

# IPTV 建设中的两个关键技术问题及其解决方案

田洪亮 徐鸿鹤

(中兴通讯股份有限公司网络事业部,上海市 201203)

**摘要** 针对 IPTV 系统的试点建设中,遇到的诸多直接关系到用户体验质量、组网成本以及规模应用等技术问题,在对其中的两个关键问题——节点存储问题和直播业务的 QoS 问题进行探索的基础上,通过对几种常见的 CDN 节点存储方案所进行的性能与成本分析对比,得出了 SAN 方案是最佳选择的结论。随后,对影响直播业务 QoS 的两个关键问题——频道切换和组播丢包问题进行了深入的分析,并据此提出了切实可行的解决方案。

**关键词** 网络电视 内容分发网络 存储区域网络 频道切换

中图法分类号: TN919.2 TN915 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2005)11-1406-05

## Two Key Problems in IPTV System Construction and the Resolving Schemes

TIAN Hong-liang, XU Hong-hu

(Network division, ZTE Corporation, Shanghai 201203)

**Abstract** In our practice of the IPTV test system construction, many technical problems related directly to subscriber quality of experience, networking cost and the scale of operation are encountered. Two key problems among them, i. e., the CDN node storage problem and the live broadcasting QoS problem, are investigated in this paper. Through performance and cost comparison between several popular CDN storage schemes, the superiority of SAN becomes clear. Channel switch and multicast packet loss, the two critical points involved in QoS of live broadcasting service, are discussed in detail, and practical measures to improve the associated QoS are then obtained based on the analysis.

**Keywords** internet protocol television (IPTV), content delivery network, storage area network, channel switch

### 1 引言

随着宽带网络的不断建设,由于可广泛运营的宽带业务发展已明显滞后,从而导致宽带放号减缓、每用户平均收入(average revenue per user, ARPU)值下降、固网运营商的赢利能力下降。分析表明,其主要瓶颈是由于目前宽带业务的承载终端主要是 PC 机的缘故,PC 机的问题主要表现在:

(1)家庭 PC 机定位于工作设备,而非家电等生活必需品,其拥有量有限;

(2)PC 机价格昂贵,对普通百姓难以承受;

(3)PC 机操作复杂、不稳定,不利于植根于家庭的宽带业务的发展;

(4)以 PC 加互联网的上网业务,运营商只能收取接入费用,发展空间有限;

(5)PC 机不适合宽频视听业务的展现。

因此,以专业机顶盒加电视机为终端、以宽带 IP 作为传输技术、以视听业务为主,集即时通讯、游戏、信息服务为一体的 IPTV (internet protocol television,以电视机为终端,以 IP 作为传输技术的新型互动的视听业务和其他增值业务的总称)业务引起了固网运营商的极大兴趣。从 2004 年下半年开始,国内运营商加快了 IPTV 试点建设的步伐,同

收稿日期:2005-08-16;改回日期:2005-09-16

第一作者简介:田洪亮(1967~),男。中兴通讯网络事业部系统工程师,2000年获浙江大学信息与电子专业博士学位,长期从事宽带网络和多媒体应用研究。E-mail: tian.hongliang@mail.zte.com.cn

时在广东、上海、江苏、陕西、云南、北京、天津、福建等地展开了建设。其建设方案如图 1 所示,该方案特点如下:

(1) 主要采用数字用户环路 (digital subscriber line, DSL) 宽带接入技术,线路带宽为 3Mbps,采用以太网点对点协议 (point to point protocol over ethernet, PPPOE) 拨号接入;

(2) 视频点播 (video on demand, VOD) 片源码流速率为 1.3Mbps,直播码流为 2Mbps;

(3) 后台业务管理系统集中在省局,各运营商分别设置,然后按一定规范互通;

(4) VOD 片库一般采用网络存储 (network attached storage, NAS) 系统,集中放置于省局,各运营商共享;

(5) 直播头端系统也集中于省局统一部署,各运营商共享;

(6) 采用省、市中心加边缘节点的三级内容分发网络 (content delivery network, CDN) 架构组成分布式流媒体系统;

(7) 机顶盒与后台业务系统、CDN 流媒体系统的接口一般为私有协议;

(8) 业务以视听业务为主,信息浏览、网络游戏、即时通讯等增值业务为辅。

按以上方案的 IPTV 系统在建设过程中遇到了诸多技术问题。本文主要就其中的两个关键问题,即 CDN 节点存储问题和直播 QoS 问题展开分析,并探讨这两个问题的解决方案。

