



视频业务提供商网络中的服务质量(QoS)和体验质量(QoE)的故障查寻问题

应用文章

视频业务提供商通常使用各种不同的网络基础设施来传送电视节目。在大多数这样的网络设施中,包括使用卫星传输作为节目分配(节目采集)源,而用ASI接口或者IP网络贯穿整个网络系统,而后常用RF方式送入到用户家庭或者用户接入设备(节目出口)。当今的数字视频和音频节目均具有相当不错的质量,然而,有时也会偶然出现视音频的质量传输质量问题,一旦出现这些问题,我们常常难于查明引起这些问题的根源。造成这些问题的原因很多,也许是在编码器中过度压缩了某个高速运动的视频场景中的几幅图像;也许是因为不期而至的天气事件(例如狂风、暴雨和大雪等)。在某些情况下,它们对图像的影响就像是在用户家庭中添加了太多的3dB RF分路器。

不管这些问题来自何处,重要的是要能够迅速地发现并记录已出现的音频或视频问题,然后分析判断并查明需要关注哪

些设备(或者网络传输链路)。为了识别和隔离故障,关键是要能够进入整个网络系统中的测试点。无论是什么网络系统,至少应当在节目的采集点即系统源信号的进入点、ASI或IP交换处以及信号的最终出口(即信号在这里已是IP信号或者RF信号)。有了这样的最少三个测试接入点,我们就有可能判断出故障究竟出现在哪里:是在节目采集点,还是在系统设备中或者是在节目出口处。

为了对造成这些可疑故障的信号进行测试,通常使用两种相关联的方法,即服务质量(QoS)和体验质量(QoE)测量。这两种方法在网络故障查寻和分析中都是十分有用的,然而,这两种方法在量化质量问题时使用的却是完全不同的度量参数。在这篇应用文章中,我们将介绍如何使用泰克公司MTS4000 MPEG分析仪来进行这两类不同的测试,并且对它们的各自优缺点进行讨论。

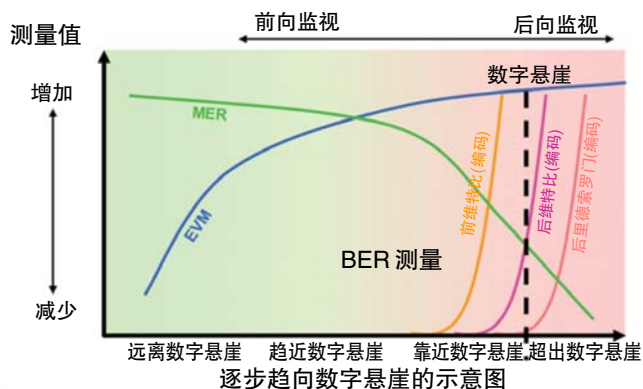


图1. 随着每符号噪声量的加大，MER降低，使传输信号的衰落接近数字悬崖。

什么是服务质量(QoS)?

对QoS的一种简明解释是简单地把它看作是正确比特数与总比特数的比值。这也就是说，它与误码率(BER)相关。测试某一传输链路的最好方法是在业务传输中断时进行，这样可以使使用特定的测试图案。这样的测试图案是可以重复进行的，当出现比特或者字节错误时很容易对错误的严重程度作出量化。然而，如果在测试实况电视节目时，其中只有很少重复的数据可供测试。在监视卫星传输信号时BER的作用是十分重要的，因为它只携带有少量的冗余度。除了BER之外，如果还要进行其它附加的测试，我们还需要关注QoS的MPEG1, 2和RF3, 4, 5, 6/IP标准，因为它们与数字电视相关。其中每一项RF标准均具有自身的调制条件和调制特性。在ETSI TR 101 290标准文档中，列出了各种调制类型，并对调制误码比(MER)以及许多其它RF和传输测量定义了测试算法。

在我们从事这些较为复杂的测量项目之前，我们一致认为应当从一项基本测量项目但却是特别重要的一项RF测试——即信号功率开始。在设计电视接收机时它应当有一个适当的信号功率接收量。接收的信号功率太大或者太小，都有可能导导致接收机的失效。其次，要使接收机正常工作，对噪声的大小也应当有适当的要求。为进行这两项测量，我们引入了信噪比(SNR)。信噪比愈高，接收机愈容易接收，以便用来恢复传输的比特数据或者符号。如果信噪比太低，在接收的比特数据中，有可能出现较多的错误比特。对于数字电视传输测量，我们常用MER而不是SNR。只要接收机具有较高的MER，从理论上来说，QoS也是很好的。然而，当接收机接收信号的强度靠近信号可接收的边缘，或者说接收功率较低而接收噪声较高，这时接收的信号可能会受到损坏，问题就出现了。在这种情况下，我们通常将这样的边缘地带称为“数字悬崖”区域。如果靠近这个区域，某些符号会出现接收错

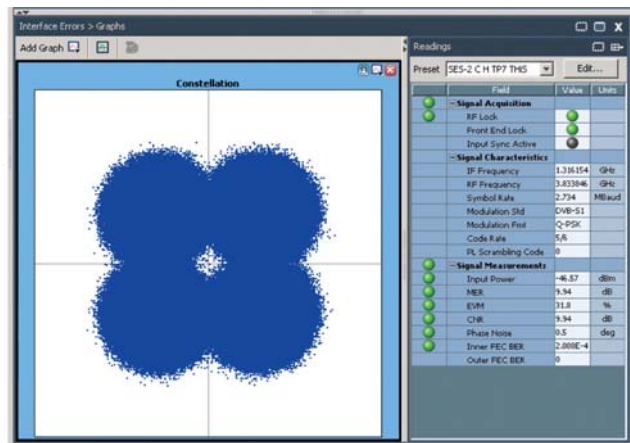


图2. 尽管在这个DVB-S QPSK信号事件中包含有大量的噪声(MER不良)，而且某些符号落在错误的象限内，然而FEC和R/S仍然能够有效地校正所有的误码(QEF)。

误。从图1可以看出，随着BER测量值接近数字悬崖，MER逐渐减小。当MER降低到足够小以至跨过数字悬崖时，则电视图像和声音由好变坏。因此，位居首位的两项重要RF QoS测量指标是信号电平和MER。

