

QoS 映射与自适应协商机制的研究与实现^{*}

汤庸^{1,2}, 杨学良¹, 区海翔², 彭重嘉², 汤娜²

¹(中国科学技术大学 研究生院 计算机科学系, 北京 100039);

²(广东工业大学 计算机学院, 广东 广州 510090)

E-mail: y:ang@gdut.edu.cn

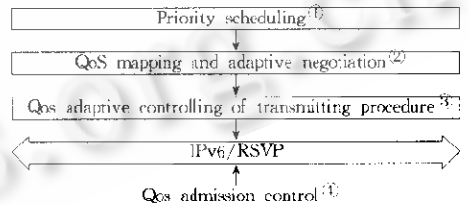
http://www.gdut.edu.cn

摘要: TCP/IP 协议本身只提供“Best-Effort”级别的服务, 而对 QoS 支持很少. 基于此, 提出一种基于 TCP/IP 协议的自适应 QoS 协商机制, 其基本思想是基于资源预留协议 RSVP(resource reservation protocol). 在提出 QoS 请求时进行 QoS 映射, 然后启动适应性函数和资源管理函数进行协商, 直到获得一组在当前资源状况下最佳的 QoS 指标为止. 然后介绍了应用 GQoS 实现自适应 QoS 协商的基本步骤以及重要数据结构 and 函数. 实验结果表明, 应用该方法可以根据网络资源的变化, 自适应地调整 QoS 参数.

关键词: QoS; QoS 协商; 自适应; GQoS; TCP/IP

中图法分类号: TP37 文献标识码: A

目前, 实时音频、视频多媒体应用已经开始进入 IP 网络, 但还有许多问题没有很好地得到解决, 其中一个关键问题是多媒体服务的 QoS 问题. TCP/IP 协议本身只提供一种“Best-Effort”级别的服务, 对 QoS 支持很少. ATM(asynchronous transfer mode)的 QoS 问题已较好地得到解决. IETF(Internet engineering task force)借用了 ATM QoS 概念, 制订了 IP 网络的两个 QoS 标准: IntServ 和 DiffServ, 为在 Internet 上提供服务质量保证奠定了基础. 近几年, 我们对分布式多媒体资源管理与调度进行了较为详细的研究^[1~4], 提出了一种基于 TCP/IP 的 IP 网络的自适应 QoS 管理方案(如图 1 所示)^[3]. 其 QoS 优先权处理采用基于多媒体优先级节的算法, 在传输控制上采用了自适应 QoS 控制算法. 该自适应 QoS 管理方案的基本思想源于 IETF 的 IntServ 和 DiffServ 结构, 由用户提出 QoS 描述, 在路由器进行 QoS 映射、资源预留与分配和许可控制判断, 所不同的是自适应 QoS 管理在优先权处理方面采用了基于多媒体优先级节的算法, 而在传输控制上采用了自适应 QoS 控制算法. 它在应用层上完成, 因此独立于底层网络协议, 实现 QoS 自适应管理



①优先级调度, ②QoS映射与自适应协商, ③QoS 接入(许可控制), ④传输过程 QoS 自适应控制.

Fig. 1 Framework of adaptive QoS
图1 自适应 QoS 框架

的关键技术包括: QoS 自适应协商机制的实现、传输过程 QoS 自适应控制以及自适应资源管理的实现. 本文主要研究自适应 QoS 协商机制及实现技术, 提出了一种基于 GQoS 的实现方法. 第 1 节

* 收稿日期: 2000-03-17; 修改日期: 2000-10-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(69983307); 广东省自然科学基金资助项目(99G034)

作者简介: 汤庸(1964--), 男, 湖南张家界人, 教授, 主要研究领域为多媒体技术, CSCW; 杨学良(1936--), 男, 山东禹城人, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为分布式系统, 分布式多媒体, CSCW; 区海翔(1976--), 男, 广东珠海人, 助理工程师, 主要研究领域为多媒体技术, CSCW; 彭重嘉(1968--), 男, 贵州遵义人, 助教, 主要研究领域为多媒体技术, CSCW; 汤娜(1975--), 女, 浙江肖山人, 硕士生, 主要研究领域为多媒体技术.