## 2 CDN 节点的存储问题

VOD 作为 IPTV 的基础业务,由于丰富的片源是保证该项业务运营成功的关键因素之一,因此,片库系统需要海量存储。同时,为了便于各运营商系统共享片源,片库存储一般采用 NAS 系统,通过通用互联网文件系统 (common internet file system, CIFS) 方式进行文件共享。目前 CDN 节点的存储方案主要有以下几种。

### 2.1 刀片内置硬盘方案

该方案每个刀片内置 1~2 块 164G 硬盘,刀片之间内容不共享。为了解决整个节点的存储容量和服务能力的均衡,媒体内容可采取分片存储 (如图 2 所示)。但用该方案用户播放一部完整的影片需要在多个刀片之间通过重定向来进行多次切换。

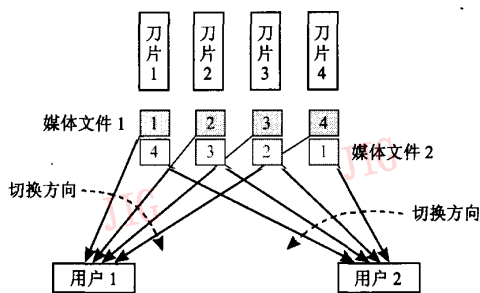


图 2 内置硬盘方案示意图

Fig. 2 The embedded hard disk scheme chart

该方案优点如下:

(1) 硬件简单,无须外加磁阵和光交换机,成本低;

(2) 通过内容的分片来达到服务能力的一定均衡;

其缺点为:

(1) 软件实现复杂,分片之间的频繁切换将造成较大的处理开销,性能难以提高;

(2) 刀片之间的处理负荷难以均衡。如图 2 所示,若用户 1 观看媒体文件 1 的 4 分片,用户 2 同时观看媒体文件 2 的 1 分片时,则就会造成刀片 4 的负荷过重。为达到负荷均衡,就需要处理媒体流的时间特性,但由于在 VOD 时,用户可以进行快进、快退等操作,其时间特性难以预测,因此只能以降低每刀片的实际负荷来换取较好的服务效果;

(3) 由于媒体服务处理与媒体存储实施了绑

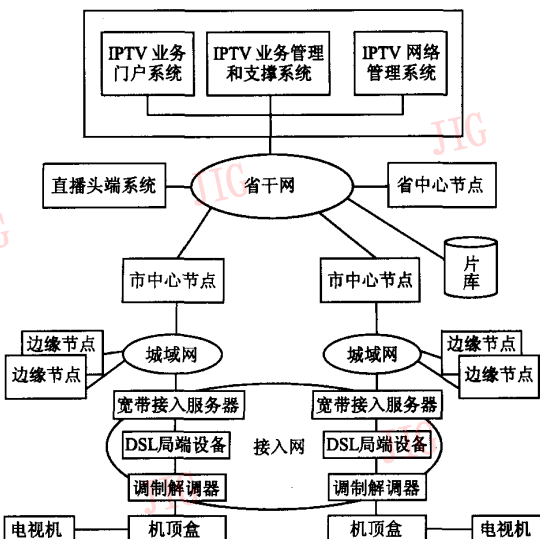


图 1 IPTV 组网示意图

Fig. 1 IPTV Networking chart

定,故可扩展性较差,例如不能独立扩展存储容量和服务能力;

(4) 内置硬盘数量上受到限制,因此其 I/O 性能也受到限制。一般而言,单块硬盘的顺序 I/O 性能在 300Mbps 左右,2 块硬盘的极限性能为 600Mbps。考虑到多个媒体流的随机性,单个刀片的实际处理能力在 400Mbps 左右;

(5) 内置硬盘无法采用独立磁盘冗余阵列 (redundant arrays of independent disks, RAID) 技术,故可靠性差;

(6) 内容调度和媒体服务结合紧密,不利于模块之间接口的规范化。

### 2.2 直挂磁阵方案

该方案每个刀片直挂磁阵,或多个刀片在物理上共享一个磁阵,在逻辑上独占一个分区,分区之间文件不共享。媒体文件以普通文件格式存储。此方案的主要优点是用户播放一部完整的影片时无须重定向切换,但因为每个刀片拥有的内容有限,故媒体服务能力和媒体存储容量之间很难达到平衡。

该方案优点为:

- (1) 软件和硬件实现简单;
- (2) 容易把内容调度和媒体服务分开,利于流媒体服务器和 CDN 的分离;

(3) 可靠性高;

缺点为:

