

基于延迟的 IP 流量规划条件^{*}

Delay Restrained IP Traffic Engineering Conditions

郭国强^{1,2} 张尧学² 王洪波²

(常德师范学院计算机科学与技术系 常德415003)¹(清华大学计算机科学与技术系 北京100084)²

Abstract With the explosive growth of Internet traffic and the ever-increasing requirements for Quality of Service, reliability, and efficiency, IP Traffic engineering(TE) has become one of the predominant networking technologies in research of Internet. In this paper, a viewpoint of activating TE conditionally is proposed. Based mainly on delay and bottleneck bandwidth of link, the simplified conditions for traffic engineering module to activate or deactivate are researched and established. By simulation and comparison, the benefit of TE is confirmed, so is the necessity of activating TE conditionally.

Keywords Traffic Engineering, Load Balancing, Quality of Service, Multi-Path Routing

引言

流量规划(Traffic Engineering, TE)技术^[1]是网络工程的科学原理与技术在 Internet 流量计量、建模、表示与控制方面的应用。它基于多路径路由技术,目标是平衡网络路径间的负载,提高可靠性,减少阻塞,提高资源利用率。

IP 流量规划、网络体系结构和能力扩展^[2,3]构成 Internet 研究的主要领域。多媒体应用对网络服务质量(QoS)、可靠性和高效性的要求使 IP 流量规划技术成为 Internet 研究的新热点。

TE 能在多路径上动态映射或迁移流量。由于在路径间转移流量的代价比寻找新路径的代价小^[4,5],因此,基于多路径路由或由并行路由技术、具有负载平衡功能的流量规划技术,把资源分配与优化分离,既强化了网络应用服务质量的保证又能提高资源利用率。网络具有 TE 功能,能极大地优化网络流量级和资源级性能,对 ISP、用户都是有利的。在多服务类(如区分服务)应用中使用 TE 技术,按服务类优先级确定流量分割与映射策略,能提供确实的服务质量保证,使服务质量控制理论与技术实际可行。

实现 TE 功能是有代价的。由于实现 TE 功能需要多路径路由算法支持,需要收集最新网络流量参数和重复计算路由,这增大了网络计算负担;由于资源状态信息增多,路由器分发信息的开销(额外时间与带宽)增加很多,因此,TE 实现条件必须认真研究。

TE 实现条件决定于网络环境、代价结构、收益模式、操作限制、成功标准等因素。延迟能反映 TE 流量控制及优化处理的效果,多路径路由选择与控制、按可预配置比例在多路径上分摊流量是影响 TE 操作时延迟性能的关键因素。

本研究在考虑网络服务质量控制等要求的同时,在确定 TE 功能框架的基础上,以延迟和链路瓶颈带宽为参数研究 TE 启动/停止条件。

1. TE 基本功能部件

1.1 功能需求

流量规划的功能是实现网络性能流量级与资源级的同时优化。主要有四个方面的需求:计量需求、信息收集与分发需

求、路由选择需求和流量映射优化需求。

·计量 网络流量参数。主要参数包括可用带宽、延迟、延迟抖动、流量等。

·信息收集与分发 收集、存放外结点和计量部件获得的信息,发布结点最新的相关参数。

·路由选择 目标是选择代价相似的多个路径(或并行路径)。传统的路由算法考虑了网络的拓扑结构而忽视了网络流量特征,不支持路径间的负载均衡。精确路由选择与控制能提供多个备选路由,为按流量特性或某指定特性精确分割与映射到不同类的数据流作准备。

·流量映射优化 根据确定的策略,把流入网络结点的流量分割、映射在选定的路径上。按可配置比例分割流量是最佳流量分割方法。按服务类分割、映射数据流具有简单、实用的效果。

1.2 功能部件构成

TE 功能部件构成图如图1。TE 部件与其他功能部件(QoS 控制部件等)可以是共享或彼此包含关系。TE 功能可以由 JAVA 编程的分布式软件代理实现。

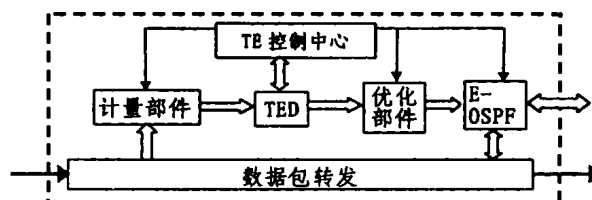


图1 TE 功能图

TE 模块主要由 TE 控制中心、流量计量部件、流量规划数据库 TED(TE Database)、优化部件构成。E-OSPF^[6,7]代表增加了 TE 功能的多路径路由算法模块。

