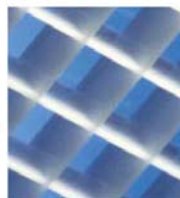


IPTV 指南



技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

目录

引言	1
IPTV和三重播放	1
IPTV的诱惑	1
IPTV是如何工作的	2
来自IPTV传送业务的挑战	2
IPTV技术概述	5
视频压缩技术	5
网络协议	6
UDP 或用户数据报协议	6
RTP 或实时协议	7
RTSP或实时流协议	7
IGMP或网际组管理协议	8
IP 网络的发展历程	8
IP 网络的体系架构	9
接入网技术	10
xDSL	10
HFC	10
FTTx	10
WiMAX	11
控制平面和用户平面	11
IPTV网络和传输错误	12
视频问题	12
物理层和协议簇问题	13
测试 IPTV 网络	14
IP网络技术的研发和部署	14
IPTV的测试方法	15
测试工具和测试技术	16
跨层测量和测试	16
分布式多层监视工具	17
建立特定层的监测点	17
扩展的监视功能	18
多层监测	18
图像质量和质量指示工具	20
主观评测和PQ测试	20
基于存储文件的内容质量控制	20
使用MDI进行QoS测量	20
整合世界中的泰克公司	21
结语	22
术语汇集	23

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV
初级读本

文中插图

图 1. 几种不同的多播 / 单播案例.....3

图 2. 视频编码的发展进程.....5

图 3. IP 包格式.....6

图 4. IP/UDP/RTP 包.....6

图 5. RTP 包头.....7

图 6. RTSP 协议.....7

图 7. IP 网络的体系结构.....8

图 8. xDLS.....10

图 9. FTTx 接入网络技术的特性.....10

图 10. 包丢失带来的影响.....12

图 11. IP 网络中的物理层和协议簇问题.....13

图 12. IP 网络技术的研发和部署.....14

图 13. 简化后的 IPTV 网络结构.....15

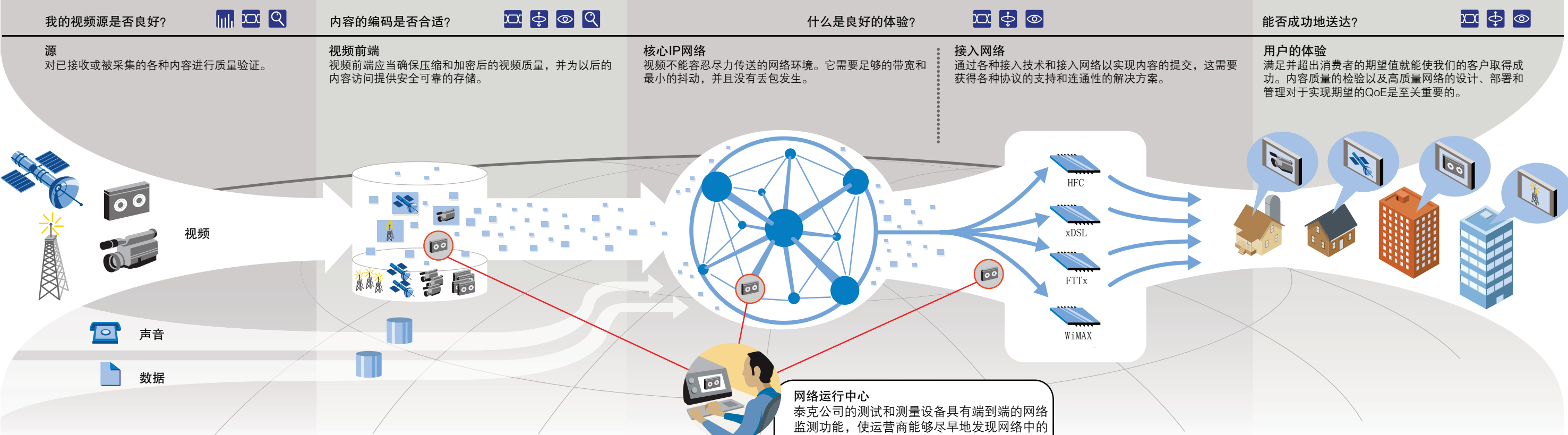
图 14. IP-MPEG TS 各层之间的相关性.....16

图 15. 多层测试点举例.....19

IPTV 推动全球新数字技术的革新

确保三重播放系统中的IPTV体验质量

消费者日益提升的期望对内容制作商、网络运营商和设备制造商带来了很大的压力，消费者要求和运营商能够自始至终地为他们的终端用户提供高质量的音频和视频服务，这一要求促进了技术的快速发展，各种各样的新格式和新标准的出现，以至于内容制作商、网络运营商和设备制造商在创建新业务的过程中和将新业务推向市场时，面临着各种复杂的挑战。作为在现代通信网络行业和视频行业拥有最完善的产品和深厚的技术经验的泰克公司，我们能够对IPTV环境中应用提供最先进的测试、测量和监视解决方案。



泰克公司解决方案:

- 基带视频和音频
- 分析仪和诊断设备
- 网络监测工具
- 监测系统
- 基于文件的内容QC (质量控制)

泰克公司怎样帮助您:

设计

部署

管理

内容验证

内容创建和后期制作

挑战: 创建高质量的视听内容, 符合广播电视标准和满足客户的需求。

泰克公司解决方案:

- 基带视频和音频
- 分析仪和诊断工具
- 基于文件的内容QC

研究和开发

挑战: 确保标准的符合性和设计的完整性。迅速有效地完成测试和验证, 尽快地将成果推向市场, 降低整个开发成本。

泰克公司的解决方案:

- 基带视频和音频
- 分析仪和诊断工具

设备制造商

挑战: 消除错误和质量问题以满足用户要求。确保您的产品设计参数符合技术规范和行业标准。

泰克公司的解决方案:

- 基带视频和音频
- 分析仪和诊断工具

系统集成

挑战: 迅速有效地推出新的业务; 整合新的设备和技术; 使您的客户能够尽快地回收最初的投资。

泰克公司的解决方案:

- 基带视频和音频
- 分析仪和诊断工具
- 网络监测工具
- 监测系统
- 基于文件的内容QC

网络工程

挑战: 为网络性能质量的恶化提供前期监测, 一旦问题出现, 迅速查寻故障的来源, 能够在给终端用户带来不良体验之前隔离和解决网络中的故障。

泰克公司的解决方案:

- 基带视频和音频
- 分析仪和诊断工具
- 网络监测工具
- 监测系统

网络运行

挑战: 监视并保持内容的完整性, 确保正确的内容在能够预期的时间到达终端用户。确保您的团队拥有必需的测试工具以解决潜在的故障, 避免问题的发生。

泰克公司的解决方案:

- 基带视频和音频
- 网络监测工具
- 监测系统
- 基于文件的内容QC

引言

数字视频广播工程项目是在 1993 年确立的。最初的任务是开发一整套的数字视频技术工程，包括数字卫星、数字有线和地面广播电视技术，并将它们全部纳入到一个“预标准化”(pre-standardization)的实体中。DVB 工程项目是由广播电视业主和设备制造商组成的，它在每一传送媒体的物理层、误码校正以及信号传输中均采纳了 ETSI 标准。

DVB 技术的基础是它的传输机制，即 MPEG-2 传送流。基于 ISO/IEC 标准的传输机制定义了用来传送打包后的数字视音频的比特流的语法和语义，以及定义了由机顶盒(STB)解码信号的定时机制。这一工作成为 IPTV 系统的基础，为基于各种物理层的视频传送提供了适用的文件标准和可靠的数据传输协议。

在传送流的标准化上除了采用以上技术之外，为推出 IPTV 系统还出现了一些其它新技术，这些新技术包括新开发的压缩技术，例如 H.264/AVC 和 VC-1 编解码标准，这些新的压缩技术可以为链接到家庭但是带宽受到限制的传输提供更加高效的利用率。为 IPTV 开发的新技术还包括经过改善的系统安全性以及数字版权管理(可以为内容提供商在 IPTV 系统中的传输提供版权保护)、IP 核心网络以及更快、更具有性价比的各种接入网络技术(例如 WiMax、ADSL 等等)。

尽管 IPTV 的启动技术是成熟的，然而，在开发 IPTV 的过程中，也带来了许多技术上的挑战，而这些技术上的挑战对于成功地实现 IPTV 业务传输是至关重要的。在这篇应用文章中，我们对这些技术上的挑战作了介绍，以及为了更好地设计、创建和管理 IPTV 传输系统，我们应当如何使用测试和测量设备等。

从本质上来说，IPTV 是广播电视领域和电信领域的结合。因此，为了成功地完成 IPTV 系统的部署，必须同时具备这两个领域的测试测量工具和技术经验。泰克公司始终致力于这两个领域的产品设计和开发，这些产品既来自于我们在视频测试和测量领域中长期积累的丰富经验，也来自于我们在电信测试和测量领域中的技术专长。

IPTV 和三重播放

三重播放是用来描述将话音、视频和数据业务传送到家庭的一种术语。在商业上可以采用许多技术手段来将这些业务经由各种不同的接入技术传送到家庭。然而，真正的三重播放在提供这些业务时通常是通过一种单个的连接到家庭(例如光纤到家庭)。为了传送这些业务，并不一定要使用 IP 技术，例如，有线网络公司可以经由 QAM 和 DOCSIS 系统向家庭提交“数字话音”。

IPTV 是三重播放的一个组成。IPTV 用来描述通过 IP 网络向家庭用户提供具有广播级质量的视频业务。注意它不同于通过公共因特网上传输的流式视频业务，后者需要使用第三方的解码器，或者下载到具有解码设备的个人电脑上。在这篇应用文章中，我们不对这种流式视频进行讨论。

IPTV 的诱惑

IP 网络具有双向的交互式功能，而这种功能正是传统电视技术所不具备的。IP 网络的这种交互方式使“一对一”的信号分配成为可能，允许单个收看者控制被他们选择的内容，这种方式即所谓“trick mode”(特技模式)，具有类似播放器的暂停、快进和后退的功能。利用这种交互方式，可以开展有针对性的目标广告业务和一对一的市场营销活动，包括能够提供终端用户的瞬时反馈信息以及其它业务，例如网上购物(可以在节目上观看到实物)和游戏等等。

IPTV 系统与传统的单向广播电视系统相比较，在交互性应用上有着许多区别。IP 网络的双向特性使用户通过网络实现视频点播(VoD)和网络数字视频录像(NDRV)成为可能，这两项服务也正是 IPTV 系统胜过单向广播电视系统的两个最常见的应用实例。因为在传统的单向广播电视系统中，播放的节目是由运营商向节目的收看者推出而不是由收看者按照自己的需求索取的。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

IPTV 是如何工作的

在标准的广播电视系统中，所有正常播出的频道(例如 CNN、HBO 等等)一起发送到用户的机顶盒中(通过有线网络、卫星网络或地面传输系统)。所发送的频道可能有数百个，然而，这数百个频道是同时交付的。用户对机顶盒进行调谐以接收他选择的频道，以这种方式响应由收看者的遥控器发出的请求。因此，这种调谐频道的方式实际上是在收看者本地进行的，它使得频道的转换几乎是在瞬间完成的。

但是在 IPTV 系统中，为了充分利用预留给家庭用户的最终连接带宽，在设计 IPTV 系统时就考虑到仅将用户请求的节目频道而不是将所有频道传送到机顶盒。需要注意的是，有时也有可能将数个节目(或者频道)传送到同一家庭用户中的不同 IP 地址处，例如该家庭用户拥有几个单独的机顶盒或者拥有不同 IP 地址的其它接收设备。

在 IPTV 系统中，为了切换频道，需要将一个特定的指令发送到接入网络中以响应用户切换频道的请求。与这种频道转换技术相联系的是复杂的协议交换过程，在这一过程中要使用 IGMP 协议的“Leave”(离开)和“Join”(加入)指令。完成这种协议的交换需要一定的时间，而所需要的时间又受到网络中传输延时的显著影响；反之，协议的交换时间又会直接影响到系统的频道转换需要一定的时间。从本质上来说，在 IPTV 系统中，频道的转换是在网络中实现的而不是在本地机顶盒中完成的。因此，我们在为终端用户保留这种宝贵的最后一英里的信号传输带宽的同时，这种频道转换方式也给 IPTV 系统的可分级性和可用性带来了一系列的复杂问题。

在 IPTV 系统中，以广播方式传送的电视节目是使用 IP 多播方式(它也属于 IGMP 协议，如前所述)经由 IP 系统以有效地传送节目。设计这种多播方式正是为了使许多网络用户共享这一会话。

但在 IPTV 系统的 VoD 业务中，采用的却是单播 IP 服务，它使用的是 RTSP 控制机制。每当收看者发出请求时，被选择的节目由网络中的服务器以独特的单播方式将节目提交给用户。这种收看方式从效果上来看，相当于在网络服务器与观看者机顶盒之间建立了一种专用的网络连接。

在图 1 中给出了各种不同特性的网络模型，其中包括各种不同的多播/单播案例。

有关单播、多播以及 IGMP 和 RTSP 等协议，我们将在随后予以介绍。

来自 IPTV 传送业务的挑战

视频、话音和数据均属于 IP 数据业务，当它们经由 IP 网络传输时，这三种业务却有着各自不同的服务质量(QoS)要求。

为使视频能够在机顶盒端顺利地解码，携带视频数据的传送流必须以已知的、恒定的比特率到达机顶盒，并且要求各传送包依次到达且具有最小的抖动或延时量。与传送视频的这种苛刻的要求相比较，上述要求对于话音或数据的顺利交付却并不那么重要。为了给用户提供高质量的服务，鉴于这三种业务的不同特性和传输要求，这对于网络的设计、部署和维护管理均带来了严峻的挑战。

