

# 采用光学采样技术评估先进的调制格式的性能

作者: François Robitaille, EXFO Inc

在高速通信中逐渐采用更复杂的调制格式意味着网络设计者和管理者测量信号性能的方法也要相应改变。有不少的方案可供选择,但基于光学采样的调制分析仪是最佳选择。

随着带宽需求的增长和可用光纤的减少,运营商和设备制造商只能寻求更高速的光学传输系统来增加网络的容量。然而,传统的每符号单比特调制格式,例如开关键控(OOK)或差分相移键控(DPSK),不存在提供大量增加光纤整体谱效率的可能性。而且,随着传输速度的增加,传统调制格式对光纤色散(CD)和偏振模色散(PMD)越来越敏感,在目前网络中可用性较差。

去年八月,具有影响力的光互联论坛(OIF)建议在100Gbps系统设计中,采用全相干每符号4比特的双偏振四相相移键控(DP-QPSK)调制格式。该技术不仅谱效率高,而且对CD和PMD不敏感(需要搭配合适的信号处理算法)。除此之外,工业界也已经开始郑重考虑该调制技术的长期演进路线,例如16-QAM和频分复用的算法。

这些调制格式的根本变化给设备制造商和他们的运营商客户带来了巨大的挑战。这些调制格式不能通过传统测试仪器和方法测试,因为它们仅仅对信号光强度的时变敏感,不能用来测量光信号的相位。因此,除了众所周知的能够反映OOK信号的强度时间信息的眼图仪,

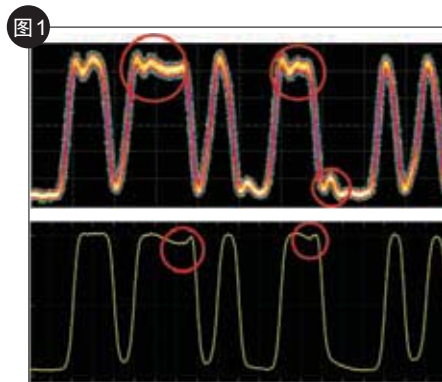
必须要有新的仪器用来测量相位信息。星座图分析仪满足了这个需求。

不同的仪器可以用来恢复强度和相位信息,用来全面准确地评估先进的调制技术,例如QPSK、16-QAM,以及它们的双偏振版本。高分辨率光谱仪和基于实时电采样示波器的调制分析仪,还有光学采样调制分析仪提供了多种选择。每种方案都有优势和劣势,因此,评估高速发射机时,需要了解影响星座图恢复的关键因素以及从图中得到的测量质量。

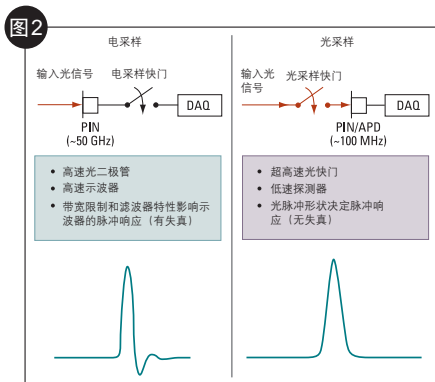
## 测量方法

如上所述,恢复信号强度和相位信息的一种方法是采用高分辨率光谱分析仪。这种复杂的仪器,可以采用非线性效应和本地振荡器混合,用来恢复信号的强度和相位。强度、相位和频率的关系通过快速傅立叶转换(FFT)被转化到时域。尽管如此,结果也有一些限制,包括在获取长数据流时的不稳定或恢复OTU-4帧结构信息。

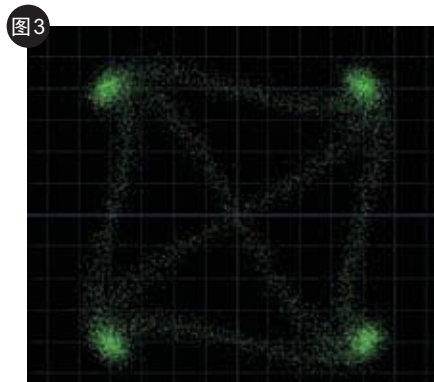
第二种(可能是最明显的)选择是应用实时电采样示



电采样和光采样技术的对比。电采样波形受仪器影响较大(上图),光采样波形无失真(下图)。



电信号采样和光信号采样的波形恢复比较。



星座图显示出色散的影响较小。

波器，即与任何相干接收机所做的类似，对光信号进行电采样，以符号速率采集数据样本。这种方法能够在星座图相应符号位置处，得到非常准确的信息，也可以提供数据流的误码率。电子采样速度过高时，受限的有效带宽和阻抗失配通常使得获取准确的转换信息以及无失真地恢复波形变得很困难。

