

移动机器人网络控制的实现

Realization of Robot Control Technologies Based on Networks

王克敏 杨东勇 (浙江工业大学 浙江省 杭州市 310023)

摘要: 实现一个基于 C/S 模式的网络移动机器人控制系统,用户可以通过网络控制机器人移动。该系统可分为三部分:视频监控模块、远程控制、状态信息的反馈和处理。其中,为了实现视频的实时传输,将先用 M-JPEG 压缩技术对原始视频进行压缩,然后通过 RTP 协议来进行传输。为了使用户的指令能及时有效传输给机器人,采用面向连接的 Socket 技术。为了使操作者,更加直观的感觉到机器人的移动效果,实时地描绘机器人的行走线路图。最后介绍了移动机器人网络控制实验系统的设计及实验结果。

关键词: 移动机器人 远程控制 RTP 无线传输 视频监控 Socket

1 引言

随着网络技术的飞速发展,使得通过网络进行各种事物的操作成为可能,从而基于网络的机器人控制就应允而生。基于网络的机器人的思想是 Ken Goldberg 于 1994 年春首先提出的^{[1][3]}。其最初的构想是给公众提供可通过万维网访问的遥控机器人,并支持用户对其实施远程操作。之后,越来越多的研究人员和组织将各种可控设备和机器人连接于 Internet。比较著名的基于 Web 的移动机器人远程控制系统有瑞典联邦工学院的 Khep On The Web,美国 Carnegie Mellon 大学的 Xavier,德国 Bonn 大学开发的用于博物馆导航的 Rhino 和 Minerva,以及 NASA 的火星极地登记者 Mars Polar Lander 等^{[1][4][6]}。

而这些网络机器人中大多数是依靠机器人的自身的传感器来定位、导航的。由于传感器的误差和复杂的环境,通常这样的定位会产生很大的误差;另外,移动机器人本身所能携带的传感器数量有限,不可能采集到充分的环境信息^[2]。为了解决这些问题,本文在依靠自身的传感器的基础上引入了环境传感器(网络摄像头)。同时为了让用户能够时刻了解机器人的状态,从而对机器人响应控制指令的有效性加以判断,就需要服务器每时每刻都要把状态信息传输给用户。为了使用户能更直接地感受到机器人的指令响应效果,本文根据传感器的反馈信息进行处理后,自动的描绘出机器人的行走路线。

2 系统设计

移动机器人的远程控制的实现方式有 C/S 模式和 B/S 模式。而两种模式各有长短。C/S 模式相对于 B/S 模式有较强的安全性和交互性,另外采用 C/S 模式将降低网络通信量。因此,该系统才用 C/S 模式。同时,由于 JAVA 技术的强大界面开发功能和平台可移植性,我们将采用 JAVA 技术,以 JBuilder 为开发工具实现该系统。

基于网络的移动机器人远程控制系统结构如图 1 所示。该控制系统由客户端、视频服务器、控制服务器、移动机器人构成。客户端主要是把用户的控制指令通过网络发送给服务器,同时把从视频服务器接受的视频实时地显示出来和把来自控制服务器状态信息进行处理后,把机器人的行走路径显示出来。视频服务器主要就是把摄像头采集图像信息进行压缩后,实时地传输给客户端。控制服务器把来自客户端的控制指令进行解析,然后控制机器人移动,同时,对把机器人的反馈的状态信息保存并发送给客户端。同时,按系统的实现我们可以把系统分为视频监控模块,远程控制以及信息反馈和处理三部分。

3 系统的实现

3.1 视频监控模块的实现

视频监控模块的功能就是要把摄像头采集的视频实时的传输给客户。为了保证视频传输实时性,我们

从两个方面来解决。首先,由于视频信息的数据量非常大,所以可以对原始图像进行压缩,从而减少视频传输的数据量;其次,要在网络时延不确定的情况下保持图像连续性。

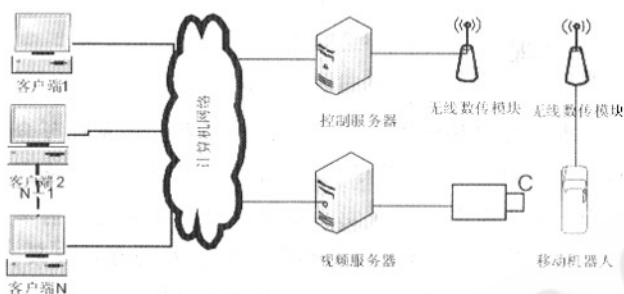


图 1 基于网络的控制系统结构

虽然目前图像压缩方法已取得许多惊人的进展,但就其在网络视频监控领域的应用中比较多的还是 M-JPEG 与 MPEG4 两种。MPEG4 格式由于采用帧间压缩技术,当物体呈现运动状态时,不会立即反应传输,从而延时比 M-JPEG 严重。并且 M-JPEG 的画面质量要比 MPEG4 要出色。因此,在这里我们将采用 M-JPEG 来压缩视频。

