

# 防止 数字悬崖

## 早期预报数字系统的“健康”状况

MIKE WAIDSON



在这种情况下，采用多层和多格式的技术设施是很正常的。通过基带信号层测量、MPEG层监视和RF层分析，为电视台工程师了解电视广播信号的工作状况提供了全面的信息。工程师的职责是确保信号的正常传送，在每一监视层上密切关注一些重要的参量，例如抖动、定时、附属数据和音频数据等。

由模拟电视向数字电视以及高清电视的过渡，带来的挑战是确保摄像机信号输出直至RF调制的正确传送，这种传输方式可以采用有线、卫星或地面电视等形式。目前，广播电视系统具有多个标准和多个格式，在模拟系统、数字SD或HD-SDI系统以及MPEG压缩系统之间存在着大量的信号接口。

复杂的系统也带来了许多新的测试和监视方法。数字图像编码、DVB和ATSC节目专用信息(PSI)、系统信息(SI)，还有各种复杂的RF调制方案，均需要在整个传输链路上的各个层面上监视关键系统的工作状况。如果系统失效，那么系统失效的表现也不同于模拟系统。数字悬崖的失效是突然发生的，它一般不会出现在为人所知的前期预兆。

**向** 数字电视的转变给电视广播带来了一系列新的挑战，地面广播电视台面临着竞争的压力，当今的电视台要处理各种各样的复杂技术。

不过，仍然能够监视广播电视系统中各个层面的许多关键系统参数，以保证系统工作在安全区内，从而实现信号无错误的可靠传输。通过设置能够提供系统趋势分析的多个触发监视点，就可以提前主动预防而避免信号传输失效。这样，当您的系统接近数字悬崖时，就可以为您提供早期的告警。

### 分层模型

当今的数字传输系统贯穿着五个基本层：未经压缩的SD和HD串行数字、已压缩的数字( MPEG-2、VC1、H.264 )、RF传输，以及命令和控制。在以上五个层面中，其中任何一层的故障均可能引起传输链路的失效，并且会波及后续链路，从而导致图像和声音信号的劣化甚至丢失。也就是说，在整个传输系统中，存在着积累的故障。因此，有必要观察各层的关键工作状态指示以及故障的积累状况，因为它可能影响系统其它层和系统的后续链路。

从根本上而言，我们的目标是避免无效监视，一旦哪里出现故障，电视台的工作人员就能进行处理，在它演变为明显的故障之前，通过早期监视以提供故障初期的告警并及时地解决问题。这在数字域中是可以实现的，但需要持续不间断地监视各个参数如节目时钟参考( PCR )定时和调制误差比( MER )的变化趋势以提供失效的早期预报。

