

教育网 P2P 站点的 IP 地址双栈应用^①

卞庆纲

(天津大学 管理与经济学部, 天津 300072)

摘要: P2P 技术作为一种较新的网络技术以其巧妙的方式将网络中的用户连接起来, 极大地加速了用户之间的数据传输, 用户可以更充分地利用有限的网络带宽进行资源共享。随着 IPv6 地址的逐步推广, 越来越多的网络用户将会使用 IPv6 地址, 而原有的 P2P 应用程序对 IPv6 用户的支持都不太理想, 拥有 IPv4 地址的用户和拥有 IPv6 地址的用户无法进行有效的通信。在实际 P2P 站点的基础上探讨如何将单栈 P2P 站点拓展到双栈应用。

关键词: P2P; IPv4; IPv6; BT 技术; tracker 服务器

Dual Stack Application of Education Network P2P Website

BIAN Qing-Gang

(School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: As a novel network technology, P2P connects the clients in the network artfully and accelerates the data communication between clients. Clients could share their resources with limited network bandwidth efficiently. With the popularization of IPv6 address, more and more network clients would use IPv6 address while original P2P applications could not support IPv6 users effectively. Users with IPv4 address and users with IPv6 address could not communicate effectively. Based on a practical P2P website, this paper investigates how to extend IPv4 website to dual stack application.

Key words: P2P; IPv4; IPv6; BT technology; tracker server

P2P 技术是指“点对点”技术, 即网络中的用户不从服务器上获取资源, 而是用户之间直接进行通信并传输数据的新型网络技术。这样通信的好处是可以节省服务器的系统资源和带宽, 从而有效地利用站点用户空闲的网络带宽, 这样可以极大地加大数据传输量。在当今的互联网应用中, 有 50-90% 的流量都是来自于 P2P 应用^[1]。但是随着 IPv6 地址的推广, 原有的 P2P 站点已经不能满足当前用户的需要, 如何将原有的 IPv4 单栈应用扩展到 IPv4、IPv6 双栈应用成为了绝大多数 P2P 站点的急需解决的问题^[2]。本文结合校园网 P2P 站点 TJUPT 的做法, 详细地阐述了如何将原有 IPv4 站点拓展成为双栈站点。

1 P2P和BT技术研究

1.1 P2P 技术

P2P 技术是指“点对点”技术, 又叫做对等互联

网络技术。具体是指网络中的客户端进行点对点的连接, 形成网状的网络拓扑结构。传统的服务器、客户端模式, 将资源全部存储在服务器上, 用户想要获取信息或资源都要从服务器上获取。当用户量很大时, 用户与服务器直接的数据传输会占用大部分网络带宽, 造成网络拥堵, 这一问题成为了制约服务器、客户端模式的主要因素之一^[3]。为了解决这一问题, P2P 技术应运而生。用户直接进行数据传输的方式不但节省了服务器的带宽而且极大地提升了用户获取资源的速度。P2P 技术在网络电视、BT 下载等领域中都有着广泛的应用。其中, BT 下载是 P2P 技术在各个领域中最成熟的运用。本文中所阐述的 TJUPT 站点就是基于 BT 技术的资源共享网站。

