



视频和音频体验质量(QoE)的测量

应用文章

现在，广播数字电视的节目来源是多种多样的，这些节目通过各式各样的设备和器件最终送达给观众。我们可以假设，在某些情况下节目的源素材是没有缺陷的，然而实际情况却不总是这样。即便这些源素材本身没有音频和视频缺陷以及传输损伤，但当它们经过各种各样的传输设备后，通常会使音频和视频造成这样或那样的缺陷。不管什么时候，只要出现了这种质量劣化，就会给用户观看节目的体验质量带来影

响。有时候这种质量的劣化由内容本身的性质所引起，通常表现为随机性；但有时候又始终表现为不良的QoE。总之，存在着太多的各种各样的因素，会造成节目内容质量的下降。

我们的目标是，在网络中的各个测试点客观地评测节目的质量，了解并查明在什么时候以及什么地方节目的传输质量受到了影响。

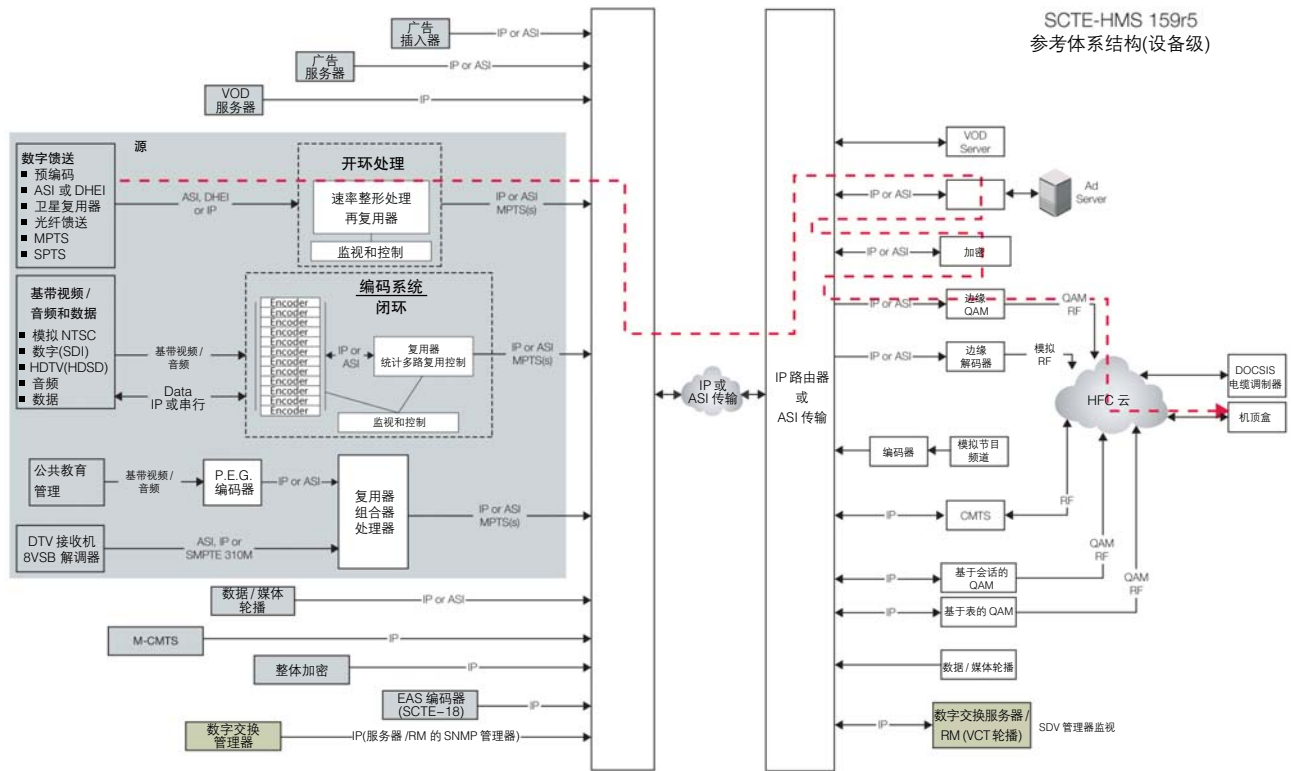


图 1. 典型的有线电视的体系结构(据 SCTE 168-6)，包括节目采集、再复用、传输、广告插入、加密和调制等。

技术背景

音频响度

各个电视频道之间以及各个节目和广告之间的音频电平应当是一致的，或者说，它们之间的音频电平至少应是相差不大的。然而实际上并非如此，我们都有这样的收看体验，它们之间的电平差异是如此之大，以至我们需要经常地拿着遥控器来调整音量使之符合要求。正因为音频电平的差异太大，所以世界各国的一些政府已经着手立法要求音量电平恢复到正常状态。为了客观而又准确地测量整个时段的音频电平(响度)，必须要有可作为参考的标准。目前已有以下两个标准正在使用：

1. ATSC A/855建议实践
2. ITU 推荐标准 17706 和 17717

以上这两个新发布的推荐标准适用于DTV音频，我们现在已有了按照上述标准以客观地和准确地测量音频响度的方法。

视频的主观评测

使用观看人员对图像质量进行主观计分是评测视频质量的一种方法。这种评测方法尽管很好，但却要耗费大量时间，而且在各个观看员之间很难取得一致的评测结果。各个观看员的评分之所以存在差异，是因为有太多的因素影响着他们的评分，例如机顶盒(STB)的类型、机顶盒的固件版本、电视机附近的光照环境、音频处理方式以及显示器的类型(等离子体显示器件或LCD显示器件)，更不要说节目内容和观看员的情绪给计分带来的影响了。