

网络控制系统 Web 服务器服务质量管理方案的研究

陆璐, 叶瑜, 刘发贵

LU Lu, YE Yu, LIU Fa-gui

华南理工大学 计算机学院, 广州 510641

School of Computer Engineering, South China University of Science, Guangzhou 510641, China

LU Lu, YE Yu, LIU Fa-gui. Research on network control system Web server QoS management solution. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(2): 236-240.

Abstract: This paper presents a new approach to Web server resource management solution based on Web content adaptation. This method can provide architecture for performance differentiation among classes of clients, performance isolation among independence services, and capacity sharing on request rate and delivered bandwidth. This approach subsumes traditional admission control technicians and enhances server performance by selectively adapting content in accordance with both load conditions and QoS requirements. This management solution can be implemented in middle-ware of three layer model which is ease to be modified. At last the experiment data illustrates the validation of this approach.

Key words: network control systems; Quality of Service(QoS); Web server; sharing excess capacity

摘要:提出一种基于 Web 的自适应内容传输管理方案,为不同网络客户提供不同优先级的性能服务,并且各种服务相互独立,同时能基于请求率和传输带宽共享系统资源。这种方案在传统的允入控制基础上改善了服务性能,根据网络负载情况和服务质量需求自适应选择传输内容,满足了客户对网络传输服务质量需求。该管理方案可以在三层模型的中间层实施,便于修改和维护,给出的实验结果显示了该方案的有效性。

关键词:网络控制系统;服务质量管理;Web 服务器;进程容量共享

文章编号:1002-8331(2008)02-0236-05 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP391

1 引言

网络控制系统 NCS(Networked Control Systems)是一种全分布式、网络化实时反馈控制系统,它是指某个区域现场传感器、控制器及执行器和通信网络的集合,其目的是用以提供设备之间的数据传输,使该区域内不同地点的用户实现资源共享和协调操作^[1-2]。网络化控制是复杂大系统控制和远程控制系统的客观需求;传感器、执行机构和驱动装置等现场设备的智能化为通信网络在控制系统更深层次的应用提供了必要的物质基础,而高速以太网和现场总线技术的发展和成熟解决了网络控制系统自身的可靠性和开放性问题,使之成为现实。NCS 广泛地应用于自动化制造工厂、电厂、机器人、高级的航天航空器和电气化运输工具。但同时控制回路中网络的应用也带来一些问题:(1)网络产生的时延:即传感器到控制器,控制器到执行器之间数据交换的时延^[3];(2)数据丢失:控制系统的节点在通过网络交换测量数据、控制信号时,某些数据包可能会丢失;(3)数据的多包传送:受网络的数据包大小限制,测量和控制信号的采样数据可能需要通过多个数据包传送;或者控制节点空间上的分散,也会要求同一时刻的采样数据通过多个包传送。这多个数据包在传输中可能通过不同的路径,因而不会同时到

达目的节点;(4)这种网络化的控制模式具有信息资源能够共享、连接线数大大减少、易于扩展、易于维护、高效率、高可靠性、灵活等优点。但同时由于网络中的信息源很多,信息的传送要分时占用网络通信线路,而网络的承载能力和通信带宽有限,必然造成信息的冲撞、重传等现象的发生,这些都会给系统的性能和稳定性造成影响。使得信息在传输过程中不可避免地存在时延。时延由于受到网络所采用的通信协议、网络当时的负荷状况、网络的传输速率和信息包的大小等诸多因素的影响,而呈现出或固定或随机、或有界或无界的特征,导致控制系统性能的下降甚至不稳定,同时也给控制系统的分析、设计带来了很大的困难。传统的控制理论在对系统进行分析和设计时,往往做了很多理想化的假定,如单率采样、同步控制、无延时传感和调节。而在 NCS 中由于控制回路中存在网络,上述假定通常是不成立的,因此传统的控制理论都要重新评估后才能应用到 NCS 中。因此如何来减小网络时延、数据丢失等这些问题对控制系统的影响;改善网络控制系统数据传输的服务质量,具有很强的研究意义。

考虑到由于网络控制系统结构的复杂性,监测节点的多元性和分布性,传输实时性等特性决定了网络控制系统对数据传

基金项目:粤港澳联合基金资助项目(No.2005A10207005)。

作者简介:陆璐(1971-),男,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向:现代软件测试技术、基于 Web 的远程监控、智能控制等;叶瑜(1981-),男,硕士,主要研究方向:计算机远程监控、网络安全等;刘发贵(1963-),女,副教授,硕士生导师,主要研究方向:操作系统与嵌入式软件、数据库与知识工程、数据挖掘与电子商务等。

