
基于 P2P 技术的流媒体视频点播体系结构研究^{◇*}

魏云申¹⁺

¹(南京大学 软件学院,江苏 南京 210009)

VOD system research based on P2P streaming media technology^{*}

WEI Yun-Shen¹⁺

¹(Software Institute, Nanjing University, Nanjing 210009, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-15996291891, Fax:, E-mail: mfl432068@nju.edu.cn, <http://software.nju.edu.cn>

Received 2014-10-08; Accepted 2014-11-08

Abstract: In the past ten years, the development of the Internet has greatly contributed to the development of network applications, especially the streaming video on demand service. Research shows that multimedia data accounts for 70% on the Internet. The proportion may be even higher with the development of network technology. The traditional video on demand uses client/server mode, all clients are requesting video data to the server, which is the single view source. However, this system has a lot of defects, if the number of clients is relatively small, the server can satisfy various user video requirements, but once the number increases, the server burden aggravate gradually, and eventually paralysis. So the client / server model is only suitable for small scale VOD system. Then IP multicast and the arrangement of the CDN (Content Delivery Network) are put forward to provide video on demand services, but it's more difficult to achieve because of the cost and scale in the Internet, so it is not the best choice. The development of P2P technology makes the video on demand system based on P2P network get more and more attention. It can use the idle upload bandwidth and computing capability of nodes to other nodes in the service, which is the core idea of P2P technology. With the traditional client / server architecture of video on demand system based on P2P technology is compared, with low cost, good expansibility. The purpose of this paper is to introduce the related theories based on Streaming Media VOD system of P2P, the discussion on which the video transmission process based on streaming media, summarized the realization mechanism of Streaming Media VOD system and the architecture of P2P.

Key words: P2P; Streaming Media; VOD; System Architecture

摘 要: 近十年来,网络的发展极大促进了各种网络应用的发展,特别是流媒体视频点播服务受到了越来越多的关注和应用,曾有研究机构表明互联网上 70% 的流量都源自多媒体,而随着网络技术的发展,这一比例可能会更高。传统的视频点播都采用的是客户端/服务器模式,它以服务器作为单一的视频源,所有的客户端都是向服务器请求视频数据。但是这种系统服务模式有很大的缺陷,如果客户端的数量比较小,服务器能满足各用户视频播放的要求,但是,一旦客户数剧增,将会导致服务器负担逐渐加重,最终瘫痪。所以客户端/服务器模式只适合规模较小的点播系统。随后又提出了 IP 组播和布置 CDN (Content Delivery Network) 来提供视频点播服务,但是实现起来比较困难,成本太高,在互联网很难大规模的实施,因此都不是最好的选择。P2P 技术的发展使得基于

* Supported by the Software Institute, Nanjing University

作者简介: 魏云申 (1992—),男,江苏无锡人,硕士,现就读于南京大学软件学院工程硕士。

P2P 网络的视频点播系统受到了越来越多的关注,它利用节点的闲置上行带宽和计算能力为其他节点服务,这也是 P2P 技术的核心思想^[1]。与传统的基于客户端/服务器架构的视频点播系统相比, P2P 技术具有成本低、扩展性好的优点。本文即在介绍基于 P2P 的流媒体视频点播系统相关理论的基础上,对其中基于流媒体的视频传输过程进行讨论,同时对 P2P 流媒体视频点播体系架构的实现机制进行综述。

关键词: P2P;流媒体;视频点播;体系结构

中图分类号: TP301 文献标识码: A

基于 P2P 的流媒体视频点播系统充分利用了网络中的闲置资源,分担了服务器负载,极大的提高了传输效率,成为视频点播系统的主流。

1 相关技术理论介绍

1.1 流媒体技术

1.1.1 基本含义

流媒体是指以流的方式在网络中传输音频、视频等多媒体文件的格式,实际上它是从英语 Streaming Media 翻译过来的,流媒体是一种能让用户在互联网上将音频、视频等多媒体信息以无需等待下载完成和实时的形式进行播放的技术。流媒体文件格式是支持采用流式传输及播放的媒体格式。

1.1.2 流媒体的原理

流媒体传输的实现需要缓存,因为在互联网中,它是以包传输为基础进行断续的异步传输。对一个多媒体文件来说,在传输过程中它要被分解为许多数据包,由于网络是动态变化的,各个包选择的路由可能不尽相同,所以到达客户端的时间延迟也就不等,甚至先发的数据包还有可能后到。因此,我们需要使用缓存系统来弥补延迟和抖动的影响,并保证数据包的顺序正确,从而使媒体数据能连续输出,而不会因为网络暂时拥塞使播放出现停顿。鉴于高速缓存使用环形链表结构来存储数据,即通过丢弃已经播放的内容,流可以重新利用空出的高速缓存空间来缓存后续尚未播放的内容。所以高速缓存所需容量并不大。

在采用流式传播的多媒体服务系统中,视频、音频等多媒体文件经过特殊的压缩方式分成多个较小的流媒体数据包,这些数据包通过多媒体服务器连续不断地、实时地传送给用户。同时在客户端系统首先创建一个缓冲区,在播放前预先下一段数据作为缓冲,在网络实际连线速度小于播放所耗的速度时,播放程序就会取用一小段缓冲区内的数据,这样可以避免播放的中断,也使得播放品质得以保证。用户只需要利用支持流媒体的播放器或者其他的工具将接收到的流媒体数据包进行解压就可以进行正常的播放和观看。因此,采用流媒体技术后用户只需要经过几秒或几十秒的启动延时即可在用户计算机上利用相应的播放器对压缩的视频或音频等流式媒体文件进行播放,没有下载完成的视频文件将在后台继续从流媒体服务器中进行下载^[2]。

