

嵌入式无线视频监控系统的设计与实现

陆庆峰,毛羽刚,黎林坡,罗崇亮

(国防科学技术大学 计算机学院,湖南 长沙 410073)

摘要:在数字网络视频监控技术蓬勃发展的背景下,提出了一种基于 Ad Hoc 网络下的视频监控系统构建方案,并详细阐述了系统的总体结构、嵌入式操作系统、硬件的基本框架、传输协议、监控中心的软件结构、Socket 的编程原理,以及系统的实现过程。在前端设备通过该嵌入式系统,监控中心设立服务器的方式,实现无线网络条件下的视频实时监控。系统的试运行结果表明,该系统设计新颖,技术先进,工作稳定,能够显著提高视频监控系统的实时性、实用性。很好实现了系统预定的目标要求。

关键词:Ad Hoc;Linux2.6;RTP/RTCP;Socket;c/s;视频监控;嵌入式技术

中图分类号:TP302

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)08-0012-05

Wireless Video Surveillance System Embedded Design and Realization

LU Qing-feng, MAO Yu-gang, LI Lin-po, LUO Chong-liang

(School of Computer Sci., National Univ. of Defense Techn., Changsha 410073, China)

Abstract: Under the background of digital network video monitoring technology boom, present a construction scheme of video surveillance system based on the Ad Hoc network, and give a detailed exposition on the overall structure of the system, embedded operating system, basic framework of hardware and transport protocols, the software architecture of the monitoring center, the programming principles of the Socket, and the system implementation process. The front-end equipment is realized by this embedded system, monitoring center sets up the way server, real-time monitoring of video can be realized under the condition of wireless networks. The results of experiment demonstrate that the system remarkably raised the real-time and practicability of video surveillance system. The system reaches the request of expectation commendably.

Key words: Ad Hoc;Linux2.6;RTP/RTCP;Socket;c/s;video monitoring;embedded technology

0 引言

传统的视频监控系统大多通过线缆或光纤将视频信号传输到监控中心。这种方式布线复杂,周期长、成本高,并且位置固定,没有灵活性。

无线移动自组织网络(Ad Hoc)是由一组自治的无线移动通信节点组成的对等式网络^[1],网络中的节点能互相作为其邻居的路由器,通过节点转发实现相互间的通信。它具有无中心、自组织、多跳路由、动态移动的特性。由于 Ad Hoc 网络的这些特性,使得网络部署方便、快捷、成本低^[2]。所以,在视频监控领域有着广泛的应用前景。

1 相关技术

随着无线通信技术的日益发展,传输带宽不断提

高,特别是编解码技术的不断改善。使得灵活、简单的无线视频监控成为数字监控系统发展的新方向。其无线视频监控新技术也引起了人们的高度重视。有关的技术和产品也在不断的完善。

(1) 视频编解码。

视频压缩标准主要有 MPEG 和 H.26X 两大系列。MPEG-4 主要应用于 Internet 流媒体领域,为保证压缩视频解压后的恢复质量,MPEG-4 提供了多种抗误码工具^[3],改善了流媒体传输的抗误码性能。H.264 标准采用了高精度、多模式预测技术用来提高压缩比以降低码流。H.264 标准针对网络传输的需要设计了视频编码层 VCL 和网络提取层 NAL 结构,从而使视频编码层能够在各种系统中得到有效的应用。H.264 标准的差错消除工具保证了视频传输的正确性和有效性。因此广泛应用于远程监控、电视会议以及可视电话等领域,尤其在视频监控领域,它已经可以在嵌入式系统中达到实时、稳定的压缩效果^[4]。

(2) 无线视频传输网络技术。

收稿日期:2009-12-11;修回日期:2010-03-22

作者简介:陆庆峰(1978-),男,江西临川人,硕士研究生,主要研究方向为无线网络通信;毛羽刚,副教授,博士,主要研究方向为计算机网络与通信、实时系统。

对于无线视频监控而言,无线网络传输链路的选取主要取决于用户需求和系统工作的具体环境,目前已投入使用的无线视频监控主要有基于移动通信网络的和基于无线局域网的两种类型。

