

# 利用 PC 机集群实现音频工程中复杂音频处理

李庆伟, 刘玉贵, 唐 峰, 高琨琦

LI Qing-wei, LIU Yu-gui, TANG Feng, GAO Kun-qi

中国科学院 研究生院, 北京 100039

Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

LI Qing-wei, LIU Yu-gui, TANG Feng et al. Process complex audio signal based on PC cluster in audio engineering. Computer Engineering and Applications 2007 43 (22) 207-209.

**Abstract :** Discusses the problem about using PC (not DSP) construct virtual audio device to satisfy the request that process complex audio signal in audio engineering, brings forward a distributed computing scheme based on PC cluster technology and designs the correlative software, also tests the key technology.

**Key words :** PC cluster, audio distributed computing network

**摘 要 :** 研究利用普通 PC 机 (而不是 DSP) 构建数字音频虚拟仪器的技术, 以满足音频工程中复杂的数字音频处理要求。提出了一个基于 PC 机集群的分布式解决方案, 设计实现了相关的软件, 并对关键技术进行了测试。

**关键词 :** PC 集群, 音频, 分布式计算, 网络

文章编号: 1002-8331 (2007) 22-0207-03 文献标识码: A 中图分类号: TP391

## 1 引言

在音频工程的应用和广播电台的播出系统中, 由于在传输过程中音频信号会出现失真及损耗, 同时为了弥补建筑声学上的一些缺陷, 或实现某些特殊的声音效果, 需要一些辅助音频周边设备, 如: 均衡器、滤波器、自动混音器、电子分频器、压缩器、限幅器、移频器、延时器、动态/增益控制器、矩阵、反馈抑制器、电平控制器、电平表以及纯音发生器<sup>[1]</sup>等。在现代音频系统中, 周边设备的应用越来越广泛, 也越来越频繁。目前, 利用虚拟仪器技术能够在计算机中实现绝大多数音频周边设备的功能。所谓虚拟仪器, 就是在以通用计算机或 DSP 为核心的硬件平台上, 由用户设计定义, 具有虚拟面板, 功能由软件实现的一种计算机仪器系统。在数字音频工作站中, 上述设备是以软件模块的形式作为虚拟仪器集成在一起的, 不仅可以大大降低成本, 且非常实用<sup>[2]</sup>。虚拟音频技术代表了数字音频设备的发展方向。

目前, 在音频工程中多采用以 DSP 为核心的数字音频处理方式, 各家厂商的处理设备互不兼容, 扩展能力有限。PC 机通用、廉价, 扩展能力强, 能够克服基于 DSP 处理信号的问题。音频信号被工作站/PC 机内集成的每一个虚拟音频设备处理时都将消耗 CPU 的一部分资源, 由于现代快速以太网技术可以同时传输数十路未经压缩的音频信号, 如果工作站同时接收并处理多路音频信号就有可能使 CPU 的资源耗尽。音频工作站中的设备可以无限增加, 工作站内部某一路音频信号的处理环节可以自由组合, 导致任何一路音频信号的处理都可能变得非常复杂。在一个数字音频网络中一台工作站的资源就很有可能无法满足用户处理音频信号的要求。“资源耗尽”是一个现实问题,

笔者在工程实践中经常会遇到这一问题, 目前的解决办法只能是舍弃某些处理功能或者更换更强大的音频工作站设备。

图 1 是在本文搭建的原型系统上得到的测试结果, 此结果表明, 计算机执行相当于双 31 段均衡器运算量的处理时, 同时对 9 路音频流进行处理, CPU 会溢出。

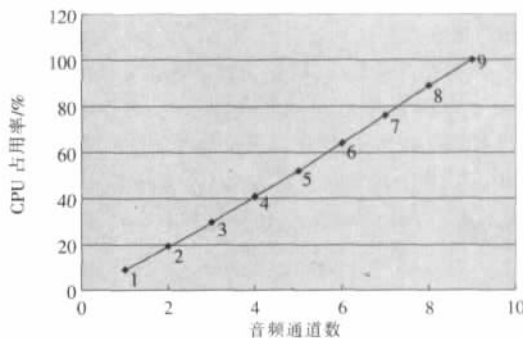


图 1 音频通道数与单独 CPU 占用率之间关系

## 2 基于 PC 机集群的分布式数字音频处理网络的结构

由 PC 机集群构成的分布式系统在视频服务器<sup>[3]</sup>、入侵检测系统<sup>[4]</sup>等需要实时大规模处理的应用中取得了很好的效果。本文试图利用分布式系统强大的伸缩性、高可靠性、系统透明性和特有的容错性, 使用廉价 PC 机组建一个集群网络以解决上述资源耗尽问题, 既可以克服以往单独音频处理器/工作站的局限性, 又能提供以往系统所不具备的容错功能。