1.2 BT 技术

BT 技术基于 P2P 原理, 用户通过 BT 软件下载资源, 用户之间相互传输资源。实现 BT 下载过程, 主

^① 收稿时间:2011-08-15;收到修改稿时间:2011-09-24

需要三个组件: tracker 服务器、BT 客户端软件(如 BitTorrent、uTorrent 等)和种子文件。其中种子文件中记录了 tracker 服务器的地址以及要下载的文件的信息。当用户获得种子后,用 BT 软件打开种子, BT 软件获得 tracker 服务器的地址并向 tracker 服务器发送一个 HTTP 的 GET 请求,即发送用户标识、用户的 IP 地址、端口号和要下载的资源 ID 等信息到服务器。Tracker 服务器获取用户请求后首先验证用户的有效性,验证通过后首先将此用户的 IP 地址、端口号等信息插入到数据库的表中,然后将参与下载同一个文件的下载者的信息返回给用户。BT 客户端软件在收到 tracker 服务器的响应后根据这些 IP 地址、端口号等信息与其它下载者建立连接,从它们那里下载文件。Tracker 服务器的核心是一个脚本文件和一个记录下载者信息的数据库表。客户端软件向 tracker 发送请求实质上就是通过 HTTP 协议调用这个脚本文件,并把自己的信息包含在 GET 参数中,脚本文件中的代码实现了验证、查询、返回下载者的信息的功能。本文中所述 TJUPT 站点是基于 PHP 实现的, tracker 脚本文件为 announce.php, 数据库为 mysql, 记录下载者信息的表为 peers 表。BT 下载的具体过程如图 1。

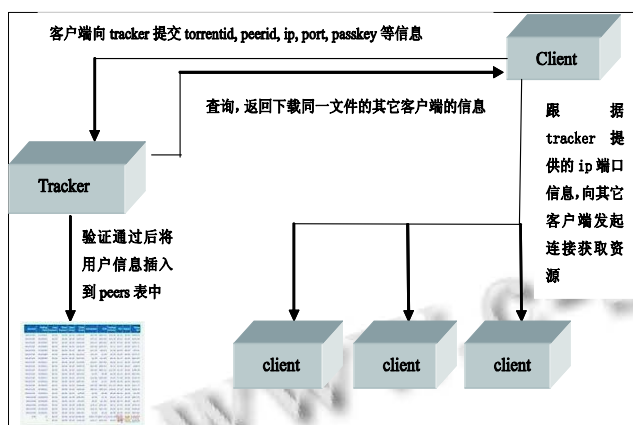


图 1

1.3 教育网 P2P 站点的 IP 地址双栈问题

1.3.1 IPv6 地址

全球的 ipv4 地址即将耗尽,由 IPv4 向 IPv6 转化是全球互联网发展必然的趋势^[4]。随着网络的不断发展,网络中的 IPv4 IPv6 双栈用户和纯 IPv6 用户将会变得越来越多^[5]。CERNET(中国教育和科研计算机网)是我国 IPv6 网络的主要推广力量和试用场所,因此,

如何将教育网或校园网的原有 IPv4 网络应用扩展到双栈应用成为了教育网站急需解决的问题。其中,教育网 P2P 站点更是如此。在原有的 IPv4 P2P 站点中,客户端和 tracker 服务器都只是拥有 IPv4 地址,数据库列表中记录的地址也只是 IPv4 地址。一旦 tracker 服务器扩展为双栈网络,即 tracker 服务器同时拥有 IPv4 地址和 IPv6 地址,并且网络中也会出现 IPv4 IPv6 双栈用户或纯 IPv6 用户。目前,国内外科研人员和工程师都提出了不同的方案来实现 IPv4 和 IPv6 的共存以及从 IPv4 到 IPv6 的过渡。最常用的是双栈和隧道化技术。所谓“双栈”是指一种让节点同时连接到 IPv4 和 IPv6 网络的集成方法。在这种方法中,节点有两个协议栈,这两个协议栈可以位于同一个接口上,也可以位于多个接口上。在使用双栈方法时,根据目标地址决定使用哪个协议栈。这样,只支持 IPv4 的老式应用会像以前那样运行,而新的应用可以使用两个 IP 层。隧道化技术使用 IPv4 协议来封装 IPv6 分组,通过边缘路由器在主机之间实现隧道化。

