

一种基于 P2P 流量规划的网络资源可重构分配方法

马东超¹⁾ 王晓亮²⁾ 杨 参²⁾ 马 礼¹⁾

¹⁾(北方工业大学信息工程学院 北京 100041)

²⁾(北京大学软件与微电子学院 北京 100871)

摘 要 现有 IP 网络的无连接性和网络资源的松散管理结构使得网络流量存在全局范围内的分布不均情况,造成网络资源利用率低并且对运营商的一些突发的 QoS 需求很难做到快速响应. 具备网络资源集中式管理特征的可重构网络虽然弥补了这一不足,但对特定业务的流量优化能力以及按需合理重构网络资源的能力不足,使得可重构网络资源分配及 QoS 保障技术仍有待进一步提高,尤其是占据网络流量主体的 P2P 业务流量和突发性高优先级 QoS 保障. 当前的 P2P 优化以及流量工程技术不但自身存在不完善,并且也不能高效地直接适用于可重构网络环境中. 因此,文中站在网络资源全局统筹的角度,提出了一种应用于可重构网络环境中的、基于 P2P 流量规划的网络资源动态可重构技术,使得可重构网络的资源管理机制有能力对全网 P2P 流量进行优化调度,尤其是能够在网络资源不足的情况下,通过调整 P2P 流量,释放指定网络资源以响应突发高优先级需求. 通过仿真验证可见,以 P2P 流量规划的手段对全网资源进行全局规划、动态重构,形成弹性的可重构网络环境中,网络流量负担、P2P 节点出、入度等多方面均有较大幅度提升,从而赋予了运营商一种对各种优先级业务的规划手段.

关键词 流量规划;网络资源可重构;P2P;突发流量需求

中图法分类号 TP393

DOI号: 10.3724/SP.J.1016.2012.02515

A Network Resources Reconfigurable Allocation Method Based on P2P Traffic Planning

MA Dong-Chao¹⁾ WANG Xiao-Liang²⁾ YANG Sen²⁾ MA Li¹⁾

¹⁾(School of Information Engineering, North China University of Technology, Beijing 100041)

²⁾(School of Software and Microelectronics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract Maldistribution of network traffic widely exists because of the connectionless and incompact management of network resources in current IP network. This problem causes low usage rate of network resources and hard response to sudden QoS requirements by ISPs. Reconfigurable network with features of network resource concentration management solves this problem, but the lack of specific service optimization and network resources reconstruction capability causes that resource allocation and QoS are still to be further improved especially the P2P traffic and unexpected high-priority service. The current P2P optimization and traffic engineering technology not only have their own problems, but also cannot be directly used in the reconfigurable network environment efficiently. Therefore, this article standing on the global design level of network resources, propose a dynamically reconfigurable technology based on P2P traffic planning and fits for the reconfigurable network environment. This technology makes reconfigurable network resource management mechanisms have the ability to schedule the P2P traffic of the entire network,

收稿日期:2012-05-07;最终修改稿收到日期:2012-11-28. 本课题得到国家自然科学基金(61272446,61170292,60970104)、北京市自然科学基金项目(4122023)和北京市属高等学校人才强教计划项目(PHR201007121)资助. 马东超,男,1980年生,博士,讲师,主要研究方向为网络流量规划和嵌入式软件. E-mail: madongchao@gmail.com. 王晓亮,男,1986年生,硕士研究生,主要研究方向为计算机网络流量规划. 杨 参,男,1985年生,硕士研究生,主要研究方向为计算机网络流量规划. 马 礼,男,1968年生,博士,教授,研究领域为高性能计算技术、嵌入式系统等.

especially in the short of network resources circumstances, by adjusting the P2P traffic to release the specified network resources in response to the unexpected high priority needs. The emulations show that the traffic burden, P2P node output degree and input degree are more improved. This can establish a flexible reconfigurable network environment and give a service adjusting instrument to ISPs.

Keywords TM(Traffic Management); reconstruction of network resources; P2P; sudden traffic demand

1 引 言

当前,运营商对网络设备铺设和升级的速度,已渐渐满足不了网络带宽需求的增长^[1]. 同时,传统 IP 网络无连接的特性导致网络流量分布不均,网络资源难以得到高效利用,由此带来的对 ISP 网络规划能力的制约,导致保障业务 QoS 需求时成本很高. 因此,在现有网络资源紧张的前提下,如何有效地规划网络业务量,从而使得网络的带宽资源得以合理的应用以及业务 QoS 得到保证,已经成为当前网络研究的热点问题之一.

对于上述问题,当前的流量工程技术虽有一定成效^[2],但受制于现行网络松散的资源管理结构. 具有网络资源集中式管理特征的可重构网络及相关技术的出现,很好弥补了流量规划的不足. 但其在特定业务的管理优化和网络资源动态调整方面仍存在不足,特别是对占据当前流量主体的 P2P 业务. 然而,现有的 P2P 优化技术和流量工程自身尚不完善,不能直接适用于可重构网络的新型体系结构^[2-3]. 可重构网络的新型体系结构的特点是主要网络能够智能地针对新业务的需求,在加载对应协议构件的前提下,面向新业务链接的颗粒度能够动态分配带宽资源满足业务需求^[4-7].

于是,本文从运营商统筹规划网络资源的层面,以可重构网络体系结构为基础,从优化 P2P 流量方面另辟蹊径,提出一种基于 P2P 流量规划的网络资源可重构分配方法,旨在完善可重构网络资源管理与 QoS 保障策略,使可重构网络能够对全局 P2P 流量进行动态优化. 尤其是能够在突发高优先级业务需求的时刻不影响 P2P 使用者的网络感受的前提下有目标地释放指定链路上 P2P 所占的相当部分网络资源,来保证其它高优先级的 QoS 需求,形成按需分配的弹性网络环境,为运营商一定程度上降低网络带宽不足的问题,同时保证高优先级业务的带宽使用,在总体上赋予了运营商对网络资源按需

重构的规划能力.

2 研究现状

网络中流量分布不均的问题早已广泛受到学术界和业界的关注^[2],并就此问题提出了多种流量规划技术加以解决^[2-3,8],这些技术各有特点,并在均衡网络流量、缓解 P2P 应用引发的网络资源消耗等问题上,起到了一定的积极作用^[3,8],但是也存在着一一定局限性,特别是缺乏对全网集中全局管理的能力. 近年可重构网络的提出,弥补了这方面不足,但是其在特定业务的管理优化和网络资源动态调整方面方面仍有待改善,其中首要考虑的就是 P2P 业务优化. 在这方面,当前措施主要包括:P2P 限制、P2P 缓存和 P2P 本地化以及流量工程技术,由于网络基础结构的巨大差异,这些优化技术并不能直接高效适于可重构网络环境中. 以下将分别介绍这些相关研究,在第 3 节中具体阐述其局限性.

2.1 传统流量规划技术现状

在传统流量规划中,网络为每条链路设置权重,通过寻找最短路的方式来确定路由的路径. 通过信息洪泛的方式,各节点都能够得到域内的拓扑信息并据此判断最短路径. 例如早期出现的手工配置链路 cost 值、Cisco 公司推出的增强网关内部路由线路协议 (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, EIGRP) 以及策略路由等手段^[3].

自从 MPLS 协议出现后,其在流量规划领域的应用就一直受到各方重视. MPLS 是 IETF 提出的结合二层交换和三层路由的面向连接的数据传输技术^[8]. MPLS 协议下的流量规划是为业务流选择路径的处理过程,以在网络中不同的链路、路由器和交换机之间均衡业务流. MPLS 由于自身路由与转发分离的特点,适合与 TE (Traffic Engineering) 的结合,形成 MPLS-TE 技术^[3,8-9].

MPLS-TE 通过感知网络带宽的使用情况,采

用带有约束条件的最短路径优先算法(Constraints Shortest Path First, CSPF)计算满足带宽要求的路径,并通过资源预留协议(Resource Reserve Protocol, RSVP)建立带宽预留的 TE 隧道(Tunnel)^[8-9],可以很好地解决基于内部网关协议的流量工程所不能解决的问题,尽可能提高网络资源的利用率^[9].

