

网络服务的公平性分析及性能改善

陈语林* 梁建武 曹刚

(中南大学信息科学与工程学院 长沙 410075)

【摘要】分析了网络QoS路径选择,讨论了改善网络服务质量的方法,在网络接入性能可靠性和平均无故障性能的数学模型的基础上,提出了一种新型的QoS路由算法。通过实验仿真表明,其网络性能得到了很大的改善,较好地实现了网络接入的公平性。

关键词 QoS路由; 网络服务; 性能可靠性; 可信度

中图分类号 TP399

Equity Analysis and Performance Improvement of Network Service

Chen Yulin Liang Jianwu Cao Gang

(School of Information Science and Engineering Central South University Changsha 410075)

Abstract This article puts forward a sort of new pattern QoS route algorithm based on the mathematical mode of reliability and average trouble-free performance of network accessing by analyzing communication network, Emulation experiment implemented indicates this route algorithm can improve the performance of the network service ultimately and realize the equity of network accessing well.

Key words QoS route; network service; performance reliability; dependability

目前,网络管理逐渐受到重视,ISO、ITU和IETF等组织先后开发了各类标准、协议来指导网络管理和网络管理系统的设计,这些标准适用于一定的场合,但也存在各自的局限性。计算机网络特别是Internet的快速发展给性能监控带来了许多新的挑战。目前国际上许多针对性能监控问题的研究包括第二代Internet计划中的Surveyor工程、NSF资助的AMP工程和NIMI工程、Windmill工程等都着眼于网络的高速率和高服务质量,虽然近年来业界在性能监控研究方面取得了丰硕的成果,但仍然有许多问题比如网络接入的公平性与安全性、网络服务质量等没有得到很好的解决^[1]。本文从分析网络服务质量特别是网络接入的公平性入手,讨论了改善网络服务质量的方式方法,在提高网络管理性能及可信度数学模型的基础上,提出了一种新型的QoS路由算法。

1 QoS路径选择

目前使用最广泛的IP网络的两个算法是距离向量路径算法和链路状态路径算法。距离向量路径算法的费用准则是路径跳数(hop count),链路状态路径算法的费用准则是代价(count)。这两种算法所基于的费用准则都只考虑了其中的一种,不完全符合网络的实际情况。由于路径协议不提供QoS保证,使得信息流常常在带宽等资源不足的路径上传输,而具有足够资源的路径却被闲置一边。

2002年4月23日收稿

* 男 42岁 学士 工程师

Guerin等人提出的路径优化准则是 $\text{cost} = F(\text{bandwidth}, \text{hop count})$, 每一条链路的度量准则(metric)是带宽。为了保证网络的有效接入, 可以选择满足带宽要求的路径中路径跳数最小的路径, 当路径有多条时, 再从该路径中选择路径可用带宽最大的那一条。这是因为路径跳数越小, 涉及到的接点和链路也越少, 占用的网络资源也越少; 在最小路径跳数相同的两条路径中, 可用带宽越大, 该路径就越安全。

当接点收到一个呼叫时, 首先根据用户要求(带宽、时延)和网络状态决定是否接入。这时需要根据网络拓扑信息和资源状态为该呼叫寻找一条合适的路径。为使网络资源得到充分利用, 要寻找一种在带宽、时延和路径跳数之间权衡的选择方法。一次连接的服务质量由一系列约束条件给出, 如带宽约束、延迟约束、抖动约束等。服务质量路由的基本任务是为一次连接寻找一条有足够资源、能满足QoS要求的可行路。另外, 要尽力寻找使资源得到最优利用的可行路, 为网络接入提供有质量保证的服务。