如果以RF方式传输发送的数字电视处于相对不利的环境下，最好增加一定的信号冗余度，以克服信号的衰落或者避免良好符号的损坏。有些数字射频调制方法按照不同的气候条件或者不同的干扰状态来改变信号冗余的程度。描述这种冗余的常用术语可以称为前向误码校正(FEC，或者内码FEC)。数字电视的一个附加编码层称为里德/索罗门编码(R/S，或者外码FEC)。而内码编码是维特比卷积编码。外码编码与内码编码相结合通常称为“级联”FEC编码。对于DVB广播(包括数字电视卫星广播、有线数字电视和地面数字电视)而言，在每个传输数据包的188个字节中，利用R/S编码可以校正多达8个错误字节。在ATSC6地面数字电视和SCTE⁸有线数字电视中使用的R/S编码略有不同，但是可以用于更差的传输环境，传输距离比卫星信号更短些(对于ATSC 8VSB数字电视，在每187个字节的传输包中可以校正10个字节，而SCTE数字有线电视是在每122个字节中可以校正3个字节)。对于大多数RF传输，如果可以接收100%的数字传输称为“有效无误码，effectively error-free”，或者只要RF误码率(内码FEC)优于 5×10^{-3} (即每1000个比特中有995个是正确比特)可以称为“准无误码，quasi-error-free”(QEF)。R/S编码关注的是零接收错误的其它比特。在这种情况下，可以将这种解调信号的QoS看成是完美的，因为发送端发送的所有100%比特数据均能够正确无误地被接收端接收。图2显示出BER优于 5×10^{-3} 的信号，这种接收传输状况可以认为是准无误码传输。

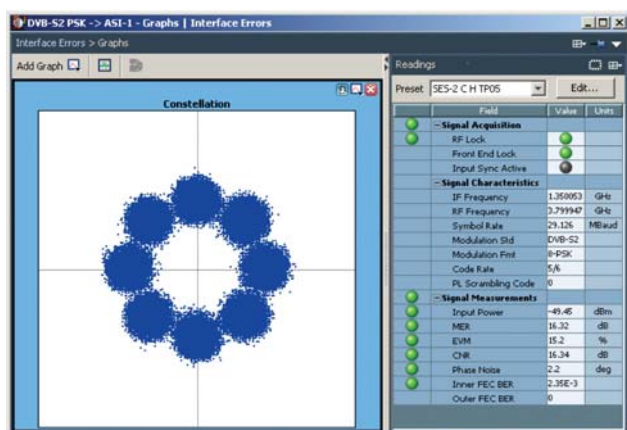


图3. 含有大量噪声的 DVB-S2 8PSK 信号，但是经过足够的前向误码校正后，可以获得准无误码的传送流。

目前大多数的视频卫星传输使用 QPSK (即 DVB-S, DigiCipher II, DSNG 等调制方式)来实现点到点或者点到多点的数据流传输。近年来技术得到进一步的改善,例如在使用与 QPSK 信号相同的频谱时,可以使 DVB-S24 的 8PSK 允许有更多的带宽。图3给出的是一个 DVB-S2 信号传输的例子,该信号传送的是带宽为 70Mbps、含有 31 套 H.264² SD 编码的节目。与 QPSK 例子一样,尽管每 8 个单独的符号存在明显的噪声,然而通过足够的 FEC 和 R/S 编码校正,可以为这些错位的符号提供有效的校正(QEF)。

类似的数字调制方案还可以用在系统出口处以通过电缆发送传送流。在图4显示的星座图中,采用 256 QAM 调制方案的信号符号均处于正确的位置。

能够连续地测量 BER 固然是一件好事情,然而如果误码比超出 5×10^{-3} 时,以及在一个传输包中有一个或者多个误码时(ISO/IEC 13818-1- MPEG-2),您想了解此时的视频和音频有什么问题几乎是不可能的。当然,也许根本就没有什么问题,但如果误码比太高($>5 \times 10^{-3}$),那么这些错误会登陆在许多音频和视频帧中。出现这种级别的错误,可以认为所有的观众均会觉察出故障的存在。而且更为困难的是,在监视数字网络时如何去确定问题的严重程度和误码出现的次数。

在监视 ASI⁹或者基于以太网¹⁰传输的视频时,FEC 通常不进行校正,因为这种交付不会发生在一种不利的环境中。因此,假定 BER 总是 0.0。如果问题处于这种情况,当然是十分理

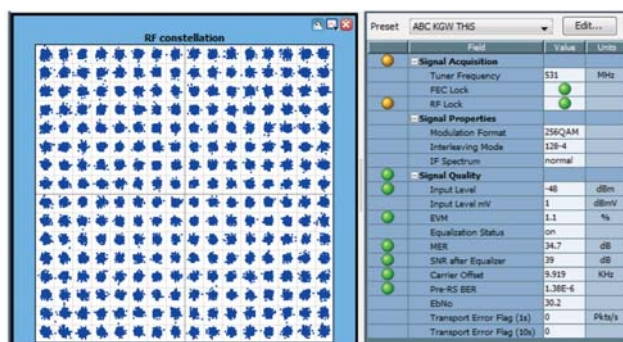


图4. 256 QAM 调制方式的有线电视信号。

想的,然而基于 IP 交换的复杂性,偶然的失效或者网络的过载是必然发生的,这会引起 IP 包的丢失。加之更为不利的情况是,出于视音频网络传输的低时延要求,通常采用 UDP (只管发送,而不管数据是否到达)协议传输,它不同于 TCP/IP 协议。在 TCP/IP 协议中,每个 IP 包均要经过握手信号交换的方式。在基于 IP 协议传送的视频中,通常是在每个 IP 包中放置 7 个 13818-1 传送流包,这样,如果偶然丢失了一个单独的 IP 包,就相当于丢失了 7 个传送流包。如果基于 IP 传送的视频采用 RTP 协议传输,那么按照该协议,通过 IP 包头中的附加计数器就可以获知何时丢失了 IP 包。不过,由于大多数基于 IP 传输的视频使用的是 UDP 协议,我们就必须使用另外一种方法来了解某个 IP 包是什么时候丢失的。其实,在 MPEG-2 传送流包中,每套 TV 节目中均含有为每个音频和视频元素提供的独立的 4 比特计数器,这样就可以确定何时出现了包丢失错误。计算出已丢失的包数与发送总包数的比值是可能的。然而这样作意义并不太大,因为丢失的每个包不一定均会导致音频或者视频质量的劣化。确定并指示某个或者偶然丢失的传送流包是一件很糟糕的事情,因为一旦这样的事件发生,故障查寻机制通常会立即开始启动。而视音频质量劣化的程度却取决于每个视频帧中发生错误的位置。