1.3.2 天津大学 TJUPT 站点的双栈拓展问题

天津大学 TJUPT 站点是天津大学开发的教育网 P2P 站点,对天津大学校内用户开放双栈 IP 地址,对天津大学以外的教育网用户开放 IPv6 地址。天津大学校园网用户每个 IPv4 地址每月都有 10G 的流量限制,校内的 IPv4 地址之间的通信不产生流量,当校内的 IPv4 地址与校外的 IPv4 地址通信时会产生流量。TJUPT 站点的域名为: pt.tju.edu.cn, tracker 文件为 announce.php,记录下载者信息的数据库表为 peers 表。域名 pt.tju.edu.cn 同时具有 IPv4 和 IPv6 地址。种子文件中记录了 tracker 服务器的地址: http://pt.tju.edu.cn/announce.php。BT 客户端软件就是通过这个地址向 tracker 发送 GET 请求的。tracker 服务器在对用户的信息进行验证后会向用户返回 peers 表中的 IPv4 用户和 IPv6 用户的信息。BT 客户端软件获取到 tracker 服务器返回的信息后便尝试向其它下载者发起连接。TJUPT 屏蔽了天津大学校外的 IPv4 地址,即 TJUPT 的校外用户都是通过 IPv6 网络连接到 tracker 服务器的,然而很多校外的 IPv6 用户同时也会具有 IPv4 地址, tracker 向校外用户同时返回了 IPv4 用户和 IPv6 用户的信息,那么校外 IPv4 地址和校内的 IPv4 地址就一定会建立起连接。这样,就造成了天津大学校内用户的流量损失。具体过程如图 2。如果要阻止这种

连接，需要在天津大学校内用户的客户端屏蔽校外的 IPv4 地址，但这样需要每一个天大用户都去对自己的客户端进行设置，这样是不现实的。在下一章我们详细讨论 TJUPT 是如何在双栈的条件下避免校内 IPv4 用户的流量损失的。

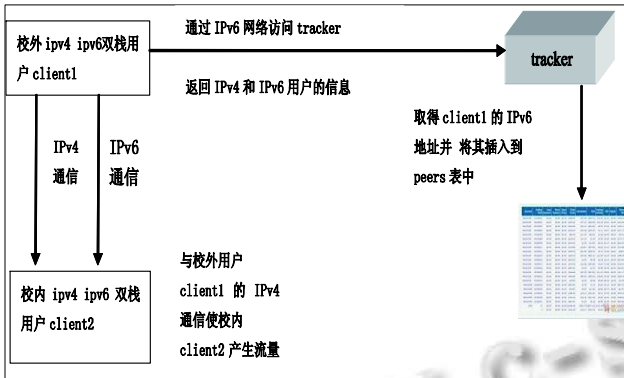


图 2

2 应用探索：P2P站点的双栈拓展

TJUPT 在双栈条件下避免校内 IPv4 用户流量损失的核心策略就是避免校内 IPv4 用户与校外 IPv4 用户之间进行通信。TJUPT 的校外用户均为 IPv6 用户，而校内用户为纯 IPv4 用户和 IPv4 IPv6 双栈用户。校外的 IPv6 用户自身也会有 IPv4 地址，如果 tracker 将校内的 IPv4 用户的地址返回给校外用户，校外 IPv4 地址与校内 IPv4 地址之间的通信就会造成校内 IPv4 用户流量的损失。

2.1 单 tracker 方案

为了解决上述问题，我们首先考虑单 tracker 方案，即使用一个 tracker 地址。当 announce.php 检测到来自 IPv6 的请求后首先判断这个 IPv6 地址是来自校内还是校外。如果来自校外，只向它返回只包含 IPv6 地址的列表，这样校外 IPv6 用户即使自身也拥有 IPv4 地址，由于无法获得校内 IPv4 地址的列表，因此无法建立与校内 IPv4 地址的连接，使得校内 IPv4 用户不会产生流量损失。当 tracker 检测到 IPv6 地址的请求来自校内时，向这个地址返回同时包含 IPv4 和 IPv6 地址的列表，这样校内双栈用户就可以与校内 IPv4 地址及校内、校外 IPv6 地址进行通信，在保证不产生流量损失的基础上提高数据传输速度。但这种措施会产生一个问题。当校内双栈用户访问 TJUPT 站点时，通过 DNS 解析 TJUPT 域名时，会优先解析 IPv6 的域名，即校内双栈用户是通过 IPv6 网络访问 TJUPT 的，这样 tracker 就

