

## 机顶盒参与 P2P 分发的 IPTV 点播业务可行性研究

姜秀艳, 蒲音舒, 刘媛, 刘新, 叶德建

(复旦大学 计算机学院, 上海 201203)

**摘 要:** 为了有效降低上海电信 IPTV 的运营和部署成本, 由机顶盒参与 P2P 分发的 IPTV 点播方案是一个可能的有效方案。为了研究这个方案的可行性, 首先提出了机顶盒参与 P2P 分发的 IPTV 系统主要性能指标及主要影响参数, 分析上海电信 IPTV 系统的实际用户行为数据和实际网络拓扑, 并构建大规模 IPTV 计算机仿真系统 RVSPS, 然后用真实的用户行为和拓扑激励仿真系统, 分析各类参数对主要系统性能指标的影响, 从技术角度详细研究机顶盒参与 P2P 分发的上海电信 IPTV 点播业务的可行性。

**关键词:** IPTV; P2P; 点播; 可行性

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1000-436X(2012)07-0111-08

## Feasibility study of IPTV video-on-demand system with setbox-participated P2P distribution

JIANG Xiu-yan, PU Yin-shu, LIU Yuan, LIU Xin, YE De-jian

(Computer Science School, Fudan University, Shanghai 201203, China)

**Abstract:** In order to reduce the operation and deployment cost of Shanghai Telecom IPTV system, the IPTV VOD scheme with setbox-participated P2P distribution may be feasible. To study the feasibility of this scheme, firstly the primary performance indicator and primary related parameters to evaluate the scheme were proposed; then the actual user behaviors and the real topology of Shanghai Telecom IPTV system were analyzed, a large-scale IPTV simulation system RVSPS was built and this system was stimulated with real topology and actual user behaviors; after that the impact that various parameters have on the primary performance indicator was analyzed; and finally a detailed feasibility was given that study of IPTV VOD scheme with setbox-participated P2P distribution from a technical perspective.

**Key words:** IPTV; P2P; VOD; feasibility

### 1 引言

上海电信 IPTV 目前采用传统 CDN 分发方案进行内容分发。随着 IPTV 系统用户规模的不断扩大, 这种方式所需的部署成本和运营成本也成倍增加, 成为 IPTV 进一步发展的极大制约<sup>[1]</sup>。因此, 寻找一种更有效的 IPTV 传输方式非常必要。P2P 传输

方式有效地利用了客户端的存储和计算资源, 可以极大地降低服务器端的负载, 并且已经在互联网应用中取得了极大的成功<sup>[2]</sup>。因此, 将 P2P 传输方式引入 IPTV 系统, 是有效降低运营和部署成本的一个可能的思路。

近些年对 IPTV 和 P2P 的研究日渐增多。LIU F 评估和分析了 4 种 IPTV P2P 应用的传输<sup>[3]</sup>。HEI X

收稿日期: 2011-07-08; 修回日期: 2012-03-12

基金项目: 国家核高基重大专项基金资助项目 (2009ZX01039-003-002-003); 上海市科委科技攻关基金资助项目 (09511500902)

**Foundation Items:** Hegaoji National Key Project (2009ZX01039-003-002-003); Shanghai Science & Technology Key Project (09511500902)

通过收集包线索研究了一个 IPTV P2P 应用<sup>[4]</sup>。ZHANG W 展示了一个机顶盒资源受限的 IPTV P2P 直播系统<sup>[5]</sup>。PENG Z 等提出利用服务器的资源和网络的 QoS 机制提高有 P2P 参与的 IPTV 系统的性能<sup>[6]</sup>。G. Marfia 等提出了采用数字喷泉码和 P2P 相结合的方案提高 IPTV 系统的性能<sup>[7]</sup>。尹浩基于应用层组播技术,研究了 P2P 结合 CDN 网络在流媒体直播系统中的应用情况<sup>[8,9]</sup>。上述这些文献都没有涉及 IPTV 系统的点播应用,点播的情况要比直播更加复杂,点播所需求的带宽要比直播大很多,同时要考虑用户的在线观看行为、机顶盒的缓存大小和替换机制、影片热门度的分布等多种因素。文献[10,11]讨论的是视频点播应用中 CDN 网络采用 P2P 技术所降低的服务器负载开销,但文中的模型限于节点仅提供当前正在观看视频的上传服务,而没有考虑节点可能会由于机顶盒缓存还有空余,同时也可以为其他用户提供节点上传服务的情况。

