



现代IP技术丛书

MODERN IP TECHNOLOGY

IPTV

技术及应用

卢官明 宗 昉 编著



人民邮电出版社

POSTS & TELECOM PRESS

现代 IP 技术丛书

IPTV 技术及应用

卢官明 宗 昉 编著

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

IPTV 技术及应用 / 卢官明, 宗昉编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.8

(现代 IP 技术丛书)

ISBN 978-7-115-16186-4

I. I... II. ①卢..②宗.. III. 网络电视 IV. TN949.292

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 062674 号

内 容 提 要

本书深入浅出地介绍了 IPTV 的基本概念、基本原理、关键技术、应用系统及解决方案。主要内容包括数字音视频编码技术及标准、数字版权管理技术、IP 承载网技术、流媒体技术、IP 机顶盒技术、IPTV 的业务及其实现技术和 IPTV 系统解决方案。

本书内容新颖, 充分吸收了新理论、新技术、新标准、新成果, 反映了本领域的最新研究成果和发展趋势; 在强调基本概念、基本原理的同时, 注重理论与实际应用相结合; 内容涵盖面广, 结构合理, 概念清晰, 通俗易懂, 适合不同起点、不同层次读者的学习。

本书可供从事电信、广播电视等行业的技术和管理人员以及设备制造商的技术开发人员阅读。本书也可作为高等学校通信类、电子类、广播电视类、计算机类、电气信息类及相关专业本科或研究生的参考书。

现代 IP 技术丛书

IPTV 技术及应用

-
- ◆ 编 著 卢官明 宗 昉
责任编辑 刘 洋
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京通州大中印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.25
字数 488 千字 2007 年 8 月第 1 版
印数 1—4 000 册 2007 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16186-4/TN

定价: 43.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

前 言

从全球范围电信运营状况来看,由于竞争的加剧,传统电信业务的收入持续下滑,固定电话网的 ARPU 值下降已成不争的事实。电信业将进入宽带时代,企业转型势在必行。IPTV 业务是一种集语音、数据和视频业务为一体的“三重播放”(Triple-play)业务。业务是与网络适配的,有了业务的融合也将带来网络的融合。十六届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》,明确提出,在信息化建设方面要加强宽带通信网、数字电视网和下一代互联网等信息基础设施建设,推进“三网融合”,健全信息安全保障体系,表明政府已将“三网融合”的问题提到正式议程。为了实现“三网融合”,需要选择适合三网融合的业务,IPTV 业务刚好提供了一个良好契机,为电信运营商提供了一次难得的发展机遇。

IPTV 创造的重要价值在于其整体的 IPTV 产业链,以及蕴藏着巨大创新空间和价值空间的产业生态环境。IPTV 产业链主要可以分为技术平台产业链、终端产业链和 IPTV 服务产业链三条主线。技术平台产业链主要由软件提供商、平台提供商、设备提供商和芯片及技术供应商构成,终端产业链由软件提供商、终端机顶盒供应商、终端用户构成,IPTV 服务产业链则由内容供应商、平台运营商、网络运营商和终端用户构成。IPTV 的产业化发展给内容创新环节提供了更多的机遇,为内容资源的重复利用、二次开发以及提供多样性的增值服务创造了更多的发展机会,为电视台等内容提供商带来巨大的经济利益。

为了满足电信、广播电视等行业的技术管理人员以及设备制造商的技术开发人员更深入地了解 IPTV 系统的关键技术及解决方案的需要,作者在参考了国内外大量文献的基础上,结合教学和科研开发的亲身体会编写了本书。

与国内外同类书比较,本书的编著力图体现以下特点:

- 从技术的角度,着重介绍了 IPTV 系统的组成、关键技术及解决方案;
- 内容丰富、新颖,充分吸收了新技术、新标准、新成果,反映了本领域的最新研究成果和发展趋势;
- 在强调基本概念、基本原理的同时,注重理论与实际应用相结合;
- 注重物理概念,深入浅出,结构合理,各章内容既相互独立,又兼顾其内在关联及系统性,适合不同起点、不同层次读者的需要。

在本书的编写过程中,作者参考和引用了前人的研究成果、著作和论文,具体出处见参考文献。在此,谨向这些文献的著作者表示敬意和感谢!

