

# 远程实时健康监护系统呼叫中心关键技术研究

陈苏蓉, 王杰华<sup>+</sup>, 朱晓辉, 邵浩然

(南通大学 计算机科学与技术学院, 江苏 南通 226019)

**摘要:** 利用微型传感器对人体健康状况进行远程实时监护已取得很大进展。当传感器获取用户生理数据并传输到远程数据中心时, 针对异常的用户生理数据, 如何通过呼叫中心迅速向用户及家属朋友发起主动呼叫, 实现紧急报警, 使用户在紧急情况下获得家属朋友的帮助和及时的医疗救助是需要解决的一个重大问题。提出了利用异常数据自动监控、消息通讯机制、设计新的主动呼叫流程等方法解决紧急情况下由呼叫中心向用户发出的主动呼叫问题。实验应用结果表明, 该方法是有有效的。

**关键词:** 主动报警; 呼叫中心; 主动呼叫; 健康监护; IOCP 协议

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7024 (2012) 11-4386-06

## Research of call center for remote real-time health monitor system

CHEN Su-rong, WANG Jie-hua<sup>+</sup>, ZHU Xiao-hui, SHAO Hao-ran

(College of Computer Science and Technology, Nantong University, Nantong 226019, China)

**Abstract:** Monitoring human health remotely and real-timely by micro sensor has been made a great progress. However, when sensor transfers user's health data to remote data center, it is important to solve the problem that according to the abnormal health data, the call center should call user's family and friends immediately and actively to help him get help from his family and friends or medical treatment in time. A solution for making active call is presented by using monitoring abnormal data automatically, message communication, a new process for active call is designed. The experiment and the application show that the solution is effective.

**Key words:** alarm actively; call center; call actively; health monitor; IOCP protocol

## 0 引言

利用微型传感器来对人体生理参数进行实时采集, 并远程传输到数据处理中心, 实现远程实时健康监护成为目前医疗仪器领域研究的重点<sup>[1]</sup>。目前, 国内外的研究重点主要在以下几个方面: 一是如何提高传感器采集用户生理数据的精确性, 并达到临床医疗的要求; 二是如何尽可能多地采集用户多种生理参数如: 血压、血氧饱和度、心率、呼吸率、体温等, 从而进一步增强在医疗领域的实用性; 三是如何进一步对传感器进行微型化, 方便用户使用和携带。目前, 美国麻省理工学院、日本的 WIN Human Recorder 公司等都在加紧研制相关产品<sup>[2]</sup>。这些系统目前还

处于实验研究阶段, 因此, 针对用户在突发状况如: 突然跌倒、心率血压突然下降或上升、血氧饱和度突然严重下降等情况下生理参数发生异常时如何向用户及其家人及时主动报警等具体问题都没有做深入研究, 目前还没有一套成熟有效并适用于远程实时健康监护系统的呼叫中心解决方案。

项目组经过与相关公司和科研机构 4 年多合作, 研发了便携式远程实时健康监护系统, 实现了设备微型化、多生理参数采集、实时监控、远程数据传输、主动报警等功能。本文主要研究远程实时健康监护系统中当数据中心发现用户生理参数异常时, 呼叫中心如何向用户及其家人进行主动报警, 从而使用户得到及时有效的医疗救助。

收稿日期: 2012-02-27; 修订日期: 2012-05-06

基金项目: 南通市基础应用研究基金项目 (K2010067、BK2011072、K2010028、BK2011025); 江苏省“六大人才高峰”基金项目 (2010-WLW-006); 南通市科技公共服务平台计划基金项目 (DE2010003); 江苏省高校科研成果产业化推进基金项目 (JHB2011-45); 上海市信息安全综合管理技术研究重点实验室开放课题基金项目 (AGK2009006)

作者简介: 陈苏蓉 (1977-), 女, 江苏宿迁人, 硕士, 讲师, 研究方向为计算机应用; +通讯作者: 王杰华 (1965-), 男, 江苏南通人, 硕士, 副教授, 研究方向为数据安全与数据加密; 朱晓辉 (1976-), 男, 江苏海门人, 硕士, 副教授, 研究方向为软件工程; 邵浩然 (1975-), 男, 江苏如皋人, 硕士, 副教授, 研究方向为网络安全。E-mail: wang\_jh@ntu.edu.cn