移动通信网络主要有:一是基于码分多址的 CDMA2000-1X 技术,其最高下载速度可达 153kb/s,实测可达 100kb/s 左右;二是通用无线分组交换(GPRS)技术,是基于 GSM 网络发展而来的新型分组交换数据应用业务,带宽理论最高可达 171.2kb/s;三是 3G 网络,3G 移动网络高至 2MHz 的带宽将大大改善监控视频的质量。此外,未来的 3G 系统也将考虑公众移动通信网络与 WLAN 系统的融合,用户将有可能真正实现“任何时间、任何地点、任何终端”的无缝式无线视频监控。

无线局域网:目前应用于无线局域网的网络组织形式主要有 Zigbee、Ad Hoc、WMN 等。其中 ZigBee 是一种近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的双向无线通讯技术。主要用于距离短、功耗低且传输速率不高的设备之间进行数据传输;Ad Hoc 网络是一种特殊的无线移动网络^[1]。网络中所有节点的地位平等,无需设置任何的控制中心节点。网络中的节点不仅具有普通移动终端所需的功能,而且具有报文转发能力。且技术相对成熟,在军事及视频监控方面得到了广泛的应用;WMN 是移动 Ad Hoc 网络的一种特殊形态,是一种高容量、高速率的分布式网络,不同于传统的无线网络,它可以被看成是一种 WLAN 和 Ad Hoc 网络的融合,且发挥了两者的优势。但由于 WMN 网络在国内还属起步阶段,相关技术和产品还不够完善。因此笔者在此采用了 Ad Hoc 的组网方式。

2 基于 Ad Hoc 的嵌入式视频监控系统设计

无线 Ad-Hoc 网络的视频监控系统如图 1 所示。整个系统由监控前端、转发节点和接收终端三部分组成。其中监控前端采用嵌入式系统结构,具有视频采集、压缩编码和无线接入功能;转发节点本身也可作监控前端,但对于邻居节点来说,具有路由发现和数据转发功能;接收终端具有无线接入及视频解码回放功能。所有节点都具备无线传输功能,节点之间以 Ad Hoc 方式通信,距离较远的监控前端须经过多跳路由到达接收终端。视频数据来自监控区域的监控前端,途经一个或多个转发节点传输到接收终端进行显示^[1]。

(1) 接收终端配置。

接收终端为带无线网卡的 PC 机,主要配置有:
CPU: Intel(R) Core(TM) Duo, 1.83GHz; 内存: 2G; 硬盘: 250G; 无线网卡: 支持 802.11a/b/g。

(2) 视频监控前端硬件结构如图 2 所示。整个视频监控前端硬件系统由电源时钟模块、视频采集编码模块、网络模块等 3 个模块组成。其中电源时钟模块主要为硬件提供电源和时钟服务。

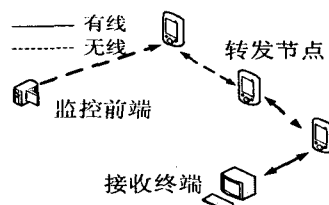


图1 视频监控总体结构图

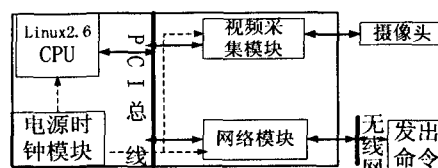


图2 视频监控前端硬件结构图

视频采集模块结构如图 3 所示。考虑到监控终端对视频压缩能力、无线移动和低功耗的要求,采用 Sigma Design 公司的 SMP8634 媒体处理芯片作为主控芯片。它集成了支持 H.264 标准的硬件编解码器,支持 Linux 操作系统。视频模拟信号经 AD1871 模拟转换器转换后生成 BT. 656 格式的视频数据流,输出到 SMP8634,它对视频进行 H.264 格式的压缩编码。