输响应要求增高。大量监测数据, 控制画面的传送与显示以及分布式环境中各个模块间的交互信息在网络中传输, 使得控制系统网络经常面临超载问题。控制系统请求的响应时间由两个因素决定: 网络传输质量和控制对象的响应时间。目前通常的基于 TCP/IP 的网络对传输过程中负载平衡以及不同用户不同终端的传输质量要求几乎没有什么保证, 它们基本上是没有加任何控制, 属于尽全力型, 因此其传输质量无法保证。文[4]采用允入控制策略改善传输质量, 当连接用户超过网络允许承受用户时其它用户将被拒绝连接, 但这样连接的每个用户传输过程质量依然没得到保证, 若出现抖动将无法消除, 且被拒绝用户无法恢复连接。文[5]研究了控制终端如何通过设置用户缓冲区保证多媒体信息连续播放的机制, 而对传输过程中 QoS 管理机制没有加以讨论。网络传输的 QoS 控制研究已十分活跃, 包括通过综合服务来提供端到端的 QoS 保证, 通过区分服务来提供可选择的区分服务等。但是, 如果网络控制系统不支持任何 QoS 控制, 则仅靠网络本身底层传输机制是不足以为工业控制系统提供满意的服务性能的。即在网络控制系统服务器超载的情况下, 具备网络 QoS 控制的高级流可能仍会遭受服务拒绝。据估计, 仅 2005 年全球就有 10%~25% 的商业交易由于过长的 Web 响应延迟而遭终止, 相当于损失了大约 23 亿美元的收入^[6]。

目前 Internet 已成为一个商业和服务中介, Web 已经成为多种服务的一个公共界面, 因而对 Web 服务网络的 QoS 需求提出了更高的要求。一个 Web 服务器可能同时维护几个站点, 这几个站点需要的性能指标是不一样的, 这称为性能多样性; 此外服务器对某些重要用户需提供比较高的优先级, 这称为服务多样性。目前的 Web 服务器对系统过载没有什么维护手段, 也没有办法保证用户高优先级的请求以及为用户提供多样的个性化服务。Web 管理者通常通过重新设计系统容量来达到负载平衡^[1], 但这样一旦在某个时刻访问请求突然急剧增加时服务器的响应时间和连通率都将大大恶化, 并将影响所有的访问用户。目前国外 QoS 应用较多的负载平衡策略是允入控制^[7,8], 它能防止系统过载; 但允入控制对那些被拒绝的用户不提供任何服务, 而且最终也不能恢复这些连接, 这将造成很多用户得不到相应服务^[9]。为防止这种情况发生, 本文提出一种基于 Web 服务器自适应内容传输的方案。该方案预先在服务器上存储一份材料不同质量与尺寸的多重拷贝^[10], 例如一幅连续媒体信息可以以两种方式存储, /full_content 和/degraded_content, 分别存储完整信息和简易信息, 根据负载情况自适应选择传输内容, 同时能有效防止过载并实现性能多样性以及服务多样性, 最后给出了一个基于该传输方案的 Web 具体应用实例。

2 Web 服务器自适应内容传输算法

为完成依据服务器负载自动传输内容的功能, 在服务器处理软件以及用户子系统之间设立一个中间层, 它能够截获每个用户的请求并且根据服务器负载状况决定提交用户的传输内容, 同时还具有负载监测以及防止过载的能力。这里首先假设所有用户具有相同的优先级, 对不同优先级用户 QoS 管理将在后面讨论。