·TE 控制中心 控制 TE 各部件之间的通信,负责与非 TE 模块之间的通信及功能协调。在 TE 实现的过程中,TE 控制中心根据 TED 中的数据,决定路由算法工作模式(单路径或多路径),决定计量部件的数据采集周期,决定启动或停止 TE 策略,决定优化的多个输出路径,决定流量优化策略(流量计划与实时优化相结合)。

·流量计量 在收到 TE 控制中心的指令后,计量部件计

^{*} 本文研究得到国家973计划(No. G1998030409)和湖南省自然科学基金(00JJ2068)的资助。郭国强 副教授,主要研究方向为多媒体网络服务质量控制、流量规划。张尧学 博士,教授,博士生导师,主要研究领域为网络协议与互连、网络服务质量控制、主动网及程序挖掘等。王洪波 硕士研究生,研究方向为并行路由算法。

量输入结点的数据流量、输出缓冲队列的可用空间、输出链路的可用带宽、输出链路的 MTU 并进行有关计算,计量结果存于 TED 中。

•流量规划数据库(TED) 它存放实现 TE 所需要的各种信息,与其它数据库(如路由算法的信息库)独立。TED 含链路状态信息,网络资源特性(链路总带宽、已预留带宽、可用带宽等)信息,还有用户配置的分摊网络流量的管理信息(带宽需求、最大跳数、管理策略)。

•优化部件 其功能是根据 TE 控制中心给出的控制信息,决定并执行对输出流量的优化分摊。若实施优化,则启用有关优化策略,从 E-OSPF 给出的多个备选路径中选择一定数量的路径,从 TED 中取得路径的相关信息,实施流量优化分摊与映射。

2. TE 执行条件

2.1 TE 启停条件参数的选定

TE 启停条件考虑了服务质量控制要求,选定延迟和路径瓶颈带宽作为条件参数。在多媒体网络应用中,延迟、延迟抖动、开销或丢失率中任何两个参数组合作为网络流量控制参数都具有 NP 完全性^[3],延迟是重要的流量参数。数据包的延迟由等待延迟与传输延迟构成。网络负载轻重影响数据包在队列中的等待延迟,链路瓶颈带宽、MTU 决定数据包的传输延迟。

选定瓶颈带宽和延迟作为 TE 条件参数还可折衷考虑 TE 实现的复杂性与优化效果^[9]。

2.2 静态负载条件下的 TE 启停条件

设路由器有多个输入、输出接口,其中输出接口 j 所连接的路径上的瓶颈带宽是 B_j , MTU 的值是 S_{MTU} (单位是 kb), 往 j 出口转发的数据包的最大延迟是 T_j 。

• B_j 用延迟表示 B_j 的单位是 kbps, 研究中,把 B_j 用传输 10kb 数据所用的以毫秒为单位的时间量表示。如: 100Mb/s 转换成 0.1(10kb/(100Mb/s)), 即 10kb 数据在 100Mb/s 的链路传输延迟是 0.1ms, 即: $B_j = 0.1\text{ms}$ 。

•最大延迟计算 当 P 个端口有数据包同时到达并且都经过 j 出口转发时,数据包经历的延迟 T_j 最大。

$$T_j = P * (S_{MTU}/10) * B_j(\text{ms}) \quad (10 \text{ 表示 } 10\text{kb})$$

•延迟上限 T_{THR} 不同的多媒体应用其延迟上限(T_{THR})不同,文[10]中具体讨论了音频、视频、高保真音频视频的 T_{THR} , 如 HDTV 的 $T_{THR} \leq 250\text{ms}$ 。

•TE 启用的静态条件 $T_j > T_{THR}$

以上条件成立时,说明结点中往链路 j 转发的数据包很多,负载较重,应启动 TE 把部分流量分摊到其他的路径,减小 T_j 值。

由于 P 条输入链路中的每条输入链路的最大输入流量是已知的,因此, P 的上限值能更简便地表示 TE 启用条件。

$$P > T_{THR} * 10 / (B_j * S_{MTU})$$

2.3 动态负载预测及 TE 启用条件

设路由器有 K 个输出链路,第 i 条链路到达目标的开销是 $\text{cost}(i)$ 单位,路由器的缓冲队列是 Q_i , $|Q_i|$ 是在队列中等待的数据包数量(以 10KB 为单位),则延迟是:

$$B_i * (|Q_i| + \text{cost}(i))$$

$\text{cost}(i)$ 和 B_i 是静态的,可在建立(多)路径表时计算出来,只有 $B_i * |Q_i|$ 是动态值,因此 TE 启用条件是:

$$B_i * (|Q_i| + \text{cost}(i)) > B_i * \text{cost}(i)$$

TE 停用条件是:

$$B_i * (\sum_{n=1}^N |Q_n| + \text{cost}(j)) \leq \delta * B_i * \text{cost}(i) \quad 0 < \delta < 1$$