本书的第 7、8、9 章由宗昉编写,其余各章由卢官明编写,全书由卢官明统审、定稿。IPTV 技术集互联网、多媒体、通信、信息安全等多种技术于一体,技术的发展日新月异,相

关标准推陈出新，新的应用不断拓展。限于作者的能力和水平，书中疏漏和不足之处在所难免，敬请读者批评指正，提出宝贵意见和建议。（本书责任编辑邮箱：liuyang@ptpress.com.cn。）

作者
2007年3月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 IPTV 的基本概念	1
1.2 IPTV 系统结构及关键技术	1
1.2.1 IPTV 业务平台	2
1.2.2 IP 承载网络	5
1.2.3 用户接收终端	7
1.3 IPTV 的相关标准	8
1.3.1 总体框架标准	9
1.3.2 音视频压缩编码标准	10
1.3.3 流媒体文件格式	11
1.3.4 流媒体传输协议	13
1.3.5 数字版权管理标准	15
1.3.6 中国 IPTV 标准制定情况	18
1.4 IPTV 产业化发展驱动因素	19
1.5 IPTV 的发展状况	20
第 2 章 数字音视频编码技术	23
2.1 音频信号的分类及压缩编码的机理	23
2.1.1 音频信号的分类	23
2.1.2 数字音频压缩编码的机理	23
2.2 人耳的听觉感知特性	25
2.2.1 响度	25
2.2.2 音调	28
2.2.3 音色	28
2.2.4 人耳的听觉掩蔽效应	29
2.3 感知音频编码的基本原理	31
2.3.1 自适应变换编码	31
2.3.2 子带编码	32
2.4 视频信号的数字化	33
2.5 数字视频压缩的必要性和可能性	36
2.6 数字视频编码技术回顾	37

2.7 哈夫曼编码	39
2.7.1 哈夫曼编码的方法	39
2.7.2 哈夫曼编码的特点	40
2.8 算术编码	41
2.9 预测编码	44
2.10 运动估计和运动补偿预测编码	45
2.11 变换编码	49
2.11.1 变换编码的基本原理	49
2.11.2 DCT 图像编码	50
2.12 基于模型的图像编码	54
第3章 数字音视频编码标准	58
3.1 概述	58
3.2 MPEG 标准	59
3.2.1 MPEG-2 标准中的 I、P 和 B 帧	60
3.2.2 MPEG-2 视频码流的分层结构	61
3.2.3 MPEG-2 视频编码关键技术	64
3.2.4 MPEG-2 的“档次”与“级”	66
3.2.5 MPEG-2 AAC	68
3.2.6 MPEG-4 简介	71
3.2.7 MPEG-4 视频编码功能与特点	72
3.2.8 MPEG-4 基于内容的视频编码	76
3.2.9 MPEG-4 可分级视频编码	80
3.2.10 MPEG-4 的容错视频编码	87
3.2.11 MPEG-4 音频编码标准	88
3.3 H.264 视频编码标准	93
3.3.1 概述	93
3.3.2 H.264 视频编码层的核心技术及其特点	95
3.3.3 H.264 对网络的自适应性及抗误码技术	100
3.3.4 H.264 的档次和级	103
3.4 AVS 视频编码标准	105
3.4.1 概述	105
3.4.2 AVS1-P2	106
3.4.3 AVS1-P2 与 H.264 的比较	109
3.4.4 AVS1-P7	113
3.4.5 AVS 音频编码标准	114
3.4.6 AVS 的优势	115
3.4.7 AVS 标准的产业化进展	117
3.5 VC-1 视频编码标准	118

3.5.1 VC-1 的关键技术	118
3.5.2 VC-1 与 H.264 的技术比较	121
第 4 章 数字版权管理技术	123
4.1 IPTV 系统对 DRM 的需求	123
4.2 DRM 系统的体系结构	125
4.2.1 DRM 系统的功能结构	125
4.2.2 DRM 系统的信息结构	126
4.2.3 DRM 系统的技术体系	126
4.3 数据加密技术	128
4.3.1 密码学的基本概念	128
4.3.2 密码体制的分类	131
4.3.3 分组密码基础	133
4.3.4 数据加密标准——DES	137
4.3.5 其他对称分组密码简介	139
4.3.6 RSA 公钥密码体制	140
4.4 数字签名	142
4.4.1 电子签名和数字签名的概念	142
4.4.2 数字签名的技术保障	143
4.4.3 数字签名的技术实现	146
4.5 密钥管理	146
4.5.1 密钥的组织结构	147
4.5.2 密钥生成	148
4.5.3 密钥分配	149
4.5.4 密钥存储	153
4.5.5 密钥更换	154
4.6 数字水印技术	155
4.6.1 数字水印技术的产生背景和应用	155
4.6.2 数字水印技术的特性	156
4.6.3 数字水印技术的基本原理	157
4.6.4 数字水印的分类	159
4.6.5 图像数字水印的嵌入算法	160
4.6.6 DWT 和 DCT 相结合的水印嵌入和检测算法实例	164
4.6.7 视频数字水印的嵌入和提取方案	164
4.6.8 水印的攻击方法和对策	165
4.7 DRM 技术方案	168
4.7.1 IPTV 系统中的 DRM 技术	168
4.7.2 基于 OMA DRM 规范的 DRM 方案	170
4.7.3 Windows Media Rights Manager	172