2.1 负载监测

考虑到一个服务时间可以分解为一个固定超时以及一个

依赖于数据大小的传输延时, 它可以表示为:

$$T(x) = a + bx \quad (1)$$

这里 a, b 为常数, x 为数据包大小, 在一个特定的观测周期累加所有请求服务时间可得到下面系统使用率 U :

$$U = aR + bW \quad (2)$$

其中 R 是负载请求率, W 是传输带宽, 负载监测程序周期性地测量 R, W 返回相应的 U , 而 a, b 可以在服务器平台中预先测定。例如固定传输内容大小, 增加服务器请求率直到有错误发生, 得到这时的 R_{\max} 以及此时的 W_{\max} , 再重复上述方法选择不同的数据尺寸记录新的 R_{\max} 及 W_{\max} , 这时 $U=100\%$, 因此每个实验产生一个数据点 (R_{\max}, W_{\max}) 满足等式, 使用线性回归方法:

$$100\% = aR_{\max} + bW_{\max} \quad (3)$$

这样可以得到系数 a 和 b , 在实验中这些常数可以被离线测定并写入到一个配置文件中在负载监测实验中直接使用。

2.2 使用控制

理想情况下当服务器访问率较低时所有客户请求都可以得到满足, 当服务器饱和时一部分客户将被忽略。为避免服务器过载和连接失败, 采用一个自调节使用环自适应调节传输内容, 它由两部分组成: 内容适配器和使用调节器。内容适配器产生自适应传输内容, 使用调节器在一个内容树范围内自适应调节传输内容。

2.2.1 内容适配器

假设有 M 级目录, 从 1 至 M 传输内容质量依次增加。使用参数 G 表示网络负载状况, 根据 G 选择 $[0, M]$ 中哪一级目录, 当 $G=M$ 时选择按完全服务进行, 这就是标称服务情况; 最低情况为 $G=0$, 意味着拒绝传送。参数 G 代表了服务器负载状况, 内容适配器根据参数 G 传送相应内容。当 $G=I$ 时传输第 I 级内容, 当 G 是一个非整数时用 I 表示 G 的整数部分, F 表示其分数部分, 根据用户的 IP 地址用 Hash 函数产生一 $[0, 1]$ 的随机数 N , 当 $N < F$ 用 $I+1$ 级请求, 否则用第 I 级请求。另外当 G 增加时将自动采用高一级的内容适配器的内容进行传递, 反之则相反。

2.2.2 使用调节器

这部分将完成在实际负载变化过程中如何动态调节参数 G , 首先我们假设一最大使用率 U^* 为 85%, U 为实际过程中的使用率, $E = U^* - U$ 为使用误差。自适应控制器通过采集现有的利用率, 在每个采样周期计算误差 E , 采用自动控制中的 PI 控制器^[12]产生相应的控制输出:

$$G = G + kE \quad (4)$$

(if $G < 0, G=0$; if $G > M, G=M, k$ 是常数)

完整的调节框图如图 1 所示。

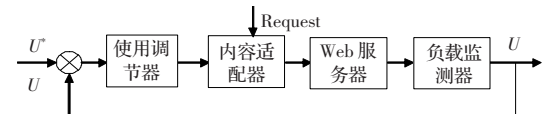


图 1 使用调节器调节框图

图 2 给出了当负载突然变化时使用该控制环调节结果, 例如当 $t=13$ s 时负载突然达到服务器容量的 300%, 这种负载突变比在实际过程中小范围的负载变化更难控制, 这时使用调节器调节结果如图 2 所示, 这里 U^* 为 85%, 该实验结果显示了该控制方案的有效性。

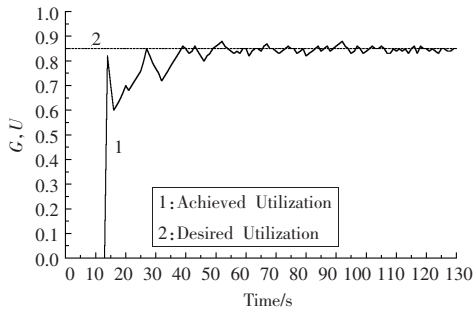


图2 使用调节器调节结果

3 网络 QoS 管理实现算法

这部分将与上面内容结合起来,主要处理以下几方面 QoS 管理的内容:

(1)执行隔离:一个 Web 服务器可能同时管理多个独立站点,为每个站点分配一虚拟服务器,每个虚拟服务器有各自的最大请求率和服务带宽,互不干扰。

(2)服务多样性:为不同用户设立不同优先级,当过载时低优先级的用户首先被拒绝。

(3)容量共享性:当一个虚拟服务器过载而另一个未饱和时,它空余的系统资源可配给其它虚拟服务器以避免拒绝用户的情况发生。

3.1 执行隔离

由于每个虚拟服务器有其各自的最大请求传输率 R_{\max} 和传输带宽 W_{\max} ,则每个 $U_i^* = aR_{\max i} + bW_{\max i}$,必须保证: $\sum_i U_i^* < 100\%$,负载监测器分别检测每个 R_i 和 W_i ,分别按 2.2 节进行控制至 U_i^* ,分别达到各自的执行性能保证,以防止过载。

