

# 无线局域网在移动机器人远程控制中的应用

徐志晖, 陆宇平

(南京航空航天大学自动化学院, 南京 210016)

**摘 要:**介绍了无线局域网技术的发展、特点,并详细介绍了 IEEE802.11b 无线局域网标准,在此基础上以 ActivMedia Robotics 公司的 P3-DX 型移动机器人为对象,构建了一种基于无线局域网的移动机器人远程控制系统应用方案,开发了基于服务器/客户模式的控制平台。

**关键词:**无线局域网;IEEE802.11b;移动机器人;远程控制

**中图分类号:**TP24;TN925.93 **文献标识码:**B **文章编号:**1009-255X(2004)12-0007-03

## Application of Wireless Local Area Network in remote control of mobile robot

XU Zhi-hui, LU Yu-ping

(College of Automation Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Nanjing 210016, China)

**Abstract:** The paper introduces the development and the characteristics of Wireless Local Area Network. The IEEE802.11b WLAN standard is introduced in detail. Then, on the basis of the P3-DX type versatile intelligent mobile robotic platform of ActivMedia Robotics corporation, a kind of application project of mobile robotics remote control system according to the technology of WLAN is designed, and the control platform based on the server/customer's mode is developed.

**Key words:** Wireless Local Area Network; IEEE802.11b; mobile robotics; remote control

## 0 引言

随着无线射频技术的发展,无线数据传输协议的规范,无线局域网(WLAN, Wireless Local Area Network)逐渐深入到办公室、会议室、矿山、港口、机场、仓库等公共场所,越来越多的人加入到无线局域网的生活中;由于它使人们摆脱了有线线缆的束缚,可以在任何地方、任何时间访问网络资源或实现无线网络设备之间的互联。近年来,随着无线局域网传输速率和稳定性的提高,在机器人领域也得到了应用。机器人大多是在恶劣的环境下工作,有的甚至是有毒、危险的环境,对操作人员的人身安全和身心健康造成极大的危害,因此很多机器人的控制方式已经从传统的现场控制发展到远程遥控的方式。操作人员的工作位置与机器人的作业位置可以在两个不同的地方,这一方面保证了操作人员的人身安全,另一方面也提高了劳动生产率,节约了生产成本。

万方数据

基于无线局域网的机器人远程控制将成为机器人远程控制的重要选择方式,并将带来机器人控制领域的变革。

## 1 无线局域网技术

1990年,IEEE 802标准委员会成立IEEE802.11WLAN标准工作组。802.11是IEEE最初制定的一个WLAN标准,主要解决办公室局域网和校园网中用户与用户终端的无线接入,业务主要限于数据访问,速率最高只能达到2Mbps,所以802.11标准很快被802.11b所取代。802.11b已成为当前主流的WLAN标准,它工作在ISM频带(2.4-2.4835GHz),数据传输速率达到11Mbps,已被很多厂商所采纳。

收稿日期 2004-06-15

基金项目 国家863重点课题资助项目(2002AA755024)

作者简介 徐志晖(1974-),男,硕士研究生,研究方向为网络与控制。

目前,IEEE 推出 802.11g 标准,该标准拥有 802.11a 的传输速率,安全性较 802.11b 好,采用两种调制方式,包含 802.11a 中采用的 OFDM 方式和 802.11b 中采用的 CCK 方式,做到与 802.11a 和 802.11b 的兼容。

无线局域网有两种拓扑结构:一是无线局域网和有线局域网相结合使用,利用线缆构造网络主干,以保证主体网络的安全和高速,引入无线网络使计算机方便灵活地入网;另一种结构形式为纯无线网络,所有计算机均通过无线适配卡相互通信。与有线局域网相比,无线局域网具有以下技术特点:

(1)移动性。WLAN 摆脱了电缆的束缚,建网灵活方便,可移动,且便于网络扩充,特别适用于野外分散流动的用户。

(2)易扩展性。WLAN 有多种配置方式,极易扩充新网络,无线局域网可以单独使用,也可以和有线局域网相结合使用,特别适合建立临时性的活动站。

(3)保密性。无线局域网采用先进的扩频技术,物理基础良好,具有高可靠性和保密性。

(4)高效益。WLAN 在铺设过程中可以节省人力和材料成本,WLAN 解决方案的安装与维护效益大大高于传统的 LAN。

下面主要介绍 IEEE802.11b 无线网络标准,其协议体系结构如图 1 所示。



图 1 IEEE802.11b 协议体系结构

### 1.1 IEEE802.11b 物理层

802.11b 定义三个不同的物理层选择方式:红外线技术、跳频扩频技术、直接序列扩频技术。物理层的选择取决于实际应用的要求。目前大多数基于 IEEE802.11b 的无线局域网产品的物理层介质工作在 ISM 频段,采用直接序列扩频技术提供高达 11Mbps 的数据传输速率。