4.7.4 RealNetworks 公司的 Helix DRM 方案	174
-------------------------------------	-----

第 5 章 IP 承载网技术 177

5.1 IPTV 业务对承载网的性能要求	177
5.2 IP 多播技术	179
5.2.1 多播的概念	179
5.2.2 多播技术的基本原理	180
5.2.3 多播组网结构	187
5.2.4 受控多播	190
5.2.5 IPv6 多播的新特性	192
5.3 内容分发网络 (CDN)	193
5.3.1 内容分发网络的概念	193
5.3.2 CDN 的组成及工作原理	194
5.3.3 CDN 的主要实现方式	197
5.3.4 CDN 的关键技术	197
5.4 P2P 技术	200
5.4.1 P2P 的含义	200
5.4.2 P2P 流媒体技术	201
5.4.3 P2P 技术的发展	202
5.5 xDSL 接入技术	203
5.5.1 ADSL 技术	204
5.5.2 ADSL2 和 ADSL2+ 技术	206
5.5.3 ADSL2/ADSL2+ 技术的特点	207
5.5.4 VDSL2 技术	209
5.6 光纤接入技术	211
5.6.1 光接入网的应用类型及基本特征	211
5.6.2 PON 技术概述	213
5.6.3 EPON 技术	215
5.6.4 GPON 技术	217
5.6.5 EPON 与 GPON 的比较	225
5.6.6 光纤接入的新技术热点	228
5.7 WiMAX 接入技术	229
5.7.1 WiMAX 的产生背景	229
5.7.2 IEEE 802.16 系列标准	230
5.7.3 IEEE 802.16 协议栈模型	231
5.7.4 IEEE 802.16d/e 的主要技术特征	233
5.7.5 WiMAX 技术的应用场景	235
5.7.6 WiMAX 与 Wi-Fi、3G 的比较	237
5.7.7 WiMAX 发展面临的挑战	239

第 6 章 流媒体传输技术	241
6.1 流媒体的基本概念	241
6.2 流媒体系统及其关键技术	242
6.3 IPTV 中的流媒体传输方式	243
6.3.1 ISMA 方式	243
6.3.2 MPEG-2 TS over IP 方式	244
6.3.3 两种流传输方式的比较	244
6.4 视频容错编码与掩错技术	245
6.4.1 编码端的容错编码技术	246
6.4.2 解码端的掩错技术	251
6.5 视频转码技术	253
6.5.1 概述	253
6.5.2 视频转码系统的典型体系结构及性能比较	253
6.5.3 视频转码的关键技术	255
6.5.4 转码系统的实现方式	256
第 7 章 IP 机顶盒	258
7.1 IPTV 终端类型	258
7.2 机顶盒概述	259
7.2.1 机顶盒的概念	259
7.2.2 IP 机顶盒的功能	260
7.3 IP 机顶盒的技术要求	260
7.4 IP 机顶盒与业务平台的接口	263
7.4.1 IP 机顶盒与业务平台的接口模型	263
7.4.2 主要协议	263
7.4.3 接口模型与中间件的关系	265
7.5 IP 机顶盒的技术方案	266
7.5.1 IP 机顶盒的硬件平台	266
7.5.2 IP 机顶盒的软件构架	269
第 8 章 IPTV 的业务及其实现技术	276
8.1 IPTV 的业务种类	276
8.1.1 IPTV 基本业务	276
8.1.2 IPTV 增值业务	277
8.2 IPTV 增值业务平台	279
8.2.1 IPTV 增值业务平台的结构	279
8.2.2 增值业务平台的特点	280
8.2.3 IPTV 增值业务平台与 IPTV 业务系统的关系	281

8.3 IPTV 增值业务实现中的关键技术	281
8.3.1 增值业务中间件	281
8.3.2 应用认证的安全机制	282
第9章 IPTV 系统解决方案	283
9.1 引言	283
9.2 中兴通讯的 IPTV 多媒体解决方案	283
9.3 UT 斯达康的 IPTV 解决方案	287
9.3.1 RollingStream 系统结构	287
9.3.2 RollingStream 系统的关键技术和特点	289
9.3.3 RollingStream 的运营支撑系统和网络管理系统	292
9.4 华为的 IPTV 解决方案	294
9.4.1 华为 IPTV 解决方案总体介绍	294
9.4.2 业务支撑系统	296
9.4.3 媒体传送网	298
9.5 上海贝尔阿尔卡特的 IPTV 解决方案	299
附录 缩略语英汉对照	300
参考文献	310