针对上述问题,本文系统地研究机顶盒参与 P2P 分发的电信运营商 IPTV 点播业务的可行性。本文第 2 节主要介绍了机顶盒参与 P2P 分发的 IPTV 点播系统(S-P2P, setbox participated P2P IPTV VOD system)的主要性能指标和主要影响参数,第 3 节从理论上分析主要参数对主要性能指标的影响,第 4 节分析了上海电信 IPTV 现网拓扑和实际用户行为,第 5 节设计并实现了大规模仿真系统 RVSPS,并采用仿真实验分析机顶盒上行带宽与码率的比值、机顶盒的缓冲区大小等主要参数对服务器负载转移率的影响,第 6 节进行了系统点播业务的可行性分析,第 7 节是结束语。

## 2 S-P2P 系统的主要性能指标及其主要影响参数

为了使分析结果更清晰明确,本文提出了一个直观显示 S-P2P 系统传输效率的性能指标和一些对系统性能存在影响的主要参数。

### 2.1 主要 S-P2P 性能指标

在 P2P 机制中,用户不仅是服务的使用者,还可以作为服务的提供者,内容的分发不再由服务器全部承担,P2P 技术利用了机顶盒的带宽、计算、存储资源,为其他用户提供服务,因此减小了服务器的负载,从而减小了带宽租用和流媒体服务器投资,进而减少了运营的成本。

本文的主要 S-P2P 性能指标是服务器负载转移

率(server load transferring rate)  $L$ ,表明 P2P 减少服务器负载的能力,是用户点播时机顶盒承担的负载占服务器和机顶盒二者承担的负载的总和的百分比,是衡量 S-P2P 系统性能的重要指标。

$$L = \frac{C}{C+S} \times 100\% \quad (1)$$

其中,  $C$  是某部影片 P2P 转移的文件字节数,  $S$  是服务器转移的文件字节数。

### 2.2 影响 S-P2P 性能的主要参数

影响 S-P2P 系统性能的因素主要有:内容限制、通道限制和分发策略。内容限制为影响视频内容源的限制;通道限制为影响视频的传输的限制;分发策略则为决定视频的分发原则的策略。本文分析各种因素对 S-P2P 系统性能的影响,提出以下主要参数。

**上行带宽与码率比值:**指机顶盒上行带宽与视频码率的比值,实际系统中上行带宽往往低于视频码率,属于通道限制。若上行带宽与码率比值为  $k$ ,则有  $0 < k < 1$ ,至少要有  $1/k$  个机顶盒同时为一个用户提供 P2P 服务的时候,用户才能正常播放码率。上行带宽与码率比例值越大,服务器负载的转移率就越大。

**用户在线率:**是指观影结束后不再继续观看但可为其他用户服务的用户占有所有观影结束的用户的比例,属于内容限制。用户在线率增大,说明用户为其他用户服务的时间增长,服务器负载的转移率也会变大。

**机顶盒的缓存大小:**机顶盒缓存视频的大小,单位为 MB,属于内容限制。机顶盒缓存的大小影响机顶盒存储某部影片内容的多少,从而影响服务器负载转移率。

**影片并发用户数:**指某一时刻同时点播或者观看某部影片的用户数,属于内容限制。影片并发用户数越大,服务器的负载转移率越大。

## 3 主要参数对服务器负载转移率的影响

在面向电信 IPTV 点播应用的 CDN-P2P 网络中,涉及的参数与问题纷繁复杂,例如数据分发策略、覆盖网结构、节点的动态变化、分片机制与片段选择算法、缓存策略等。本文立足于分析机顶盒参与 IPTV 点播应用的可行性,忽略可以在系统运行后期通过软件改进、升级的因素(数据分发策略、分片机制与缓存策略等),而专注于在系统实施初

期确定后就改变较少的因素（上行带宽、机顶盒缓存等），以及网络拓扑、用户的行为等较难发生改变的因素（用户在线率、用户并发数等）。将这些不变因素作为决定系统可行性的前提，而那些易变因素作为提高和完善系统性能的方式，从而得到一个较为简化的模型。

假设  $k$  为上行带宽与码率比值 ( $0 < k < 1$ )， $B$  为机顶盒缓存，单位为 MB， $W$  为用户请求影片的平均大小，单位为 MB，在  $t$  时刻， $M$  为已观看完视频的节点数， $S$  为正需要从服务器或者其他用户处获得数据的节点数， $N$  为正从服务器获得数据的节点数， $r$  为用户在线率。则此时虽然看完视频但没有退出，可以继续提供服务的节点数  $r \times M$ 。