论文首先给出系统整体架构, 对系统运行流程做了简要说明, 分析了传统呼叫中心的运行机制及存在的不足, 重新定义了当数据处理中心发现用户生理数据异常时的系统主动呼叫流程, 并基于 Asterisk 的软交换技术<sup>[3]</sup>设计和实现了基于主动报警策略的呼叫中心系统, 最后给出了实

验测试结果并做了总结。

### 1 系统整体架构

系统主要由微型生理信息采集器、数据传输系统和实时服务支撑平台三大部分组成, 其架构如图 1 所示。

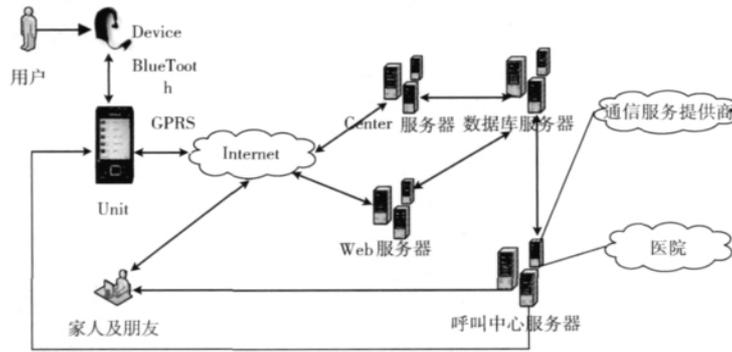


图 1 系统架构

整个系统基本工作流程为：佩戴于用户耳朵上的微型传感器获取用户生理数据（包括血压、体温、血氧饱和度、心率、呼吸率、运动状态、环境温度等参数），传感器通过蓝牙把数据传送到用户手机，最后通过手机上的客户端程序把数据传送到远程 Center 服务器进行处理后送到数据库保存。用户或其指定的家人及朋友可以通过 WEB 服务器来查询历史生理数据信息，这些生理数据同时也为医生做出正确的医疗诊断提供第一手资料。当用户生理数据异常时，Center 端通过数据库服务器自动向呼叫中心报警，呼叫中心按照一定的优先级别自动依次向用户本人、经授权的家人及朋友甚至用户当前所在地的 120 联系，请求及时的帮助和医疗救助。

工开始为用户提供服务，认真解答用户的咨询和问题并做好详细记录，若用户的问题需要向上级请示，则迅速转达并做好及时回访工作。

### 2 呼叫中心系统设计

目前市场上现有呼叫系统都是基于被动呼叫的形式，如移动 10086 服务系统、公安 110 报警系统等。即由用户通过电话主动发起呼叫，呼叫中心被动响应。而在健康监护系统中，除了以上常规功能外，当数据处理中心发现用户生理数据出现严重异常时，需要立即通知呼叫中心坐席员工，并主动向用户及家人朋友发起呼叫，进行紧急报警，确保用户能及时获得家人朋友的帮助和紧急医疗救助。因此需要对现有的呼叫中心系统流程进行改造，使之能实现主动呼叫和紧急报警的功能。

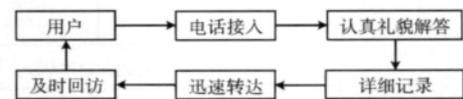


图 2 传统呼叫服务流程

#### 2.1 呼叫流程

呼叫中心是企业与客户进行交流的渠道<sup>[3]</sup>。目前传统的呼叫中心基本流程如图 2 所示。首先，客户通过电话或手机拨打呼叫中心统一客服电话，该呼叫请求进入呼叫中心的呼叫队列，系统根据坐席员工当前状态自动从呼叫队列中取出一个呼叫请求并转接到某个空闲的坐席，坐席员

以上流程适合于为用户提供业务咨询、售前售后服务及问题投诉等场合，但无法满足健康监护系统在用户突然跌倒、心率血压突然上升或下降、血氧饱和度突然严重下降等紧急情况下自动向用户及其家人或朋友发起主动呼叫和紧急报警的业务需求。因此，需要定义新的基于主动呼叫服务的呼叫业务流程，使得健康监护系统的数据处理中心一旦发现用户生理数据异常或用户主动发出紧急救助请求时，能主动向用户及用户所授权的家属和朋友发起呼叫，确保用户能获得及时的帮助和医疗救助。主动呼叫服务流程如图 3 所示。