对于节目质量的评分，每位观看员有着他或她自己预想的计分标准。观看员长时间地去评测节目的质量，不仅会使人感到疲倦，而且也难以对每帧图像的整个画面区域给予足够的关注。大多数人倾向于只注重自己感兴趣的对象，多位观看人员在观看同一节目素材时，对同样的内容很难取得一致的准确计分。正是因为存在着这些差异，要求他们在网络中的不同节点对节目素材给出一致的评价也是不可能的。因此，对节目素材给出客观评价的最好方法是使用一种设备，该设备应能实时观看每一帧图像，并在整个网络中重复多次使用，沿着图 11 给出的视频传输路径，从节目源的采集点直至终端机顶盒，包括所涉及到的所有设备或器件，也不论视频流是否发生了变化。

双端文件模式

视频质量的一种客观评测方法是使用客观的图像质量分析仪 2, 这种方法的优点是用一种视频参考文件与接收到的内容进行比较, 以检测二者之间的图像质量是否出现了什么变化。这一评测过程是可以多次重复的, 也是客观的评测。然而, 这种评测方法目前却不能在实际传送流中实时运行。

客观的和实时的评测

另外还有一种最新的方法, 即将一种解码器嵌入到单个设备中, 这是一种单端的、可实时运行的并且是可重复的、客观的视频质量分析仪。这种解决方案包含有 MPEG-2 和 H.264 解码器, 可运行在一种高速服务器平台上并能够接收基于 IP 的视频信号。采用这种解决方案, 可以识别网络中的各种问题, 并能够监视任一设备的输入和输出视频。

QoE 测量策略

通过机顶盒解码来对视频进行 QoE 评测虽然有它的优点, 但这种方法会十分依赖于所使用的某种特定的机顶盒以及特定的固件版本。为了对整个网络获取可重复的质量计分结果, 对于网络中具有不同型号的各种机顶盒而言, 如果让所有机顶盒使用一样的固件版本, 这几乎是一件不可能的事。还有, 每种机顶盒都具有错误掩蔽功能, 它可能会掩蔽某些质量分析仪正在测量的某些错误。最后, 使用机顶盒的模拟输出来进行 QoE 评测, 也会降低被测视频的质量, 这样就难于进行准确的视频质量测量。因此, 使用加密和调制前的参考解码器能够进行更加准确的测量。

