

IPTV 视频跨层测量

提交 IPTV 网络中优异的服务质量

概述

随着众所周知的技术例如MPEG-2传送流以及最近引入的新技术加快了IPTV系统在全世界发展的进程,也尽管其中的许多技术都是一些成熟的技术,然而,IPTV的发展也给那些需要成功提供IPTV业务的人们带来了许多技术上的挑战。本文对这些技术上的挑战进行了讨论,同时也介绍了如何使用测试和测量设备以进行IPTV系统的设计、部署和管理。

IPTV 视频跨层测量

应用指南

电信运营商面临的一项重大运行挑战是如何有效地提交优异的服务质量(QoS),以保持他们在竞争日益激烈的分化市场中的优势。这就要求我们能够提供直观而又全面的有关视频质量和系统故障诊断的简明信息,以在日益复杂的广播电视环境中能够获得优异的服务质量。为了实现较高的服务质量水准,我们需要为IPTV系统的运营人员和工程技术人员提供有关系统性能的准确而又及时的信息。

在这样的复杂环境中,必须使用测试设备并且将它们正确地配置到网络中的各个监测点,以关键性能指标(KPI)的形式提供重要的网络性能数据,使运营商和工程师能够有效地管理网络系统,避免信号质量的劣化和网络故障的出现,从而影响到终端用户的观看体验。只有正确地配置网络中的测试设备并且进行必不可少的跨层(Cross Layer)监测,这样才有可能在因节目信号传输中断而造成经济损失之前就能够对系统中即将出现的问题作出预测,而不是在问题发生之后才去排查故障。

引言

随着众所周知的技术例如MPEG-2传送流以及最近引入的新技术加快了IPTV系统在全世界发展的进程。这些技术包括先进的压缩技术,例如H.264/AVC和VC-1(能够更加有效地使用有限的带宽以链接到家庭),还包括增强系统的安全性技术和数字版权管理(为内容提供商提供

IPTV系统中的内容管理可信度)、IP核心网络技术,以及速度更快、性价比更高的网络接入技术,例如VDSL和ADSL等。

尽管上述技术都是一些成熟的技术,然而,IPTV的发展也给那些需要成功提供IPTV业务的人们带来了许多技术上的挑战。本文对这些技术上的挑战进行了讨论,同时也介绍了如何使用测试和测量设备进行IPTV系统的设计、部署和管理。

IP网络具有双向交互功能,而这正是传统电视技术所无法实现的。就理论上而言,IP网络的双向功能允许为用户提供“一对一”的传输服务,即允许单个的观察者控制他们所选择的内容,能够采用类似控制录像机的“特技模式”,例如实现节目播放的暂停、快进和后退。还可以将这种交互性用于提供定向目标式的广告和一对一式的商品销售,还可能包括即时的终端用户反馈和其它服务,例如在线购物和游戏等。IP网络的这种双向方式使视频点播和网络数字视频记录(NDRV)成为可能,这两项服务是IPTV系统可以提供的、应用最为广泛的交互式服务项目,它是传统的单向广播式系统所无法提供的。传统的单向广播式节目是将节目推向用户而不是当观众需要时再从网络中抽取的服务。

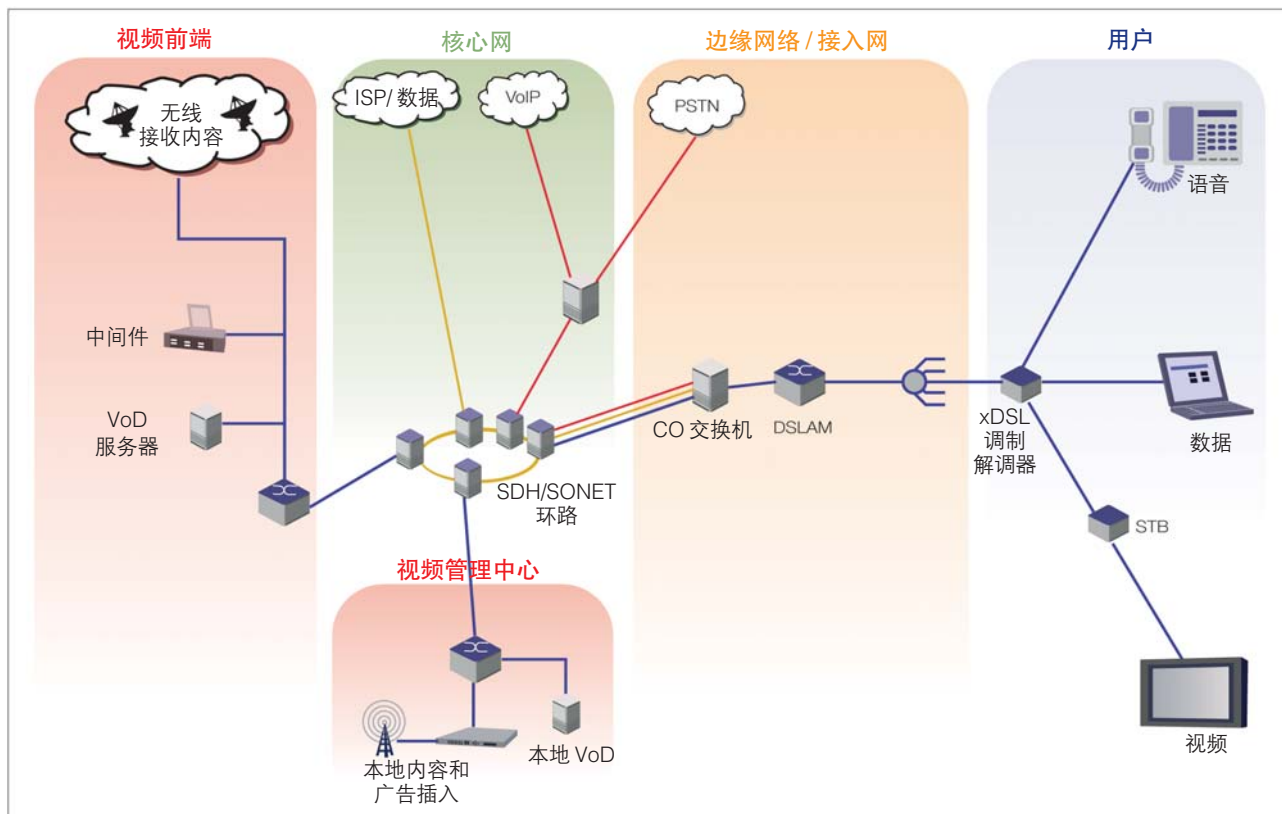


图 1. 网络基础设施。

图 1 所示的网络基础设施表示的是某个 IPTV 系统的一种“典型”基础结构的原理图。该系统包括广播视频内容服务和 VoD 服务，以及语音业务和高速数据业务等。

这样的网络链接技术允许电信运营商对其传统的固定线路业务进行扩展，利用现有的网络设施以传送 IPTV、高速数据业务和基于 IP 的语音业务，这种综合业务即所谓三重播放业务。因此，IPTV 实际上是广播电视业务与电