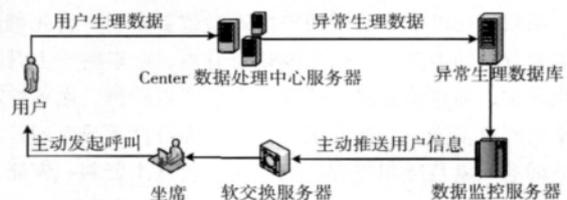


图 3 主动呼叫服务流程

在图 3 中，负责数据处理的 Center 服务器对获取的用户生理数据进行分析并保存到用户生理数据主数据库中，当发现用户生理数据异常时，在把该数据保存到主数据库

的同时，向异常生理数据库服务器保存该生理数据的副本，异常生理数据库获取数据后立即通知外部的数据监控服务程序，监控服务程序接到通知后从异常生理数据库中获取相关异常信息，并查询该异常数据所对应的用户基本资料及联系电话信息，再主动推送到呼叫中心坐席员工的电脑程序界面上，并通过呼叫中心主动向用户及其家属朋友发起电话呼叫。

## 2.2 系统设计

当数据处理中心发现用户生理数据发生异常时，需要立即通知呼叫中心坐席员工，并把该用户的基本信息及生理数据主动推送给坐席，同时主动向该用户或其家人发起电话呼叫，确认该用户的实际情况，在特定情况下还可以通过用户手机的 GPS 或 A-GPS 进行实时地理位置定位，并向用户所在地的 120 请求紧急医疗救助。其主动呼叫详细流程如图 4 所示。

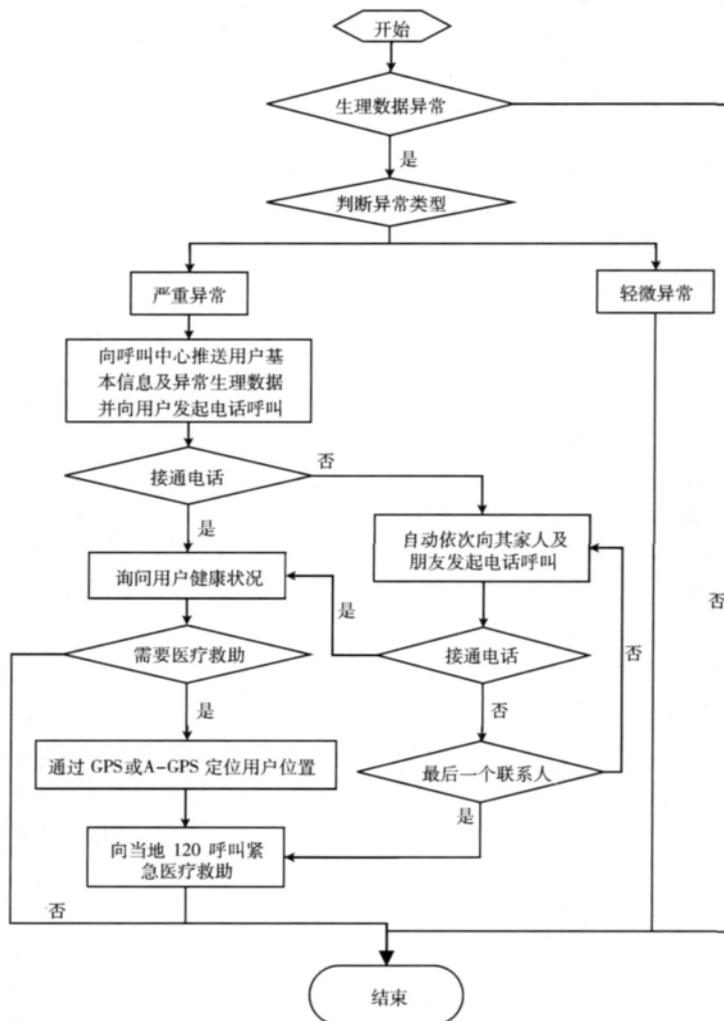


图 4 主动呼叫详细流程

当数据处理中心发现用户生理参数异常时，首先判断该异常数据的类型，若是体温略有升高、心率略有上升等轻微异常，则自动忽略；若发现用户严重跌倒、血氧饱和度突然严重下降、心率血压突升或突降等严重异常时，系统立即启动紧急呼叫流程，把该用户的基本资料、家属及朋友联系电话、异常生理数据等信息推送到呼叫中心坐席，并自动向用户发起电话呼叫。若呼叫中心的外呼队列中还有处于等待状态的外呼请求时，系统自动把该紧急呼叫请求以最高优先级的方式插入到外呼队列的最前面，确保该外呼请求能及时得到处理。呼叫中心坐席通过电话服务向