除了 RF 和 BER 测试之外,TR 101 290 标准文件还为广播电视运营商提供了一组传送流测量的推荐方法(参见该标准的第 5 部分)。

- 优先级 1 类错误:表示接收机不能锁定信号。
- 优先级 2 类错误:表示接收的视频和音频质量可能受到损伤。
- 优先级 3 类错误:表示故障存在于电子节目指南中。

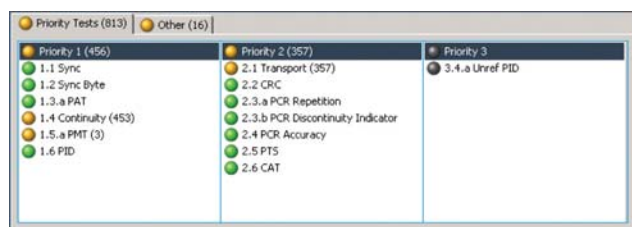


图 5. 由 TR 101 290 列表视图可以看出，有几个 TS 包受到损坏，并且丢失了几个 TS 包。

选择这组参数的目的，是为了迅速确定实际电视信号中的 QoS 状况。观察 TR 101 290 列表视图的故障查寻点和故障诊断点，可以发现，绝大多数关键性的测试是同步字节错误、连续性计数错误以及传输错误指示标志。在以上三类优先级错误中出现的任何错误，通常说明在传送流的传输过程中，也可能是在传送流的创建或者复用过程中出现了较为严重的故障。TR 101 290 测试对于迅速获取传送流的工作状况是否正常以及了解传送流中是否包含错误的音频和视频元素而言，它是一种十分有效的方式。但是某些其它的测试却常常会引起误解。最重要的测试是 MPEG-2 节目相关表和节目映射表(PAT 和 PMT)的时序测试。如果传送流中没有这两个表，那么正常的数字电视接收机或者机顶盒是无法解码电视节目的。图 5 给出了利用 MTS 4000 MPEG 分析仪按照 TR 101 290 规范进行测试的例子，它执行的测试项目是优先级 1 类和 2 类测试。视图中绿色 LED 用来指示理想的无错纪录，而淡黄色的 LED 及其指示个数表明在过去一段时间内出现了一系列的质量损伤状况。图 5 中的 2.1 项即传输错误表示 RF 解调器无法恢复某个传输包(357 次)，说明在这 357 个传输包中，其中每个传输包发生过一或多个比特错误。图 5 中的 1.4 项即连续性计数错误(453 次)表明流传输过程中曾经丢失了 453 个传输包，也可能是在 2.1 项即传输错误期间计数器不能正确计数。发生这类错误以及错误数量的多少通常会引起视频和音频的失真或者视音频质量的损伤。

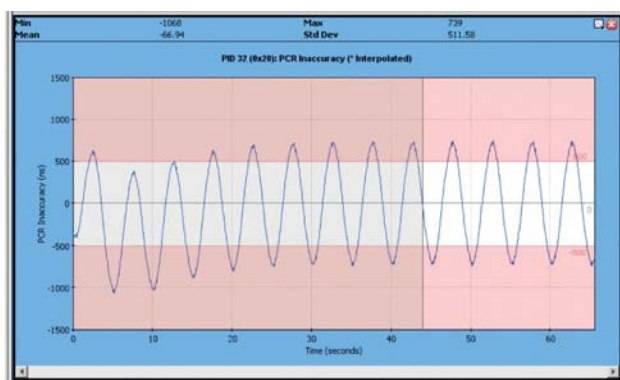


图 6. TR 101 290 PCR 不准确度测试。

实际上 PAT 和 PMT 是必须测量的(属于优先级 1 类)，要求最小的到达时间间隔是符合要求的，然而，如果这两个表的到达时间仅延迟 1 毫秒，那么在 TR 101 290 的测试视图中这两项的指示灯将由绿色转为红色。可以认为这样的错误是重大错误，但即便是 PAT 和 PMT 出现附加的毫秒级延迟也不会引起电视机、机顶盒或者电视观众的察觉。基于这一理由，必须对 TR 101 290 的测试结果作出一些解释。仅仅依赖 TR 101 290 测试可能使您陷入烦恼。对于许多网络运营商而言，考虑到有一些时间偏差，通常的实践是允许提高到达时间间隔的门限值。保持较短的间隔时间可以使终端用户能够在较短时间内能够迅速地切换频道，然而当某个传输流或某一节目在其部分电子节目指南中有所延迟时，TR 101 290 也许会错误地标记为问题。在 TR 101 290 优先级 2 类的许多节目时钟参考(PCR)测量项目中，也有相同的情形。实际上，对于每台电视机或者机顶盒而言，较小的时间间隔百分比偏差并没有什么差别，不过这种时间偏差却会使 TR 101 290 的指示由绿色转为红色。由图 6 可以看出，一些时间点上的 PCR 精度超出了规定范围的几个纳秒(偏离在白带区域之外)。