信业务这两个领域的互相融合。要使这两个互相渗透的领域能够成功地发展，需要这两个领域的测试工具和专家经验。泰克公司拥有专门为这种整合后的业务而设计的各种各样的产品，能够完全满足这个整合领域的应用需求，这样的产品既凝结了泰克公司长期拥有的视频专家经验，也包括泰克公司拥有的通信领域的测试和测量技术。

IPTV 视频跨层测量

应用指南

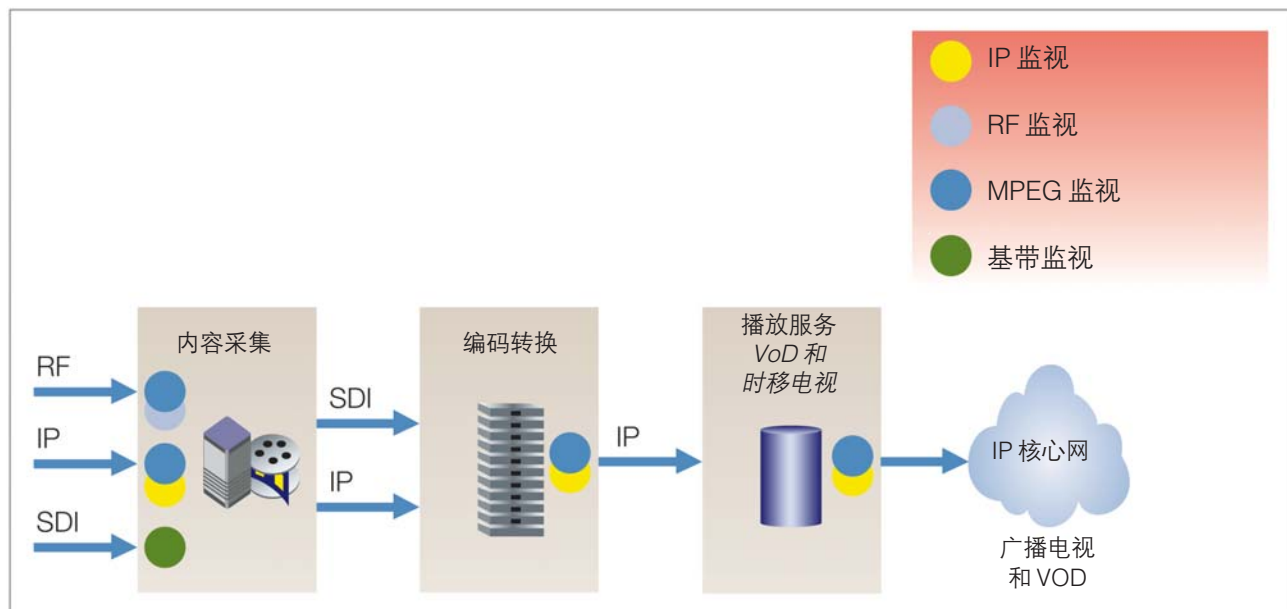


图 2. 关键监测点。

IPTV 前端概述

本文重点讨论 IPTV 的前端系统。IP 前端的主要功能如下：

数字节目采集：接收来自卫星或地面电视广播的节目源，并且为数字内容分发(国家的或地区的)作好准备。

数字节目存储：保存和插入附加的、非实况的广播电视节目，例如本地节目内容，视频点播节目或者广告节目。

数字节目分配和交付：包括节目准备和汇集，以及为节目分发确定帧频(rate-shaping)、进行调制、封装(编码打包)、加密和其它技术处理。

在以上这些系统中，前端的节目采集可能主要来自于各种 RF 节目源，无论它们是来自有线、卫星或者是取自于无线地面电视广播，也可能是通过 SDI 或 IP 接口接收的节目。总之，如果使用了具有多种输入接口的信

号格式，例如 IP、SDI 和 RF 等各种接口，那么保持可靠而又高质量 IPTV 业务的关键在于重视那些可能会影响系统完整性的主要因素。也就是说，在信号被前端处理和送入电信网络之前，就必须对前端采集的内容进行服务质量监视。为了保持信号的高质量，应当在前端的一些关键监测点实行全面的监视，如图 2 所示，它给出了一些关键的监测点设置。

在图 2 的例子中，我们可以分别考虑三种(RF、IP 和 SDI)主要的信号处理过程。实际上，在一个硬件模块中，有可能会对信号进行多种处理。由于进入 IPTV 系统的大量内容源来自地面电视广播或者是卫星 RF 信号，我们必须考虑如何确定和保持所采集的 RF 信号的良好质量。因此，下面我们将介绍怎样进行关键的 RF 测量，通过这样的介绍，可以帮助我们在对运营商的服务造成影响和用户完全看不到图像之前就能够检测到信号质量的劣化问题。

RF 信号性能参数	衡量前端接收信号质量的相关参数的说明
调制误差比(MER)	MER 能够提供信号质量劣化的早期指示，它是信号功率与误差矢量功率的比值，并以 dB 为度量单位
误差矢量幅度(EVM)	EVM是类似于MER的测量值，但它的表示形式有些不同。EVM是误差矢量的RMS幅度与最大符号矢量幅度的比值，并且以百分比来表示
误码率(BER)	误码率用来衡量前向误码校正(FEC)难于校正的测量值，具体定义是： $BER = \text{已校正的比特数} / \text{发送的总比特数}$
传输误码标志(TEF)	TEF用来指示FEC不能校正的所有传输误码，也可以将TEF定义为“里德-索罗门未校正块的计数”
星座图	用来提供调制性能的特征化图示