2 网络接入的公平性及可信度分析

2.1 基本假设

考虑一个由不同元素(如链路和节点)所组成的可修复的网络。假设每个元素具有工作状态和故障状态。一个故障发生之后, 修复或替换工作就开始了。假设每个网络元素在修复之后就恢复到它的最初状态。不同的故障对网络的性能行为具有不同的影响, 有些故障可以导致网络性能的下降, 但网络仍然可以继续工作提供一个可以接受的服务; 而有些称为“网络故障”的故障, 将导致网络提供一个不可以接受的服务, 因此一个“网络故障”被定义为网络从提供一个可接受的服务转移到提供一个不可接受服务的状态。一个“网络故障”由于网络元素的链路断链, 或者由于网络元素的故障而发生, 并且影响网络的性能行为最终将导致提供一个不可接受的服务(例如延时或阻塞概率的增加), 使网络不能有效接入^[2]。

2.2 通信网络的模拟

在假设下, 可以利用SRM来模拟计算机和通信网络。考虑具有有限状态空间 \mathbf{W} 的连续时间齐次随机过程 $\{Z(t), t \geq 0\}$, 称其过程为结构状态过程。回应结构由 $f_r: \mathbf{W} \rightarrow R$ 所定义, 实参数 r_i 是第 i 个状态的回应率, 它描述了网络在第 i 个状态的性能。 $g(t) = rz_{(t)}$ 表示在时刻 t 的瞬时回应率, 而 $F(t) = \int_0^t g(x)dx$ 为在 $[0, t]$ 时间内的累积回应率。状态空间 \mathbf{W} 可分成两个互不相交的子集 U 和 \hat{U} , 其中 U 表示工作状态, 而 \hat{U} 表示故障状态, $|U|$ 表示集 U 的状态数。如果行向量 $P(t)$ 表示具有初始分布 $P(0)$ 在转移状态下的概率向量, 则 $P_i(t)$ 表示网络在 t 时刻第 i 个状态时的概率。同理, 若行向量 p 表示平稳状态的概率向量, 则 π_i 表示网络在平稳状态下第 i 个状态时的概率。不失一般性, 假设在 $t=0$ 时刻网络为正常状态, 则 \mathbf{W} 的第一个元素是工作状态。定义 $P^{(u)}(t)$ 是描述网络工作状态的 $|U|$ 维的行向量, 其元素 $P_1^{(u)}(t) (i \in U)$ 表示在 $[0, t]$ 时间内没有网络故障发生时, 网络在 t 时刻第 i 个状态时的概率。

2.3 一般公式

定义网络性能可靠性 $PR(t)$ 作为在 $[0, t]$ 时间内没有网络故障发生时, 在 t 时刻的瞬时回应率数学期望, 它描述了网络在无故障期间的性能, 并可表示为

$$PR(t) = \sum_{k \in U} r_k P_k^{(u)}(t) \quad (1)$$

定义网络无故障平均性能 $MPTF$ 作为网络故障发生之前各累积回应率数学期望之和, 并且可以表示为

$$MPTF = \sum_{k \in U} r_k \int_0^{\infty} P_k^{(u)}(x) dx \quad (2)$$

在 t 时刻的瞬时回应率数学期望称作网络性能可用性 $PA(t)$, 描述了该网络的瞬时性能, 即

$$PA(t) = \sum_{k \in W} r_k P_k(t) \quad (3)$$

2.4 网络接入性能可靠性和平均无故障性能(MPTF)的数学模型

2.4.1 情形1

考虑结构状态过程 $\{Z(t), t \geq 0\}$ 是马氏再生过程的情况。为了说明马氏再生过程在两个连续的RTP期间首先进入故障状态的行为, 将 $\{Z(T_1)=j, Z(u) \in U, 0 < u < T_1\}$ 简单地记成 $Z^{(u)}(T_1)=j$, 并定义条件概率 $K_{ij}^{(u)}(x) = Pr\{Z^{(u)}(T_1)=j, T_1 > x | Y_0=i\}$ 和 $E_{ij}^{(u)}(x) = Pr\{Z^{(u)}(x)=j, T_1 > x | Y_0=i\}$ 。

