

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04L 12/24

H04L 12/56 H04L 12/16

H04Q 3/00 H04Q 3/545



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03146793.8

[43] 公开日 2004年2月4日

[11] 公开号 CN 1472924A

[22] 申请日 2003.7.11 [21] 申请号 03146793.8

[71] 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园清华大学

[72] 发明人 马正新 林玉侠 曹志刚 晏 坚

[74] 专利代理机构 北京清亦华专利事务所

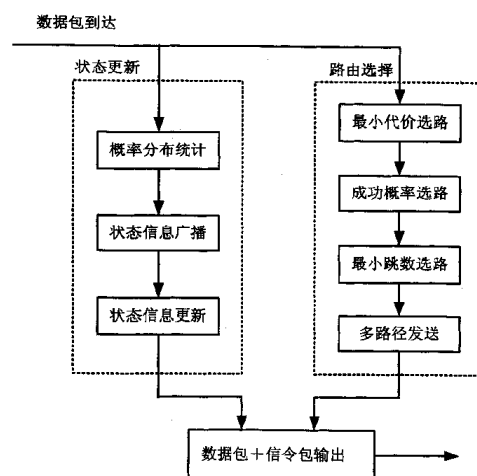
代理人 罗文群

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

[54] 发明名称 基于路径延时概率分布的选路方法

[57] 摘要

本发明涉及一种基于路径延时概率分布的选路方法，属通信技术领域。本方法首先以网络中各链路的延时概率分布函数作为状态信息，构造基于链路延时分布的代价函数；各路由节点统计各自出口链路的延时概率分布函数，并向全网广播；各路由节点接收广播信息，并更新网络状态数据库；各节点根据各链路的延时概率分布函数和用户业务对延时的要求，计算每条链路的传输代价，选出N条代价最小的路径；从N条路径中选出K条成功概率大于一定值的路径；从K条路径中选择H条跳数最短的路径；在H条路径上用负载均衡的方式发送数据包。本发明的方法通过概率选路，为QoS路由服务提供逐业务的、定量的保证；降低运算复杂度；提高网络利用率，克服路由振荡。



ISSN 1008-4274

1、一种基于路径延时概率分布的选路方法，其特征在于该方法包括以下步骤：

(1) 以网络中各链路的延时概率分布函数作为状态信息，构造基于链路延时分布的代价函数；

(2) 网络上的各路由节点统计各自出口链路的延时概率分布函数，并向全网广播；

(3) 各路由节点接收上述广播信息，并更新网络状态信息数据库；

(4) 各节点根据网络状态信息数据库中各链路的延时概率分布函数信息和用户业务对延时的要求，计算每条链路的传输代价，选出 N 条从源节点到达目的节点的代价最小的路径；

(5) 计算上述 N 条路径的延时概率分布，并求得每条路径满足延时要求的成功概率，若都不满足，则拒绝用户业务，若满足，则进行下一步；

(6) 从上述 N 条路径中选出 K 条成功概率大于一定值的路径；

(7) 从 K 条路径中选择 H 条跳数最小的路径；

(8) 在 H 条路径上用负载均衡的方式发送数据包。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于其中所述的链路延时分布的代价函数为 $c_l = -\log p_l(D_l)$ ，其中 D_l 为用户业务延时的最大值 D 除以网络平均路径长度， $p_l(D_l)$ 为链路 l 满足延时小于等于 D_l 的概率。

基于路径延时概率分布的选路方法

技术领域 本发明涉及一种基于路径延时概率分布的选路方法，尤其是一种基于路径延时概率分布的有服务质量保证（以下简称 QoS）的选路方法。属通信技术领域。

背景技术 目前 Internet 使用的选路方法都是基于静态信息的，也就是网络中各链路的状态信息（如物理链路带宽），是由操作员预先设置的，不是随着网络的工作状况不断变化的。以此为依据的选路方法只适合对带宽和延时没有严格要求的数据业务。随着话音和实时多媒体业务的出现，用户业务对网络的服务质量保证逐步提出各种各样的要求，即 QoS 要求。由于网络资源是共享的，网络的工作状态（各链路的可用带宽、缓冲区长度等）是不断变化的。因此，要保证用户的 QoS 要求，选路过程就要不断了解网络当前的工作状态，在此基础上，结合一定的优化目标，选择一个满足用户要求的最优的或至少是可用的传输路径。

网络的工作状态由跳数，带宽、延时和丢包率等网络度量参数来表示。在有 QoS 要求的网络中，各节点通过状态更新过程不断交换彼此的状态信息。已有的 QoS 路由依据的状态信息有链路可用带宽和延时，它们的取值是当前统计周期的平均值。采用平均值作为选路依据存在以下问题：

