

# 下一代网络自适应 QoS 研究<sup>\*</sup>

罗 军<sup>1</sup> 袁 满<sup>1</sup> 胡建平<sup>1</sup> 阚志刚<sup>2</sup> 马 健<sup>2</sup>

(北京航空航天大学计算机科学与工程系 601 教研室 北京 100083)<sup>1</sup>

(诺基亚中国研发中心 北京 100013)<sup>2</sup>

## Adaptive QoS Mechanism on the Next Generation Network

LUO Jun<sup>1</sup> YUAN Man<sup>1</sup> HU Jian-Ping<sup>1</sup> KAN Zhi-Gang<sup>2</sup> Ma Jian<sup>2</sup>

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Dept. Computer Science and Engineering, Beijing 100083, China)<sup>1</sup>

(Nokia R&D China, Beijing 100013, China)<sup>2</sup>

E-mail: luojunus@263.net

**Abstract** With the development of Internet technology, especially the conditions of wireless and mobility be migrated, more user's tasks with different QoS requirement will be implemented in Internet, this will make current network-level QoS guarantee not meeting future user's needs. However, adaptive QoS is the best way that solves future user's quality needs in wireless mobile environments. In this paper, for the future network conditions with heterogeneity, mobility, more covered links, more covered services and so on, based on the original object of QoS, which it guarantees use's personality need, we propose the concepts such as network-level, application-level and user-level, and then discuss future user demands characteristics, and detail adaptive QoS conception, studying ranges and basic architecture. Finally, we show our future work direction.

**Keywords** Internet, QoS, QoS concept, QoS model, Mobility, Wireless

## 1. 引言

随着网络技术的不断发展,特别是无线环境和移动设备的引入,以及多媒体应用需求的不断发展,更多的具有不同 QoS 需求的业务也将在网上得以实施。同时,由于移动性的引入,使用户所面对的网络环境的网络特征也由一个相对静态变为动态,用户任务将由一种对单一网络环境的 QoS 需求变为多个异质网络环境的 QoS 需求,这样,用户必须提出更多的策略需求来协同用户任务与异质的网络环境,适应网络的动态性。这种新需求、新业务的增加,使得用户对网络服务的个性化要求也将不断提高。为了保证未来不断增长的个性化服务需求,必须提高网络的 QoS 保证能力。未来的网络用户将会面对一个更加复杂的网络的物理环境和应用服务环境,用户的 QoS 需求将从现在仅仅对网络物理资源的需求扩展到对非相关网络物理资源的需求, QoS 需求提出的形式也将由原来的参数形式扩展到策略形式,用户的 QoS 需求将是一系列针对不同网络环境的策略集合。自适应 QoS 是解决未来复杂网络环境 QoS 保证的一个较为实用的方法。

当前的 QoS 概念模型已不能满足下一代网络环境的需要。在这篇文章中,我们针对未来网络所具有的网络异质性、用户移动性、多链路覆盖、多服务覆盖等特点,从 QoS 保证的根本目标是为了满足用户的个性化需求这一角度,提出了网络级 QoS 保证、应用级 QoS 保证和用户级 QoS 保证的概念,讨论了未来用户需求特征,阐述了自适应 QoS 的概念、研究

范畴及基本结构,为下一代网络的服务质量研究提供一定的指导。

## 2. 基于用户个性化需求的 QoS 保证的分类

从 QoS 概念的提出和发展,以及目前的研究内容来看,服务质量保证所要解决的根本问题就是网络如何体现用户的个性化问题。

针对这一问题,人们首先考虑在共享的资源环境下,如何体现应用的个性化问题,即所谓的 QoS 问题。从 ISO 分层协议角度看,它主要集中在网络层之下,涉及端节点和网络的中节点,可以说它是基于网络为中心的设计,我们把它定义为网络级的 QoS 保证。它的主要目标有两个:一是保证最大程度地提供用户的个性化服务,二是保证最大化的有效资源利用。它的主要研究内容包括:IP 协议的 QoS 问题;基于 QoS 的路由问题;资源预留问题;资源调度策略;准入控制问题;QoS 的管理和控制问题与 QoS 体系及模型的研究等。根据其体系结构,提出了目前较为流行的 DiffServ 和 IntServ 模型,其相关实现技术也在大量的研究中。由于移动性的引入,网络的连接性问题、Handover 问题也成为了现在 QoS 研究的热点。