目前的 MTM400A 及其系列产品被广泛地用于 RF 层、IP 层以及传送流层的遥控测量。这对于评测服务质量(QoS)是十分有用的。然而, MTM400A 却不能识别包净荷中的内容, 因此, 它无法给出 QoE 的测量结果。这就为测量设备提出了更高的要求, 它必须能够测量目标节目的 QoE, 以及提供网络中任意两点间的质量劣化信息。

现在, 使用基础 MTM400A 的回传应用 3, 就有可能获取网络中任意点的内容。为了查明网络中任一设备或器件的问题, 可以先使用位于节目采集点的 MTM400A 或者 IPM400A 以确保 QoS 符合要求(无传输错误或无丢包发生), 然后再选择某一节目进行 QoE 监视。这样可以将指定的节目送入 VQS1000 服务器以进行 QoE 计分评测。而后, 随着节目沿着网络的传输, 在经过多个环节处理例如广告插入之后, 将会再次对 QoE 进行查验, 直至最后将节目送达到终端用户。利用这种方法, 可以在整个网络中的多个点上进行特定服务的 QoE 监测。特别是如果内容经过由 MPEG-2 到 H.264 的编码转换, 或者在被测节目中插入广告之后, 进行这种 QoE 测量是十分重要的。

QoE 测量是如何进行的?

前面所介绍的 QoE 解决方案是基于泰克公司 VQS1000 视频质量软件, 对视频元素进行全面的解码, 解码出基带视频帧后以对图像中的冻结帧、黑场和块效应进行检测。利用这种 QoE 解决方案, 不仅能够测量送达到网络终端用户的任一节目的图像质量, 而且还可以用来测量由节目分配源提供的视频质量。如果希望整个网络始终保持高质量的 QoE, 那么, 对采集的节目素材进行 QoE 评测就是十分重要的。

在进行 QoE 评测时, 可能需要设定两种不同的阈值以区分良好的视频质量和不良的视频质量。对于触发事件而言, 了解单个视频帧的质量何时会出现明显的下降固然是重要的, 但允许质量有所下降的视频帧通过网络, 而在一段时间内大量出现劣化帧时触发告警同样也是十分重要的。

为了测量 MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4 标准和杜比数字 (AC-3) 等格式的音频电平, VQS1000 采取的是全音频解码方式, 并且按照 ITU 1770/1771 推荐标准使用 4 倍过取样以真实音频峰值电平来指示音频电平。VQS1000 应用软件在进行音频响度测量时既可以采用 ATSC A/85 标准的对白归一化电平 (Dial Norm level) 的默认设置和 EBU P/LOUD 组的默认设置, 也可以手动设置对白归一化电平和短时段窗口时间 (short duration window time)。

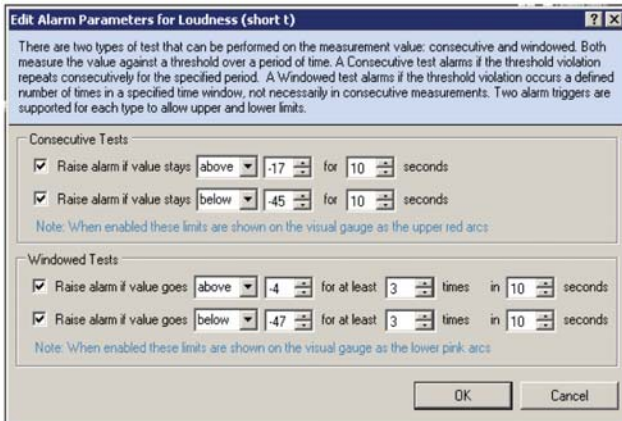


图 2. 编辑告警菜单。

编辑触发器 / 告警状态

图 2 表示的是编辑告警菜单的图示。在告警菜单中可以设置所有视频和音频的测试容限。其中每项测试均提供有两个可选的电平告警设定值和在该电平下的持续时间设定值；另外还有两个电平告警设定值是在该电平下对应于某一时间容限内的事件发生次数的告警设定值。以图 2 为例，当满足下列任一条件时即启动告警状态：

