

文章编号: 1002-0446(2004)05-0421-04

基于 Java 2 平台的网络化机器人感知系统*

宋光明^{1,2}, 葛运建¹

(1. 中国科学院合肥智能机械研究所, 安徽 合肥 230031; 2. 中国科学技术大学自动化系, 安徽 合肥 230027)

摘要: 介绍了一个基于 Internet 的分布式测控系统——网络化机器人感知系统。它充分利用了具有标准接口的网络传感器的优势, 以 Java applet 作为远程客户端, 可以实现机器人多维力传感器数据与 TEDS 等状态信息的在线访问、监测与分析, 为进行机器人 Web 遥操作等高层应用提供了可靠技术保障。

关键词: 网络传感器; 感知系统; Web; 分布式测控; 远程方法调用

中图分类号: TP24 **文献标识码:** B

A Networked Robot Perceptual System Based on Java 2 Platform

SONG Guang ming^{1,2}, GE Yun-jian¹

(1. Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China;

2. Department of Automation, University of Science & Technology of China, Hefei 230027, China)

Abstract: This paper presents an Internet-based distributed measurement and control system - the Networked Robot Perceptual System (NRPS). The NRPS, which is integrated with the networked force/moment sensor, is capable of accessing, monitoring and analyzing the sensor data and transducer electronic data sheet (TEDS) information acquired through Internet. Java applet is used as the Web client interface. The whole system works well and will give big support to more challenging tasks such as Web Telerobotics.

Key words: networked sensor; perceptual system; Web; distributed measurement and control (DMC); remote method invocation

1 引言 (Introduction)

由多种传感器组成的机器人感知系统作为机器人的五官与皮肤, 是赋予机器人更高智能, 实现机器人人与人、机器人与环境交互的重要工具^[1]。机器人感知系统不但担负着机器人对外界感知功能的实现, 而且还是进行各种传感器实验测试和评价的基础, 尤其是机器人专用的各种传感器, 如六维力传感器等。

通过 Internet 远程访问传感器数据是一个十分吸引人的想法, 早在 Internet 发明之初, 人们已经有了这样的设想。在 20 世纪 70 年代, 卡内基梅隆 (Carnegie Mellon) 大学计算机系的程序员首先使用 Internet 来监测他们的自动售货机中可口可乐的供应情况^[2]。后来, 这项技术被用来建立其它一些早期的网上监测系统。今天, 尽管它的应用还是局限在一

些特定场合, 但基于 Internet 的传感技术已成为传感器相关领域的一个研究热点。

通过 Internet, 你可以远程监测过程数据和实验数据, 不必为了监测或记录数据而频繁往返于本地和其他城市甚至其他国家。

作为此类研究的一项重要内容, 我们自主开发了一个基于 Internet 的分布式测控应用系统。与传统的基于 CGI (Common Gateway Interface) 的远程测控系统不同, 我们采用 Java 2 平台来开发交互式网络应用。这个应用系统可以利用 Internet 实时地访问和监测工作现场中机器人上的传感器信息—变送器电子数据表 (Transducer Electronic Data Sheet), 不论是局域网环境还是广域网环境, 甚至在全球任一地点, 都可以通过网络实现机器人的各种传感器的在线识别、标定、实验与评价, 充分利用了具有标

* 基金项目: 国家 863 计划资助项目 (2001 AA23300); 国家自然科学基金资助项目 (60175027)。
收稿日期: 2004-02-20

准接口的网络传感器的优势^[3].同时,通过在线访问、监测和分析传感器数据,可用于指导机器人控制,完成网络遥操作等高级应用.

2 网络化机器人感知系统体系结构 (The architecture of NRPS)

为了提高机器人感知系统的效率和可靠性以及应用的广泛性和通用性,一个很好的解决方案就是构筑网络化的智能感知系统,开发基于 Web 的分布式测控应用.具有现场总线接口的传感器作为过程连接级,把感知到的信息从整个控制体系的最底层发送到具有分布式智能的控制网络节点,网络节点然后将传感器数据广播到网络上.网络中的其它节点可以利用传感器提供的信息来进行相应的控制决策以操纵执行器或运行其它控制算法.这种分布式控制体系结构只需要上一级发送简单命令,就可以在本级进行决策.这种分布式的操作模式与传统的集中控制方式相比,具有十分显著的优势,例如,网络拥塞大大降低,计算任务分配到整个系统的各个部分等.更高级的状态型信息将报告给上层的应用级和企业级进行处理,如系统控制、状况监测以及数据库存档等.

网络化机器人感知系统是一个分布式、开放的体系结构,硬件的总体结构如图 1 所示.

