

87-89

# 一种基于服务质量的启发式点对点 多媒体通信路由选择算法\*

A QoS-Based Heuristic Point-to-Point Multimedia Communication Routing Algorithm

王兴伟 张应辉 刘积仁 TP393  
(东北大学信息学院 沈阳 110006)

**Abstract** QoS(Quality of Service)based network routing mechanisms are fundamental means which can provide QoS guarantees required by distributed multimedia applications. In this paper, a QoS based heuristic routing algorithm for point-to-point multimedia communication routing mechanisms is presented and discussed in detail.

**Keywords** Distributed multimedia, Routing, Quality of Service, Point-to-point communication

## 1 引言

分布式多媒体应用通常有比较严格的 QoS 需求<sup>[1,2]</sup>。通常,如果网络要向分布式多媒体应用提供 QoS 保证,就应该进行接纳控制并且作出资源预约。但是,接纳测试和资源预约依赖于路由,仅当路由选择算法找到有足够资源满足应用需求的路径时,才能作出资源预约,也才能确定能否提供先验 QoS 保证。因此,路由选择算法需要考虑应用的 QoS 需求,同时,从尽可能多地容纳分布式多媒体应用用户的角度出发,在进行路由选择时还应考虑 QoS 计费,研究基于 QoS 的网络路由选择机制既有理论意义也有应用价值<sup>[3-5]</sup>。本文着重讨论基于 QoS 的点对点通信路由选择机制,它不仅可以直接支持点对点分布式多媒体应用(如可视电话),而且可以作为支持分布式多媒体组应用(如远程培训)的基于 QoS 的组通信路由选择机制的基础。

在计算机网络中,现有的点对点路由选择机制通常是采用 Dijkstra 算法和 Bellman-Ford 算法<sup>[1,6]</sup>,而且通常只考虑连通性。因此,路由选择机制通常只用一个指标(如段计数或延迟)表示网络特征并且使用最短路径算法计算路径。显然,这样的路由选择机制满足不了分布式多媒体应用丰富多采的 QoS 需求。分布式多媒体应用的 QoS 需求客观上要求路由选择机制支持

更为复杂的网络模型,即用多个指标(如带宽、延迟、出错率等)表示网络的特征。基于 QoS 路由选择的目标就是在参与分布式多媒体应用的各方之间寻找一条具有足够可用资源而且可以满足应用 QoS 需求的使用费用最小的通路,以便同接纳控制、资源预约、QoS 计费、QoS 协商等相结合为应用提供 QoS 保证。

## 2 基于 QoS 的点对点多媒体通信路由选择机制的基本假设

我们将网络抽象成由节点(路由器)和边(通信链路)组成的一张无向连通图。图上的每个节点(路由器)都配备有限数量的 CPU 和缓冲区资源。当有一条媒体流(以下简称流)通过一节点时,该流将占用该节点一定数量的 CPU 和缓冲区资源,同时通过一节点的不同流占用的资源量累加;当一节点的可用资源(CPU 和/或缓冲区)量不足以满足新流的资源(CPU 和/或缓冲区)需求量时,将拒绝新流通过。图上的每条边都配备有限数量的带宽资源。当有一条流通过一条边时,该流将占用该条边一定数量的带宽资源,同时通过一条边的不同流占用的资源量累加;当一条边的可用带宽资源量不足以满足新流的带宽需求量时,将拒绝新流通过。流通过一节点时有排队延迟,发送延迟、出错率(可以认为是分组丢失率),通过边时有传播延迟,出错率(可以认为是比特出错率)。对于点对点通信,每条流涉

\* )“九五”国家科技攻关项目 96-B08 资助。王兴伟 博士,副教授,主要研究领域为分布式多媒体信息处理技术、计算机网络。张应辉 博士,主要研究领域为分布式多媒体信息处理技术。刘积仁 教授,博士生导师,副校长,主要研究领域为分布式多媒体信息处理技术与方法学, CSCW, 组件技术等。

