

文章编号:1001-9081(2010)08-2257-04

无线嵌入式医疗设备与数据库交互中间件

宋余庆,严振,梁成全,张勇

(江苏大学 计算机科学与通信工程学院,江苏 镇江 212013)

(yanzhenpeter@163.com)

摘要:针对目前无线嵌入式医疗设备与网络数据库交互存在系统要求较高、速度较慢等问题,基于 Socket 及 XML 技术,提出了一种无线嵌入式设备与数据库交互的中间件系统。在 Wi-Fi 网络环境下,该系统采用 Socket 技术,接收嵌入式设备访问数据库的请求并对数据库进行操作,按指定的格式将获得的数据结果集转换为相应的 XML 文档并回送至嵌入式设备。实验结果表明,该中间件系统能有效解决多种操作系统平台下的无线嵌入式设备与网络数据库的交互问题,整体实现效率较高。

关键词:无线嵌入式医疗设备;数据库;中间件;XML;Socket

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A

Middleware of wireless embedded medical devices interacting with database

SONG Yu-qing, YAN Zhen, LIANG Cheng-quan, ZHANG Yong

(College of Computer Science and Telecommunication Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu 212013, China)

Abstract: Considering the higher system requirements and the problem of slower access speed when the wireless embedded medical devices interact with database, this paper put forward a middleware that made wireless embedded devices interact with hospital database based on Socket and XML. This middleware established the communication link with embedded device by Wi-Fi, worked by receiving the request from wireless embedded devices to access the database, and converted the result set to XML document then returned back to the wireless embedded device. The experimental results show that this middleware can solve the interaction problem of wireless embedded devices and database in various operating systems and achieve higher efficiency.

Key words: wireless embedded medical device; database; middleware; XML; Socket

0 引言

随着嵌入式软硬件技术的快速发展,嵌入式设备在工业控制、娱乐消费及医疗卫生等诸多领域得到了广泛应用。目前大多数医疗信息系统(Hospital Information System, HIS)都运行于台式机中且使用有线方式连接数据库,医护人员只能在固定的地点使用,因此实时性、移动性和扩展性较差。例如,在住院部的查房环节,查房医生需要携带病人的纸质病历并多次翻阅病人的治疗记录,同样护士也需要在病历上记录医嘱、病人生命体征等信息,最后以手工的方式输入到 HIS 中。此种方式严重浪费医院的人力物力,不仅效率低下,而且容易引起差错,甚至引起医疗纠纷。作为医院有线网络的必要补充,无线网络能有效克服有线网络的不足,无线嵌入式医疗系统便应运而生。

当前,针对无线嵌入式设备与数据库交互技术的研究主要有以下几种方法:1)文献[1]提出基于 Wi-Fi 的 PDA 访问远程数据库方法,使得 SQL Server CE 与 SQL Server 之间通过 RDA(远程数据访问)和 Replication(合并复制)两种方式进行数据同步,但该方案仅支持 Windows CE 操作系统,而无法满足其他嵌入式操作系统对数据库访问的需求。2)文献[2]提出基于 GSM/CDMA 的移动访问医疗数据库方法,其中

GPRS/CDMA 模块提供系统的无线数据通信链路,并通过 UART 接口和 CPU 通信,实现数据的无线传输。但该方法需要移动服务商的网络支持并存在传输速度慢、成本较高等不足。3)文献[3]提出一种基于 Web 服务的 PDA 医疗软件开发方法,该方法应用面向服务体系架构进行 PDA 医疗软件的开发,由 Web 服务访问 HIS 数据库。但该方法要求嵌入式系统支持 Web service 并且访问数据库速度较慢,难以适应实时医疗应用环境。为解决上述问题,基于 Socket 及 XML 技术,本文提出一种嵌入式设备与数据库交互的中间件系统。该系统接收嵌入式设备访问数据库的请求,根据请求内容对后台数据库进行相应的操作,将获得的结果集转换为相应的 XML 文档并返回给嵌入式设备以供其解析与显示。实验表明,该方案弥补了文献[1]仅仅使用 WinCE 操作系统的局限,同时无需文献[2]所采用的移动服务商提供的网络并解决了文献[3]网络带宽的限制。方案整体实现效率高,有较好的实用性及可扩展性。