就事物的本身属性而言，IP 网络最初是专为数据传输而开发的，它是一种“Best Effort”(尽力而为)的传送网络。因此，当网络的传输带宽受到限制以及网络中的抖动增加时，在 IP 网络中传输的数据包很容易出现丢失的现象。在绝大多数的情况下，这一问题对于数据业务并没有显著的影响，因为包的丢失可以通过再次发送予以解决；而数据包沿着不同的网络路由到达目的端而使包到达顺序错误也不会对数据业务的传送有什么影响。然而，视频业务则完全不同，它不能容忍这种尽力传送的网络环境。对于视频业务而言，它必须有如下的服务质量(QoS)保证：

1. 为顺利地传送视频业务，必须提供足够可用而又充分可靠的带宽保证。如果不具备这一条件，那么视频数据的传送将可能是“突发性”的，这会导致机顶盒(STB)的接收问题，因为机顶盒要求视频数据有恒定的比特率并且按照正确的包顺序到达。
2. 视频数据在网络中传输时应当有较低的传输延迟。传输延迟过大将影响用户观看节目时的体验质量，因为它会导致机顶盒对用户遥控器的频道切换请求有太长的响应时间。
3. 较低的网络抖动。抖动会影响数据包在网络中传输时的到达时间的可变性。这种到达时间的可变性可能会导致接收设备(STB)中缓存器的下溢或上溢。抖动会影响数据包中各种不同网络元素的处理方式。如果抖动量太大，由于网络中的队列排序处理软件试图平衡各种网络元素的通信量而导致数据包丢失的机率增加。
4. 较低的包丢失率。数据包的丢失会严重地影响接收视频的质量，从而导致十分显著的图像块效应。如果丢失的数据包中含有 I 帧视频，这种影响将会更加严重，因为机顶盒会一直等待直至下一 I 帧的到来以使解码“复位”。这一问题在使用 H.264 编码时会更加突出，因为 H.264 编码使用了较长的图像组(GOP)结构，从而增加了 I 帧丢失的机率。在 H.264 编码中，采用了更高的图像数据压缩率，它的每一帧含有较多的图像数据信息。因此，单个 H.264 编码帧的丢失可能会对图像质量带来更为显著的影响。

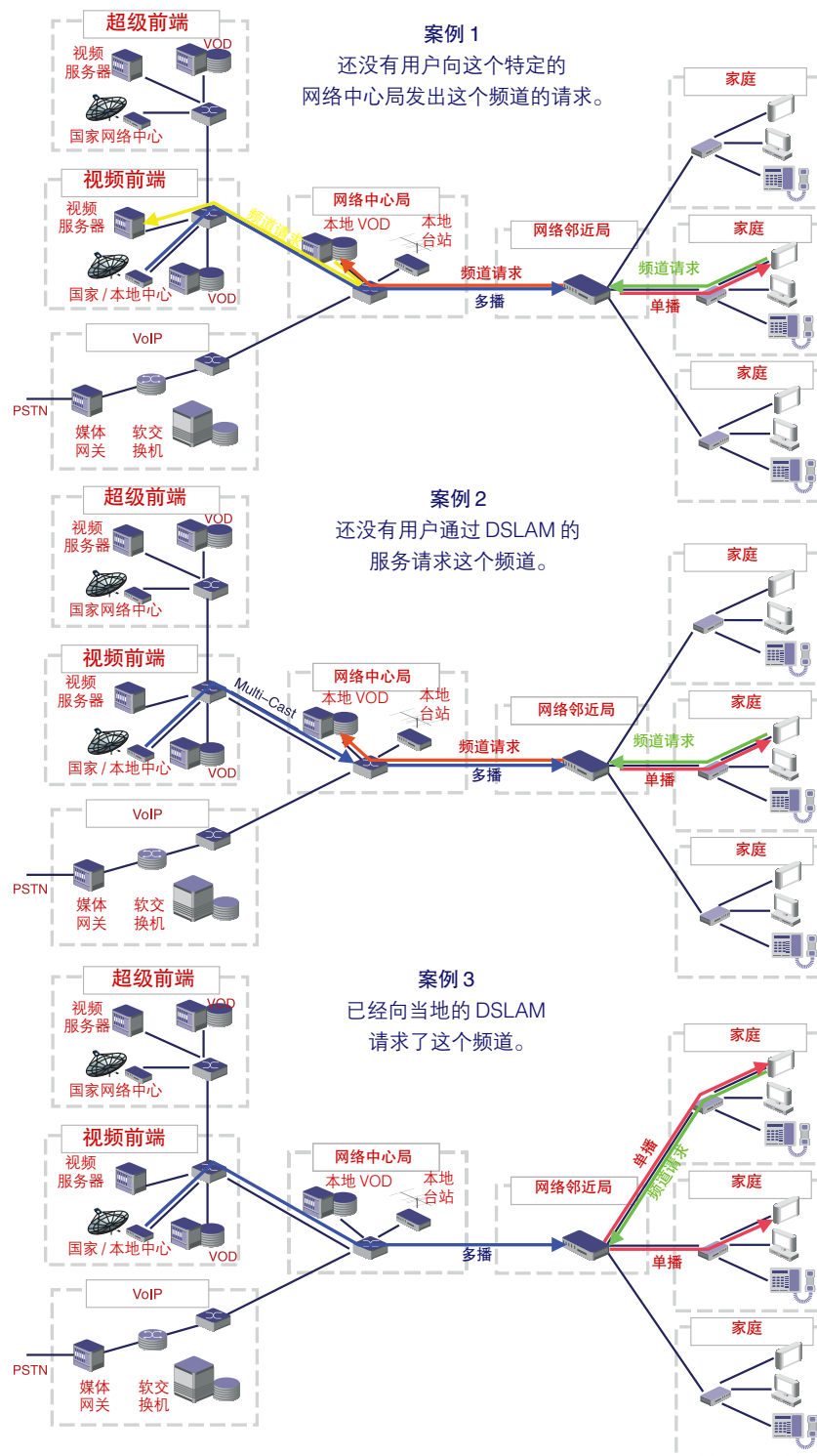


图 1. 几种不同的多播/单播案例。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

单纯从网络的需求来看，与话音或数据相比较，视频业务需要更多的带宽。为了确保服务质量，有效的网络管理规则以及良好的网络设计、强健的网络是必需的。在 IP 网络中，传输一路采用 MPEG-2 编码的标准清晰度视频信号大约需要 3.75Mbps 的带宽，而传送一路高清晰度的 MPEG-2 编码信号则需要 12 至 15Mbps 的带宽。如果进一步考虑在网络中传输各种服务的组合，例如视频点播、标准清晰度和高清晰度频道(以及话音和数据业务)，那么，很容易看出，绝大多数网络接入技术的带宽预算将很快被消耗殆尽并受到限制。

当今的广播电视系统已经使人们建立了对电视观看体验的用户期待质量。因此，为了获得成功，IPTV 服务必须至少能够提供与传统电视广播、有线或卫星电视相当的收看体验质量，甚至具有更好的收看体验。这样说来，观众的体验质量 QoE (也就是用户对接收的内容是否满意?)成为 IPTV 服务能否获得成功的一个关键因素。体验质量(QoE)必须考虑以下各个方面，例如：

- 电视用户对带宽的需求是否超出所提供的带宽？
- 运营商所承诺的所有功能(例如电子节目指南即 EPG、正确的节目内容等)是否能够兑现？
- 用户此时的观看体验如何(例如图像质量、频道切换时间等)？

在数据包传送这一层次上的服务质量(指网络是否提供了充分的、使人满意的内容?)与 QoE 具有同等的重要性。良好的 QoS 是高质量 QoE 的基础，这样的 QoE 能够满足人们对体验质量的期待。QoS 重点关注的是网络的性能，以及该网络是否具备按照所要求的标准向用户提交内容的能力。举例来说，量化的 QoS 测量包括以下几项：

- 在网络中的什么地方会发生通信的拥塞？
- 该网络在相应的市场中能够提供充分的 VoD 内容服务？
- 该网络是否存在着话音、数据和视频之间的交互性问题？
- 在网络的物理层中有多少个 IP 包丢失，并且有着明显的抖动？

鉴于 QoS 和 QoE 是衡量运营商提供的 IPTV 业务能否成为被用户接受的产品以及其质量能否被用户所认可的重要指标，因此，对影响它们的一些参数进行监视、测试和测量应当是一项基本要求。

IPTV 系统是由大量的关键部件(它们组成为一个系统工程)组成的，所有这些部件对 QoS 和 QoE 均会产生一定的影响。其中一些最重要的部件包括：

- **中间件** — 将 IPTV 部件连接在一起的软件和硬件基础结构。中间件能够包括面向用户的 EPG、应用程序控制、后台管理 / 计费系统(back office/billing)等等。
- **STB(机顶盒)** — 它是 IPTV 系统为用户提供网络接口的一种用户室内设备(CPE)，网络运营商通过该设备向其用户提供 IPTV 服务。
- **视频编码器 / 代码转换器 / 码流处理器** — 这些设备能够将各种格式的输入码流处理成可向目标 CPE 传送的一路数字压缩码流。
- **核心网络部件** — 用来组成下一代核心网络的关键部件，这种下一代的核心网络能够通过网络对视频、话音和数据进行优先排序。
- **接入网络技术** — 能够向家庭用户或者接收设备提供 TV 业务所必需带宽的各种接入技术，这样的接入网络技术包括：ADSL2、FTTx、WiMax、DVB-H 等。
- **视频服务器** — 基于计算机的且可与大容量存储系统相连接的多码流播放设备。
- **CAS/DRM** — 通过条件接收系统(CAS)可以为传送内容提供安全保证。数字版权管理(DRM)能够控制用户对运营商提供内容的应用。例如，在节目日程窗口(calendar window)期间内允许用户只观看一次或可以观看多次等。

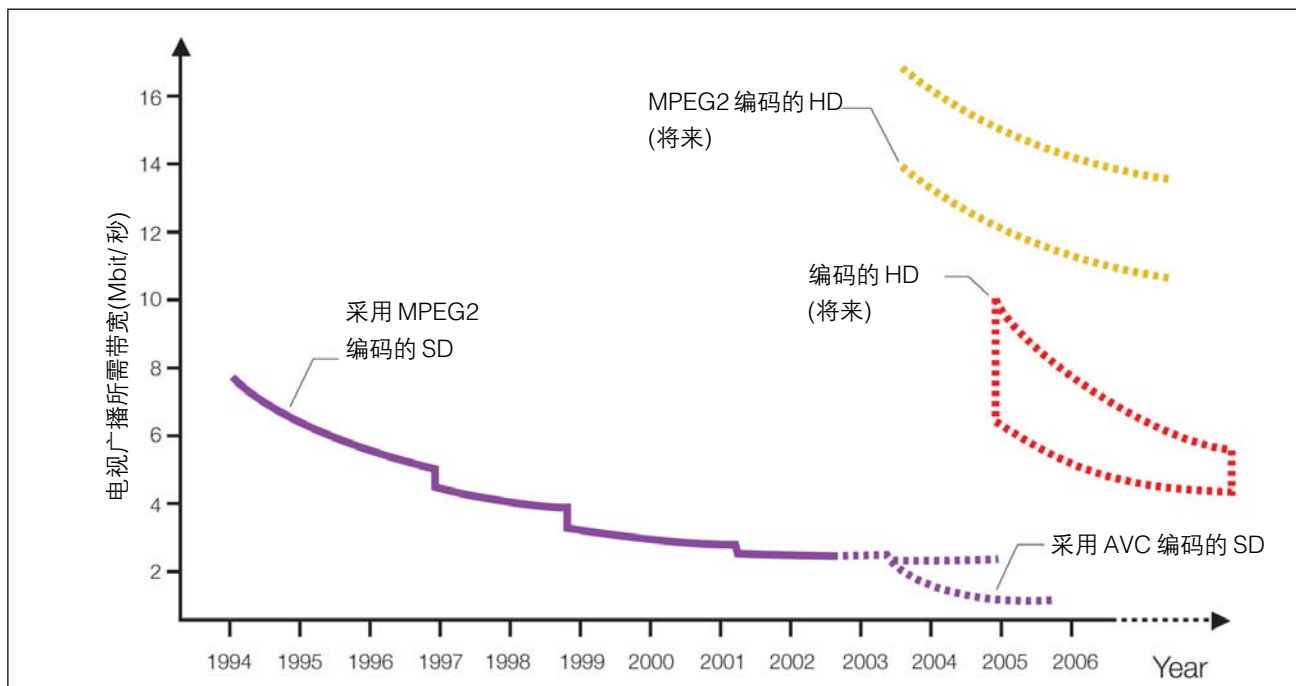


图 2. 视频编码的发展进程。

IPTV 技术概述

视频压缩技术

数字电视系统在上世纪九十年代获得了成功，并且在全球的卫星传输、电缆传输和地面传输网络中得到了广泛的应用。在电信公司和有线运营商开发 IPTV 系统的早期阶段，他们采用的也是 MPEG-2 压缩系统。正如前文所指出的，在 IP 网络中传送一路标准清晰度的视频信号，如果采用 MPEG-2 编码，大约需要 3.75Mbps 的带宽，如果传送一路高清晰度视频信号，则需要 12 至 15Mbps 的带宽。这样说来，为了给家庭用户提供两个频道的 SD 编码的电视信号，大约需要 8Mbps 带宽。如果在接入到家庭的网络采用的是 xDSL 接入技术，那么容易看出，这种接入网络的传输带宽将是一个问题。为了减少对接入网络的带宽需求，一种方法是采用新的视频压缩技术，例如 H.264 或者 VC-1 编码技术。采用 H.264 编码，在获得同样图像质量的前提下，可以比现在使用的 MPEG-2 压缩编码节约 50% 的带宽利用率。图 2 给出了上述视频压缩编码技术的带宽需求以及它们的进展情况。