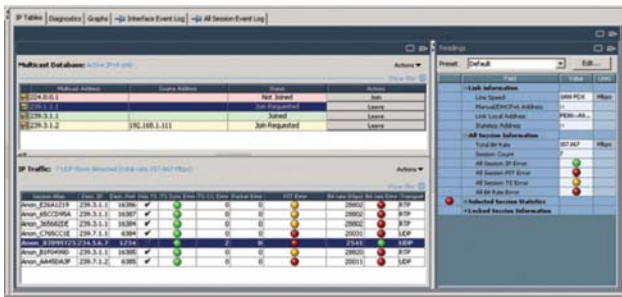


图 7. MTS4000 对 IP 包间隔、包丢失和包速率等进行跟踪测量。

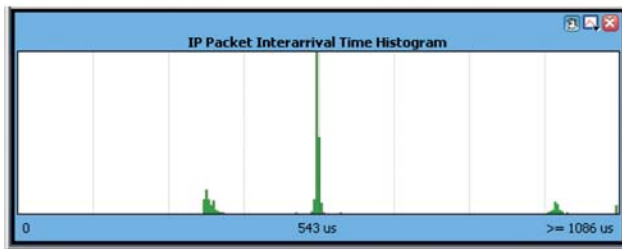


图 8. 被选择 IP 流的高分辨率直方图显示。

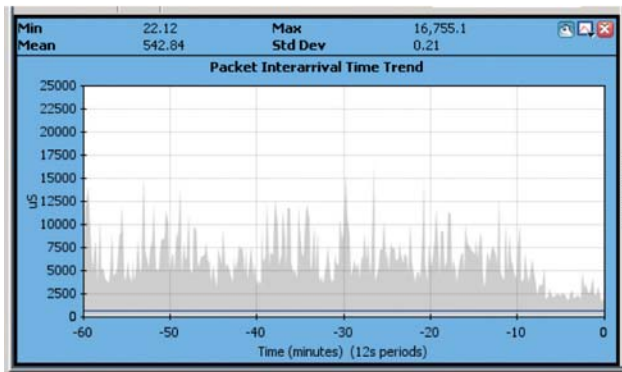


图 9. 长达 7 天的抖动走势分析图示。

假定现在大多数系统设施均基于 IP 协议以传输 MPEG 流，那么，如何诊断 IP 网络中的传输问题将显得愈为必要。当然，所有的 TR 101 290 相同测试也可用于基于 IP 的传输测量，然而，这种测试对于 IP 包之间的延迟问题却赋予了过高的关注度。对于那些使用 IP 作为节目输入的 RF 调制器来说，为了使缓存器不致造成上溢或者下溢，则要求数据包有连续一致的到达时间。因此，测量任意两个 IP 包之间的时间间隔才是关键。图 7 给出了 MTS4000 的测量图示，它测量的是几个 MPEG 传输包之间的时间间隔，所有这些传输包均是通过一条 GigE 链路并行传送的。

为了清晰地描绘出 IP 信号的抖动测量状况，采用高分辨率的直方图曲线显示是十分有用的。从图 8 可以看出，包之间的平均间隔大约为 543 μ s，同时在 300 μ s 和 900 μ s 处各有一个小的聚合组。

随着时间的延伸，对抖动或者包间隔进行跟踪测量也是非常有用的，这样可以在长达 7 天的时间周期内发现包间隔的最大值。图 9 给出了这样的例子，可以看出，包平均间隔同样是 543 μ s(暗蓝线)，然而却在两个 IP 包之间出现了十分罕见的长达 16.7 ms 的间隔(灰色包络)。

为了测量 MPEG-2 传输的 QoS，进行 TR 101 290 测量就可以满足要求。但要确定音频和视频的体验质量(QoE)，则需要进行更多的处理，而不是只是简单地察看 MPEG 传输包头和包间隔就可以实现的。

假定压缩电视是非线性的，如果误码比特落入在 MPEG 视频 I 帧的中心部位，那么情况要比误码比特落入在 B 帧的四角更为糟糕。之所以是这样，是因为它不是线性的，因为 I 帧中的一个误码可能会影响到整个图像组(时长大约为 500 ms)的质量而驻留在电视机的屏面上。而如果损坏的是 B 帧图像，它仅仅作为一帧图像(例如，仅为一秒的 30 分之一或者为一秒的 25 分之一)而停留在电视机屏幕上。这样对整个图像质量的损伤也相对较小。也就是说，一个错误的比特可能会引起一个完整的像条块或者一整行像素转为绿色，当然。这个错误的比特也许只造成某一个像素改变颜色。因此，与电信行业通常采用的 BER 测量不同，在数字电视中，我们需要测量 BER，但是也要对每一音频元素和视频元素的损伤情况进行跟踪测量。



图10. 由卫星分配系统馈送来的信号中有着不太严重的块效应图像。

什么是体验质量(QoE)?

QoE是关系到电视节目中的主要部分有无问题的一个度量参数,这也是我们密切关注的一项重要指标。我们不应将注意力只放在在某个错误的比特上。例如,如果某一单个比特错误影响的只是B帧图像的一个边角,与这个比特错误出现在I帧图像的中心部位相比较,前者对QoE造成的损伤就要小得多。因此,如果I帧中的这个单个比特错误持续发展以至破坏了 16×16 像素块的整个像条,那么这将对QoE产生极其严重的影响。这样说来,能否测量某个比特错误对电视节目的影响程度,关键在于如何准确地了解比特错误发生在什么地方。还有一个问题是,尽管传输可能是正确的而无误码(既没有语法错误也没有语义错误),然而由于节目传输受到网络带宽的限制而不能清晰地再现高速运动场景视频,因此将使观众很不满意。在这种情况下,虽然没有协议错误,然而图像帧或者视频序列却是由较大的 16×16 实心方块所组



图11. 在同一时间帧上经过转码后的内容有着明显较高的块效应现象(绿色曲线)。

成,而不是再现为清晰的图像,观众通常将这种图像方块称为块状视频故障。在图10中,给出的是来自卫星分配系统的、带宽为4.1Mbps的电视节目,可以看出该图像存在低度的块效应。图11显示的是通过有线传输的相同电视节目(调制方式为256QAM),仅经过转码(或者速率成形、箝位处理等)后,带宽速率进一步降低到3.6Mbps。其结果是在相同的周期时间内造成块效应的明显加剧而引起图像失真。在这种情况下,QoE质量明显地降低以至观众能够识别出视频中的块状图像。

如果在一段较长的时间周期内出现相同的视频帧(图像冻结或者黑帧),这时就会产生另一类视频QoE问题。很明显,如果此段时间内画面没有变化而表现为重复的视频帧,在某些点上(例如2分钟)应当向运营商发出告警提示,以说明该冻结帧究竟是出于某种剧情要求(例如为追求艺术效果而出现的全黑场景)而出现,还是因损坏的传输链路或者系统中的某些设备故障所造成。

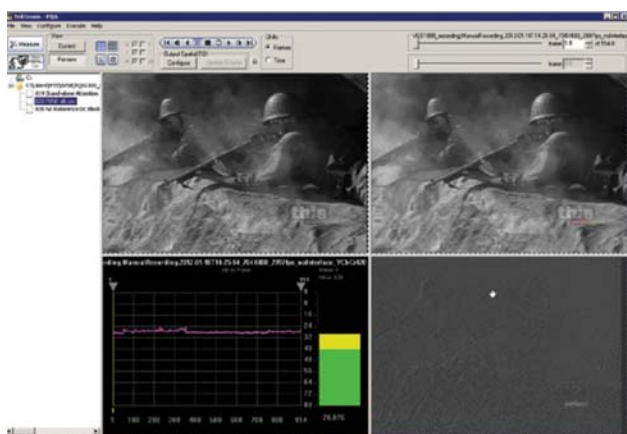


图 12. 利用图像质量分析仪直接对实况节目视频帧的转码前后进行比较。

采用泰克公司的 PQA600 图像质量分析仪, 也可以使用 MTS4000 中的图像质量分析软件选项, 就可以利用视频参考信号对卫星信号和有线信号直接进行比较, 同时给出客观的图像质量计分。在这种情况下, 将卫星信号流和有线视频信号流记录下来, 然后用图像质量分析仪将它们转换为 YUV 信号, 再进行空间域和时间域对准, 最后测量出这两个视频片段之间的差异。此时可以提供基本峰值信噪比 (PSNR) 测量结果, 不过图像质量分析仪还可以进行许多更为重要的测试, 例如图像质量计分 (Picture Quality Rating)、提示模型 (Attention model) 等。图 12 给出的是利用图像质量分析仪对卫星和有线这两个视频短片之间的每一帧图像进行逐帧 PSNR 的测量结果。