无法获得校内双栈用户的 IPv4 地址，也无法将校内用户的 IPv4 地址插入到 peers 表中。那么由于数据库中缺少校内双栈用户的 IPv4 地址，校内纯 IPv4 用户只能获得校内纯 IPv4 用户的地址，即纯 IPv4 用户不能与校内双栈用户进行通信，纯 IPv4 用户被隔离起来。当正在下载某个种子的纯 IPv4 用户比较少时，数据传输速度会受到严重影响。具体过程如图 3。

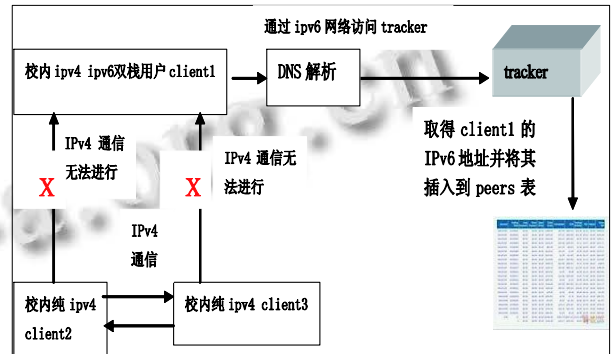


图 3

2.2 双 tracker 方案

因为单 tracker 方案无法解决我们的问题，我们采用了双 tracker 方案。我们使用了两个 tracker 地址，一个为 <http://pttracker4.tju.edu.cn/announce.php>，它绑定了 tracker 服务器的 IPv4 地址。另一个 tracker 地址为 <http://pttracker6.tju.edu.cn/announce.php>，它绑定了 tracker 服务器的 IPv6 地址。我们的核心策略是在下载页面中向不同 IP 的用户分配不同的种子。当用户下载种子时，我们首先在下载页面判断用户的 IP 地址，如果用户是 IPv4 地址或校内 IPv6 地址，那么用户得到的种子中记录着 <http://pttracker4.tju.edu.cn/announce.php>；如果用户是校外 IPv6 地址，那么用户得到的种子中记录着 <http://pttracker6.tju.edu.cn/announce.php>。TJUPT 站点屏蔽了校外的 IPv4 地址，即访问到 TJUPT 的 IPv4 用户均为校内用户，这一点可以在页面代码中加以控制。因此，向 tracker 服务器发送请求的用户分为三类：校外 IPv6 用户，校内纯 IPv4 用户和校内双栈用户。我们分三种情况讨论。

2.2.1 校内纯 IPv4 用户

当 tracker 收到来自 IPv4 地址的客户端的请求后，验证成功后，tracker 向用户返回相应种子的 IPv4 用户的信息，同时将当前用户的信息也记录在 peers 表中。当前用户收到 tracker 返回的列表后，与相应的 IPv4

用户发起连接并进行通信, 由于 IPv4 用户都是校内用户, 因此通信不会产生流量。

2.2.2 校外 IPv6 用户

校外 IPv6 用户向 tracker 发送请求时调用的是 `http://pttracker6.tju.edu.cn/announce.php` 文件, 在 `announce.php` 文件中, 通过代码验证 IPv6 地址是来自校内还是来自校外 (天津大学 IPv6 地址段为 2001:da8:a000:), 当 IPv6 地址不是来自这个段时, tracker 服务器只向客户端返回 IPv6 用户的信息, 同时也将此用户的信息插入到 peers 表中。这样即使校外 IPv6 用户同时具有 IPv4 地址, 由于无法获得校内 IPv4 地址的列表, 就无法与校内 IPv4 用户建立连接, 这样就可以避免校内 IPv4 用户的流量损失。