在 IPTV 系统中选择什么样的压缩编码技术，带宽是一个重要因素。然而，还必须考虑许多其它因素。采用 MPEG-2 编码，平均图像组的长度，即 GOP 的长度，或者说两个相邻 I 帧之间的图像组长度大约为 12 至 18 帧（参见泰克公司撰写的 MPEG 基础应用文章，该文对图像组有详细的介绍）。如果采用 H.264 编码，GOP 的长度可能有 300 帧。这就是说，用 H.264 编码的视频流将对包丢失更加敏感，因为每一 H.264 编码帧均包含有更多的有效图像信息（这是因为它们采用了更高效的图像压缩率），因此，H.264 编码帧的丢失对用户观看体验质量的影响会更加显著。除了上述技术上的理由之外，还有其它一些因素也应当考虑。例如编码器和接收机（机顶盒）在商业上的可用性问题，因为 H.264 编码要收取专利权使用费，以及 H.264 编码设备与其它网络部件的互操作性问题等。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

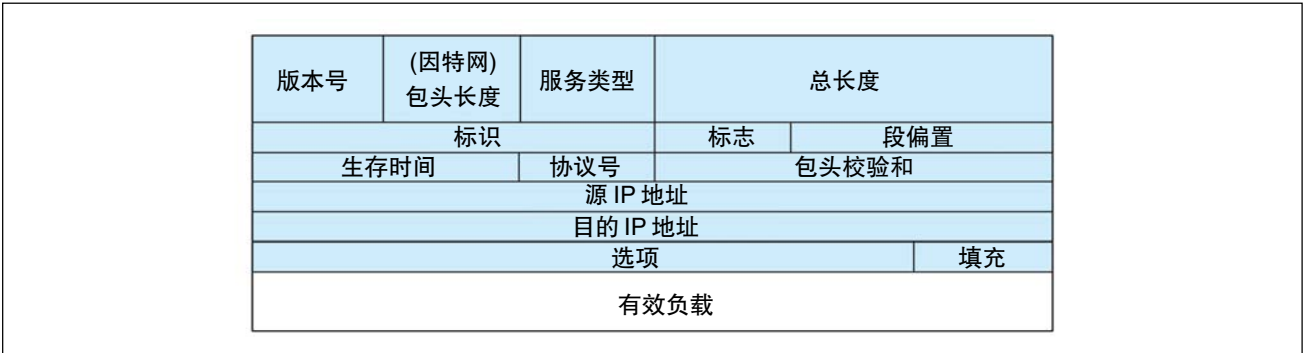


图 3. IP 包格式。

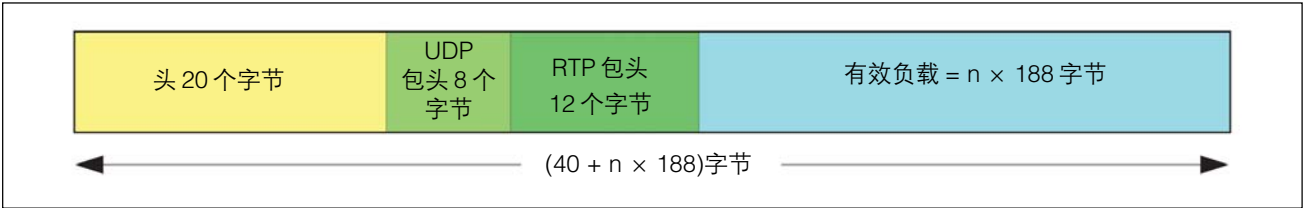


图 4. IP/UDP/RTP 包。

网络协议

如果您不了解IPTV系统中一些常用的协议，那么您对IPTV也就完全不理解。这些协议包括IP传输协议，例如UDP和RTP，以及一些信令协议，例如RTSP和IGMP等。尽管在这篇应用文章中提到这些协议，但是实际上，IPTV系统涉及到协议远不止这几个。在现代网络系统中还要用到许多协议 — 例如MPLS、SIP和SIM如此等等。但这些内容已经超出了这篇文章的范围。

UDP 或用户数据报协议

UDP是在IETF RFC 768文档中定义的一个协议，它是IP协议簇中的一个重要协议。“数据报”或者“分组”、“包”这些术语是用来描述一个IP数据块。每个IP数据报均包含有特定的字段组，而且所有的这些字段在各个分组中均有着特定的排列顺序，这样当目的端接收到这些分组时就知道如何解码这种数据流。许多协议分组可以被封装在IP数据报的有效负载中。

UDP的一个主要优点是它比较简单，和UDP中的有效负载的数据量相比较，它仅使用了少量的包头开销。在UDP数据报的包头中仅含有：

- 16 个比特的源端口地址；
- 16 个比特的目的端口地址；
- 16 个比特的包总长度字段；
- 16 个比特的校验和。

在 16 个比特的包长度字段中，显然，它规定了一个IP/UDP数据报能够携带的最大数据量，即在理论上最多只能携带 65527 个字节的数据。如图 3 所示的 IP 包格式中，可以看出一个 IP 包 / 数据报的数据结构形式。

在实践中，从这个UDP包规定的长度出发，表明它最多可以携带 7 个传送流包(每个传送流包为 188 个字节)。

UDP包虽然简单，但它也带来了一些问题。它没有给出一种方法以了解已经发出的数据报是否被对方所接收。也就是说，它没有为包的可靠送达或者为数据流的传输控制提供任何保证。而TCP却提供了这些保证，它能够识别包是否丢失并且在必要时可以再次发送数据包，因而TCP是一种可靠的传输协议。正因为如此，有人把UDP称为“fire and forget”(只管发送而不管是否送达)的协议，因为它无法判断已经发送的数据包是否在传输中被丢失而不能被目的端用户所接收。在IPTV环境中，必须要求视频数据可靠地、并且按照正确的顺序送达到目的端用户，因此，仅用UDP是靠不住的。

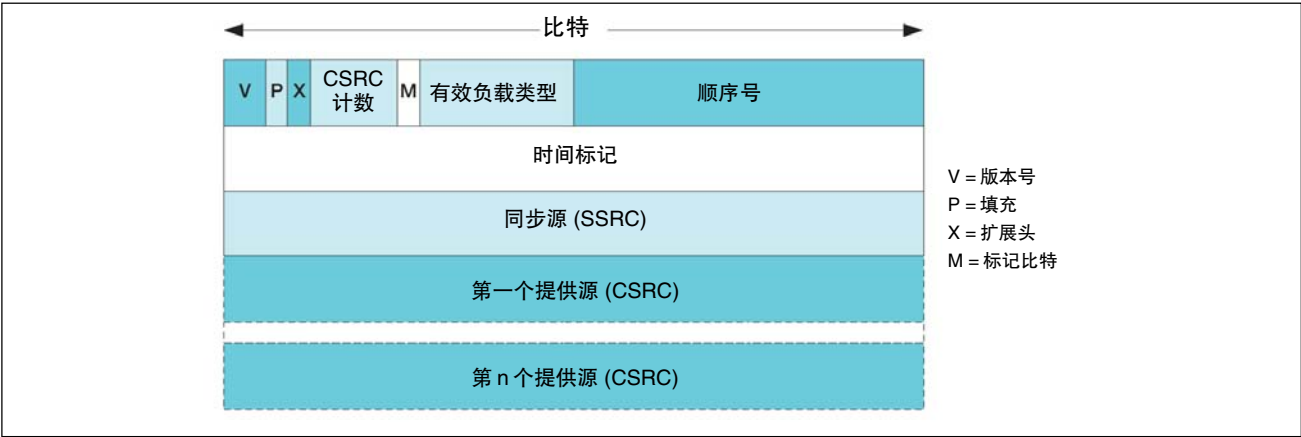


图 5. RTP 包头。

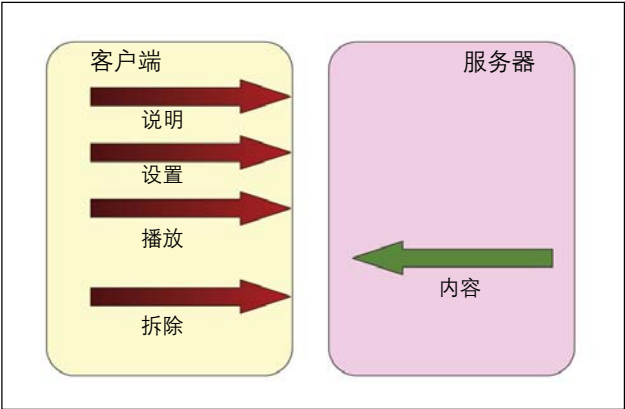


图 6. RTSP 协议。

RTP 或实时传输协议

RTP 在 IETF RFC 3550 文档和 IETF RFC 3551 文档中被定义，它是基于包的格式以传送音频数据和视频数据。RTP 实际上是由两个紧密相关的部分组成的：

- **实时传输协议 RTP** RTP 提供了时间标记、包顺序号，以及和其它传输机制一起以解决传输定时问题。通过这样的机制，RTP 提供了网络中端到端的实时数据传输。利用包顺序编号也可以识别包的丢失或者识别那些传输顺序发生错误的数据包(无序包)。
- **实时传输控制协议 RTCP** 该协议用来获取端到端监视数据、数据的交付信息以及 QoS 等。

尽管在设计 RTP 协议时是将它独立于下层的网络协议，然而，实际上在大多数情况下却是将它置于 UDP 之上而获得广泛的应用。如果 UDP 传送的是采用 MPEG-2 编码的视频，RTP 中的时间标记是从 27MHz 取样时钟中导出的，传送流中的节目时钟参考(PCR)使用的就是这个 27MHz 取样时钟。这样就确保了良好的定时同步。不过，必须注意的是，RTP 并没有定义包丢失的任何恢复机制，但是它可以检测出包的丢失，检测的方法如前所述。图 5 给出了 RTP 包头的格式。

RTSP 或实时流协议

RTSP 在 IETF RFC 2326 文档中被定义，它用来描述对流媒体实现类似于 VCR 操作的控制功能。实时流协议参见图 6 所示。

实时流协议的典型应用是从客户端向服务器端发送 RTSP 信息，尽管有时也有例外，即由服务器端向客户端发送 RTSP 信息。在 IPTV 系统中，RTSP 用于 VoD 应用服务中，即网络用户(客户端)利用实时流协议访问并控制保存在 VoD 服务器中的内容。VoD 基本上是一对一的通信连接，它建立在单播应用的基础上。单播方式与广播方式恰恰相反。在广播方式中，我们将信息发向网络中的所有用户；单播则允许服务器端接受单个用户的请求而为其提供 VoD 服务，并将用户所要求的信息或内容发送给单个用户。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

IGMP 或网际组管理协议

IGMP由几个IETF RFC文档所定义，最新的版本由RFC 3376所定义。IP组播被定义为将一个IP数据报传送给一个“主机组”。这个主机组是用一单个IP目的地址识别的一组主机。在IPTV系统中，主机组可以是希望接收一个特定节目的一组网络用户。

在实践中，采用网际组管理协议指的是这样的传输系统，使用IGMP协议的传输系统不是将所有的内容向所有的用户传送。使用IGMP采用的是多播方式，即对某些发送的内容进行控制，使这些内容只发送给那些希望得到这些内容的用户。因此，它可以在任意一个时间点上通过网络控制那些被传送的数据量。

在IPTV系统中，可以使用IPMP协议来实施频道的切换。为了对遥控指令作出响应，就需要通过一连串的IGMP指令以退出当前的多播组而加入另一个多播组。执行这些指令所需要的时间对用户切换频道的时间有着直接的影响。中间件提供商正采用不同的方案以减少用户因转换频道而需要的响应时间。

IP 网络的发展历程

在我们开始讨论某些关键的系统层面的问题之前，有必要首先对有关网络的体系结构作一些简短的介绍。更为重要的是，就网络的体系结构而言，这一领域还在继续向前发展。十到十五年前，由电信公司首次推出IP网络，当时他们主要目的是将IP网络作为他们已有的PSTN网络的一种辅助网络设施来使用。对于电信运营商，话音仍然通过PSTN(公共交换电信网)网络来传送，而数据则是通过IP网络发送。

与IP网络相关的，已经有许多各种不同的网络传输技术在使用，例如帧中继、ATM、X.25等等。在网络运营商看来，虽然利用这些已有的传输网络也能够提供IP数据传输业务，然而，巨额的网络管理费用却推高了网络运营成本和维护费用。因此这些网络形式逐渐趋向衰落，而将重点转向一个单一的IP网络以提供IP业务。最初IP网络的主要应用是数据传输，但最近几年来，已经将话音业务以基于IP的话音(Voice over IP，即VoIP)形式通过IP网络来传送。现在，基于IP的视频服务也正在发展之中。

从“理想的网络应用前景”的观点来看，IP网络的长远发展目标是使它成为一个可以开展全部业务的IP网络，它应能将视频、话音和数据业务整合在一起而通过单一的IP网络来传输。在这种环境下，网络运营商将能够以更低的成本提供捆绑式的服务，这样可以降低他们开展、部署和管理新服务的费用。这种总体的融合尚在实现中。在大多数情况下，当前仅将IPTV部署在各自分离的网络中，至今还没有成为一个整合了所有IP网络的某个部分。现实情况是，尽管从最终用户的角度出发，可能会出现捆绑式的服务(如计费)，大多数服务供应商只不过是提供单个的、但包含所有IP业务的网络在提供三重播放服务而已。