第 1 章 概论

1.1 IPTV 的基本概念

IPTV(Internet Protocol Television)俗称交互式网络电视。国际电信联盟 IPTV 焦点组(ITU-T FG IPTV)于 2006 年 10 月 16 日至 20 日在韩国釜山举行的第二次会议上确定了 IPTV 的定义: IPTV 是在 IP 网络上传送包含电视、视频、文本、图形和数据等,提供 QoS/QoE(服务质量/用户体验质量)、安全、交互性和可靠性的可管理的多媒体业务。从 IPTV 的字面意义来看,它既与 IP(Internet Protocol)有关,即与 IP 网及 IP 业务有关,又与 TV(Television)有关,当然也涉及 TV 网络及业务。显然,它与目前的 3 个运营网(广播电视网、Internet 和电信网)及其业务直接相关。从下一代网络(Next Generation Network, NGN)的概念与定义来看, IPTV 可看作是三重播放(Triple-play, 话音、数据和视频三重业务捆绑)业务的一种技术实现形式。IPTV 技术集 Internet、多媒体、通信等多种技术于一体,利用宽带网络作为基础设施,以家用电视机、个人电脑、手机以及个人数字助理(Personal Digital Assistant, PDA)等便携终端作为主要显示终端,通过 IP 协议向用户提供包括数字电视节目在内的多种交互型多媒体业务。

IPTV 技术平台目前能够支持直播电视、时移电视、点播电视、网页浏览、电子邮件、可视电话、视频会议、互动游戏、在线娱乐、电子节目导航、多媒体数据广播、互动广告、信息咨询、远程教育等内容广泛的个性化交互式多媒体信息服务。这种应用有效地将传统的广播电视、通信和计算机网络 3 个不同领域的业务结合在一起,为三网融合提供了良好的契机。

IPTV 最主要的特点在于它改变了传统的单向广播式的媒体传播方式,用户可以按需接收,实现用户与媒体内容提供商的实时交互,从而更好地满足用户个性化需求。IPTV 和数字电视之间既是竞争关系,又是互补关系。从业务范围和覆盖的用户群看,最终是互相重叠的,从而形成竞争关系;另一方面,也可以将 IPTV 看成是数字电视的一种技术实现手段,数字电视侧重广播,特别是高清晰度电视业务,而 IPTV 可以侧重宽带交互型多媒体业务,两者有可能形成一定程度的业务互补局面,共同推进三网融合进程。

1.2 IPTV 系统结构及关键技术

IPTV 技术平台采用基于 IP 宽带网络的分布式架构,以流媒体内容管理为核心。IPTV 系统主要包括 IPTV 业务平台、IP 网络 and 用户接收终端三个组成部分,如图 1-1 所示。IPTV 技术平台涉及的主要技术包括 MPEG-4、H.264 编解码技术、元数据编目技术、虚拟存储技术、

流媒体技术、数字版权管理(Digital Rights Management, DRM)技术、电子节目导航(Electronic Program Guide, EPG)技术、IP 可控多播技术、内容分发网(Content Distribution Network, CDN)技术、宽带接入网技术、IP 机顶盒技术和运营管理系统技术等。