讨论 QoS 映射,提出一种用户 QoS 到 GQoS 参数的映射关系.第 2 节提出一种自适应 QoS 协商过程.第 3 节提出一种基于 GQoS 实现自适应 QoS 协商的基本步骤,并介绍了实现所需要的关键的数据结构及其函数.第 4 节分析实验结果.最后总结全文并提出进一步的研究工作.

1 QoS 描述与映射

QoS 是一个综合指标,用于衡量使用一个服务的满意程度.不同的多媒体应用要求具有不同的服务需求,所以必须将这些服务参数化.同时,对不同的对象有不同的描述.例如,用户提出的 QoS 请求只是一些简略的描述,如较差、一般、较好、最好等.为了通过 RSVP 协议进行 QoS 协商和许可控制,必须将用户 QoS 映射为应用 QoS,应用 QoS 再映射到系统 QoS,包括网络 QoS 进行协商.QoS 描述是用户对业务服务质量的需求.由于用户不一定是计算机专业人员,因此,音频 QoS 描述不是具体的,而是几个服务等级的简略描述.但是,依靠这几个简略的等级描述显然不足以描述复杂的 QoS 结构.因此,在 QoS 协商之前,必须完成从用户 QoS 到应用 QoS 的映射、应用 QoS 到系统 QoS 的映射、系统 QoS 到网络 QoS 的映射.其中后两者是 RSVP 协议及操作系统所完成的任务,对多媒体应用而言,人们最关心的是从用户 QoS 到应用 QoS 的映射.

对于终端用户而言,用户 QoS 参数自然是越简单越好,甚至可以是简单地将 QoS 分配成几个等级:极满意、较满意、满意、不满意和极不满意.用户选择这些等级后,通过 QoS 映射转化为复杂的系统 QoS,还可以转化为网络 QoS 和设备 QoS,那就是一组具体的 QoS 指标了.QoS 指标、优先级别是与计费息息相关的,优先级别越高,QoS 越好,收费就越高,否则,用户就都选择最佳的 QoS 请求和最高的优先级别,这不利于资源的优化使用.

通常将 IP 网上多媒体应用的 QoS 定义为以下 3 个级别:

(1) 尽力而为型服务.网络不提供任何 QoS 保证.如果网络发生拥塞,服务质量将会严重受到影响.

(2) 统计型(标准型)服务.网络资源管理机构在可以满足 QoS 请求的时候,为媒体传输预留资源,保证 QoS,如果 QoS 请求不能满足,与用户协商或自适应调整,将 QoS 调整到合适的状态.而且,如果网络有空闲的资源可资利用,则可以将空闲的资源用于提高媒体传输的服务质量.

(3) 确定型服务.在整个服务过程中,媒体的 QoS 得到保证.如果没有足够的资源提供服务,则不接纳服务.

表 1 是我们在自适应 QoS 管理程序中定义的缺省值,它给出统计型(标准型)服务和确保型服务的音频和视频 QoS 用户描述到 GQoS 应用程序参数的一个映射关系.

Table 1 The mapping from QoS description to QoS application of video and audio
表 1 视频、音频 QoS 描述到应用 QoS 的映射

GQoS parameters ^①	Statistical service of video ^②	Deterministic service of video ^③	Statistical service of audio ^④	Deterministic service of audio ^⑤
TokenRate (Byte/s)	192K	384K	0.8K	44.1K
TokenBucketSize (Byte)	384K	768K	2.4K	132.3K
PeakBandwidth (Byte/s)	384K	7681K	0.8K	44.1K
Latency	250ms	250ms	250ms	250ms
DelayVariation	60ms	60ms	20ms	10ms

①GQoS 参数,②视频统计型服务,③视频确保型服务,④音频统计型服务,⑤音频确保型服务.