1. 当音频响应容限超出 -17 LKFS，且持续时间至少为 10 秒，或者
2. 当音频响应容限低于 -45 LKFS，且持续时间至少为 10 秒，或者
3. 当音频响应容限超出 -4 LKFS，且该事件在 10 秒内至少发生 3 次，或者
4. 当音频响应容限低于 -47 LKFS，且该事件在 10 秒内至少发生 3 次

只要被监测系统中有某一事件符合上述任一条件，则该事件将被写入音频或视频事件队列，如果系统中连接有 MTM400A，那么将会把 SNMP 陷阱发送到 MTM400A，且有一 64MB 的传送流将被记录在 PC 硬盘上(如果已启动)。还有，当指定的测试被触发时，仪器的测试表(在 VQS 显示器的右上方)将由绿色变为红色。



图 3. 含有大量黑色区域的视频帧。

黑帧触发

VQS1000 检测黑帧和冻结视频帧，可以捕捉到观看人员没有监视的节目中一段长时间的黑帧视频。出于各种各样的原因，黑帧视频在世界各地均会发生。重要的是如何对视频帧中黑色区域的范围和程度以及它的持续时间作出设置，这样，当满足所设置的条件时，就会发出触发事件。

为了检测出黑帧，VQS1000 视频质量软件需要将每一视频帧解码为基带视频，然后对被选择的视频帧中的亮度电平进行测量。记录该测量值并描绘为实时曲线图形，设定触发条件，建立日志记录。将每秒的测量值描绘出一个显示点。例如，对于 29.97 Hz 视频格式，大约每 30 帧视频描绘出一个样值(最大值)。在跟踪黑色幅度(与亮度相反)时，与设定的阈值容限进行比较，同时计入持续时间、对事件计数。当触发条件满足时，使 LED 指示由绿色转为红色。与此同时，触发一个 SNMP 陷阱事件，发送给遥控 MTM 监测点以追加记录，作出报告并传送记录。图 3 显示的是某一节目中包含有大量的黑色区域，该区域在右边窗口中以绿色块表示，不过，黑色范围或程度尚未达到 100%。如果该视频帧全部为暗色，那么右边窗口将全部显示为绿色，这时记录的图形峰值将处于 100%。由于这种情况在实际视频和电影中并不经常发生，因此，重要的是将多长的持续时间设定为触发阈值(例如，可以将触发阈值设置为 15 秒，10 分，等等)。



图 4. 包含某些运动的视频(前景), 同时从历史纪录中可以看出, 曾经有几秒无运动的事件发生。

冻结帧触发

在测量冻结帧时, VQS1000需要对两个连续的视频帧进行比较。这两个连续帧之间的差异在图形中以垂直轴表示, 如果其值为0%, 表示它们完全不同; 如果值为100%, 表示这两个连续帧是相同的。VQS1000是通过测量帧与帧之间运动的数量值来确定是否出现了冻结帧。如果运动停止, 那么冻结帧的数值为100%。在图4中, 背景是静止的, 不过前景却有运动发生。凡检测出含有运动的图像块均以绿色突出显示。可以看出, 在该图中, 在过去的60秒内, 曾经出现过视频运动停止的情形, 因此这时的冻结值达到100%。

如同我们在黑帧中所介绍的那样, 冻结值也被累计并以图形表示, 形成触发事件并载入日志记录。与我们所讨论过的黑帧一样, 冻结帧也会不时出现。因此, 如何为某个节目设定冻结阈值和冻结的大约持续时间尤其重要。