及一个源节点和一个目的节点。

基于 QoS 的路由选择的目的是要在图上找出既满足流对节点的 CPU 资源、缓冲区资源、边的带宽资源的需求又满足流对端到端延迟、端到端出错率要求的费用最低的路由。在进行基于 QoS 的路由选择时,不仅需要考虑连通性而且需要同接纳控制、资源预约、QoS 计费机制相互配合。

### 3 基于 QoS 的点对点多媒体通信路由选择问题描述

可视电话等是典型的点对点分布式多媒体应用,需要基于 QoS 的点对点路由选择的支持。

基于 QoS 的点对点通信路由选择问题可描述为:对于一个已知连通图  $G(V, E)$ , 已知对于任意节点  $v_i \in V$  有如下参数:排队延迟  $t_i$ , 发送延迟  $\tau_i$ , 可用 CPU 资源量  $rc_i$ , 可用缓冲区资源量  $rb_i$ , 出错率  $\mu_i$ ; 对于任意边  $e_i \in E$  有如下参数:传播延迟  $\Delta_i$ , 可用带宽资源量  $a_i$ , 出错率  $\mu_{e_i}$ ,  $k_1, k_2, k_3$  分别为使用 CPU 资源、缓冲区资源、带宽资源的单位价格。现指定节点  $v_s$  为源节点, 节点  $v_t$  为目的节点, 要求建立源节点  $v_s$  与目的节点  $v_t$  之间的一条路  $l_i$ , 使其满足以下条件:

- 1) 路  $l_i$  上所经过节点和边的总使用费用最小且小于等于  $v_t$  愿意承担的使用费用  $c_t$ 。
- 2) 路  $l_i$  上所经过节点的最小可用 CPU 资源量大于等于  $v_t$  的 CPU 资源需求量  $drc_t$ ;
- 3) 路  $l_i$  上所经过节点的最小可用缓冲区资源量大于等于  $v_t$  的缓冲区资源需求量  $drb_t$ ;
- 4) 路  $l_i$  上所经过边的最小可用带宽资源量大于等于  $v_t$  的带宽资源需求量  $a_t$ ;
- 5) 路  $l_i$  上所经过节点和边的总延迟小于等于  $v_t$  的延迟需求  $\Delta_t$ ;
- 6) 路  $l_i$  上所经过节点和边的总出错率小于等于  $v_t$  的出错率需求  $\mu_t$ 。

这一问题可用下述数学模型描述:

$$\min(\sum_{v_j \in l_i} cv_j + \sum_{(v_i, v_j) \in l_i} ce_{ij})$$

$$s.t. \quad \sum_{v_j \in l_i} cv_j + \sum_{(v_i, v_j) \in l_i} ce_{ij} \leq c_t \quad (1)$$

$$\min_{v_j \in l_i} \{rc_j\} \geq drc_t \quad (2)$$

$$\min_{v_j \in l_i} \{rb_j\} \geq drb_t \quad (3)$$

$$\min_{(v_i, v_j) \in l_i} \{a_j\} \geq a_t \quad (4)$$

$$\sum_{(v_i, v_j) \in l_i} \Delta_j + \sum_{v_j \in l_i} (t_j + \tau_j) \leq \Delta_t \quad (5)$$

$$1 - \prod_{v_j \in l_i} (1 - \mu_{v_j}) * \prod_{(v_i, v_j) \in l_i} (1 - \mu_{e_{ij}}) \leq \mu_t \quad (6)$$

其中,  $cv_j = k_1 * drc_j + k_2 * drb_j > 0$  是目的节点  $v_t$  对路  $l_i$

上任意节点  $v_j$  的 CPU 使用费用和缓冲区使用费用之和,  $ce_{ij} = k_3 * a_j$  是目的节点  $v_t$  对路  $l_i$  上任意边  $e_{ij}$  的带宽使用费用。