2.2.3 校内双栈用户

天津大学校内双栈用户通过 DNS 解析双栈域名 `http://pt.tju.edu.cn` 时, DNS 服务器优先解释 IPv6 地址, 即校内双栈用户访问的是与 IPv6 地址绑定的域名。因此用户在下载种子文件时使用的是 IPv6 地址, 同时下载页面会判断出这个 IPv6 地址来自校内, 用户得到了 tracker 地址为 `http://pttracker4.tju.edu.cn/announce.php` 的种子文件, 当客户端打开种子文件后, 向 `http://pttracker4.tju.edu.cn/announce.php` 发送请求, 即向 tracker 服务器的 IPv4 地址发送请求。这时, 由于 tracker 是 IPv4 地址, 它只能获得客户端的 IPv4 地址, 即校内双栈用户的 IPv4 地址。同时, TJUPT 用户普遍使用 uTorrent 客户端, uTorrent 软件有一个功能是在客户端访问具有 IPv4 地址的 tracker 服务器时, 如果客户端同时拥有 IPv6 地址, uTorrent 会以 HTTP GET 的方式将自己的 IPv6 地址发送给 tracker, 即 `announce.php` 文件可以通过 `$_GET['ipv6']` 变量获得客户端的 IPv6 地址。这样, tracker 可以将校内双栈用户的 IPv4 地址和 IPv6 地址同时存入 peers 表, 同时, 将 peers 表中符合条件的 IPv4 地址和 IPv6 地址返回给客户端。这样校内双栈用户的 IPv4 地址和 IPv6 地址同时被存入到 peers 表中, 校内纯 IPv4 用户可以获得校内双栈用户的 IPv4 地址, 从而解决了单 tracker 方案中的问题, 具体过程如图 4。

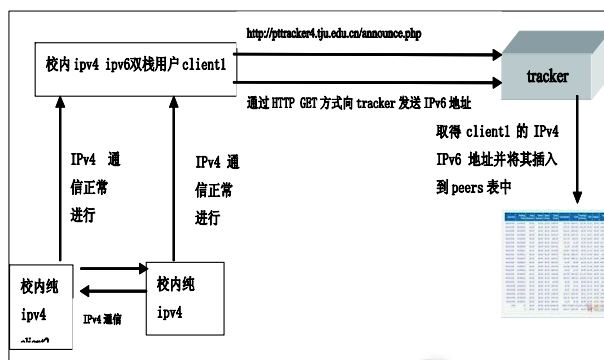


图 4

2.2.4 校外双栈用户

对于校外双栈用户, 我们屏蔽掉了他们的 IPv4 地址; 即校外用户只通过 IPv6 网络与其它用户建立连接, 这样在保护了校内 IPv4 地址的基础上扩大了站点的应用范围, 同时也起到了在教育网内推广 IPv6 网络的作用。

3 结语

原有 IPv4 P2P 站点扩展到双栈站点会产生很多问题, 本文在介绍了 P2P 技术和 BT 技术原理的基础上, 详细分析了教育网 P2P 站点 TJUPT 所遇到的问题及解决方案, 巧妙的使用了双 tracker 策略和 uTorrent 的特性解决了校内用户流量损失的问题, 在理论和实践方面做出了有益的探索。

参考文献

- 1 卢东祥, 于建江. BT 流量对校园网络造成的影响及其对策. 计算机系统应用, 2006, 15(10): 90-92.
- 2 奚达新. 基于 IPv6 组播的 P2P 文件的分发. 网络通讯与安全, 2007, 9(3): 355-356.
- 3 杨晓波. P2P 技术在 CDN 网络中的应用研究. 计算机系统应用, 2007, 16(3): 15-19.
- 4 刘晓兰, 高胜法, 颜菲菲. IPv6 及其前景展望略. 计算机系统应用, 2004, 13(9): 75-78.
- 5 Karpilovsky E, Gerber A, Pei D, Rexford J, Shaikh A. Quantifying the extent of IPv6 deployment. Passive and Active Network Measurement, 2002, 5448(20): 13-22.