1、平均值是一种最粗略的估计，不能准确反映网络实际的工作状态。

2、不同更新周期，网络状态平均值的变化是比较剧烈的，这种变化容易引起路由摆动，降低网络性能。因为以均值为依据的选路方法有一种倾向，即在每一次链路信息更新后所有的业务被转换到在上一更新周期内负载较轻的链路，使得这些链路发生严重拥塞，而原来拥塞的链路空闲。当新的一次链路状态更新到达时，网络流量又重新回到原来的链路。从而形成路由摆动。路由的频繁摆动对网络业务有很大负面影响，如路由变动中可能发生的路由环路、丢包，以及包到达目的地后乱序等，从而引起网络性能的下降。这种现象在网络负载加重时尤其明显。

3、无法对 QoS 保证提供有说服力的度量：QoS 保证其实是一种概率保证，尤其对话音和实时多媒体业务。它允许一定的丢包率，但要保证端到端的延时不超过一定的范围。网络服务的目标就是在保证数据包以一定的概率在延时界内到达目的节点。

网络的链路延时和带宽都是一个在一定范围内随机变化的量。采用延时而不是带宽的概率分布作为状态信息是由于：

1、延时最直接反映了用户对端到端的服务质量的要求。各链路的延时分布全面反映了网络的工作状态。很多网络状态参数都可以从延时的概率分布函数获得。

2、Internet 是一种无连接的分组交换网络，各种业务都以数据包的形式，在网络中传输，可以走一条路径，也可以走多条路径。某条链路的可用带宽对服务质量的要求已没有直接意义。

3、随着 QoS 要求向多类型、多优先级发展，可用带宽的统计和分配将越来越与具体服务质量的要求脱节。

从延时概率分布函数 $f_l(d)$ 可以得到很多与网络状态相关的参量信息，如：

1、链路 l 的平均延时：
$$\bar{d}_l = \int t f_l(t) dt$$

2、由多条链路组成的一条通信路径 p 的总平均延时通常可近似为：
$$\bar{d}_p = \sum_{l \in p} \bar{d}_l$$

3、链路延时概率分布函数的零点代表链路延时为 0 的概率即链路空闲概率，由此可以得到链路的利用率为：
$$1 - f_l(0)$$

4、链路延时概率分布函数在无穷远的取值 $f(\infty)$ 为数据包丢失的概率，可作为链路拥塞程度的度量。

5、由延时概率分布函数的积分可以方便地得到链路的延时小于任何值的概率：

$$p_l(d) = \Pr(d_l \leq d) = \int_0^d f_l(t) dt$$
 其中 $p_l(d)$ 为链路 l 上延时小于 d 的概率。

6、如果各链路的延时 d_l 是相互独立的，则根据概率分布函数卷积定理可以得到路径延时的概率分布函数为各链路延时概率分布函数的卷积：

$$f_p(d_p) = f_{l_1}(d_{l_1}) \otimes f_{l_2}(d_{l_2}) \dots \otimes f_{l_n}(d_{l_n})$$

发明内容 本发明的目的是提出基于路径延时概率分布函数的选路方法，以链路的延时概率分布函数作为状态信息，采用路径跳数与链路延时概率分布函数的双度量参数选路，克服网络状态信息不稳定对 QoS 路由性能的影响。通过构造基于延时分布的代价函数实现概率选路，采用延时最优分割方法将全局延时约束分裂为局部延时约束，降低运算复杂度；采用负载均衡的多路径方法，有效克服路由振荡。

本发明提出的基于路径延时概率分布的选路方法，包括以下步骤：

1、以网络中各链路的延时概率分布函数作为状态信息，构造基于链路延时分布的代价函数；

2、网络上的各路由节点统计各自出口链路的延时概率分布函数，并向全网广播；

3、各路由节点接收上述广播信息，并更新网络状态信息数据库；

4、各节点根据网络状态信息数据库中各链路的延时概率分布函数信息和用户业务对延时的要求，计算每条链路的传输代价，选出 N 条从源节点到达目的节点的代价最小的路径；

5、计算上述 N 条路径的延时概率分布，并求得每条路径满足延时要求的成功概率，若都不满足，则拒绝用户业务，若满足，则进行下一步；

6、从上述 N 条路径中选出 K 条成功概率大于一定值的路径；

7、从 K 条路径中选择 H 条跳数最小的路径；

8、在 H 条路径上用负载均衡的方式发送数据包。

上述方法中的链路延时分布的代价函数为 $c_l = -\log p_l(D_l)$ ，其中 D_l 为用户业务延时的最大值 D 除以网络平均路径长度， $p_l(D_l)$ 为链路满足延时小于等于 D_l 的概率。