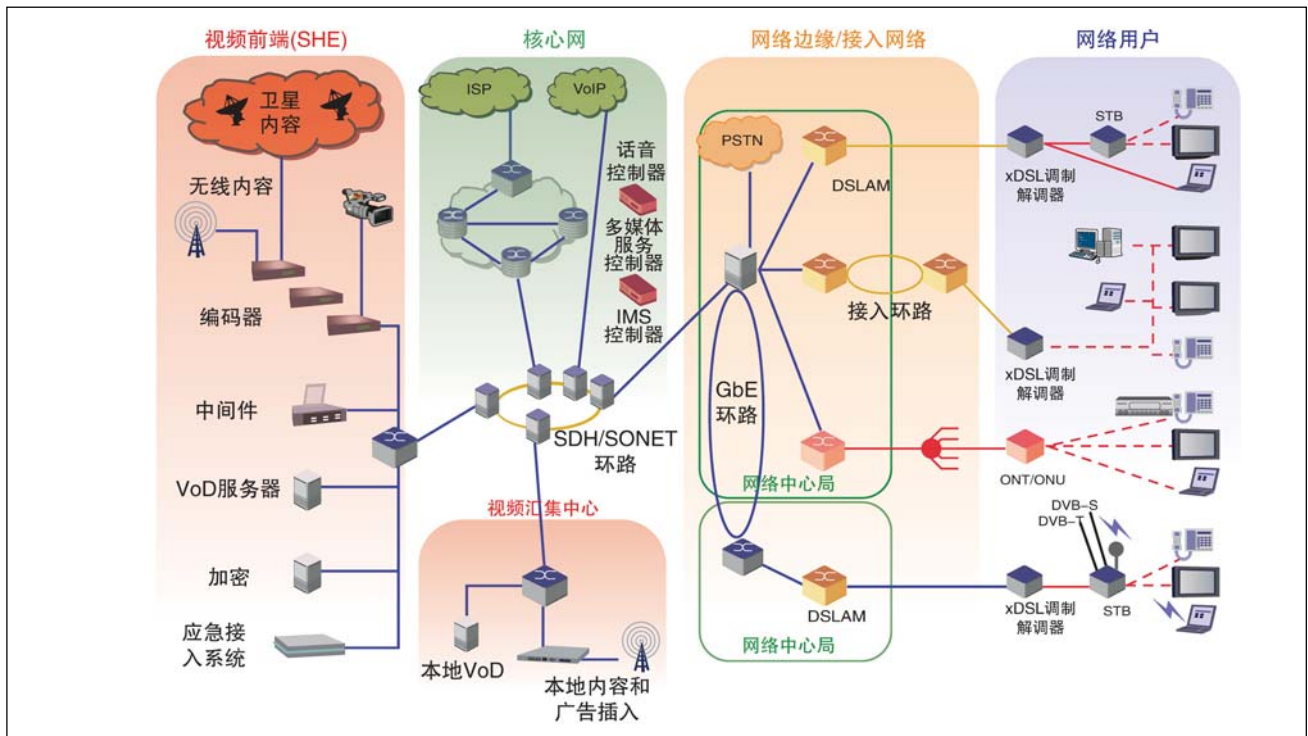


图 7. IP 网络的体系结构。

IP 网络的体系结构

图 7 给出的网络基础设施是某一典型的 IP 网络结构的应用举例。由图 7 可见，内容从方框图左边即视频前端处摄取。进入前端的视频内容可以具有各种不同的格式，包括已压缩的视频内容和未经压缩的视频内容，也可以经由各种不同的交付机制进入前端，例如卫星传输系统(通常用于从国家级台站获取内容)和地面传输系统(通常用于从本地台站获取内容)等。在视频前端，数据经编码、打包(封装)和复用，成为可以被 CPE(用户室内设备)接收的数字码流(通常将数据经编码、打包后并复用为某种 MPEG 传送流的形式)，而后送入到核心网。

通常也将数据和 VoIP(可通过 IP 网络传送的语音)子系统连接到核心网络。核心网络可用作国家级(甚至可以为全球级)的业务传输。核心网络中的系统业务(包括语音、视频和数据)一起被送往接入网络，由接入网提供通向终端用户最后一英里的内容分配。

现在可以采用各种不同的接入网络技术以将系统业务送达给终端用户，接入网的形式取决于终端用户处采用的网络连接方式。例如，电信公司可以利用传统的 ATM 子系统，通过铜芯电缆以 xDSL 接入技术将数据送达给终端用户。按照较新式的“green field”技术，可以通过“光纤直接入户”或者“光纤到路边”(FTTx)以 100 Mbps 的数据率直接传送到家庭用户。传统的有线电视网络也可以使用光纤同轴电缆混合(HFC)网络即利用现有的网络设施来传送新的业务。所有这些附加的技术增加了分配系统的复杂性，也与当地使用的接入技术有关。显然，为了给用户提供良好的 QoS 和 QoE，必须认真地管理好接入网络的带宽。

以下就接入网中使用的技术作更详尽的介绍。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

接入技术	下行数据率	上行数据率	距离
‘原始’ ADSL	8 Mbps	~684 kbps	~10,000 英尺
ADSL2	Up to 14 Mbps	可达 800 kbps	受限于 16,000 英尺
ADSL2+	Up to 24 Mbps	800 kbps	< 5,000 英尺
VSDL	> 50 Mbps > 13 Mbps	> 2 Mbps < 1 Mbps	1,000 英尺 5,000 英尺

图 8. xDSL.

有源 FTTP(点到点)	PON(无源光网络)
■ 点对点的体系结构 ■ 在每一光纤的终端处和室外设备处必须安装有源部件 ■ 在中心局处必须为每一用户配置一个光纤端口 ■ 对单个用户而言，设备费用较高	■ 点对多点的体系结构 ■ 用无源光耦合器件取代再生器和放大器。既便宜又可靠 ■ 每一单路光纤可以最多耦合 64 个光网络单元(ONU) ■ 有源光器件(如激光器)可以为许多用户共享

图 9. FTTx 接入网络技术的特性。

接入网技术

xDSL

DSL 是一项对传输距离比较敏感的接入技术，它使用的是现有的铜芯双绞线对的电话基础设施。一般来说，如果家庭用户距电话局交换机愈远，那么就必须使用较低的数据率，这样才可能提供可靠的业务传送。在给定的距离内典型的数据率如图 8 所示即 xDSL。

从图 8 可以看出，数据传输的带宽，无论是上行数据流(数据由终端用户发出)还是下行数据流(数据发送给终端用户)，均与传输距离密切相关。如果要利用xDSL接入网络以携带视频内容，那么在设计时必须予以仔细的考虑。每一与交换机相连接的终端用户均需要通过数字用户线接入复用器(DSLAM)，以将用户线上的业务流量整合汇聚到与中心局相连接的高速数据链路上。另外，它也可以分离出 VoIP 数据分量。

HFC

光纤同轴电缆混合(HFC)系统是利用高速光纤作为主干线,以将数据传送到网络边缘，而后使用同轴电缆与终端用户相连接，这就是说，同轴电缆的数据传输是在与终端用户相连接的最后一英里中进行的，通过同轴电缆将终端用户与光纤主干线相连接。从上世纪九十年代起，有线电视网络使用这类系统，它类似于xDSL接入网，对运营商而言，可以在现有的网络基础设施上再次利用，以向用户提供新增加的业务。

和 xDSL 采用的铜芯双绞线相比较，HFC 是一种更为有效的传输媒介，它能够以较高的带宽而传输较远的距离。

FTTx

光纤电缆能够携带高速数据而传输很远的距离。因此，光纤到家庭(FTTH)、光纤到用户所在地(FTTP)或者光纤到路边(FTTC)能够以 100 Mbps 或者更高的数据率传输到家庭。

目前正在使用的有两种主要的光纤系统，它们是有源FTTP和无源光网络(PON)。和其它方式的接入技术相比较,这两种光纤系统的安装费用要高出很多。然而,FTTx却有着自己的优势，它能够在网络运营商的控制下以一单个宽带传送管道同时提交视频、话音和数据业务。

WiMAX

WiMAX 并不是一种特殊的技术，确切地说，它是按照 IEEE 802.16 无线系列标准开发的一种宽带无线接入技术，从而能够确保无线宽带接入设备之间的兼容性和互操作性。WiMAX 用来提供最后一英里的宽带连通性，相对而言它的建设成本较低，可以作为其它接入技术(例如光纤或者 xDSL)的一种替代方案。也有一些应用场景可能采用 WiMAX 技术，例如可以在农村地区使用，一些没有接入网络的非传统业务的提供商(例如电力公司提供的三重播放业务)或者没有回传通道的卫星业务提供商可以利用 WiMAX 技术以方便地接入 IP 网络。

在 WiMAX 的应用环境中，WiMAX 论坛 Certified™ 系统的典型应用是，为每个通道提供高达 40 Mbps 的带宽，适合于站点半径在 3 公里至 10 公里之间固定或便携式的接入应用。纯移动的网络部署可以在站点半径为 3 公里的范围内提供 15 Mbps 的数据传输率。有关 WiMAX 的详细信息，请访问：<http://www.wimaxforum.org/home/>

控制平面和用户平面

控制平面是用来传送控制信息的网络组成部分，这种控制信息有时也可称为信令；而与之对应的是数据平面或称用户平面，它是传送实际内容的网络组成部分。

在 IP 网络的情况下，控制平面的主要功能是建立能够提交内容的传送路径。例如在多播传输应用中，IGMP 信令用来建立并维持网络中的会话。在单播传输的情况下，RTSP 信令用来建立一对一的连通性和传送由机顶盒发出的控制指令。

与控制平面建立路径的作用不同，用户平面是用来处理沿着已建立路径传送的内容。也就是说，用户平面用来提供网络中的业务信息，这包括业务本身所必需的实际视频、音频和其它数据内容。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

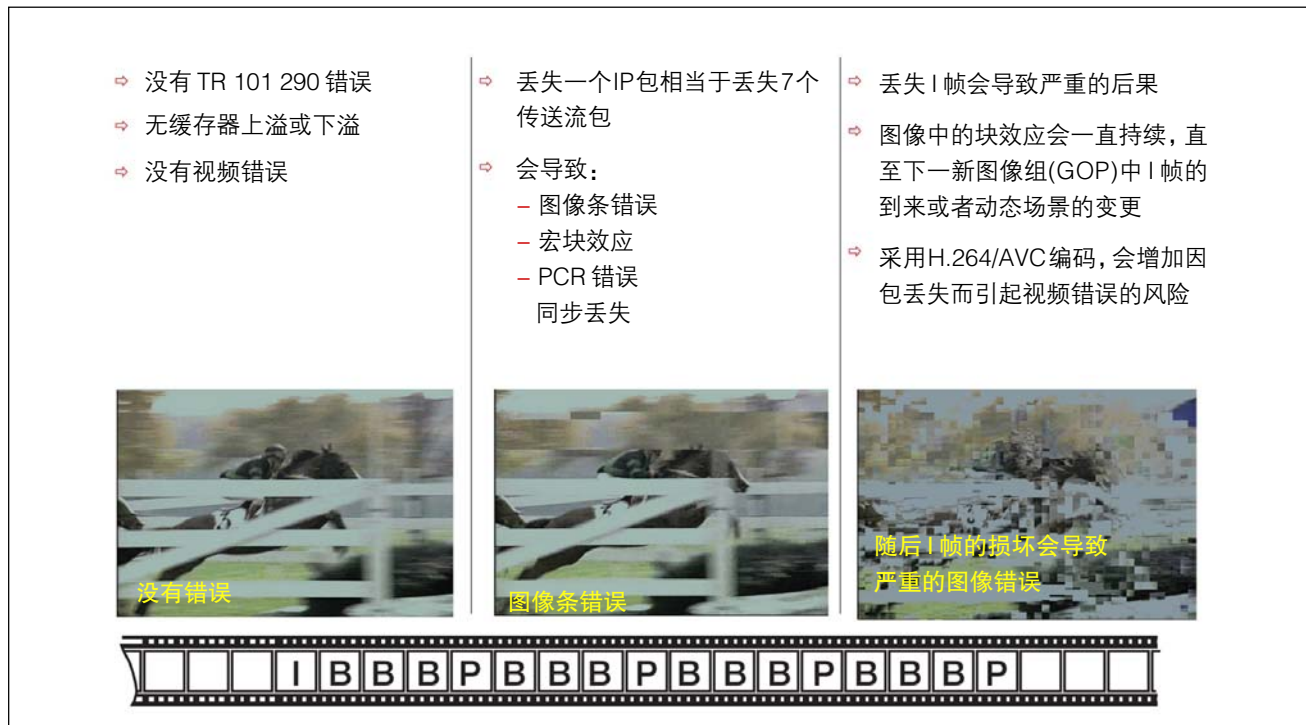


图 10. 包丢失带来的影响。

IPTV 网络和传输错误

视频问题

正如前文所指出的，要使视频能够在 IP 网络中正常传输必须满足以下条件：

1. 为顺利地传送视频业务，必须提供足够可用而又充分可靠的带宽保证。
2. 视频数据在网络中传输时应当有较低的传输延迟。
3. 较低的网络抖动。
4. 较低的包丢失率。

当然，包丢失对图像 QoE 的影响最为显著。为了解释造成这一现象的理由，有必要搞清楚 MPEG 编码是如何进行的。

MPEG 编码压缩将视频帧划分为三种不同类型的图像帧，即 I 帧、B 帧和 P 帧。其中 I 帧包含视频码流中一帧图像的所有信息，这样才能使 MPEG 解码器仅仅使用 I 帧中的图像就可以重新创建原始图像帧。也就是说，I 帧中含有用以重新创建图像所必需的 100% 信息。为了实现必需的视频压缩，需要使用特殊的空间域编码和时间域编码技术(参见泰克公司