2.2 当前流行的 P2P 优化研究现状

P2P 自其诞生起就在网络资源分配中,占据了很大部分.当前,P2P 流量优化技术在缓解运营商面对的满足网络带宽需求以及整体网络资源的规划能

力两个问题中,都扮演着非常重要的角色^[10-12].网络运营商和学术界一直没有停止过研究和实施各种流量控制技术,主要分为以下 3 类^[10-14]:

- (1)限制 P2P,部署流量监控设备对 P2P 应用进行限制.
 - (2)P2P 缓存^[11],通过架设 P2P 缓存设备来降低带宽消耗.
 - (3)流量本地化^[12-14],简单重定向到本地来限制网间流量.
- 如表 1 所示.

表 1 研究现状

策略	核心思想	策略实例	P2P 与 ISP 关系
限制 P2P 应用	流量分析,按一定策略控制 P2P 应用	1. 阻塞 P2P 常用端口 2. NAT 方法隐藏 IP 3. 阻塞 peer 与 tracker 通信 4. 限制用户上行带宽	对立
部署 P2P 缓存	缓存 P2P 流,减小带宽消耗	各类 P2P 缓存服务器	中立
流量本地化	P2P 流量本地消化,减少骨干网和跨域流量	P4P 技术	合作

2.3 基于可重构网络的 QoS 研究

随着信息产业的高速发展,当前面向业务支撑的传统网络,为承载特定业务和融合新兴业务不断构建和改造网络,依靠提升网络设备性能,增加复杂控制算法和协议等技术,不仅难以满足特性差异日益扩大的用户业务承载需求,而且付出了网络复杂度相对较高且传送效率相对低下的代价^[4].为了摆脱传统网络技术体系束缚,提出了面向服务提供的新型网络技术体系——可重构网络^[4,7,15].

体系结构采用如图 1 所示的分布式管理模式.在该体系结构中,多个路由节点(Router Node,RN)组成一个域(Domain),多个域组成一个区(Region),全网由多个区组成^[5].其中,域内控制层部署柔性网

络配置代理(Flexible Network Configure Broker, FNCB),负责对域内路由节点资源信息和拓扑信息进行管理,FNCB 的基本目标是避免拥塞问题以及由此引起的 QoS 服务等级下降问题^[4-5].从网络流量的观点来看是对网络中各种业务流量分布的优化,从而提高网络传输效率.域间控制层部署根节点服务器(Root Server),负责协调管理域间资源信息和拓扑信息^[5-6].

在可重构网络中,用户业务和网络服务关系是松耦合.在资源管理层面引入 QoS 业务管理平台,并在接入设备处部署网络接入控制进行业务申请的集中管理^[4-5].而全网的拓扑结构及网络资源等信息则由各 FNCB 及 RS 管理,并通过它们对网络资源和结构进行重构,通过集中式的网络资源申请及分配管理,保证当前 QoS 策略的实现^[4,6].

3 问题分析

网络拥塞在某种程度上是因为网络资源不足和流量分布不均匀造成的.前者唯一的解决办法是升级基础设施,提供更多的网络资源.后者则可以依靠资源调整来优化.当前的网络流量工程技术就是出于资源调整这一目的并取得了一定的成绩^[2-3,8].但是,由于当前 IP 网络的无连接性以及现行网络松散的资源组织结构,缺乏资源和信息的集中管理使得当前流量工程的实际效果并不理想^[8].例如动态路由协议 RIP、OSPF 和 IS-IS,由于它们总是选择其

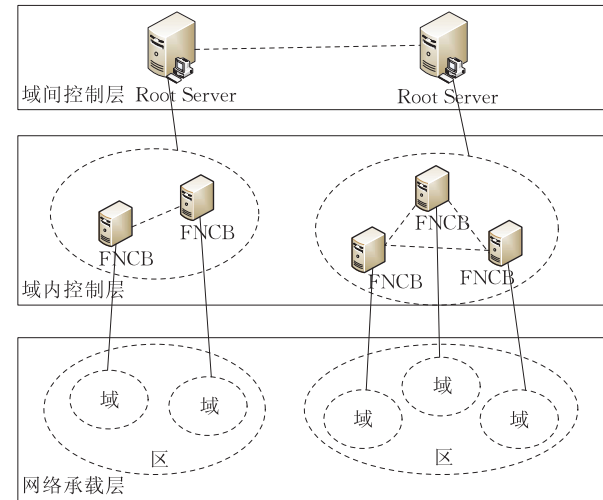


图 1 可重构网络体系结构

独自判断的最短路径转发 IP 包,都可能会导致不均匀的流量分布.结果在两个结点之间沿着最短路径上的路由器和链路可能发生了拥塞,而沿较长路径的路由器和链路却相对负载较轻,如图 2 所示. MPLS 协议在理想情况下可以使到同一出口的不同路径上公平地装载流量,但由于其路径选择基于对网络状况的感知,而非实际的集中管理,故也会出现网络感知失真、流量失衡的情况^[3,8-9].

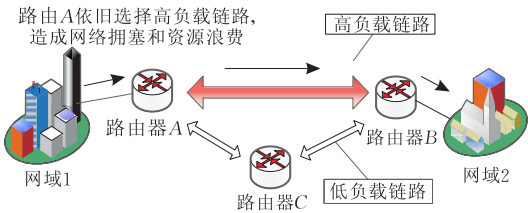


图 2 最短路径转发导致的网络拥塞

可重构网络及其相关技术的出现,很好地弥补了现有网络及流量工程的这一不足.由于其打破了当前网络的传统结构,采用 FNCB、RS 服务器管理全网资源,引入 QoS 管理平台和网络接入的申请机制,在网络结构的层面上对 QoS 的实现和保障明显优于传统网络结构^[4].然而,可重构网络的资源管理机制在以下两方面仍有待提高:

(1) 需要根据业务特点进行流量优化,其中 P2P 业务所占比例很大,应重点考虑.可重构网络的 QoS 保障中使用的严格优先级划分、域间加权轮询等控制策略,将流量通过业务类别划分到各个传输队列轮询等待^[4-6],这一方式中如果对 P2P 优先级设置较高,则影响其它业务;如果对 P2P 优先级设计很低,则影响 P2P 用户体验.

而现有 P2P 优化技术在解决这一问题上,由于网络体系结构的差异,很难高效适用于可重构网络环境,更重要的是,现有 P2P 优化技术也都存在其自身的不足:

① 限制 P2P 应用

一方面面临 P2P 应用提供商技术上的反击,造成 P2P 应用与 ISP 的更激烈的对立;另一方面,这也损害了 ISP 用户的合法权益.

② P2P 缓存

由于 P2P 应用的开放性,ISP 很可能因为缓存非法内容而遭遇法律问题.同时缓存设备和策略的高成本也限制了这一技术.

③ 流量本地化

简单的重定向机制会面临连接数限制、影响少

数用户网络体验以及少数骨干链路负载失衡等问题.而以 P2P 提供商与 ISP 合作模式为基础的 P4P 及类似技术,由于缺乏动力和版权问题等,P2P 提供商的合作积极性势必将受到影响.

(2) 当面对突发的高优先级 QoS 需求,尤其是网络资源不足的情况下,可重构网络管理机制缺乏有效的规划手段来充分利用全网资源.网络灵活调整自身流量的能力不足,很难做到既满足突发资源需求,又能合理调整当前流量,不明显影响现有连接的服务质量,达到全网资源和连接优化配置的目的.

计算机网络的流量和服务等优化问题是近年来的研究热点,已有一些宏观的指导性文献^[16-17],但针对本文的具体问题,需要有一个具体优化实例.于是,本文基于完善可重构网络流量管理及 QoS 保障技术的目的,从占据当前大部分网络资源的 P2P 流量进行优化的方面另辟蹊径(典型低优先级业务),提出一种基于 P2P 流量规划的网络资源可重构分配技术 P2P-NRRA(P2P-flow-planning based Network Resources Restructurable Allocation).旨在依托可重构网络体系结构的基础上,针对 P2P 流量和突发高优先级业务 QoS 需求,提出网络整体的资源管理技术,实现对全网 P2P 流量的优化,并可按需对指定链路的网络资源进行合理的动态重构,调整 P2P 流量以满足突发的网络资源需求,赋予 ISP 能够对网络资源按需进行灵活的总体规划的能力,最终在提高网络对高优先级业务的容纳能力的同时保障了 P2P 用户体验.