最后的一种替代方案是采用基于光采样的调制分析仪，即通过光来评估光。这种方法通过短激光脉冲作为频闪观测仪来高效地开启采样快门，来产生能量和输入信号功率成正比的样本。这些样本随后被低速电子器件探测。

这种光学采样频闪观测仪的最大优点是很大的有效带宽（源于其高时间分辨率，如图 1 所示），也不存在阻抗失配的问题，允许探测信号达到 100G 波特的无失真波形恢复（如图 2 所示）。光采样示波器和调制分析仪通常比电采样解决方案有效带宽大 5 到 10 倍。

## 实现目标的测量手段

设计发射机和传输系统时，目标通常是一样的。在尽可能窄的带宽里，以尽可能快地速度传输尽可能多的信息，保证其在另外一端尽可能少地产生误码。有不少因素会影响到发射机和系统的参数，所以正确的优化和认证就非常关键。

对于基于如非归零码的传统调制格式，或 DPSK 的传输系统，常常用能够提供眼图分析的采样示波器来评估和优化发射机。这些设备还能用来测量眼图开启度、信噪比、扭曲、消光比、上升下降时间和抖动。

相干传输与先进的调制格式需要类似的分析。但是由于信号信息不仅仅通过强度，而且通过相位来编码，往往需要星座分析仪来测试发射机和系统（如图 3 所示）。这就需要引入新测量参数来评估，例如，调制器或脉冲分割器的调节。参数包括 I-Q 失谐、相位和强度错误、错误失

量强度 (EVM)，以及测得的星座图相对理想星座图的失真。如果针对双偏振传输系统，两个偏振态承载的信号的变化也需要辨别和测量，因为它们可能表征了发射机或均衡的问题。

在系统层面，考虑最终的目标是让通过网络传输后接收到的信息无误码，比特误码率 (BER) 通常被用来评估性能。如果传输系统较好，BER 很低，就没有必要再进行多余的评估。高 BER 值，通常提出关键的问题，当 BER 增加到系统无法完全纠错的程度时该怎么办？除了系统能工作外，人们还能从 BER 中提取出什么有用信息？

在这些情况下，能够提供无失真波形恢复和精确的转换信息的测试仪就非常重要，它让工程师能够正确鉴别传输问题的产生原因，如偏振串扰、色散、信噪比等等。（如图 4）

## 应用调制分析仪测量 BER

如前所述，BER 是传输系统的重要测试参数。当用调制分析仪进行这个测试时，无论采用电实时采样还是光学采样，都必须考虑一项很重要的限制因素。

即使经过足够长的时间（即大于好几秒钟），也只是一小部分信号会被采样，无论是采用电实时采样还是采用“等效时间”光采样（如图 5 所示）。因为实际上，数据传输和处理占了数据采样时间的绝大部分，根据采样方法和仪器处理能力的不同，一般情况下为 95% 到 99%。

低占空比的后果很简单。用调制分析仪估计出来的 BER 只在误码成正常的统计分布时才是正确的。没有一种采样方法能够可靠地测量随机突发的误码。为了捕捉短时间的突发误码，则需要真正的连续实时采样设备（如接收机），但目前的技术还不能达到全面分析所需的足够的数据传输速率。