2.4 加权系数的影响

针对 NP 完全性问题,传统路由技术计算出来的是“最优”路由,这实际上为所有路径确定了一个被选中的优先概率,选中路径具有最大的选中概率。

把路径的备选概率作为其负载的加权系数能更好地改善 TE 调控的性能,用上面研究中的静态预测值作为加权系数使同样负载下数据包的延迟、TE 效果、TE 开销性能都有很大的改善。文中采用了人工指定的静态加权系数的方法。

3. 模拟与分析

对软件模拟器 NS-2 进行改进后(增加多路径路由模拟和多路转发控制支持),我们对以上提出的 TE 启停条件进行了模拟,得到了图 2 所示的效果比较图。分析如下:

•有 TE(FUL-TE)、无 TE(NO-TE)、条件 TE(TB-TE) 的延迟效果明显不同。

•当网络负载较轻时,有无 TE 数据包的延迟具有相似性。由于 TE 的偶尔作用,同负载下,有 TE 作用时数据包的延迟是无 TE 作用时的一半。当负载(数据包到达率)超过 0.6 时,无 TE 作用的数据包的延迟急剧增大。

•在中等负载或重载时,条件 TE(TB-TE)比无条件 TE(FUL-TE)效果好。原因是:在资源充裕时,无效的 TE 处理及维持 TE 工作的时间、空间开销增大了数据包的延迟。

•在考虑动态负载的加权效果后,结点反映出的延迟性能更好,因为各个路径负载的比较特征会更突出,路径选择会更明确,TE 处理更及时,效果更好。

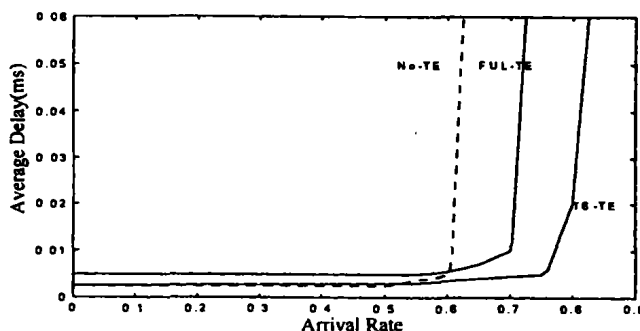


图2 TE 效果

结束语 考虑流量规划技术的实现代价,根据网络状态,适时启停流量规划功能,既能改善网络性能,均衡多路径的负载,减少实现 TE 的开销,又能提高资源利用率。在今后的研究中,我们将研究流量在多条路径上映射的具体比例关系的确定及相关应用。

参考文献

- 1 Awduche D O, et al. A Framework for Internet Traffic Engineering. IETF draft 2000. 6
- 2 Awduche D D. MPLs and Traffic Engineering in IP Networks. IEEE Communication Magazine, 1999, 12: 43~47
- 3 Guo Guo-qiang, Zhang Yao-xiao. Mapping Intergrated Service to Differentiated Service on the Internet. Journal Of Software, 2000, 11(8): 1105~1111
- 4 Cidon I, Rom R, et al. Analysis of Multi-Path Routing. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1999, 12(7): 885~895
- 5 Hopps C E. Analysis of Equal-cost Multi-Path Algorithm. IETF draft
- 6 Katz D, Yeung D. Traffic Engineering Extensions to OSPF. IETF draft
- 7 Smit H, Li T. IS-IS Extension for Traffic Engineering. IETF draft
- 8 Aboelela E, Douligieris C. Fuzzy multiobjective routing mode in B-ISDN. Computer Communication, 1998, 7: 1571~1584
- 9 Wang Z, Crowcroft J. Quality-of-Service routing for supporting multimedia application. IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 1996, 14(7): 1228~1234
- 10 陈梓. 高速信息网络端到端服务质量控制的研究[D]. [博士论文], 1999. 3