MPEG 基础应用文章，该文对此有详细的介绍)以创建 B 帧和 P 帧，而 B 帧和 P 帧仅含有与 I 帧相关的部分信息。解码器在重新恢复图像时需要使用 I 帧中的信息以及 B 帧和 P 帧中的压缩信息。而 B 帧是一个增量编码视频帧，B 帧的解码必须要使用与其相关联的 I 帧中的信息；同样的，P 帧也是一个增量编码视频帧，P 帧的解码必须要使用与其相关联的 I 帧和 B 帧中的信息。

所有的这些 I、B 和 P 帧均被封装在 188 个字节的 MPEG 传送流(TS)包中，而 MPEG 传送流包又必须再次封装在 IP 包中才能在 IP 网络中传输。一单个的 IP 包可以含有大约 7 个传送流包。丢失任何一个 IP 包，特别是当该包中含有 I 帧时，将会导致严重的 QoE 问题。图 10 以图解的方式给出了因在 IP 网络层丢失 IP 包对视频质量带来的影响。

图 10 中的图像顺序是自左向右。其中左边因无包丢失，而所有其它的质量指标(ETSI TR 101 290 规范对 MPEG 传送质量作出了规定)均是符合要求的，因此在对图像解码时也没有问题出现。ETSI TR 101 290 文档规定了数字视频广播(DVB)系统中的一种测试和测量方法，以确保传送质量符合要求，而且这种测试和测量方法是可以重复的。

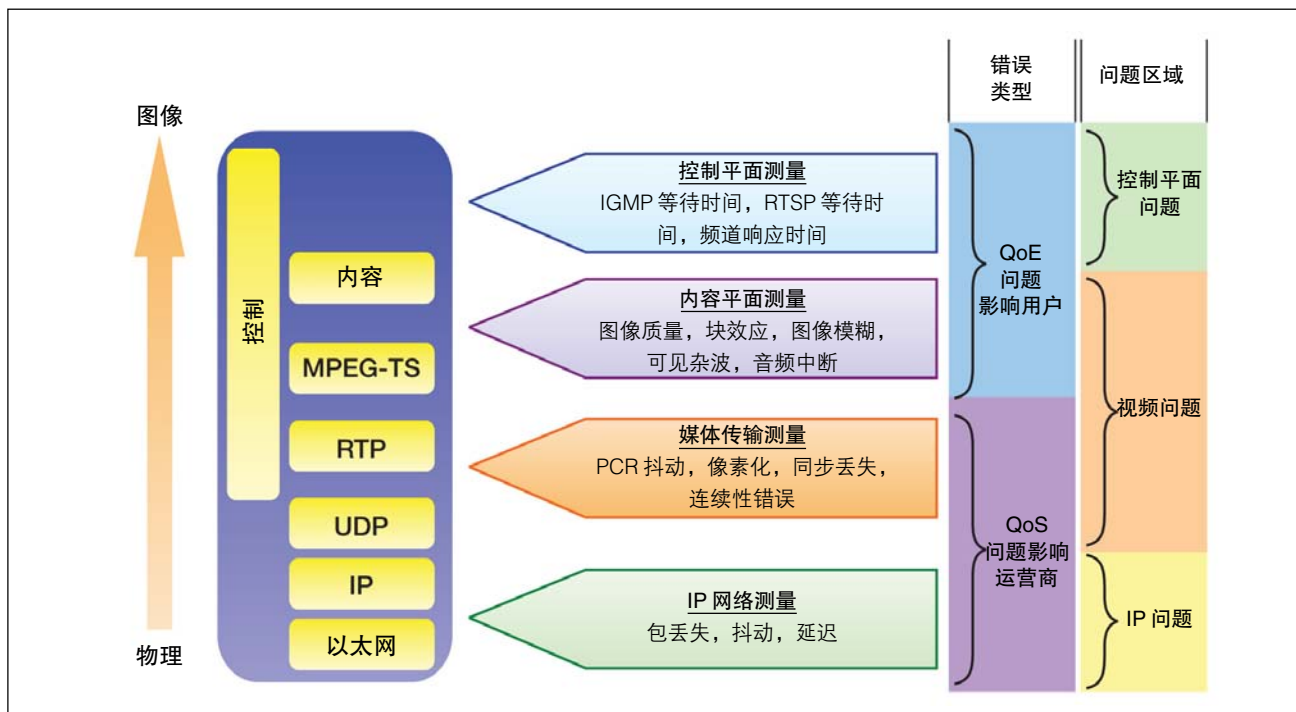


图 11. IP 网络中的物理层和协议簇问题。

仍以图 10 为例，接着的一幅图像出现了图像错误。发生这种错误的原因是因一个传送流包的丢失而引起。在这种情况下，导致图像中出现一个像条错误，也可能还有其它潜在的故障现象，例如块效应、图像模糊以及帧停留(stuck)或帧冻结。这种类型的故障可能会一直持续下去甚至更加恶化，直至下一个新的 I 帧的到来使参考图像得以恢复。这种图像错误是可见的，会持续一个很短的时间甚至持续几秒钟。下一个 I 帧的到来时间取决于编码图像组(GOP)的长度。对于 MPEG-2 编码视频，图像组的长度可能是 15 帧；然而，如果使用更先进的编解码器，例如 H.264/AVC 编码视频，图像组的长度有可能是 60 帧、100 帧甚至 300 帧。这对于每秒 25 帧的图像而言，这种错误将是比较明显的，而且需要一定的时间才能被纠正。

图 10 中最后一幅图像是因丢失一个完整的 I 帧所引起。这将对图像质量带来极其严重的影响。由于 I 帧的丢失，致使机顶盒中的解码器完全失去了用来解码相关 B 帧和 P 帧的参考图像。这种图像状况会持续直至下一个完好的 I 帧被正确接收和解码时才能恢复正常。

并非所有的包丢失均会导致不可接受的视频质量。确保网络的长时间稳定性和建立一种稳态的网络环境是至关重要的，这取决于工程师能否确定在这种网络环境中发生的某一 IP 扰动是否会引起不可接受的视频性能，这是一个互动的过程，在这一过程中，必须使用能够进行与该问题相关的跨层测量(MPEG TS 层至 IP 层)的测试工具。

物理层和协议簇问题

为了说明 IP 网络体系结构中的物理层问题和协议簇问题，图 11 给出了 IPTV 多层协议模型的概念显示。在图 11 中，我们可以清楚地观察到可能发生的各种错误的类型和造成这些错误的原因，以及这些错误所产生的影响。

从图 11 可以清楚地看出，发生在协议多层模型中较低层次中的错误一般表现为 QoS 错误，因此这些错误对网络运营商有着最为显著的影响。IP 物理层中的错误主要表现为如 IP 包丢失、包抖动和包延迟(或包等待时间)。媒体层(有时称为用户平面)中的典型错误通常由太大的 PCR 抖动、同步丢失、连续性错误和像素化所引起。尽管 IP 物理层中的错误也可能直接导致这类错误。值得注意的是，这些错误还可能是因为视频编码过程中的问题所引入。

顺着协议多层模型继续向上分析，从多层模型的一半处开始，在这些层次中产生的错误对终端用户的影响更加直观可见，因此将它们归类为 QoE 问题更为合适。在这些协议层发生的错误通常既和内容相关，也和用来建立会话的信令和控制有关。这些可能发生的错误区域已在图 11 中标出。

图 11 还告诉我们，有哪些类型的参数需要我们在网络中进行监视和测量，如同我们在网络的开发和部署阶段所应当进行的监测一样。

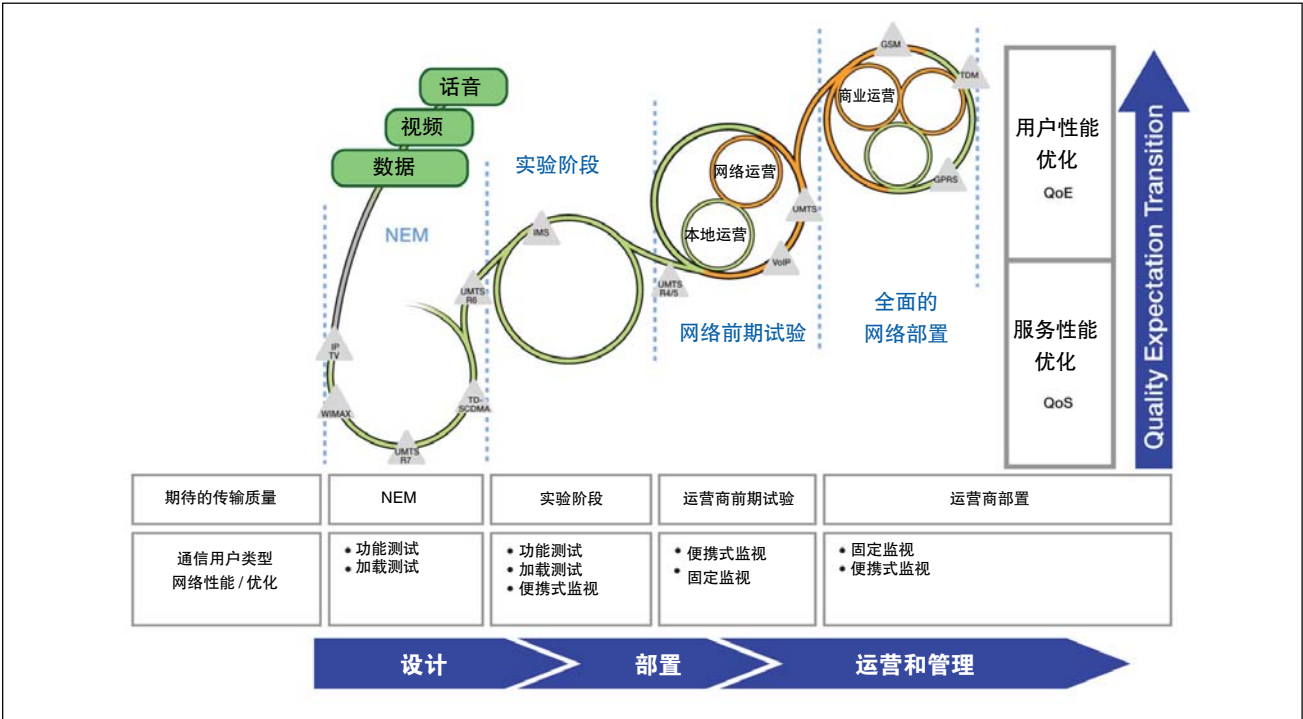


图 12. IP 网络技术的研发和部署。

测试 IPTV 网络

IP 网络技术的研发和部署

新技术的研发大致都具有类似的过程，即从早期的研究、开发和标准化，直到最后对业务进行全面的部署和服务管理。并非所有的技术都能在商业上获得应用，这里面既有技术上的原因，也有政策上的原因。图 12 给出了 IP 网络技术的研发到部署的整个过程的示意图。

由图 12 可以看出，从设计和开发阶段直至业务的全面运营和管理，涉及到各种不同的技术。在这一整个过程中，明显地可以划分为四个环节。必须注意的是，在每一个环节中的任意一项技术都会经历多次的过程，从而使技术获得进步和成熟(在某些情况下也可能会失败)。随着技术的进步，用户的类型(例如网络设备制造商即 NEM)和研发的定位(例如电信公司的实验室)会发生变化，而在这一过程中的每一阶段，测试需求以及测试设备的类型也会随之改变(参见图 12 中框图的下方)。

应当注意的是随着技术研发进程的推进对质量的期望也会发生转变(参见图 12 框图的右方)。在研发阶段的早期，QoS 参数是项重要的指标，早期的研发人员致力于实现基本的技术以使该项业务能够正常地运行(无论是单独工作还是与其它设备的互操作性问题)并且提交该项服务。随着技术的成熟，许多 QoS 问题得以解决，关注的重点就转换到如何为终端用户提交良好的 QoE，因为在不同的服务运营商之间，正是通过 QoE 才能对他们的运营状况和市场竞争能力作出区分。

由图 12 也可以看出，在整个业务的研发和部署过程中，需要使用的测试工具从深入的分析诊断工具(特别是在早期阶段)到具有全网络(包括国家级网络以及甚至全球级网络)的监测工具。而且，如果运营商希望尽快地开发和部署该项业务的话，那么，在整个研发过程中，测量的一致性将是一个重要的因素。

工程师必须能够迅速地发现、诊断并解决各个技术环节和基础设施中的问题，而不应将时间花费在为什么使用不同的测试工具会得出不同的测量结果的解释上。泰克公司在广播电视领域和电信领域均具有丰富的专家经验，致力于开发应用广泛的各种测试产品，并使这些产品具有测量的一致性。因此，由诊断分析仪获取的测量结果与监视设备得到的测量结果是相互匹配的。