- (1) 媒体服务能力和媒体存储容量之间很难达到平衡;
- (2) 成本较内置硬盘方案高;
- (3) 扩展差,服务能力与存储容量的扩展有较高的关联性;

### 2.3 存储区域网络 (storage area network, SAN) 方案

该方案多个刀片通过光通道交换机共享多个磁阵(如图 3 所示)。

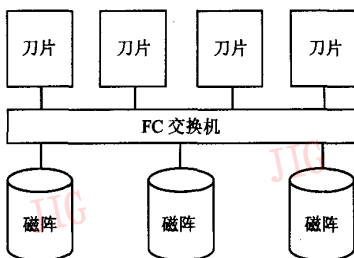


图 3 SAN 共享方案

Fig. 3 The SAN storage share scheme chart

本方案优点为:

- (1) 扩展性好;
- (2) 可靠性高;
- (3) 服务能力和 I/O 处理能力可达到很好的均衡;
- (4) 软件硬件技术成熟,简单易实现。

其缺点为:成本较高,与方案 2 相比,需要增加 FC 交换机,但随着技术进步,FC 交换机已越来越便宜。

综上所述,电信级的 IPTV CDN 节点的存储方案宜选用 SAN 方案。

## 3 直播业务的 QoS 问题

直播业务也是 IPTV 的基础业务,其业务质量至少应与现有有线电视相当。在工程实践中,目前对直播业务的 QoS 关注点主要在于:

- (1) 频道切换时延要求在 1s 以下;
- (2) 频道播放当中要求音视频清晰、流畅、音画同步,无停顿、马赛克等现象;

下面结合直播业务的流程来分析与上述 QoS 指标相关联的因素。

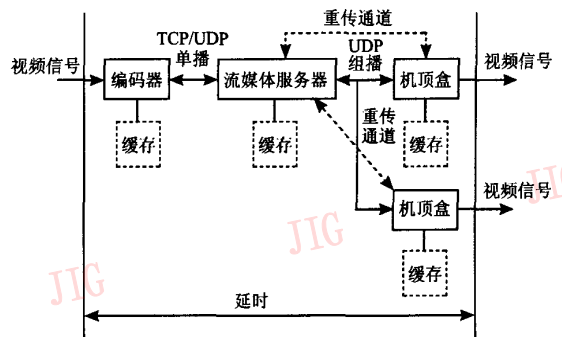


图 4 直播业务流程

Fig. 4 The flow chart of live broadcasting service

### 3.1 直播业务流程

如图 4 所示,视频信号输入编码器先进行编码,然后把已流化的 IP 码流传输到流媒体服务器,再经流媒体服务器转换成组播流向机顶盒播出。如今编码器和流媒体服务器都是挂载在城域网中,由于目前城域网的负荷一般较轻,网络线路质量也较好,通常不会产生丢包,故两者之间一般采用用户数据报文协议 (user datagram protocol, UDP) 传输即可。不过,如网络情况不太好,则需采用传输控制协议

(transmission control protocol, TCP) 传输。流媒体服务器与机顶盒之间一般采用单向的 UDP 组播。对机顶盒而言,为了适应 IP 网络的时延抖动,一般必须配置缓存。视频信号从编码器输入到机顶盒解码输出视频信号之间的延时一般要求在 5s 以内。

### 3.2 频道切换

频道切换时间一般由以下几部分构成:

(1) 会话描述协议 (session description protocol, SDP) 获取时间: 该时间可以通过预先下载频道对应的 SDP 文件而省略;

(2) 获得第 1 个 I 帧的时间 ( $T_1$ ): 工程中编码器 I 帧间隔一般设为 2~3s, 因此获得第 1 个 I 帧的平均时间为 1~1.5s;

(3) 机顶盒解码器重新初始化时间: 由于其一般在几十毫秒级, 且可以与接受 I 帧的同时进行, 因此可以忽略;

(4) 机顶盒缓存延时播放时间 ( $T_2$ ): 一般为 1~2s;

由此可知, 频道切换时间主要是由  $T_1$  和  $T_2$  组成, 如不进行优化处理, 则频道切换时间将达 3~4s, 这将不能满足用户体验要求。

### 3.3 接入网组播问题

连接边缘流媒体服务器和机顶盒的是宽带接入网。该网络经过组播改造可以支持组播业务。由于 IP 组播采用的是 UDP 协议, 故即使有丢包, 也无法重传。但 IP 网络和以太网本身所固有的特性将很难假设其不丢包, 不仅如此, 而且在传输视频业务时, 其丢包大都发生在 MPEG 码流中的关键帧——I 帧中, 此时在用户端表现出来的就是停顿、马赛克等现象。因此, 必须解决在宽带接入网承载 IPTV 业务时, 发生的组播丢包问题。