用户询问其身体状况，询问是否需要紧急医疗救助，若用户告知需要紧急医疗救助，则通过呼叫中心远程唤醒用户手机上的客户端程序并启动手机上的 GPS 或 A-GPS 进行实时定位，当获取了用户的地理位置信息后向当地 120 请求紧急医疗救助。当用户电话无法接通时，呼叫中心将自动依次向该用户事先设定的家人及朋友的联系顺序发起电话呼叫，询问用户当前身体状况或请求协助与用户本人取得联系。当所有联系人电话都无法接通时，系统将通过用户手机上的 GPS 或 A-GPS 进行实时定位，并直接向当地 120 请求紧急医疗救助。

### 3 呼叫中心系统实现

由于 Center 数据处理中心和保存用户生理数据的主数据库服务器需要承受高并发的数据传输和访问, 为了减轻主数据库服务器压力, 系统中设立了独立的数据监控服务程序和异常生理数据库来对异常生理数据进行实时监控和处理。

#### 3.1 传输异常生理数据

数据处理中心接收用户生理数据后, 首先对其进行数据合法性、正确性和安全性验证, 然后判断该生理数据各项指标是否正常, 若各指标正常则直接保存到用户生理数据库中, 否则需要同时保存到用户生理数据库和异常生理数据库中。传输异常生理数据的步骤如下:

(4) Center 数据处理中心接受用户生理数据包, 对其进行数据合法性、正确性和安全性验证, 若验证错误则丢弃, 否则进入步骤 (2)。

(2) 把数据包中的用户生理数据保存到用户生理数据库中。

(3) 从用户信息表中获取该用户的各项生理参数的正常阈值范围, 判断该生理数据记录是否正常, 若为异常生理数据, 则将该数据同时保存到异常生理数据库中, 若不是则忽略。

(4) 重复步骤 (1)。

#### 3.2 监控异常生理数据

当异常生理数据库获取到外部传递过来的用户生理数据后, 需要立即通知数据监控服务程序来获取相关信息。数据监控服务程序获取异常生理数据的方式有两种: 一是采用主动轮询方式来循环查询异常生理数据库中是否有数据。这种方法的优点是实现简单, 缺点是无论异常生理数据库中是否有数据, 都要循环执行查询工作, 因此极大地牺牲了系统性能。同时由于采用了固定的时间间隔来进行轮询查询, 因此会出现即使数据库中已有异常生理数据, 但由于还没有到达下次轮询的时间, 因此系统也无法及时进行处理的情况。二是采用数据库改变通知技术 (database change notification) 这一消息通讯机制<sup>[4]</sup>, 当异常生理数据库中有数据到达时, 数据库主动发送消息给数据监控服务程序, 通知其来抓取异常生理数据。这种方法的优点是只有异常生理数据库有了数据后监控服务程序才去查询数据, 这对读多写少应用的缓存更新以及避免轮询数据库等方面很有用, 因此系统性能较高。缺点是实现过程比较复杂。考虑到系统对性能方面的高要求, 这里选用了第二种方法, 采用 Database Change Notification 技术来实现异常生理数据库和监控服务程序间的消息通讯, 当数据库中被监听的用户异常生理数据表中的数据发生变化时, 自动向数据监控服务程序发出通知。

#### 3.3 实现主动呼叫

当系统发现用户生理数据异常时, 将自动加快数据的采集和传输频率, 以便为后期的医疗诊断提供更多的基础生理数据。因此, 在短时间内将有多条异常生理数据传送到异常生理数据库, 这样就会导致呼叫中心重复向用户及其家属朋友发起主动呼叫。为了解决这一问题, 在数据库的用户信息表中增加一个状态字段和一个时间字段, 状态字段取值为 0、1、2 这 3 个值。其中“0”表示当前该用户无异常数据; “1”表示该用户已产生了异常生理数据, 并且呼叫中心正在处理, 无需再重复发送异常生理数据; “2”表示呼叫中心已经完成了主动呼叫任务, 在时间字段中设定的时间前无需再进行重复呼叫。其主动呼叫步骤如下:

(1) 异常生理数据库服务器接收到异常数据。

(2) 通过 Database Change Notification 向异常监控服务程序发送消息。

(3) 异常监控服务程序响应该消息, 从异常生理数据库中查询并获取当前所有异常数据。

(4) 对异常数据集进行分类汇总和排序, 依次获取对应的用户 ID。

(5) 依次根据用户 ID 查询用户信息表中状态位字段和时间字段的值, 判断是否需要进行主动呼叫。

(6) 若状态位为“0”, 则表示这是最新的一条异常生理数据, 先把状态位置为“1”然后发起主动呼叫。若状态位为“1”, 表示呼叫中心正在处理主动呼叫业务, 当前无需发起主动呼叫。若状态位为“2”, 则需进一步判断时间字段中的值是否已过期, 若还未过期则也无需发起主动呼叫, 若已过期则把状态为重新置为“1”并发起主动呼叫。

(7) 当需要发起主动呼叫时, 异常监控服务程序动态获取用户的联系电话等信息, 并创建一个外呼请求送给呼叫中心的外呼队列中, 若外呼队列中有等待的外呼请求, 则将该外呼请求直接插入到外呼队列的最前面, 确保该外呼请求能在第一时间被发送给当前空闲的坐席员工, 同时把异常生理数据库中该用户的异常数据删除以避免进行重复呼叫。坐席员工获取该外呼请求后系统自动弹出该用户的基本资料、异常生理数据等基本信息, 并自动开始依次拨打电话与用户及其家属朋友联系。

(8) 重复步骤 (1)。

呼叫中心采用开源的 Asterisk<sup>[5]</sup>。它是一个由 Digium 公司开发, 运行在 Linux 或 Unix 环境下的纯软件、开放源代码的 PBX 软件系统, 能提供很多只有专业 PBX 系统才支持的功能<sup>[6]</sup>, 如: 语音邮件, 呼叫排队, 通话录音, 电话会议, 交互式语音提示及电话自动转接等。Asterisk 在 PSTN 和 VoIP 上都能提供很好的实时链接, 能兼容各种不同的电话终端, 支持多种主流的 IP 电话协议<sup>[7]</sup>。由于该软件的开源性, 用户可以通过修改其源代码来方便的扩展其系统功能, 自定义开发自己所需的功能模块。

### 4 应用实例分析

本系统中的 Center 数据处理服务程序采用 C++ 及 IOCP 模型<sup>[8-9]</sup>开发, IOCP 模型与传统的 SOCK 相比有占用资源少, 并发性能高等优点<sup>[10]</sup>。数据库系统采用 ORACLE, 监控服务程序采用 C#。实验测试环境如下: Center 服务器、数据库服务器、异常监控服务器以及基于 Asterisk 的呼叫中心服务器的硬件配置均为 CPU: Xeon5420/内存: 8G/硬盘: RAID5 800G/网络带宽: 千兆/操作系统: Windows Server2003 R2, 其中 Asterisk 软交换服务器运行 Linux 操作系统; 客户端机器硬件配置为 CPU: Intel 酷睿 2 /内存: 4G/硬盘: ATA 640G/网络带宽: 千兆/操作系统: Windows XP。为了在实验环境中模拟向数据处理中心

高并发的数据传输, 开发了基于多线程的客户端测试程序, 并设定数据包发送的最小时间间隔为 2s。图 5 显示了在发送正常数据包情况下数据处理中心和异常数据监控服务程序的并发连接数和 CPU 及内存之间的关系。

从图 5 看出, 随着发送数据包的并发连接数从 100 逐渐增加到 3000, 由于 Center 端服务程序需要开辟额外内存空间来为每个连接请求缓存并处理数据, 因此内存从 542MB 线性增长到了 1259MB, 同时 CPU 资源占用率也从 12% 线性增长到 88%。而数据监控服务器由于没有异常生理数据需要处理, 因此 CPU 资源占用率都在 3% 以下。