(1)红外线技术。红外线 LAN 使用小于一微米的波长,基本速率为 1Mbps,红外线的波段介于可见光与微波之间的广阔区域,不受无线电波干扰,传输速度极高,而且通常使用激光技术,方向性比微波更好,更适合于军用,如边防哨所之间的直线保密通信。但由于其易受天气影响、穿透能力较差等因素,红外线得到的支持最小。

(2)跳频扩频(FHSS)技术。跳变频率至少为 8 万数据

1 跳/秒,利用 GFSK 二级或四级调制方式,传输速率为 2Mbps。FHSS 比 DSSS 相对更安全,也有更强的抗干扰能力。

(3)直接序列扩频(DSSS)技术。802.11b 采用 Barker 码是伪随机码,它定义了两种调制方式:传输速率为 1M bps 的 DBPSK(差分二相移相键控)方式和 2Mbps 的 DQPSK(差分正交移相键控)方式,相对而言 DSSS 具有更大的拓展速率的余地。

### 1.2 IEEE802.11b 的 MAC 协议

802.11d 数据链路层由逻辑链路层 LLC 和媒体访问层 MAC 构成,其中 LLC 与 802.3 的 LLC 完全相同。在 802.3 的 MAC 层采用具有冲突避免的载波监听多路访问(CSMA/CD)来使不同的站点共享同一信道。在有线局域网的情况下,可以根据检测电缆线的直流分量的变化容易地实现冲突检测。然而在使用无线传输媒体时,由于有隐藏终端等问题的存在,很难实现冲突检测,因此 802.11b 采用了一种具有冲突避免的载波监听多路访问(CSMA/CA)协议实现无线信道的共享。

CSMA/CA 机制的工作过程如下:在数据包传输之前,无线设备将先进行监听,看是否有其他无线设备正在传输。若传输正在进行,该设备将等待一段随机决定的时间,然后再监听,若没有其他设备正在使用介质,该设备开始传输数据,因为很有可能在一个设备传输数据的同时,另一个设备也开始传输数据,为了避免此类冲突造成的数据丢失,接收设备检测所收到的分组的 CRC,如果正确,则向发送设备传输一个确认信息(ACK)以指示没有冲突发生。否则,发送设备将重复上述 CSMA/CA 过程。为了使无线设备同时传输的可能性减到最小,802.11b 还使用了发送请求/清除以发送(RTS/CTS)机制和确认(ACK)机制。

### 1.3 IEEE802.11b 性能分析

IEEE802.11b 定义了两种组网模式:Infrastructure 模式和 Ad hoc 模式。在 Infrastructure 模式中有一个中心接入设备叫无线接入点(AP),终端设备都通过 AP 进行通信,而在 Ad hoc 模式下不需要 AP,各个移动终端都是对等的,只要在射频作用范围内,任何两台设备都可以通信。

在设计网络时必须传输距离和吞吐量之间做出折中,作用距离远,信号质量相对要差,传输速率自然较低,反之则可获得较高的传输速率。硬件会自动监测信号强度,根据信号强度的变化自动调整传输速率,从 11Mbps,5.5Mbps,2Mbps 至 1Mbps 等。

AP实际上可看作是一个从 WLAN 到以太网网桥,一般把 AP 与有线的以太网相连作为进入有线网的接入设备。考虑到 MAC 层和网络层协议的开销,真正的用户数据远达不到 11Mbps 的速率。在室内环境下 AP 的作用距离大致如下:10m,20m,25m,30m 的信号强度分别为 100%,95%,60%,40%,在信号达到 40% 以下之后,AP 的 Beacon 信号丢失数量骤增,网络中断频繁。

#### 1.4 IEEE802.11b 安全策略

(1) 802.11b 采用直接序列扩频技术,由于传输信号经过与伪随机码相异或,把传输的信息扩展到很宽的频带上,其功率密度随频谱的展宽而降低,因此信号本身就有加密功能,即使入侵者能捕捉到信号,也很难打开数据。