图像质量分析仪是采用多种方式直接以人眼的视觉模型为参考。IRT study11 (Institut fuer Rundfunktechnik, 位于德国慕尼黑的机构) 表示, 与 ITU-R BT.500-1112 测试方法所得到的人眼观察计分结果相比较, 图像质量分析仪即 PQR 的测量结果有着非常高的相关度。

音频是 QoE 测量的另一项元素, 因为它的音量响度时不时地改变 (例如响度加大) 会达到人们无法忍受的程度, 也许经过一段较长时间后音量又会降低。为了准确地跟踪这些问题, 可以按照 ITU-R BS.1770/177113 标准的定义进行瞬时峰值响度测量, 也可以按照 ATSC14、ITU 和 EBU15 规范进行短时间和长时间滤除。这些测量算法允许测试设备在一段较长时间内跟踪音频, 且当音量偏差超出规定电平时激活触发告警。跟踪这种音量偏差的一个方法是将对白归一化电平作为正常对白电平的参考值。经过平均或者过滤后的音频电平允许在已设置的电平值上提升或者降低几个 dB。许多政府部门现在已经按照这种要求对音频电平超出规定容限的广



图 13. 利用消音装置, 使来自卫星的采集节目的音频响度比对白归一化电平降低 2dB。



图 14. 有线电视的音频响度高于对白归一化电平 2 dB, 这通过卫星馈送节目时音频响度提高到 4 dB。

播电视运营商进行管理。有了这样的管理措施, 这样, 电视观众在观看节目时, 每当由一个频道转换到另一个频道时就无需再对音频电平进行调整。同样地, 在正常节目与商业广告或者插入广告之间也无需对音频电平进行调整。商业广告的响度应当保持在协议限定的电平范围内。现以一个例子来说明音频电平的改变。图 13 表示卫星分配系统的信号处于某一音频电平 (-29 LKFS), 而采用该信号源即与该卫星运营商合作的有线电视的信号 (图 14) 却处于另一不同的音频电平 (-25 LKFS)。这两个信号均使用 -27 LKFS 作为对白归一化 (DialNorm) 的参考电平。



图 15. 如果信号传输过程中 RF 或者 IP 包有明显的丢失，将会造成图像块效应和像条错误。

QoS 和 QoE 是怎样相关的？

QoS 和 QoE 这二者是相互关联的，然而它们的关系却并不是对等的，原因是：

- 1) 良好的 QoE 通常意味着 QoS 也很好。
- 2) 然而良好的 QoS 并不总是意味着您就一定有着良好的 QoE。例如，编码器带宽不足或者压缩过度。
- 3) 不良的 QoS，或者至少是经常出现的 QoS 问题，常常会导致 QoE 的变差。足够多的错误比特随机地分配进入到所有的视频和音频元素中，这样不可避免地会出现视频和音频的质量问题。
- 4) 不良的 QoE 并不总是与不良的 QoS 相关，但在这种情况下，对 QoS 的性能究竟如何进行验证却是始终值得进行的。不良的 QoE 可能来自商业广告的不正确插入，以及由其它任何设备所引起(与 TR 101 290 无关)。不良的 QoE 也可能来自过度的压缩(尽管这种压缩是合法的)。不良的 QoE 还可能来自丢失的 IP 包、受损的 RF 包，或者其它传输问题。

因此，通常需要对 QoE 和 QoS 都进行测量，以便迅速地找出引起系统故障的根源，而后再来校正这些问题。

在处理 QoS 故障时还会有这样一个问题，即 QoS 故障可能隐藏较深，特别是当某个节目由一个网络系统转入另一网络系统时(例如丢失的视频包)。一旦该节目经解码成为基带信号，而后再对该信号进行处理和再编码，那么原先的 QoS 问题将不复存在。经过第二次编码后，尽管当前的传输和视频协议均无错误，然而实际上，原先存在的问题将大面积地展现在视频帧的中心屏幕上。发生这种状况，唯一能作的事情是捕捉已出现的失真，并对视频和音频内容解码，以观察有无异常情况出现。这样的问题通常发生在体育运动事件中，

例如信号经过远程传输链路后造成图像帧的瞬间丢失。视频信号被中断，然而接收机凭借传输错误指示标志(TR 101 290 优先级 2.1 项，也即每个传送流包中的 #9 比特)仍然能够捕捉这种 QoS 问题。尽管如此，如果已解码的视频以及带有块效应或者受损的视频通过网络传输后，接着又再次编码为节目，此时节目通常仍具有完美的 QoS，且经过解码和二次编码处理之后，而且它的压缩视频语法也是正确的。不过，这种视频看起来可能仍然是垃圾信息(参见图 15)，但从 QoS 和视频语法的角度来看，这样的视频还是没有错误的。为了找出图像中的失真，我们应当仔细观察已解码的图像内容，确定图像帧中是否含有令人厌烦的失真(例如块效应，像条错误，冻结帧，等等)。

如果某传输系统有着较高的误码率(BER 值)或者 QoS 不良，那么不可避免地也会给 QoE 造成不良的影响(参见图 15)。在这种情况下，我们不必关心有哪些图像帧的着陆点发生了错误，因为为了对每一帧的着陆点(进行查验)需要足够高的速率。这时的 QoE 计分将是十分糟糕的。在这种情况下，测量 QoS 将是解决这类问题的关键。