4 P2P-NRRA 方案

如上文所述,本方案将从重构、优化 P2P 流量入手,在可重构网络体系结构基础上,通过网内各 FNCB 和 RS 设备,获取全局流量信息,汇总计算当前全网状态的优化流量分布方案,来对网络资源进行重构,避免流量的不均匀分布,实现资源的优化利用.从理论上讲,传统的流量工程问题包含解决优化和满足约束两方面问题,通常其形式定义如下:

令操作符 T 代表流量工程的处理,对于一个给定的网络 $G(V, E)$, $D = \prod_{i \in I} D_i$, 输入:需要加以处理的网络流量 D ; 输出:怎样最优化在网络上传输流量 D .

算法的目标是决定一个优化的映射 X ,这个映射优于其它映射 $x \in X$,这需要一个目标函数来辨别优劣:

$$f: x \in X \rightarrow R,$$

其中的目标函数即是优化问题的核心,其模型建立和设定部分将在 4.1 节的问题建模部分详细讨论。

为了部署和实现本技术,本文对可重构网络的

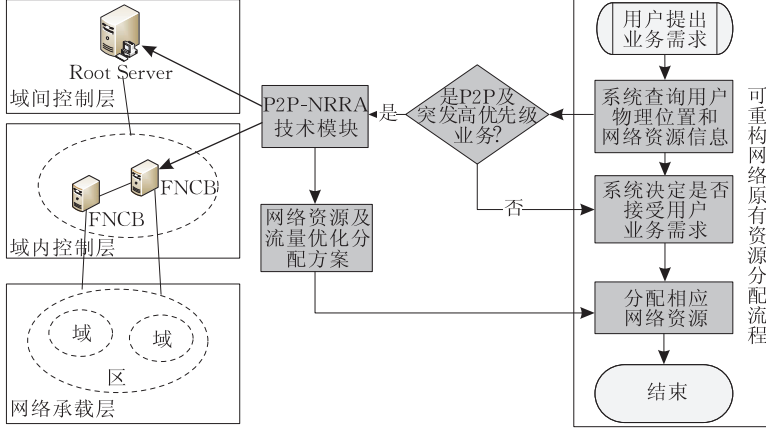


图 3 可重构网络中的 P2P-NRRA 部署示意图

在可重构网络体系结构中,对网络拓扑和资源管理的 FNCB 以及 RS 设备中部署本文提出的 P2P-NRRA 技术,将其模块动态加载于上述设备,无需对网络的体系结构、设备等进行任何的调整修改。流程方面,在可重构系统获取用户地理位置信息和网络相关信息时^[4-7],进行业务类型判断,对于 P2P 业务及突发高优先级 QoS 需求,转入 P2P-NRRA 模块处理,并按照本模块输出的网络资源优化重构方案,调整和分配相应网络资源。下面将详细介绍 P2P-NRRA 的算法设计。

4.1 问题建模

网络通信由其内部链路和网间链路组成一个全连接拓扑环境,在这里使用图 $G=(V, E)$ 描述网络拓扑环境。对问题建模,其中 V 是表示网络环境中自治域的节点集合, E 是边集合,每条边表示相连的自治域间的一个数据连接。对于任意一条边 $e(u, v) \in E$ 都有一个连接开销,表示选择在自治域 u 和 v 之间建立连接的相应成本。在此网络环境下,为了描述问题的清晰,进行如下定义。

定义 1. 定义集合 P , 对于 $P \in E$, 有 $\forall e(u, v) \in P$, 表示在 u, v 间的链路存在 P2P 流量。

定义 2. 定义集合 H , 对于 $H \in E$, 有 $\forall e(u, v) \in H$, 表示在 u, v 间的链路存在高优先级流量需求。

定义 3. 定义集合 I , 对于 $i \in I$, 表示一个端到端 P2P 流量的完整路径。

于是,假设 t_1 时刻,网络环境图 G 中的连接状态为 S , 其中节点 u 和 v 之间存在数据连接 $e \in P$ 。下一时刻 t_2 , 网络环境图 G 中的连接状态发生变

化,记为 S' , 其中节点 u 和 v 之间出现高优先级业务,释放此段链路上 P2P 占用的网络资源,即 $e \in H$ 。此时,需要对 $G=(V, E')$ 网络中的 P2P 流量需要进行重构,使得全网环境下的优化目标达到最优。整体的优化为了达到两个目标,其一是使得全网的网络开销尽可能的小;另一个是使得全网的链接变动尽可能的小。根据这两个优化目标,设函数 F 为全局优化目标函数,即全局优化目标为找到一个全网连接状态 S , 使得式(1)取得最小值:

$$F(S) = \sum_{i \in I} F(i) = \sum_{i \in I} \{Cost(i) \cdot \alpha + Tran(i) \cdot \beta\} \quad (1)$$

其中, α 和 β 为 $Cost$ 和 $Tran$ 的计算权重; $Cost$ 为链路的连接开销; $Tran$ 为链路的变动开销。 $Cost$ 的具体定义如下:

对于任意 $i \in I$, 该链路的连接开销记为 $Cost(i)$ 。对于全局连接状态 S , 记某一连接 $i \in I$ 的流量为 $H(i)$, 连接成本为 $V(i)$, 建立连接和维护开销为 $J(i)$, 则全网连接开销 $Cost(S)$ 定义如下:

$$Cost(S) = \sum_{i \in I} Cost(i) = \sum_{i \in I} \{H(i) \cdot V(i) + J(i)\},$$

其中, 连接成本 $V(i)$ 旨在量化某一 P2P 连接所占用的网络资源, 并以此做为一个重要的参数来指导进行网络资源重构的方案设计。对于任意连接 i 上的任意一段物理链路 e , 其 $V(e)$ 正比与物理链路的长度 L_e , 该链路上的当前流量 $Flow_{now}(e)$ 以及使用该条物理链路的费用 $Exp(e)$, 反比于该条链路的带宽 $B(e)$, 即

$$V(i) = \sum_{e \in i} \frac{L_e \cdot Flow_{now}(e) \cdot Exp(e)}{B(e)}.$$

由此可得, 全局优化目标函数 F 中的 $Cost(S)$

的表达式如下：

$Cost(S)=$

$$\sum_{i \in I} \left\{ H(i) \cdot \sum_{e \in i} \frac{L_e \cdot Flow_{now}(e) \cdot Exp(e)}{B(e)} + J(i) \right\} \quad (2)$$

全局优化目标中的另一个重要优化项是全网
的连接状态变动幅度，记为 $Tran(S)$. 连接状态变动
幅度由两个参数来加以描述，分别是变动次数
 $Tc(S)$ 以及链路的变动距离 ΔD . 即

$$Tran(S) = Tc(S) \cdot \Delta D.$$

由于其中变动次数 $Tc(s)$ 可以使用全网范围内
每一条端到端 P2P 流量的路径是否调整来标示，全

$$\begin{cases} F(S) = \sum_{\forall i \in I} \left\{ \sum_{i \in I} \left[H(i) \cdot \sum_{e \in i} \frac{L_e \cdot Flow_{now}(e) \cdot Exp(e)}{B(e)} + J(i) \right] \right\} \cdot \alpha + \sum_{i \in I} Tran(i) \cdot \beta \\ \text{其中, 对于 } \forall i \in I, Tran(i) = \begin{cases} 1, & \text{链路 } i \text{ 发生变动} \\ 0, & \text{链路 } i \text{ 没有变动} \end{cases} \end{cases}$$

4.2 问题的复杂度情况及其证明

本文上述 P2P-NRRA 问题可抽象为求解一个
给定无向连通图中，在给每条边赋以权值的情况下，
一个指定节点集合 $L \in V$ 的最小生成树.