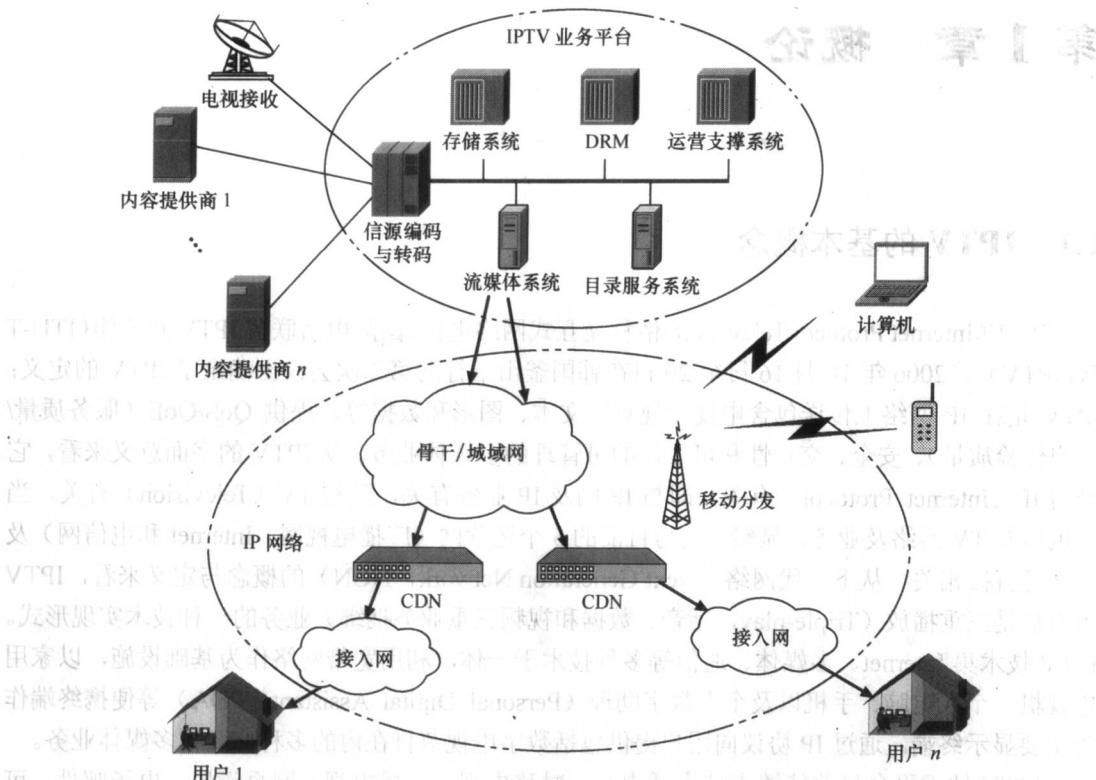


图 1-1 IPTV 系统结构

1.2.1 IPTV 业务平台

IPTV 的业务前端主要包括信源编码与转码系统、存储系统、流媒体系统、运营支撑系统和 DRM 等，一般具有节目采集、存储与服务两种功能。节目采集包含节目的接收（如从卫星、有线电视网、地面无线和 IP 网络等）、节目的压缩编码或转码（transcoding）及格式化、加密和 DRM 打包、以及 EPG 生成等。节目存储与服务则完成对节目采集处理后生成的节目之大规模存储或播送服务。这里的播送服务不仅要加将加密的视音频流媒体节目以 IP 单播或多播的方式从流媒体服务器播送出去，而且还要对用户或用户终端设备进行认证，并从 DRM 授权/密钥服务器向被认证的用户或用户终端设备传送 DRM 授权/密钥，使用户能够对已接收的加密视音频流媒体节目进行解密和播放。

1. 信源编码与转码系统

信源编码与转码系统完成各种信号源的接收，按照规定的编码格式和数码率对视音频信号源进行压缩编码，并转化成适合 IP 传输（多播或点播）的数字化视音频数据流文件。

开展 IPTV 业务需要消耗大量的网络带宽资源，采用合适的音视频编码技术是实现 IPTV 业务的关键。目前宽带网络环境下适用的视频编解码标准有 MPEG-4 (ISO/IEC 14496-2)、

H.264 (ISO/IEC 14496-10)、AC-1 (WMV9) 和 AVS 等。现今的音频编码标准和格式非常多, 常见的使用流技术的非标准音频格式有 Microsoft 公司的 Windows Media Audio 和 RealNetwork 公司的 RealAudio; 音频编码标准有 MPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding, 高级音频编码) 和 MPEG-4 HE-AAC (High Efficiency AAC, 高效的高级音频编码)。

目前信源编码格式还无法实现统一, 需要进行编码格式的互相转换, 即实现转码功能。实时性或非实时性的视音频数据流文件被分类存储在存储系统中, 再由流媒体服务器在运营支撑系统的控制下把视音频数据流文件推送到宽带传输网络中。

2. 存储系统

存储系统用于存储数字化视音频数据流文件和各类管理信息; 考虑到数字化后的视频数据量相当庞大以及各类管理信息的重要性, 因此存储系统必须兼顾存储容量和安全可靠性的要求。存储系统主要包括存储设备、存储网络和管理软件等 3 个部分, 它们分别担负着数据存储、存储容量和性能扩充、数据管理等任务。

IPTV 的存储设备可以选用硬盘冗余阵列、光盘和数据流磁带机等。硬盘冗余阵列具有速度快、容量大、安全可靠等优点, 一般作为流媒体应用的在线 (On-line) 存储设备。与硬盘相比, 光盘和磁带在读写访问速度方面存在明显的差距, 但是在单位容量价格和容量扩展性等方面有着明显的优势, 因此通常作为系统的近线 (Near-line) 或离线 (Off-line) 存储设备。在实际工作中, 3 种存储设备将组合使用, 以满足不同场合的要求。