表 1. 关键 RF 参数

RF 内容采集 — 关键监测参数

当信号受到噪声、失真、干扰以及传输路径的影响时，现代数字电视系统与传统模拟电视有着完全不同的表现特性。现在的电视用户非常熟悉简单的模拟电视接收过程，在接收模拟电视时，如果图像质量不佳，您可以适当地调整一下室内天线也许能够改善接收的图像质量。即便是调整天线后图像质量仍无改善，只要有伴音存在，观察者也可能继续观看。数字电视(DTV)却不是这样。一旦接收信号中断或丢失，要想恢复接收的信号却是并非总能奏效的。产生这种故障的原因有可能是因为 MPEG 表(例如 SI 或 PSIP 表)的错误所引起，也有可能是由于接收的 RF 信号功率太弱，以致降低到运行阈值即所谓“悬崖”点以下。RF 故障可能包括以下各种因素：卫星碟形天线位置不当或低噪声变频器组件(LNB)质量不佳、地面 RF 信号的反射影响、信道噪声性能太差、信号传输通道中的干扰，还有可能是线

路放大器或调制器出现故障等。为了解决数字电视接收不佳的问题，这里可以有两种解决方案。一种解决方案是采用性能更好的接收机，使它能够在接收信号较差时仍能正常工作。另一种更好的解决方案则是从传输网络入手，以保持洁净的、高质量的 RF 接收信号。表 1 给出了关键 RF 参数的详细说明。

这篇应用文章并不打算对 RF 测量进行详尽的深入讨论，不过我们仍将关注一些特定的 RF 参数，以说明这些 RF 参数对于保持 RF 信号的高质量的确有着重要的意义。如果读者希望对这一主题作更加深入、更加详尽的了解，请参考泰克公司应用文章“Critical RF Measurements in Cable, Satellite and Terrestrial DTV Systems”(有线、卫星和地面数字电视系统的关键 RF 测量)文献编号为 2TC-17370-1，请访问：www.tektronix.com

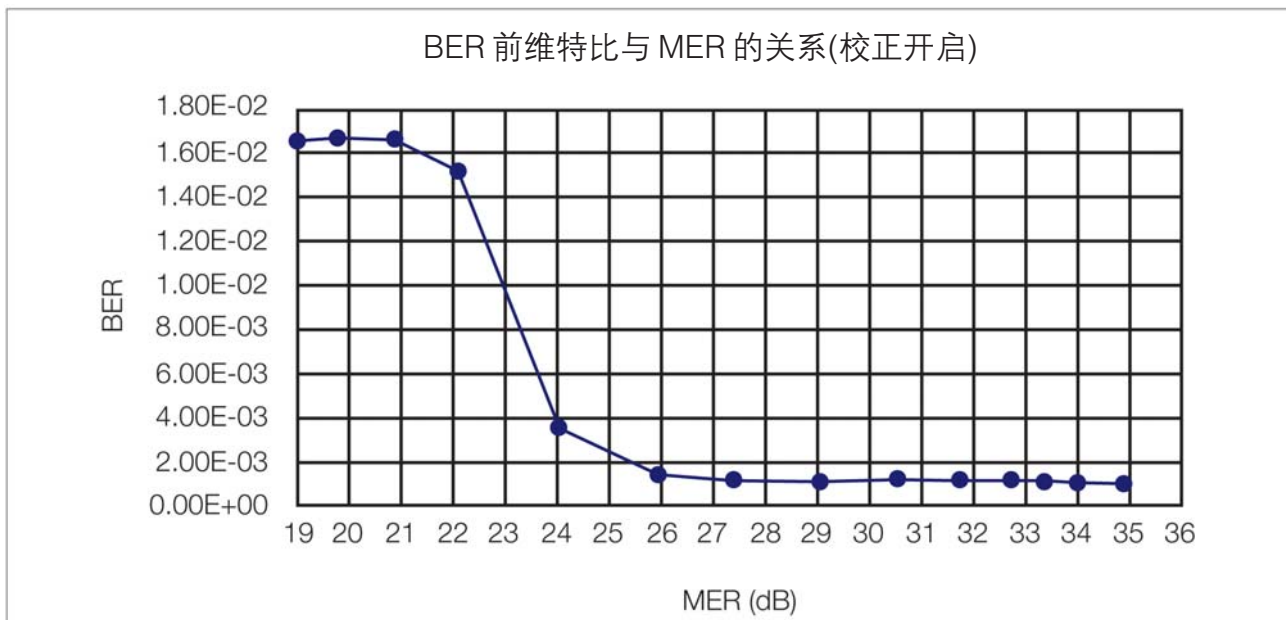


图 3. MER/BER

有关内容采集监视的话题，前面已经作过介绍，关键是必须保证前端的输入信号具有良好的质量。利用表 1 列出的部分测量参数或全部测量参数，运营商和工程技术人员就能够保持信号的高质量。需要指出的是，必须使用正确的测量设备。对这些关键参数进行测量，不仅可以发现当前的传输质量问题，而且能够预先对系统采取相应的措施以预防信号的劣化。

有关 DVB 系统的测量指导准则已在 TR 101 290 标准中得到表述。其中的一个重要测量参数即调制误差比 (MER)，它可以作为衡量接收信号质量的单一“品质因数”(figure of merit)。我们可以把 MER 作为接收机能否对它接收的信号进行正确解码的早期指示。事实上，MER 是用来比较接收符号(用来代表调制过程中的一个数字值)的实际位置与其理想位置的偏差值。当信号变差

时，接收信号的符号的实际位置就会偏离该符号的理想位置，这时测得的 MER 数值也会变小。信号愈差，接收符号距理想位置的偏离愈远，则 MER 值愈小。直至最后，接收符号不能被正确解释，误码率(BER)上升，这时就处于门限状态即崩溃点。