1.1.3 流媒体的分类

实现流式传输的方法有两种:顺序流式传输和实时流式传输

- 顺序流式传输就是顺序下载,在下载文件的同时用户可以观看。但是,用户的观看与服务器上的传输并不是同步进行的,用户是在一段延时之后才能看到服务器上传过来的信息,或者说用户看到的总是服务器在若干时间以前传出来的信息。在这过程中,用户只能观看已下载的那部分,而不能跳到还未下载的部分,因此该方式不支持拖动,即通过功能的限制来减少网络的抖动。顺序流式传输比较适合高质量的短片段,因为它可以较好地保证节目播放的最终质量。它适合于在网站上发布的供用户点播的音视频节目,由于技术简单,仅需厂商提供服务器即可组建,目前在网络上应用比较广泛。
- 在实时流式传输中,音视频信息可被实时观看到。在观看过程中用户可快进或后退以观看前面或后面的内容,但是在这种传输方式中,只是简单在顺序播放的基础上增加这一功能,如果网络传输状况不理想,频繁的拖动将使服务器不堪重负,则收到的信号效果比较差,势必要通过相关技

术途径来解决。P2P 技术对这一点是一个有益的补充,在一定程度上提高了实时流式传输的可行性,改善了媒体传输的服务质量。

1.1.4 流媒体的特点

与传统下载方式相比,对多媒体文件采用流式传输方式具有下列几大优点:

1. 等待时间减少

传统的网络传输音频和视频等多媒体信息的方式是完全下载后才能看到其中的内容,下载常常要花费数分钟甚至数小时。而采用了流媒体技术后,用户只需要等到几秒或几十秒的延时启动就可以观看视频,等到时间大幅减少。

2. 无需大量缓存

客户端接收到的流媒体信息是以流媒体数据包为单位的,通过解压多个数据包进行播放。因此,计算机无需在接收到所有数据包后才解压观看,这在一定程度上减轻了对系统缓存的压力。

3. 可变带宽技术

可变带宽技术使得人们可以在 28-1200k 的环境下在线欣赏高品质音频和视频节目。

4. 获取用户信息

由于流媒体在传输过程中是连续、实时的,而不象传统的媒体或者网络 HTTP 协议是无状态的。因此流媒体可以比较方便的跟踪用户的相关信息。这是很重要的一个功能,尤其对教育而言。

1.1.5 流媒体的应用

1. 视频点播(VOD)

视频点播是当前互联网中最流行的流媒体应用,视频点播服务商们如雨后春笋般地出现,例如以中央电视台创立的中国网络电视台为代表的“国家队”,以及以上海聚力传媒有限公司为代表的“地方队”,使得我们足不出户就能在网络上欣赏到清晰的大片。

2. 网络电视

网络电视是主要以实时的电视节目提供用户观看,它的功能更像是一台家用电视机,它还能提供当前流行的体育类节目的实况转播,这一点更受到年轻的互联网网民的喜爱。

3. 电视上网

网络发展至今,国家也一直在商讨“三网”合并的相关事宜,特别是在 3G 网络开通之后,电视生产厂家积极和移动网络接入服务商们合作,大规模的推出能够上网的电视,只需要消费者们轻按遥控器,就可以在浩瀚的互联网中畅游。

4. 远程教学

远程教学在广大的大专院校和培训机构中已经得到了广泛的应用,利用流媒体技术,在远程教学中教师和学生之间可以很好的互动,学生在家就可以享受到很好的教育。

5. 视频会议

视频会议比起传统的电话会议更能让与会者们有效地交流,而且它部署起来非常方便,会议的成本也比较低,在开会的同时还可以在与会者之间传送相关的电子档材料。它的这些优点使得视频会议在政府,企业等部门得到了广泛的应用^[3]。

1.2 P2P技术

1.2.1 基本含义

P2P 是英文 Peer-to-Peer 的缩写,又称点对点技术,是分布式系统与计算机网络相结合的产物。P2P 网络是采用对等模式工作、去中心服务器的、依靠用户群交换信息的互联网体系。与有中心服务器的中央网络系统不同,对等网络的每个用户端既是一个节点,也有服务器的功能,节点在接收服务的同时也向其它节点提供服务,能够直接进行信息与内容的交互^[4]。任何一个节点无法直接找到其他节点,必须依靠其户群进行

信息交流。

1.2.2 P2P 的原理

在传统的客户端/服务器模式中，在整个互联网中部署了少数性能优良的终端设备作为公共服务设备，负责向其他用户提供资源，这样对众多客户端来说负担比较轻松。

随着 Internet 的快速发展，网络技术不断提高，使得越来越多的个人终端设备能很方便的加入到 Internet 中，个人终端设备的性能也在大幅度的提高，Internet 用户们在自身条件满足的情况下希望能广泛与其他用户进行信息交流，在传统的 C/S 模式中，个人设备只能和服务器进行信息交流，要满足用户日益增长的需求，同时，服务器的带宽以及计算性能都可能成为系统的瓶颈，而且网络的不稳定和较差的扩展性都使得人们积极寻求一种新的技术来解决当前的问题，因此，P2P 技术应运而生。P2P 技术使得每一个终端用户都具有客户端和服务器的双重身份，由于客户之间可以从其他客户直接获取服务和资源，因此，P2P 技术的发展将会使得互联网趋向于“非中心化”，网络中提供服务的大型网站将不会再是互联网的中心^[5]。

如下图 1 所示，C/S 结构中的节点 A、B、C 获得内容的唯一途径就是向服务器发送请求，消耗服务器的带宽资源，而在 P2P 结构中，向服务器发送请求并非节点获得内容的唯一途径，他们可以分别与各自的邻居节点进行内容的交互，从而减少服务器带宽资源的消耗。

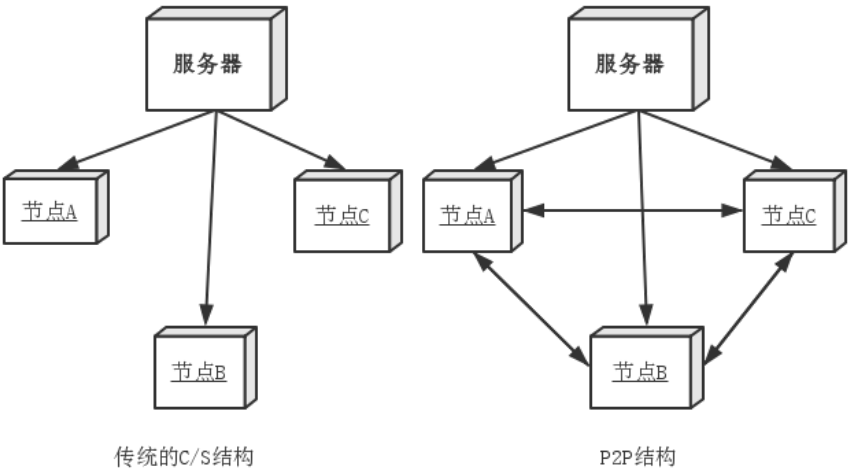


图 1 传统的 C/S 结构与 P2P 结构^[6]