### 4 基于 QoS 的启发式路由选择算法

为解决上述问题,我们基于 Dijkstra 算法和点对点多媒体通信路由选择问题的实际需要提出了一种基于 QoS 的一遍逐段式算法<sup>[7]</sup>。本文描述我们基于求第二最短路的算法<sup>[8]</sup>而提出的另一种基于 QoS 的启发式路由选择算法。

#### 4.1 第 k 最短路算法

给定一个不含负回路的赋权图  $G=(V, E, w)$ ,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ ,  $w$  为边上权的集合。设  $P_1$  是  $G$  中  $v_1$  到  $v_n$  的最短路, 则称  $P_1$  为  $G$  中  $v_1$  到  $v_n$  的第一最短路。

如果  $G$  中有一条  $v_1$  到  $v_n$  的路  $P_2$  满足以下两个条件: (1)  $P_2 \neq P_1$ ; (2)  $G$  中不存在异于  $P_1$  的  $v_1$  到  $v_n$  的路  $P$ , 使得  $w(P_1) \leq w(P) < w(P_2)$ , 则称  $P_2$  为  $G$  中  $v_1$  到  $v_n$  的第二最短路。  $v_1$  到  $v_n$  的第二最短路算法的具体步骤如下:

步0 用 Dijkstra 算法求图  $G$  中  $v_1$  到  $v_n$  的最短路 (即  $v_1$  到  $v_n$  的第一最短路), 设为  $P_1 = v_1 v_2 \dots v_l$ , 这里  $v_1 = 1, v_l = n$ 。令  $G_1 = G - (v_{l-1}, v_l)$ ,  $R_1 = \emptyset, j = 1$ 。

步1 求图  $G_j$  中  $v_1$  到  $v_{l-j+1}$  的最短路, 记为  $\hat{P}^{(j)}$ 。令  $P^{(j)} = \hat{P}^{(j)} + R_j$ , 若  $j < l-1$ , 令  $G_{j+1} = G_j - (v_{l-j}, v_{l-j+1})$ ,  $R_{j+1} = R_j \cup \{(v_{l-j}, v_{l-j+1})\}$ , 置  $j = j+1$ , 重复步 1; 若  $j = l-1$ , 转步 2。

步2 设  $w(P^{(l)}) = \min\{w(P^{(j)}) | 1 \leq j \leq l-1\}$ , 则  $P^{(l)}$  就是  $G$  中  $v_1$  到  $v_n$  的第二最短路。

这个算法的复杂性为  $O(n^3)$ 。

仿照第二最短路的定义, 下面给出第 k 最短路的定义,  $k=2, 3, 4, \dots$ 。

设  $P_i$  是  $G$  中  $v_1$  到  $v_n$  的第 i 最短路 ( $i=1, 2, \dots, k-1$ ), 如果  $G$  中有一条  $v_1$  到  $v_n$  的路  $P_k$  满足下面两个条件: (1) 对一切  $1 \leq i \leq k-1, P_i \neq P_k$ ; (2)  $G$  中不存在异于  $P_1, P_2, \dots, P_{k-1}$  的  $v_1$  到  $v_n$  的路  $P$ , 使得  $w(P_{i-1}) \leq w(P) < w(P_k)$ , 则称  $P_k$  为  $G$  中第 k 最短路。

显然, 求第二最短路的方法可以容易地推广到求第 k 最短路。

#### 4.2 启发式费用

我们首先定义启发式费用  $c(\beta, \delta, \varphi)$ :

$$c(\beta, \delta, \varphi) = p_1/\delta + p_2/\beta + p_3/\varphi \quad (7)$$

其中,  $\delta_i$  可用 CPU 资源量,  $\beta_i$  可用缓冲区资源量,  $\varphi_i$  可用带宽资源量。

这样, 通过将资源加权求和, 就将基于 QoS 的点对点多媒体通信路由选择问题转化为单一权值问题,

ATM 局域网 广域网

通信管理 QoS

(22)

# 89-92 固定 ATM 网络中的通信管理

Traffic Management in Fixed ATM Network

鲁瑞华 雷开友  
(西南师范大学 重庆 400715)

TP393

**Abstract** The paper introduces traffic management in fixed ATM networks based on the concept of a service architecture and traffic contracts, and emphasises an important role of traffic management in providing differentiated quality of service and supporting the integration of a variety of broadband service within a common ATM network.

