,由于 DTT6C01B 是面向通信的综合信息处理器,它能胜任移动电话的各项功能,因此可以通过现有的移动网络及时地传递信息,还可以利用 3G 网络实现视频通话和上网等功能,因此,该手持终端可

将手机和监测终端融为一体,既能满足携带者日常的通信需求,又能满足医疗监护系统的监测功能。另外 BC7 上的 eGPS 模块可以准确及时地定位携带者的位置,对紧急危险的病人进行搜索营救。携带者生理指标的轻微异常结果除了能在个人手持终端的 LCD 屏幕上显示出来,远程医疗监护系统还可以通过 GSM、TD-SCDMA 网络以短信的方式提示携带者及时到医院就诊。

DTT6C01B 作为一个面向通信的综合处理器,它所具有的功能模块非常丰富,个人手持终端并不一定使用其全部功能,可以从使用者的需求、成本、及未来社区医疗网络的大小来灵活的设计各种功能。文中只是对其中一部分功能进行了设计和论证,其他功能还有待于开发。

3 结束语

可穿戴计算技术在医疗领域会发挥越来越重要的作用,随着传感器技术、无线传输技术已及专用集成电路技术的发展,医用可穿戴计算机系统也会向着更智能、低功耗、低辐射、便携性的方向发展。不久的将来,传感器有可能被植入皮肤表面或体内,人类的各项生理指标都可以及时全面地被监督,同时,随着物联网技术的迅速发展,医用可穿戴计算机也将在社区医疗监护网中发挥着重要的做用。可穿戴计算技术体系是一个很大的系统,其中涉及的技术也非常多,文中对医用可穿戴计算机体系进行了研究与设计,并通过实验论证了

其中部分关键技术的可行性,对另外一些较复杂的部分提出了设计思路,希望能对可穿戴计算机技术的发展起到一定的推动作用。

参考文献:

- [1] Stein J. Wearable sensor technology for functional assessment after stroke[J]. IEEE Eng Med Biol Mag, 2003, 22(3): 26-27.
- [2] Hung K, Zhang Y T, Tai B. Wearable medical devices for tele-home healthcare[C]//Conf Proc IEEE. Eng Med Biol Soc. [s. l.]: [s. n.], 2004: 5384-5387.
- [3] 陈 靓,申卫昌,郭 军,等. 基于 GPS 可穿戴医用监控系统的设计与实现[J]. 微计算机信息(测控自动化), 2006, 22(11-1): 264-267.
- [4] ADXL345 3-Axis, $\pm 2 \text{ g}/\pm 4 \text{ g}/\pm 8 \text{ g}/\pm 16 \text{ g}$ Digital Accelerometer datasheet[M]. [s. l.]: Analog Devices, Inc., 2009.
- [5] Sairam, K. V. S. S. S., Gunasekaran, et al. Bluetooth in wire-

也就不同,结合前面用户聚类中的用户的相似性,通过计算书目子类 j_m 中用户 i 与用户 u 之间的相似度来判断书目类别 j_m 中哪些用户与目标用户 u 比较相似。计算相似度公式如公式(2)所示。

$$\text{sim}(u, i) = \frac{\sum_{k \in I_{u,j}} (r_{u,k} - \bar{r}_u)(r_{i,k} - \bar{r}_i)}{\sqrt{\sum_{k \in I_{u,j}} (r_{u,k} - \bar{r}_u)^2} \sqrt{\sum_{k \in I_{i,j}} (r_{i,k} - \bar{r}_i)^2}} \quad (2)$$

式中, $I_{u,j}$ 表示用户 u, j 共同评分书目, $r_{u,k}$ 表示用户 u 对书目 k 的评分, $r_{i,k}$ 表示用户 i 对书目 k 的评分, \bar{r}_i, \bar{r}_j 表示用户 i, j 的平均评分。 \bar{r}_u 表示 u 用户的平均分,根据相似度由大到小排列,得到邻居集为 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_M$ 。