### 关键性能指示

无论是在模拟系统中还是在数字系统中，传输的关键是信号电平和信号的定时。在传输的各个环节中，无论是模拟域还是数字域，均应对信号电平和定时进行监视，以确保各

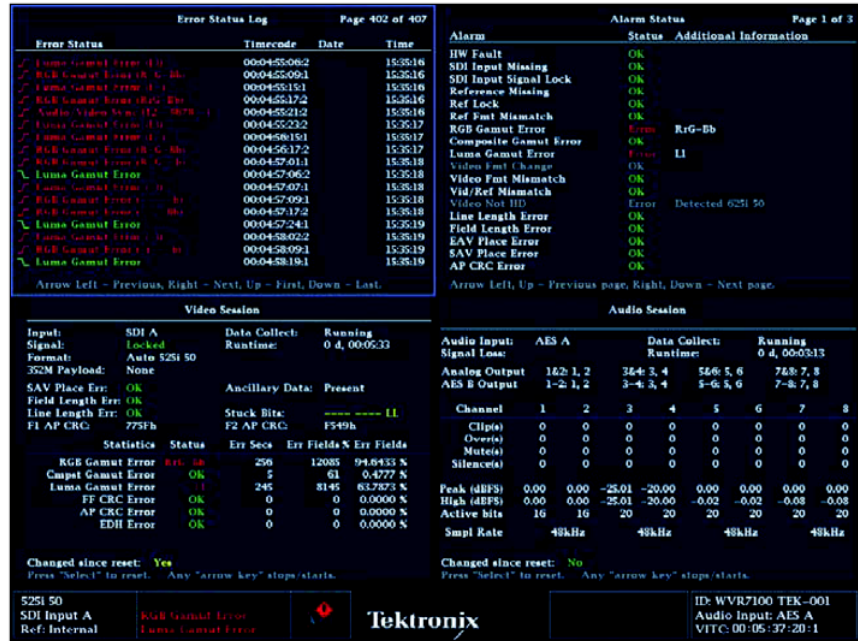


图1. 仪器的告警状态显示提供出错日志记录、告警状态以及视音频的屏幕统计报告。

传输环节均有足够的余量，在数字域中监视SDI定时、眼图或在MPEG域中观测 PCR 测量结果。

对任何系统来说，要保持长期的可靠性，首先应当在安装基础设施时就予以重视，特别是HD-SDI信号。这就要求我们正确地敷设电缆、正确地终接电缆和安装电缆，防止给电缆施加不适当的应力和不适当的扭曲。这样就能正确地传输 1.5Gb/s 的高速信号，不会因电缆阻抗的变化而造成不希望的信号反射。做到了这一点您就能够得到系统长期的可靠性而从中获益。

### 同步和定时

在视频系统中，同步是一项基本的、严格的步骤。系统中的每一设备均应处于同步之中以保证正确地创建、传输和恢复视频和音频信号。在模拟和数字多标准、多格式的复杂运行环境中，需要灵活地实现并保持系统的同步。

电视定时( 利用黑场色同步信号作为同步基准 )永远是严格的，不过，HD信号中的三电平同步会使混合设施的系统定时更加复杂。这样，在多格式的环境中，需要多种同步发生器解决方案。此外，还应当考虑到数字音频对系统有着更多更高的要求，因为数字音频信号需要以视频同步作为基准以保持视音频之间的定时关系。所有这些，均要求对系统的同步进行认真的设计，以确保系统中所有信号处理设备正确同步。

在进行系统同步设计时，应当关注由电缆长度引起的各个设备之间的传播延时，这需要经过仔细的计算。此外，您还应考虑信号通过每一设备时所引入的处理延时。

在您实现整个系统数字通道的无故障传输之后，您还应对比送入您系统的源素材信号的质量进行检验。利用现代的数字波形监视器，可以对串行数字源素材进行测试。某些数字波形监视器还可以对照时间码而提供符合性日

志记录。在对这些信号作进一步的处理之前应当对这些错误进行校正。图1给出了某一输入信号中视音频错误的日志记录。注意这些错误与事件的时间码有关,有了时间码,就可以更加方便地作进一步的检查。出错日志记录包括:输入信号或外接基准信号的丢失、彩色色域错误、EAV/SAV丢失或与行序号不匹配、SAV定位错误、CRC和EDH错误、附属数据和隐蔽字幕的有无错误、奇偶校验错误或校验和错误等。

### 眼图和抖动

波形监视器的眼图显示是监视SD和HD-SDI信号幅度以及抖动的重要工具。眼图的高度和眼开度为被测信号的“健康”状况提供了清楚明白的指示。

在 SMPTE 标准 ( 259M、292M、RP184、EG33 ) 推荐的操作实践 practice RP184 中,给出了抖动的定义以及抖动的测量方法,同时还提供了SDI信号电特性的测量规范。在第60页图2中给出了自动测量眼图参数的HD信号眼图示意图形。

信号幅度也是一项重要的参数,这两个原因:一是它与杂波相关,二是接收机在估算所需的高频补偿(即均衡)时,是基于信号到达时的剩余半时钟频率能量。如果施加给发送端的信号幅度不正确,那么施加给接收机的均衡也会不正确,从而引起信号的失真。当信号传输不良(眼图几乎闭合)时,尽管在前端采用现代的良好均衡设备也许能够恢复信号,但有可能导致闪烁失真和行丢失,甚至产生冻结帧和块图像。