3.2 服务多样性

传输中允许不同优先级的客户并存,当过载时低优先级的客户将首先被拒绝。考虑一虚拟服务器有 m 优先级,1 为最高, m 为最低,最大利用率为 U^* ,对每个优先级 j , $U_j^* = U^* - \sum_{i < j} U_i$, $U_i = aR_i + bW_i$ 是目前测试的优先级 i 的使用率。计算现有的 $U_j = aR_j + bW_j$ 并按照 2.2.2 节控制环进行调节得到相应的 G_j 。也就是说首先保证优先级高的用户,剩下的容量留给低优先级的用户,当过载时它们将首先被抛弃。

3.3 容量共享性

由于每个虚拟服务器并没有职责提供额外的容量资源,它提供时仅以尽全力方式传输,这时 $G_n = G_n + k(100 - U)$, $U = aR + bW$ 是目前虚拟服务器的使用率,这部分如何使用在第 5 章介绍,下章描述自适应传输的软件如何具体实现。

4 Web 服务器 QoS 控制算法实施模型设计

这里基于 Unix 平台用 C 语言实现上述功能,软件存于 HP (PA-8200 CPU)工作站上运行 HP-UX10.20,内存为 512 M,100-BaseT 以太网连接,主服务器采用 Compaq2000 服务器。

4.1 系统服务器模型

Web 服务器模型可以采用多线程或者多进程方式接受用户请求。多线程方式是为每个 HTTP 请求分配一个线程,这些线程共享公共内存块,在多进程方式每个进程处理一个接入请

求。Unix 系统都采用进程方式,一个进程处理一个连接直到该连接被关闭,这里采用多进程方式处理用户请求。

自适应软件位于中间层,中间层 API 可由 Web Server 在需要时直接调用,这样三层模型的好处是修改时只需要改变中间层软件的内容而不需要改变服务器的内容。

4.2 自适应软件 API

该 API 函数由以下几部分组成:

(1)初始化单元 `Adaptsoft_init()`,初始化全局变量及使用控制器。

(2)请求预处理单元 `Adaptsoft_adapt(URL, Client_IP)`,当接受一个 HTTP 请求时调用该函数,它鉴别用户并返回 URL 名字,如果拒绝服务则返回 Null。

(3)转发请求处理单元 `Adaptsoft_log_size(URL_byte_size)`,该函数根据一个 URL 实际传输尺寸计算目前实际传输带宽。

4.3 实施负载监测

当一个请求 P_i 从某个工作进程的服务器监听队列中取出时,函数 `Adaptsoft_adapt()` 被调用,它分辨该调用属于哪个虚拟服务器 j ,通过记数器 $r_i(j)$ 累积虚拟服务器 j 的进程 P_i ,当 P_i 请求处理完成时,发出响应调用 `Adaptsoft_log_size()` 函数统计传输字节, $b_i(j)$ 累积虚拟服务器全部字节尺寸,并调用 `Adaptsoft_init()` 唤醒使用测试函数,该函数计算每个虚拟服务器 k 传输请求率 $R_i(k) = r_i(k)/t$ 以及传输带宽 $W_i(k) = b_i(k)/t$,并计算使用率 $U_i(k) = aR_i(k) + bW_i(k)$,并将 $U_i(k)$ 存储在一个公共内存区中,在下一个周期中 $r_i(k)$ 与 $b_i(k)$ 将被清空。

4.4 实施使用控制

使用控制在每次 `Adaptsoft_init()` 启动时开始使用,该函数依次唤醒每个虚拟服务器,计算 $U_k = \sum_i U_i(k)$,并与期望使用率比较,计算出相应的 G_k ,每个 G_k 被存储在一个公共内存区中。每次 `Adaptsoft_adapt(URL, Client_IP)` 函数被唤醒,它从公共内存区中读取 G_k ,并执行 2.2.1 节中算法决定采用哪层目录,用该层目录结构下的内容进行传输。

5 系统仿真测试结果

这里用上章方法对一个具体网络系统进行评估,使用 `Httpref` 方法^[13]产生多个 `Http` 请求,为使服务器过载,`Httpref` 在 4 台工作站上同时运行,工作站与服务器之间以 100 M 以太网连接。