图 3 是将 MER 接收机与测试调制器相连接时所测得的 MER/BER 曲线。连接妥当后，逐渐引入噪声，同时记录 MER 和前维特比 BER 的数值。在没有引入噪声时，MER 的起始值为 35dB，而 BER 接近零。随着噪声的逐渐增加，MER 值逐渐降低，而 BER 却保持恒定。当 MER 降低至 26dB 附近时，BER 开始攀升，表明崩溃点就在此值附近。因此，MER 可用来指示系统在进入崩溃点之前的信号质量的早期劣化过程。

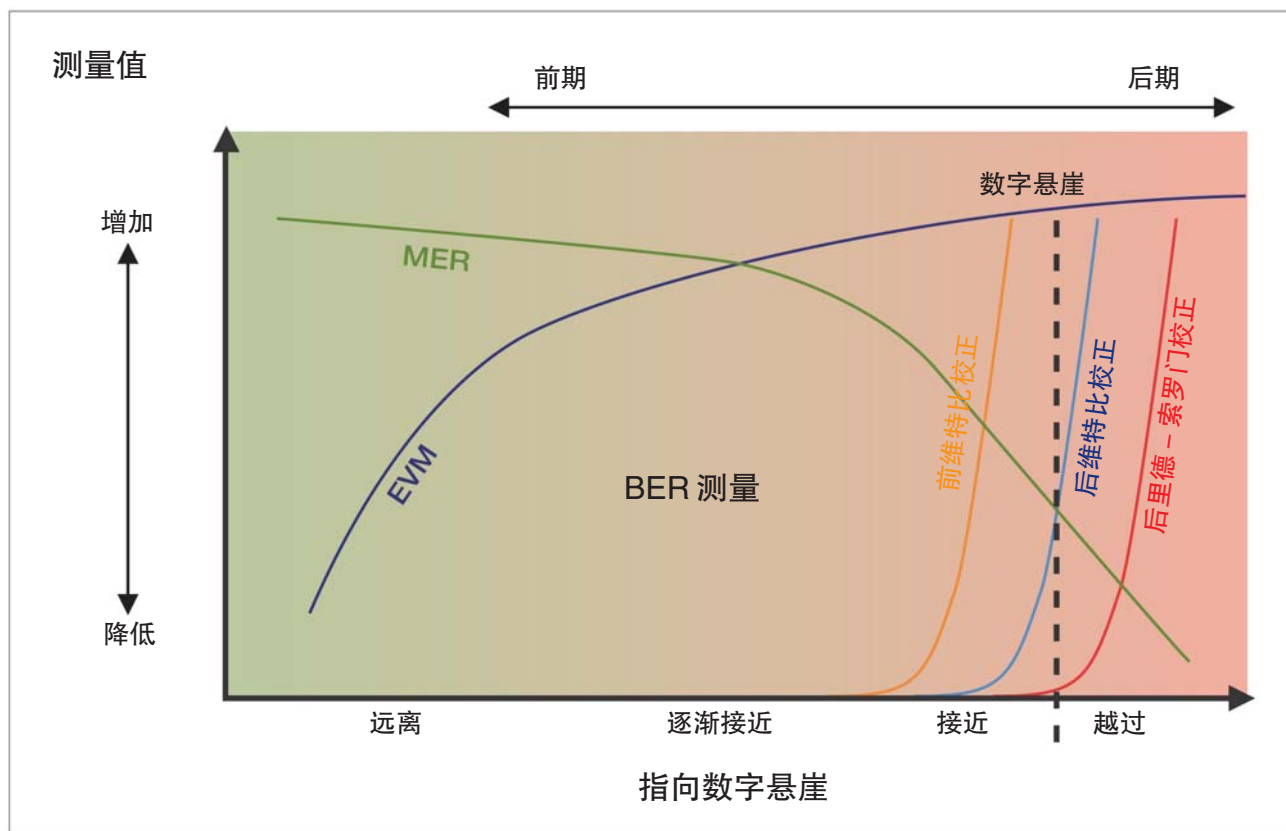


图 4. 数字悬崖。

实践应用表明，在信号传输过程中，随着噪声的增加，MER随之下降，当它由35 dB下降至26dB时，即在35dB至26dB这一区间内，如果我们只是监测误码率的变化，并不能提供故障即将出现的指示信息。但是在这种情况下，通过对MER的测量，就能够在给用户带来观看质量下降之前提供信号劣化的有用信息。参见图4所给出的数字悬崖示意图，可以十分清楚地看出，随着MER的降低和误差矢量幅度的增加，对MER或者EVM的测量可以提供信号劣化的早期指示。同时也可以看出，随着噪声的加大，当MER电平降低和EVM增加时，在采取前向误码校正之前，信号质量是会逐渐降低的，不过此时采取前向误码校正还是有必要的。但是，如果信号中的噪声继续明显增加，MER继续降低直至FEC无法校正误

码时的那一点时，这时BER指示开始攀升，以致出现传输误码标志和MPEG连续性计数错误，这将导致明显的视频失真。一旦FEC失去校正作用，误码率急剧增加时，此时就进入到“数字悬崖”，信号遭受破坏，用户就要拿起电话开始投诉了。

值得注意的是，应当提供具有竞争力的数字视频分级服务，一般要求在设计接入网时误码率至少能够达到 10^{-9} ，但是，即便误码率达到如此高的水平，对于终端用户来说，如果接收的是速率为3Mbps的SD传送流，仍然可能每6分钟内出现一次明显的图像失真。为此必须引起我们的重视，而采用前期监测有助于避免这种情况的出现。

IPTV 视频跨层测量

应用指南

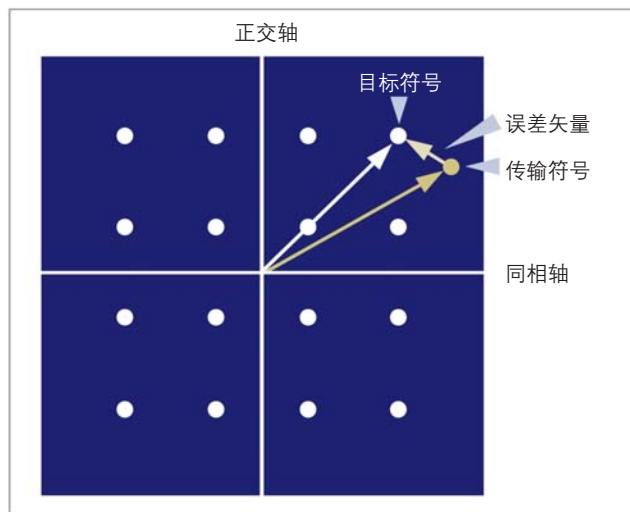


图 5. EVM

前面已经介绍了为了确保 RF 信号质量，进行 MER 和 EVM 测量是很有必要而且是非常有用的，但是，除了这种方法之外，对于工程技术人员来说，还有其它方法也可以用来查验 RF 信号的质量状况。其中星座图就是一种更加直观的监测方法。