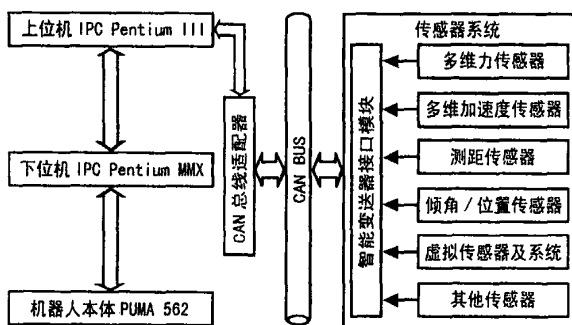


图 1 网络化机器人感知系统硬件体系结构

Fig.1 The architecture of the NRPS hardware

这个网络化感知系统采用 CAN 总线作为现场控制网络媒体,参考 IEEE 1451 智能变送器接口标准,具有清晰的层次结构^[3].其中,多通道多变量的智能变送器接口模块(Smart Transducer Interface Module)构成了传感器子系统,而上位机和 CAN 总线适配器则实现了网络应用匹配处理器(Network Capable Application Processor)的功能^[5].下位机作为机器人控制器直接完成对机器人的底层控制,上位

机可以通过 RS-232 串口与它通信.

具体来说,配置较高、功能较强的上位机(IPC Pentium III 1 GHz)作为现场的高层监控主机,运行多个服务器程序,包括 HTTP 服务器(WWW 服务器)、图像服务器、命令服务器和传感器数据服务器等.配置较低、功能较弱的下位机(IPC Pentium MMX 233 MHz)专用作现场的机器人控制器,主要负责机器人的关节和末端执行器运动控制.由于上位机主要向下位机发送机器人控制命令,通信数据量较小,用 RS-232 串口通信完全能够满足要求.

截止到本文写作时,基于 IEEE 1451 的网络化六维力传感器已经开发成功^[3].具有 CAN 总线接口的网络化六维力传感器实时采集机器人工作状态下的腕力数据,通过 PCI-CAN 适配器转送到上位机进行进一步处理.视频监控设备(SAMSUNG Digital Color Camera SCC-131 P)在机器人工作空间上方采集现场的视频图像信息,通过视频捕捉卡也传送到上位机进行处理.上位机通过网络适配器(以太网卡)连接到局域网,再通过网关实现对 WWW 的连接.远程用户因此可以以 HTTP 的方式实现对机器人及工作空间信息的访问与监控.

3 Java 2 平台下的软件实现 (Software implementation on the Java 2 platform)

3.1 服务器端配置

为了充分利用 Internet 通信的便捷与无所不在,拓展机器人感知系统的应用范围,我们采用全 Java 平台来实现真正的基于 Web 的分布式测控.Java 是当前最流行的面向对象的网络开发平台,在建立分布式的 Web 应用中起着十分重要的作用.这里所指的 Java 2 平台实际上仅涉及到 Java 虚拟机(Java Virtual Machine),由 JVM 负责与其下的操作系统和底层硬件打交道,而这对于我们开发人员来说是完全透明的.这样,Java 源代码编译后的 Java 字节码(Java bytecode)都由 JVM 解释执行,保证了真正的跨平台特性.

服务器主机采用 Microsoft Windows 2000 Professional SP4 操作系统,Java 平台是 Sun Java(TM) 2 SDK, Standard Edition 1.4.2-02^[4].HTTP 服务器采用了第三方的 Apache Tomcat 4.1.24,它其实主要作为 JSP 和 Servlet 的容器,但也可以实现 Web 服务器功能,虽然不如一些专业的商用 Web 服务器功能强大,但对于我们的应用需要来说已经足够.

3.2 软件模块与数据流程

整个系统软件采用客户机-服务器模式来建立网络应用,其软件模块与数据流程如图 2 所示.传感器将现场采集到的外界环境信息通过网络接口(CAN 总线控制器 SJA1000 和相应的 CAN 总线驱动器 82C250 构成)发送到 CAN 总线上,上位机传感器服务器程序通过 PC-CAN 接口读取总线上的数据,并发送到后台运行的一直监听 80 端口的 WWW 服务器.摄像头采集的工作现场空间视频信息以图像序列的形式由图像服务器通过视频捕捉设备采集并同时也发送给 WWW 服务器.