存储网络包括直接访问存储 (Direct Access Storage, DAS)、网络附加存储 (Network Attached Storage, NAS) 和存储区域网络 (Storage Area Network, SAN) 3 种方式。采用 DAS 连接的方法具有技术简单、投资较小的优点, 可以满足 IPTV 内容的海量存储要求, 但安全性低, 难以实现数据高效备份, 维护管理困难, 不是今后的发展方向; NAS 方式可利用已组建的局域网络, 扩展方便, 实施简单, 但不能满足大容量、实时性要求较高的数据存储访问, 并会对网络性能产生较大影响, 也不宜作为 IPTV 存储方案的首选; SAN 是一个由存储设备和系统部件构成的网络, 通过光网络完成工作, 具有较高的数据读取速度, 增加了对存储系统的冗余链接, 提供了对高可用群集系统的支持, 但输出带宽不能随着用户和业务规模的扩展而线性扩展, 系统建设成本较为昂贵。从技术的角度讲, SAN 具有很大的优势; 但在成本大幅下降以前, 现有存储系统的利用是 IPTV 业务开展中不可回避的一个问题。

IPTV 系统对网络资源的要求很高, 大规模部署必须考虑分布的存储方式, 目前常用中心节点和多个边缘节点形成多级存储结构以降低成本。但是这种方式会给内容分发过程带来时延增大和网络负担增加的问题, 因此选取优化的存储管理机制就成为 IPTV 中的重要课题。

存储管理软件可提供虚拟存储、共享、迁移、备份、恢复等存储管理功能。目前的 IPTV 系统对存储内容的组织和管理有文件和切片两种方式。文件方式以文件作为网络的最小存储单元, 将视频流按照文件的方式存储在磁盘上, 对实时业务的反应能力较差; 切片方式可以很好地解决文件存储方式无法很好满足多媒体业务实时性的问题, 能够支持更加灵活的内容交换及路由策略, 将大大提升网络的负载均衡和快速响应能力, 同时降低存储网络对带宽和存储空间的占用。切片方式在内容的分发、内容的交换、内容的集成和链接、系统性能和用户体验等方面有许多优势, 是 IPTV 业务中存储技术的发展方向。

3. 流媒体系统

IPTV 技术平台采用流媒体技术通过 IP 网络传送视音频数据流文件。流媒体系统中包

括了提供多播和点播服务的流媒体服务器。流媒体服务器负责在运营支撑系统的控制下将音视频数据流文件推送到宽带传输网络中。与传统的下载播放不同,流式播放技术采用边下载边播放的方式,用户不必等到整个文件全部下载完毕,而是只需经过几秒或几十秒的启动延时,即可在用户终端上对压缩的音视频流解压后进行播放。此时流媒体文件的剩余部分将在后台由服务器向用户终端进行连续、不间断的传送,而播放过的数据也不保留在用户终端的存储设备上。与单纯的下载播放方式相比,流式播放不仅使启动延时大幅度地缩短,而且对系统缓存容量的需求也大大降低。当然,流媒体文件也支持播放前的完全下载。

数字音视频流在完成编码压缩以后,可通过不同的网络传输协议实现数据的传输和控制,其中比较常用的有实时传输协议(Real-time Transport Protocol, RTP)和实时流协议(Real Time Streaming Protocol, RTSP)等。Internet 流媒体联盟(Internet Streaming Media Alliance, ISMA)发布的技术规范对数据的传输和控制方案作了规定。此外,MPEG-2 的传输流(Transport Stream, TS)协议也被用于规范此方面的内容。

ISMA 和 TS 两种流格式目前都有一定范围的应用,各有优缺点。ISMA 的方案适合 IP 网的特点,开销小,但音、视频要分别用两个流传输,同步难度大;TS 的方案是将音、视频流复用在同一个流中,同步精度较高,并且可以在一个流中携带丰富的节目相关信息,但是开销较大。从目前 IPTV 系统的应用情况看,ISMA 和 TS 两种流格式短时间内难以统一,但不会对系统的正常工作造成影响。可以通过支持两种流格式的机顶盒或专门的 ISMA-TS 转码模块来解决这一问题。

在 IPTV 系统中使用的流媒体服务器担负着将预先编码压缩或实时编码压缩的视频文件以流的方式推送到网络中去的任务,要有很高的性能和可靠性要求。为达到此要求,就必须提高单机可靠性或采用服务器集群(Cluster)技术。依靠单台服务器的性能改善来解决整体性能和服务可用性问题,存在着性能价格比方面的限制。服务器集群技术的出现有效地解决了这个问题。负载均衡的松散耦合集群系统是解决大规模流媒体服务的重要方向。