依次计算书目 j_m 类别中每个用户与 u 用户的相似度,然后对这些相似度进行降序排序,取前 m 个用户作为用户 u 的最近邻居。

5) 生成最终推荐结果。

在同一图书推荐子类中,预测用户对其中未评价图书的兴趣度,预测公式如公式(3)所示^[11]:

$$\text{pred}_{u,j_m} = \bar{R}_{j_m} + \frac{M_{u,j_m}}{N_{j_m}} \quad (3)$$

其中, \bar{R}_{j_m} 表示最近邻居集中所有用户对 j_m 类图书中未借图书兴趣度的平均值, M_{u,j_m} 表示用户 u 在 j_m 类图书中未借图书书目, N_{j_m} 表示 j_m 类图书总数目。通过上述方法预测用户对未评分项目的兴趣度,然后选择 j_m 类图书中前 $M_{u,j_m} \times \text{pred}_{u,j_m}$ 项图书推荐给用户。如果某用户的兴趣分散在多个子类中,则在每个图书子类中采用上述方法进行推荐。

3 结束语

文中的数字图书馆书目推荐系统采用基于关联规则算法和改进的协同过滤算法联合设计,整个推荐过程分两步实现。首先对用户借阅的事务数据集进行离

线预处理,产生图书关联规则,根据关联规则生成初步的推荐书目子类;然后在同一推荐书目子类中结合用户的兴趣度并采用改进的协同过滤算法生成最终推荐书目页面呈现给用户,具有鲜明的个性化色彩,同时也提高了协同推荐效率,具有较好的实用价值和推荐价值^[12]。

参考文献:

- [1] 耿玉清,张春生.一种试卷分析及数据挖掘系统的开发[J].计算机技术与发展,2010,20(10):241-242.
- [2] 张志杰.基于分层结构的管理信息系统架构设计[J].计算机技术与发展,2010,20(10):148-149.
- [3] 王飞.面向电子商务的Web数据挖掘的研究与设计[D].成都:四川大学,2006.
- [4] 王创新.关联规则提取中对Apriori算法的一种改进[J].计算机工程与应用,2004,40(34):183-185.
- [5] 范旭.以豆瓣网和中国国家图书馆为案例的网上书目推荐系统研究[J].图书馆学研究,2008(8):44-48.
- [6] 陈定权.关联规则与图书馆书目推荐[J].情报理论与实践,2009,32(6):81-84.
- [7] Timmis J, Edmonds C. A Comment on opt-AINet: An Immune Network Algorithm for Optimisation[C]//Genetic and Evolutionary Computation, volume 3102 of Lecture Notes in Computer Science. [s.l.]:Springer, 2004:308-317.
- [8] Herlocker J L, Konstan J A, Terveen L G, et al. Evaluating collaborative filtering recommender systems[J]. ACM Transactions on Information Systems, 2004(1):58-59.
- [9] 潘宇,林鸿飞,杨志豪.基于用户聚类的电子商务推荐系统[J].计算机应用与软件,2008,25(4):25-26.
- [10] Grear M. User Profiling Collaborative Filtering[C]//Proceedings of SIKDD 2004 at Multiconference IS. [s.l.]:[s.n.], 2004:75-78.
- [11] 何安.协同过滤技术在电子商务推荐系统中的应用研究[D].杭州:浙江大学,2007.
- [12] 王辉,高利军,王听忠.个性化服务中基于用户聚类的协同过滤推荐[J].计算机应用,2007,27(5):1225-1226.

(上接第209页)

- less communication[J]. Communications Magazine, IEEE, 2002,40(6):90-96.
- [6] 马建仓.蓝牙核心技术及应用[M].北京:科学出版社,2003:2-4.
- [7] 陈亚琼.基于可穿戴技术的无线网络通信[D].北京:北京工业大学,2010.
- [8] CSR. BlueCore5-Multimedia External Data sheet[EB/OL]. 2010. <http://www.csr.support.com>.
- [9] CSR. UniFi Unity+Coexistence[EB/OL]. 2010. <http://www.csr.support.com>.
- [10] DTT6C01B 芯片用户手册 V1.1[M]. [s.l.]:Datang Microelectronics Technology Co., 2004.
- [11] 邓中亮,何双亮.基于ARM的嵌入式操作系统μC/OS-II的移植研究[J].计算机技术与发展,2007,17(10):4-6.
- [12] 王莹莹,李斌.μC/OS-II在AT89S52上的移植[J].计算机技术与发展,2007,17(11):244-246.