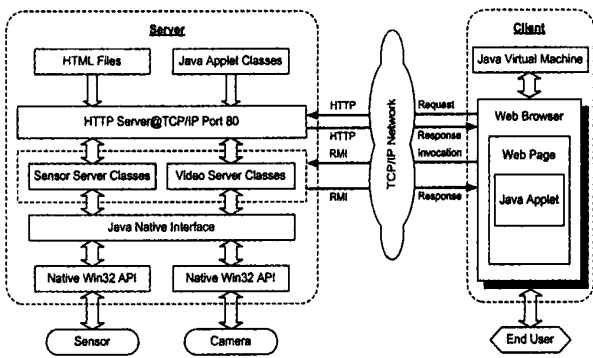


图 2 NRPS 的软件模块与数据流程

Fig.2 Software modules and data flow of the NRPS

3.3 基于 RMI 的分布式计算

由于本 DMC 应用主体架构都是基于 Java 2 平台,我们选用 Java RMI(Remote Method Invocation) 作为服务器 JVM 与客户机 JVM 之间通信的桥梁. Java RMI 是 Java 2 平台下的分布式对象模型,是一种简单有效的远程方法调用技术. RMI 机制给分布式计算的系统设计带来了极大的方便.借助 RMI,程序员不必再过问 RMI 之下的网络细节,如 TCP/IP、Socket 等,更不必担心其下面的软硬件环境.服务器提供 RMI 服务,而客户端则调用该服务的对象方法.实现远程方法调用的关键步骤为:

(1) 定义远程接口.远程接口设计并指定了可被客户端远程调用的方法.客户端程序根据定义好的远程接口设计具体的实现代码.

(2) 实现远程对象.远程对象是远程接口实现类的实例,它必须实现一个或多个远程接口.远程接口实现类还可实现其它的本地接口和本地方法.

(3) 实现客户端.客户端可以多种形式实现,比如 application applet 甚至 console 等.但不管是哪种客户端,它都要使用上述的远程对象来完成基于网络的远程通信.

对于我们的网络感知系统,其客户端采用 applet

来实现.客户端 applet 要远程访问服务器主机上的多个服务,包括 HTTP 服务、图像服务、传感器数据服务等.使用 RMI 使得这个本来很复杂的远程方法调用过程能够十分方便地实现,结构十分清晰,就象这些远程对象位于本地机器上一样.也就是说,从我们开发者的角度看,这两个 JVM 之间是完全透明的.

上位机传感器服务器程序是一个 RMI 服务器,它响应客户端 applet 的请求并发送传感器数据或 TEDS 信息给远程用户.客户端 applet 定位存根对象(Stub Object)和加载所需的 RMI 类字节码都是依靠 HTTP 实现的,而其它的所有远程对象通信、方法调用和参数传递则都由 RMI 负责.图像服务器程序也是一个 RMI 服务器,它的工作原理与传感器服务器基本类似,不再赘述.

传感器服务器端远程接口实现类的源代码示例见图 3.首先我们用 import 关键字引入了 java.rmi 和 java.rmi.server 两个 Java 包,用以在实现 RMI 功能时进行调用.服务器远程接口实现类 SensorImpl 则实现了 Sensor 接口.下面的语句则用 native 关键字声明了各种本机方法,而且每个方法都必须抛出 RemoteException 异常.而最后的语句则是要加载负责直接控制数据采集硬件的传感器动态链接库, SetSensor.dll.服务器程序通过 Java 本地接口(Java Native Interface)调用这个动态链接库,从而实现跨语言调用.

```

/**
 * @version 1.0 2003-10-28
 * @author Bluetooth
 */
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*;

/**
 * This is the implementation class for the remote product
 * objects.
 */
public class SensorImpl
    extends UnicastRemoteObject
    implements Sensor
{
    /**
     * Constructs a product implementation
     * @param n the product name
     */
    public SensorImpl() throws RemoteException
    {
    }

    public native void StartNode1() throws RemoteException;
    public native void StartNode2() throws RemoteException;
    public native void StopNode1() throws RemoteException;
    public native void StopNode2() throws RemoteException;
    public native String GetSensorData1() throws RemoteException;
    public native String GetSensorData2() throws RemoteException;

    static {
        System.loadLibrary("SetSensor"); // SetSensor 是本地方法的动态链接库的名称
    }
}

```

图 3 传感器服务器端远程接口实现类 Java 源代码示例

Fig.3 Source code of Java class that implements the remote interfaces

4 实验结果与讨论 (Experiment results and discussion)

远程客户端如果没有防火墙的阻隔,可以是任何的 Internet 主机,只要它主机的操作系统安装了支持 Java 的浏览器,就可以通过发送指向目标 Web 页(包含有监控 applet)的 URL 来实现对服务器主机的访问.一直在 TCP 端口 80 监听的 WWW 服务器收到这个访问请求后,立即把服务器上的这个 Web 页发送给客户端浏览器.客户端浏览器收到后立即显示 Web 页内容,编译后的 Java applet 字节码文件也随 Web 页下载并在 Web 浏览器中显示和执行.图 4 就是客户端 Java applet 在 Web 页中运行时的截屏画面.