但由于受到 Internet 设计原理(保证网络中间节点的简单性)的限制,即网络的中间节点具有很少的智能,在网络级不可能很好地区分和处理所汇聚的不同应用的特征,仅能实现应用的简单分类(如: Int-Serv 的可保证业务(Guaranteed),

<sup>\*</sup> 863 项目编号: 2001AA112052。此课题受诺基亚中国研发中心移动 IPv6 服务质量项目资助。罗 军 博士生,高级工程师,主要研究领域为分布式系统、多媒体 QoS 及无线通信。袁 满 博士生,副教授,主要研究领域为网络 QoS、Internet 服务管理、网络管理、移动 IP 及信息存储。阚志刚 博士,讲师,主要研究领域为移动 IP、IPv6 技术,多媒体 QoS 及网络管理等。胡建平 教授,博士生导师,主要研究领域为分布式系统、移动计算等。马 健 教授,诺基亚中国研发中心经理,主要研究领域为移动计算,无线通信及 QoS 管理, IPv6 等。

可控负载业务,尽力而为业务分类;Diff-Serv 的保证服务、奖励服务分类),不能实现更细粒度的应用个性化体现。

它主要体现以下几方面特点:

- 它是基于网络为中心的设计。主要考虑网络层之下的问题,涉及端节点和网络的中节点。

- 模型有很大的共性,但只能粗粒度表现应用的个性化需求。

- 网络资源管理和最大化的利用是它要解决的重要问题之一。

随着不断增长的新应用需求,特别是未来对环境变化要求很强适应能力的移动设备上网和对资源变化敏感的实时多媒体应用需求的出现,用户对所实施的应用需要更细粒度的个性化保证,而网络级 QoS 保证是不可能满足要求的。因此,人们考虑把更细粒度的个性化需求在网络层之上刻画体现,即主要集中在网络端节点上实现。因为从 Internet 设计原理看,端节点可以具有更高的智能,同时,端节点资源比网络中间节点的资源低得多,它仅仅服务于使用端系统的应用,所以,更容易表现个性化问题。我们把它定义为以应用为中心的设计,称其为应用级 QoS 保证。应用级 QoS 保证的目标主要是在端节点上和网络层之上体现应用的个性化需求,共性的需求(如:带宽、传输速率、延迟、抖动等)通过网络级 QoS 保证来实现。因此,它主要体现以下几方面特点:

- 它是以具体的应用类型为中心的设计。因此,不同的应用类型有不同的实现机制,不存在一个适合于所有应用类型的实现机制。

- 它的主要作用范围在网络的端节点、端系统和网络层之上。

- 它是一个端对端的实现机制,不能仅在一个端系统上实现。

- 它是一个比网络级 QoS 保证更细粒度的应用个性化体现。

它主要是通过端系统的自适应(Adaptive)机制来实现。考虑网络资源变化和由于环境变化而引起网络资源发生变化的环境因素。它的研究范畴主要包括:应用的分类原则、不同应用类型的行为特征、与网络级 QoS 保证协调机制、端对端实现机制(包括:策略和语法的协商机制、数据编码方案等)、发送端系统和接收端系统的实现机制(包括:触发条件、性能抖动过滤等)等。目前,大多数研究集中在有线网络的视频点播问题和无线网络的视频传输问题。

网络级的 QoS 保证是通过网络的资源管理和分配来粗粒度地保证应用的需求,应用级 QoS 保证是通过在网络层之上和端系统引入自适应机制来适应网络资源的变化。从这一个点来看,它们主要处理的是网络资源的变化问题。从用户更高的个性化需求来看,它可能是提出一个基于用户类型为中心的需求,例如:对于一个汽车司机用户,他可能需要移动端提供当前所在地的位置相关信息(如:天气情况;交通情况等)和根据自己的终端能力和费用要求选择合适的接入网络,以及根据所处的环境状况(如:噪音、光线强度等)自动实现语音和文本的转换等,这类需求不仅要求对网络资源有一定的适应能力,更要求对环境有很强的适应能力。这类需求不可能完全映射到网络资源上,我们把满足这类需求的 QoS 保证定义为用户级 QoS 保证。它是更细粒度的用户个性化体现。它可能包含多个应用,例如:一个为旅游者设计的便携终端,它可能既包括电话功能,又包括 WWW 浏览功能等。它们