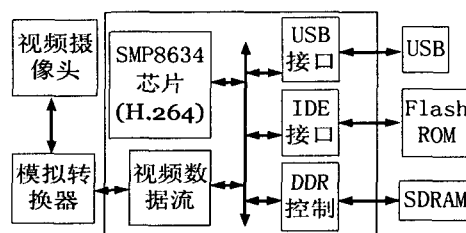


图3 视频采集编码模块结构图

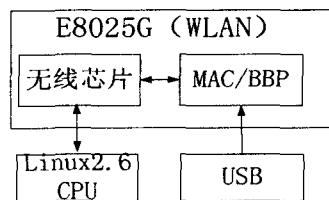


图4 网络模块结构图

网络模块结构如图 4 所示。考虑无线 Ad-Hoc 网络的有关特点,在网络模块设计中采用了美国 EWD 公司的 E8025G 无线 USB 网络控制芯片作为网络主控芯片,E8025G 的特点是由单个芯片同时支持已普及的 802.11b 和最高通信速度可达 54Mbit/s 的 802.11a 两种规格。另外,该产品重视与 802.11b 之间的兼容性,并同时支持最高通信速度可达 54Mbit/s 的 802.11g^[5],为无线视频传输提供宽裕的带宽。视频模

拟信息网络模块处理后,将处理后的数据流经 USB 控制器扩展的 USB2.0 接口输出到 E8025G 无线网络模块。

(3) 操作系统。

在操作系统使用方面,采用了成熟稳定的 Linux 2.6 嵌入式操作系统, Linux 2.6 作为嵌入式操作系统有其明显的优势^[6]。Linux 2.6 系统除支持 H.264 编解码多媒体系统、无线网络传输系统等,还提高了中断性能和调度响应时间,提高其实时性能,并且系统的移植更加方便,同时添加了新的体系结构和处理器类型,包括对没有硬件控制内存管理方案的 MMU-less 系统的支持^[7],可以支持大容量内存模型、微控制器,同时还改善了 I/O 子系统,增添更多的多媒体应用功能。

(4) 视频数据传输协议的选择。

视频监控系统主流的传输协议包括 RTP、RTCP、TCP、UDP 等,以上各种传输协议的层次不同,面对面地使用对象、数据包的大小和控制方式也不一样。

RTP 的定义及功能。实时传输协议(RTP)由 IETF(互联网工程任务组)的音频/视频传输工作组制定,是针对 INTERNET 上多媒体数据流的一个传输协议,RTP 被定义为在一对一或一对多的传输情况下工作,其目的是提供时间信息和实现流同步,RTP 的典型应用建立在 UDP 上,但也可以在 TCP 等其他协议之上工作。RTP 本身只保证实时数据的传输,并不能为按顺序传送数据包提供可靠的传送机制,也不提供流量控制或拥塞控制,它依靠 RTCP 提供这些服务^[8]。在网络视频监控应用中 RTP 主要用于实时流的传送。

RTCP 的定义及功能。实时传输控制协议(RTCP)负责管理传输质量,在当前应用进程之间交换控制信息,提供流量控制和拥塞控制服务^[4]。在 RTP 会话期间,各参与者周期性地传送 RTCP 包,包中含有已发送的数据包的数量、丢失的数据包的数量等统计资料,因此,服务器可以利用这些信息动态地改变传输速率,甚至改变有效载荷类型。RTP 和 RTCP 配合使用,能以有效的反馈和最小的开销使传输效率最佳化,故特别适合传送网上实时数据。RTP 根据应用程序的要求将流媒体数据包封装成 RTP 数据包并进行发送,在 RTP 会话期间,每个参与者周期性地向其他参与者发送 RTCP 控制包,包中含有已发送的数据包数量、丢失的数据包数量等统计资料,流媒体服务器可以利用这些信息动态地改变传输速率^[9],甚至改变有效载荷类型,试验和研究表明,RTP/RTCP 协议符合流媒体实时传输的要求,因此,在网络视频监控系统中首选 RTP/RTCP 协议。故本系统使用 RTP/RTCP 传输