客户端 applet 集成了感知系统所有的远程人机交互模块,构成了一个统一的用户接口.远程用户可以通过它访问和控制传感器节点、控制视频捕捉设备、监测传感器数据与状态信息以及观测机器人工作空间现场状况.内嵌于 Web 页中的 Java applet 作为远程的监控人机接口,包括六个主体部分:力趋势 Panel、图像 Panel、节点控制 Panel、图像控制 Panel、TEDS Panel 和系统信息 Panel.

力趋势 Panel 是网络感知系统用户接口的核心之一.它实时地在窗口中动态显示从主机 HTTP 服务器获取的传感器数据,如图 4 所示.其中左侧窗口实时显示三维力信息,右侧窗口实时显示三维力矩信息.

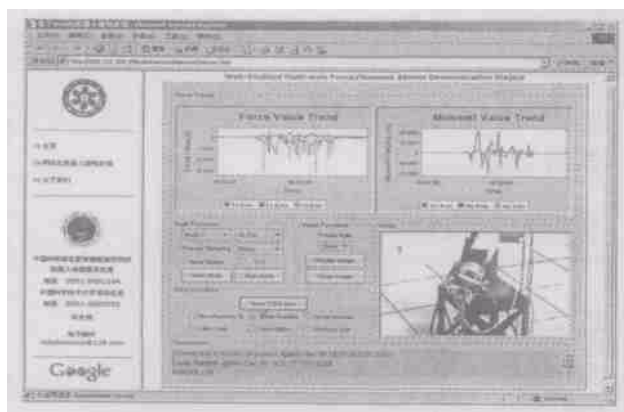


图 4 远程客户端 applet 在 Web 浏览器中运行时的截屏图

Fig.4 Screenshot of the client applet running in the remote Web browser

图像 Panel 实时地从主机 HTTP 服务器获取现场图像数据并以一定的频率刷新显示,为用户提供远程工作空间中机器人与传感器动态的运行状态.

客户端 applet 的控制功能都集中在节点控制

Panel、图像控制 Panel 和 TEDS Panel 中.其中节点控制 Panel 主要是对远程传感器节点进行控制,包括采样频率以及节点的打开和关闭.图像控制 Panel 则提供给用户控制远程图像捕捉设备的接口.用户通过点击鼠标即可发送各种命令给主机图像服务器,比如设置帧率、采集图像、传送图像等.TEDS Panel 负责读取远程传感器的 TEDS 信息,包括制造商 ID、型号、序列号、最后标定日期、量程以及产品描述.在用户选择查询了这其中的 TEDS 条目后,客户端 applet 即以远程方法调用的方式访问服务器上的相应远程接口对象,从而得到期望的 TEDS 信息.TEDS 信息被远程对象返回并在系统信息 Panel 中显示出来,反馈给用户.系统信息 Panel 中显示的信息还包括用户执行其它操作的各种反馈信息,比如客户端 applet 与服务器连接的建立与终止、启动节点和停止节点的時刻等等.

5 结论 (Conclusion)

网络化机器人感知系统在作者实验室局域网和国内教育网都测试成功,运行良好.以自主研发成功的基于 IEEE 1451 标准的网络化传感器为基础,我们在 Java 2 平台下实现了基于 Web 的机器人多维力传感信息的远程监控以及传感器 TEDS 信息的远程访问.随着研究的进一步开展深入以及更多其他类型的网络化传感器(超声测距传感器和多维加速度传感器等)的开发成功与加入,我们将逐渐完善和扩展网络感知系统的功能,为更高级的分布式测控应用、多传感器信息融合以及机器人 Web 遥操作研究打下良好基础.

参考文献 (References)

- [1] 葛运建, 张建军, 戈瑜, 等. 无所不在的传感与机器人感知[J]. 自动化学报增刊, 2002, 28(12): 125 - 133.
- [2] Putnam F A. Internet-based data acquisition and control[J/OL]. <http://www.sensorsmag.com/articles/1199/60-1199/>, 1999.
- [3] 宋光明, 卞亦文, 吴仲城, 等. 基于 IEEE 1451 的网络化智能传感器的设计与实现[A]. YAC2003[C]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003. 507 - 511.
- [4] 宋光明, 葛运建. 智能传感器网络研究与发展[J]. 传感技术学报, 2003, 16(2): 107 - 112.
- [5] Sun Microsystems, Inc. The Java 2 SDK, standard edition documentation[EB/OL]. <http://java.sun.com/j2se/1.4.2/docs/index.html>, 2003.

作者简介:

宋光明 (1974-), 男, 博士研究生. 研究领域: 智能传感器, 网络传感器, web 测控技术.