5.1 估计传输服务时间

传输服务时间不仅与 URL 尺寸有关系,还包括网络等待时间以及传输延迟等等。按照 2.1 节中方法估算的 $a=1.604$, $b=0.063$ 。表 1 显示了该估算服务时间和实际传输时间的误差,该表显示该估算具有较高的准确度。

表1 传输服务时间的估计

URL Size/KB	Measured T	$a+bx$	Error/%
1	1.706	1.677	-1.7
2	1.730	1.730	0
4	1.858	1.856	-0.1
8	2.075	2.108	1.6
16	2.611	2.611	0
32	3.322	3.322	8.9
64	5.917	5.917	-4.7

5.2 防止拒绝请求

拒绝请求不仅使客户无法访问, 而且也浪费服务器的资源, 所以自适应传输程序应尽可能避免这种情况发生。当收到一个连接就关闭其套接字, 这样其响应请求率可以大大增加。

5.3 执行隔离

这里讨论如何在一台服务器上创建多个不同速率和带宽的虚拟服务器, 并且该自适应装置能对它们分别加以保护防止其过载。在本实验中首先向服务器发送 300 req/s 的请求使其过载, 再在它上面配置两个虚拟服务器。服务器 V1 配置最大带宽为 13 Mb/s, 最大传输率为 50 req/s, 服务器 V2 配置最大带宽为 27 Mb/s, 最大传输率为 100 req/s。每个虚拟服务器连到一个不同站点, 一个恒定负载 50 req/s, 带宽为 12.8Mb/s 连至 V1, V2 负载从 0 增至最大, 由于存在 300 req/s 的请求, 这台机器总负载是过载的。

图 3(a)给出了带宽传输曲线, 从图中可以看出虚拟服务器实际传输带宽与给定接近, 尽管服务器过载, V1 与 V2 表现出较好的传输特性, 没有内容丢失, 并且 V1 与 V2 相互独立, V2 变化不影响 V1, 这体现了负载隔离特性。为便于比较不加该自适应算法, 图 3(b)给出了实验结果。从图中可见这两个传输带宽都低于给定, 这是由于在过载情况下不能保证有效连接, 同时显示一个传输带宽增加时另一个减小了, 它们之间相互影响, 没有执行分离特性, 比较结果显示了该自适应算法的有效性。

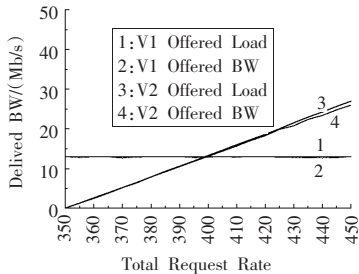


图 3(a) 执行隔离传输特性

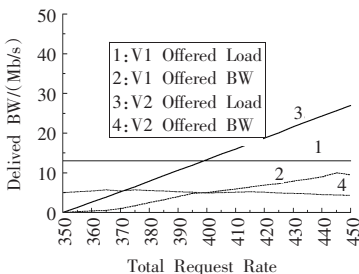


图 3(b) 无执行隔离传输特性

5.4 服务多样性

该自适应软件允许定义多种优先级请求, 这里定义两个优先级, 基本优先级 B 和保险级 P, P 的优先级比 B 高, 在实验中提供每秒 100 个高优先级请求, 同时逐渐增加基本优先级的请求个数, 图 4 显示了这两个优先级别的传输结果及基本带宽, 当过载时基本客户将减少, 而保险级用户不变, 这体现了服务多样性这一特性。

5.5 进程容量共享

当一个虚拟服务器容量未用完时应保证它给其它过载服务器使用。这时过载服务器可以允许超过其容量, 并不影响其

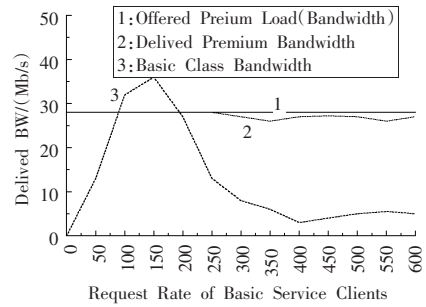


图 4 服务多样性曲线图

它虚拟服务器的使用; 并且当服务器过载时每个虚拟服务器应先保证其本身容量配置以达到执行隔离和服务多样性。按照 3.3 节方法实现进程容量共享, 通过下面两个实验来测试: 首先服务器负载很小, 虚拟服务器 V1 超过其负载容量, 这时它可以使用其它容量。第二个实验服务器负载很重, 这时虚拟服务器只能保证自己的容量限制, 此外 V2 也被使用但未过载, 尽管服务器过载和有资源被 V1 使用, 但它的性能未受影响, 这就表明进程容量共享不干预性能隔离的特性。