1 系统总体结构

本文所述中间件系统应用于医院现有的 HIS 数据库系统基础之上,是原 HIS 的扩展。在保持医院原有 HIS 数据库系统不变的情况下,通过嵌入式医疗设备依然能对其进行实时

收稿日期:2010-02-01。 基金项目:国家自然科学基金资助项目(60841003)。

作者简介:宋余庆(1959-),男,江苏镇江人,教授,博士生导师,主要研究方向:嵌入式、数据库、医学图像处理;严振(1986-),男,江苏江都人,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统、数据库、信息安全;梁成全(1982-),男,河南信阳人,硕士研究生,主要研究方向:XML 技术、信息安全;张勇(1984-),男,山东泰安人,硕士研究生,主要研究方向:数据库、嵌入式系统、信息安全。

数据访问操作。医生可以在病人床边调阅相关检查记录实施诊断,并且可将诊断内容回传给 HIS 数据库;护士可以在护理病患的同时,将病人体征等信息直接录入 HIS 数据库系统。采取这种方式就极大地方便了医护人员的工作,提高了工作效率。该中间件系统所处的 HIS 网络拓扑结构如图 1 所示。

对原有的 HIS 来说,固定的医生和护士工作站通过有线方式连接到医院 HIS 数据库,直接对数据进行访问等操作;对于嵌入式移动医生、护士工作站,采用基于 IEEE 802.11b/g 标准^[4]的无线 Wi-Fi 网络,通过无线访问点 (Access Point, AP) 连接中间件系统,经由中间件转换处理后再对 HIS 数据库进行访问操作,最后将访问操作得到的结果封装为 XML 文档并返回给嵌入式移动医生、护士工作站。中间件在系统中承担设备和数据库的连接以及数据的转换工作。

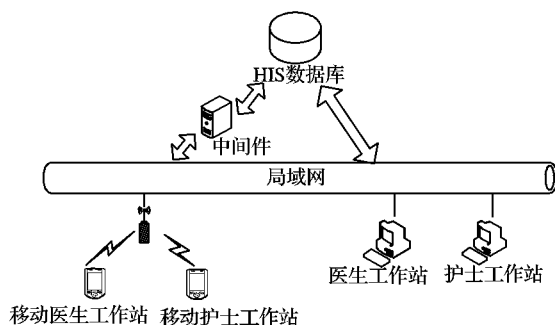


图1 嵌入式医疗系统网络拓扑

2 中间件设计

2.1 中间件结构设计

本文提出的中间件是整个嵌入式移动医疗系统的核心,其主要由4部分组成:嵌入式设备接口、数据库访问接口、XML转换器和SQL执行器。此外还有处于嵌入式设备的用于连接及数据处理的客户端和处于中心服务器端的数据库提供的数据库接口模块,这两个部分是系统正常工作不可缺少的部件。中间件系统基本结构如图2所示。

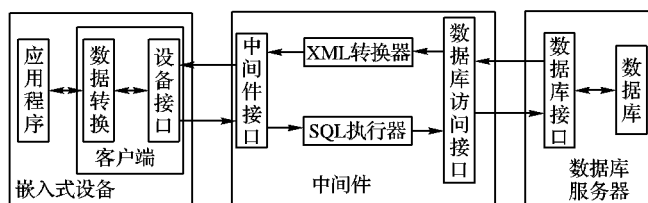


图2 中间件体系结构

这6部分功能主要如下。

1) 嵌入式设备客户端。主要功能是发送嵌入式设备对数据库的访问请求和接收中间件返回的数据信息。它包含两个部分:一是数据转换模块,用于封装指令字符串生成对应SQL指令包和解析中间件发回的XML文档;二是设备接口,负责嵌入式设备和中间件的连接。