(2) 采用服务配置标示符(SSID),对无线接入点设置不同的 SSID,只有计算机与 AP 的 SSID 相匹配,才能访问 AP。

(3) 采用 MAC 地址过滤,对无线接入点 AP 设置 MAC 地址访问列表,控制无线网卡的访问控制。

(4) 在链路层使用有线对等加密 WEP,采用 RC4 对称加密技术,用户的加密密钥与 AP 的密钥相同才能获准存取网络的资源。

## 2 WLAN 在移动机器人远程控制中的应用实例

### 2.1 硬件系统组成

本应用实例以美国 ActivMedia Robotics 公司的 P3-DX 型多功能智能移动机器人对象,如图 2 所示,在实验室内构建了基于 WLAN 的移动机器人远程控制系统。该机器人采用双轮差分驱动,推力可达 6kg 力,回转半径 32cm,最高速度 1.2m/s,可以穿过 25% 的坡道,2.5cm 高的门槛,8.9cm 宽的沟壑,可以穿过的地形与轮椅可穿过的地形相同;带有三个充满的电池空载情况下可以运行 18~24 小时,高速充电器充电时间 2.4 小时;无线通讯接口符合 802.11b/g 协议,传输速度 11Mbps,传输距离 550m;跟踪监视系统包括水平转动和倾斜摄像头系统及配套软件,摄像头为 CCD 成像,38 万象素,可缩放 16 倍,采用基于 IEEE PC104 标准的专用微处理器,可进行系统扩展。PC104 是一种专门用于嵌入式系统而定义的工业控制总线,它具有可堆叠性,极容易进行扩展,与 PC 总线具有高度的兼容性。应用软件可在普通微机上用高级语言编写和调试,操作系统支持 Unix 和 Windows 系统。

万方数据

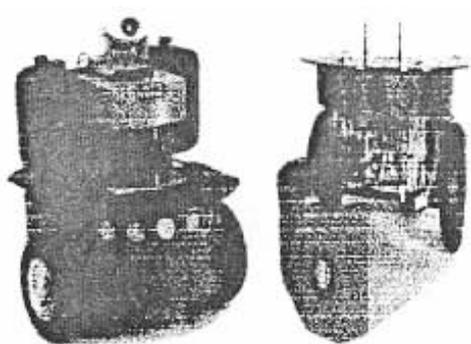


图 2 P3-DX 型移动机器人及其 PC104 嵌入式主板

移动机器人的远程控制系统框架如图 3 所示,以 NETGEAR 公司的 WGR614 无线路由器作为无线 AP,它支持 802.11b/g 协议,通过它自带的有线接口可与 Internet 相连。在移动机器人 PC104 主板中安装 PCMCIA 无线网卡,用一台装有无线网卡的 PC 机作为该系统的控制平台,构成了移动机器人的远程控制系统。系统采用 Client/Server 结构,机器人为客户端,PC 机为服务器端,用户可直接在服务器端,也可浏览机器人控制平台的控制界面,实现对机器人的远程操作。同时通过摄像头实时地传输机器人周边环境的图像并显示在操作界面。

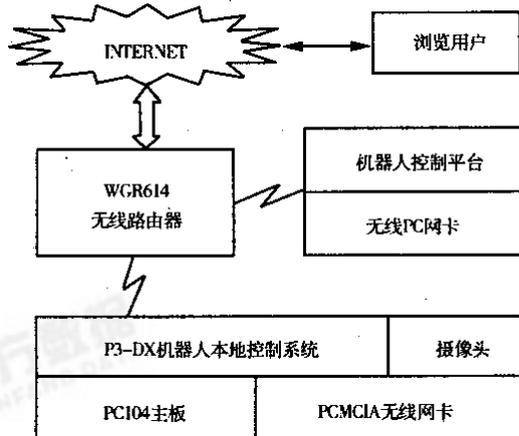


图 3 WLAN 环境下移动机器人远程控制系统框架

### 2.2 软件实现

服务器端和客户端程序利用了 WinSock 编程技术,具体实现采用了 C++ Builder6 的 TClientSocket 组件和 TServerSocket 组件,同时在客户机和服务器之间建立了一套通信规则,实现移动机器人的前进、后退等动作。实时图像传输采用了多线程技术,分别在客户机和服务器创建图像发送线程 SendPictThread 和接收线程 RecPictThread,图像传输的具体实现采用了 TNMStm 组件和 TNMStmServ 组件。无线网和有网高层都是采用 TCP/IP 协议,且底层协议对高层协议是透明的,从而实现

(下转第 52 页)