图 5(a)描述了第一个实验, 它显示规定带宽和 V1, V2 的实际带宽, V1 的最大带宽是 13 Mb/s, 最大请求率是 100 req/s。V2 的最大带宽是 27 Mb/s, 最大请求率是 100 req/s。运行时 V2 请求率保持 100, 提供带宽 25.6 Mb/s, 在容量范围内。V1 的请求率从 0 req/s~250 req/s 逐渐增加, 总的请求率 (V1, V2 的请求率之和) 在水平轴上, V1 在请求率为 140 req/s 时达到带宽峰值 35 Mb/s, 这时超过其 13 Mb/s 的带宽限制, 但这时服务器 V2 未受影响, 该进程共享装置确保性能隔离特性。

当服务器负载增至 100 req/s, 使其过载, 图 5(b)显示了规定带宽和 V1, V2 的实验带宽。规定带宽和图 5(a) 相同, 实际带宽则不同。水平轴还是 V1, V2 的请求率之和, V1 在请求率 100 req/s 时达到其最大带宽 13 Mb/s, 也就是说在缺少进程容量时虚拟服务器首先保证自己容量, 当请求率高于 100 req/s, 带宽将低于 13 Mb/s, 反之一样, 该自适应传输方法有效保证 V1 使用能达到其最大限度。

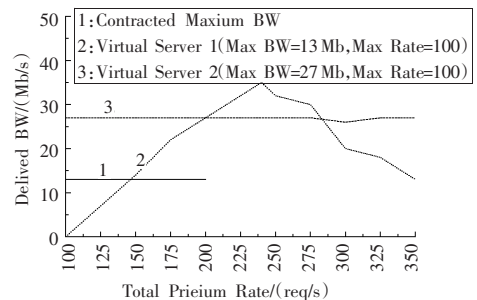


图 5(a) 无附加负载服务多样性曲线

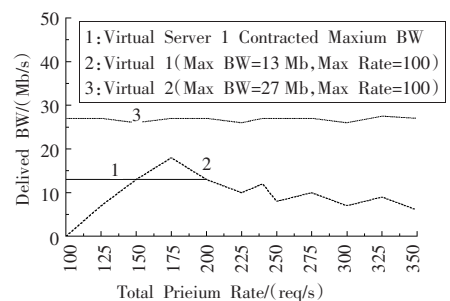


图 5(b) 高附加负载服务多样性曲线

6 结论

本文基于自适应内容传输方案提出了一种基于 Web 服务器的 QoS 管理构架,与目前非自适应传输的服务器以及允入控制等方案不同,它根据负载状况自动选择传输内容,同时设计和使用了一个使用控制环调节传输内容,并加入了性能隔离,服务多样性,共享进程容量等 QoS 保证方法;同时本文所提出的传输方案与实际网络负载数目无关,易于应付网络负载突然增加等突发事件。该算法实现简便,很容易推广至其它平台,并在中间层实现,易于维护,实验结果也显示了该方案的有效性。进一步的研究将致力于如何自适应传输可改变大小的多媒体对象,以避免存储多种版本的传输内容,以及探求一种能预处理 Web 内容的管理工具,在有限的网络资源中尽可能多地传输信息资源。(收稿日期:2007 年 7 月)

参考文献:

- [1] Halevi Y, Ray A. Integrated communication and control systems: part I analysis[J]. ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 2003, 110(4).
- [2] 顾洪军, 张佐, 吴秋峰. 网络控制系统的机理描述模型[J]. 控制与决策, 2000, 15(5): 634-636.
- [3] Zhang W. Stability analysis of networked control systems[D]. USA: Case Western Reserve University, 2001.
- [4] Lyengar A, MacNair E, Nguyen T. An analysis of Web server performance[C]//GlobeCom, 2004, 3: 1943-1947.