如果 QoS 十分良好(没有传输故障)，那么在 QoS 和 QoE 之间仅有很低的相关度。在这种情况下，更重要的是需要关注 QoE。

值得注意的是还有这样一种情况，即 QoS 可能是完美的，然而 QoE 却难于使人接受。这是由于在通常情况下，视频网络是以恒定比特率(CBR)运行。这对于那些包含运动场景不太丰富的正常视频而言，看起来是没有什么问题的，甚至非常良好。然而如果运动场景不时变化，例如从慢速运动目标(例如人物的对话场面)转向高速移动场面(例如体育运动事件，运动场景不断迅速切换，如此等等)。如果这时编码器没有足够的带宽来适应高速事件的编码转换需求，那么编码器只有借助降低图像质量而生成 8×8 的视频块。在最差的情况下，这种生成的 8×8 视频块可能仅含有单一的比特值用以代表视频的亮度和彩色信息。这样的案例对于 QoS 和 QoE 测试是十分重要的。因为终端用户十分在意电视节目的完整性，而且用户几乎无法区别过度压缩的视频质量失真和因信号丢失的质量损伤有什么不同。图 10 和图 11 分别给出了速率为 4.1 和 3.6 Mbps 的两个节目。在这两个节目中，由于带宽受限不能满足高速运动对编码速率的需求，致使图像中存在着严重的块效应。图 15 表现的块效应更加明显，但它却是因完全不同的原因造成的(包丢失)。因此，QoE 测试是非常重要的，但是，测试 QoS 有助于我们判断引起 QoE 不良的原因究竟是因为设备不能正常工作造成的还是因传输链路不良导致的。

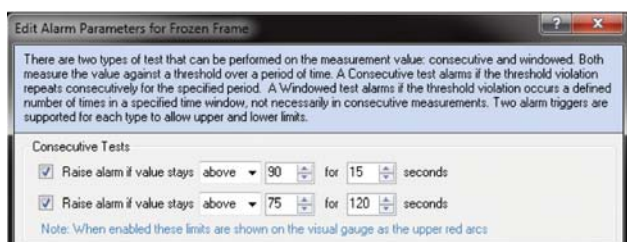


图 16. 可用来检测冻结帧和黑帧视频的双触发电平。

利用 QoS 和 QoE 来识别“真实”的问题

在大多数网络基础设施中，都有一个节目采集接口、一些信号处理设备和出口设施。有线前端使用各种各样的视频设备以捕获节目和进行码流处理，而后最终将信号流发送出去。测试点均采用QPSK/8PSK、8VSB、QAM、IP(GigE或者10G)接口形式，或者采用 ASI 接口。

对实况电视节目的QoE全面监视可以划分为几种不同的音频和视频范畴。

视频 QoE

视频 QoE 包括视频的冻结帧监视、黑帧监视和块效应监视。在冻结帧的情况下，如果出现一长串几乎相同的图像帧则应当激活故障触发，因为在实际电视节目中视频通常都是由运动视频场景组成的。我们知道，在许多情况下可以出现重复多次的图像帧，这也是可以接受的。然而，在某些点上，当出现过多的重复图像帧时，应当向运营商发出提示信息。这样可以对受损的编码器或者复用器以及其它任何硬件设备作出标记。图16提供了VQS1000 QoE软件为冻结帧触发作出的设置，在该项设置中，如果有90%的图像帧冻结时间长度超过15秒，或者有50%的图像帧的冻结时间超过120秒，则应当激活触发事件。对于屏幕上出现长时间的黑帧，也可

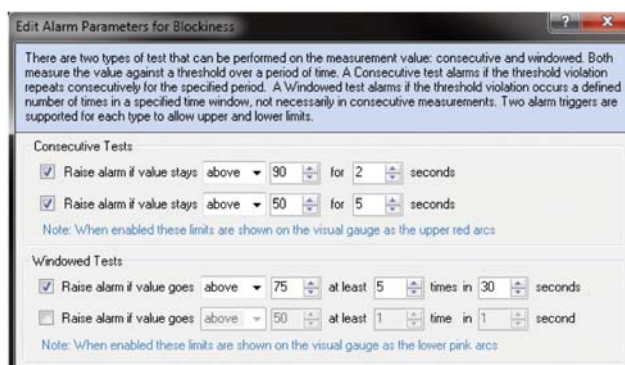


图 17. 用于块效应检测的双触发电平和选通技术。

以作出类似的设置。图像块效应的设置略有不同，因为它往往出现在图像中的某一较小的局部位置，也有可能出现在整个图像帧之上。块效应通常发生在较短的视频场景中，在这样的视频场景中，由于场景中内容目标运动过快，以至编码器不能真实地压缩目标中的所有图像细节。因此，编码器往往会抛弃一部分高频的图像细节而不予编码，但不是完全放弃编码。在这种情况下，应当对监视器进行设置，即当块效应的严重程度超出容许的阈值时，以激活触发一次，此后，可以保持这种块效应的级别阈值以持续一段较长的时间而不再触发。否则，以后每当电视场景出现块状图像时，监视器便会激活多次触发告警，即便是仅由某个单一帧的块状图像所引起。图17给出了VQS1000 QoE软件为块效应设定的触发条件：

- 90% 的图像区域出现块状且超过 2 秒，或者
- 50% 的图像区域出现块状且超过 5 秒，或者
- 在 30 秒内至少有 5 次在 75% 的图像区域中出现块状。

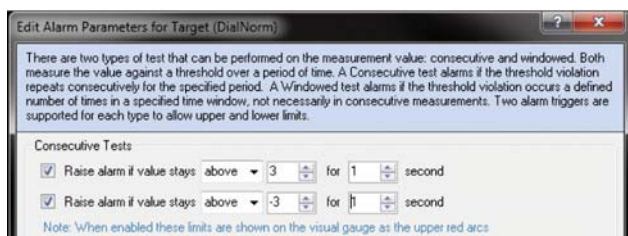


图 18. VQS 目标对白归一化设置。

音频 QoE

音频QoE包括音频的响度电平监视。之所以在今天如此强调音频电平的重要性,是因为必须按照新的规范来测量整个音频响度电平,这一点显得愈来愈重要。如同视频QoE监视一样,当音频电平以及持续时间等出现偏差时应有触发事件发生,以尽量减少可能发生的各种音频故障。在图18中给出了音频响度的容限值,该值要求对白归一化(DialNorm)电平在3 dB以内。

过度压缩的故障查寻

VQS1000 QoE软件能够实时监测多个RF信号和IP信号,无论是在传输层还是在视频层或者音频层均可进行监视。如果发现某个电视节目中出现了较多的块效应图像,MTS4000 MPEG分析仪则可以对该电视节目以及节目采集处的馈送节目进行测量。