下面证明该问题是 NP 难的. 这里将利用基础
的 NP 难——三精确覆盖 (X3C) 问题来辅助证明
P2P-NRRA 的 NP 难属性. 首先，这里给出 X3C 问
题的形式化定义如下：

对于有限集 X ，有 $|X| = 3q$ ，设集合 R 为 X 中
元素的三元组集合，即

$$R = \{R_1, \dots, R_n\}, R_i \subseteq X, |R_i| = 3, 1 \leq i \leq n.$$

在此条件下，存在

$$R' \subseteq R, \text{对 } \forall x \subseteq X, \text{均有 } x \subseteq r_n \subseteq R', \text{且 } |R'| = q.$$

下文的证明过程中将利用到一个文献中的辅助
结构^①，考虑到有助于理解下文的证明部分，这里同
样给出这一结构的构造过程.

定义节点集为

$$V(G) = \{v\} \cup \{r_1, \dots, r_n\} \cup \{x_1, \dots, x_{3q}\}.$$

这里加入的节点 v 是为了将以下两个层次的节
点联通成一个完整的树结构.

定义边集为

$$E(G) = \{vr_1, \dots, vr_n\} \cup \left(\bigcup_{x_j \in R_i} \{r_i x_j\} \right).$$

定义生成树节点集 L 为

$$L = \{v, x_1, \dots, x_{3q}\}.$$

设 NRRA 所要求解的最优解为 K 为 $4q$.

为了便于理解，可将上述设定表述如图 4 所示.

于是，对于如上所述构造的辅助结构，将证明

NRRA 与 X3C 问题等价.

(1) 由 X3C 多项式规约 NRRA.

网范围内， $Tran(S)$ 可以由对所有 $i \in I$ 的 $Tran(i)$
求和得到，其中变动距离 D 由经过的子网数来度
量. 于是，可以联立得出

$$\begin{cases} Tran(s) = \sum_{i \in I} Tran(i), \\ \forall i \in I, Tran(i) = \begin{cases} 1, & \text{链路 } i \text{ 发生变动} \\ 0, & \text{链路 } i \text{ 没有变动} \end{cases} \end{cases} \quad (3)$$

至此，本文给出了问题的形式化描述，并得出了
完整的全网优化目标函数，联立式 (1)~(3) 可得函
数 F 的表达式如下：

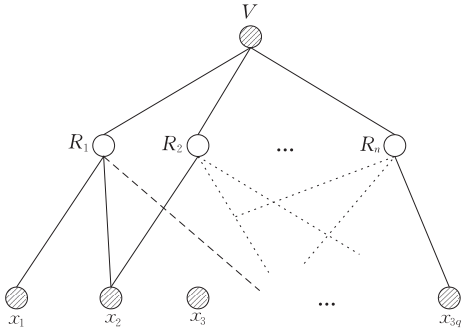


图 4 构造示意图

设当前存在一个 X3C 问题的实例解 R' ，为不
是一般性，假设 $R' = \{R_1, R_2, \dots, R_q\}$ ，故，一定存在
以下边 $vr_1, \dots, vr_q$ 和 $R_i x_j$ ，其中 $x_j \in R_i, 1 \leq i \leq q$ ，
所以存在边数为 $q + 3q = 4q = K$ 的生成树.

设 NRRA 问题中 $\forall e \in E$ ，其权值为 $F(e)$. 定义
边长为 1 的无权值边为“标准边” e_θ ，其集合为 E' . 设
从 NRRA 边集 E 到 E' 的映射为 f ，定义如下： $\forall e \in E$ ，
其两个顶点 v_i, v_j 由若干 e_θ 连接，并满足 $\sum e_\theta = F(e)$.

于是，通过映射 f 将 NRRA 问题转换为求解无
向连通图 $G(V, E)$ 中，是否存在一个正整数 K ，使得
不多于 K 条边即可连接 L 个顶点，形成一个图 G 的
生成树，其中 $L \in V$. 由上文可知，存在此生成树.

即该解符合 NRRA 所求.

(2) 由 NRRA 多项式规约 X3C.

设当前存在一个 NRRA 问题的实例解，同上

① Alessandro Santuari. Steiner Tree NP-completeness Proof [EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/2ee7e8a4f524ccbff0218407.html>

理,对 NRRA 问题中的边集做 f 映射,问题得以转换,即存在一颗生成树 T 拥有最多 $4q$ 条边,由于 T 为树,故 T 最多拥有 $4q+1$ 个节点. 由于 T 必须包含的节点集为 $L = \{v, x_1, \dots, x_{3q}\}$, 共计 $3q+1$ 个节点. 故 R 类节点最多有 q 个(图 4 第 2 层节点). 若 R 类节点少于 q 个,考虑到 R 类节点向下的度为 3,则不可能连接所有的 $3q$ 个 X 类节点(图 4 第 3 层节点),故 R 类节点刚好有 q 个,为不失一般性,将其假设为 $R_1, R_2, \dots, R_q$, 则 X3C 问题的解即为

$$R' = \{R_1, R_2, \dots, R_q\}.$$

至此,证明了 NRRA 与 X3C 问题间可以多项式规约,即 NRRA 问题为 NP 难,难以在多项式时间内找到最优解,后文应用一种性能尽量优化的启发式算法来求最优解.

4.3 算法描述

按照上一节中对问题的数学描述,以及给出的全局优化目标函数,本文设计使用启发式算法对该优化问题进行求解. 对于两个优化目标:一个是使得全网的网络开销尽可能的小;另一个是使得全网的链接变动尽可能的小,这都要求在系统算法和体系结构上有相应设计,以获取当前的全局信息. 体系结构上的相关安排已于第 4.1 节做了详细介绍,主要通过自治域的接入路由器上部署相应的下载信息统计和路径记录模块来获取相应信息,由此,系统的中心处理集群——云端处理平台上将获得当前全局 P2P 下载过程中的热点文件列表,记为 $List$,云平台同时掌握 $List$ 中包含的所有文件在全网中的布局情况,即对于 $\forall f \in List$,云平台均掌握一个集合 V' , 对于 $\forall v \in V'$, v 上均有文件 f 的资源,将此映射记为 $R_{List \rightarrow V'}$. 将得到如下的映射集合,记为 P ,即

$$P = \begin{cases} R_{List \rightarrow V'}(f_1) = \{V_a, V_b, \dots, V_x\} \\ R_{List \rightarrow V'}(f_2) = \{V_i, V_j, \dots, V_y\} \\ \vdots \\ R_{List \rightarrow V'}(f_n) = \{V_p, V_q, \dots, V_z\} \end{cases}.$$

此外,借助自治域边界的接入路由器上的 TraceRoute 路径记录功能,则可获得 P2P 流量的拓扑映射关系,该映射关系记为 $R_{i \rightarrow e}$, $i \in I, e \in E$.

于是,沿用 4.1 节对问题的相关定义和描述,当全网在状态 S 下时,由子网 V_1 到 V_2 链路记为链路 i ,其上出现了高优先级业务需求,需要释放该路径上可压缩的 P2P 流量,以此来满足高优先级业务的网络资源需求. 此时,优化算法的目标为寻求一个即时条件下的全网连接状态 S' ,使得优化目标函数取得最小值 $\min F(S')$, 以此获得当前状态下的最

优解.