视频数据。

3 视频监控系统的实现

本系统的实现采用监控中心建立 Web 服务器的 C/S 模式,即服务端建立 Web 服务器的方式为客户提供视频服务,客户端通过 IE 进行视频浏览。其中,Web 服务的连接都是通过 HTTP 协议来实现的。

下面就系统的实现做详细的分析:

1) HTTP 协议。

HTTP(Hyper-Text Transfer Protocol)是超文本传输协议的缩写,它是在整个 WWW 上使用的传输协议。超文本传输协议是应用层协议,由于其简捷、快速的方式,故适用于分布式和合作式超媒体信息系统^[10]。是专为用于 Web 服务而设计的协议。

HTTP 采用了请求/响应模型。客户端向服务器发送一个请求,请求头包含请求的方法、URL 以及包含请求修饰符、客户信息和内容的类似于 MIME 的消息结构。服务以一个状态行作为响应,相应的内容包括消息协议的版本,成功或者错误编码,加上包含服务信息、实体元信息以及可能的实体内容。

通常 HTTP 消息包括客户机向服务器的请求消息和服务器向客户机的响应消息。这两种类型的消息由一个起始行、一个或者多个头域,一个只是头域结束的空行和可选的消息体组成。HTTP 的头域包括通用头、请求头、响应头和实体头四个部分。每个头域由一个域名、冒号和域值三部分组成。

2) 软件体系结构分析。

当前,国内监控系统的软件体系结构主要分为 C/S(Client/Server)和 B/S(Browser/Server),即通过 C/S 或 B/S 体系模式建立客户端与服务器端的通信联系^[11]。

C/S 结构比较适合局域网,而想要真正地在 Internet 上实现 C/S 结构存在很多问题,如端口、客户端的下载,升级等等。B/S 结构可以通过 IE 中镶嵌的 ActiveX 的控件与服务器直接通信实现,不存在 C/S 结构上述的问题,现在的计算机 100% 直接拥有 Internet 的浏览器,这是 B/S 结构唯一的需求。

B/S 模式的优势主要在于:

- (1) 无须开发客户端软件,维护和升级方便;
- (2) 可跨平台操作,任何一台机器只要装有 WWW 浏览器软件,均可作为客户机来访问系统;
- (3) 具有良好的开放性和可扩充性;
- (4) 可采用防火墙技术来保证系统的安全性,有效地适应了当前用户对管理信息系统的新需求。

不过在局域网内 C/S 还是存在优势的。主要有:

没有中间环节,因此响应速度快;操作界面漂亮、形式多样,可以满足客户自身的个性化要求;C/S结构的管理信息系统具有较强的事务处理能力,能实现复杂的业务流程。

综上所述,根据本系统的设计特点(提供小型的视频监控),系统选用了C/S结构模型。

(3) 系统软件结构。

本系统主要采用了C/S体系结构进行软件设计。软件结构主要有三部分组成:监控前端软件部分、监控中心服务器软件部分和监控客户端软件部分,其中监控前端的视频采集、编码、云台控制协议的实现主要由硬件完成,而监控客户端软件也相对比较简单,只需安置系统管理软件、浏览器和视频解码软件,如IE浏览器、视频播放器等,因此系统的软件部分主要集中在监控中心的服务器,系统服务器软件结构如图5所示,其中服务器主程序是在Windows 2000操作系统下利用ASP.NET, VS2008, JAVA等编写,服务器端Web服务器是利用Windows 2000操作系统自带Microsoft IIS (Internet Information Server)组件实现。通过Socket字编程可对监控前端设备进行控制,如摄像机云台控制、视音频采集控制、报警信号控制等。客户端可通过安装IE浏览器和系统管理软件对视频监控信息进行显示和管理。