2) 中间件接口。基于Socket建立中间件和嵌入式设备的连接,发送从XML转换器生成的XML文档和接收嵌入式设备发送的数据库请求SQL指令包。

3) 数据库访问接口。采用数据库提供的调用接口如OCI、ODBC等访问数据库,负责中间件与HIS数据库的连接。

4) 数据库接口。该接口为标准的数据库服务接口,该标准接口依赖于所采用的数据库系统,一般由数据库服务器厂家提供,其主要功能是连接中间件与数据库服务器并接受中

间件对数据库的操作请求。

5) XML转换器。主要功能是对数据库接口发送的数据库二维数据信息进行处理,将从数据库返回的数据信息保存于标准的XML文档中。

6) SQL执行器。主要功能是解析SQL指令包,提取其中的SQL指令字符串。根据提取出的SQL指令发送对数据库的操作请求。

2.2 中间件工作流程

为实现无线医疗嵌入式设备对HIS数据库的访问,中间件的主要工作流程为以下几步。

1) 嵌入式设备的应用程序对数据库进行数据访问操作生成相应的SQL指令字符串,然后交由数据转换模块进行封装。

2) 数据转换模块对应用程序生成的SQL指令字符串进行分析,对指令字符串采取如图3所示格式进行封装,生成SQL指令包。

TYPE_ID	COMMAND_LENGTH	SQL_COMMAND
---------	----------------	-------------

图3 SQL指令包格式

3) 连接接口模块基于TCP协议的Socket套接字与中间件接口建立通信连接,在连接建立完成后,嵌入式设备向中间件发送生成的SQL指令包。

4) 中间件接口模块监听嵌入式设备的连接,等待嵌入式设备发送SQL指令包。在接收到嵌入式设备发来的SQL指令包后,将指令包交给指令SQL执行器。

5) SQL执行器获得SQL指令包,提取出其中的数据库操作命令字符串,该命令字符串即为第1)步所生成的SQL指令字符串。

6) SQL执行器提取出SQL命令字符串。此时,中间件作为数据库的客户端,通过数据库访问接口,使用数据库操作指令对数据库进行访问等操作。

7) 数据库返回操作结果给中间件XML转换器,XML转换器根据XML的语法规则将所需要的数据封装成XML格式的文档,再将该文档经中间件接口和设备接口建立的通信连接发送给嵌入式设备。

8) 嵌入式设备的数据转换模块接收XML文档并分类存储于嵌入式设备空间中。该分类可以将XML文档按照查询的数据库表名作为文件名存放在存储器中。

9) 应用程序读取XML文档并解析出其中的数据库数据信息并在GUI界面上显示出来。

3 关键技术分析

3.1 XML数据转换

XML是一种自描述的半结构化数据,被定义为“可扩展标记语言”^[5]。XML技术在数据交换和数据整合、媒体无关的数据发布、智能代理和本地计算、精确搜索和文件保值等应用领域有较好的优势。XML具有以下主要优点:1)跨平台。XML文件为纯文本文件。2)易表义。XML具有基于Schema自描述语义功能^[6],该描述能被计算机机制解和自动处理。3)不仅可以描述结构化数据,还可以有效描述半结构化、甚至非结构化数据。4)具有良好的可扩展性,因为XML具有自定义性。5)XML的内容与形式相分离,在XML中,显示样式从数据文档中分离出来,放在样式表文件中,从而增强了显示的灵

活性。由以上可知,XML 是一种简单的、开放的、被广泛接受的数据标准,这些特性使它能够作为一种媒介,在嵌入式设备和数据库之间方便地进行数据交换和处理。

XML 数据转换是中间件中的关键技术。它承当数据信息交换载体,数据的传递、存储都是通过 XML 为媒介。本文关于 XML 所采取的技术主要有以下两方面:

1) 数据库二维表到 XML 文档的转换、医疗数据以二维表的形式存储于数据库中。中间件系统使用 SQL 语句查询数据库,生成 XML 文档。该特定结构的 XML 文档可以理解成一张表,直接与关系数据库中的表相对应。文档内容为 SQL 命令所查询的数据,转换格式如图 4 所示。