### 3.4 解决方案

主要采取以下措施:

(1) 流媒体服务器对每个频道的码流进行缓存, 缓存时间建议为 8s, 一个 2M 码流的频道需要 2MB 的内存缓存;

(2) 流媒体服务器延时 1s 播出组播流;

(3) 在机顶盒和流媒体服务器之间建立并保持一条常设的 TCP 重传通道;

(4) 机顶盒自动检测组播丢包, 并通过重传通道要求流媒体服务器重传丢失的包;

(5) 机顶盒的解码缓存设置大于 5s;

(6) 频道切换如图 5 所示, 即机顶盒先通过重

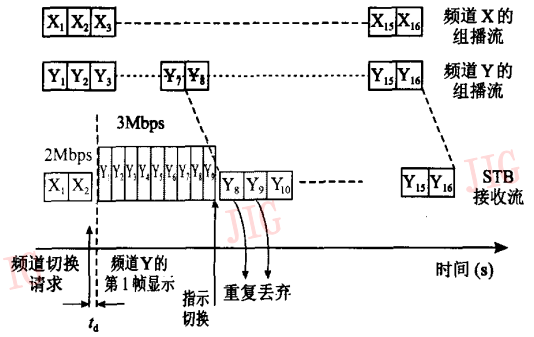


图 5 频道切换码流示意图

Fig. 5 The chart of stream transmission in channel switch

传通道从流媒体服务器的缓存中, 以大于解码速度的码速得到最近或次近的 I 帧及后续帧序列, 这样得到的码流将比组播流至少滞后一个 I 帧, 而机顶盒在接到第 1 个 I 帧后, 随即开始输出视频而不等待缓存。此时, 由于传输速度大于解码速度, 因此机顶盒的解码缓存将逐渐被充满, 且会逐渐把流媒体服务器的缓存消耗殆尽。为此, 在单播流发送最新的码流数据时 (此时单播码流已经比组播流超前), 需指示机顶盒切换为接收组播流。由于开始接收的组播数据与原单播数据重复, 因而被丢弃, 直至接收到序列号新数据, 这样就达到了平滑衔接。具体流程如图 6 所示。

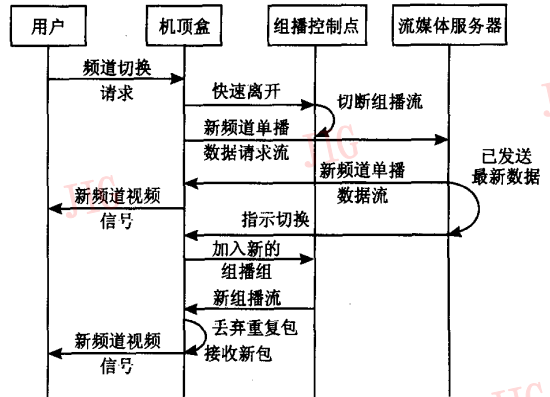


图 6 频道切换流程图

Fig. 6 The flow chart of channel switch

假设 I 帧间隔为 2s, 码流带宽为 2Mbps, 线路带宽为 3Mbps, 则相关参数可估计如下:

(1) 切换时间 ( $t_d$ ): 从机顶盒向流媒体服务器发送单播请求到开始收到第 1 个 I 帧的包, 估计需 60ms, 而 2M 码流的一个 I 帧大小约为 50KB, 则需

要传输时间 133ms, 因此, 理论上的频道切换时间可短至 200ms。

(2) 机顶盒缓存要求:  $3\text{s} \times 2\text{Mbps}/8 = 0.75\text{MB}$ , 取整数一般要求 1MB 以上。

(3) 单播流持续时间:  $(3\text{s} \times 2\text{Mbps})/1 = 6\text{s}$ 。

(4) 直播延时: 1 ~ 3s。

通过以上措施, 解决了组播丢包和频道切换较慢的问题, 在提高系统的网络适应性的同时, 也改善了直播业务的服务质量, 尤其是减少了马赛克现象, 并使频道切换时间控制在 1s 以内。

## 4 结 论

本文对在 IPTV 实践中遇到的 CDN 节点存储问题、直播频道切换问题及组播丢包问题进行了深入的分析, 并提出了具体的解决方案。文中阐述的技术方案已经在中兴 IPTV 整体解决方案中得到了体现, 并在实际应用中得到了验证。

参考文献 (References) (略)