1.2.3 P2P 的特点

各终端节点的对等性是 P2P 技术理念的核心，对等网络中的节点之间通过直接通信共享信息资源、处理器资源、存储资源甚至高速缓存资源等，无需依赖集中式服务器资源就可以实现服务的获取和资源的共享^[7]。与传统的 C/S 模式相比，它突破了传统模式的瓶颈，减轻了服务器端的压力，P2P 技术的特点主要体现在以下几个方面：

1. 去中心化

P2P 网络中的资源和服务分散在各个终端节点上，信息的传输和服务的实现都直接在结点之间进行，可以无需中间环节和服务器的介入，避免了将资源统一存放在中心服务器上可能造成的瓶颈。P2P 的去中心化基本特点，带来了其在可扩展性、健壮性等方面的优势。

2. 可扩展性

P2P 网络中的终端节点数目没有限制，并且每一个终端节点都具有提供服务和资源的能力，新用户可以随时加入到网络中。因此随着用户的加入，不仅服务的需求增加了，系统整体的资源和服务能力也在同步地扩充，始终能比较容易地满足用户的需要，不会因为新终端节点的加入而导致系统服务能力的下降，反而会使整个系统的服务能力逐渐增强。在传统的客户端/服务器模式下，在某一时间段内可能会出现大量的客户端用户集中向服务器索取某一种相同的服务或者资源，这种

情况下很容易让服务器负荷过重而瘫痪,这就是所谓的“热点效应”,但是这种情况在 P2P 系统中很难出现,理论上其可扩展性几乎可以认为是无限的。

3. 健壮性

P2P 架构天生具有耐攻击、高容错的优点。P2P 网络通常都是以自组织的方式建立起来的,终端节点的加入或者是离开都是不受限制的,在部分终端节点离开网络的时候,系统能动态地调整整个网络的拓扑结构,不会让其他节点因为部分节点的离开而得不到服务,因此节点的离开对网络服务能力影响非常有限。并且由于服务是分散在各个结点之间进行的,部分结点或网络遭到破坏对其它部分的影响也很小,P2P 网络一般在部分结点失效时能够自动调整整体拓扑,保持其它结点的连通性。

4. 高性价比

性能优势是 P2P 被广泛关注的一个重要原因。随着硬件技术的发展,个人计算机的计算和存储能力以及网络带宽等性能依照摩尔定理高速增长,网络中的用户数量非常庞大,这些普通用户具有大量的闲置资源。。采用 P2P 架构可以有效地利用互联网中散布的庞大的用户群,将存储资料、计算任务等分配到这些普通终端节点之上,利用其中闲置的计算能力或存储空间,达到高性能计算和海量存储的目的,让他们为其它节点服务。并且在工业界,企业只需要添置必需的辅助管理设备,而不需要花费昂贵的代价配置大量服务器即可为用户提供服务,节省运营成本。

5. 隐私保护

在 P2P 网络中,由于信息的传输分散在各节点之间进行而无需经过某个集中环节,用户的隐私信息被窃听和泄露的可能性大大缩小。此外,目前解决 Internet 隐私问题主要采用中继转发的技术方法,从而将通信的参与者隐藏在众多的网络实体之中。在传统的一些匿名通信系统中,实现这一机制依赖于某些中继服务器节点。而在 P2P 中,所有参与者都可以提供中继转发的功能,因而大大提高了匿名通讯的灵活性和可靠性,能够为用户提供更好的隐私保护。

6. 负载均衡

P2P 网络环境下由于每个节点既是服务器又是客户机,减少了对传统 C/S 结构服务器计算能力、存储能力的要求,同时因为资源分布在多个节点,更好的实现了整个网络的负载均衡。

1.2.4 P2P 技术的应用

1. 对等计算

采用 P2P 技术的对等计算,就是将网路中众多计算机暂时不用的计算能力连接起来,完成一个超级计算机的功能。把原来需要超型计算机来计算的大型任务进行分块,并通过系统控制中心的调度软件进行调度和管理,分发给普通计算机来执行具体运算操作。任何需要大量数据处理的行业都可以从对等计算中获益,如天气预报、动画制作、基因组的研究等。从本质上讲,对等计算就是网络上不同的计算机的 CPU 资源的共享。

2. 文件共享

由服务器提供检索服务,用户之间直接通信实现下载。代表性的产品是当年叱咤风云的 Napster,迅雷以及 BT^[8]。Napster 公司是一家向网络用户提供 MP3 目录服务,同时利用 P2P 技术进行下载的公司,全网络的音乐迷们能够利用 Napster 公司提供的服务随心所欲地向网络用户共享自己的个人设备上的音乐资源,同时也可以将其他用户共享的资源下载到自己的硬盘上。通过提供这样的服务,Napster 公司在短短的几年内积累了将近 5000 万的用户,取得了巨大的成功^[9]。

3. 协作系统

网络的出现使协作系统成为可能。但传统的 Web 实现方式给服务器带来了极大负担,造成了昂贵的成本支出。P2P 技术的出现,使得因特网上任意两台计算机都可以建立实时的联系,建立了这样一个安全、共享的虚拟空间,人们可以进行各种各样的活动,这些活动可以是同时进行,也可以是交互进行的。P2P 技术帮助企业及合作伙伴之间建立其一种安全的网上工作联系方式,因此

基于 P2P 技术的协作系统受到了极大重视。协作系统是另一种类型的 P2P 网络, 和文件共享不同, 协作系统中的一个用户可在同一时刻将一个信息多点传送到若干个用户。美国 lotus 公司创办的 Groove Network(www.groove.net)就是最为著名的 P2P 协作系统应用研究组织之一, 它是运用中继服务器来完成 P2P 多点传送的^[10]。