2) XML 文档的存储。XML 转换器生成的 XML 文档经中间件接口模块发送给嵌入式设备,嵌入式设备接收到 XML 文档,将 XML 文档以文件名分类存储于存储空间中并替换掉过期文件。此时应用程序即可访问所查询的数据信息。采用这种方法访问数据库,所生成的 XML 文档在程序运行期间一直存在。应用程序可以在无法连接到无线局域网时,也能访问一些对实时性要求不高的数据信息。

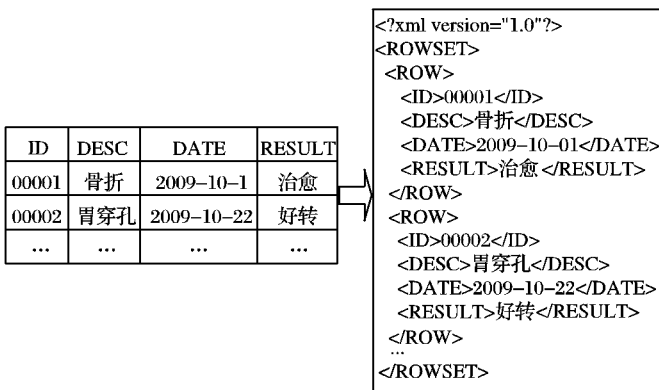


图 4 二维表到 XML 文档的转换

3.2 嵌入式设备与中间件通信

中间件系统采用面向连接的 Socket 与嵌入式设备通信,Socket 套接字定义了一种可靠的面向连接的服务,实现了无差错的数据传输^[7]。要建立一个 Socket 连接必须具有 4 个基本信息:中间件系统所在机器的地址,嵌入式设备应用程序使用的端口,中间件系统所在机器的 IP 地址,中间件系统监听的端口号。

面向连接 Socket 通信处理工作过程如图 5 所示。

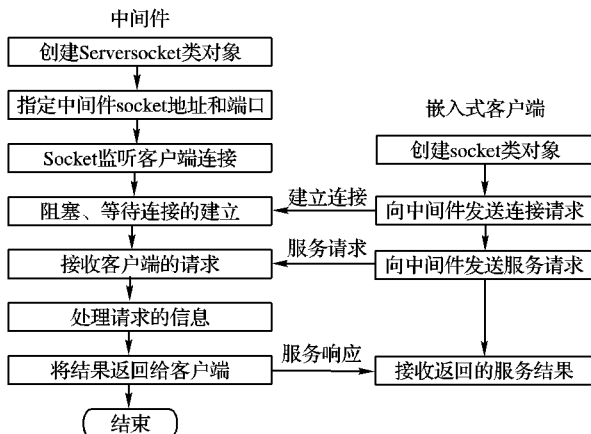


图 5 Socket 通信流程

以中间件为服务器端,服务进程首先调用 Socket() 创建

一个字节流套接字,并调用 bind() 将服务器地址捆绑在该套接字上,接着调用 listen() 监听连接请求。随后调用 accept() 做好与客户进程建立连接的准备。无连接请求时,服务进程被阻塞。当连接请求到来后,服务器进程被唤醒,建立一个新的 Socket,并用新套接字同客户进程的套接字建立连接,而服务进程最早生成的套接字则继续用于监听网络上的服务请求。客户进程调用 Socket() 创建字节流套接字,然后调用 connect() 向服务进程发出连接请求。服务进程和客户进程通过调用 read() 和 write() 进行数据交换。

3.3 中间件 SQL 指令包

本文提出的 SQL 指令包是中间件 SQL 执行器所使用的数据库操作指令格式和内容的集合,SQL 指令包由嵌入式设备上的客户端数据转换模块生成。在双方建立的 Socket 通信链路上传输的 TCP 消息流中,一个 SQL 指令包是一个基本的应用级传输单位。每个 SQL 指令包有一个 6 个字节的指令包头,其中包含了对该 SQL 指令包的描述信息,如表 1 所示。

表 1 SQL 指令包描述

字节	描述
2	SQL 指令标识
3 ~ 6	指令长度
7 ~ (6 + COMMAND_LENGTH)	指令字符串

1) SQL 指令标识 (TYPE_ID): 用于中间件 SQL 执行器识别指令的类型,以便其选择正确的数据库执行函数。指令标识为 2 字节的整数 (Char 型), 此段定义指令的类型共有 4 种,如表 2 所示。