在数字处理过程中,可以给数字数

据流附加循环冗余码

(CRC),以对视频信号提供一种简单的误码检验方法。通过对CRC值的监视,测量设备就能够报告

误码数。如果您的系统达到了每分或每秒的误码数量级,这就明白地给出了信号接近数字悬崖的告警提示。这时应当使用眼图显示以查明传输通路中的问题。

### MPEG 监视

在 MPEG 测量层众多的元素中,其中有三个元素是需要经常监视的,它们是:PCR定时和漂移、连续性计数错误、PSI/SI表的重复速率和PSI/SI表的正确性。对MPEG传输来说,恢复PCR时钟是一个基本要求,因为只有PCR时钟正确,机顶盒才能恢复基准27MHz( $\pm 30\text{ppm}$ )时钟以驱动系统定时。PCR时钟的抖动和长时间漂移最终会导致机顶盒无法显示所接收的视频信号。

在 DVB 标准 TR 101 290 测量指南中,详细地规定了PCR时钟抖动和漂移的正确测量方法。PCR测量包括时钟准确度(PCR\_AC)、总抖动(PCR\_OJ)、频率偏移(PCR\_FO)和漂移率(PCR\_DR)(参见第62页的图3)。在TR 101 290 测量指南

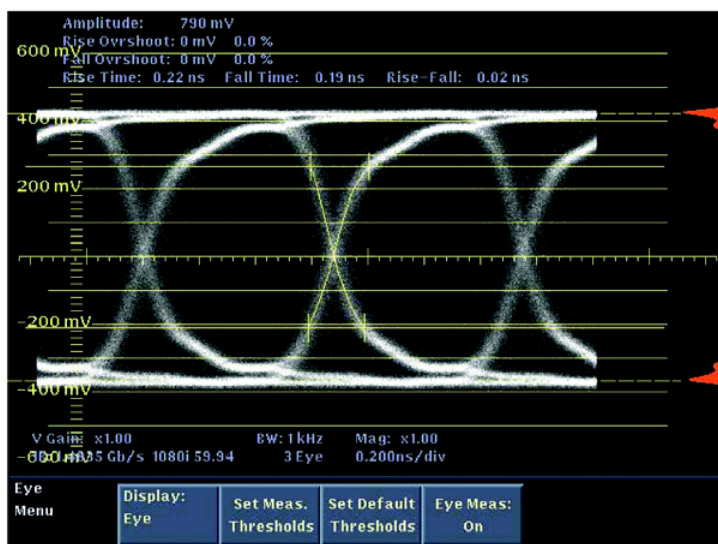


图2. 自动眼图测量参数的HD眼图测量过程。

中,还规定了测试PSI/SI表是否存在以及表重复速率的方法。

通过对连续性计数错误的监视,可以指示数据包是否丢失,它是视频分配传输系统中的一个常见故障。数据包的丢失,意味着会失去一部分传送流所携带的信息,它将导致解码器的解码错误。通过监视连续性计数错误,就能够提供视频分配网络中含有潜在问题的指示,从而在出现明显的解码器故障之前及时地采取纠正措施。

利用MPEG传送流监视器可以执行上述各项测量。如果MPEG传送流监视器配备有多个门限告警,它就能够给出基本趋势分析,为故障的早期发现提供前期监视和指示,在到达数字悬崖之前发出早期告警。大多数实时传送流监视器可以按照用户定义的触发门限(例如PCR定时)提供传送流监视记录,采用这种方法,当出现故障时,就可以对PCR定时和PSI/SI错误作深入细致的离线分析。