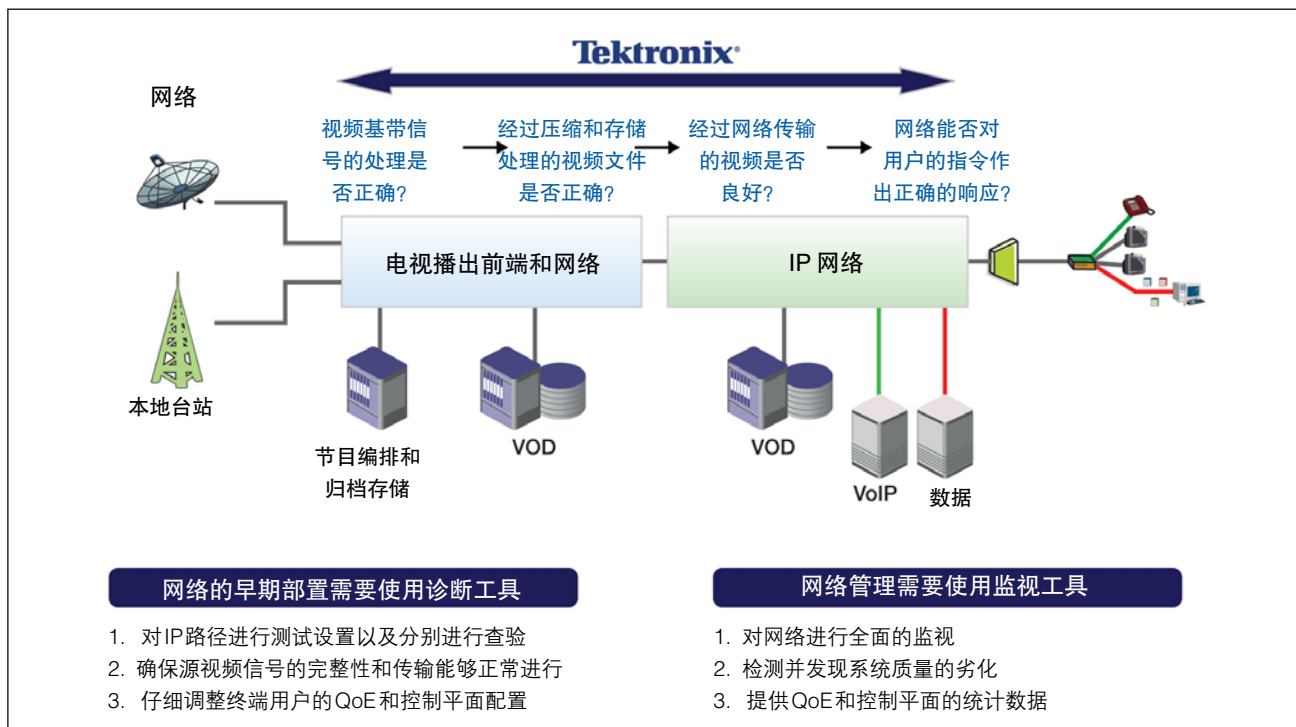


图 13. 简化后的 IPTV 网络结构。

IPTV 的测试方法

图 13 为一简化后的 IPTV 网络框图，它给出的是一种最简单的 IPTV 网络结构形式。从效果上来看，这个系统实际上就是由两个主要部分组成：

1. 视频前端。视频前端是视频节目的采集中心，并且为下一环节即内容的传输作好准备。
2. IP 网络。IP 网络是用来分配视频以及语音和数据业务的传输系统。

我们可以将图 13 与 IPTV 的部署(参见图 12 IP 网络技术的研发和部署)进行对照比较，这是一个从设计到网络设备制造直至全面的网络部署过程。在这一过程中，每一个环节的测试对象和测试需求是不相同的。为了经济有效地完成网络的全面部署，必须对每一环节进行测试并且选择适当的测试设备，这是一个基本要求。

在设计阶段，应当对视频设备和网络基础设施的标准的符合性以及互操作性进行深入细致的测试。产品制造商应当进行兼容性和可重复性的功能测试，并将测试结果载入日志记录。在早期的开发和试验阶段，需要使用能够对 IP、视频和语音中的故障进行迅速的识别、分析和诊断的测试工具。应当采用业内最佳的、有针对性的监视和分析解决方案，以便准确地检测内容层(用户平面)、控制和设置层(控制平面)和物理层中的问题。

在网络的全面部署阶段和网络系统的管理期间，需要着重指出的是，应当从对部分网络的监视和测试转向对整个网络(也许是全球性的网络)的 24/7 实时监视。在对网络进行全面监视时，不应当相信那些不正规厂商的测试设备，而应当采用主流的系统供应商的测试设备。

目前，大多数主要 IPTV 产品处于早期开发阶段。对运营商而言，在这个阶段中的主要目标应当是使 IPTV 能够启动并运行。

在这个开发阶段必须考虑以下几下关键问题。

1. “IP 路径”能够可靠地建立和拆除吗？

三重播放网络必须确保视频提交业务的网络资源和传送带宽的可用性。然而，视频是强烈依赖于带宽的，因此，当这个路径不再需要时应当可以顺利地予以拆除，能够作到这一点是相当重要的。这就要求测试设备能够建立并测试 IP 路径并且提交有关网络抖动和包丢失的统计信息。这个要求也同样适用于 VoIP(通过 IP 网络传输的语音)的传送。

2. 源端和目的端的视频内容是否正确？

一旦 IP 路径被建立之后，必须确保视频数据能够正确地被推出以及该路径能够正确地接收该视频数据。这就要求能够对前端的编码器和复用器的输出传送流进行监视和分析。而在接收终端，也应当进行类似的监视和分析，以确保当视频数据通过该系统时不会有视频劣化的情况出现。

在对前端中的 IPTV 内容的采集和存储设备进行讨论时通常会忽视两个部分的信号质量。考虑到有大量的内容通过系统被分配，也有大量的内容通过 RF 下行传输链路(例如卫星传输的 QPSK 信号、地面传输的 COFDM 或者 8VSB 信号)被采集。因此这些链路的内容的完整性也和系统中其它任何链路一样地重要。传输链路前端中的任何误码，均会导致整个系统中传输误码的扩散。

大多数保存在服务器中的视频内容在进入传输系统(用于电视广播传输或 VoD)之前应予以验证。已存储视频中的任何错误同样会导致整个系统中视频质量的恶化。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

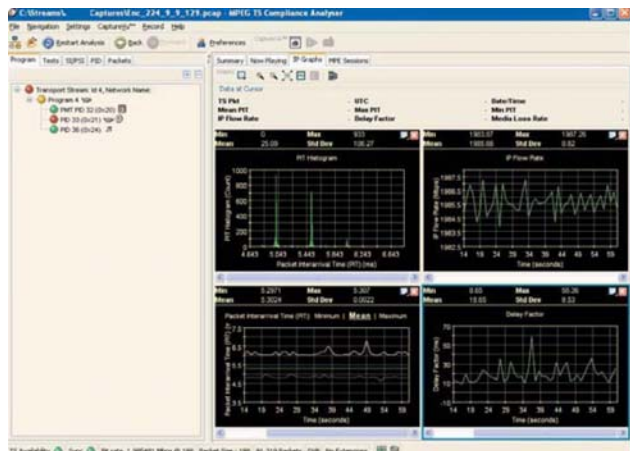


图 14. IP-MPEG TS 各层之间的相关性。

3. 终端用户的体验很重要吗？IPTV 早期开发阶段的最后一个环节是对系统进行配置以提交高级别的 QoE。这需要控制平面(IGMP 和 RTSP)的参数进行优化。工程技术人员应当确保实际提交的是用户请求的频道，并且可以顺利地访问 EPG 等。

这将是一个互动的过程，每当增加一项新的业务，均需要反复进行，系统开展增值业务可以满足大量用户的需求。

在研发和部署 IPTV 的所有环节中，需要使用能够将广播电视测试与电信领域测试相结合的测试设备。对于全面的服务质量(QoS)测试，包括网络抖动、包丢失，以及 QoE 控制平面和用户平面(例如 IGMP 响应、PCR 抖动)测量，使用这种能将广播电视测试与电信测试相结合的测试工具是必要的。对这些测试设备的一项基本要求就是能够有助于迅速地排查故障并具有诊断功能，以检验和校正 IP 网络中各个层面中的错误。并非发生在 IP 层的所有错误均会导致视频错误，然而，重要的是应当了解有哪些错误会引起视频错误，而另一些错误不会引起视频错误。

测试工具和测试技术

一般说来，可以将 IPTV 看作是普通电视广播的另一种形式，因此，经过多年来不断发展的现有的广播电视测试技术仍然可以很好地用于 IPTV 测试。

例如在 DVB TR 101 290 标准中提及的 MPEG 测试和测量参数可以用来检测传送流层中的定时损伤，通过连续性计数测试来查验收包丢失或包无序。不过，对于更加完善的 IPTV 测试解决方案，最好是将这些测量与整个网络中的 IP 测试结合起来。

通过网络监测可以使服务运营商了解当前网络中的问题是否严重，重要的是应当了解什么时候以及为什么会造成视频业务的中断或提供的服务质量有所下降。服务运营商也许知道或者不知道网络中有没有问题，然而，因这些问题的持续存在必将给运营商的信誉、质量和事业带来损失。

跨层测量和测试

所谓跨层测试包括了 IP 层和 MPEG 层的测试，为了跟踪网络性能的劣化，应当在问题尚未严重之前可以进行跨层测试。

参见图 14 中的图表显示，它给出了 IP-MPEG TS 各层之间的相互关系，当某些事件发生在某一层时，通过这些图形显示观察到它们对其它各层的影响，这样有助于了解某一段时间内的关联事件，从而帮助我们隔离由特定层引起的故障根源，并且可以对故障作进一步的跟踪以采取解决措施。

测试设备应能收集 MPEG 传送流的统计信息，例如同步丢失、连续性计数、PID 错误和 PCR 统计信息，以及前向纠错(FEC)之前或之后的传输 MOS(平均主观评分)和视频基本流的统计信息。所有这些，对于工程师的故障诊断都是十分重要的信息。当出现故障时，所有的告警事件、故障跟踪文件和故障日志记录均带有时间标记，以便于查找间断性故障，这样如果某个 MPEG 流具有传送流层的故障，通过上述查验就可以了解它是否与 IP 层中的事件相关联。

测试设备可以对DVB TR 101 290测试建议书中的许多MPEG层测量参数作出标记。在这些参数中，那些会受到IP层中包丢失和包无序影响的特定参数有同步丢失、同步字节错误、连续性计数错误(基于包识别标志PID的4比特循环计数器)，此外还有包校验和以及CRC等。

大多数MPEG流包含有内插的定时包——节目时钟参考即PCR。这些参数的图形显示(即PCR不正确性和PCR总抖动)是码流中是否存在由网络抖动或包群聚引起的定时失真错误的良好指示器。结合IP包到达时间间隔(PIT)的同时图形显示，就有可能建立时间与PCR之间的关联甚至建立与未嵌入PCR的基本IP流中的PTS(到达的显示时间标记)之间的关联。

可以将PCR总抖动(PCR_OJ)或者PCR频率偏置(PCR_FO)与PIT的稳定性相比较以确定IP层或MPEG层引入抖动的来源。对于PCR已有一些标准规定，但对于IP包到达时间间隔或包抖动却没有规定的标准。这些可由用户定义，可通过测试设备以设定用户指定的容限从而有助于故障诊断。在使用某些MPEG-4传输时不一定需要准确的PCR，一些运营商可以重建PCR馈送，因为它们只占据很少的带宽并且可以给出定时状况的快速指示。

最后，可以将跨层测试扩展到RF层，因为正是通过RF层以向IP网络提交无线内容。通过对RF层的测试不仅可以提供RF信号质量的指示，而且也可以解调RF信号以进行MPEG测试，这样可以检测出行传输链路中已经存在的任何问题。

总之，跨层测试具有以下优点：

- 可以提供包到达时间间隔的图形信息(即显示网络中是否存在突发性抖动)。
- 可以提供包到达时间间隔、PCR和PTS到达时间间隔等与时间相关联的图形信息。
- 识别潜在的IP层故障，例如CRC错误、包丢失和包无序等。
- 识别所有的DVB TR 101 290错误。
- 识别IP层、TS层甚至RF层与时间相关联的错误，有助于诊断故障的根源。
- 提供与错误相关的时间标记，以便在错误日志记录中查找与该错误相关的协议层。

分布式多层监视工具

在IPTV从研发到部署的整个过程中，IPTV开发技术走向成熟并转向运营阶段和管理阶段，这时系统测试也将由研发阶段中的侧重于协议层的深入分析和诊断而转向整个网络设施的24/7实时监视。通过这种全面的监测解决方案以向网络运营商提供有关整个网络的直观可见而又全面的系统信息。

这样的监视系统应当是下列特性的组合：

- 在特定层建立监测点以检测数字电视系统中各种不同类型的错误。
- 通过扩展的监视功能以向网络运营商提供系统的早期警示信息，这样可以在某些征兆成为质量问题之前尽早发现系统质量的下降。
- 通过多层监视以使运营商迅速地排查任一质量问题的根源。

建立特定层的监测点

在一个完整的监测系统中，组成监测系统的每一监测设备均可视为一个监测点，从而实现在整个传输分配链路的一些特定点上和特定层中进行质量监视。

运营商应当在不同的层次上通过不同类型的监测工具以进行质量控制。

在信号的格式化层次中，使用数字波形监视器可以帮助运营商检测许多与广播电视标准和色度学标准相关联的基本质量问题。这些问题可以归结为格式层的监测解决方案，它们包括：

- 数字音频监视器。
- 图像质量监视器，以检测图像中的块效应和其它图像损伤。
- 音频/视频延迟监视器。
- MPEG协议监视器。

在信号分配层中，运营商必须利用检测工具以检测各个传输分配通道中的质量问题。这样的检测工具组包括可用于有线传输、卫星传输和地面RF传输(它们有着各种不同的传输制式，例如DVB、ATSC或者ISDB等传输标准)质量监视的设备。在IPTV系统监视中，也应包括能够监视通过电信核心网或接入网发送信息的监测工具。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

扩展的监视功能

监测工具也可以按照它们的监测级别进行区分，例如基本置信度监测工具和扩展的置信度监测工具。

基本置信度监测工具能够跟踪一部分关键的质量参数，它们的作用类似于“指示灯”，这类监测工具只能告诉运营商被监测系统中已经出现了错误事件。不过，基本置信度监测工具一般不能提供全面而又深入的、准确的测量。但是，它们可以增强运营商的能力以对质量问题作出反应，尽管它们不能在征兆成为质量问题之前就可以向运营商提供有关系统质量早期劣化的重要信息。