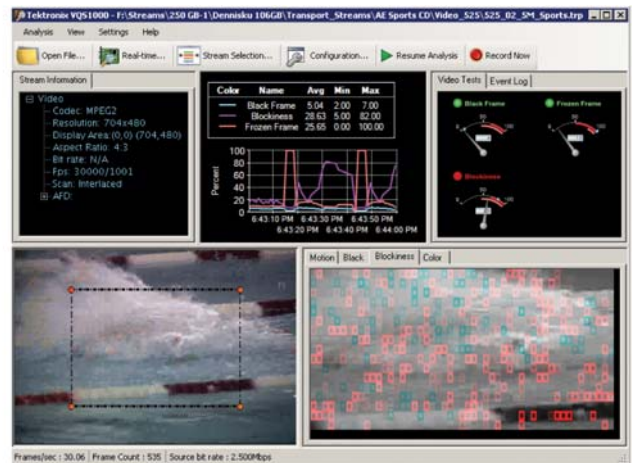


图 5. 过度压缩的视频。

块效应帧的触发

视频编码器的本性是尽量多地去掉视频信号中的冗余信息, 同时又不致于在解码视频中出现块状(块效应)。由于大多数视频的内容是不断变化的, 节目素材内容变化愈大, 编码的难度也相应增加。因此, 对单个视频帧进行测量以观察块效应的程度就是问题的关键。VQS1000对每一视频帧的被选定区域的 8×8 像素块进行测量。VQS1000同时也可以对 4×4 或 16×16 像素块进行测量。块效应测量是对每一解码的视频帧进行块状测量的累计结果。它将每一视频帧的被选定区域划分为几个部分, 而后对这些重叠部分中的图像块进行块效应评测。对于每一相邻块的边缘部分按照亮度幅度的差值进行测量, 并以垂直轴表示亮度幅度差, 如果其值为0%, 表示图像块的边缘过渡十分平滑; 如果其值为100%, 表示这两块完全不同(例如, 可以是因过度压缩所引起, 或者出现像条错误, 等等)。与前面我们介绍过的黑帧和冻结帧窗口不同, 这里绿色块表示重叠部分, 在块效应窗口中, 如果两像素块之间有变化, 则用红色和青色以突出显示。块之间的过渡变化愈显著, 颜色愈明亮。如果背景视频较暗, 以红色表示; 如果背影视频较亮, 用青色表示。图5给出的为一运动事件视频, 它采用了较高的压缩率。其结果是造成大量红色块和青色块的出现, 同时在上方窗口中显示出较高值的块效应图形曲线。

如同我们在黑帧和冻结帧中所讨论的那样, 对每个块效应的样值都可以绘出曲线, 并用来设定触发事件、载入日志和记录状态。

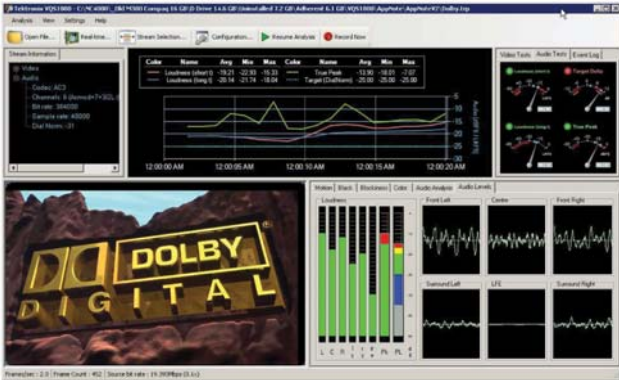


图 6. 解码的视频和伴音为杜比 AC-3 的通道电平图示, 以及音频响应、真实峰值电平和对白归一化电平的图示。

当今的数字音频有着非常宽的动态范围。并非所有的广播电视业主和内容提供商均使用相同的对白归一化电平值(对白的平均电平), 因此, 当由一个频道切换到另一个频道时或者甚至在同一个频道但不同的商业广告之间, 我们可能会感觉到音频的平均电平均存在着很大的差别。为了更好地监测某一时段的音频电平, 在 VQS1000 中, 我们可以设置音频真实峰值电平(True Peak)、短时间响度(Short Term Loudness)和长时间响度(Long Term Loudness)的容限值, 从而为该段时间内的音频电平提供更加客观的测量值。

图6给出了VQS1000对某一节目的音频电平的测量图示, 该节目的短时间响度的容限值设置为 -45 LKFS 至 -17 LKFS 之间。默认的输入音频的对白归一化值设置为 -31 LKFS, 这可由图6中VQS显示器的左上方可以看出。在本例中, 对白归一化值被手动设置在 -25 LKFS, 参见图形菜单中的图例。还有, “Pk” 电平条上方的红色区域大约为 5 dBFS, 此时仪器中的时间寄存器的真实峰值电平指示为 -10 dBFS。这就是说, 在仪器的这个编辑参数中, 将音频电平的超出范围设置在 -15 dBFS 以上的 5dB 内。