(上接 226 页)

5 实验结果分析与总结

以上实验数据表明采用分层查询表的关键词识别模型可以取得较高的识别率,并且独立实验的识别率要高于混合实验的识别率,同时测试集(三)的识别率较高,因为测试集(三)实际上是孤立词,可见如何将关键词识别提取为孤立词识别是一个提高识别率的有效方法。

在实际应用中构建出一个高识别率的语音识别系统,需要研究的方面很多,本系统还有许多方面需要今后进一步完善。如何在扩大关键词表的同时保证系统的实时性并提高识别率?如何使系统从实验室环境走到实际的应用环境中?主要考虑两个主要问题:一是背景噪音问题,二是方言口音问题。如何使系统根据不同的影响来源,自动地、有针对性地对系统进行调整,在使用中逐步提高性能?也就是如何使系统具有自适应的能力?电话语音识别的应用潜力非常巨大,结合具体的实际需求,

(上接 235 页)

- [11] Kauth R J, Thomas G S. The Tasseled Cap—a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen in landat[C]//Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, West Lafayette, Indiana, 1976: 41-51.
- [12] Horne J H A. Tasseled Cap transformation for IKONOS images[C]//Proceeding of ASPRS 2003 Annual Conference, Anchorage, Alaska, May 2003.
- [13] Ehlers M. Multisensor image fusion techniques in remote sensing[J].

- [5] 郑庆华, 李人厚. 分布式多媒体同步中表现质量的参数计算[J]. 通信学报, 1999, 10: 431-437.
- [6] Bouch A, Kuchinsky A, Bhatti N. Quality is the eye of the beholder: meeting user's requirements for internet Quality of Service[C]//Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, 2002.
- [7] Schechter S, Krishnan M, Smith M D. Using path profiles to predict http requests[C]//7th International World Wide Web Conference, 1998: 457-467.
- [8] Colajanni M, Yu P S. Dynamic load balancing in geographically distributed heterogeneous Web servers[C]//Proceedings of 18th International Conference on Distributed Computing Systems, 2002: 295-302.
- [9] Andersen D, McCune T. Towards a hierarchical scheduling system for distributed WWW server clusters[C]//Proceedings the Seventh International Symposium on High Performance Distributed Computing, 1999.
- [10] Lyengar A, MacNair E, Nguyen T. An analysis of Web server performance[C]//GlobeCom, 2003, 3: 1943-1947.
- [11] Abdelzaher T, Bhatti N. Web content adaptation to improve server overload behavior[C]//International World Wide Web Conference, 1999: 560-567.
- [12] Kaczorek T. Linear control systems[M]. New York: John Wiley, 1999.
- [13] Mosberger D, Jin T. Httpref: a tool for measuring Web server performance[C]//WISP, 1998: 59-67.

开发出有效的实用系统将是让语音产品从实验室走向实际应用的的关键所在。(收稿日期:2007 年 7 月)

参考文献:

- [1] Siu M, Ostendorf M. Variable N-Grams and extensions for conversational speech language modeling[J]. IEEE Trans Speech and Audio Processing, 2000, 8: 63-75.
- [2] 黄南华, 吴亚栋, 李治柱. 基于特征空间轨迹多模板匹配的说话人识别研究[J]. 计算机工程, 2001, 5: 126-128.
- [3] 孙放, 胡光锐, 虞晓. 变帧率技术在语音识别中的应用[J]. 上海交通大学学报, 1998, 8: 42-44.
- [4] 吴旭辉, 吴亚栋. 基于特征空间轨迹匹配方式的语音关键词检测法[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(36): 83-86.
- [5] 安镇宙, 杨鉴, 王红, 等. 一种新的基于分段排序裁剪的分层构筑 DTW 识别算法[C]//2006 北京地区高校研究生学术交流会—通信与信息技术会议论文集. 北京: 北京邮电出版社, 2006: 649-653.
- [6] ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1991, 46: 19-30.
- [14] 张华国, 黄韦良, 周长宝, 等. 利用 IKONOS 卫星数据和分形方法研究南麂岛土地覆盖状况[J]. 生态学报, 2003, 23(8): 1539-1547.
- [15] ERDAS imagine professional 8.7, On-line Manuals, 2005.
- [16] 李弼程, 魏俊, 彭天强. 遥感影像融合效果的客观分析与评价[J]. 计算机工程与科学, 2004(1): 42-46.
- [17] 王海晖, 彭嘉雄, 吴巍, 等. 多源遥感图像融合效果评价方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(25): 33-37.