**作者简介:** 李庆伟, 中国科学院研究生院在职硕士研究生, 中国电子科技集团公司第三研究所高级工程师, 主要研究方向是数字音频网络技术; 刘玉贵, 中国科学院研究生院副教授, 主要研究方向是多媒体计算机与多媒体通信; 唐峰, 中国科学院研究生院在职硕士研究生, 中国国际广播电台高级工程师, 主要研究方向为计算机应用技术; 高琨琦, 中国电子科技集团公司第三研究所工程师。

为此,设计了基于 PC 机集群的分布式数字音频处理网络,其结构如图 2 所示,其原理如下:

(1) 在由若干台音频工作站组成的网络中,指定某 1 台为服务器,也可以采用选举算法确定服务器。服务器动态承担管理功能。

(2) 网络中每台数字音频处理设备定时向服务器通报自己的 CPU 占用率,服务器按照各个数字音频处理设备 CPU 占用率对其排队。在服务器内部为音频处理设备设定好阈值,当某台设备 CPU 占用率超过阈值时,命令那台处理设备将一部分处理任务交给网络中 CPU 占有率最低的设备处理。并以此类推。

(3) 命令处理非本地任务的处理设备将处理后的信号回传给最初的设备。

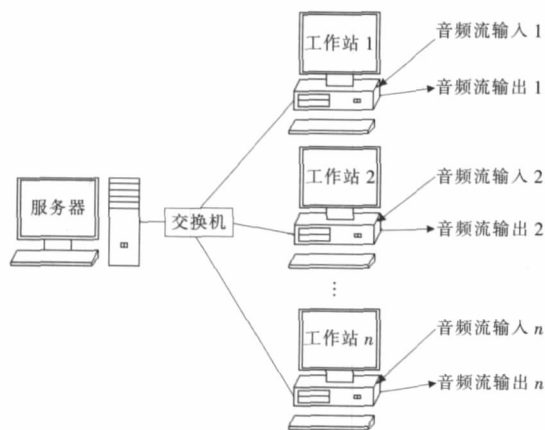


图 2 基于 PC 机集群处理数字音频的网络结构图

### 3 原型系统框架

为了对本研究的关键技术进行论证,实现了一个原型系统以供测试。为简化起见,原型系统只构建一个由 1 台服务器和 3 台工作站组成的测试系统。

服务器具有双重职能,既作为数字音频流服务器用于存储和管理数字音频节目源,又提供管理功能,对整个系统中的数字音频设备加以管理,此外还可以在某个工作站“资源耗尽”(在本设计中,指 CPU 利用率大于 60%)的情况下,统一调度系统资源,利用其它工作站的资源,协同处理数字音频信号。

工作站 1、2 是一个以通用电脑为平台的,将大量数字音频设备集成一起的数字音频处理器。使用者可以根据需求和自己的水平、喜好随意调出工作站设备库中的数字音频设备,构建音频系统。工作站可以从服务器中获取数字音频流。每一路音频流进入工作站后,将经过一系列工作站内虚拟数字音频设备的处理、修改,然后经过最初接收音频流的工作站(以下简称初始工作站)送至工作站 3(在实际工程中处理后的结果应送到功放或有源扬声器)。

### 4 原型系统软件流程

服务器端的软件流程图如图 3 所示。服务器用于存储音频流,还可以远程控制工作站,并具有动态调度管理功能。系统将允许管理员通过服务器远程管理工作站内集成的各种数字音频设备,并建立不同的音频处理流程。服务器远程管理音频设备的功能目前已有不少成熟系统可以采用<sup>[9]</sup>,在此不再作重复测试,在这里将主要测试某一个工作站资源耗尽的情况下,服务器利用网络动态调度系统中其它工作站的资源,协同完成音频处理的功能。在此原型系统中,假设工作站 3 只与工作站 1 相连接(模拟功放或有源扬声器只与数字仪器工作站 1 直接相连的情况)。

测试开始时,服务器先向工作站 1 发送音频流 1,随后命令工作站 1 对音频流 1 进行相当于双 31 段均衡器运算量的处理(执行 FFT 处理),然后经过一个固定时间后,命令工作站 1 在处理音频流 1 的同时增加处理一个音频流通道——音频流 2,如此不断增加。工作站在运行期间会将自己的 CPU 占用率报告给服务器,在本测试中设定工作站 CPU 占用率阈值为 60%,当工作站 1 处理一定任务导致超过 CPU 占用率 60%时,服务器会自动将任务分配给工作站 2。在工作站 3 上可以随意选择要显示的音频流,并报告给服务器,服务器根据自己的任务列表,命令正在处理相应数据流的工作站将数据流经初始工作站传给工作站 3。