实现PSI/SI监视的一个重要工具是监视基于时间定义的参考模板,可以对照实际传输状况以进行比较。应当在

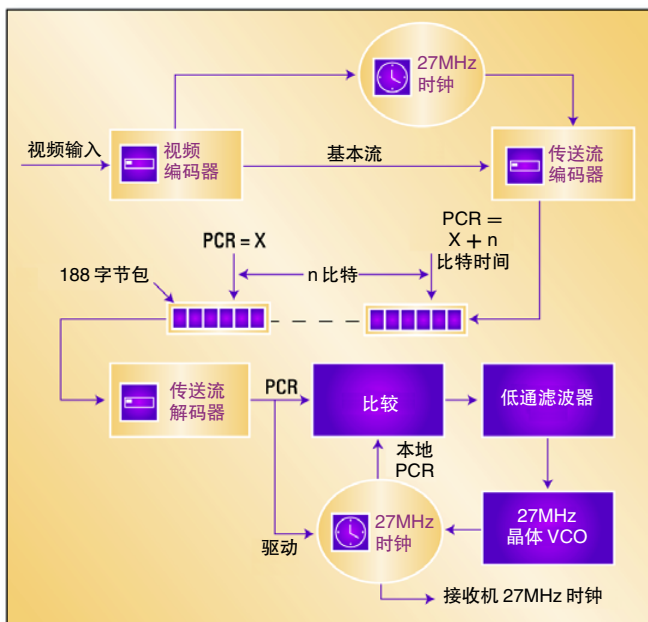


图3. 通过对PCR参数的定时准确性和漂移率的查验以监视传输系统的“健康”状况。

码流的进入点和系统中每一MPEG处理点之后放置传送流监视器，以便于对PCR定时、连续性计数错误、PSI/SI内容和重复速率进行24/7持续监视。

### RF 监视

现代的数字RF有线传输系统、卫星传输系统和地面广播电视系统的特性与传统模拟电视的特性并不相同。在数字电视中，一旦接收失效，那么就再也看不见图像了。造成故障的原因可能是MPEG表的错误，也可能是RF功率衰落到可运行的门限电平以下或在数字悬崖点以下。

RF故障还包括：卫星碟形接收天线或低噪声变频器出现问题，地面RF信号反射、不良的噪声性能、信道干扰和电缆放大器或调制器故障等等。为确保数字RF信号的正常传输，以下RF参数是很重要的：

- **RF信号强度** 需要多强的信号才能被接收？
- **星座图** 星座图的特性与调制器的性能有关。
- **调制误差比(MER)** MER是信号劣化的早期指示，其意义是信号功率与误差矢量功率的比值，并用dB来表示。
- **误差矢量幅度(EVM)** EVM的测量与MER相似，不过EVM是误差矢量的RMS幅度与最大符号幅度的比值，并用百分比来表示。
- **传输误码标志(TEF)** TEF表示传输误码的前向纠错不能校正所

有的传输错误。TEF也就是所谓里德索罗门未校正块计数。

### 比特误码比的改善

MER代表了接收信号的品质因数，它为接收机正确解码传输信号的能力提供了早期指示。在效果上，MER相当于接收符号（代表调制方案中的数字值）在星座图中的实际位置与其理想位置的偏离。当接收信号质量下降时，接收符号的位置进一步偏离其理想位置，这时测出的MER数值也会降低。如果信号质量继续下降，接收机无法正确解码接收符号，误码率增加。在某些点上，信号处于门限值即处于数字悬崖。

为了确保数字广播电视系统能够可靠地运行，必须在所有的层面上和所有的格式中认真地监视。持续不间断地检查表征您网络“健康”状况和长期稳定性的重要指示。而后，通过对抖动、幅度和定时的前期趋势分析，就能够在您的观众感知信号故障之前捕捉到系统的劣化迹象。

Mike Waidson是泰克公司的视频应用工程师。

经许可，转载自 Broadcast Engineering 杂志 2005 年 11 月 ( www.broadcastengineering.com )  
版权 2005, Prism Business Media, 保留所有权利。