2 自适应 QoS 协商过程

QoS 自适应协商是实现 QoS 自适应管理的关键步骤之一.自适应 QoS 协商过程算法如下:

```
Step 1. 将用户申请 QoS 参数映射成应用层 QoS 指标.  
Step 2. 启动资源管理函数,检查可用资源表能否接受该 QoS 请求.  
Step 3. IF 能接受 QoS 请求  
    THEN 返回一组 QoS 指标,退出.  
    ELSE 启动适应性函数,调整 QoS 指标.  
        IF 不低于最低 QoS  
        THEN GOTO Step 2.  
        ELSE 返回 False.
```

QoS 协商主要由适应性函数和资源管理函数来完成。

(1) 适应性函数

在许多非自适应提供 QoS 服务的场合,当无法维持预定的 QoS 时,只是简单地将信息反馈给用户,由用户来决定是降低 QoS 还是终止服务.而在自适应 QoS 接入时,适应性函数根据用户提供的一些信息,如 QoS 指标是否可以降低等,与资源管理函数协商,将 QoS 调整到一个合适的值来运行.当资源状态变化时,如果有用户释放了资源,适应性函数也可以调整 QoS 指标,提供更好的服务质量.

(2) 资源管理函数

QoS 保证总是离不开资源管理,资源的管理和预留是保证 QoS 的前提条件.资源管理函数应该能够自动监控系统资源(包括网络状态)的变化,实时地更新资源分配表和可用资源列表;还应该能够根据多媒体应用的 QoS 请求(包括适应性函数协商的结果)和多媒体流的优先级,将资源分配给多媒体流使用.

3 基于 GQoS 的实现

我们应用 VC++ 6.0 的 GQoS 实现了上述自适应 QoS 协商机制. GQoS 全称为 Generic Quality of Service,所谓 Generic 是因为其设计是为了使开发者能够使用通用的 Winsock2 来创建提供 QoS 保证的应用,并且使用 GQoS,开发者无须知道是何种操作系统与 GQoS 进行交互. GQoS 为实现 QoS 的所有成分提供了一个通用的接口,而不是为不同的成分提供不同的接口.除此之外, GQoS 还提供了便于用户根据自己的需求添加 QoS 成分,而无须完全修改已有的应用程序的功能.本节介绍实现自适应 QoS 协商的基本步骤以及重要数据结构和函数.

3.1 基本实现步骤

(1) 在提出 QoS 请求之前,应用必须将用户申请的服务级别映射为具体的 QoS 指标(例如,应用表 1 中列出的映射关系).通过一个 QoS 映射表可以实现这一步.

(2) 根据 QoS 映射后获得的一组 QoS 指标值,客户程序填充 GQoS 的 FLOWSPEC 结构,调用 WSACconnect 函数,提出 QoS 请求并建立连接.

(3) 服务程序在收到连接请求后(FD_ACCEPT 事件),调用 WSAAccept 函数,在 ConditionFunc 回调函数中启动资源管理函数,检查可用资源列表,判断是否可以接受该 QoS 请求,如果可以,则返回 CF_ACCEPT,接受 QoS 请求,建立连接,并修改可用资源列表和资源预留列表;如果不可以,则返回 CF_REJECT,拒绝 QoS 请求.

(4) 无论连接是否成功,客户程序都会发生 FD_CONNECT 事件.客户程序可以进行如下处理:如果连接成功,则可以用 WSASend 和 WSARecv 发送和接收数据;如果连接不成功,则分析错

误,返回代码.如果是因为 QoS 不能满足,则启动适应性函数,适当降低该服务级别允许范围内的 QoS 指标值,再次提出 QoS 请求和连接请求.

3.2 关键数据结构与函数

下面介绍上述实现步骤中重要的数据结构和函数.

(1) FLOWSPEC 结构

FLOWSPEC 结构向 GQoS 提供者提供 QoS 参数,允许具有 QoS 需求的应用调用、修改或删除一个给定数据流的 QoS 设置.

```
typedef struct flowspec {
    uint32      TokenRate;           /* In Bytes/s */
    uint32      TokenBucketSize;    /* In Bytes */
    uint32      PeakBandwidth;     /* In Bytes/s */
    uint32      Latency;            /* In microseconds */
    uint32      DelayVariation;     /* In microseconds */
    SERVICE_TYPE ServiceType;      /* Guaranteed, Predictive, Best Effort, etc. */
    uint32      MaxSduSize          /* In Bytes */
    uint32      MinimumPolicedSize /* In Bytes */
} FLOWSPEC, *PFLOWSPEC, FAR *LPFLOWSPEC.
```

其中 TokenRate 表示数据平均发送率,PeakBandwidth 表示峰值数据发送速率,Latency 表示分组时延,DelayVariation 表示分组时延抖动.