4. 流媒体

P2P 技术也可以应用到流媒体, 每个流媒体用户也是一个 P2P 中的一个节点。P2P 流媒体系统中, 媒体数据不用全部传输给每个用户, 而是把它们分散传输给每个用户, 再通过用户间的连接, 每个用户就可以得到合在一起的媒体数据。即使每个用户与服务器的连接带宽是有限的, 应用 P2P 技术, 每个用户依然可以通过流媒体系统享受高质量的多媒体服务。代表产品有: PPLive 和 UUSee^[11]。PPLive 的设计采用了混合式架构, 继承和结合了 Client/Server 和 P2P 架构的各自优势。位于中心的是视频源和服务器, 视频源提供多种视频服务, 服务器负责记录当前用户选择的频道。用户收看的节目被分成固定长度的帧, 可以从网络中其他节点处下载, 而且每个节点会缓冲一定时间内的视频数据, 以提供给下一个用户。这种结构使得 PPLive 具有人越多、播放越流畅的特点^[12]。

5. 深度搜索引擎

P2P 技术另一个优势是开发出强大的搜索工具, 使用户能够深度搜索文档, 而且这种搜索无需通过 web 服务器, 也可以不受信息文档格式和宿主设备的限制, 可达到传统目录式搜索引擎(只能搜索到 20%~30%的网络资源)无可比拟的深度^[13]。

1.3 视频点播技术

1.3.1 基本含义

视频点播 (Video on Demand, VoD) 是集动态影视图像、静态图片、声音、文字等信息为一体的, 为用户提供实时、高质量按需点播服务的系统。它是一种以图像压缩技术、宽带通信技术、计算机技术等现代通信手段为基础发展起来的多媒体通信业务^[14]。VOD 系统以串流媒体的方式进行即时播放, 目的是让用户在任何时间观看感兴趣的视频内容。近年来, 随着宽带接入技术的发展, 特别是互联网宽带接入用户数量不断增加, 基于互联网的视频服务开始盛行, 国内外都有不少网站提供视频点播服务, 例如美国著名的视频网站 YouTube 每天约有 2000 万次访问量^[15]。

1.3.2 VOD 的分类

根据不同的功能需求和应用场景, 主要有三种 VOD 系统^[16]:

1. NVOD

可称为就近式点播电视。这种点播电视的方式是: 多个视频流依次间隔一定的时间启动发送同样的内容。比如, 十二个视频流每隔十分钟启动一个发送同样的两小时的电视节目。如果用户想看这个电视节目可能需要等待, 但最长不会超过十分钟, 他们会选择距他们最近的某个时间起点进行收看。在这种方式下, 一个视频流可能为许多用户共享。

2. TVOD

称其为真实点播电视, 它真正支持即点即放。当用户提出请求时, 视频服务器将会立即传送用户所要的视频内容。若有另一个用户提出同样的需求, 视频服务器就会立即为他再启动另一个传输同样内容的视频流。不过, 一旦视频流开始播放, 就要连续不断的播放下去, 直到结束。这种方式下, 每个视频流转为某个用户服务。

3. IVOD

称为交互式点播电视。它比前两种方式有很大程度上的改进。它不仅可以支持即点即放, 而且还可以让用户对视频流进行交互式的控制。这时, 用户就可象操作传统的录像机一样, 实现节目的播放、暂停、倒回、快进和自动搜索等。

1.3.3 VOD 的结构

1. 服务端系统

服务端系统主要由视频服务器、档案管理服务器、内部通讯子系统和网络接口组成。档案管理服务器主要承担用户信息管理、计费、影视材料的整理和安全保密等任务。内部通讯子系统主要完成服务器间信息的传递、后台影视材料和数据的交换。网络接口主要实现与外部网络的数据交换和提供用户访问的接口。视频服务器主要由存储设备、高速缓存和控制管理单元组成，其目标是实现对媒体数据的压缩和存储，以及按请求进行媒体信息的检索和传输。视频服务器与传统的数据服务器有许多显著的不同，需要增加许多专用的软硬件功能设备，以支持该业务的特殊需求。例如：媒体数据检索、信息流的实时传输以及信息的加密和解密等。对于交互式的 VOD 系统来说，服务端系统还需要实现对用户实时请求的处理、访问许可控制、VCR（Video Cassette Recorder）功能（如，快进、暂停、重绕等）的模拟。

2. 网络系统

网络系统包括主干网络和本地网络两部分。因为它负责视频信息流的实时传输，所以是影响连续媒体网络服务系统性能极为关键的部分。同时，媒体服务系统的网络部分投资巨大，故而在设计时不仅要考虑当前的媒体应用对高带宽的需求，而且还要考虑将来发展的需要和向后的兼容性。当前，可用于建立这种服务系统的网络物理介质主要是：CATV（有线电视）的同轴电缆、光纤和双绞线。而采用的网络技术主要是：快速以太网、FDDI 和 ATM 技术。

3. 客户端系统

点播用户只要操作遥控器，轻轻一按，就可心想事成的收看和欣赏自己喜爱的节目，并可随时调整放映的进度、快慢等。VOD 的出现使得电视机变成了一种可以随机获取信息的媒体，更像是一本书或是一张报纸，可以浏览，可以调整，不再局限于某一时间、日期和固定节目的限制^[17]。