在理想情况下，传输信号的所有星座点应当准确地位于它们的理想位置。然而，由于传输系统的非理想性（例如，传输信号带有明显的相位噪声），使得实际信号的星座点偏离它们的理想位置。这时，EVM 就可以用来测量实际星座点偏离其理想位置的程度。可以用图 5 即 EVM 星座图来说明这一过程。在图 5 中，无论是测量 EVM 还是测量 MER，均可以对 RF 输入信号中的质量问题作出预测，因此，这一方法是十分有用的。

通过对 EVM 和 MER 绝对值的测量，是一种可以在传输路径中任意一点及时地观察到当前信号中是否存在质量问题的好方法。然而，如果我们能够测量这两个参数即 EVM 和 MER 的变化速率，那么，我们就能够更加准确地预测到传输系统中是否存在潜在的信号质量的劣化迹象。这就是说，通过测量这两个参数的绝对值以及它们的变化速率，运营商就能够及时地提前采取措施对系统进行管理，预防信号质量的下降，不至于导致较多误码的发生。这种双重电平测量和告警方式是系统监测的重要手段，将这两种监测方法结合起来，可以提



图 6. 双重电平告警和趋势分析图示。

供多达 7 天的有关信号质量的趋势分析，利用这种有效的监测方法，可以帮助运营商和工程技术人员保持良好的信号质量。图 6 给出了双重电平告警和信号质量趋势分析的一个例子。

能够早在信号质量下降之前就对系统中的潜在问题作出预测，避免停播的发生甚至影响运营商的经济收入，而不是在问题出现之后再去做故障排查，这是一种很好的监测方式。即便是发射机和系统性能只发生了微小的变化，通过对 MER 的测量也能够及时地发现。MER 是衡量任何 RF 传输系统性能的唯一品质因数，这是一种最佳的测量方法之一。而 EVM 测量和更为传统的 BER 测量也是有用的，它们可以用于标准的、各设备之间的性能查验，同样有助于判断短期的 RF 信号劣化。

接收信号的星座图显示有助于为 RF 传输系统提供可靠的“健康检查”，利用星座图显示，可以观察到系统中是否出现信号的畸变和失真，或者设备的性能是否发生漂移。结合以上所有的关键 RF 测量以及全面的 MPEG 传送流监测和告警，并将它们用于系统中某一个监测点，就能够在给观众带来影响的早期阶段检测到系统可能会出现的问题。泰克公司的 MTM400A 具有以上所有的监测功能，并且配备有完善的接口选件，能够提供所有的关键 RF 测量，还可以提供完善的 MPEG 测量，因而是一款性价比优异的监测工具。

IP 电视广播播出 — 关键的监测参数

在电信网络前端的内容采集处使用有效的监测设备，我们就有可能保证并保持前端的RF信号质量。现在我们要关注的是，当多节目传送流被解复用，而后又被复用为单节目传送流，再通过前端送入核心网络时，如何为保持信号的良好质量提供保证。

电信运营商面临的一个重大运营挑战是怎样才能有效地提供优质的服务质量 (QoS)，以使他们在竞争日益激烈的分化市场中保持他们的优势。因此，这就要求监测设备能够提供直观而又简明的、有关视频质量和故障诊断的指示信息，以在日益复杂的广播电视环境中提交优质的服务质量水准。为实现高水准的服务质量，我们必须为运营商和工程技术人员提供有关系统性能的准确而又及时的信息。

我们已经认识到，为了保持系统的高性能水平，减少用户的抱怨和客户的流失率，必须提高我们系统的服务质量。现在的问题是，当我们谈到 IP 环境中的服务质量时，它究竟指的是什么？

什么是 QoS?

服务质量，即 QoS，在技术领域中，按照 ITU 标准 X.902 的定义，服务质量是“对一个或多个对象集体行为的一组质量需求”。在网络通信工程中，服务质量可以为传输各种不同的数据流提供不同的优先级传输性能，即为某一数据流提供某种级别的性能保证。在 IPTV 系统中，这种传输性能的优先级保证对于实现良好质量的视频传输是至关重要的。

按照思科(Cisco)2006 年白皮书的定义，“服务质量 QoS 指的是可以采用不同的技术以使网络为被选择的服务提供更好的服务。这种可以采用的技术包括帧中继、异步传输模式(ATM)、以太网和802.1网络、SONET 和 IP 路由网络。既可以采用它们中的任何一种传输技术，也可以采用上述所有的传输技术。”¹¹

“QoS 的主要目标是提供包括带宽分配、受控的抖动和等待时间……以及已改善的损耗特性。”¹¹

关键性能指标

如果将上述关于服务质量的定义作进一步的延伸，那么我们可以清楚地把服务质量理解为：QoS 指的是服务提供商应当具备这样的能力，即至少应在以下四个方面能够满足用户的业务传输需求：

- 带宽
- 等待时间或延迟
- 抖动
- 业务流量损失

为了对以上四项参数作更详细的说明，可以对它们作出进一步的解释：

- 带宽
 - 网络应当具有足够的传输能力以支持用户对业务吞吐量的需求。
- 等待时间或延迟
 - 任一数据包由给定传输节点传送到给定接收节点所需要的时间。
- 抖动
 - 各数据包到达接收点时因到达时间延迟量不同而引起的时间延迟量的变化。
- 业务流量损失或包丢失
 - 在多长的时间内就会发生数据包的丢失？
 - 当发生数据包丢失时，有多少个数据包会受到影响？