首先,需要将链路 i 上的 P2P 流量进行分析汇总,得到该链路上 P2P 流量的所有发起节点,以及各个节点所要求的资源文件. 即,得到该链路上 P2P 流量发起节点集合 V_s 与热点文件列表 $List$ 之间的映射关系 $R_{V_s \rightarrow List}$, 由此可得到形同集合 P 的需求集合 P' . 之后,按照 $List$ 列表中资源文件的热度高低降序排序,记热度最高的资源文件为 f_1 , 优先对其进行处理. 为了方便叙述,这里设

$$R_{V_s \rightarrow List}(f_1) = \{V_1, V_2, \dots, V_k\},$$

即在链路 i 上,有 $V_1, V_2, \dots, V_k$ 节点发起的获取资源文件 f_1 的 P2P 流量. 之后,获取文件 f_1 的布局映射 $R_{List \rightarrow V'}(f_1)$ 以及 P2P 流量的拓扑映射关系 $R_{i \rightarrow e}$, $i \in I, e \in E$. 此时,在选择新的 peer 节点时面对的困难是, P2P 连接数是受到来自协议或来自 P2P 应用或用户体验的不同限制的,反应到本文建模的拓拓扑图 G 上,即对拥有资源文件的节点,其有出入度的限制,于是,对于同一个热点资源的需求队列中,任何一个节点先选定其更新的目标 peer 后,都有可能对其它尚未选定更新 peer 的节点,产生影响. 如图 5 所示,节点 1 和 2 需要寻找新的 peer,而节点 3、4、5 则都是拥有 1、2 所需的资源文件的节点,从图 5 上标示的优化目标函数 F 的取值可以看出,对于节点 1 和 2 自身来说,节点 3 是其局部最优解. 但是此时节点 3 只剩 1 个可用连接数,若保证 F 最小值的 $2 \rightarrow 3$ 连接建立,则节点 1 需要与节点 4 建连,此时 $F(1,4) + F(2,3) = 110$, 远远高于 1、3 建连, 2、5 建连时的 $F(1,3) + F(2,5) = 45$. 由此可见,为了避免陷入局部最优,而导致算法的全局失效,需要在算法设计上做相应处理.

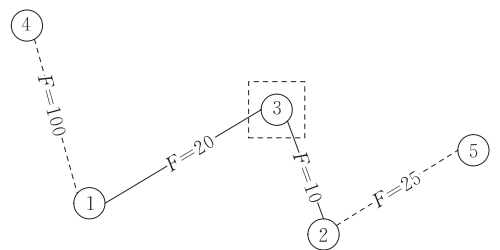


图 5 备选节点冲突

从以上分析得到启发,本算法在此安排选取目标 peer 的优先级时,不是直接安装各个节点所能得到的最优解的优化程度(即目标函数 F 的值)排序,而是应该根据各个节点所能得到的最优解与次优解之间的差值大小排序. 据此,分别计算 $V_1, V_2, \dots, V_k$ 中各个节点在更换目标 peer 节点后,全网范围内,

能使得目标优化函数 F 值最优(即最小)的新 peer 节点 A , 以及使得 F 次优的 peer 节点 B , 分别记录这两个节点, 并计算 V_n 选择这两个不同目标 peer 时, 目标函数 F 的差值, 记为 $\Delta_r(V_n)$. 计算完成后, 将 $\Delta_r(V_1), \Delta_r(V_2), \dots, \Delta_r(V_k)$ 按照降序排列, 优先让 $\Delta_r(V_n)$ 值最大的节点 V_n 选取最优目标 peer. 若在 V_n 连接后, V_n 的目标节点达到入度上限, 则此时对 $V_1, V_2, \dots, V_k$ 队列中, 将最优解或次优解目标与 V_n 的目标节点相同的节点, 更新其最优或次优解, 并更新差值 Δ_r . 依此循环进行, 直到 $V_1, V_2, \dots, V_k$ 均选定新的目标 peer, 此时, 修正全网拓扑, 并更新相应个边的连接开销. 之后代入热点文件 f_2 , 循环进行, 直到将该链路上的所有可释放的 P2P 流量全部重新规划至其它链路上. 至此, 完成了对网络资源进行全局优化的重构, 在保证指定链路高优先级业务需求的前提下, 整合全网资源, 提升网络运营商的整体资源规划能力和服务质量.

经过以上分析, 将算法描述如下:

1. 检查指定链路 i 上的 P2P 流量.
2. 获得需求集合 P' , 即指定链路 i 上 P2P 流量的各个发起节点的资源文件请求情况, 并按资源文件热度排序.
3. 若此时集合 P' 不空, 则选择当前集合 P' 中, 热度最高的文件所映射的各个发起节点. 否则, 算法停止.
4. 根据映射关系 $R_{List \rightarrow v'}$ 和 $R_{i \rightarrow e}$, $i \in I, e \in E$, 即文件在全网中的布局情况和 P2P 流量的拓扑映射关系, 计算步 3 中选出的各个节点当前的最优解和次优解, 计算 Δ_r , 按照 Δ_r 降序排列, 并记此队列为 L .
5. 若此时 L 不为空, 则选择 L 中排序第一的节点, 优先选择最优解目标 peer, 并将此节点从 L 中删除. 若 L 为空, 则跳转步 7.
6. 若在步 5 选择后, 该目标 peer 达到入度上限, 则更新其它所有以此目标 peer 为最优解或次优解的节点, 并更新 Δ_r , 再次对 L 降序排序, 跳转步 5. 否则, 直接跳转步 5.
7. 从集合 P' 中删除此文件与其起始节点的映射, 跳转步 3.

算法伪码描述

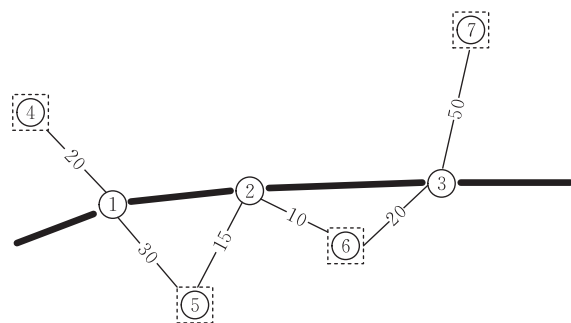
0. $NetResRecon(Queue P', R_{List \rightarrow v'}, R_{i \rightarrow e}, Req) \{$
1. $f_{top} \leftarrow FILM; Note_{top}, Note'_{top} \leftarrow NOTE;$
 $L_f, L'_f \leftarrow QUEUE;$
2. 对 P' 按照热点率降序排序;
3. $While(P' \neq \emptyset \& \& temp < Req) \{$
4. $f_{top} = Move(P');$
5. 获取 f_{top} 所对应的节点列表 L_f ;
6. $While(L_f \neq \emptyset) \{$
7. $Note_{top} = Move(L_f);$
8. 根据 $R_{List \rightarrow v'}$ 和 $R_{i \rightarrow e}$ 计算 $Note_{top}$ 的最优解、次优解以及两者间的差值 Δ_r ;

9. $\}$
10. 对 L_f 按节点 Δ_r 降序排列, 得 L'_f ;
11. $While(L'_f \neq \emptyset \& \& temp < Req) \{$
12. $Note'_{top} = Move(L'_f);$
13. $Note'_{top}$ 取最优解, 更新 L'_f ;
14. $temp += Cost(Note_{top});$
15. $\}$
16. $\}$
17. $\}$

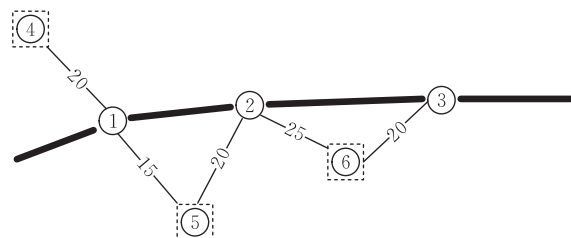
由算法的伪码描述可以看出, 算法框架上成两次循环的嵌套形式. 设集合 P' 中连接总数为 N , 则由于高优先级业务的带宽需求 Req 给定, 实际运算中需要处理的连接数 $n \in N$. 算法中涉及排序的部分假设实现上采用快速排序, 其时间复杂度为 $O(n \log n)$. 设依据算法分析, 所需重构的节点数为 m , 则伪码中 6~9 行时间复杂度为 m 的常数项, 而 11~14 行的循环, 由于其要根据当前节点 $Note'_{top}$ 的最优解更新 L'_f , 重置其中最优解或次优解与当前节点冲突的节点备选对象, 其中涉及对冲突节点的查找和当前节点的剔除, 其时间复杂度应为 $m!$. 于是, 本算法时间复杂度的估计为 $O(nm!)$.

由于上述算法为近似的启发式算法, 并不能完全保证在所有情况中均能取得理论最优解, 对算法求得的优化解与理论最优解之间的差距会因具体网络环境不同而存在差异, 现简要举例.