假设所有节点的内容皆不受限制，若此时能够提供上传服务的节点数  $P$ ，则有

$$P = r \times M + N \quad (2)$$

这  $P$  个节点可以服务的节点个数为  $k \times p \times \frac{B}{W}$ ，

而这新产生的  $k \times p \times \frac{B}{W}$  种子节点又可以给  $k^2 \times p \times \left[\frac{B}{W}\right]^2$  个节点提供服务，这样经过  $n$  次迭代后，最多能为  $T$  个节点提供服务：

$$\begin{aligned} T &= k \times p \times \frac{B}{W} + k^2 \times p \times \left[\frac{B}{W}\right]^2 + \dots + k^n \times p \times \left[\frac{B}{W}\right]^n \\ &= k \times \frac{1 - k^n \times \left[\frac{B}{W}\right]^n}{1 - k \times \frac{B}{W}} \times p \times \frac{B}{W} \end{aligned} \quad (3)$$

因此，服务器负载转移率为

$$L = \frac{T}{S} \quad (4)$$

假设用户节点数无限制，所有的用户曾经从服务器下载拥有的资源都被其他用户所需要，都能为其他用户提供服务，而且被其他用户服务的用户所需的资源均在其他节点中有存储，定义这种情况为理想状态。在理想状态下， $\frac{B}{W} = 1$ ， $n$  趋向无穷大， $S = T + N$ 。

然而在实际应用中，因为用户看完就立即退出，用户提供上传服务的时间仅是在下载时间内，

这样即使某些客户曾经拥有其他用户所需的资源，在其他用户需要的时候，也不能为其服务；而且节点的资源受限：1) 用户节点拥有的资源不一定是其他节点所需要的，2) 由于节点的存储能力受限，有些资源尽管已经播出过，但是没有存储，因此不能为其他用户提供服务，所以实际服务器负载转移的比例会更加低一些。

### 3.1 上行带宽与码率的比值对服务器负载转移率的影响

当用户看完就立即退出 ( $r=0$ )，其他条件在理想状态下时，若如前面假设  $0 < k < 1$ ，则有

$$L \times \frac{T}{S} = \frac{k \times N / (1 - k)}{N / (1 - k)} = k \quad (5)$$

因而服务器负载转移率随着上行带宽与码率比值的增大而线性增长。

### 3.2 用户在线率对服务器负载转移率的影响

当  $S \geq T + N$ ，其他条件在理想状态下时，

$$L = \frac{T}{S} = \frac{k \times (r \times M + N)}{(1 - k) \times S} \propto r \quad (6)$$

此时用户在线率与服务器负载转移率呈线性关系。

### 3.3 机顶盒缓存对服务器带宽转移率的影响

当用户所需资源不一定在其他用户节点中存储，用户看完就立即退出 ( $r=0$ )，其他条件在理想状态下时，

$$L = \frac{T}{S} \times \frac{B}{W} \quad (7)$$

当  $B < W$  时，服务器负载转移率随机顶盒缓存的增大而增大；

当  $B \geq W$  时，服务器负载转移率达到最大值  $k$ 。

### 3.4 影片用户并发数对于服务器带宽转移率的影响

当用户节点数存在限制 ( $n$  不是无穷大)，用户看完就立即退出 ( $r=0$ )，其他条件在理想状态下时：

$$S \approx \frac{k - \frac{1}{k^n}}{k - 1} \quad (8)$$

因此，

$$n \approx \frac{\ln(k - S \times (k - 1))}{\ln k} \quad (9)$$

此时，服务器负载转移率为

$$SLTR = \frac{T}{S} = \frac{k - k^{n+1}}{1 - k^{n+1}} \quad (10)$$

随着并发节点数  $S$  的不断增大,  $n$  不断增大, 服务器负载转移率不断增大且逼近  $k$ 。

### 4 上海电信 IPTV 网络拓扑和用户行为分析

#### 4.1 上海电信网络拓扑

网络拓扑在 IPTV 系统传输策略中扮演重要角色, 不同网络拓扑对 IPTV 系统传输效率有很大的影响<sup>[12,13]</sup>。本文对 S-P2P 系统点播业务的分发方案可行性的分析, 建立在实际网络拓扑的基础上。

上海电信的 IPTV 平台分为“核心+区域+边缘”的 3 级内容分发架构。网络架构如图 1 所示。其中核心节点 (CDN 服务器) 将承担全网直播业务和所有用户的 1% 未命中 VOD 点播业务; 区域节点 (CDN 服务器) 将承担所有用户的 9% 未命中 VOD 业务和任意 1 个边缘节点失效时的系统冗余能力; 边缘节点 (CDN 服务器) 将承担所有用户 90% 以上的 VOD 点播业务和 100% 的时移业务。