4. 运营支撑系统

为满足 IPTV 业务产业化运营需求,完善的运营支撑系统是必不可少的。IPTV 运营支撑系统主要负责完成下述管理任务。

- (1) 系统管理:对所有的流媒体服务器和系统服务器进行统一监控与管理。
- (2) 业务应用:业务受理、运营支撑、网关安全、统计报表管理和第三方运营管理等。
- (3) 流媒体内容管理:控制流媒体内容的采集、编码、编辑制作、审查、存储、编目、搜索、归档、编排、分发、负载均衡、电子节目导航(EPG)和数字版权管理等。
- (4) 用户管理:用户认证、授权、计费、结算和账务处理等,保证合法用户得到安全高质量的服务。

电子节目导航系统,主要用来描述提供给电视观众的所有节目的信息,它是构成交互电视的重要技术之一。在 IPTV 业务中,用户可通过 EPG 来了解电视节目的名称、播放时间和内容梗概等相关信息,并实现对节目的快速检索和访问,进行频道选择或点播电视等操作。除了电视节目的导航之外,还可通过 EPG 向用户提供由文字、图形和图像组成的人机交互界面来实现各种增值业务的导航。

目前 IPTV 系统可以采用宽带网络的常用接入认证方式,如虚拟拨号认证、Web 认证、动态主机配置协议(Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP)认证、IEEE 802.1x 认证等。未来 IPTV 的业务开展要考虑多种接入认证方式结合的统一认证,需要进一步研究和论证。

5. 数字版权管理

数字版权管理 (DRM) 为数字媒体的商业运作提供了一套完整的解决方案, 保护数字媒体内容免受未经授权的播放和复制。IPTV 要实现可持续的产业化发展, 必须解决 DRM 问题。DRM 的作用不仅仅是阻止非授权用户访问和共享数字资源, 更主要的是保证合法授权用户能够便捷地访问 IPTV 内容; IPTV 必须在节目内容的制作、发布、传输、消费 4 个环节实施有效的数字版权管理。

IPTV 内容所有者在制作 IPTV 节目内容的同时需要捆绑相应的 DRM 信息。对于原创数字媒体内容, DRM 信息采用 DRM 信息元数据来描述, 通过隐形数字水印方式将原创版权信息嵌入到数字媒体内容之中; 对于非原创数字媒体内容, 需作相应的版权信息标识, 以避免未经授权的非法使用。

在 IPTV 节目内容发布环节, DRM 支持对内容所有者、服务提供商的完整发布流程中的版权信息管理。可以支持内容所有者直接发布数字媒体内容, 版权信息直接由内容所有者进行管理。也可以支持内容所有者将数字媒体内容交由内容提供商发布, 并允许内容提供商在授权范围内完全或部分发布数字媒体内容。

在 IPTV 节目内容传输环节, 通常采用数据加密、数字水印和反拷贝、防篡改、认证、授权等 DRM 技术。对数字媒体内容进行加密以后, 只有授权用户才能获取内容的解密密钥, 并且密钥能够与消费者的硬件信息绑定, 有效地防止传输中间环节的非法拷贝和存储, 只有授权用户在取得许可证书后才能使用和访问数字媒体内容。

在 IPTV 节目内容消费环节, DRM 可以将消费控制在内容提供商规定的合法范围内, 合法的用户在授权的情况下可以在家中欣赏、存储、复制和再播放数字媒体内容。

数字版权管理应用于 IPTV 系统的基本流程是: 首先将经过加密处理的视频信息与该视频的元数据 (包括节目的版权信息、许可信息、内容标识和密钥标识等) 发布到流媒体服务器上, 同时该视频的内容标识和使用规则被传送给许可证服务器; 接着用户通过网络访问流媒体服务器, 在视频流到达接收端开始播放前, 播放器将自动根据视频内容的要求访问许可证服务器以获得正常播放所需要的密钥; 在收到密钥后结合授权规则播放视频内容。

数字版权管理的标准涉及语言标准、加密标准、密钥管理标准等。目前 IPTV 业务厂商都有各自的数字版权管理方案 (如微软、RealNetworks、IBM 等公司), 还没有形成运营商采用的统一标准。