如图 6(a) 所示, 释放网络资源的目标链路为 1-2-3, 其所需资源在节点 4、5、6、7 处均有提供且这



(a) 网络拓扑1



(b) 网络拓扑2

图 6

4 个节点均只剩余 1 个可用连接数,连接成本如图 6 (a)所示. 在此的网络环境中,理论最优解应该为 1-4、2-5、3-6,连接成本总计为 $20+15+20=55$. 而使用 P2P-NRRA 技术,得到优化解的过程为:首先 1 选择最优解,不存在冲突,与 4 建连;2 选择最优解 6,与节点 3 的最优解冲突,计算两个节点最优解和次优解的差值分别为 5、30,故节点 3 优先,与 6 建连,节点 2 与次优解 5 建连. 故在此网络环境中, P2P-NRRA 技术可以取得理论最优解.

而如图 6(b)所示的网络环境中,本算法最优解选择步骤为:节点 1 选择最优解,由于与 2 最优解和次优解的差值相等($20-15=25-20$),故不产生冲突,节点 1 选择最优解 5;节点 2 则选择次优解 6,此时发现节点 3 无可备用选节点,产生节点饥饿. 而理论上的最优解应为 1-4、2-5、3-6 所有节点均得到服务. 可见 P2P-NRRA 算法在节点竞争并产生饥饿的环境中并未获得良好最优化性能,有进一步完善优化空间,后续研究中会详细演算近似比并完善本算法.

4.4 算法仿真

本文采用如图 7 所示的网络拓扑结构,对基于 P2P 流量规划的网络资源可重构分配策略进行 NS2 仿真. 子网中包含若干网络终端设备,全网的终端设备总数浮动设置,进行总体规模上限为 3000 的多阶段仿真. 各节点间的连线表示仿真拓扑中各子网的物理链路,其中各段链路的主要参数在仿真开始前进行统一设定,在结果统计时根据仿真数据和之前确定的全网相关参数(如链路长度、结算费用、带宽等),代入 4.1 节中的全网开销表达式中进行计算,获得相应开销值,并以此和仿真获得的相关数据,对 2 个方面的主要变化趋势和性能影响等进行分析验证. 这 2 个方面分别为

(1)考察网络高优先级业务突然出现时,本算法在网络重构的收敛速率、对全网性能以及被重构节点性能等方面的影响.

(2)考察本文提出的算法在不同网络规模下的效果、对网络节点性能等方面的影响.

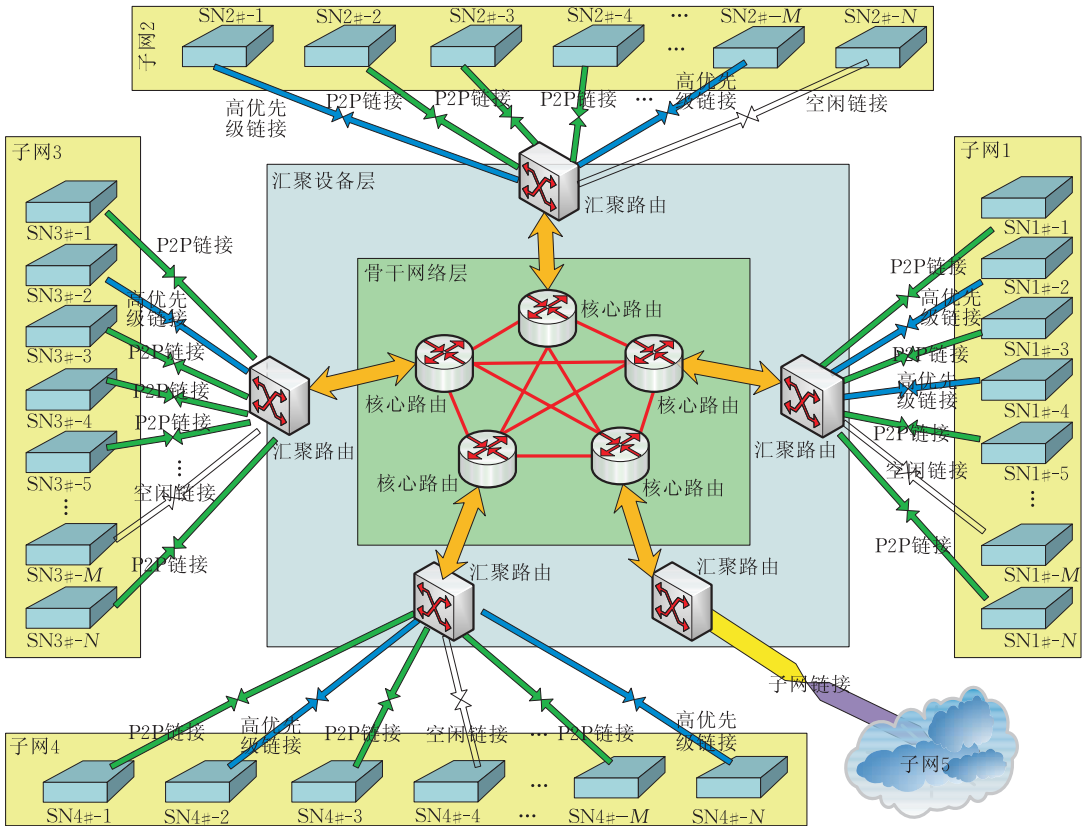


图 7 仿真网络拓扑

仿真结果如图 8~图 12 所示,分别从上述方面反映了本文所提出的网络资源可重构分配策略的相关特性. 下面本文针对这 4 个方面,对仿真结果分别进行详细说明.

考察网络高优先级业务突然出现时,本算法在网络重构的收敛速率、对全网性能以及被重构节点性能等方面的影响. 图 8 为全网环境下,出现高优先级业务时,在使用本文策略进行全网优化的情况下,