当某个电视节目中的QoE出现问题时,MTS4000 MPEG分析仪及其VQS1000 QoE软件能够对音频和视频问题的大小作出量化。经过它们验证之后,如果认为这些音频和视频的质量问题是不可接受的(参见图11),则MTS4000 MPEG分析仪可以对采集的节目源进行测量(如图10所示),而后再对采集的节目源和转码后的节目(有线电视节目)进行测量比较。在这个例子中,只要节目内容本身不包含太多的活动场景,那么有线电视节目可以有着稳定的QoE或不太明显的块效应。然而,一旦视频场景发生迅速的改变,那么块效应现象将急剧劣化。在对转码前后的这两个节目比较的过程中,我们发现,作为采集源的节目内容的块效应并不明显,而当场景迅速改变时也只有轻微的变化。我们注意到,进入系统设施的源节目内容的速率是4.1 Mbps,而有线电视节目的离开速率却仅有3.6 Mbps。因此,可以认为,对该节目的解码和再编码是造成有线电视节目块效应明显的原因,在这种解码和再编码的过程中,没有为保持原始图像的质量提供足够充裕的带宽。

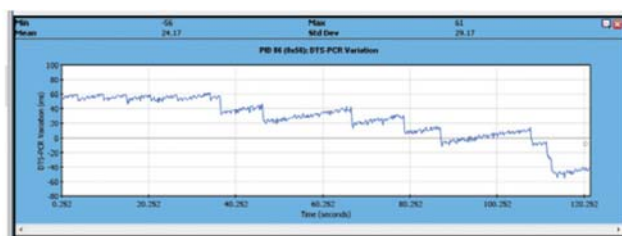


图19. 地面数字电视编码器产生负值的DTS-PCR增量(delta)值(这应当是不可能的)。

故障查寻的互操作性

当电视机和机顶盒不能执行指定的程序时,MTS4000还可以用来识别一些非符合性问题。在本地电视广播的情况下,有一些观众常会抱怨听不到SAP频道的音频信号(此时的音频声类似于汽艇声)。而另一些观众则认为SAP频道并没有问题。这种现象可以看作是互操作性问题,我们可以将MTS4000 MPEG分析仪调谐到当地的无线频道以进行TR 101 290测试。经过TR 101 290测试,以及其它每一项测试,发现均没有声音而仅有一个例外。MTS4000 MPEG分析仪可以对照当前的PCR值,描绘出音频或者视频解码时间标记(DTS)到达时的数值图示。这种时间延迟始终为一个正值(表示缓存器的延迟时间),且按照定义,它应当在零值和一秒之间。新增加的SAP音频有着它自己的DTS-PCR增量,高于或低于零值,按照定义,低于零值是不允许发生的。图19显示出当地广播电视运营商的SAP音频延迟问题。

同样的,地面电视广播也可以发送到当地的有线运营商以再次重新分配。

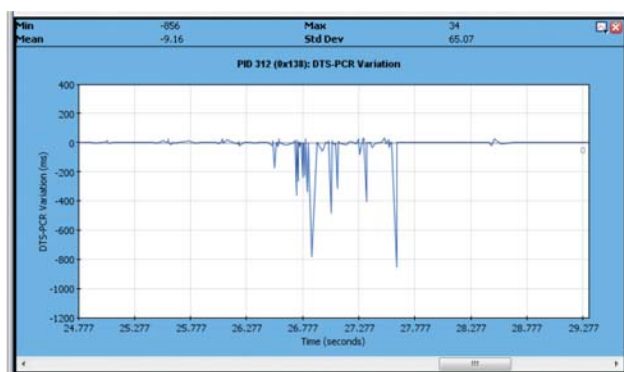


图 20. 有线数字电视前端编码器产生负值的 DTS-PCR 增量(delta)值(这应当是不可能的)。

另外还有一个类似的音频例子。位于有线电视前端的音频缓存器的时间延迟量是负值，然而，这对于受支持的机顶盒来说，则是不可能的。如果用 MTS4000 MPEG 分析仪再次测量，其结果仍然显示该值低于零值。图 20 表示了相同的音频故障，不过它发生在不同的设施中。

在以上两种情况下，均应当对编码器重新配置，并且修复其中的问题。

MTS4000 MPEG 分析仪及其独特的 DTS-PCR 测量功能可以用来迅速查明因编码器最近配置变化所带来的问题。在整个城市的传输系统设施中，这种失效的编码器只占其中一小部分，我们将这种有故障的编码器替换掉就可以了。

利用 CaptureVu 功能查寻传送流故障

要达到保持高体验质量的要求，关键在于尽早发现传送流中引起故障的原因。仅仅是找到故障的位置，而后重新启动机顶盒，希望一切故障就此消除，这种解决问题的方法是远远不够的。MTS4000 具有独特的功能，它能够深入到传输流层或者基本流层，直至继续跟踪发现图像异常的原因，例如可以发现隐蔽字幕流中含有太多的信息，从而导致机顶盒缓存器过溢，因而不时地自动重启。

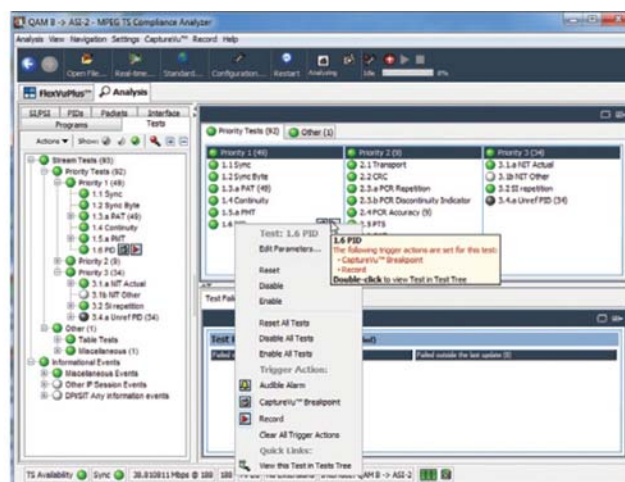


图 21. MTS4000 传送流符合性分析仪：激活触发和捕获丢失的加密的关键包。

当 MTS4000 进行实时分析时，利用该仪器的事件捕获功能可以对捕获事件作深入的分析，这对于查寻故障的根源是十分重要的。尤其是 CaptureVu 中的预触发(pre-triggers)功能是特别有用的，它不仅能够捕获错误，而且还可以提供导致这种错误的相关信息。

查寻故障的最后一个例子是查寻 DVR 的故障，该器件是一家不太正规的大型消费电子制造商的产品，该器件可以将节目调谐到某个切换的数字视频(SDV)频道上。在故障查寻过程中，MTS4000 发现该器件每当从复用器中添加或者移除某项服务时，它会丢失加密码。图 21 显示出 MTS4000 TSCA 的设置屏幕，如果发现 PID 丢失，它可以激活触发特定的测试。通过观看仪器的触发记录文档以及屏面视图和测试报告，经与 DVR 器件制造商联系，它们提供了更新的软件并解决了这一问题，从而为有线运营商节省了昂贵的运输修复费用。