(2) WSACONNECT 函数

```
int WSACONNECT(
    SOCKET s,
    CONST struct sockaddr FAR* name,
    int namelen,
    LPWSABUF lpCallerData,
    LPWSABUF lpCalleeData,
    LPQOS lpSQoS,
    LPQOS lpGQoS).
```

这里,lpSQoS 指向 Socket s 中定义的 FLOWSPEC 结构的指针,即客户端的 QoS 需求,lpGQoS 为保留的数据结构,用于 Socket 组,也是指向 FLOWSPEC 结构的指针.

该函数自动隐性调用 RSVP SP,如果 RSVP SP 返回的信息是接受请求,则表明连接成功,已做好了资源预定工作;否则,返回各种错误信息.

(3) WSAACCEPT 函数

```
SOCKET WSAACCEPT(
    SOCKET s,
    struct sockaddr FAR* addr,
    LPINT addrlen,
    LPCONDITIONPROC lpfnCondition,
    DWORD dwCallackData).
```

lpfnCondition 是一个过程实例的地址,该过程是应用自己定义的状态函数,用于根据调用者所提出的 QoS 需求,按照服务器端自己定义的算法做允许控制服务的,若该指针为空,则表明服务

器端只需 RSVP 的功能. 如果该过程返回 CF_ACCEPT, WSAAccept 则接受连接请求, 创建新的 Socket; 如果返回 CF_REJECT, WSAAccept 则拒绝连接请求. 该过程应尽快返回, 如果不能及时作出决定, 则返回 CF_DEFER, 表明决定还未作出, 对于连接请求不能采取任何措施.

4 实验分析

目前我们已开发了一种桌面多媒体会议系统 GUT(Guangdong University of Technology)^[5]. 在该系统上对实时音频、视频进行了自适应 QoS 管理模拟和初步实验. 我们在运行环境为 100Mbps 的高速以太网环境下运行 GUT, 进行了模拟实验和数据采集. GUT 除了支持实时语音交互以外, 还提供电子邮件、电子白板和实时视频传播等功能.

下面的实验主要用于验证语音的时延抖动参数 Delay-Variation 的自适应调整情况. 用户 QoS 到 GQoS 的 QoS 参数映射采用表 1 定义的关系, 即音频的 Delay-Variation 的初始值为 10ms, 最低值为 20ms. 在实验程序中, 自适应函数采用简单步进法, 步长为 2ms. 应用 GQoS 的资源列表和预留资源列表来实现资源管理.

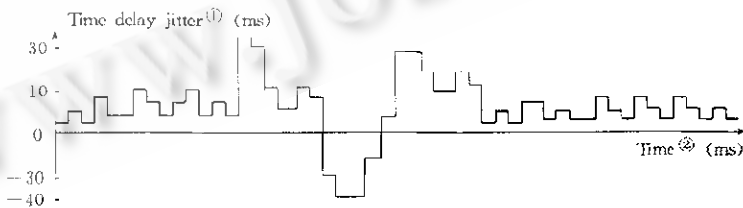
表 2 是一次 GUT 通信的语音时延抖动数据. 开始一段时间只有语音交互, 大约在 1100ms 时加入活动视频流, 之前语音传输一直平稳, 时延抖动在 10ms(初始估计值)左右, 这个值也是语音传输获得较好服务质量的值. 加入活动视频流后, 语音传输时延抖动发生剧烈变化, 这个趋势在图 2 中显示得很明显, 因此也就发生了如图 3 所示的 QoS 自适应调整. 图 2 显示了视频传播的启动对时延抖动造成的影响, 其中粗线表示在开启视频之前和关掉视频之后的时延抖动曲线, 细线表示开启了视频传播后的时延抖动曲线. 我们设定的初始估计值为 10ms, 系统将 Delay-Variation 自动调整为 20ms, 从而降低了语音的 QoS; 将视频关闭后, 系统又将 Delay-Variation 自动调整为 10ms, 从而提高了语音的 QoS. 图 3 显示了在图 2 的情况下, QoS 自适应降低和自适应提高的情形. 如果自适应控制算法发现 QoS 指标已经无法降低, 将通知用户, 告知网络已经无法提供相应等级的服务, 用户可以选择维持通信进程或退出通信进程.