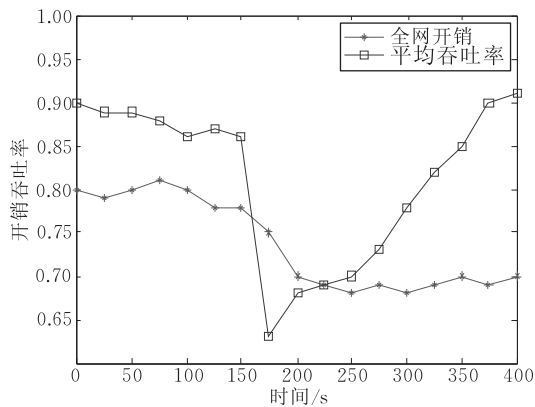


图 8 全网开销及吞吐率变化

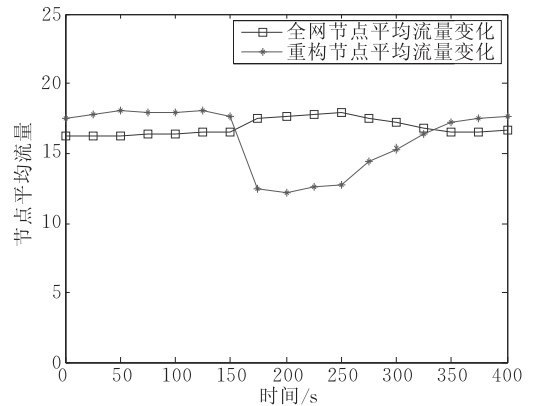


图 9 网络重构节点流量变化

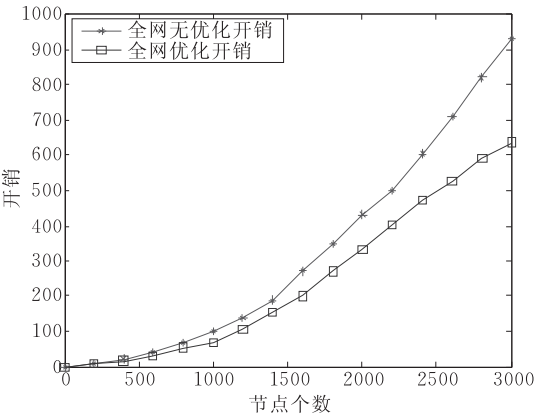


图 10 全网开销随网络规模变化

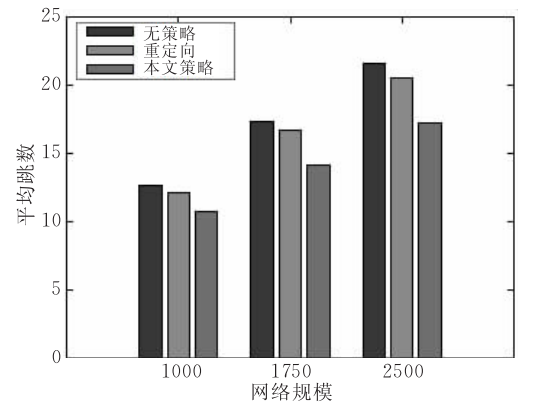


图 11 平均跳数随网络规模变化

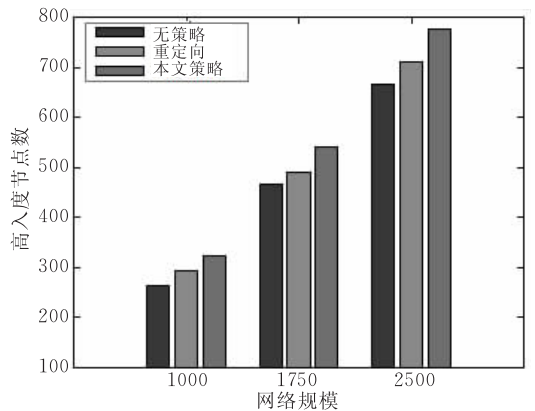


图 12 高入度节点数随网络规模变化

全网的连接开销和平均吞吐率随着时间的变化情况,图 9 为在同图 8 情况下,被重构节点的流量随时间的变化情况.在图 8 和图 9 中,横轴为时间,跨度为 0 至 400 s.图 8 纵轴为比率,为了将全网开销和平均吞吐率曲线调整到一个合适的坐标空间,此处将开销值取 1/1000,吞吐率取 1/20.两条曲线分别为全网平均吞吐率随时间的变化情况和全网开销随时间的变化情况,此时的网络规模为 3000 个节点,在时间 $t=150$ s 时,全网范围出现 20% 的高优先级业务量.

由图 8 可以看出,当全局范围内出现高优先级业务时(即 $t=150$ s 时刻),全网的实时吞吐率会在当时受到较大影响,并在 25 s 内达到负影响的极大值,至此,网络重构开始收敛,由于重构算法分层迭代的设计,全网吞吐率开始呈现阶梯状回升,并在 175 s 后,回复到重构前的速率水平,而曲线代表的全网开销,则呈现出在第 150 s 的时刻高优先级业务出现,并引发网络重构后,逐渐降低,并在网络吞吐率稳定前基本达到新的稳定水平,减少了 13% 的全网连接开销.而图 9 中,可以看出被重构节点在第 150 s 的时刻,流量发生锐减,并在之后 70 s 内保持相对平缓的降低并达到极小值,这是因为重构算法在根据重构流量中的文件热点度进行迭代重构.此后,流量开始呈现阶段性的回升,达到重构前的流量水平.而全网节点流量总体变化较为平缓,当相应节点发生流量重构时,全网节点平均流量出现平缓上升,随着相应节点流量重构结束,全网平均流量平缓回落至初始水平.

通过图 8 和图 9,可以发现,本文提出的策略是能够在可接受的时间范围内快速收敛的,在保证高优先级业务需求的前提下,降低了全网的连接开销,使得整体结构更加合理,同时有效减少了对 P2P 用户的使用影响.

为讨论本文提出的算法在不同网络规模下的效果、对网络节点性能等方面的影响,给出下面实验结果.其中,文件热点率保持为 2%,图 10 为全网开销随网络规模的变化曲线图,两曲线表示使用和未使用本文重构策略的网络开销变化趋势.图 11 为全网节点的平均跳数随网络规模的变化图,3 根方柱分别是无策略、简单重定向策略和本文策略的情况.图 12 为节点平均入度随网络规模的变化,同图 11.

由图 10 可看出,全网的开销随网络规模的增大呈现加速增长的趋势,不同的是,未按本文策略进行优化的情况下,网络开销的增长速度则要大于进行全网优化的情况,尤其是随着网络规模的增大,这种差别呈现出逐渐增大的趋势.表明本文策略有效控制了随网络规模增大而加速激增的全网连接开销.而图 11 中,文件热点率保持在 2% 不变的情况下,可以看出在 1000、1750 和 2500 这 3 种网络规模上,经过本文策略优化的网络结构下,平均跳数均小于未经优化的网络,而简单重定向机制则介于两者之间.从图 12 中可以看出,按照本文的优化策略,全网范围内,节点入度达到 3 及以上的节点数要高于未经优化和按照简单重定向机制进行优化后的网络,这给高入度节点带来了一定压力.

5 有关部署方面的局限性

关于本文方案在部署中的问题以及与 P4P 的关系,在此做阐述.

首先,可重构网络体系结构及相关技术的部署实现,需要对当前网络做出重大调整,配备或升级大量的相应网络承载设备加以支持,这一网络升级过程具有一定的困难和阻力.但即便如此,可重构网络具备资源配置方面的重大优势,使近年来呼声逐渐提高,在未来确有可能会逐步替代现有网络架构.在这种局面下,本文方案可依照第 4 节中所述方案部署实施.

同时,考虑到可重构网络全面替代现有网络还需时日,笔者也对本文方案在现实网络环境下的部署实施进行了相应的分析设计,在此做一讨论,其结构如图 13 所示.

本文方案在现实网络环境中的部署实施,仅需要网络的边缘汇聚路由器提供相应支持;同时,需要一组中央服务器,在其上部署本技术的规划算法,当网络规模很大时则可以搭建云处理平台,如图 13 所示.受当前网络运营的商业模式所限,云平台无法在

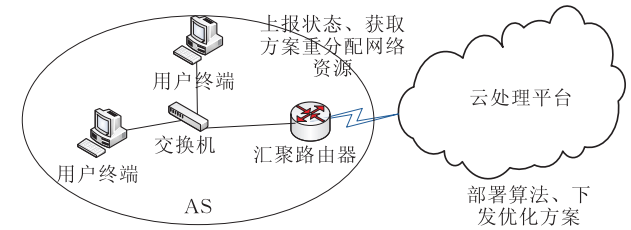


图 13 P2P-NRRA 部署结构

不同运营商之间共享,因此针对现实网络的部署实际情况需要各运营商针对自治域或自治域联盟部署自己的云平台管理自治域中各网域之间的流量分配.上述部署方法在现网中可行性较强,如下文所述:

汇聚路由器需要向云平台提供其网内的网络信息.当前多数厂商的主流路由器都已具备了 DPI 功能,且运营商也已部署各层别的 DPI 设备,这一信息在当前环境下是可以提供的.另一方面,汇聚路由器需要接受云平台返回的优化方案,调整相应流量.此时,需要边缘路由器获取 peerlist 信息.这种协议干预方面的实验,作者在格林威尔的 EPON 接入的 OLT 设备 EP6100 及比威 12008 系列路由器上均做过实验,验证了方案的可行性.

云平台上部署 P2P-NRRA 规划算法,获取由各域中的汇聚路由器上报的网络信息,优化调配全网资源.当网域内某链路出现高优先级业务时,依据当前网络状态,调用 P2P-NRRA 算法,生成相应规划方案下发,保证高优先级业务的网络资源需求,同时最大限度的降低对 P2P 应用业务的影响.

另外,本文的方案与 P4P 的主导思想并不矛盾,而是调整和细化.一方面针对 P4P 的信息共享提出了基于 DPI 的调整建议,另一方面细化了当网络高优先级业务来临的情况下的一种以调整 P2P 流量来满足高优先级业务的最优化算法.