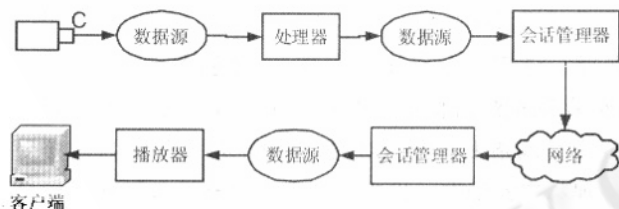


图 2 视频监控的实时传输过程

为了保证客户端能接受到图像的连续性,本文采用实时传输协议 RTP (Real-Time Transport Protocol) 和实时传输控制协议 RTCP (Real-Time Control Protocol)。RTP 在 UDP 的上层,从上层接收多媒体信息码流,组装成 RTP 数据包,然后发送给下层 UDP,相当于 OSI 的会话层,提供同步和排序服务。故 RTP 协议适用于传送连续性强的数据,如视频、音频等,并对网络引起的时延差错有一定的自适应能力。RTCP 为实时控制协议,用于管理控制信息,如监视网络的延时和带宽。

针对上面的问题我们采取 JMF 作为开发工具。JMF (Java Media Framework) 是由 Sun 等公司推出的一种卡法流媒体应用的应用程序接口,它支持多媒体数据的回放和实时传输等媒体操作^[5]。其具体过程如图 2 所示。首先,通过设备捕获器(摄像头)获取数据源;其次,有该数据源产生一个 JMF 处理器,为每一种 RTP 格式设置相应的轨迹格式(数据的传输格式就是在这里设置的);接着,再从处理器获取输出数据源;然后,通过会话管理器产生一个发送数据流,开始会话传输。客户端,实时监听接口,并通过接受到的媒体数据流获取 RTP 数据源,再有数据源产生播放器,最后在客户端显示播放。

3.2 机器人远程控制的实现

机器人的远程控制过程分为两部分:首先是客户端与服务器之间的数据传输,其次是服务器对来自客户端的指令进行解析并通过无线传输模块传给机器人,机器人根据指令做出相应的动作。

客户端与服务器之间传输的数据主要是控制指令和位置反馈信息等字符类信息。这类信息要求传输正确、可靠。Socket 技术是一种成熟可靠的网络传输技术,可以提供两种不同的传输方式:面向连接的和无连接的。TCP 是面向连接的协议,通过握手协议,能够提供可靠的数据传输,但是速度慢,系统负载大。UDP 不提供连接,依靠网络自身来保证传输的可靠,不能保证数据不丢失,但是简单快速。因此,我们本系统采用 TCP 作为字符信息的传输协议。

在这里我们用 java Socket API 来实现客户端与服务服务器间的通信。其通信体系结构如图 3 所示。在客户端,只要生成一个 socket 对象和用于向套接字发送信息的输出流和读取来自服务器相应的输入流,就可以采用输出输入流的方式进行数据的读取。服务端则需要先建立一个 server socket 对象,用来监听进入的连接,并在客户端申请建立连接时,返回 socket 对象,以便建立连接。

为了使移动机器人能方便、自由地进入一些复杂环境以及扩大其可以移动的范围,我们在服务器与移动机器人之间利用无线数据传输模块进行通讯。由于本文要求用户能实时控制移动机器人并且机器人能实时地反馈状态信息回来。因此无线通信模块要求通讯的可靠性高,故障率低,抗干扰能力强。基于以上对无

线通信的要求在此选用了有杭州利尔达科技有限公司开发的 LSD-RFC1100A 无线数据传输模块。该模块用超低功耗 MSP430 单片机对 CC1100 进行了包装和处理,简化了用户的开发工作,用户使用时无须任何编码,只要将其当成串口来用。

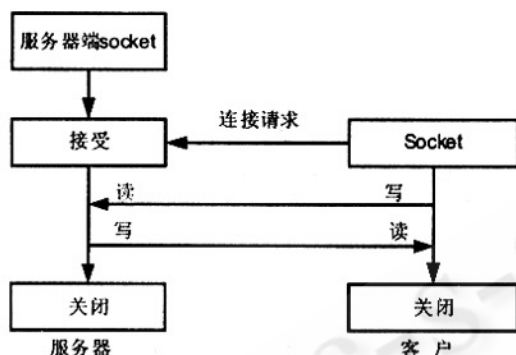


图 3 客户端与服务端体系结构

3.3 状态信息的反馈和处理

为了让用户能够时刻了解机器人的状态,从而对机器人响应控制指令的有效性加以判断,就需要服务器每时每刻都要把状态信息传输给用户。为了使用户能更直接地感受到机器人的指令响应效果,本文根据传感器的反馈信息进行处理后,自动地描绘出机器人的行走路线。它的实现过程可分为两部分状态信息的反馈和数据的处理及地图的创建。