服务器一直在不断侦测工作站 1 和工作站 2 的 CPU 占用率,并可以根据这两台工作站的实时 CPU 占用率随时动态调整指定处理某一路音频流的工作站。

工作站端 1、2 的软件流程图如图 4 所示。本研究所涉及分布式计算功能是透明的,对最终用户说,感觉不到 1 台工作站

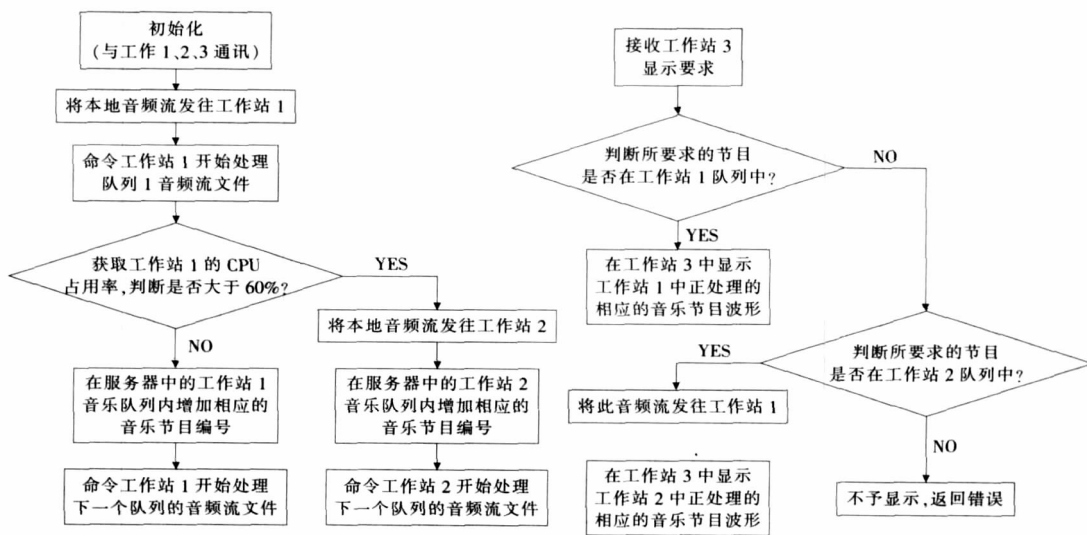


图 3 服务器端软件流程图

由于“资源耗尽”而将处理音频信号的功能向其它工作站转移。在最终用户看来,系统已建立好连接走向,若干路音频信号同时经由工作站1处理后(不论工作站1是否会出现“资源耗尽”问题)直接流向工作站3(测试中应用)或数字功放、扬声器(实际工程中应用)。

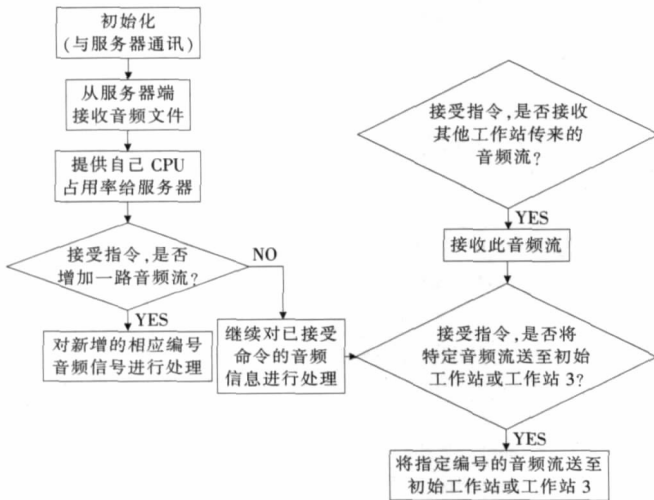


图4 工作站1、2软件流程图

工作站端3的软件流程图如图5所示。为了解测试结果方便,设置工作站3的主要功能为显示音频流波形。由于音频流可能在不同工作站中处理,因此需要工作站3提出请求后,经服务器统一调度,指定相应工作站发送音频流经初始工作站传到工作站3。