对于概率 $p_{ij}^{(u)} = Pr\{Z^{(u)}(T_1)=j | Y_0=i\}$, $p_{ij}^{(u)} = K_{ij}^{(u)}(\infty)$ 。假设现在开始的第 i 个再生状态是工作状态, 则可获得基于第 i 个初始状态的性能可靠性和平均无故障性能式为

$$PR_{si} = \sum_{k \in U} [r_k E_{ik}^{(u)}(t) + \int_0^t PR_{sk}(t-x) dK_{ik}^{(u)}(x)] \quad (4)$$

$$MPTF_{si} = \sum_{k \in U} [r_k \bar{T}_{ik}^{(u)} + p_{ik}^{(u)} MPTF_{sk}] \quad (5)$$

式中 $\bar{T}_{ik}^{(u)} = \int_0^\infty E_{ik}^{(u)}(x) dx$, 同样可以得到基于第 i 个状态开始的性能可用性

$$PA_{si}(t) = \sum_{k \in U} [r_k E_{ik}(t) + \int_0^t PA_{sk}(t-x) dK_{ik}(x)] \quad (6)$$

2.4.2 情形2

考虑结构状态过程 $\{Z(t), t \geq 0\}$ 是半马氏再生过程的情况, 则条件概率 $Q_{ij}(x) = Pr\{Z(T_1)=j, T_1 > x | Y_0=i\}$ 称作半马氏转移概率。

由方程(4)和(5)可以得到基于第 i 个初始状态的性能可靠性和平均无故障性能的公式

$$PS_{si}(t) = r_i (1 - Q_i(t)) + \sum_{k \in U} \int_0^t PR_{sk}(t-x) dQ_{ik}(x) \quad (7)$$

$$MPTF_{si} = r_i \bar{T}_i + \sum_{k \in U} p_{ik} MPTF_{sk} \quad (8)$$

由式(6)可得性能可靠性的计算公式

$$PA_{si}(t) = r_i (1 - Q_i(t)) + \sum_{k \in U} \int_0^t PA_{sk}(t-x) dQ_{ik}(x) \quad (9)$$

3 一种新型的QoS路由算法

将网络模型化为有向图 $G=(V, E)$, V, E 分别表示节点和链路集, $|V|=n, |E|=m$ 分别对应节点和链路的数目。从节点 $s \sim d$ 的连接路径 P 满足: $\forall l \in P, b < R_l$ 且 Q_P 满足 $Q_{s,d}$, 这里 l, R_l 分别表示链路和链路剩余带宽, b 为连接的需求带宽, $Q_P, Q_{s,d}$ 分别表示连接 (s, d) 路径的QoS性能和该连接所需的QoS。

3.1 QoS路由最小代价函数

QoS路由以资源预留为基础, 这里综合考虑连接的带宽、时延等QoS需求, 同时考虑在网络不同负荷状况下不同带宽连接的接入原理, 提出一种综合的公平接入方案和相应的路由最小代价函数。

设路径集 $F=\{P, P$ 是满足连接 (s, d) 带宽和时延要求的路径, 即 $D(P) \leq D_0$ 且 $\forall l \in P, b < R_l\}$ 。QoS路由最小代价函数用 $(C(P), F_{rag}(P))$ 表示, $C(P)$ 和 $F_{rag}(P)$ 分别对应路径资源消耗函数和路径带宽碎片函数^[3]。关于最小路由代价, 可以这样定义:

1) 设 $E=\{l \mid l$ 为网络 G 的关键链路 $\}$, 若 $\forall l \in E, r < r^*$, 则称网络处于轻负荷状态, 否则网络处于重负荷状态;

2) 在网络负荷轻时, 如果 $C(P_1) < C(P_2)$, 或者 $F_{rag}(P_1) < F_{rag}(P_2)$, 且 $C(P_1)=C(P_2)$, 则称路径 P_1 优于

P_2 ;