Table 2 The partial measure data of delay jitter of audio stream (ms)

表 2 语音流时延抖动测量数据(部分) (毫秒)

Time ^①	100	156	209	269	323	377	435	490	545	607	654	719	776	838	895	953	1007	1092	1173	1238	1296	1357	1415	1434	1443
Jitter ^②	3	6	3	10	4	4	8	5	5	12	7	5	7	12	7	8	4	35	31	15	8	11	9	-32	-41

①时间, ②抖动.



①时延抖动, ②时间.

Fig. 2 The curve of time delay jitter of audio and video in mix-communication
图 2 语音、视频混合传输的时延抖动曲线

5 结束语

ATM 有良好的 QoS 保证, 但是, 基于 TCP/IP 协议的 IP 网络本身并不支持 QoS, 所以 IP 的 QoS 研究已成为当前 IP 网上多媒体应用的重要课题. 我们将自适应概念引入到 IP 网络 QoS 研究

之中,提出了一种基于 IP 网络的自适应 QoS 管理方案.在该方案中,实现 QoS 自适应管理的关键技术包括:QoS 自适应协商的实现、传输过程 QoS 自适应控制以及自适应资源管理的实现.本文主要研究自适应 QoS 协商机制及实现技术,提出了一种基于 GQoS 的实现方法.关于传输过程 QoS 自适应控制和资源管理的研究工作,将另文讨论.

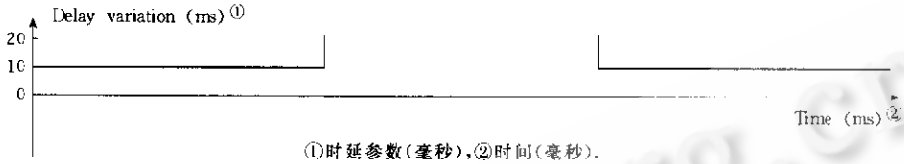


Fig. 3 The result of time delay jitter of audio QoS parameters adjusted adaptively
图3 语音时延抖动QoS参数的自适应调整

由于实验条件所限,我们在 GUT(工作在 100M 以太网上)中进行了算法模拟和数据收集.本文实验用的自适应函数采用简单的步进(以 2ms 为步长)方法,对时延抖动进行实验,本实验的主要目的旨在验证 QoS 自适应协商机制的有效性,结果表明,本文提出的 QoS 自适应协商机制可以在 IP 网上自适应调整多媒体通信的 QoS 时延抖动参数.事实上,除了自动整定时延抖动的值以外,还可以自适应调整数据发送速率、峰值带宽等 QoS 参数.我们下一步将对不同 QoS 参数的自适应函数优化以及不同媒体 QoS 平衡(例如,在应用中是以牺牲语音质量为主还是以牺牲视频质量为主)等问题做进一步研究.

References:

- [1] Zhang, Zhan-jun, Yang, Xue-liang, Zhang, Jing. Session-Based resource management for distributed multimedia systems. Chinese Journal of Computers, 1998,21(11):969~979 (in Chinese).
- [2] Zhang, Zhan-jun, Yang, Xue-liang. Resource management for distributed multimedia systems with criticality. Chinese Journal of Computers, 1998,21(11):980~989 (in Chinese).
- [3] Tang, Yong, Yang, Xue-liang, Ou, Hai-xiang, et al. An adaptive QoS management mechanism based on IP network. Chinese Journal of Computers, 2001,24(1):32~39 (in Chinese).
- [4] Zhang, Zhan-jun, Yang, Xue-liang. Scheduling tasks with precedence constraints and shared resource. Journal of Software, 1999,10(5):539~533 (in Chinese).
- [5] Tang, Yong, Wei, Ji-zhou, Li, Xian-ji, et al. Research on audio and video cooperative work mechanism and its realization. Journal of Software, 1998,9:75~79 (in Chinese).