以上四项参数可以作为测量系统性能的关键性能指标 (KPI)。我们现在已经知道要测量哪些参数，但问题是，我们为什么要进行这些测量？

IPTV 视频跨层测量

应用指南

IPTV 是运行在“尽力而为”的网络上的传输系统。因为按照定义，遵循 Ipv4 和 Ipv6 协议的网络是“尽力而为”的传输系统。为了向用户提交 QoS 服务，这两个 IP 协议还必须得到其它协议例如 TCP 协议的支持，一个简单的事实是：数据和语音服务可以在带有抖动和延迟的情况下在网络中正常传输，但视频却不可以。视频通常是按照 UDP/RTP 协议传输的，它对带宽和传输实时性（时间延迟）均有着较高的要求，这就需要得到强健的网络管理规则的支持。视频不能在“尽力而为”的网络中正常地传输，因为在“尽力而为”的网络中，携带视频的 IP 包不能按时和依照正确的包顺序到达目的端。因此，这就给我们带来一个问题，我们怎样才能有效地监测在 IPTV 传送系统中究竟发生了什么？

参考前文的图 2，在图中我们给出了一些关键监测点，我们现在需要考虑是哪些信号被送往核心网以及该信号的质量状况。我们应当在网络中的适当位置设置监测点。在任何传输环境中，监测点的设置必须不能对传输的业务带来任何影响。如果我们将监测点设置在路由器/交换机的镜像点上，就可以保证 IP 业务的正常传输而不会受到影响。这种监测镜像点采用的是一种无源方法，它能够提供与在线测量等效的测量结果。在大多数情况下，我们不推荐采用在线测量的方式，因为它可能会给网络服务带来影响，同时监视点也是广播电视传输链路中的有效组成部分。

监测点的设置与网络规模的大小有关。我们可以仔细地在前端的 IP 输出口即进入核心网的 IP 输入端口上设

立监测点，还可以将 IP 监测点设置在任何接入网的输入端口上。通过这样的设置，就可以对前端的输出、以及由核心网的输出到接入网的输入进行全面的传输监测。利用这样的监测技术，将前端输出端口的监测结果与接入网输入端口的监测结果进行比较，这样，凡是由核心网引起的任何 IP 传输质量的劣化均可以迅速地检测到。在采用这种监测方式时，可以将整个网络中的各个监测点与整个网络的管理系统相连接，这样既可以对前端某些节目的采集质量和传送流处理系统的质量进行监测，也可以对前端所有节目的采集质量和传送流处理系统的质量进行监测。采用这样的监测方案，可以提供整个传输系统的监测视图，从而能够迅速查明网络中任何位置发生的故障并在该故障给终端用户带来影响之前予以修复。

我们已经将 KPI 划分为四项主要的网络性能参数，这四项性能参数可以用来监测系统的服务质量。在进行系统设计时就应当考虑到带宽应当是可以被管理的，对于如何合理地分配带宽以及如何进行流量管理，一开始就应当纳入到网络的设计方案之中。对网络进行的运行测量，例如测量当前网络中任意节点处的会话数量以及测量每一会话或者所有会话的占有带宽，均可以用来指示当前系统是否可能过载。通过监测其它参数是否异常，也可以对系统是否过载作出预测。这些参数就包括了前面指出的其它三项 KPI 参数，即等待时间 / 延迟、IP 抖动和包丢失。

在这三项 KPI 参数中，前两项即等待时间/延迟和 IP 抖动是密切相关的，应当对传输链路中的所有会话进行监测。作为一个例子，让我们考虑仅包含一个传送流的单个会话，其传输比特率为 4.7Mbps：

假定每个以太网帧含有 7 个 MPEG 包，那么每个以太网帧的有效荷载中包含的字节数为 $7 \times 188 \text{ 字节} = 1316 \text{ 字节}$

以太网帧头	14 字节
IP 包头	20 字节
UDP 包头	8 字节
RTP 包头	12 字节
总字节数	54 字节开销 + 1316 字节净荷 (开销百分比为 4.1%)

假定以太网帧按照 IP/UDP/RTP 协议打包，那么当以太网帧的长度为 1370 字节时，其以太网流速率为 4.886 Mbps：

$$\text{以太网流速率(每秒以太网帧数)} = \frac{4886000 \text{ [比特率]}}{(8 \text{ [比特/字节]} \times 1370 \text{ [每帧字节数]})} = 445.8 \text{ 帧/秒}$$

$$\text{那么帧与帧之间的间隔为 } 1 / 445.8 \text{ [以太网帧速率]} = 0.00224 \text{ 秒}$$

这就是说，在理想情况下，包到达时间间隔应当是 2.24ms。如果包到达时间间隔偏离这一理想值，那么这个偏离值的任何变化均可能带来接收设备的缓存问题。固定的偏差虽然是个问题，然而，IP 包之间定时 (IP 包到达间隔时间) 的变化即所谓 IP 抖动，在没有得到解决或校正之前，则会引起更大的问题。包抖动对终端用户的影响大小与网络部件的设计有关，例如，首先它与路由器的缓存容量是否合适有关。适当地设计消费者的使用设备也可以明显地改善包抖动对服务质量产生的影响。如果在设计消费者用机顶盒时采用了大容量的输入缓存器，那么将显著地消除大多数网络抖动造成的影响，不过，与采用较为保守的缓存容量的机顶盒相比较，毫无疑问，这将明显地给终端用户带来成本的提高。因此，更加可取的方法是在网络中测量并消除网络中过大的 IP 包抖动。设置在网络中的监测点应当能够测量并显示一段较长时间的包到达间隔时间 (PIT)，以确保没有潜在的抖动问题的发生，不会导致传输质量的下降而给用户造成影响。

IPTV 视频跨层测量

应用指南



图 7. 包到达间隔时间图示。

为了对网络进行及时的诊断和实现良好的管理，必须能够准确地测量并显示PIT，这是一个重要的网络监测参数。图7给出了这样的一个例子，它提供了包到达间隔时间的图示。由图7可见，已在网络的监测点视图中设置了PIT的容限区（以红色区域表示），在刚过去的一段时间内，有几处已经超出了所设置的容限值。由此可见，利用这种简明的图形显示，为运营商和工程技术人员提供了一种快速而又简便的方法，使他们能够迅速地了解重要的服务质量信息并且及时地采取相应的措施。