本发明提出的基于路径延时概率分布的选路方法，具有以下优点：

- 1、由于本发明方法采用了链路的延时概率分布函数作为状态信息，克服了网络状态信息不稳定对 QoS 路由性能的影响。
- 2、通过概率选路，为 QoS 路由的服务提供逐业务的、定量的保证。
- 3、为分类型、分优先级的 QoS 调度和路由提供统一参考目标，例如满足用户业务延时要求的成功概率。
- 4、采用延时最优分割方法将全局延时约束分裂为局部延时约束，降低运算复杂度。
- 5、采用负载均衡的多路径方法，提高网络利用率，克服路由振荡。

附图说明

图 1 本发明方法的流程框图。

具体实施方式

本发明提出的基于路径延时概率分布的选路方法，其流程框图如图 1 所示，首先以网络中各链路的延时概率分布函数作为状态信息，构造基于链路延时分布的代价函数；网络上的各路由节点统计各自进出口链路的延时概率分布函数，并向全网广播；各路由节点接收上述广播信息，并更新网络状态信息数据库；各节点根据网络状态信息数据库中各链路的延时概率分布函数信息和用户业务对延时的要求，计算每条链路的传输代价，选出 N 条从源节点到达目的节点的代价最小的路径；计算上述 N 条路径的延时概率分布，并求得每条路径满足延时要求的成功概率，若都不满足，则拒绝用户业务，若满足，则从上述 N 条路径中选出 K 条成功概率大于一定值的路径；从 K 条路径中选择 H 条跳数最短的路径；在 H 条路径上用负载均衡的方式发送数据包。

上述方法中的链路延时分布的代价函数为 $c_l = -\log p_l(D_l)$ ，其中 D_l 为用户业务延时的最大值 D 除以网络平均路径长度， $p_l(D_l)$ 为链路 l 满足延时小于等于 D_l 的概率。

本发明提出的基于路径延时概率分布的选路方法由两个过程组成。一是状态更新过程，一是路由选择过程。状态更新过程由延时的概率分布统计、状态信息广播、状态信息更新几部分组成。路由选择过程根据最小代价选路、成功率选路、最小跳数选路和多路径发送业务等部分组成。

在路由方法的实施中，首先要构造基于链路的延时概率分布的代价函数：

$$c_l = -\log p_l(D_l)$$

其中 D_l 取值为业务 QoS 延时要求 D 除以网络平均路径长度。 $p_l(D_l)$ 为链路 l 满足延时小于等于 D_l 的概率。

链路延时的概率分布统计是这样实现的：对网络中各节点对其每条出口链路数据包的延时进行统计，通过大量的统计可以得到链路 l 上延时 $d_l = d$ 的出现的频数，对于足够大量的采样结果，可以近似认为这即是链路延时的概率分布函数 $f_l(d)$ 。

状态信息广播：网络中的各节点以一定的周期将统计到的各出口链路延时的概率分布函数 $f_l(d)$ 打在信令包里，向全网广播。

状态更新：各路由节点接收上述广播信息，并更新网络状态数据库。

最小代价选路：业务接入节点根据接入业务 QoS 延时要求和状态数据库中最的各链

路的延时概率分布函数，计算每条链路的传输代价。用基于 Bellman-Ford 的扩展算法选出 N 条从源节点到达目的节点的代价最小的路径。

成功概率选路：按下面的公式计算每条路径的延时概率分布函数并求得每条路径满足延时要求的成功概率；从上述 N 条路径中选出 K 条成功概率大于一定值的路径：

$$\text{路径 } p \text{ 满足延时要求 } D \text{ 的成功概率为： } \Pr(d_p \leq D) = \int_0^D f_p(t) dt$$

$f_p(d_p)$ 是路径 p 的延时概率分布函数。为了简化计算，假设各链路的延时 d_i 是相互独立的，则根据概率分布函数卷积定理可以得到路径延时的概率分布函数为各链路延时概率分布函数的卷积：

$$f_p(d_p) = f_{i_1}(d_{i_1}) \otimes f_{i_2}(d_{i_2}) \dots \otimes f_{i_n}(d_{i_n})$$