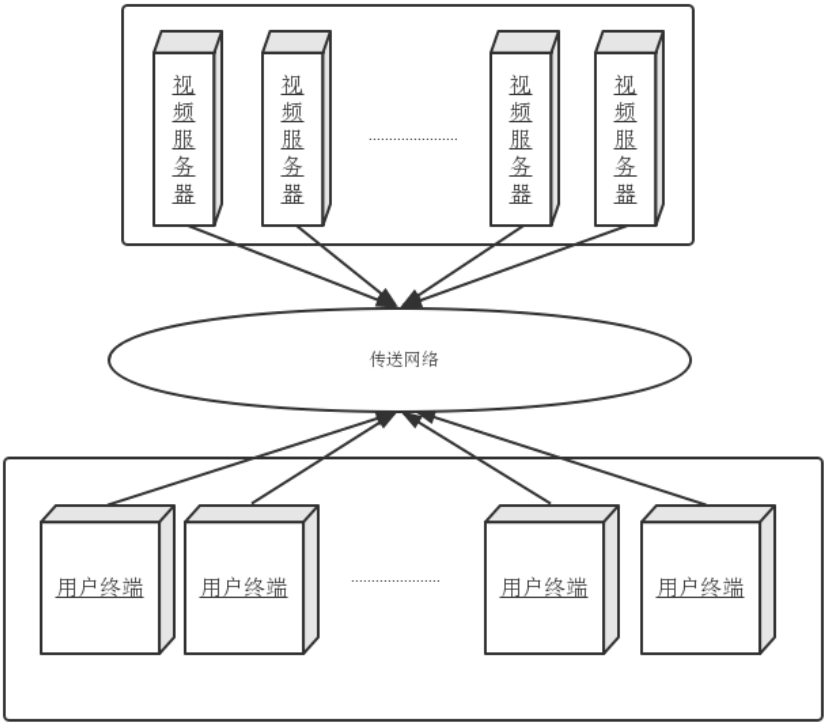


图 2 VOD 结构^[18]

2 基于流媒体的视频传输过程

2.1 流媒体传输方式

从技术上讲,流媒体传输方式可分为简单的顺序流式传输和复杂的实时流式传输两种。所谓的顺序流式传输,即用户在下载流媒体数据的时候是进行的顺序下载,媒体播放器播放的内容是在等待延时的过程中已经下载到本地的流媒体数据,后续的数据还没有被下载到本地,因此,基于顺序流式传输方式的流媒体客户端无法播放还未下载的部分,也就是无法进行流媒体文件前后选择性观看,它的这种传输特点决定对于播放高质量的短片更加适合,比如视频广告等等。所谓的实时流传输,即用户可以实时看到多媒体信息,用户可以自由选择观看流媒体文件的任何时段的内容,但是,如果用户所处的网络传输状况较差,用户观看多媒体的效果就会不理想。传统的 HTTP 等服务器不能够提供实时流式传输服务,要让用户能自由观看多媒体文件任何时段内容所需要布置的服务器系统更加复杂,比如我们常见的 Real Server 和 Windows Media Server,此外,实时流式传输还需要相关的协议支持,比如 RTSP (Real-Time Streaming Protocol) 和 MMS (Microsoft Media Server Protocol) [19]。

2.2 流媒体传输的相关网络协议

在流媒体传输过程中,需要有相关的网络协议来保证流媒体播放器和流媒体服务器之间的多媒体数据流和控制信息的传输,比如: RTCP、RTP、RTSP 等[20]。

1. RTP 实时传输协议

RTP (Real-Time Protocol) 是一个网络传输协议,它是由 IETF 的多媒体传输工作小组 1996 年在 RFC 1889 中公布的。RTP 协议详细说明了在互联网上传递音频和视频的标准数据包格式,通常运行在 UDP 之上,多媒体文件发送端在 RTP 分组中封装媒体块,然后在 UDP 报文段中封装 RTP 分组,最后将该报文段封装到 IP 数据包,接收端从 UDP 报文段中提取出 RTP 分组,然后从 RTP 提取出媒体块,最后将这个媒体块传送给媒体播放器进行解压和播放。RTP 本身不提供任何机制来确保数据的及时交付,以及其他服务质量保证,常用于流媒体系统(配合 RTSP 协议),视频会议和一键通(Push to Talk)系统(配合 H.323 或 SIP),使它成为 IP 电话产业的技术基础[21]。

2. RTCP 实时传输控制协议

RTCP (Real-Time Transmission Protocol) 是 RTP 的姐妹协议,在流媒体传输中和 RTP 相互协作。RTP 使用一个偶数 UDP port;而 RTCP 则使用 RTP 的下一个 port,也就是一个奇数 port。RTCP 为 RTP 媒体流提供信道外控制。它本身并不传输数据,但和 RTP 一起协作将多媒体数据打包和发送。RTCP 定期在流多媒体会话参加者之间传输控制数据。在每一次的 RTP 会话期间,参与者使用 IP 多播将 RTCP 分组传输给会话中的所有参与者,RTCP 分组收集相关媒体连接的统计信息,然后被周期性发送,它包含着发送方和/或接收方发布的包括发送的分组数量、丢失的分组数量、到达时延抖动、传输分组数、传输字节数、单向和双向网络延迟等有用的统计信息[22]。RTCP 的主要功能是为 RTP 所提供的服务质量(Quality of Service)提供反馈,多媒体服务器能够通过 RTCP 分组中包含的反馈信息来修改传输速率,让接收方能更好地接受。

3. RTSP 实时流传输协议

RTSP (Real-Time Streaming Protocol) 是用来控制声音或影像的多媒体流协议,它允许媒体播放器在和多媒体服务器通信过程中,能够自由地控制流媒体的传输,包括快进、快退等控制动作。RTSP 传输时所用的网络通讯协定并不在其定义的范围之内,所以服务端可以自行选择使用 TCP 或 UDP 来传送流内容。

2.3 流媒体的传输流程

如图 2-1 所示,用户首先通过 web 浏览器和 web 服务器通信,确定需要观看的流媒体名称,它们之间的信息通过 HTTP/TCP 传输,web 服务器得知用户的具体需求后立即到流媒体服务器上进行搜索,找到

需要观看的流媒体文件。同时，浏览器启动用户个人计算机中的流媒体播放器，流媒体服务器通过 RTP/UDP 将流媒体数据包传输到播放器，播放器等待一定缓冲时间后即可播放，在播放的过程中，播放器还需要将接收数据的情况等控制信息实时地通过 RTCP/TCP(UDP)传送到流媒体服务器，流媒体服务器将会通过传回的控制信息实时调整传送给播放器的媒体流，以便让用户更好地接收数据流，更好地观看多媒体文件内容[23]。