表 2 指令包标识描述

SQL 指令标识	指令类型	含义
S	Select	查询数据库
D	Delete	删除数据库信息
U	Update	更新数据库信息
I	Insert	插入数据库

2) 指令长度 (COMMAND_LENGTH): 为 4 字节的整数 (int 型), 此字段定义“指令字符串”的字符串长度。指令包长度等于“指令字符串”占用的字节数的 1/2。此长度不包括任何 TCP/IP、Ethernet 协议以及指令包本身的 6 字节消息头段。

3) 指令字符串 (SQL_COMMAND): 它是标准 SQL 格式的字符串,其字符个数等于“指令长度”。每个字符 (无论是数字、英文字母、汉字或标点符号) 都是 16 位的 UNICODE 编码字符,该字符串左侧字符在前。因此,“指令字符串”占用的字节数是指令长度的两倍。

4 实验及分析

根据上述方案,在 PC 机中实现了该中间件系统,使得嵌入式设备分别在 Windows CE 和嵌入式 Linux 系统下进行了测试。实验平台采用嵌入式开发板:CPU ARM S3C 2440;微机配置:CPU Intel Pentium Dual-Core E5300@2.6 GHz、2 GB 内存、160 GB 硬盘及 Windows XP SP3 操作系统;后台数据库为 Oracle 9i。

在该平台下采用 QT 4.5.0 开发了一个嵌入式与数据库交互的中间件系统,该系统使用 QtCreator 完成中间件、嵌入

式医疗系统的 GUI 界面设计和程序功能的实现^[8]。在 Windows XP 下,中间件使用 qt-sdk-win-opensource-4.5.0 编译并运行在安装有 Oracle 数据库的 PC 上。中间件成功运行后,本文将编写的运行于嵌入式设备上的应用程序分别在 Linux 及 Windows CE 操作系统进行编译,具体如下:1) 在 Linux 操作系统中安装 QTembedded-4.5.0-arm,应用该编译工具将医疗系统应用程序交叉编译成可在 ARM 开发板上运行的可执行程序。2) 在 Windows XP 系统中安装 qt-embedded-wince-opensource-src-4.5.0,将医疗系统应用程序交叉编译成在 Windows CE 系统中运行的可执行程序。嵌入式设备上的部分应用程序界面如图 6~7 所示。

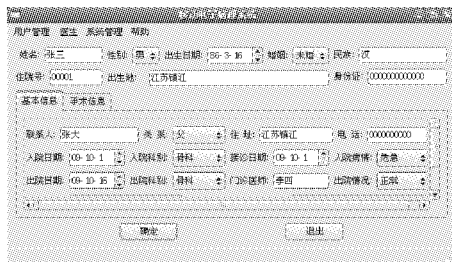


图6 病历首页

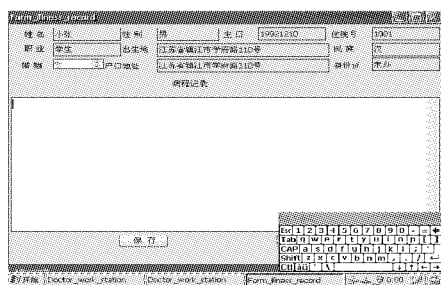


图7 病程记录

实验对文献[3]中的基于 Web service 的数据库访问方法进行了实现并与本文所提出的中间件访问数据库方法进行了比较,实验运行环境分别为 Linux 和 Windows CE,对请求同一病人的医嘱信息进行了测试,该医嘱信息量为 52.3 KB。具体如表 3 所示。

表3 Linux 和 Windows CE 系统中的性能比较

系统	访问方式	程序启动时间/ms	数据库响应时间/ms
Linux	Web service	0.341	0.521
	中间件	0.235	0.253
Windows CE	Web service	0.284	0.553
	中间件	0.256	0.287