附中文参考文献:

- [1] 张占军,杨学良,张靖.基于节的分布式多媒体资源管理.计算机学报,1998,21(11):959~979.
- [2] 张占军,杨学良.具有优先级特征的多媒体流的资源管理.计算机学报,1998,21(11):980~989.
- [3] 汤庸,杨学良,区海翔,等.基于 IP 网络的自适应 QoS 管理方案研究.计算机学报,2001,24(1):32~39.
- [4] 张占军,杨学良.具有优先次序的多媒体调度和资源共享.软件学报,1999,10(5):539~544.
- [5] 汤庸,魏际洲,李显济,等.音视频协同工作机制及其实现的研究.软件学报,1998,9:75~79.

Research and Implementation of QoS Mapping and Adaptive Negotiation Mechanism*

TANG Yong^{1,2}, YANG Xue-liang¹, OU Hai-xiang², PENG Chong-jia², TANG Na²

¹(Department of Computer Science, Graduate School of University of Science and Technology of China, Beijing 100036, China);

²(Faculty of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

E-mail: ytang@gdut.edu.cn

http://www.gdut.edu.cn

Abstract: TCP/IP protocol only provides services of 'Best-Effort' level, lacking of the support of QoS. An adaptive QoS negotiation mechanism is proposed in this paper, which relies on RSVP (resource reservation protocol), carries out QoS mapping, starts the adaptability functions and the resource management functions while QoS accepting, and makes negotiate between both sides until a group of QoS values have been achieved. The basic steps of implementation by GQoS, as well as the important data structures and functions are introduced. The experimental results show that by applying the approach the QoS parameters can be adjusted adaptively when the network resources changed.

Key words: QoS; QoS negotiation; adaptability; GQoS; TCP/IP

* Received March 17, 2000; accepted October 16, 2000

Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No. 69983007; the Natural Science Foundation of Guangdong Province of China under Grant No. 990034

2001 未来软件技术国际研讨会

International Symposium on Future Software Technology 2001 (ISFST2001)

征文通知

This is the 6th symposium dedicated to the future software technology, which will be held in Zhengzhou, China on November 5~7, 2001. It is organized by SEA (Software Engineers Association of Japan), UNU/IIST (International Institute of Software Technology of United Nations University), Zhengzhou University (China), and Henan University (China). The symposium will bring together researchers, practitioners, and educators in the leading-edge software technologies.

The theme of the ISFST2001 is: "First Step of Software Technology in 21st Century". Suggested topics include, but are not limited to: Software development method/tools; Software process (modeling/management); Web-related technologies; Database/Data warehouse; New application technologies; Software component and architecture; Formal methods/approaches; Testing and verification; System evolution and maintenance; Human aspects of computer application.

Paper Submission: Submissions should contain the type of the submission (Full (5000 words) or Extended-Abstract (1500 words)), title, author names and their affiliation and address, abstract, and a list of keywords, followed by the text. Electronic submissions (postscript or Word RTF) are welcome. Six copies are required for paper submission in case of surface mail. Submissions via FAX are not accepted. All submissions should be accompanied with cover-sheet information electronically sent to the Program Chair. The E-mail must include: title, author names, abstract, a list of keywords, the type of the submission (full paper or extended abstract), and the corresponding address of the first author (name, postal address, E-mail address, and phone and fax numbers). Paper selection will be based on originality and contribution to the topics. Accepted papers will appear in the symposium proceedings if it is presented by the author at the symposium, which will be published by SEA Japan.

Important Dates: Submission deadline: June 30, 2001;

Notification of acceptance: August 15, 2001;

Final paper due: September 20, 2001.

Communications: within China, the submissions should be received by one of the Program Chairs: Beijun Shen, Tel: 86-21-64855251. E mail: isfst@astl.com.cn or beijun.shen@netease.com