之间通过一定的策略关联,达到为这一类用户服务的目的。它的主要特征表现为对环境有较强的感知和适应能力。

### 3. 用户的个性化服务需求

用户需求和网络的互作用关系表现为:

- 用户提出需求,网络保证需求;

- 用户调整需求来适应网络变化;

为了保证用户的需求,网络首先要提供一定的资源,然后实施一定的行为策略,即从资源和策略两个方面保证。用户提出的需求受网络保证能力的约束,同时网络也要尽可能地提高能力来满足不断增长的用户需求。

从用户需求和网络的互作用角度,我们把用户需求分为两个层面:参数级需求和策略级需求。参数级需求是指用户以参数化形式提出的服务需求,这类需求能直接映射到系统和网络资源参数和网络级的控制策略。如:对于视频应用,提出显示尺寸、颜色、分辨率、帧数/秒,最大延时、费用等。目前的相关 QoS 研究主要是满足这一级需求。

策略级需求是指用户以策略化形式提出的服务需求,这类服务需求更能体现用户的个性化,但网络级服务不能直接保证它的实现。如:对于移动用户,提出以费用最低的原则选择接入网络;提供位置相关的信息,如当前所在地的交通状况;QoS 降级策略等。

策略级需求又分为参数调整策略和其它策略。参数调整策略是指根据网络资源状况,对参数级需求的调整策略,如网络当前状况不能满足当前的参数级需求(即 QoS 等级)时,实施的 QoS 降级策略。这类策略需求的提出主要是为了适应网络资源变化。其它策略的提出主要是为了适应环境的变化。图 1 描述了用户提出的参数集与 QoS 保证机制的关系。

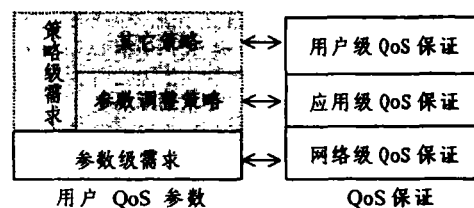


图 1 用户 QoS 参数与 QoS 保证的关系

### 4. 自适应 QoS 机制

自适应 QoS 保证机制是一个应用级的 QoS 保证机制,它主要处理用户需求的参数调整策略问题。

自适应 QoS 机制是 QoS 保证的范畴,可以定义为以用户(应用)提出的 QoS 请求策略为约束条件,通过对系统和网络资源状况及环境的检测,调整一定的应用策略,实施适当的行为来保证用户可接受的 QoS 请求。它主要体现以下几方面特点:

- 它是以具体的应用类型为中心的设计。因此,不同的应用类型有不同的实现机制,不存在一个适合于所有应用类型的实现机制。

- 解决用户的 QoS 策略级需求的参数调整策略,这类策略需求的提出主要是为了适应网络资源变化。

- 它的主要作用范围在网络的端节点、端系统和网络层之上。

- 它是一个端对端的实现机制,不能仅在一个端系统上实现。

• 它是一个比网络级 QoS 保证更细粒度的应用个性化体现。

自适应 QoS 机制存在图 2 表示的基本的参数映射关系。通过对当前有效资源的检测,映射到相应的 QoS 等级,同时映射到对应的应用可配置参数。根据当前的有效资源状况,确定适当的 QoS 等级,其目的是提供与网络级 QoS 保证模型衔接,实现 QoS 等级调整后的动态再协商,资源的重新预留等,确保低层(网络级)的 QoS 保证。确定对应的应用可配置参数集,实现与当前资源一致的应用表现行为,为用户提供满意的服务。

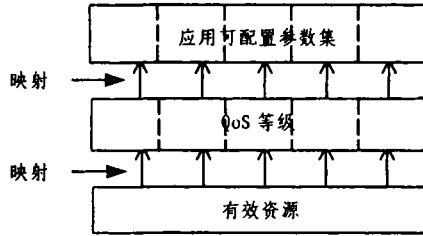


图 2 自适应 QoS 的参数映射关系

自适应资源 QoS 保证从保证粒度上可分为:

- 为保证一个确定的 QoS 等级而实施资源、策略调整。这可被看作是一个细粒度的 QoS 保证。
- 用户(应用)通过调整 QoS 等级来适应当前的网络资源状况。这可被看作是一个粗粒度的 QoS 保证。

一个具有 QoS 请求的应用,首先要进行细粒度的 QoS 保证。当细粒度的保证不能实现时,再进行 QoS 等级的从新调整,对选择的 QoS 等级进行细粒度的保证。从作用的时间域上,细粒度的保证是对应用表现的一个时间周期,而粗粒度保证是一个调整点。自适应 QoS 的目标从这个意义上讲,是要实现更长的细粒度保证周期和更短的粗粒度调整时间。它们之间的关系见图 3 所示。

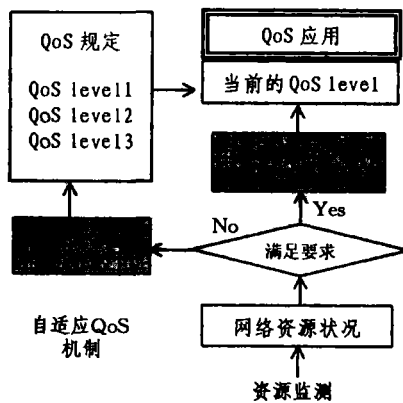


图 3 网络级 QoS 保证与自适应 QoS 的关系

对于一个自适应 QoS 机制设计,应该遵循以下原则:

- (1) 作为 QoS 结构的一部分。
- (2) 以应用为中心设计,针对不同的应用类型。
- (3) 存在一套完整的机制。包括:自适应结构、策略机制、协商机制、行为机制、触发机制、检测机制。

自适应 QoS 机制作为 QoS 保证的一部分,必须考虑与网络级 QoS 保证的相互作用问题。对于不同的网络级 QoS 保证模型,自适应 QoS 机制必须有相应的处理机制。在自适应 QoS 机制设计时,网络级 QoS 模型是必须考虑的设计约束条件之

一。

以应用为中心的设计要求自适应 QoS 机制的设计首先以某一种应用类型为出发点,通过对这种应用类型的行为特征、性能要求、资源需求等进行分析,设计符合这种应用类型的自适应 QoS 机制。目前,自适应 QoS 机制的研究主要针对实时多媒体应用,因为网络级 QoS 保证很难实现对这类应用的硬保证,特别是对于无线移动节点的引入,有限的带宽和不稳定的链路使网络级 QoS 保证更面临挑战。

自适应 QoS 作为一个完整的机制必须考虑以下几个方面:

- 结构模型 结构模型的考虑主要有两个方面:(1)功能结构;(2)拓扑结构。

自适应 QoS 机制的主要行为实体是发送端节点、接收端节点和特殊网络结点。

拓扑结构是指自适应 QoS 功能在端节点和网络结点的分布及相互作用关系。例如:对于点对点通信形式,自适应 QoS 功能可能集中在两个端节点;而对于广播形式的通信,有些功能可能分布在网络特殊的中间结点。对于不同的应用实施不同的策略会存在不同的结构模型。

两个通信节点的功能模型具有不对称性,即发送端和接收端具有不同的功能。它们之间能进行协同一致的工作,即具有协同性。对于点对点通信,在不同的时刻,它们互为发送端和接收端。同时,它们之间存在数据语义的一致性。

结构设计考虑的一般原则应该是自适应 QoS 的功能尽可能分布在端节点上,减少网络结点的复杂性,提高可实现性。

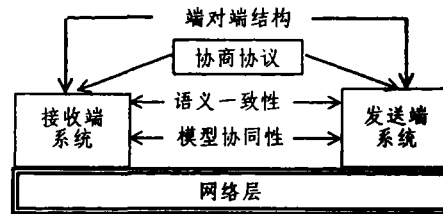


图 4 自适应 QoS 机制结构示意图

- 策略机制 自适应 QoS 的策略主要从两方面考虑:(1)数据的编码和数据传输的控制方案;(2)自适应 QoS 的驱动方案。

对于多媒体应用,数据发送端主要通过对数据编码方案的选择和传输控制策略的选择来实现自适应策略。编码方案主要选择分层的数据编码方案,即原数据被编码为许多层。一个基本层提供能代表原始数据流可接受的所必须的最小 QoS。基本层与更高层结合可提供更好的 QoS。传输控制主要采用分层的传输和针对每一层的发送速率控制。