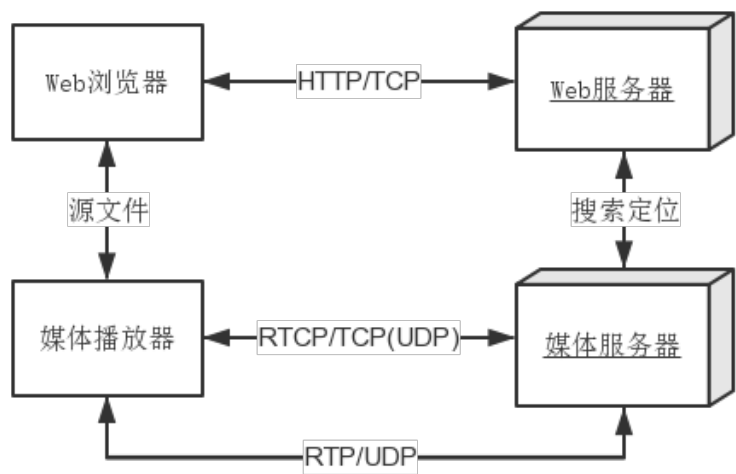


图 3 流媒体传输过程

3 基于 P2P 技术的视频点播体系结构

P2P 视频点播系统可以分为结构化 P2P 视频点播系统与非结构化 P2P 视频点播系统。下面简要阐述下结构化 P2P 视频点播体系结构，本文主要详细阐述非结构化 P2P 视频点播系统架构。

1. 结构化 P2P 视频点播体系结构

基于树的结构是典型的结构化 P2P 视频点播系统，延续了 IP 组播的思想，具有明确的父节点-子节点关系，数据调度简单，数据传输效率高。早期的 P2P 视频点播系统系统大部分是结构化 P2P 视频点播系统，如 P2Cast、P2VoD 和 PeerVoD 等[24]。

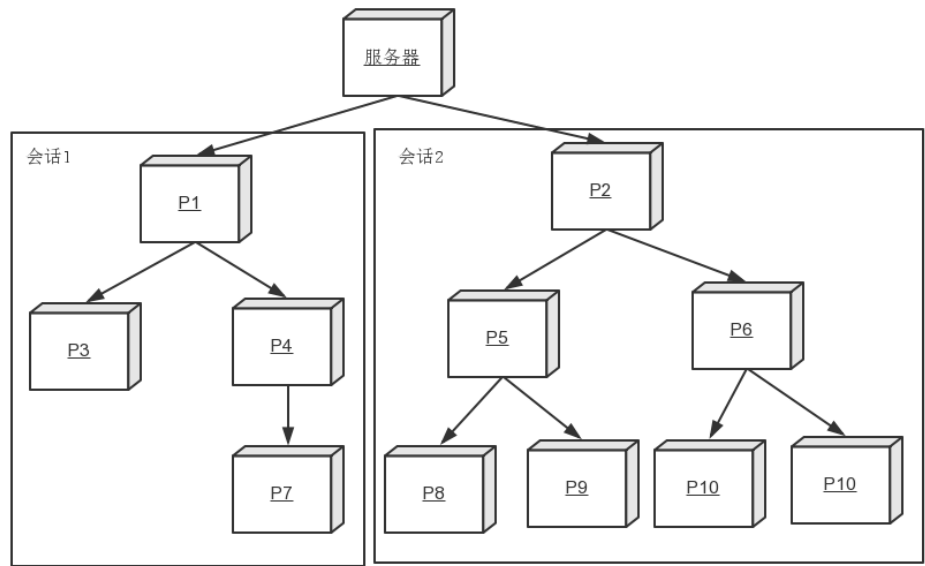


图 4 结构化 P2P 视频点播体系结构

2. 非结构化 P2P 视频点播体系结构

非结构化 P2P 视频点播系统不需要在覆盖网拓扑中构建并维护固定的网络拓扑结构, 通过节点之间的数据互换获得数据交互的高效性。同时, 协议的开销低, 易于实现, 对于网络的动态变化具有良好的适应性。CoolStreaming 和 GridCast 采用了非结构化的网络拓扑结构, 利用 Gossip 协议进行缓存映射信息的交互, 如下图 5 所示[25]。