从上面的分析可以看出, IPTV 系统的 VOD 业务将主要由边缘节点的 CDN 服务器承担。每个边缘节点将承担它所管辖的范围内的用户节点的 90% 的 VOD 业务, 如果该边缘节点无法满足客户的需求, 其所属的区域节点将尝试满足客户的需求, 如果还不能满足客户的需求, 那么由核心节点满足客户的需求。本文定义每个边缘节点及所管辖的用户节点为一个自治域 AS。

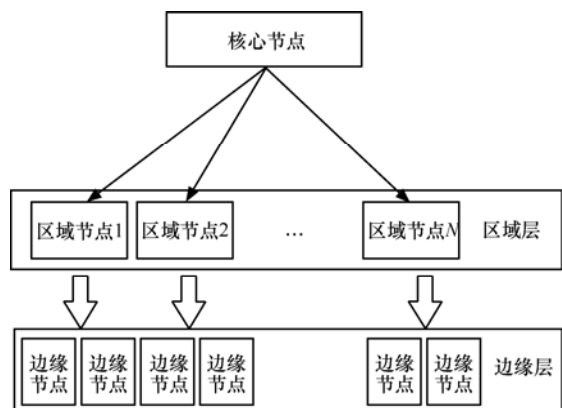


图 1 上海电信 IPTV 业务网络架构

#### 4.2 用户行为分析

由于 P2P 技术需要利用用户端计算能力和存储资源, 所以用户行为对 P2P 传输效率有重要影响, 也直接影响着 S-P2P 系统点播业务分发方案的可行性。因此, 本文有必要对 IPTV 系统实际用户行为进行分析。

本文对上海电信的 2010 年 8 月份中兴机顶盒 IPTV 系统的所有话单的用户数据进行统计发现: 全天及高峰时段(10:00-24:30), 既观看点播又观看直播的用户数、只观看点播的用户数和只观看直播的用户数分别占总数的 27%、65% 和 8% 左右; 收看点播的时间和收看直播的总时间比值为 3:1。对一天中某影片被点播的次数定义为影片的热度。进一步的分析表明如下: 1) 影片热度符合 Mandelbrot-Zipf (简称 M-Zipf) 分布<sup>[14]</sup>, 如图 2 所示。M-Zipf 分布定义节目  $i$  的概率为

$$p(i) = \frac{k}{(i + q)^a} \tag{11}$$

归一化后,

$$K = 1 / \left( \sum_{i=1}^N 1 / (i + q)^a \right) \tag{12}$$

$N$  为节目总数,  $a$  为斜率因子,  $q$  为曲线头部的平坦程度。在图 2 中, 尾部有一些点播次数突增的情况, 这些节目是新加入的节目。在 log-log 尺度下, Mandelbrot-Zipf 为曲线。2) 高峰时段点播用户数占全天点播用户数的 93% 以上。3) 分析 2010 年 8 月份中兴 IPTV 系统的数据发现: 在 20:00-22:00 时段内, 同一部影片并发数目均值超过 40 的仅占 1.1%, 并发数目均值超过 30 的影片仅占 1.6%; 用户到达速率处于每分钟 500~800 人之间, 平均用户到达速率为 568 人/min。4) 用户观看影片的时长符合一定的规律: 长影片(时长超过 30min 的影片)的观看时长规律符合如表 1 所示( $p$  表示观看时长在一定区间的用户数占观看这部影片的全部用户数的百分比,  $t$  表示用户观看某部影片的时长,  $T$  表示影片的总长度)。5) 长影片的点播时间占总的点播时间的 95%。

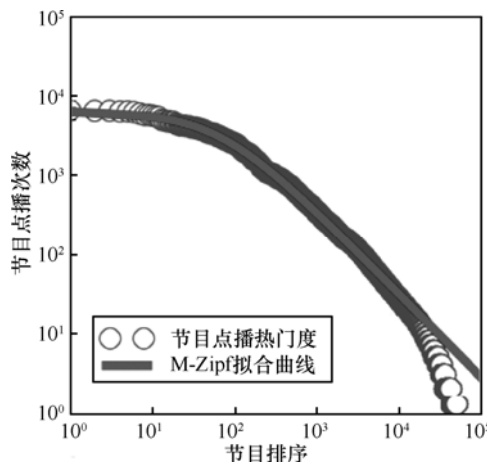


图 2 影片热度分布符合 M-Zipf 分布

表 1 用户观看影片时长的分布

t/min	p/%
0 ~ 2	21
2 ~ 20% × T	51
20% × T ~ 40% × T	11
40% × T ~ 60% × T	6
60% × T ~ 80% × T	3
80% × T ~ T	3
T	5

## 5 仿真实验

### 5.1 仿真平台的构建

由于本文无法直接在真实 IPTV 系统中进行实验,本文构建了一个大规模 IPTV 仿真系统(RVSPS, real-time visualization scalable P2P simulator for IPTV)来进行实验,以获取 S-P2P 系统的性能表现。