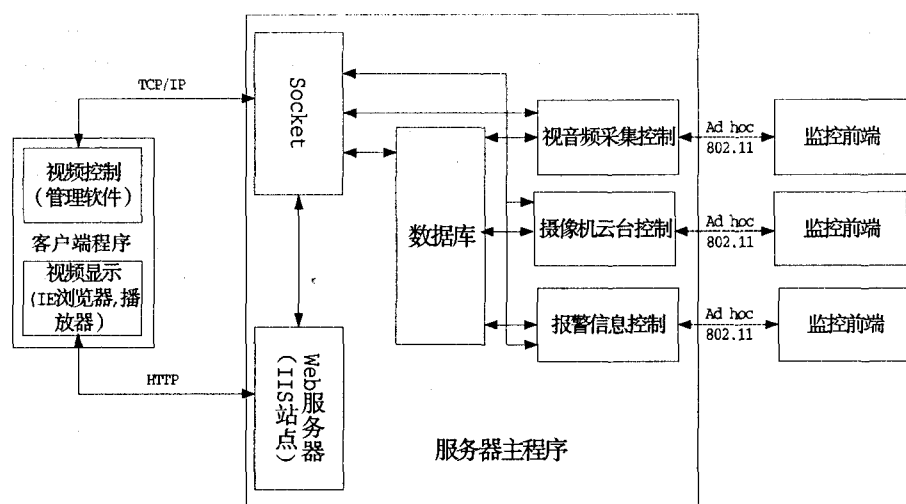


图5 系统软件结构图

(4) 面向连接的Socket。

客户端与服务器端控制信息的连接方式基于TCP/IP,因而必须借助流式套接字来编程,应用程序分为服务器端和客户端,双方是不对称的,需要分别编制。

双方都首先要创建并安装套接字,做好准备后,才能进行客户端与服务器端的通信。一个完整的通信过程历经建立连接、发送/接收数据和释放连接3个阶

段:建立连接的过程按照TCP三次握手的规范进行;发送/接收数据阶段称为客户机与服务器的会话期,会话的内容是有一定格式的,一来一往的数据交换还必须遵守一定的顺序,这些都由应用层协议来规定,最后释放连接^[3]。

下面列出Socket编程中的部分函数进行说明。

服务端:SOCKET():服务器首先创建一个流式套接字。

BIND():将这个套接字与特定的网络地址联系在一起。

LISTEN():启动监听套接字做好准备,进入监听状态。

ACCEPT():接收客户机端的连接请求。

客户端:SOCKET():创建套接字。

CONNECT():客户机端向服务器端发出连接请求。

WRITE():客户机端按照应用层协议向服务器端发送请求或命令。

READ():客户机端接收来自服务器端响应套接字发送来的数据。

CLOSE():会话结束,关闭套接字。

部分函数原型^[12]如下:

```
// 为通信创建一个端口,返回一个套接字描述符
socket ( AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
// 初始化套接字地址结构中的各个参数
Server_addr.sin_family = AF_INET;
Server_addr.sin_port = htons(BASE_PORT);
Server_addr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
bzero(&(server_addr.sin_zero), 8);
// 调用 bind() 函数, 将 IP
```

地址结构与套接字绑定

```
bind(server_sock, (struct sockaddr*)&server_addr, sizeof(struct sockaddr));
```

```
// 调用 listen() 函数, 进行侦听
```

```
listen(server_sock, LISTENQ);
```

// 调用 accept() 函数, 让服务器接收客户的连接请求

```
accept(server_sock, (struct sockaddr*)&tmp_
```

client_addr, &tmp_addr_len)

//调用 read()和 write()函数,分别负责接收和发送用户数据

read(tmpClientSock, tmpLogInfo, MAX_LOGIN_FO_LENGTH)

write(tmpClientSock, tmpLogInfo, MAX_LOGIN_FO_LENGTH)

(5)系统实现工作流程。

服务器主要进程监听设定的端口,一旦有浏览器的请求到达,则建立连接并返回新的套接字描述符,并交给子进程。子进程读取请求,并分解 URI(Uniform Resource Identifier)和请求方法^[10],再由所请求文件扩展名对应的 MIME 类型判断,如是静态文本则直接读取并发送给浏览器;如是 CGI 脚本,则新开一个子进程执行该脚本,处理脚本运行结果并返回浏览器;在一定时延无后续请求则关闭该连接。