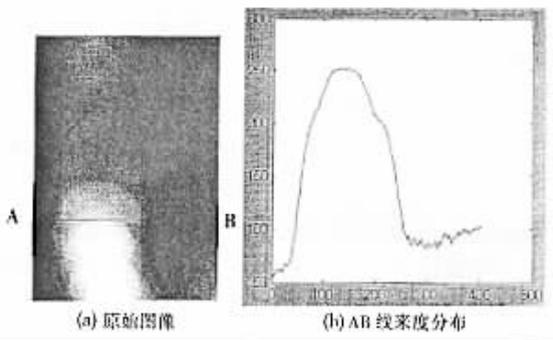


图1 无缺陷时扫描线灰度分布

### 3 实验结果

图2是只有一个气孔缺陷的实验结果。在图2中(a)为原始图像(b)为GFO增强效果(c)为去除焊道边界结果。图3为有多个气孔缺陷的实验结果,图3中的横线为象质计。从图2,图3中可以看出,图像经过GFO增强后,缺陷被检测出来了,同时缺陷边缘也被检测出来了,焊道边界也增强了,经过数学形态学滤波后,焊道边界被消除了。再选用合适的阈值就可以把缺陷分割出来。该方法简单,运算速度快。

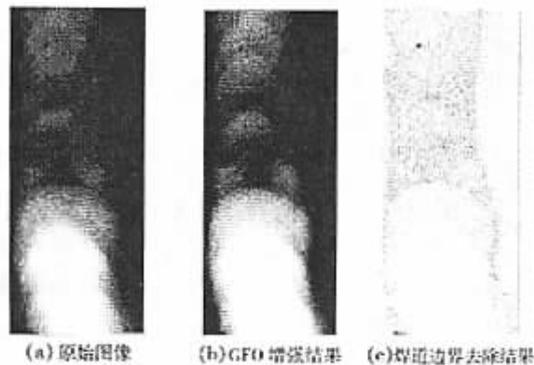


图2 单个气孔实验结果

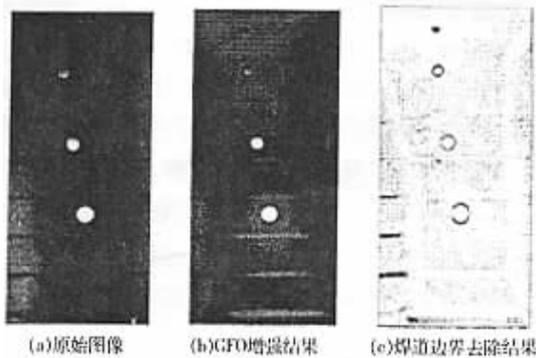


图3 多气孔实验结果

### 4 结论

本文在广义模糊算子增强的基础上,提出了用数学形态学中的闭运算来消除焊道边界,取得了良好效果。图像经过GFO增强后,再运用数学形态学方法去除焊道边界,然后选用合适的阈值就可以提取出缺陷,该方法简单易行,运算速度快,为下一步缺陷分割,识别打下了坚实的基础。

#### 参考文献:

[1] 王东华. 基于形态学分析的焊缝图象的缺陷提取与分割[A]. [学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2001: 7.  
 [2] 任大海, 尤政, 等. 射线实时成像检测中图像增强方法的研究[J]. 发光学报, 2000, 21(1): 43-45.  
 [3] 阮秋琦. 数字图像处理学[M]. 电子工业出版社, 2001.

责任编辑: 张 棣

(上接第9页)了无线网络和有线网络的无缝连接,用户可以通过Internet浏览服务器的控制界面实现远程监控移动机器人。

### 3 结束语

随着社会发展和技术的进步,按照以人为本的宗旨,机器人会在很多领域替代人去完成工作,移动机器人将在深海探测、火星登陆、机器战车等领域得到广泛的应用。机器人的远程控制也将不断发展,各种无线局域网产品的相继出现和性能的不提高,使无线局域网技术在机器人远程控制中发挥重大的作用。远程控制所依赖的数据通讯网络有着不确定性时间延迟、传输数据丢失等缺陷,目前还没有很好地解决网络环境下随机时延问题所带来的控制系统设计、稳定性、性能分析等一系列问题,因此该领域还有很多课题需要研究。

#### 参考文献:

[1] 廖智军, 冯冬芹, 诸健. 无线局域网应用于工业控制系统研究[J]. 机电工程, 2002(6): 36-38.  
 [2] 王光荣, 马培荪, 曹曦, 等. 无线局域网技术在锅炉承压管管外检测机器人中的应用[J]. 机器人, 2003(3): 235-240.  
 [3] 王晓东, 郑连清, 郭超平, 等. 基于WLAN的大规模校园网设计[J]. 现代电子技术, 2002(12): 12-16.  
 [4] Winfield A F T, Holland O E. The Application of Wireless Local Network Technology to the Control of Mobile Robotics[J]. Microprocessor and Microsystems 2000(23): 597-607.  
 [5] IEEE802.11, Wireless LAN standard[S]. 1999.

责任编辑: 肖 滨