1.2.2 IP 承载网络

IPTV 系统所使用的网络是以 TCP/IP 协议为主的网络, 包括骨干网/城域网、内容分发网和宽带接入网。

1. 骨干网/城域网

骨干网/城域网主要完成视音频数据流文件在城市之间和城市范围内的传送。IP 骨干网和 IP 城域网可以采用不同的低层物理网, 以 IP over SDH/SONET (即 packet over SDH/SONET)、IP over ATM 或 IP over DWDM optical (如吉比特/10 吉比特以太网) 的方式提供传输服务, 其中, 吉比特/10 吉比特以太网目前被 IPTV 系统普遍采用。对以 IP 单播或多播方式发送的视音频流媒体节目流进行路由交换传输, 是 IP 骨干网和 IP 城域网在 IPTV 系统网络中发挥的基本功能。

IP 多播路由技术实现了 IP 网络中点到多点的高效数据传输。可以有效地节约网络带宽,降低网络负载。多播是一种允许一个或多个发送者(多播源)同时发送相同的数据包给多个接收者的一种网络技术,是一种能够在不增加骨干网负载的情况下,成倍增加业务用户数量的有效方案,因此成为当前大流量视频业务的首选方案。在 IPTV 的应用中,利用 IP 多播路由技术,可以有效地分发媒体流,减少网络流量。目前接入设备通过 IGMP Proxy 功能,实现了用户的按需加入、离开等功能,这样既实现了媒体流的按需分发,又减少了多播对带宽的过度占用。随着 IP 多播技术在综合接入设备上的应用,大多数的设备都支持 IGMP Snooping 和 IGMP Proxy 功能。

IGMP Snooping 是解决 IP 多播在二层网络设备上广播泛滥的一种基本解决方法。它通过在二层网络设备上监听用户端和多播路由设备间的 IGMP (Internet Group Management Protocol, Internet 组管理协议) 消息,获取多播业务的用户列表信息,将多播数据根据当前的用户信息进行转发,从而达到抑制二层多播泛滥的目的。

IGMP Proxy 通过代理机制为二层网络设备的多播业务提供了一种完整的解决方案。运行 IGMP Proxy 的二层网络设备,对用户侧承担服务器 (Server) 的角色。它还定期查询用户信息,对于网络路由侧又承担客户机 (Client) 的角色,在需要时将当前的用户信息发送给网络。这样不仅能够达到抑制二层多播泛滥的目的,更能有效地获取和控制用户信息,同时在减少网络侧协议消息以降低网络载荷方面起到一定作用。

2. 内容分发网

为了提高对 IPTV 节目流点播的响应和传输实时性,以及解决或减缓 IPTV 点播请求之冲击性和波动性对 IPTV 前端设计容量所造成的压力,IP 骨干网和 IP 城域网上普遍采用了内容分发网络 (CDN) 技术,实现对多媒体内容的存储、调度、转发等功能。CDN 是一个叠加在骨干网/城域网之上的应用系统,其基本原理是在网络边缘设置流媒体内容缓存服务器,把经过用户选择的访问率极高的流媒体内容从初始的流媒体服务器复制、分发到网络边缘最靠近终端用户的缓存服务器上;当终端用户访问网站请求点播类 IPTV 业务时,由 CDN 的管理和分发中心实时地根据网络流量和各缓存服务器的负载状况以及到用户的距离等信息,将用户的请求导向最靠近请求终端的缓存服务器并提供服务。CDN 采用集中式管理、分布式存储、内容边缘化、用户就近访问、分布式缓存就近服务、服务器负载均衡等策略,减轻音视频数据流对骨干网/城域网的带宽压力,减少网络拥塞,提高用户访问流媒体内容的响应速度和网络服务性能。CDN 由核心服务器、分布式缓存服务器及存储设备、重定向 DNS (Domain Name System, 域名系统) 服务器和内容交换服务器等组成,重定向 DNS 服务器依据 DNS 来确定发出请求的接收端地址,在兼顾服务器负载均衡的前提下,根据该地址选择最近的缓存服务器向接收端发送流媒体内容。

但现有的 CDN 是从基于 PC 机的流媒体业务发展而来,在大量用户同时选择同一内容时,存在服务效率低、重定向机制复杂等问题。CDN 更适宜视频点播服务的开展,对直播电视、时移电视以及各种增值业务支持能力相对有限。虽然现在也提出了一些改善机制,但 CDN 先天性的架构缺陷还是难以满足 IPTV 业务的节目性要求,无法承载 IPTV 的全部功能并会引入流量“瓶颈”。

为解决 CDN 存在的问题,近期已经开展将现有的 CDN 架构改造为 P2P (Peer to Peer, 对等联网) 形式的媒体交付网络的研究。建立 P2P 机制的媒体交付网络需要在业务汇聚、内