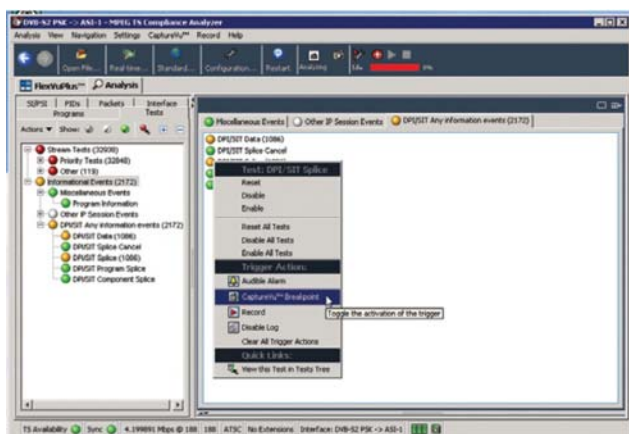


图 22. MTS4000 传送流符合性分析仪激活 SCTE35 DPI 包的 CaptureVu 功能和记录功能。

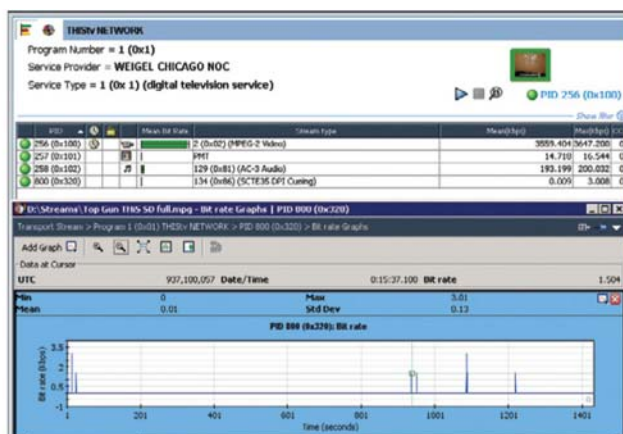


图 23. PID 800 DPI 大约每 15 分钟到达一次。

广告插入的故障查寻

所有的广播电视运营商均将它们节目之间的时间空隙出售给广告公司以获取利益。商业广告必须在非常特定的时间插入，并且通常由 SCTE35 16 数字节目插入(DPI)指令实现定时控制。如果这种广告定时控制指令不是始终存在，那么国家广告可以通过但本地收入会受到影响。MTS4000 MPEG 分析仪可以触发 SCTE35 包，并且在事件(预触发器)前后编程记录在光盘上。图 22 显示出 MTS4000 传送流符合性分析仪基于 SCTE35 包激活 CaptureVu 和记录功能。这种触发/记录功能可以使记录文件尽量地小。

在记录量很大的情况下，MTS4000 也可以记录许多个小时。在图 23 所示的例子中，运行速率为 4 Mbps，MTS4000 可以保持在 11 天以上连续编程。由图 23 可以看出，大约每隔 15 分钟，PID 为 800 的 DPI 包就会到达一次，这正是您期待的本地插入广告。

有了这样的 SCTE35 DPI 工具，当出现 DPI 包丢失时，无论是查寻故障还是最终解决问题，都变得相对简单了。

结语

无论是在电视广播系统中还是在有线电视传输系统中,要查寻系统中视频信号的故障,都需要使用 MPEG 分析仪。MPEG分析仪能够以并行的方式允许多个输入信号流同时运行。为了查找被测系统中的故障,设置测试点是必要的,至少应当在节目采集点、ASI/IP 交换点和系统出口处设置测试点。在系统出口处和节目采集点进行 QoE 测量是十分重要的,不过,当系统中出现音频和视频故障时,在系统的多个点进行 QoS 测试也是必需的,这样可以查明视频损伤的原因。MPEG 分析仪的一些重要功能包括:

- 传送流发生、修改和分析
 - 实时和延时
 - 包括 MPEG-2、H.264 和 MPEG-4 AAC
 - 复用器
 - 故障自动触发记录和捕获
- 提供各种各样的物理接口
 - 多端口 ASI
 - RF 接口(包括 DVB-S2, 8-VSB 和 QAM-B)
 - 基于 IP 协议的视频分析和发生(1Gbps 和 10Gbps)
- 能够分析所有视频层的全套软件工具
 - 高精度 RF 层分析
 - 传送流、节目流和基本流
 - 视频和音频的体验质量(QoE)
 - 图像质量

如果在一个系统设施中配备了具有以上功能的分析仪,那么您就可以在数几分钟内解决各种问题。假定您用其它方法或仪器来代替,您也许需要数小时或者几天的时间才能解决。

参考文献

1. ISO/IEC 13818 MPEG-2 系统, 视频和音频
2. ISO/IEC 144961-10 MPEG-4 第 10 部分, 视频, 也称为 H.264 标准
3. EN 300 421 DVB-S QPSK 卫星
4. EN 302 307 DVB-S2 第二代卫星
5. ITU-T J.83B QAM-B, 也称为 SCTE 07 标准
6. ATSC A/53 数字电视标准
7. ETSI TR 101 290 DVB 测量指导规范
8. SCTE 07 有线电视的数字传输
9. EN 50083-9 DVB-PI ASI 和并行接口
10. RFC 0791 因特网协议
11. IRT / Tektronix 关于 MPEG-2 视频的主观和客观图像质量评分的比较报告
12. ITU-R_BT.500-11 电视图像质量的主观评测方法
13. ITU-R BS.1770/1771 测量音频节目响度和峰值音频电平的算法
14. ATSC A/85 建立和保持数字电视音频响度的技术
15. 欧广联 R128 关于音频信号响度规范化和允许最大电平的规定
16. SCTE35 有线电视中数字节目插入的提示信息

视频业务提供商网络中的服务质量(QoS)和体验质量(QoE)的故障查寻问题

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
成都市锦江区三色路38号
博瑞创意成都B座1604
邮编: 610063
电话: (86 28) 6530 4900
传真: (86 28) 8527 0053

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
武汉市解放大道686号
世贸广场1806室
邮编: 430022
电话: (86 27) 8781 2760/2831

泰克香港办事处
香港九龙尖沙咀弥敦道132号
美丽华大厦808-809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©2012, 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。

04/12 EA/FCA-POD

2AC-27985-0

Tektronix®