其具体实现过程如下。首先,机器人每 10ms 就会通过无线数据传输模块传送机器人的状态信息给服务器。这些状态信息包括机器人左右轮的速度、机器人遇到障碍物的位置等。其次,服务器把这些数据存在文件中,并且对这些数据进行处理,从而计算出机器人的移动情况,如机器人向前移动时间、转弯持续时间等。然后把处理过的数据传给客户端,这样减少了数据的传输量,有利于网络传输。最后,客户端在根据接收到速度,通过航位推算算法计算出机器人的位置。在这里我们把机器人看成一个质点,两车轮的中心点为质心。移动机器人在运动过程中,确定其位姿的三个自由度分别为 x 、 y 、 θ , 差动轮式移动机器人就可以通过下面的计算公式来计算位姿在 t 时刻的坐标和方向角。其中 $V_1(t)$ 、 $V_r(t)$ 分别为左右轮的移动速度。

$$\dot{x}(t+1) = \dot{x}(t) + \frac{1}{2} \int (V_l(t) \cos\theta(t) + V_r(t) \cos\theta(t)) dt \quad (1)$$

$$\dot{y}(t+1) = \dot{y}(t) + \frac{1}{2} \int (V_l(t) \sin\theta(t) + V_r(t) \sin\theta(t)) dt \quad (2)$$

$$\dot{\theta}(t+1) = \dot{\theta}(t) + a(t) \quad (3)$$

然后,根据这些坐标点就可以描绘出机器人的行走路线图。再把路线图显示出来,用户就能通过这个判断机器人的移动效果了。

4 实验

本文实验中使用的是基于 Panasonic AM1 单片机的 T-Robot 差分式移动机器人。该移动机器人为四轮结构,其两个后轮为驱动轮,分别由一台步进电机独立驱动,前后轮为万向轮,仅对本体结构起到支持作用。机器人和服务器之间数据通过 LSD-RFC1100A 无线数据传输模块进行传输。这样机器人就能在离服务器 300 米的范围内自由移动。机器人服务器通过无线数据传输模块与移动机器人进行通信。机器人每 10ms 向服务器发送一次机器人的运动状态,同时当遇到障碍物时,也发送相应的信息到服务器。同时实时地监听来自服务器的指令,根据指令做出相应的动作。

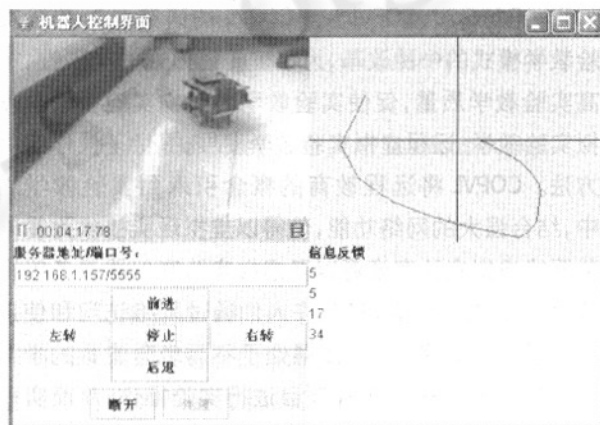


图 4 机器人控制界面

应用本系统,实现了在浙江工业大学屏峰校区内通过校园网控制移动机器人运动。客户端的控制界面如图 4 所示。图中左上角为实时视频传输窗口,右上角为根据反馈信息创建的机器人移动路径图显示窗口,左下角为机器人的控制窗口,右下角显示机器人的

(下转第 58 页)

(上接第 61 页)

状态反馈信息,主要是机器人的移动时间和按指定速度转弯的时间。实验表明,操作者可以通过观看视频传输窗口,有效的控制机器人避开障碍物,从一个地方移动到另外一个地方。

5 结束语

本文选用 C/S 模式为移动机器人的人远程控制实现模式,并利用 Java Socket 技术实现移动机器人的远程控制。实验表明,客户端显示视频时,图像连续稳定,实现了视频的实时传输显示;客户端的控制指令能及时稳定的传输到机器人,使其能及时地做出相应的动作;而客户端建立的地图较为准确,能使用户能形象地感应到机器人的移动具体情况。

参考文献

1 庄严、王伟、恽为民,基于网络的机器人控制技术

研究现状与发展[J],机器人,2002,24(3):276-282.

2 Joo-Ho Lee, Hideki Hashimoto. Controlling Mobile Robots in Distributed Intelligent Sensor Network [J]. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, 2003, 50:890-902.

3 李平、陆文娟,基于事件的网络机器人遥操作系统的实现,Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Control and Automation, 2002, 1296-1300.

4 李莹莹、刘云辉,基于移动通信网络的机器人遥操作,通信学报,2006,27:52-59.

5 高玉华、苏剑波, JMF 视频传输技术在 Web 机器人中的应用[J],机器人,2004,26(3):218-221.

6 汤宇松、刘景泰、卢桂章,利用远程网络技术的机器人遥操作系统分析[J],机器人,2000,22(1):67-72.