用调制分析仪获得 BER 数值的其它相关问题和硬件

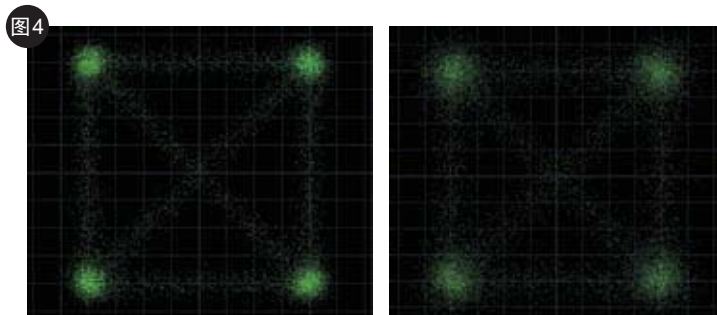


图4 低信噪比对星座图的影响。

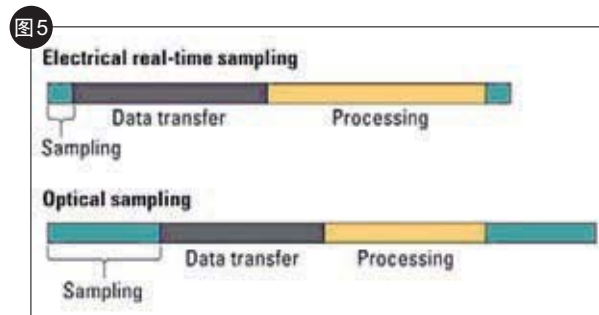


图5 电实时采样和光等效时间采样的采样占空比。

相关。调制分析仪采用的接收机一般情况下和用户实际应用的并不同，我们需要确定用测试仪测得的 BER 是否和真正的接收机得到的一致——这个问题和测试仪器的质量相关，也和接收机的质量相关。

从这个角度上讲，用调制分析仪估计的 BER 只能用来大概评估传输系统的性能，并不能绝对地确认系统是否被优化了和是否提供了最好的性能。

### 光等效时间采样的优势

基于光学采样的调制分析仪提供了评估和优化 40/100Gbps（甚至更高速率）发射机和系统的不少重要功能：

- 皮秒量级的高时间分辨率
- 极低的本征时间抖动和相位噪声
- 由于采样在光域进行，仅仅需要低速电子器件，无高速电子元器件产生的阻抗失配问题
- 支持评估 100G 波特信号的足够高的有效带宽

基于光学采样的仪器提供的参数不仅仅和实时电采样设备类似，而且还可以提供非常准确的星座图，包括转换信息和对目前和未来调制格式和传输速度的无失真波形恢复。本质上，这样得到的波形是和测试仪器无关的真实光学波形。光调制分析仪可以被认为是为光通信行业提供基础和通用标准的“黄金测试仪”。LWC

## 三菱电机力拓 中国高端光器件市场

三菱电机于 9 月 6-9 日在中国国际光电博览会 (CIOE) 上展示了其在光器件领域的领先优势，重点推广和介绍了 10Gbps、40Gbps、100Gbps 光收发器件。

三菱电机在光器件领域有着 30 多年的丰富经验，生产出了高效率、大功率、稳定性高的光器件，为世界光通讯网络的发展做出了相当大的贡献。凭着令人信服的生产技术、开发能力和技术支持能力，三菱电机的 FP 激光器、DFB 激光器等产品的市场占有率一直处于领先地位。

针对发展最快的 10Gbps 领域，三菱电机的 10Gbps 产品具有耗电量小、灵敏度高和消光比高等特征。10GEPON 即将在中国商用，公司将会适应市场需求，不断开发和量产 10GEPON 光器件。

作为 10Gbps 的下一代技术，40Gbps 技术已经开始商用。三菱电机开发并量产了 40Gbps 光收发器件、半导体激光器、半导体光变焦器和端口三位一体的内置型半导体激光器件，以及具有高接收灵敏度的 PD 器件。

另外，三菱电机还开发了 25Gbps × 4 并行光器件，用于 100G 局域网。单波 100G 的产品也正在开发当中。现在，中国已经成为世界上最大的光通讯市场，而

三菱电机在中国光器件市场上已经占有了很大的市场份额。三菱电机将近 60% 的出货量是面向中国光通信厂商的。三菱电机光通信器件技术开发部首席技术总监渡边齐先生表示：“自从 1999 年 TO-CAN 产品供应市场开始，伴随中国光通信器件厂商的兴起，三菱电机和中国企业的贸易不断扩大。另外，我们正在和主要系统集成商开展从低速系列产品到 10G/40G 高速产品系列的直接或间接的合作。我们公司作为世界最大光器件制造商将向中国市场提供高端的光通信器件。”

三菱电机半导体中国区总经理谷口丰聪先生说：“在新产品开发方面，三菱电机通过集团内研究所等各部门的协力，开发了适应不同客户需求的高质量产品。我们以客户为前提，通过提高产品质量，提高客户的生产效率。同时，我们在 10G 以及 40G 高速通讯市场上加速努力，开发各种各样的优质器件，满足中国光传输市场因 3G 发展、FTTX 建设和三网融合而不断增长的需求。”

三菱电机在中国国内主要销售半导体和光器件的公司是三菱电机机电（上海）有限公司（MESH），MESH 在中国的主要业务是销售、售后服务以及市场营销。LWC