扩展的置信度监测工具具有更加完善的分析功能，并且具备附加的质量参数测量功能，它们的作用类似于“计量指示器”，它可以告诉运营商有些错误即将发生。

现在我们以RF传输监测为例来说明它们二者之间的区别。基本RF置信度监视器可以测量误码率(BER)。然而，在传输问题接近数字悬崖之前，BER 始终保持较低的测量值。而当传输跌落至数字悬崖时，BER 值才急剧增大。这就是说，与通过观看图像监视器的方式来监测系统传输问题相比较，基本RF置信度监视器只给运营商提供了稍微多一点的时间来对传输问题作出反应。

但是，扩展的RF置信度监视器增加了附加的测量功能，例如调制误差比(MER)或误差矢量幅度(EVM)。当传输系统性能逐渐劣化时，这两个参数的测量值就会有明显的变化，从而向运营商提供了潜在质量问题的早期警示信息，这样，运营商就有机会对系统进行调整或者以无缝的方式转换到备份系统。

多层监测

为使运营商确信他们的设备能够正确而有效地运行，通常需要在他们的系统中进行多层监视。如果仅对某一层进行监视，有可能会对系统的工作状况作出不正确的结论。

我们以一个简单的例子来说明这种监测方法的必要性。我们通常是在图像监视器上观看电视播出质量。在这种情况下，运营商获取的只是在信号的格式化层上所监测到的图像质量。然而，以这种形式获取的信息虽然有意义，但却仅限于模拟系统中的系统工作状况，而有关数字系统的信息则是很少的。同样地，如果我们只是在 MPEG 协议层或者只在 RF 传输层上进行监视，所获取的信息仍然是不够全面的。为了得到系统运行质量的全面描述，同时也便于迅速有效地检测并且排查系统中的各种质量问题，运营商必须采纳多层监测解决方案。

图 15 是一个多层监测的应用举例，通过这个简单的例子，我们可以了解多层监测是如何进行的。

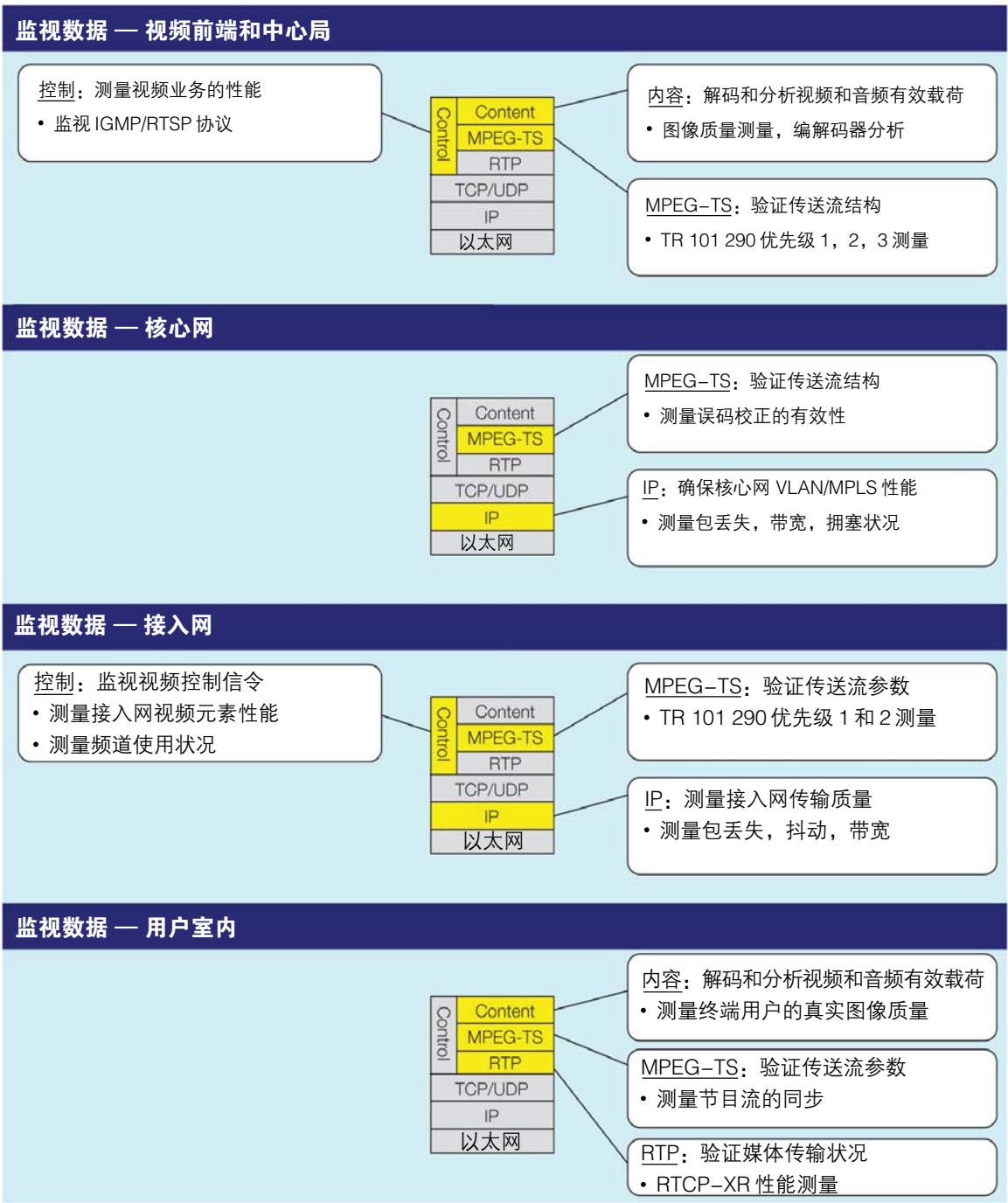


图 15. 多层测试点举例。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

图像质量和质量指示工具

主观评测和 PQ 测试

平均主观计分(MOS)这一方法通常被电信系统用来评定VoIP (IP网络中的语音)传输质量,很自然地,我们也希望有一个适用于视频质量评定的视频MOS方法。然而,音频采用的是脉冲编码调制(PCM)技术,而视频的质量参数却完全不同。我们设计的客观测量方法应在任何评分级别上必须与真实的主观测试数据库直接相关。在音频测试中,可以使用各种案例例如多种语言、文化组(cultural groups)和编解码器来实现,但这样的案例对于视频却并不适用。

图像质量分析(PQA)可能是一种比较昂贵的图像质量评定方法,它采用的是比较有效的双端测试方法,即将接收的图像质量与未受损伤的参考图像进行比较。然而,问题是如何将这种未受损伤的参考图像数字流送入到测试点,因为它需要一个专用的、用来传送参考流的馈送通道。

单端MOS测试也许更受欢迎,但是却没有适用的“理想”算法。为了成功地进行单端MOS测评,需要应用各种算法的组合,因为这些算法十分依赖于一些外来因素,例如机顶盒中的解码器、丢失包的数量、编码器的类型和比特率等。

而PQ测试需要被测图像处于“洁净状态(in the clear)”。如果运营商采用了加密技术,例如条件接收(CA)或者数字版权管理(DRM)技术,那么也不能采用MOS测试方法。

还应当注意的是,以上这些PQ测试方法只能告诉我们图像中已经出现了某些问题,尽管它们能够提供某些现象的提示信息(某些TR 101 290测试参数),但它们毕竟不能提供一个全面的测试方法。

基于存储文件的内容质量控制

MPEG 或者 IP 传输监视不同于较低层上的基本流编码失真。图像质量测试可以检测一些问题但却不能予以校正。要保证图像质量,最好的方法是避免传输中的编码错误或者在源端予以校正。

在现代广播电视网络中,服务器技术获得了广泛的应用,它既可以对内容进行归档存储,也便于内容的播放。现在,我们已经有了新型的测试工具,即可以对服务器中基于文件的视频内容进行自动质量控制(QC),而且能够在内容播放之前进行查验。无论被查验的视频内容是属于什么类别或级别的编码,也无论它们采用什么格式(SD-SDI, H.264 等),均可以进行这项查验。

使用 MDI 进行 QoS 测量

在IETF RFC 4445文档中定义了媒体传输指标(MDI)。它用来说明两类IP传输损伤,即包抖动(或包延迟)以及包丢失,可以将媒体传输指标作为单一的传输品质因数。而它包含的两类传输损伤分别定义为媒体延迟因子(MDI-DF)和媒体丢包率(MDI-MLR)。

延迟因子用来指示当数据流以标称的比特率传输时需要缓存(也即延迟)多长时间才能避免包丢失的发生。它可以捕获IP层中的传输损伤,通过DF测量为您提供了有关网络抖动严重程度的一般概念。

不过,有两点值得注意。第一,MDI并不能识别IP包中的有效负载,它无法将视频通信量与其它数据和VoIP包区分开来。第二,原始的UDP协议不能提供检测包丢失的任何方法,因此,对于使用原始UDP的数字流,是不能通过直接测量来获知MDI中的包丢失部分。要了解包丢失的情况即DF的大小,它必须从MPEG连续性计数错误信息中提取。而对于RTP数字流,则可以直接通过接收包中的时间标记来测量DF。通过RTP协议中的序列号也可以检测出RTP包的丢失,从而可作为MDI的一个测量值予以显示。

通过MDI-DF测量我们可以了解网络中的拥塞状况,它可以检测出网络中各部件处是否出现了排队等待现象,但是不能指示出这种排队等待状况有多少是因视频包的群聚而引起的。另外,MPEG缓存器模型也并非象MDI所假定的那样简单。

MDI的另一个测量值是媒体丢包率(MLR),它用来指示在1秒的期间内有多少包丢失。

MDI可以用以下比例式来表示:

“延迟因子:媒体丢包率”,例如,“MDI = 150 : 14”

以上例子表明延迟因子为150ms,每秒丢失14个包。

良好的MDI不能说明没有IP传输故障发生,而不良的MDI也可以是非IP相关问题所引起。比较完善的解决方案是将MDI测量与MPEG层协议测试结合起来,也即进行跨层测量。

在内容采集处进行测试可以确保提交给IP网络之前的内容质量,也就是说,即将进入网络的内容是良好的,而后将这种视频流打包封装并和VoIP以及高速数据一起被送入核心网。通过服务质量(QoS)手段对IPTV网络参数进行配置以及采用网络管理协议(例如PIM),为视频业务流量传送列入优先级保证,从而避免视频包延迟或包无序的发生。

整合世界中的泰克公司

泰克公司在视频领域和电信网络管理和诊断技术具有广泛而又丰富的应用经验和深厚的专业知识，这使得泰克公司成为当前能够同时在语音、视频和数据的整合领域中发挥重要作用的唯一销售商。泰克公司致力于为整合的视频和通信领域提供正确的测试技术和解决方案，帮助用户实现三网合一，其中包括将 IPTV 技术推向市场。

泰克公司是电视广播和视频行业的领先者，能够提供业内最全面(跨越多项标准和多个视频层)和最深入(深入的故障诊断及分析)的压缩视频测试解决方案。泰克公司为三重播放和视频应用提供了成套的视频测试产品。

泰克公司为广播电视业主和网络运营商提供了可扩展的置信度 MPEG 传送流监测工具，以满足他们对可分级的解决方案的需求，可用来检测传输和分配期间引起的信号劣化，为终端用户提供 QoE 保证。利用这些监测工具，运营商能够方便地、经济有效地迅速地查找多个协议层面中的故障并予以解决，从而提高网络的运行可靠性，将停播时间降低到最低。

泰克公司的 MPEG 分析工具是全球率先开发的压缩数字视频查错仪/分析仪，它们能够在任何层面上工作，以在最短的时间内查找并解决那些最隐蔽、最复杂和间断性的 DTV 故障。这些工具具有基于 IP 的实时视频分析功能和记录功能。

在提交 VoD 服务时服务器技术获得了广泛的应用，它可用来存储视频文件并向终端用户发送视频流。泰克公司提供了自动内容分析工具，能够在内容发送之前自动地验证已保存的视频和音频内容质量。利用这种设备，既可以查验经过压缩的已保存的视音频内容，也可以查验未经压缩的已保存的视音频内容。需要指出的是，它能够迅速准确地检查出被查验内容中那些容易被人工监视遗漏的错误。

与广播电视相对应的是电信领域，泰克公司同样提供了因特网协议诊断(IPD)系列产品，其中包括为 IP 分析而设计的产品。这些产品可以提供有关 IP 层和控制平面的各种统计信息，为那些需要进行深入的 IP 测试测量的用户提供了最佳的解决方案。这些解决方案可以从 IPTV 领域扩展到三重播放环境，其中包括 VoIP 测试功能。

随着 IPTV 系统从研发转向部署，运营商的关注重点也从网络诊断工具转向能够提供 24/7 实时监视以及能够提供服务保证的产品。泰克公司是为下一代网络提供服务保证的领先供应商。泰克公司提供的产品能够监视整个全球网络。

对于 IPTV 用户而言，如何保证测量的一致性是十分重要的，泰克公司具有广播电视领域和电信领域的丰富经验，泰克公司的测试测量产品能够确保测量的一致性，这正是泰克公司的优势。这样，工程师就可以将更多的时间用在实际故障的诊断和分析上，而不必花费精力去解释诊断设备和监视设备之间在测量结果上的差异。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

结语

通过电信网络来提交视频业务并不是什么新的设想。早在上世纪九十年代就曾经作过这种尝试，但却没有获得成功。然而，电话公司推动 IPTV 业务的努力一直在持续。他们发现话音业务(无论是固定的还是移动的)的饱和正给他们事业的发展带来限制，仅靠话音和数据业务带来的收入也因为这些业务的日益普及而逐渐萎缩。