基于发送者驱动、基于接收者驱动和基于编码转换的方案。基于发送者驱动的方案要求发送者响应网络有效服务的波动,从而调整它的传输形式。基于接收者驱动的方案按照它从网络接收的服务为每一个接收者指定一个机制来选择特殊质量的传输数据。基于编码转换的方案在适当的位置放置一个网关来对具有不同类型连接或不同拥塞等级的网络范围传递不同的 QoS 等级。

QoS 的降级策略(即如何根据现有的资源状况选定 QoS 等级)也是考虑的重要因素。

- 协商机制 信令机制是指自适应 QoS 机制所涉及的

网络元素进行自适应行为协商、达成一致的交互方案。主要是自适应 QoS 机制协商协议的设计。例如:接收端节点由于 QoS 降级要求数据的编码方案发生变化时,可通过信令机制与发送端协商,使发送端和接收端达成一致的数据编码方案。

• **行为机制** 自适应 QoS 机制所实施的行为,例如:资源协商、端对端的语义协商、对应用程序参数的修改等。自适应 QoS 行为机制可能包括一系列的行为。行为机制由触发机制触发。对于不同的资源变化情况,有不同的行为实施。

• **触发机制** 实现自适应 QoS 行为机制的触发。

性能问题是要考虑的主要问题。检测机制和触发机制可能发生在端节点上,而自适应 QoS 行为机制是一系列的行为,如资源协商、端对端的语义协商、对应用程序参数的修改等,涉及到两个端节点和可能的网络中间节点。不适当的自适应行为:(1)对网络产生一定的负载,并占用一定的网络资源;(2)可能造成应用程序的不稳定。所以触发策略的设计对自适应 QoS 机制是非常重要的。如何过滤“细粒度”变化,是触发机制要重点研究的问题。

• **检测机制** 实现网络资源的检测,为触发机制提供决策依据。检测机制主要应考虑:(1)检测点;(2)检测时间周期;(3)检测参数。

基于发送者驱动策略的自适应 QoS 机制的检测点应包括发送端到接收端所经过路径的所有网络中间节点。基于接收者驱动策略的自适应 QoS 机制的检测点只在接收端节点本身。对于无线网络,由于资源的变化主要体现在无线网段,一般应选择基于接收者驱动策略,只在接收端检测。

检测时间周期的确定影响系统的效率。检测周期越短,占用系统资源越大,但检测周期过长,影响资源变化的准确判断。

检测参数选择与具体的应用相关。应选择影响应用的主要参数进行检测。

实现自适应 QoS,要求应用是:

(1)具有 QoS 感知,同时具有 QoS 软保证(soft QoS guarantee)请求,即 QoS 规定具有一个 QoS 等级范围。

(2)可配置的(configurable),即存在可配置参数集,并能进行自动配置。

针对应用的透明性而言,存在以下两种情况:

(1)网络不能保证应用当前的 QoS 等级时,自适应 QoS 通告应用,由应用用户选择新的 QoS 等级,与网络进行动态重协商,来适应当前网络状态。

(2)应用确定一个 QoS 等级范围,当网络不能保证应用当前的 QoS 等级时,自适应 QoS 自动选择一个新的 QoS 等

级,实现自动的重协商,来适应当前的网络状态。它不需要用户干预,具有更好的透明性。

**进一步的研究工作** 我们的研究工作将进一步细化我们提出的自适应 QoS 机制,提出一个自适应 QoS 系统的软件体系结构,一个基于无线环境的实时流应用的自适应 QoS 的结构模型,实现其相应的算法和原型系统。

## 参考文献

- 1 Davies N, et al. Distributed Systems Support For Adaptive Mobile Applications ACM Mobile Networks and Applications, Special Issue on Mobile Computing - System Services. ACM Press, 1996, 1(4)
- 2 Blair G S, et al. Quality of service support in a mobile environment: an approach based on tuple spaces. In: Proc. 5th IFIP Int'l Wksp on QoS, 1997
- 3 Lu S, Lee K-W, Bharghavan V. Adaptive Service in Mobile Computing Environments. In: Proc. 5th IFIP Int'l Wksp on QoS 1997, Chapman & Hall, 1997
- 4 McIlhagga M, Light A, Wakeman I. Towards a Design Methodology for Adaptive Applications. In: Proc. MOBICOM '98, Dallas, Texas, 1998. 133~144
- 5 Lu S, Bharghavan V. Adaptive Resource Management Algorithms for Indoor Mobile Computing Environments. ACM SIGCOMM, 1996. 231~242
- 6 Gecsei J. Adaptation in Distributed Multimedia Systems. IEEE Multi-media, April-June 1997
- 7 Welling G, Badrinath B. An Architecture for Exporting Environment Awareness to Mobile Computing Applications. IEEE Trans. on Software Engineering, 1998, 24(5): 391~400
- 8 IETF Network Working Group: RFC 2212 Specification of Guaranteed QoS. S. Shenker, C. Partridge, R. Guerin, IETF, 1997
- 9 IETF Network Working Group. RFC 1633 Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview. R. Braden, D. Clark, S. Shenker, Eds., IETF, 1994
- 10 IETF Network Working Group. RFC 2475 An Architecture for Differentiated Services. S. Blake et al., Eds., IETF, 1998
- 11 Katz R H. Adaptation and Mobility in Wireless Information Systems. IEEE Personal Commun., 1st Qtr, 1994, 1(1): 6~17
- 12 Aurrecochea C, Campbell A T, Hauw L. A Survey of QoS Architectures. ACM Multimedia Sys. J. - Special Issue on QoS Architecture, May 1998
- 13 Hutchison D, et al. QoS Management in Distributed Systems in Network and Distributed Systems Management. M. Sloman, Ed., Addison-Wesley, 1994. 273~302
- 14 Hutchison D, Mauthe A, Yeadon N. Quality of service architecture: Monitoring and Control of Multimedia Communications. Electronics and Commun. Engineering J., 1997, 9(3): 100~106
- 15 Loyall J P, et al. Specifying and Measuring QoS in Distributed Object Systems. In: Proc. ISORC '98, Kyoto, Japan, 1998
- 16 Campbell A, Coulson G. A QoS Adaptive Multimedia Transport System: Design, Implementation and Experiences. Media Distrib. Syst. Engineering, 1997, 4: 48~58

(上接第 6 页)

- 7 Braden B, et al. Resource Reservation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification. RFC 2205, Sep. 1997
- 8 Wroclawski J. The Use of RSVP with Integrated Services. RFC 2210, Sep. 1997
- 9 Blake S, et al. An Architecture for Differentiated Services. RFC 2475, Dec. 1998
- 10 Awduche D, et al. Requirements for Traffic Engineering Over MPLS. RFC 2702, Sep. 1999
- 11 Kompella K, Awduche D O. Notes on Path Computation in Constraint-Based Routing. Internet Draft, draft-kompella-t-pathcomp-00.txt, July 2000, work in progress
- 12 Jamoussi. Constraint-Based LSP Setup using LDP. Editor, Work in Progress
- 13 Srisuresh P, Egevang K. Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT). RFC 3022, Jan. 2001
- 14 Hain T. Architectural Implications of NAT. RFC 2993, Nov.

2000

- 15 Fuller V, Li T, Yu J, Varadhan K. Classless Inter Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strategy. RFC 1519, Sep. 1993
- 16 Deering S, Hinden R. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. RFC 2460, Dec. 1998
- 17 Gilligan, R Nordmark E. Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers. RFC 1933, April 1996
- 18 Carpenter B, Jung C. Transmission of IPv6 over IPv4 Domains without Explicit Tunnels. RFC 2529, March 1999
- 19 Carpenter B, Moore K. Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds without Explicit Tunnels. Work in Progress
- 20 King S, et al. The Case for IPv6. Internet Draft, draft-ietf-iab-case-for-ipv6-06.txt, Dec. 1999
- 21 Jingguo Ge, Qian Hualin. Cluster-Based Virtual Router, 2001 International Conferences on Info-tech and Info-net Proceedings, Oct. 2001