该仿真系统的总体设计思路是:模拟大规模商用 P2P+CDN 的 IPTV 系统,在输入已知的网络拓扑和网络资源限制条件,构造出一个跟实际 P2P+CDN 的 IPTV 系统商用条件完全一致的网络资源环境,在输入实际的用户行为时,产生这个实际应用的大规模系统的输出。

大规模计算机仿真系统 RVSPS 的核心是 Event Engine,即事件引擎。为了能得到较为真实的结果,本文采用了基于离散事件的仿真引擎。不同于模拟粒度为包的 OMNeT++, NS2 及典型的 P2P 系统 OverSim<sup>[15]</sup>等仿真工具,为了降低节点过多时所带来的更大的资源消耗,本文在模拟粒度上作了一定的抽象,将其抽象成消息。也就是说,每个事件对应于协议里的一条消息,如节点加入退出、节点发送一个 chunk,这样避免了 TCP/IP 这种分组发送所产生的过多事件。同时,为了不失去网络底层拓扑的真实性,本文仍然实现了路由协议,并没有像一些将模拟粒度抽象成流的仿真工具一样直接把 2 个节点间的链路抽象成为一个连接。因此,本文既在一定程度上模拟了物理链路的状态,又符合了大规模化和实时显示的需求。

### 5.2 仿真实验及分析

仿真实验基本条件如下。

- 1) 影片码率=1.6Mbit/s, 时长 1h。域内节点数 100 000。
- 2) 到达时间模拟为泊松分布,泊松到达率为 10 人/s。

3) 点播影片 ID 符合 M-Zipf 分布,  $s = 0.74, q = 4.3$ 。

4) 用户观看影片时长分布如表 1 所示。

5) 在 P2P 传输中,借鉴了 BitTorrent 的数据分发和分块策略,采用最简单的 FIFO(先进先出)缓存策略。

### 实验 1

实验条件:下行带宽设为 2Mbit/s,机顶盒缓存为 256MB,影片数量为 10 000,不断增加上行带宽,用户可从起始处或随机处开始观看,用户看完立即退出。

实验结果如图 3 所示。而从图 3 可以看出,上行带宽与码率比值与服务器负载转移率基本上成线性关系,上行带宽与码率的比值越大,服务器负载转移率越大。当视频码率为 1.6Mbit/s,下行带宽为 2Mbit/s,上行带宽为 512kbit/s 时,服务器负载转移率为 17.92%;当上行带宽为 1Mbit/s 的时候服务器负载转移率在 33.90%,而当上行带宽与码率的比值为 1 的时候,服务器负载转移率可以达到 50% 左右。从图 3 可以看出,用户均从影片起始处观看和用户从影片随机位置观看,服务器负载转移率基本上不变。因此,在后续的实验,都假设用户从影片起始处观看。

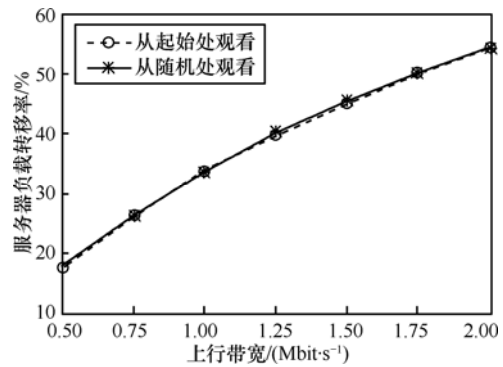


图 3 上行带宽/码率对服务器负载转移率的影响

### 实验 2

实验条件:上行带宽在 0.5~1.5Mbit/s 之间变化,下行带宽为 2Mbit/s,机顶盒缓存为 256MB,影片数量为 10 000,用户观看完影片并不立即退出,只是部分在线,可以提供上传服务,用户从起始处观看。

实验结果如图 4 所示,当用户观看结束并不马上退出,还可以继续提供上传服务的情况下,服务器负载转移率与用户在线率成线性关系。随着用户

在线率的增大，服务器负载转移率不断上升。上行带宽为 0.5Mbit/s 时，当用户在线率达到 100% 时，服务器带宽的转移率提升到 40.95%，比用户观看完影片立即退出时提升了一倍。