为测试异常生理数据对 Center 端服务器程序系统性能的影响, 通过修改模拟程序, 使其全部发送异常生理数据包, 测试情况如图 6 所示。

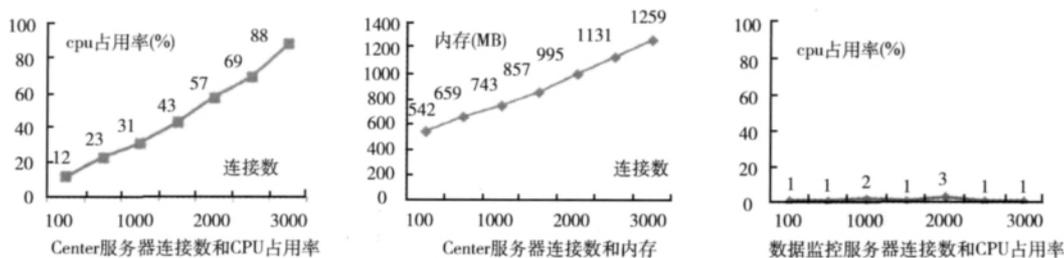


图 5 正常数据测试结果

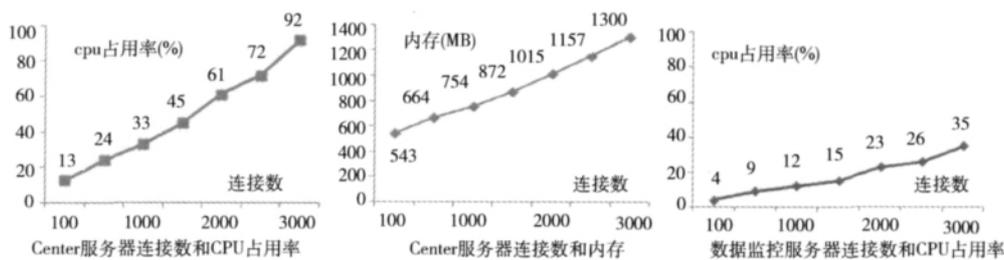


图 6 异常数据测试结果

从图 6 看出, 由于模拟程序发送的全部是异常生理数据, 因此 Center 端数据处理程序需要同时向两个数据库传输生理数据, 所以服务器的 CPU 占用率和内存占用率都略有上升, 但对整体性能影响较小。而数据监控服务程序需要处理异常生理数据, 因此其 CPU 资源占用率随着异常生理数据量的增长而相应呈线性增长。

### 5 结束语

从实验分析可以看出, 本文提出的远程健康监护系统的呼叫中心设计方案很好的解决了系统在发现用户生理参数异常情况下的主动呼叫和紧急报警问题, 从而确保用户在突发情况下能得到及时的医疗救助, 大大提升了健康监护系统的实用性及先进性。下一步需要重点研究在系统产生海量异常数据, 呼叫中心来不及处理的极端情况下如何动态确定呼叫的优先级以及如何设立呼叫等待缓冲队列,

从而进一步提升系统的可靠性和稳定性。

### 参考文献:

- [1] HE Biao, ZHOU Kai-ban. Remote real-time ECG monitoring system based on smart mobilephone [J]. Computer Engineering, 2009, 35 (12): 248-249 (in Chinese). [何彪, 周开班. 基于智能手机的远程实时心电图监护系统 [J]. 计算机工程, 2009, 35 (12): 248-249.]
- [2] Cao H, Leung V, Chow C, et al. Enabling technologies for wireless body area networks: A survey and outlook [J]. Communications Magazine, IEEE, 2009, 47 (12): 84-93.
- [3] WU-jiangning, WANG-xiaohuan. The research for knowledge navigation based call center [J]. Journal of Dalian University of Technology, 2009, 49 (6): 977-984 (in Chinese). [吴江宁, 王晓欢. 面向呼叫中心的知识导航系统研究 [J]. 大连理工大学学报, 2009, 49 (6): 977-984.]