6 结束语

本文针对网络资源分配不均的实际问题,尤其网络面对高优先级业务时的容纳能力有限和 P2P 业务汹涌的现实情况,在可重构网络架构逐渐明朗化的今天,独辟蹊径地提出了一种以调整 P2P 业务为主要手段的网络资源分配方案.在保障 P2P 用户感受的前提下,有目标的释放突发需求的指定链路上 P2P 所占的大部分网络资源,来保证其它高优先级的业务应用,形成可由运营商全局统筹的、按需分配的可重构柔性网络环境,为运营商极大减轻了网络带宽的负担.

本文详细仿真验证了方案的可行性和效果. 通过仿真结果看出本技术可有效优化全网 P2P 流量, 并在突发高优先级业务时, 以 P2P 应用小幅波动为代价, 有效的按需重构指定链路的 P2P 流量, 达到全网资源合理分配, 形成弹性的网络环境. 此外, 后续针对可重构网络短期内无法迅速铺开的现状, 对现有网络架构做出了一种部署方式的讨论, 详细说明了现网部署对网络改造的程度不大, 论述了其可行性. 本文的后续研究中, 将重点针对当前网络运营商业模式下, 运营商各自为政无法有统一云平台管理的部署问题进行深入探讨和思考, 拟建立博弈模型对此问题进行分析并考虑统一云平台的可行性方案.

致 谢 在此, 由衷感谢林闯老师对本文工作提出的宝贵意见和建议!

参 考 文 献

- [1] China Internet Network Information Center. 27th Statistical Report on Internet Development in China. Beijing: China Internet Network Information Center, 2011(in Chinese)
(中国互联网络信息中心(CNNIC). 第 27 次中国互联网络发展状况统计报告. 北京: 中国互联网络信息中心, 2011)
- [2] Greg Goth. Traffic management becoming high-priority problem. IEEE Internet Computing, 2008, 12(6): 6-8
- [3] Jamali Abdellah, Naja Najib, El Quadghiri Driss, Benaini Redouane. Improving quality of service (QoS) in multi-protocol label switching modul//Proceedings of the 9th Mediterranean Microwave Symposium (MMS 2009). Tangiers, 2009: 1-4
- [4] Liu Qiang, Wang Bin-Qiang, Han Zhen-Hao. Research on QoS of reconfigurable network. Journal of Information Engineering University, 2009, 10(1): 64-67(in Chinese)
(刘强, 汪斌强, 韩振昊. 基于可重构网络的服务质量(QoS)研究. 信息工程大学学报, 2009, 10(1): 64-67)
- [5] Zhao Xin, Lan Ju-Long, Zhang Xiao-Hui. Model of service-oriented for flexible network configure broker in the reconfigurable network. Journal of Information Engineering University, 2009, 10(1): 61-63(in Chinese)
(赵昕, 兰巨龙, 张校辉. 可重构网络中柔性网络配置代理服务提供模型. 信息工程大学学报, 2009, 10(1): 61-63)
- [6] Wu Jun-Ting, Ji Xin-Sheng, Lan Ju-Long. Research on multi-path finding algorithms in reconfigurable router. Journal of Information Engineering University, 2009, 10(1): 118-120(in Chinese)
(邬钧霆, 季新生, 兰巨龙. 可重构路由器中多路径查找方法研究. 信息工程大学学报, 2009, 10(1): 118-120)
- [7] Liu Qiang, Wang Bin-Qiang, Xu Ke. Construction and reconfiguration scheme of the hierarchical reconfiguration network based on the components. Chinese Journal of Computers, 2010, 33(9): 1557-1568(in Chinese)
(刘强, 汪斌强, 徐格. 基于构件的层次化可重构网络构建及重构方法. 计算机学报, 2010, 33(9): 1557-1568)
- [8] Awad Christian, Sanso Brunilde, Girard Andre. Differentiated reliability in traffic engineered MPLS and DiffServ-aware next generation networks//Proceedings of the 7th International Workshop on the Design of Reliable Communication Networks(DRCN 2009). Washington DC, 2009: 265-272
- [9] Mahmoud Omer, Anwar Farhat, Salami Momoh Jimoh E. Simulation and analysis of an admission control mechanism for MPLS DS-TE. Computer Communications, 2008, 31(10): 2178-2184
- [10] Liu Yunhao, Zhang Zhenyun, Xiao Li, Ni Lionel M. A distributed approach to solving overlay mismatching problem//Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS). Tokyo, Japan, 2004: 132-139
- [11] Xu Ke, Zhang Ming, Liu Jiangchuan et al. Proxy caching for peer-to-peer live streaming. Computer Networks, 2010, 54(7): 1229-1241
- [12] Ma Dong-Chao et al. A novel EPON optimized for P2P traffic transmitting. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2010, 33(2): 88-93(in Chinese)
(马东超等. 优化 P2P 业务传输的新型 EPON 接入网. 北京邮电大学学报, 2010, 33(2): 88-93)
- [13] Xu Ke, Liu Hongying, Liu Jiangchuan, Zhang Jixiu. LBMP: A logarithm-barrier-based multipath protocol for Internet traffic management. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2010, 22(3): 476-488
- [14] Xie H Y, Yang Y R, Krishnamurthy A, Liu Y B, Silberschatz A. P4P: Provider portal for applications. Computer Communication Review, 2008, 38(4): 351-362
- [15] Chen Wen-Long, Xu Ke, Xu Ming-Wei et al. Components-based reconstructable routing development environment. Journal of Information Engineering University, 2009, 10(1): 28-33(in Chinese)
(陈文龙, 徐格, 徐明伟等. 基于构件的可重构路由开发环境. 信息工程大学学报, 2009, 10(1): 28-33)
- [16] Lin Chuang, Li Yin, Wan Jian-Xiong. Optimization approaches for QoS in computer networks: A survey. Chinese Journal of Computers, 2011, 34(1): 1-14(in Chinese)
(林闯, 李寅, 万剑雄. 计算机网络服务质量优化方法研究综述. 计算机学报, 2011, 34(1): 1-14)
- [17] Lin Chuang, Wan Jian-Xiong, Xiang Xu-Dong et al. Dynamic optimization in computer systems and computer networks: models, solutions, and applications. Chinese Journal of Computers, 2012, 35(7): 1339-1357(in Chinese)
(林闯, 万剑雄, 向旭东等. 计算机系统与计算机网络中的动态优化: 模型、求解与应用. 计算机学报, 2012, 35(7): 1339-1357)



MA Dong-Chao, born in 1980, Ph.D. , lecturer. His research interests include Next Generation Internet, network management and traffic flow management.

WANG Xiao-Liang, born in 1986, master candidate.

Background

In this paper we mainly discussed the P2P flow optimization and QoS guarantee. There have conducted extensive research into these two areas in international study. As a matter of fact, these aspects including P2P flow limit, Cache device deployment and P2P Localized, Mainly involves the technology of P2P flow detect, P2P flow filtering and P2P flow localization strategy. In the research of QoS guarantee, put forward the MPLS-TE etc traffic engineering protocol and technology.

This paper bands P2P traffic optimization and QoS guarantee together, meet the sudden QoS requirements under the condition of lacking of network resources with the adjustment and optimization of P2P flow. This paper also gives the technology deployment scheme aiming at the reconfigurable network environment, and preliminary discussions about IP network environment.

The research subject of this paper belongs to reconfigurable network project, The current network development changes with each new day, and the network equipment upgrading increasingly frequent. In this context, this project on

His research interests include software technology and network architecture.

YANG Sen, born in 1985, master candidate. His research interests include software technology and network architecture.

MA Li, born in 1968, Ph.D. , professor. His research interests include high performance computing and embedded system.

network equipment flexibility and even the whole network of flexibility has important basic role. The reconfigurable network project studies the existing IP network environment on both hardware and software aspects to re-design the construction and making them into components. In this reconfigurable architecture, the network equipment in the near future can even like Windows operating system and PC, which can install or uninstall software and insert boards as the owner wants, so that we can protect investment, greatly shorten the upgrade time, enabling the network needs to meet in a very short period of time to achieve.

Research team in reconfigurable network study, has made such as reconfigurable network architecture overall design, the component standard design, component developing environment construction, design and development of the component libraries and other aspects of research results. This paper is the subject of reconfigurable networks project, and the further optimized and added of QoS guarantee and P2P traffic management.