跨层(Cross Layer)定时问题

还有另外一个相关的问题，我们知道，当通过IP网络传送MPEG流时，需要将传送流封装在IP包中(更确切地说，是封装在UDP包中或者说是封装在UDP协议之上的RTP包中)——在通常情况下，每一IP包含有7个TS包。然而，这样的封装方式，会对被携带的传送流造成某种影响。因为当某个IP包被处理时，它也会影响在同一时刻到达MPEG解码器输入缓存中的所

有7个TS包。由于这些TS包均被赋予同样的到达时间标记，在缓存器的输入端，任何携带有PCR包的时间标记将是错误的，这样就会影响到PCR的定时测量结果。

我们知道，PCR准确度(PCR_AC)与包到达时间无关，因此它不会受到影响；然而PCR漂移率(PCR_DR)和PCR频率偏置(PCR_DR)以及PCR总抖动(PCR_OJ)却与包到达时间相关。基于IP的视频解码器通过缓存输出将IP包送入到MPEG解码器，在MPEG解码器中以恢复恒定的码流比特率。我们可以在泰克公司的MPEG TS符合性分析仪中(并且开启PCR内插值)模拟这一过程，这样将在两个IP包之间的时间间隔内展开一个IP包中的所有TS包。

同样值得注意的是，在可变比特率(VBR)的码流中是不进行PCR测量的，这是因为该码流中不含有每一TS包的更多定时信息而无法重新构建TS包的到达时间。

即便是保持正确的PCR定时，也不能为良好的视频质量传输提供充分的保证。原因在于尽管利用PCR可以实现编码器和解码器之间系统时钟的同步，然而，视频帧的同步却通常是通过显示时间标记(PTS)来实现的。显示时间标记插入在基本流(PES)的包头中，它是一个33比特的插入值，其计时单位为90 kHz时钟(27MHz系统时钟频率除以300)。PTS值用来指示解码器显示该视频帧的时间。由于PCR和PTS/DTS均是相关的，所以必须保持编码器和解码器之间的同步状态。PCR和PTS数值之间的任何变化均可能造成解码器缓存的上溢或下溢，这将带来解码故障，例如图像中彩色的丢失，这对观察者而言是明显可见的故障。通过跨层测量，即在IP层和MPEG层进行与定时相关的测量，例如进行PIT、PCR和PTS定时测量，可以为跟踪并解决系统的定时故障提供宝贵的信息。

Field	Value	Unit
Total Bit Rate	0	Kbps
Session Count	4	
All Session IP Error		
All Session PJT Error		
All Session MDG Error		
All Session TS Error		
All Bit Rate Error		
TS Lock		
Session Bit Rate	1047	Kbps
Mean PJT	1215808	ms
Max PJT	2563232	ms
Min PJT	377680	ms
RTP Out Of Order Rate	0	pkt/min
RTP Out Of Order Count	0	pkts
RTP Lost Rate	0	pkt/min
RTP Lost Count	0	pkts
IP Errored Rate	0	pkt/min
IP Errored Count	0	pkts
TS CC Error	26414	
MDG Delay factor	21.857	ms
MDG Loss Rate	0	TS pkts/s
Source IP	0.0.0.0	
Source Port	1224	
Destination IP	0.0.0.0	
Destination Port	1226	
TOS	17	
Datagram Size	146	bytes
VLAN Tag	0	

图 8. RTP 包统计信息。

接下来我们应当考虑的 KPI 指标的最后一项参数即包丢失问题。我们曾经在前面提及过路由器的缓存问题。由于网络路由器输出端口处的缓存的上溢或者下溢可能会造成包的丢失。如果网络中某个汇集点处路由器的业务流量接近其最大输入容量，则由于路由器的缓存处于过溢状态而在其输出接口处导致包丢失。这也许不是一个瞬时事件，然而，却可能对流量的逐渐增加产生影响，也许在傍晚时的电视收看高峰期间出现这种情况。如果没有采取适当的流量管理和流量分配措施，网络将出现拥堵，包丢失可能会通过网络而扩散，结果导致终端用户的不良观看体验。因此，对网络监测系统的一个基本要求是既能够检测出包丢失，也能够检测出包无序 (out-of-order packets)。参见图 8 所示，它在下面提供了 RTP 包的统计信息。由网络引入的延迟可能会导致包无序，但是包无序却不一定给终端用户带来影响，因为他们可以使用具有大容量缓存器设计的消费设备，使机顶盒能够重新恢复包的正确顺序。尽管如此，监视设备应当能够检测出包无序

事件，为运营商和工程技术人员提供及时的诊断信息，以便他们迅速采取措施和排查故障，以在用户投诉之前予以解决。

媒体传输指标

包延迟和包丢失均被纳入到 IETF RFC 4445 文件所定义的媒体传输指标中，RFC 对媒体传输指标(MDI)作了说明，并将它定义为用于量化两项 IP 传输损伤的单一品质因数，这两项传输损伤就是包抖动(或包延迟)和包丢失。可以将这两项测试参数分别定义为媒体延迟因子(MDI-DF)和媒体丢包率(MDI-MLR)。

- 延迟因子指的是数据流在其标称比特率下应当缓存(即延迟)多长时间才能防止数据包的丢失。
- 媒体丢包率指的是在 1 秒的周期内数据包丢失的数量。

尽管 MDI 已被业界广泛地接受，并且作为“事实上”的包延迟和包丢失的测量标准，然而，这并不是说没有任何问题。其中一个重要问题是 MDI 没有考虑到它测量的 IP 包的有效载荷是什么数据类型，这就是说，它将音频、数据和视频均以同样的方式予以处理。关于这一点，我们在前文中曾经提到过两个传输协议，即 RTP 和 UDP。在 MDI 中，它将 UDP(而不是 RTP)作为携带数据的基本传输协议。而原始的 UDP 协议并没有提供检测包丢失的任何方法。因此，对于原始的 UDP 协议而言，MDI 的包丢失部分是从 MPEG 连续性计数错误中推导出来的。这样，传送流中的其它错误，例如传送流的语法错误，是 MDI 无法检测的。