再观察“PL”电平条, 在本例中, 它有着几种不同的颜色。其中绿色的中心部分与设置为 -25 LKFS 的目标对白归一化电平相关。当目标增量(Target Delta)的容限设置为 +/- 5dB 时, 绿色电平条的高度为 10dB, 这也就是说, 我们要求短时间的对白归一化电平值保持在 -30 LKFS 与 -20 LKFS 之间。“PL”电平条中绿色部分以下的电平段是蓝色, 它设置为较低的短时间响度值(在本例中是 -45 LKFS)。“PL”电平条绿色以上的电平段是黄色, 它设置为较高的短时间响度值(在本例中是 -17 LKFS)。“PL”条的顶部是红色, 表示当前的短时间响度值在目标增量容限以上。如果您仔细观察短时间响度表, 您将会看到它仍然为绿色。这时尚未触发为红色, 因为我们要求超出该容限值的时间长度至少为连续的10秒。这是本例中的设定条件。

The screenshot shows a log file in a web browser. The log contains a table with columns: Date, Time, Span (s), Black Frame Min, Black Frame Mean, Black Frame Max, Blockiness Min, Blockiness Mean, Blockiness Max, Frozen Frame Min, Frozen Frame Mean, and Frozen Frame Max. The data shows measurements for various times on 6/7/2010.

Date	Time	Span (s)	Black Frame Min	Black Frame Mean	Black Frame Max	Blockiness Min	Blockiness Mean	Blockiness Max	Frozen Frame Min	Frozen Frame Mean	Frozen Frame Max
6-7-2010	8:02 PM	60	2.00	5.45	8.00	3.00	14.29	39.00	0.00	28.26	100.00
6-7-2010	8:03 PM	60	4.00	6.33	8.00	11.00	33.12	73.00	8.00	13.92	20.00
6-7-2010	8:04 PM	60	4.00	5.38	9.00	6.00	22.98	67.00	6.00	12.45	17.00
6-7-2010	8:05 PM	60	6.00	9.32	11.00	5.00	13.47	39.00	10.00	11.33	14.00
6-7-2010	8:06 PM	60	5.00	7.78	12.00	4.00	12.40	43.00	7.00	15.57	31.00
6-7-2010	8:07 PM	60	5.00	6.12	7.00	3.00	12.90	73.00	9.00	17.48	27.00
6-7-2010	8:08 PM	60	6.00	7.00	9.00	20.00	31.25	67.00	8.00	11.07	13.00

图 7. 在日志记录文件中给出了每 60 秒内的检测结果。

应用举例

对预先记录的文件进行 QoE 分析

利用 VQS1000, 可以对预先记录的传送流文件进行 QoE 分析。无论该记录文件是从什么地方获取的, 或者是从哪个设备获取的, 但只要满足以下要求, 就可以对其内容进行 QoE 评测:

- 1) 该文件应当符合 ISO/IEC 13818-1 标准, 传送流包中含有 188 个字节或 204 个字节;
- 2) 该文件包含采用 MPEG-2 或 H.264 编码的单个或多个节目视频元素

可以直接对这样的记录文件进行分析, 只需简单地打开文件并开始测量。无论是在文件模式中还是在实时模式中, 触发条件均被载入事件窗口, 并可以导出为文件。此外, 还可以记录图形结果(参看图7)。测量设备将每分钟的黑帧、冻结帧和块效应的测量最小值、平均值和最大值记录到硬盘中。图4显示的是某一特定时间段的测试图形。如果在视频帧中出现较大的logo即标志图符, 这时背景没有运动(即冻结状态), 则红色图形达到100%。紫色图形的上升或下落取决于该视频中是否存在块效应。例如对于游泳事件, 开始几帧仅有很少的运动场景, 这时编码器很容易处理, 接着几帧出现了大量的动作, 从而导致编码器过度压缩使图像出现块状。