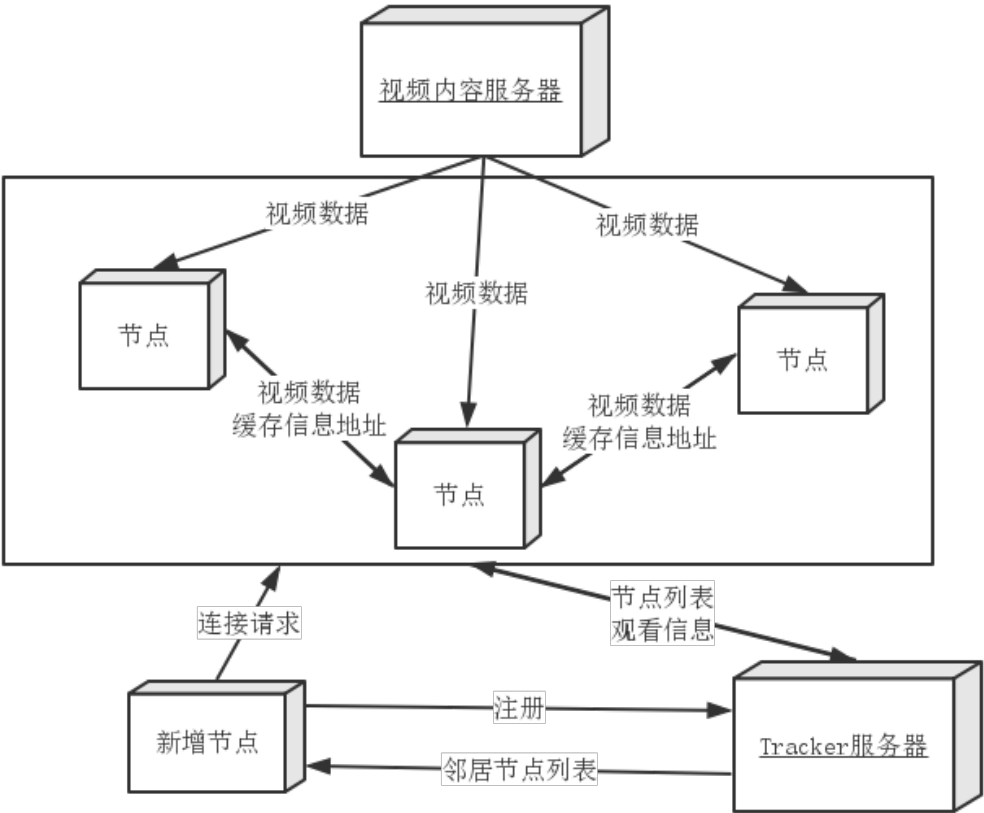


图 5 非结构化 P2P 视频点播体系结构

大规模 P2P 视频点播系统中有大量的用户对某些视频文件感兴趣, 这些视频文件最初由视频内容服务器发布, 因此只在视频内容服务器中存在, 由于视频内容服务器的带宽资源极其有限, 用户之间互相进行视频内容的交互, 以获得更高的观看质量, 因此系统中的用户节点组成一个类似随机图的 Mesh 结构[26]。

当新用户节点加入时, 首先在 Tracker 服务器注册, Tracker 服务器返回一个候选邻居节点列表, 新节点在其中选取若干个节点进行连接, 互相成为邻居节点, 从而加入系统的 Mesh 结构中[27]。当节点的某一个邻居突然离开, 这个节点可以重新向 Tracker 服务器发送请求, 得到一个新的列表, 选取一个新的邻居节点, 也可以通过向现有邻居节点的邻居节点发送请求获得一个新的邻居节点[28]。

P2P 视频点播系统中视频内容的广播与搜索主要依赖以下方式: Tracker 服务器以及 Gossip 方式[29]。首先, Tracker 服务器追踪每一个节点的缓存信息状态, 一旦节点开始观看一个新的节目, 它就通知 Tracker 服务器它缓存了这个节目, 同时一旦它从缓存中删除了某一个节目, 它也通知 Tracker 服务器, 保证 Tracker 服务器始终保存着最新的在线节点的总体缓存信息。

其次, 用户节点之间搜索视频数据块的位置采用 Gossip 方式, 节点将缓存的信息存储在缓存信息地址 (Chunk Bitmap) 中, 邻居之间定期相互交换缓存信息地址, 使邻居节点知道本地缓存的详细存储信息, 节点通过缓存信息地址选取相应的邻居节点发送数据请求。Gossip 方式极大的削弱了获取内容

对 Tracker 服务器的依赖程度,提高了系统的鲁棒性,即使节点与 Tracker 服务器失去了联系,也可以通过 Gossip 方式来获取其他观看同一个节目的节点[30]。

4 结束语

本文全面详细地介绍了基于 P2P 的流媒体视频点播系统的相关技术理论及其特点和应用场景,细致讨论了流媒体传输过程中的实现机制以及方式,最后对基于 P2P 的流媒体视频点播系统的体系架构进行详细的介绍和讨论。

致谢 在此,我们向对本文的工作给予支持和建议的同行,尤其是对南京大学软件学院葛季栋教授及其讨论班上的同学表示感谢。

References:

- [1] Jingzhe Qi. Research on the Strategy of Content Discovery and Resource Location for P2P VoD Systems[D]. Suzhou University,2010.
- [2] Kunmao He. Research on the content distribution technology of streaming media of P2P VoD[D]. University of Electronic Science and Technology of China, 2010.
- [3] Ai Wu, Xinsong Liu, Qingyun Fu, Kejian Liu. DPVoD: VoD system based on P2P structure[J]. Journal of Computer Research and Development, 2008,02:269-277.
- [4] Yajie Liu, Hui Wang, Bo Guo. Research Overview of P2P streaming media data scheduling[J]. Journal of Computer Application. 2008,04:829-831+848.
- [5] Hao Yin, Chuang Lin, Hao Wen, Zhijia Chen, Dapeng Wu. Research of key technology in large-scale streaming media application[J]. Chinese Journal of Computers, 2008,05:755-774.
- [6] Guangzhu Wu, Jinlin Wang. A topological structure for large-scale P2P VoD system[J]. Computer Engineering and Application, 2008,17:21-23+32.
- [7] Shaohua Gu, Mingsheng Wu, Qiang Wang, Guigang Sun, Gaochao Xiao, Lili Xiao. An effective supplier discovery mechanism of P2P streaming media on demand[J]. Application Research of Computers, 2008,09:2804-2808.
- [8] Feng Qiu. Streaming media application and development prospects[J]. Business China, 2008,06:252-253.
- [9] Yajie Liu, Wenhua Dou. A VoD streaming media service system under the environment of P2P[J]. Journal of Software, 2006,04:876-884.
- [10] . Streaming media and streaming transmission technology[J]. Communications Today, 2003,06:30-31.
- [11] Tai T. Do,Kien A. Hua,Mounir A. Tantaoui. Robust video-on-demand streaming in peer-to-peer environments[J]. Computer Communications,2007,313:.
- [12] Hancong Duan. Research on P2P streaming media distribution technology[D]. University of Electronic Science and Technology of China, 2007.
- [13] Zeping Li. Research on the technology of P2P streaming media distribution and service [D]. University of Electronic Science and Technology of China, 2010.
- [14] Gu WJ. Theory of development and application of P2P video on demand technology [J]. Digital Technology & Application, 2012,02:114.
- [15] Weiwen Zhang, Xin Jin , Guoxin Wu, Research and design of a VoD system based on P2P research and design[J]. Computer Technology and Development, 2007,02:159-163.
- [16] Shijun Shen, Sanli Li. Video on demand system based on P2P[J]. Chinese Journal of Computers, 2010,04:613-624.
- [17] Xiaohui Zhu, Surong Chen. Research on the small distributed video on demand system based on streaming media[J]. Microelectronics & Computer, 2010,10:69-73+78.
- [18] Jianjun Tang, Qilian Zhang, Linping Wang. Research on the model of streaming media service based on P2P[A]. China computer society, Learning society of image and graphics, ACM SIGCHI branch in China, Department of computer science and technology,