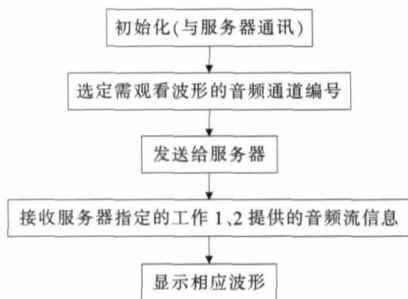


图5 工作站3流程图

## 5 测试结果

基于上述设计实现的模型系统,利用4台PC和一台网络交换机组建了测试平台。服务器端的配置为CPU Intel Core Duo T2300 处理器(1.66 GHz),内存512 MB。工作站1的配置为CPU Intel PIV 2.8 GHz,内存512 MB。工作站2的配置为CPU Intel PIV 2.53 GHz,内存512 MB。

在实际测试中,首先仅使用工作站1对音频流执行相当于双31段均衡器运算量的处理。发现,工作站1最多可平稳处理8路音频流,当处理第9路时,系统CPU占用率高达100%,变得很不稳定。结果如图1所示。

随后,将服务器、各台工作站通过交换机进行连接。图6表明,逐渐增加音频通道至5路音频流后,CPU占用率约为52%左右。此时再增加1路音频流,CPU占用率会超过60%,服务器会将第6路指定为工作站2处理,以后再增加的音频信号会经服务器指定由工作站2处理,同时工作站1 CPU占用率仅因为传输更多音频通道数据而略有增加。

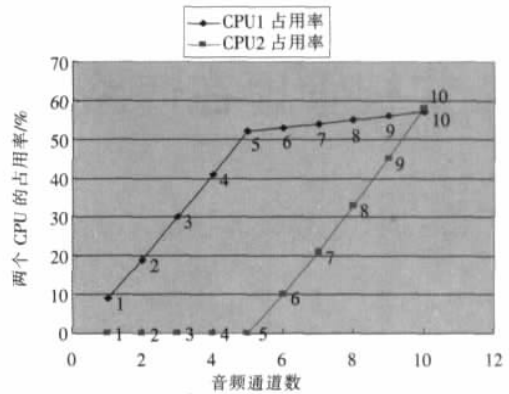


图6 音频通道数与经过服务器分配后的两个CPU占用率之间关系

在实测中,共使用了10路音频流,发现不同的音频流对CPU占用率没有影响,工作站1处理5路音频流时CPU占用率稳定在52%左右,工作站2处理5路音频流时CPU占用率稳定在58%左右。

此外,为了测试两台工作站处理能力溢出情况下的互相跳转,专门在工作站1仅处理2路音频流的时候执行了打开PHOTOSHOP等大型软件的操作,使其CPU占用率超过60%,这种情况下剩余的音频流会自动被指派到工作站2,当工作站2 CPU占用率超过60%后,工作站1上的大型软件已经初始化完毕,CPU占用率再次低于60%,剩余的音频流又会自动被指派到工作站1。

## 6 小结

研究表明,利用PC机集群实现音频工程中复杂音频处理在技术上是可行的。结合各大厂家已有的数字音频接口设备和各种专用的数字音频网络传输技术,就可以组建出具有现实意义的功能强大的分布式数字音频网络。

为了增加系统的可靠性,服务器可以使用类似选举算法的方式动态产生。如可以在网络中的每一台数字音频处理设备/工作站内部预先固化好优先级,在连接到系统中后,让它们自动向网络上的其它设备通报自己的优先级,经过比较以后,优先级最大的一台设备就成为服务器。在当前的服务器突然离开网络的情况下,原来排在第二优先级的设备就自动成为服务器。如果存在优先级相同的情况,那么先发布优先级的设备将成为服务器。

基于PC机集群的分布式数字音频网络技术的应用可以让用户以尽可能小的代价和灵活的规模构建自己想要的处理平台,这种技术将为未来的数字音频信号处理提供一种新的选择。(收稿日期 2007年4月)

## 参考文献:

- [1] 胡泽.数字音频工作站[M].北京:中国广播电视出版社,2003.
- [2] 阮林波,罗剑辉,郝文析.基于计算机声卡的虚拟仪器设计[J].电声技术,2003.
- [3] 黄河,周功业.分布式视频服务器及其负载均衡方法[J].计算机工程与科学,2006,28(9).
- [4] 杨彬,李雪莹,陈宇,等.利用Linux集群实现高速网入侵检测[J].计算机工程与应用,2003,39(23):151-153.
- [5] 王丽君,何全顺,蔡兴业,等.数字网络化播控系统的整体解决方案[J].电声技术,2005.