卷积计算的复杂度很高，为简化卷积计算，按照 N 条链路的平均延时正比例分配链路延时上限为：

$$D_i = \frac{\bar{d}_i}{\sum_{l \in p} \bar{d}_l} \times D$$

路径 p 满足延时要求的成功概率可简化为：

$$\Pr(d_p \leq D) = \prod_{l \in p} \Pr(d_l \leq D_l) = \prod_{l \in p} \int_0^{D_l} f_l(t) dt$$

这是一种有效的分割方式，将全局延时约束分裂为（单链路）的延时约束，将卷积运算简化为乘积运算。极大降低了预算的复杂度。

最小跳数选路：从 K 条备选路径中选出跳数最小的 H 条路径

多路径发送：在上述 H 条路径上进行负载均衡多路径发送。例如选择跳数最短和次短的两条路径 p_1 与 p_2 ，设这两条路径满足延时要求的成功概率分别为 θ_1 与 θ_2 。

如果 $\theta_1 \geq X_1$ ，则使用 p_1 单路径传输；

如果 $\theta_1 \geq X_{12}$ 且 $\theta_2 \geq X_2$ ，则按照比例 $\theta_1 \text{hops}_2 : \theta_2 \text{hops}_1$ 分配业务流量，在 p_1 和 p_2 两条路径上进行负载均衡。其中 hops_x 为路径 p_1 或 p_2 的跳数；

如果上述条件不满足，选路失败，拒接用户业务。

其中 X_1 ， X_{12} ， X_2 分别为三个成功概率门限值，可根据网络实际运行情况设定。

通过这种选路方法，可以实现基于路径延时概率分布的 QoS 选路方法，为用户提供有服务质量保证的 QoS 路由。

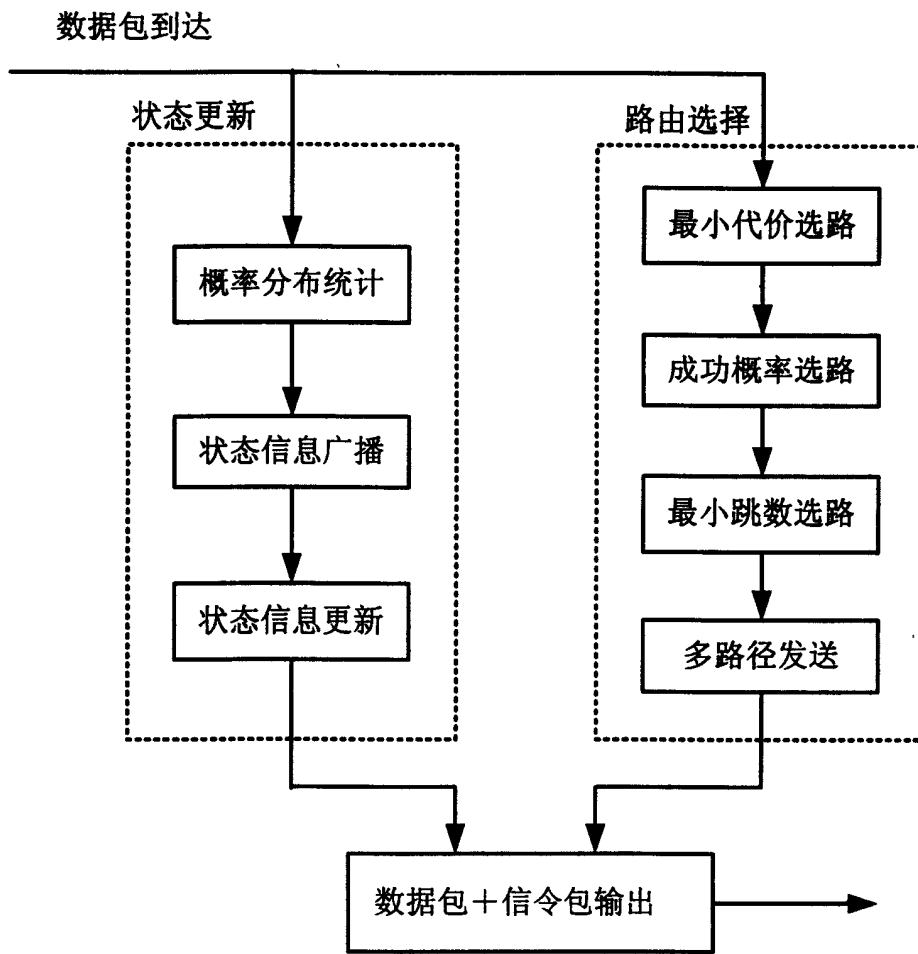


图1