对于很长的记录文件, 或者在一较长时间段内发生的实时事件, 将测量过程详细地录入硬盘是十分有利的。图7显示的是一个日志记录文件, 它给出了一分钟内所有测量结果的统计数据。

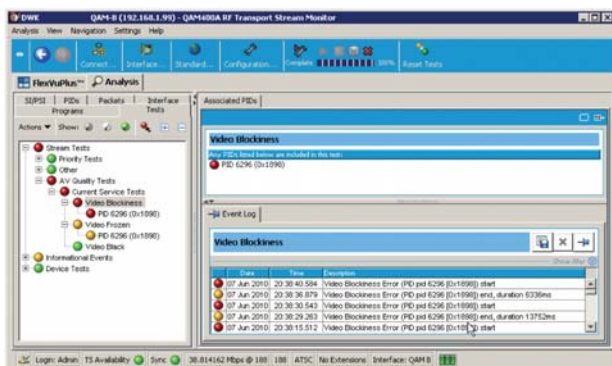


图 8. MTM400A 与 VQS1000 联用以进行 AV 质量测试。

利用泰克公司网络监测工具进行 QoE 分析

VQS1000 应用软件可以和泰克公司所有网络监测工具整合在一起，前提是需要将这些网络监测工具升级到 V4.6 或更高版本 4。一旦升级，利用 Config-Preferences-Decode (配置 - 参考 - 解码) 菜单将解码器设置为 VQS1000 应用软件。从 MTM400A 的遥控用户界面上选择 “Play” 按钮，则 VQS1000 应用程序即开始运行，而 PC/ 服务器将开始接收由 MTM400A 发出的 RTP 包。这种特定的模式使用的是含有 RTP 包的数据流，而不是来自 MTM400A 的 UDP 包。在这种方法中，如果 VQS1000 观察到因网络拥塞而造成 RTP 包丢失，或者是因为 MTM400A 无法维持连续的 RTP 流，那么 VQS1000 解码器应用程序将作出 skip(跳越)应答并试图再次与 RTP 流同步，而 QoE 测量则不会受到影响。同样，即使 PC 没有保持实时视频速率的足够数据吞吐量或 PC 缓存被充满时，VQS1000 将清除该缓存并重新开始实时视频测量，这样就不会给 QoE 测量带来影响。采用这种方法，即使在视频网络中发生包丢失的情况下，也可以使 VQS1000 始终了解丢失的回传包信息。

除了附加有视频 PID 带宽测量以外，VQS1000 的显示和操作几乎与 MTM400A 的文件模式应用一样。VQS1000 的另一项功能是当它与 MTM400A 联用时，所有的触发均通过 SNMP 返回到 MTM400A。此外，还有一项测试称为 AV 质量测试也是很有用的，如图 8 所示，MTM400A 可以跟踪 VQS1000 黑帧、冻结帧和块效应测量的触发事件。



图 9. 两个编码器对同一视频内容分别采用不同的压缩编码：其中一个压缩码率为 2 Mbps，另一压缩码率为 8 Mbps。

直接在交换机处进行 QoE 分析

VQS1000 的第三项应用是将其直接与视频 IP 网络中的交换机相连接。在这个应用举例中，对交换机的管理人员而言，重要的是为 VQS1000 服务器所需的流量提供 SPAN 或镜像，否则使用 VQS1000 实时菜单通过 IGMP 协议以加入某一多播会话。图 10 表示的是这样的菜单图示，可以进入以下任一选择：

1. 已被发送到 VQS PC 的 IP 会话的端口号
2. 多播 IP 地址
3. 源专用地址(对于 IGMP V3, 如果需要时)

一旦连接妥当，VQS1000 即可以从实时菜单中开始测量。在进行测量选择时，只需选择网络接口卡，然后扫描特定端口，也可以扫描所有端口。VQS1000 默认的是从含有传送流的第一个 IP 会话开始测量。如果需要变换到另一数据流，也很简单，只需从菜单中选择码流即可。