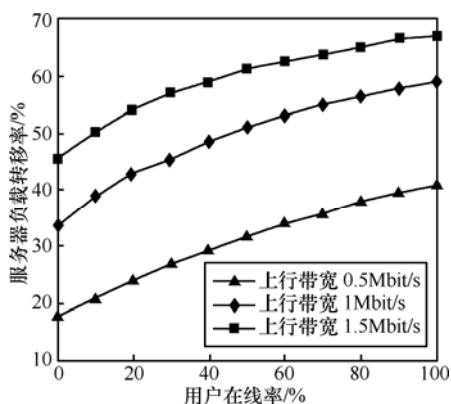


图 4 用户在线率对服务器负载转移率的影响

### 实验 3

实验条件：上行带宽 512kbit/s，下行带宽为 2Mbit/s，用户看完立即退出，机顶盒缓存的大小由低到高变化，影片数目变化。

实验结果如图 5 所示。从图 5 可以看出，随着用户缓存的增大，节点的服务能力增强，但是当缓存增大到一定程度时，服务能力基本保持不变。在这个实验里面，当缓存达到 384MB 左右的时候，节点的服务能力基本不变，与影片内容的一半比较接近，这是因为当缓存的内容超过所有能接受 P2P 用户所需要的内容的时候，进一步增大缓存，不会影响 P2P 的传输能力，因此节点的服务能力会保持不变。当影片数目增大的时候，用户点播的影片会更加分散，因此导致并发数目偏小的影片数目增加，因此整个系统的服务器负载转移率会减小。

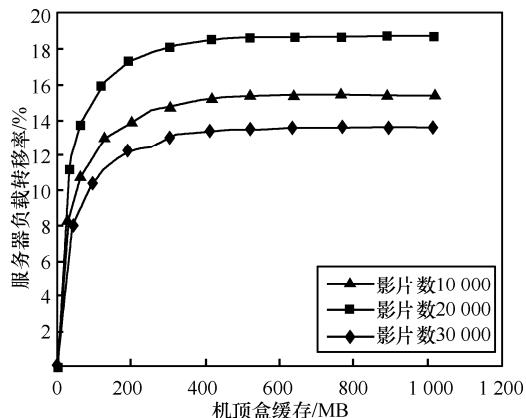


图 5 机顶盒缓存大小对服务器负载转移率的影响

### 实验 4

实验条件：上行带宽 512kbit/s，下行带宽为 2Mbit/s，机顶盒缓存为 256MB，用户看完立即退出，用户的泊松到达率不断变化，其他条件与仿真实验的基本条件相符。

实验结果如图 6 所示，对于同一部影片，随着影片的并发用户数增大，服务器负载转移率会升高，当并发用户数达到 50 以上的时候，服务器负载的转移率基本不变，为 27% 左右；而并发数目为大于 15 左右的时候，服务器负载转移率超过 25%，此后，服务器负载转移率上升得比较缓慢。这是因为影片的并发用户数增大到一定程度，该影片用户的服务能力超过了该影片的服务需求。

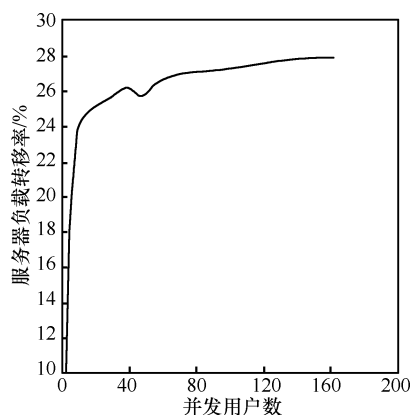


图 6 影片并发用户数对服务器负载转移率的影响

### 实验 5

实验条件：上行带宽 512kbit/s，下行带宽为 2Mbit/s，用户看完立即退出，机顶盒缓存的大小从 0 到 1024MB 依次递增变化，影片数目为 10 000 部，比较 RVSPS 和典型的 P2P 网络仿真系统 OverSim 的服务器负载转移率。

OverSim 是典型的 P2P 仿真系统，它采用细粒度数据分组级别的事件驱动引擎，系统资源消耗过多，而且所采用的 P2P 调整机制与本文所研究的大规模电信 IPTV 系统不同，因此不适用于本文所研究的 IPTV 系统的仿真。本文在这里将 RVSPS 仿真系统与 OverSim 在某些特定的条件下仿真结果进行对比。如图 7 所示，RVSPS 和 OverSim 这 2 个仿真系统的实验结果比较相近，这也从侧面验证了 RVSPS 仿真系统的有效性和正确性。由于 OverSim 仿真系统采用细粒度数据分组级别的事件驱动引擎，而 RVSPS 采用粗粒度基于消息的事件模型驱动，仅对系统中用户节点加入、退出和文件分片发

送接收等大粒度事件进行响应, 在机顶盒缓存相对不足时, OverSim 造成的开销也相对偏多, 导致服务器的负载转移率偏低; 当机顶盒缓存增加至约 384MB 后趋于饱和, 即使考虑多余的开销, 但此时整个系统的 P2P 收益率几乎完全受限于用户节点的上传带宽。