C/S 模式过程中服务器处于被动服务的地位。首先服务器方要先启动,并根据客户请求提供相应服务^[12]。服务器工作过程如下:

打开通信通道 1→等待客户端请求 2→服务端接收到客户请求 3→返回第 2,等待下一客户 4→关闭服务器 5。

客户端工作过程:打开通信通道 1→向服务器发送请求报文 2→请求结束后关闭通信通道。

4 结束语

无线自组织网络(Ad Hoc)是当前无线通信领域一种新的、正在发展的网络技术,它正在迅速地从军事通信渗透到相关的民用通信领域。它的特点是无需常规的基础设施的支持,组网灵活方便,这种技术拓宽了移

动通信的应用领域,具有广阔的发展前景。文中充分利用 Ad Hoc 网络方便灵活的特点,提出了一种嵌入式无线视频监控系统。通过系统测试,验证了整个系统设计的正确性、可行性,对于利用 Ad Hoc 网络组建视频监控系统提供了很好的参考价值,具有一定的现实意义。

参考文献:

- [1] 郑相全. 无线自组织网技术实用教程[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [2] IEEE Std. 802. 16 - 2004, IEEE standard for local and metropolitan area networks - Part 16: Air interface for fixed broadband wireless access systems[S]. 2004.
- [3] 罗世伟. 视频监控系统原理及维护[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [4] 梁笃国,张艳霞,郑泽民,等. 网络视频监控技术及应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
- [5] 毕厚杰. 新一代视频压缩编码标准—H. 264/AVC[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
- [6] 毛德操,胡希明. Linux 内核源代码情景分析[M]. 杭州:浙江大学出版社,2001.
- [7] Benthall J. TCP/IP Lean: Web Servers for Embedded Systems[M]. 2nd ed. [s. l.]:CMP,2009.
- [8] 许信顺,贾智平. 嵌入式 Linux 应用编程[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [9] Moon S B, Skelly P, Towsley D. Estimation and Removal of Clock Skew form Network Delay Measurements[C]//Proceedings of the IEEE INFOCOM Conference on Computer Communications. [s. l.]:[s. n.],1999:227-234.
- [10] 周巍松. Linux 系统分析与高级编程技术[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [11] 谢希仁. 计算机网络[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [12] 厉小军. WEB 编程技术[M]. 北京:机械工业出版社,2009.

(上接第 11 页)

- [4] 冯之敬,刘金陵,潘尚峰,等. 测量与控制系统中非线性特性的不失真线性化方法[J]. 清华大学学报,1996,36(8):18-23.
- [5] 刘明珠,葛纯紫. 非线性失真的准确测量[J]. 上海航天,2004(3):56-60.
- [6] 宁伟,卿熙宏,陶华学. 基于共轭梯度法和最速下降法的非线性测量数据处理[J]. 山东科技大学学报:自然科学版,2004,23(4):5-7.
- [7] Vijayan Asari K, Kumar S, Radhakrishnan D. A New Approach for Nonlinear Distortion Correction in Endoscopic Images[J]. IEEE Trans on Medical Imaging,1999,18(4):345-354.
- [8] Killey R I, Thiele H J, Mikhailov V, et al. Reduction of In-

trachannel Nonlinear Distortion in 40 - Gb/s - Based WDM Transmission over Standard Fiber[J]. IEEE Photonics Technology Letters,2000,12(12):1624-1626.

- [9] Tsimbinos J, Eng B. Identification and Compensation of Nonlinear Distortion[D]. Australia: school of electronic engineering, University of south Australia, 1995.
- [10] Castleman K R. 数字图像处理[M]. 朱志刚,石定机,等译. 北京:电子工业出版社,2007:58-65.
- [11] 徐同莹,彭定明,王卫星. 改进的直方图均衡化算法[J]. 网络信息技术,2006,25(7):58-59.
- [12] 芮同林,彭国华. 一种改进的图像均衡化算法的研究与应用[J]. 微电子学与计算机,2006,23(11):58-59.