下面的例子是从交换机处将两个多播流送入到 VQS1000 服务器。这两个会话来自两个不同的视频编码器，但看起来仍为同一实际视频。其中第一个编码器的编码速率为 2 Mbps，而另一个编码器的编码速率为 8 Mbps。图 9 表示的是 VQS1000 应用程序对两个会话同时测量的两个拷贝。第一个图例是连接的 2 Mbps 会话，另一个图例连接的是 8 Mbps

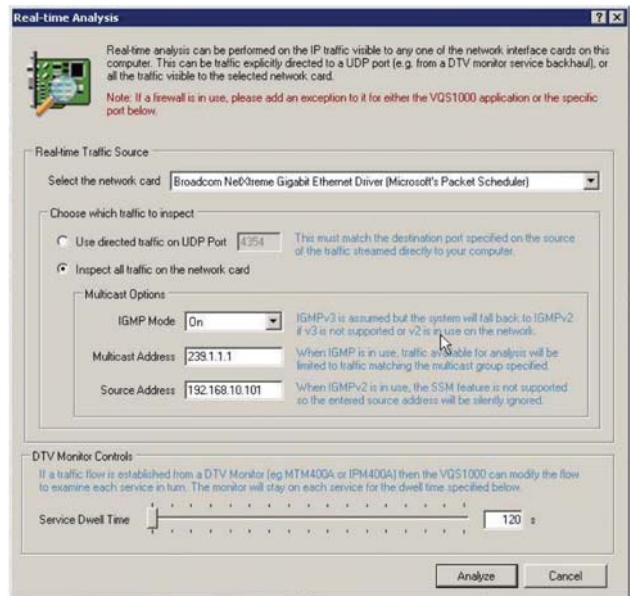


图 10. 选择 IP 接口和 IP 地址的实时分析菜单。

会话。这两项测量均是实时进行的，在图 9 的并列显示中给出了它们的测量结果。容易看出，码率为 2 Mbps 的视频图像质量较差，有着较高的块效应读数，而码率为 8 Mbps 的视频有着相对平缓的块效应数值，这和我们预期的结果是一致的。

结语

为了确保良好的体验质量,必须配备一种可以进行实时测量的工具,以提供客观的和可重复的测量结果。VQS1000能够完全满足这一应用需求。当VQS1000和配置在IP链路终端的IPM400A联用时,将帮助您验证任意时间段内的QoE。但如果出现了某一触发事件,则还需要另一VQS1000应用程序以观看采集的信号源质量,这样有助于确定问题是来自于网络内部,还是来自于网络之外。如果问题发生在网络内部,那么必须对每一段IP链路进行测试以查明故障的来源,直至发现造成该故障的单个设备为止。VQS1000可为您提供这一解决方案,使您能够立即查明引起该故障的网络设备。

参考文献

1. SCTE 168-6 2010 Recommended Practice for Monitoring Multimedia Distribution Quality
SCTE 168-6 2010 建议实践: 监视多媒体分配质量
2. Tektronix PQA600 Picture Quality Analyzer Application Note 28W-24876-0 titled “Objective Measurements and Subjective Assessments”
泰克公司PQA图像质量分析仪应用文章: 28W-24876-0, “客观测量和主观评价”
3. Tektronix Application Note 25W-23178-1 titled “MTM Backhauling”
泰克公司应用文章: 25W-23178-1, “MTM回传”
4. 请访问 <http://www.tek.com/downloads/>, 以获取MTM400和MTM400A系列产品最新发布的软件版本, 使用具有视频回传功能的4.6版或更高版本, 它们可以和VQS1000视频质量软件联用。
5. ATSC A/85: Recommended Practice: Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television
ATSC A/85: 建议实践: 建立和保持数字电视音频响度的技术
6. Rec. ITU-R BS.1770-1: Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level
Rec. ITU-R BS.1770-1: 测量音频节目响度和真实峰值音频电平算法
7. Rec. ITU-R BS.1771: Requirements for loudness and truepeak indicating meters
Rec. ITU-R BS.1771: 响度和真实峰值指示表的要求

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©2010, 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。