3) 当网络处于重负荷状态时, 窄带连接的两条备份路径 P_1 、 P_2 中, 如果 $F_{rag}(P_1) < F_{rag}(P_2)$, 或 $F_{rag}(P_1) = F_{rag}(P_2)$, 且 $C(P_1) < C(P_2)$, 则称路径 P_1 优于路径 P_2 ;

4) 当网络处于重负荷状态时, 宽带连接的两条备份路径 P_1 、 P_2 中, 如果, $F_{rag}(P_1) > F_{rag}(P_2)$, 或 $F_{rag}(P_1) = F_{rag}(P_2)$, 且 $C(P_1) < C(P_2)$, 则称路径 P_1 优于路径 P_2 。

3.2 QoS路由算法

QoS路由问题是一个完全NP问题, 也是一个优化问题^[3]。基于QoS路由最小代价函数, 可采取如下路由策略:

- 1) 计算符合连接请求的时延要求和带宽要求的合适的备份路径集;
- 2) 在路径集中根据网络状态和连接类型选择最优的路径作为路由。选择最优路径的基础主要是路径消耗函数 $C(P)$ 和路径带宽碎片函数 $F_{rag}(P)$ ^[4]。

4 实验仿真

在NT局域网上, 采用Visual C++ 6.0作为开发平台, 使用WinSock插件对某一台机器进行访问, 计算并观察每次访问传送时间、信息返回时间, 以及在规定的时间内 $[0, t]$ 。

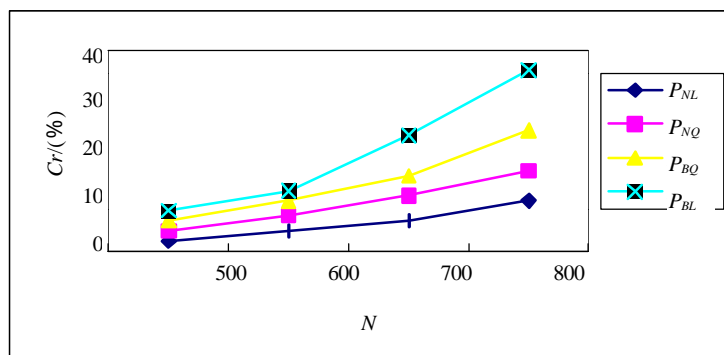


图1 连接阻塞率比较图(横轴N表示申请连接数, 纵轴 C_r 表示连接阻塞率)

内网络故障发生情况。在此基础上计算回应率数学期望、 $PR(t)$ 、 $MPTF$ 以及阻塞率等参数值, 再通过计算它们的平均值并与其他路由算法的阻塞率相比较, 得到如图1所示的仿真结果。图中 P_{BL} 、 P_{BQ} 、 P_{NQ} 、 P_{NL} 分别表示宽带连接在最小时延路由算法、宽带连接在QoS路由算法、窄带连接在QoS路由算法、窄带连接在最小时延算法等情况下的阻塞率。仿真结果表明, 改善性能后, 网络总的阻塞率降低了, 特别是宽带连接的阻塞率下降较多, 这样网络性能得到了很大的改善, 较好地实现了网络接入的公平性。

5 结束语

网络管理的优劣将制约着网络的应用和发展, 本文针对网络服务的公平性问题进行了探讨, 并提出了改善网络服务性能的一种新型的QoS路由算法, 而满足服务质量和网络吞吐量最大化的路由研究, 将更好地改善网络的服务质量。

参 考 文 献

- 1 李汉兵, 喻建平. 基于资源优化的QoS路径选择模糊算法. 计算机研究与发展, 2000, 37(3): 372-375
- 2 李木金, 王光兴. 一种被用于网络性能管理的模型及实现. 计算机学报, 1999, 22(11): 1 190-1 200
- 3 钱颂迪. 运筹学. 北京: 清华大学出版社, 1990
- 4 邓志成, 周 旗. 一种公平接入的QoS路由算法. 计算机学报, 2000, 23(6): 667-670