在电信公司这种形势下，加之他们还面临着非传统竞争对手的激烈竞争。例如，MSO 正利用他们的有线基础设施提供语音和数据服务，而 MVNO 公司(例如 Virgin 移动)也通过电信基础设施提供话音服务，甚至还有移动公司也在劝说大众将他们的电信业务由固定线路服务转移到移动服务。

在受到商业利益驱动的同时，技术也在不断发展进步。下一代的核心网络获得了广泛的应用，现在同时已有好几种接入网络技术能够通过本地环路或者最后一英里网络提供所必需的带宽。这些接入网络技术包括 xDSL、FTTx、WiMAX 和 HFC 等。

压缩技术例如 H.264 和 VC-1 的应用也进一步减少了对本地环路传输带宽的需求，而且压缩技术本身也在继续发展，以使视频得到更加有效的压缩。还有，水印技术和 DRM 技术获得了实际应用，因此，即使在那种曾被认为天生不安全的网络环境中，也使得内容提供商对他们的内容资产将受到保护而有信心。

IPTV 工作在一个非常复杂的运行环境中，它会遇到各种各样的问题或出现这样那样的错误。这些错误几乎可能在 IPTV 系统中任一层面上发生，例如：节目采集端的 RF 层，网络中的协议层，系统的传送流层(或媒体层)，或者是网络中的物理层等等。这就要使用各种能够早期发现这些故障的工具，这样才能迅速地对这些故障进行诊断并予以解决。

随着 IPTV 技术由研发转向部署阶段，测试需求也会发生相应的变化。早期的诊断测试和加载测试工具是必要的，它们能够提供 IPTV 技术的可行性并使之开始启动运行。而在此之后，测试需求就转向网络的 24/7 实时监控，以帮助运营商实现提交业务的管理和运营。在 IPTV 的早期阶段需要的是业内领先的诊断工具，而在 IPTV 的后期则需要业内领先的系统解决方案。

随着 IPTV 系统的成熟，人们关注的重点也从系统的部署和试运行阶段的 QoS 转向管理和运营期间的 QoE。QoE 是关系着 IPTV 能否获得成功的一个重要组成部分。人们在传统的广播电视系统中已经建立了节目收看质量的体验，因此，为在 IPTV 系统中达到同样的收看效果即取得相同的 QoE，还需要解决 IPTV 系统中存在的许多问题。其中，最突出的一个问题是频道切换时间。为此必须提供这一级别的 QoS 和 QoE，这就要求增强 IPTV 系统中的用户平面(视频内容)和控制平面(为用户提供控制的信令层)的可见度。

IPTV 系统是广播电视领域和电信领域的互相融合后的系统。要实现 IPTV 系统的成功部署需要这两个领域的先进测试工具和丰富的专家经验。凭借泰克公司在视频和电信测试和测量领域长期积累的丰富经验，促使我们为这一整合领域提供了一系列的测试产品。

术语汇集

有源光纤到用户所在地(有源 FTTP)—有源 FTTP 网络使用邻域中的电力电子设备，一个这样的设备箱通常可以为 400 至 500 个用户提供服务。这种邻域设备可以进行本地交换和至网络中心局的路由选择。参见 PON。

不对称数字用户线路(ADSL、ADSL2、ADSL+、ADSL2+)—ADSL 是北美最流行的 DSL 接入网技术。其它几种是 ADSL 的增强版本。ADSL+ 与 ADSL2+ 相同。

异步传输模式(ATM)—一种在宽带数字网络中既能以恒定比特率又能以突发字符信息实现有效传输的数字信号协议。

误码率(BER)—有时也称为误码比。

条件接收系统(CA, CAS)—一种用来控制终端用户观看内容的系统。例如，在用户同意为付费节目交纳费用之前，是不能观看这种付费节目的。

用户室内设备(CPE)—电信中使用的一个术语，指终端用户为网络访问(接入)而使用的电话机、有线调制解调器或购买的机顶盒。

控制平面—IPTV 网络中用来传送控制信息或信令信息的部分。

循环冗余校验(CRC)—用来产生一种校验和，利用这种校验和可以检测数据经传输或存储后是否出现错误。

数字版权管理(DRM)—DRM 用来控制用户能否使用被交付的内容，也就是说，在日历窗口期间允许用户只能观看一次或者观看无限次。

数字用户线接入复用器(DSLAM)—一种能够将多个 DSL 与一高速因特网干线相连接的网络设备。

数字视频广播(DVB-C)—一般指的是欧洲广播电视业者、制造商、管理团体和其它机构组成的启动联盟，以制定传输数字电视和数据业务的相关标准。DVB 包括 DVB-C(有线电视)、DVB-H(手持/移动)、DVB-S(卫星电视)和 DVB-T(地面电视)等各个版本。

数字视频广播(DVB-H)—一般指的是欧洲广播电视业者、制造商、管理团体和其它机构组成的启动联盟，以制定传输数字电视和数据业务的相关标准。DVB 包括 DVB-C(有线电视)、DVB-H(手持/移动)、DVB-S(卫星电视)和 DVB-T(地面电视)等各个版本。

数字视频广播(DVB-S)—一般指的是欧洲广播电视业者、制造商、管理团体和其它机构组成的启动联盟，以制定传输数字电视和数据业务的相关标准。DVB 包括 DVB-C(有线电视)、DVB-H(手持/移动)、DVB-S(卫星电视)和 DVB-T(地面电视)等各个版本。

数字视频广播(DVB-T)—一般指的是欧洲广播电视业者、制造商、管理团体和其它机构组成的启动联盟，以制定传输数字电视和数据业务的相关标准。DVB 包括 DVB-C(有线电视)、DVB-H(手持/移动)、DVB-S(卫星电视)和 DVB-T(地面电视)等各个版本。

欧洲电信标准协会(ETSI)—一个独立的非赢利的标准化组织。

误差矢量幅度(EVM)—用来量化数字发射机性能的一个测量参数。通过对 EVM 的测量，可以知道由 MER 计算值确定的星座点偏离其理想位置的程度。

帧中继—帧中继是一种用来将数字信息从一个或多个源端传送到一个或多个目的端的传输技术。通常用于语音和数据封装传输。目前在许多应用中基于 IP 的网络可用来代替帧中继。

光纤到(FTTx)—采用光纤网络基础设施的一系列应用，包括 FTTP(光纤到用户所在地)，FTTC(光纤到路边)，FTTH(光纤到家庭)，FTTS(光纤到用户)、FTTN(光纤到节点/邻域)，FTTCab(光纤到机柜)，FTTB(光纤到大楼)，FTTEx(光纤到交换机)等。

图像组(GOP)—指的是传输的一组图像帧。在 MPEG 传输顺序中，一个 GOP 从某个 I 帧图像开始，而结束于下一 I 帧之前的最后一帧图像。

光纤同轴混合(HFC)—在光纤同轴混合(HFC)组合系统中，使用高速光纤作为干线将数据传送到网络边缘，在网络边缘处再使用同轴电缆以将终端用户与光纤干线相连接，以实现“最后一英里”的传输。

IEEE 802.16—指的是制定宽带无线接入技术标准的一个 IEEE 工作组。

因特网工程任务组—研发和推进因特网标准的一个团体。

因特网组管理协议(IGMP)—用来管理多播组中各个成员的协议。

IPTV 指南：技术，面临的挑战和如何测试 IPTV

初级读本

媒体传输指标(MDI)— 用来量化两类传输损伤的单一品质因数，这两类传输损伤指的是包抖动和包丢失。可以将 MDI 表示为媒体延迟因子与媒体丢包率之间的一个比例式。

媒体延迟因子(MDI-DF)— 媒体延迟因子用来指示当数据流以标称的比特率传输时需要缓存(也即延迟)多长时间才能避免包丢失的发生。这个测量参数不能识别 IP 包中的有效负载，也不能将视频通信量与其它数据和 VoIP 包区分开来。

媒体丢包率(MLR-MLR)— 媒体丢包率用来指示在1秒的期间内包丢失的数量。

调制误差比(MER)— 用来量化数字发射机性能的一个测量参数。MER 与 EVR 密切相关，但它是可以从信号的平均能量中计算出的参数值。

中间件— 将 IPTV 中各个组件连接在一起的软件和硬件。这包括面向用户的 EPG、应用程序控制、后台管理/计费系统(back office/billing)等。

平均主观计分(MOS)— 可以用来表示媒体感知质量的指示值，其值范围是从 1 至 5 分的单个数值。

多协议标志交换(MPLS)— 用来传送基于电路的客户业务和包交换客户业务的数据。它可以用来传送各种类别不同的通信量(包括 IP 包)。

多服务运营商(MSO)— 从事多项有线电视业务的运营商。

多播— 将信息同时提交给的一组目的端地址。

移动虚拟网络运营商(MVNO)— 通过另一家移动电话运营商的网络来开展无线业务的运营商。

脉冲编码调制(PCM)— 用来说明将模拟源波形信号(例如音频或视频信号)表示为周期性的数字化样值的术语。PCM 是一种非压缩的数字信号。

节目时钟参考(PCR)— 编码器时钟计数的样值，它在节目首部中发送，用来同步解码器的时钟。

协议独立多播(PIM)— 一组多播路由协议，它可以通过因特网提供一对多以及多对多的数据分配传输。协议独立多播包括 PIM-DM(密集模式)、PIM-SM(稀疏模式)以及 PIM-SSM(单源多播)。

无源光网络(PON)— 一种点对多点的接入网络，无源光网络无需在输出端使用光中继器或者其它有源器件。PON 是在大多数 FTTH 业务之后的基础技术。PON 具有多种应用，包括 ATM PON(APON)、BPON(宽带 PON)、千兆比特 PON(GPON)以及以太网 PON(EPON)，它们之间在传输速率、传输距离和可以使用的业务上有所不同。

图像质量分析(PQA)— 图像质量分析提供了可重复的客观测量，它直接复制了主观的人类视频评测结果。

公共交换电话网络(PSTN)— 这种网络是遍及全世界的公共电路交换电话网络。原先是一种固定线路的模拟网络，现在几乎全部为数字网络，包括移动电话。

体验质量(QoE)— 用户收看体验的客观测量。

服务质量(QoS)— 指的是优先通信的能力，即将那些对延时敏感的通信流量(例如话音和视频)在网络中给予优先处理。

请求评议(RFC)— RFC 文档包括那些最近研发的适用于因特网的技术文件。工程师可以发表自己的论文以发布新的观念并供众人评审。例如 RFC4445 就是被提议的有关媒体交付指标(MDI)的文档。

实时传输协议(RTP)— 经由 IP 网络用来传输视频和音频的一种标准化的分组格式。在多播或单播应用中要使用这个协议。

实时流协议(RTSP)— 该协议允许远程用户使用指令控制流媒体服务，这种指令类似于 VCR 指令，例如播放和暂停等。

会话启动协议(SIP)— 一种控制平面协议，用来建立、修改或终止一个或多个参与者的会话，例如它可用在多播应用中。

机顶盒(STB)— 一种用户室内设备(CPE)，它是用户与经由网络提供的 IPTV 服务之间的接口设备。

传输控制协议(TCP)— 这是 IP 协议簇中的一个核心协议，它是介于 IP 层和应用层之间的一个中间层协议(位于 IP 层协议之上，应用层协议之下)。

TR 101 290 — ETSI 的一个技术报告，该报告定义了一整套数字视频系统的标准评价测试准则。

用户数据报协议(UDP)— IP 协议簇的一个核心协议。

单播— 发送信息由一个源地址指向另外一个目的地址。

用户平面— IP 网络中用来传送数据的部分。

极高速数字用户线路(VDSL, VHDSL)— 一种可以经由单一双绞线对提供快速数据传输的 xDSL 技术。

视频点播(VoD)— 在视频点播系统中, 电视节目或电影节目可以在被某一个用户请求时而发送给该用户。

X.25 — 使用电话系统的宽域网络中的一组协议簇。通常将 X.25 提供商作为“分组交换网络”的组成部分。

xDSL — 参见不对称数字用户线和极高速数字用户线路。



泰克科技(中国)有限公司
上海市浦东新区川桥路1227号
邮编: 201206
电话: (86 21) 5031 2000
传真: (86 21) 5899 3156

泰克北京办事处
北京市海淀区花园路4号
通恒大厦1楼101室
邮编: 100088
电话: (86 10) 5795 0700
传真: (86 10) 6235 1236

泰克上海办事处
上海市徐汇区宜山路900号
科技大楼C楼7楼
邮编: 200233
电话: (86 21) 3397 0800
传真: (86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处
深圳市福田区南园路68号
上步大厦21层G/H/I/J室
邮编: 518031
电话: (86 755) 8246 0909
传真: (86 755) 8246 1539

泰克成都办事处
成都市人民南路一段86号
城市之心23层D-F座
邮编: 610016
电话: (86 28) 8620 3028
传真: (86 28) 8620 3038

泰克西安办事处
西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦20层K座
邮编: 710065
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处
武汉市汉口建设大道518号
招银大厦1611室
邮编: 430022
电话: (86 27) 8781 2760/2831

泰克香港办事处
九龙尖沙咀加连威老道2-6号
爱宾大厦15楼6室
电话: (852) 2585 6688
传真: (852) 2598 6260

更多信息

泰克公司备有内容丰富的各种应用手册、技术介绍和其他资料, 并不断予以充实, 以帮助那些从事前沿技术研究的工程师们。请访问: www.tektronix.com.cn



版权© 2007, Tektronix。泰克公司保留所有权利。泰克公司的产品受美国和国际专利权保护, 包括已发布和尚未发布的产品。以往出版的相关资料信息由本出版物的信息代替。泰克公司保留更改产品规格和定价的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克有限公司的注册商标。所有其他相关商标名称是各自公司的服务商标或注册商标。

3/07 EA/PG

25C-20277-0

Tektronix®