- Tsinghua university, The first to establish harmonious man-machine environment joint conference proceedings of (HHME2005) [C]., China computer society, Learning society of image and graphics, ACM SIGCHI branch in China, Department of computer science and technology, Tsinghua university:2005:7
- [19] Haiyang Zhang, Hongyi Su, Yi Li. Research on distributed video on demand, network statistics scheduling strategy and load balance[J]. Computer Engineering and Application, 2005,16:165-167.
- [20] Yanli Wang, Jiqing Xian, Jie Bai. Streaming media technology based on the P2P[J]. Computer Applications, 2005,06:1267-1270.
- [21] Xiaojian He, Jinyuan You, Guangtao Xue, Research on adaptivity of Video on demand based on P2P grid[J]. Journal of Computer Research and Development, 2004,12:2200-2205.
- [22] Yingjian Zhi. Research on streaming scheduling technology based on the new type of distributed video on demand architecture[D]. The PLA information engineering university, 2008.
- [23] Changjie Guo, Yuzhuo Zhong. The management model and implementation of a distributed video on demand system[J]. Journal of Tsinghua University(Science and Technology), 2001,07:76-79.
- [24] Liang Zhao. Research on key technology of streaming media service cluster system[D]. Xian university of electronic science and technology, 2009.
- [25] Yubao Zhang. Analysis and optimization of large-scale P2P video on demand system server load modeling[D]. National university of defense technology, 2010.
- [26] Mohamed Hefeeda,Ahsan Habib,Dongyan Xu,Bharat Bhargava,Boyan Botev. CollectCast: A peer-to-peer service for media streaming[J]. Multimedia Systems . 2005 (1)
- [27] Jeon,W.J.Peer-to-Peer Multimedia Streaming and Caching Service. . 2002
- [28] Yang Guo,Kyoungwon Suh,Jim Kurose,Don Towsley. P2Cast: peer-to-peer patching for video on demand service[J]. Multimedia Tools and Applications . 2007 (2)
- [29] Dongyan Xu,,Mohamed Hefeeda,Susanne Hambrusch,Bharat Bhargava.On peer-to-peer media streaming. IEEE Conference on Distributed Computing and Systems . 2002
- [30] Lingjie Yu, Research and implementation of a P2P video on demand system optimization[D]. Fudan university, 2011.

附中文参考文献:

- [1]戚敬哲. P2P 视频点播系统媒体内容发现与定位策略的研究[D].苏州大学,2010.
- [2]何昆彪. P2P 视频点播流媒体内容分发技术研究[D].电子科技大学,2010.
- [3]吴艾,刘心松,符青云,刘克剑. DPVoD:基于 P2P 的视频点播体系结构[J]. 计算机研究与发展,2008,02:269-277.
- [4]刘亚杰,王晖,郭波. P2P 流媒体数据调度研究综述[J]. 计算机应用,2008,04:829-831+848.
- [5]尹浩,林闯,文浩,陈治佳,吴大鹏. 大规模流媒体应用中关键技术的研究[J]. 计算机学报,2008,05:755-774.
- [6]武广柱,王劲林. 一种用于大规模 P2P 点播系统的拓扑结构[J]. 计算机工程与应用,2008,17:21-23+32.
- [7]覃少华,吴明生,王强,孙桂刚,肖高超,肖黎黎. 一种有效的 P2P 流媒体点播的供应者发现机制[J]. 计算机应用研究,2008,09:2804-2808.
- [8]邱峰. 流媒体应用与发展前景探讨[J]. 中国商界(下半月),2008,06:252-253.
- [9]刘亚杰,窦文华. 一种 P2P 环境下的 VoD 流媒体服务体系[J]. 软件学报,2006,04:876-884.
- [10]. 流媒体和流式传输技术[J]. 当代通信,2003,06:30-31.
- [12]段翰聪. P2P 流媒体分发技术研究[D].电子科技大学,2007.
- [13]李泽平. P2P 流媒体分发与服务技术研究[D].电子科技大学,2010.
- [14]顾炜江. 论 P2P 视频点播技术的开发与应用[J]. 数字技术与应用,2012,02:114.
- [15]张伟文,金鑫,吴国新. 一种基于 P2P 的视频点播系统的研究与设计[J]. 计算机技术与应用,2007,02:159-163.
- [16]沈时军,李三立. 基于 P2P 的视频点播系统综述[J]. 计算机学报,2010,04:613-624.
- [17]朱晓辉,陈苏蓉. 基于流媒体的小型分布式视频点播系统研究[J]. 微电子学与计算机,2010,10:69-73+78.
- [18]汤剑君,张期莲,王林平. 基于 P2P 的流媒体服务模型研究[A]. 中国计算机学会、中国图象图形学学会、ACM SIGCHI 中国分会、清华大学计算机科学与技术系. 第一届建立和谐人机环境联合学术会议 (HHME2005) 论文集[C].中国计算机学会、中国图象图形学学会、ACM SIGCHI 中国分会、清华大学计算机科学与技术系,2005:7.
- [19]郑海洋,宿红毅,李毅. 分布式视频点播网络统计调度策略及负载均衡研究[J]. 计算机工程与应用,2005,16:165-167.

- [20]王艳丽,鲜继清,白洁. 基于 P2P 的流媒体技术[J]. 计算机应用,2005,06:1267-1270.
- [21]贺小箭,尤晋元,薛广涛. 基于 P2P 网格的视频点播自适应性研究[J]. 计算机研究与发展,2004,12:2200-2205.
- [22]智英建. 基于新型分布式视频点播架构的流媒体调度技术研究[D].解放军信息工程大学,2008.
- [23]郭常杰,钟玉琢. 一种分布式视频点播系统管理模型及实现[J]. 清华大学学报(自然科学版),2001,07:76-79.
- [24]赵亮. 流媒体服务集群系统关键技术研究[D].西安电子科技大学,2009.
- [25]张玉宝. 大规模 P2P 视频点播系统服务器负载建模分析与优化[D].国防科学技术大学,2010.
- [30]俞凌杰. P2P 视频点播系统优化的研究与实现[D].复旦大学,2011.