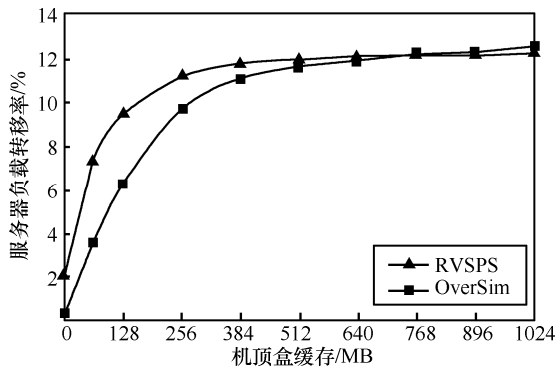


图7 RVSPS 和 OverSim 的服务器负载转移率对比

## 6 S-P2P 系统点播业务的可行性分析

在上海电信目前运营的 IPTV 系统的网络带宽和码流以及机顶盒缓存大小的条件下（上行带宽为 512kbit/s，下行带宽为 2Mbit/s，视频码流为 1.6Mbit/s，机顶盒缓存为 256MB），当影片规模和用户规模以及用户行为均符合现网情况时，服务器负载转移率有如下特点。

1) 在用户观看完立即退出, 不再提供本影片的上传服务的情况下, 服务器负载转移率仅约为 18%。用户均从影片开始处观看和影片从随机处观看基本不影响该影片的服务器负载转移率。

2) 提高用户在线率会使服务器负载转移率得到提升, 二者基本上呈线性关系。如果通过激励机制使得用户看完后并不立即退出, 有 20% 左右的用户停留在系统中, 则可将负载转移率提升到 24% 左右。

3) 机顶盒的缓存越大服务器负载转移率越高, 而机顶盒缓存内容超过影片内容的一半的时候, 服务器负载转移率基本上不变, 因此只需将机顶盒缓存的内容设成收看点播内容的一半即可满足要求。

4) 当一部影片的并发用户数增大的时候, 服务器负载转移率不断上升, 而当用户并发数达到 50 以上的时候, 服务器负载转移率基本不变达到 27% 左右。

从仿真实验和分析中可以看出, 现网条件下的 S-P2P 系统服务器负载转移率仍然较低, 在实际应用中若采取鼓励用户观看多个节目以及鼓励用户

增加待机时间等方法提高用户在线率, 使用户在线率达到 10%~20% 还是可能的, 那么服务器的负载转移率为:  $18\% + 22\% \times (10\% \sim 20\%) = 20.2\% \sim 22.2\%$ , 而实现 S-P2P 系统还要增加机顶盒的 CPU 和内存、存储带来很多花费, 以及在 IPTV 系统中软件升级带来的花费, 因此在现网条件下 S-P2P 的点播业务效果并不明显。

考虑到提高上行带宽所带来的代价, 本文认为上行带宽与码率相等的时候, 效果最佳, 这时服务器负载的转移率约为 46%; 用户在线率与服务器负载转移率成线性关系, 在实施中可以利用只看直播节目的用户也进行上传服务、鼓励用户观看多个节目以及鼓励用户增加待机时间来完成; 当用户规模增大的时候, 考虑到用户行为具有趋同性, 所以会使单位时间内点播某一影片的人数提升, 使得某些影片的并发用户数提高, 使一些影片由非热门影片变为热门影片, 热门影片的比例会上升, 因此提高用户规模会使并发数目超过某个阈值的影片的数量增加。若上行带宽和码率相同的时候, 用户的在线率为 100%, 并发数目超过阈值的影片的比例为 100%, 那么此时的服务器转移率可推算为 67% 左右, 效果比较明显。

## 7 结束语

本文分析了机顶盒参与 P2P 分发的电信运营商 IPTV 点播业务分发方案的可行性。本文首先提出了机顶盒参与 P2P 分发的 IPTV 系统主要性能指标及主要影响参数, 然后分析上海电信 IPTV 系统的实际用户行为数据和实际拓扑, 并构建大规模计算机仿真系统 RVSPS, 用真实的用户行为和拓扑激励仿真系统, 从而分析系统各参数对主要性能指标的影响。仿真结果表明, 上行带宽与码率的比值越大, 服务器负载的转移率越大; 用户在线率与服务器负载转移率基本上呈线性关系; 机顶盒的缓存越大服务器负载转移率越大, 但是当机顶盒缓存增大到一定程度时候, 服务器负载的转移率变化不大; 当影片的用户并发数增大的时候, 服务器负载转移率不断上升, 而当用户并发数达到 50 以上的时候, 服务器负载转移率基本不变。分析结果表明, 在现网条件下, 机顶盒参与 P2P 并不适合电信 IPTV 点播业务。论文还给出了提高服务器负载转移率的几个方法, 并给出了一个在比较理想的条件下服务器负载转移率的数值。