**Keywords** ATM, Traffic management, Service architecture

## 1 引言

在21世纪中,世界经济竞争的焦点将是信息领域的竞争,信息领域竞争的胜负不仅取决于信息技术的掌握,而且更取决于信息高速通信网络的建设及其应用水平的高低。

传统的通信网络传递信息,主要采用两种形式:一是电路交换,二是分组交换。电路交换的不足是带宽的浪费,分组交换的短处是系统延迟的不确定性。今天我们面临着两种主要的通信趋势:宽带多媒体通信和移动通信,为了适应新形势的需要,一种兼有电路交换和

分组交换优点的传输方式已于1989年产生,这就是异步传输方式 ATM 技术,它已被国际电信联盟-电信标准部 ITU-T 确定为传输语音、图像、数据和多媒体信息的新工具。

ATM 技术是一种快速的数据分组交换技术,它能在一个单一的主体网络上携带多种信息媒体,进行多种通信业务。近年来,ATM 技术在局域网上的成功应用以及在广域网上体现出的强大功能,均说明了它巨大的优越性。

ATM 对 QoS 的支持最终体现在以一定的网络资源保证不同业务的正常开展。ATM 网络的智能化管

理后利用第  $k$  最短路算法进行求解,当求得启发式费用第  $i$  ( $1 \leq i \leq q$ ) 小的路时,检查该条路线的六项指标(式(6)),如果该条路线的六项指标全部满足,则该条路线被作为一个性能较好的可行解。如果  $q$  条路线中无一满足约束条件,则问题无解,此时可与用户协商。 $q$  的取值由该算法的用户决定。从式(7)可以看出,启发式费用与节点可用 CPU 资源量、可用缓冲区资源量和边的可用带宽资源量成反比,因此该启发式算法鼓励通过轻载节点与轻载边建立路由,这样既有助于满足资源需求,也有助于满足延迟、出错率指标的要求,还有助于网络负载平衡。

### 4.3 基于 QoS 的启发式路由选择算法

步0 初始化,由该算法的用户指定  $q$  值,  $i=0$ 。

步1  $i=i+1$ ,如  $i \leq q$ ,转步2,否则,无解,与用户协商。

步2 如果  $i=1$ ,以启发式费用最小为目标,用 Dijkstra 算法求启发式费用最小路,转步3;否则,以启发

式费用最小为目标,用第  $k$  最短路算法求启发式费用第  $i$  小的路,转步3。

步3 验证启发式费用第  $i$  小的路上的各项指标是否满足,若是,输出结果,算法结束;否则,转步1。

这个算法的复杂性为  $O(i \cdot n^3)$ 。

### 参考文献

- 1 Guerin R, Peris V. Quality-of-service in packet networks: basic mechanisms and directions. *Computer Networks*, 1999, 31(1-2): 169~189
- 2 王兴伟,等. 分布式多媒体系统服务质量管理实现支持机制. *软件学报*, 1998, 9(5): 350~353
- 3 Huitema C. *Routing in the Internet*. Prentice Hall, 1995
- 4 Wang Zheng, Crowcroft J. Quality-of-service routing for supporting multimedia applications. *IEEE JSAC*, 1996, 14(7): 1228~1233
- 5 Vogel R, et al. QoS-based routing of multimedia streams in computer networks. *IEEE JSAC*, 1996, 14(7): 1235~1243
- 6 谢政, 李建平. *网络算法与复杂性理论*. 长沙: 国防科技大学出版社, 1995. 5
- 7 王兴伟. 分布式多媒体系统服务质量管理与组通信机制的研究. [博士论文]. 东北大学信息学院, 1998