由表 3 可知,在嵌入式 Linux 系统中,基于 Web service 的方法程序启动时间为 0.341 ms,数据库响应时间为 0.521 ms;中间件系统程序响应时间为 0.235 ms,数据库响应时间为 0.253 ms。由此可见,本文提出的中间件系统访问数据库方法在程序启动和数据库响应时间上均优于基于 Web service 的访问数据库方法。同理,Windows CE 系统环境下本中间件系统性能依然高于基于 Web service 访问数据库的方法。因此,该中间件系统实现效率较高,更适用于需要高速处理的嵌入式医疗系统无线网络环境。

5 结语

传统的无线嵌入式设备访问数据库的方法在操作系统支持、处理速度、可扩展性和效率等方面存在明显不足。本文提出基于 XML 和 Socket 访问数据库的中间件系统,通过中间件连接嵌入式设备和数据库服务器,传递数据库请求和数据。该系统现已成功应用于镇江某医院医疗信息系统中,实验证明:该中间件系统能够灵活地解决嵌入式设备在多种嵌入式操作系统中无线访问数据库的问题,具有较高的实时性、稳定性和可靠性,运行效果良好,有效改善了系统的性能并能提高开发效率。完全能够满足无线嵌入式医疗信息系统对网络数据库的访问要求。

参考文献:

- [1] KREJCAR O. Inefficient WiFi adapter of wireless mobile devices — Problem solving by artifacts prebuffering using mobile database cache and secured wireless connection [C]// EUROCON 2009 IEEE. Washington, DC: IEEE, 2009(5): 347–352.
- [2] PAVLOVSKI C, HEESAM K, WOOD D. Ubiquitous mobility in clinical healthcare [J]. Medical Information Systems: The Digital Hospital, 2004(3): 147–153.
- [3] 王虹,吴飞,杨宏桥. 基于 Web 服务的 PDA 医疗软件开发方法 [J]. 中国医疗设备, 2009, 24(9): 13–15.
- [4] WU H T, PENG Y, LONG K P, et al. A simple model of IEEE 802.11 wireless LAN [EB/OL]. [2009–10–14]. http://infovis.cs.vt.edu/multid/Literature_Thesis/wlan_modeling.pdf.
- [5] Extensible markup language (XML) [EB/OL]. [2009–10–15]. <http://www.w3.org/XML/2000>.
- [6] W3C. XML Schema [EB/OL]. [2009–10–15]. <http://www.w3.org/XML/Schema>. 1999.
- [7] 赵保翠,张勇. 基于 XML 的 Socket 方式实时数据交换 [J]. 计算机工程, 2006, 32(11): 83–85.
- [8] BLANCHETTE J, SUMMERFIELD M. C++ GUI programming with Qt4 [M]. New Jersey: Prentice Hall, 2006.

(上接第 2246 页)

参考文献:

- [1] HSIEH J W, YU S H, CHEN Y S, et al. Automatic traffic surveillance system for vehicle tracking and classification [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2006, 7(2): 175–187.
- [2] 廖少清,刘正光. 多车道路面的大车车型分类特征及提取方法 [J]. 计算机应用, 2009, 29(2): 586–589.
- [3] 刘嘉敏,路昆. 基于 Hu 不变矩的车标识别 [J]. 信息科技, 2008, 26(36): 464–465.
- [4] 王枚,王国宏,高小林,等. 基于 PCA 和边缘不变矩的车标识别新方法 [J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(4): 224–227.
- [5] 王运琼,刘直芳,肖飞. 基于对称性的实时车标定位和识别方法 [J]. 系统仿真学报, 2009, 21(4): 1095–1100.
- [6] 罗彬,游志胜,曹刚. 基于边缘直方图的快速汽车标志识别方法 [J]. 计算机应用研究, 2004(6): 150–157.
- [7] OTSU N. A threshold selection method from gray level histograms [J]. IEEE transaction on systems man cybern, 1979, 9(1): 62–66.
- [8] 徐锐,王超. 基于模糊数学的数字图像模糊度 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(8): 846–848.
- [9] OJA E. Subspace methods of pattern recognition [M]. Hertfordshire: Research Studies Press, 1983.
- [10] 蒋伟峰,刘济林. 基于 PCA 学习子空间算法的有限汉字识别 [J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(2): 186–190.