- [4] ZHANG Yun-fan. Backup and recovery strategy of oracle database [J]. Computer Engineering, 2009, 35 (15): 85-87 (in Chinese). [张云帆. Oracle 数据库备份与恢复策略 [J]. 计算机工程, 2009, 35 (15): 85-87.]
- [5] DENG Guo-dong, HU Yue-ming, BAI Ying-cai. Design of soft-switch management platform based on asterisk [J]. Computer Engineering, 2007, 33 (23): 145-147 (in Chinese). [邓国栋, 胡越明, 白英彩. 基于 Asterisk 的软交换运营平台设计 [J]. 计算机工程, 2007, 33 (23): 145-147.]
- [6] PAN Yun-liang, YANG Guan-ci, ZHOU Ying-quan. Distributed call center for enterprises based on Asterisk and OpenVPN [J]. Journal of Computer Applications, 2010, 30 (3): 756-760 (in Chinese). [潘云良, 杨观赐, 周应权. 基于 Asterisk 与 OpenVPN 的企业集团 IP 分布式呼叫中心 [J]. 计算机应用, 2010, 30 (3): 756-760.]
- [7] MOU Ying, WANG Jun-feng, XIE Chuan-liu, et al. Forecast on traffic of large call center [J]. Computer Engineering and Design, 2010, 31 (21): 4686-4689. [牟颖, 王俊峰, 谢传柳, 等. 大型呼叫中心话务量预测 [J]. 计算机工程与设计, 2010, 31 (21): 4686-4689.]
- [8] CHEN Huai-song, CHEN Jia-qi. Research of key issues for writing service program using IOCP [J]. Computer Engineering and Design, 2010, 31 (17): 3793-3796 (in Chinese). [陈怀松, 陈家琪. IOCP 写服务程序时的关键问题研究 [J]. 计算机工程与设计, 2010, 31 (17): 3793-3796.]
- [9] JIN Mu, LI Wenyao. IOCP mechanism application on the network communication system in the P2P model [J]. Micro Computer Information, 2007, 23 (24): 126-127 (in Chinese). [金牧, 李文耀. IOCP 机制在 P2P 模式网络通信中的应用 [J]. 微计算机信息, 2007, 23 (24): 126-128.]
- [10] TANG Guojun, WANG Cuirong, ZHAO Yuhui, et al. The application of IOCP in the performance test for video meeting server [J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology, 2007, 34 (1): 47-50. [汤国军, 王翠荣, 赵煜辉, 等. 完成端口在视频会议服务器性能测试中的应用 [J]. 北京化工大学学报, 2007, 34 (1): 47-50.]

(上接第 4385 页)

- [5] Taskeed Jabid, Hasanul Kabir Md, Oksam Chae. Gender classification using local directional pattern (LDP) [C]. Proceeding of 20th International Conference on Pattern Recognition. Istanbul, Turkey: IEEE Computer Society Press, 2010: 2162-2165.
- [6] WU J, Smith W A P, Hancock E R. Gender discriminating models from facial surface normals [J]. Pattern Recognition, 2011, 44 (12): 2871-2886.
- [7] Candes E J, Romberg J, Tao T. Robust uncertainty principles: Exact signal reconstruction from highly incomplete frequency information [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2006, 52 (2): 489-509.
- [8] Donoho D L. Compressed sensing [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2006, 52 (4): 1289-1306.
- [9] John Wright, Allen Y Yang, Arvind Ganesh, et al. Robust face recognition via sparse representation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009, 31 (2): 210-227.
- [10] Justin Romberg. Sensing by random convolution [C]. Proceeding of 2nd IEEE International Workshop on Computational Advances in Multi-Sensor Adaptive Processing. Virgin Islands: IEEE Computer Society Press, 2007: 137-140.
- [11] Candès E J. Compressive sampling [C]. Proceeding of the International Congress of Mathematicians. Madrid, Spain: European Mathematical Society, 2006: 1433-1452.
- [12] Candès E J, TAO T. Decoding by linear programming [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2005, 51 (12): 4203-4215.
- [13] Tropp J A. Just relax: Convex programming methods for identifying sparse signals in noise [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2006, 52 (3): 1030-1051.
- [14] Candès E J, Wakin M B, Boyd S P. Enhancing sparsity by reweighted l1 minimization [J]. Journal of Fourier Analysis and Applications, 2008, 14 (5): 877-905.
- [15] JI S, XUE Y, Carin L. Bayesian compressive sensing [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2008, 56 (6): 2346-2356.
- [16] Figueiredo M A T, Nowak R D, Wright S J. Gradient projection for sparse reconstruction: Application to compressed sensing and other inverse problems [J]. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2007, 1 (4): 586-597.
- [17] Georghiades A, Belhumeur P, Kriegman D. From few to many: Illumination cone models for face recognition under variable lighting and pose [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2001, 23 (6): 643-660.
- [18] Mário Figueiredo, Robert D. Nowak and stephen [J]. Wright GPSR: Gradient Projection for Sparse Reconstruction [CP/OL]. [2012-01-22]. <http://www.lx.it.pt/~mtf/GPSR/>.
- [19] Moghaddam B, YANG M H. Learning gender with support faces [J]. IEEE Trans PAMI, 2002, 24 (5): 707-711.
- [20] Damian Eads. OSU SVM classifier matlab toolbox [CP/OL]. [2012-01-22]. <http://sourceforge.net/projects/svm/>.