MDI 延迟因子(MDI-DF)是基于传送流的传输比特率，它是由传送流节目时钟参考(PCR)导出的，它可以用来测量网络中的包抖动。但是，这种测量方法依赖于准确的 PCR 数值。然而，有时情况并非如此。因此，来自复用器中不准确的 PCR 可能会触发一个 MDI 错误，虽然此时并没有网络问题而是复用器中的问题。考虑到这一点是十分重要的。可以这样说，良好的 MDI 并不意味着不存在 IP 传输错误，而不良的 MDI 也可能出现与 IP 无关的问题。总之，MDI 并非是答案——它只能是对其它测量的补充。

IPTV 视频跨层测量

应用指南

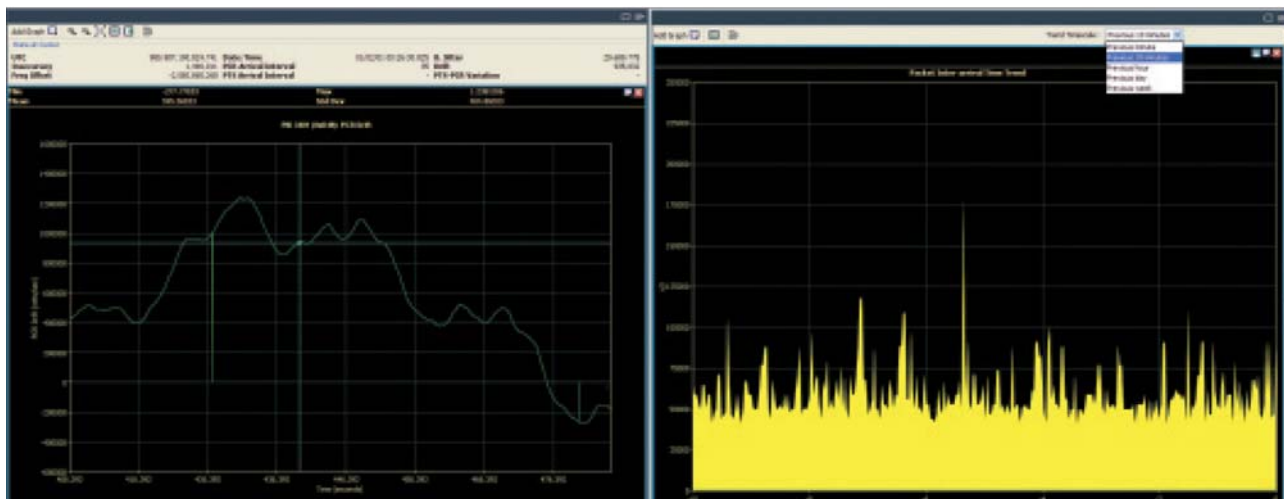


图 9. 跨层测量。

跨层测量 — 案例研究

就完整的 QoS 测量而言，重要的是必须考虑到被传输内容的所有方面，无论该内容是被传送流所携带，还是以射频方式传输或者是通过 IP 网络传输。能够对内容的所有层次进行监视和测量应当是全面的监测策略所能够实现的。

现在我们通过一个例子来说明跨层测量的作用。当某个用户报告在他们的 IPTV 系统中，机顶盒出现了间断性故障。进一步的分析表明，只是某一种型号的机顶盒才出现这样的故障。通过深入的检查和研究，发现出现这种故障的原因是由两方面的因素所造成的。首先是由于复用器长期的超负荷工作使得 27MHz PCR 时钟漂移过大(通过 PCR_DR 测量可以了解)，另外，与此同时，在该网络的边缘处，有明显的包延迟发生(通过包到达时间间隔即 PIT 测量可以了解)，这两种因素共同作用的结果，导致机顶盒失锁。

这种类型的机顶盒之所以出现故障，是因为已经发生的 PCR_DR 的迅速变化和突然出现的网络延迟，而网络延迟又进一步加剧了 PCR_DR 更加显著的变化，从而使这些用户的机顶盒出现了故障。机顶盒能够解决单独出现的 PCR_DR 故障或者 PIT 故障，然而当它们同时出现故障时，机顶盒却无法解决。利用带有 PCR 图形结果显示的深入 PCR 分析能够十分准确地对包定时和包抖动进行测量，从而可以确保网络的正常运行。上述测量参见图 9 所示，即跨层测量。

能够在网络中某一监测点上对所有的会话同时进行 IP 层和 MPEG 层测量，对于工程师而言，这是一项非常强大的测量功能，无论他们是否正在维护系统的服务质量还是正在诊断系统中的故障。如果将整个网络系统中的多个监测点连接起来，那么，就可以使运营商和工程技术人员全面地了解从内容采集点到接入网以至整个系统中的所有重要信息，从而确保良好的信号质量，并且能够对网络中的问题迅速作出反应并排除系统中的故障。

结语

很明显，通过 IP 网络传输高质量的数字视频是一项富有挑战性的任务。各种 IP 业务例如传输高速数据、VoIP 和视频有着完全不同的带宽和 QoS 需求。传输视频对网络带宽和实时性有着严格的要求，这就需要得到强健的网络管理体系的支持，以及采用适当的监测工具以确保系统能够 24/7 连续正常运行。实践表明，IP 视频不能生存于“尽力而为”的传输环境中——视频包必须按顺序到达且无丢失。

在 IP 环境中采用监测设备是必不可少的，应当在整个网络中正确地配置监测点，并且以 KPI 的形式提供有关系统性能的重要数据。只有这样，运营商和工程技术人员才能有效地管理网络系统，防止信号质量的劣化和故障的发生，以免给终端用户带来不良的观看体验。

泰克公司的 MTM400A 传送流监视器能够通过 RF、IP 和 ASI 接口为 MPEG 传送流的实时传输监视提供完整的解决方案。它将强大的置信度监视功能和深入的诊断测量功能整合在一起，组成为一种单一的整体解决方案。它采用了强大的 FlexVuPlus 用户接口，能够为用户提供有关视频质量和系统诊断信息的简明显示，从而能够在日益复杂的广播电视环境中提供优异的服务质量水准。

参考文献

1. Cisco Systems. 2006. Quality of Service. 可访问：
http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/qos.htm(2007 年 9 月网址)

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) 6235 1210/1230
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
西安市东大街
西安凯悦(阿房宫)饭店345室
邮编: 710001
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©2008, Tektronix。泰克公司保留所有权利。泰克公司的产品受美国 and 国外专利权保护,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。

09/08 EA/WOW

2AC-21920-0

Tektronix®