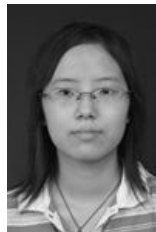
## 参考文献:

- [1] LIU Z, WANG K, LI W. Measurement and modeling study of IPTV CDN network[A]. Proceedings of 2009 IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content(IC-NIDC)[C]. Beijing, China, 2009.
- [2] Peer-to-Peer[EB/OL]. <http://en.wikipedia.org/wiki/P2P>, 2012.
- [3] LIU F, LI Z. A measurement and modeling study of P2P IPTV applications[A]. 2008 International Conference on Computational Intelligence and Security(CIS2008)[C]. Suzhou, China, 2008.
- [4] HEI X, LIANG C, LIU Y. A measurement study of a large-scale P2P IPTV system[J]. IEEE Trans on Multimedia, 2007,9(8):1672-1687.
- [5] ZHANG W, ZHENG Q, LIAN Y. Tree-aware selective frame discard for P2P IPTV system on set-top boxes[J]. IEEE Trans on Consumer Electronics, 2009, 55(4):1982-1987.
- [6] ZHU P, YOSHIUCHI H, YOSHIKAWA S. P2P-based VOD content distribution platform with guaranteed video quality[A]. 2010 7th IEEE Consumer Communications and Networking Conference(CCNC 2010)[C]. Las Vegas, USA, 2010.
- [7] MARFIA G, ROCCHETTI M, CATTANEO A. Digital fountains + P2P for future IPTV platforms: a test-bed evaluation [A]. 2011 4th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security(NTMS 2011)[C]. Paris, France, 2011.
- [8] 尹浩, 袁小群, 林闯等. 内容网络服务节点部署理论综述[J]. 计算机学报, 2010, 33(9): 1611-1620.  
YIN H, YUAN X Q, LIN C, *et al.* The survey of service nodes placement theories for content networks[J]. Chinese Journal of Computers, 2010, 33(9):1611-1620.
- [9] 尹浩, 林闯, 文浩等. 大规模流媒体应用中关键技术的研究[J]. 计算机学报, 2008, 31 (5):755-774.  
YIN H, LIN C, WEN H, *et al.* Research on key technologies of large-scale streaming media[J]. Chinese Journal of Computers, 2008, 31(5):755-774.
- [10] HUANG C, WANG A, LI J. Understanding hybrid CDN-P2P: why limelight needs its own red swoosh[A]. 18th International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video NOSSDAV[C]. Braunschweig, Germany, 2008.
- [11] HUANG C, LI J, ROSS K. Can Internet video-on-demand be profitable?[A]. SIGCOMM'07[C]. Kyoto, Japan, 2007.
- [12] JIA J, CHEN C, LI C. Preferential attachment topology formation of the P2P IPTV system [A]. Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC 2007) [C]. Kumamoto, Japan, 2007.
- [13] HAN S, LISLE S, NEHIB G. IPTV transport architecture alternatives and economic considerations[J]. Communications Magazine, IEEE, 2008, 46(2):70-77.
- [14] SALEH O, HEFEEDAM. Modeling and caching of Peer-to-Peer traffic[A]. Proceedings International Conference on Network Protocols(ICNP 2006)[C]. Santa Barbara, California, USA, 2006.
- [15] BAUMGARTI, HEEP B, KRAUSE S. OverSim: a flexible overlay network simulation framework[A]. Proceedings of 10th IEEE Global Internet Symposium (GI '07) in Conjunction with IEEE INFOCOM 2007[C]. Anchorage, AK, USA, 2007.

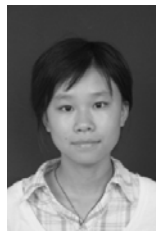
## 作者简介:



姜秀艳 (1974-), 女, 辽宁大连人, 复旦大学博士生、讲师, 主要研究方向为网络与流媒体。



蒲音舒 (1989-), 女, 四川广元人, 复旦大学硕士生, 主要研究方向为网络与流媒体。



刘嫫 (1989-), 女, 湖南邵阳人, 复旦大学硕士生, 主要研究方向为网络与流媒体。



刘新 (1977-), 女, 辽宁抚顺人, 博士, 复旦大学讲师, 主要研究方向为无线网络与多媒体技术。



叶德建 (1976-), 男, 浙江台州人, 博士, 复旦大学副教授, 主要研究方向为网络与流媒体。