

难题1: HOE-HUD系统RGB三色分离难题

出题组织: 攻坚六纵 接口专家: 张亮 zhangliang12@huawei.com; 喻寒琛 yuhanchen@huawei.com

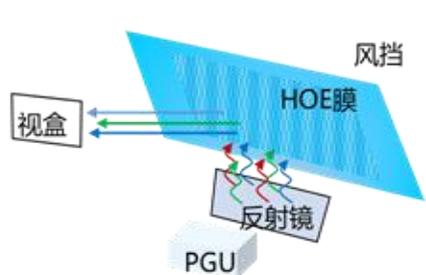


图1 HOE-HUD原理示意图

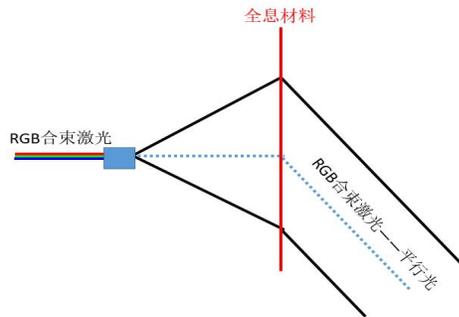


图2 双光束曝光原理

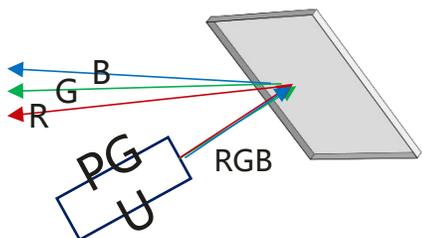


图3 HOE显示系统三色分离现象



图4 三色分离结果

- HOE-HUD具有**大画幅**，**小体积**，**远VID**，**低畸变**，**少定制**等优势，是HUD2.0的重要技术路线；
- 在HOE技术中，曝光工艺是关键技术点，**原理是三束RGB激光器形成球面波和平行光对HOE膜材进行曝光，形成RGB全息透镜**；在重构的过程中，如果PGU的波长和曝光波长一致，**三色图像角度完全重合**；
- **但是实际过程中**，PGU的激光器波长出厂规格存在 $\sim \pm 3\text{nm}$ 范围内波动，对应的RGB出光角度发生偏移，**产生一定的色分离现象**；

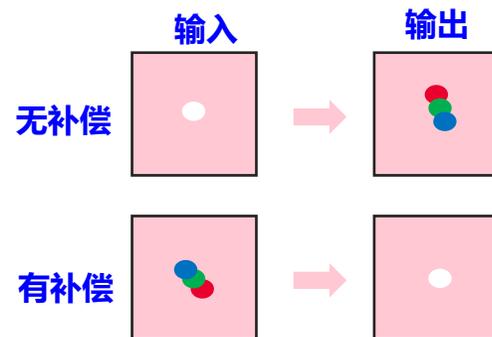
技术挑战

三色重合的系统方案：通过对HOE材料，曝光工艺，以及算法优化实现三色重合，色分离 $< 0.02^\circ @ \pm 3\text{nm}$ ，成本增加小于5%，可快速批量复制

当前结果

当前解决方案主要有两种：

- **模拟光学方案**：①使用波长可调的曝光光源和PGU光源，调节二者匹配；②使用RGB三个光机，投射不同角度；
- 痛点：①波长可调光源结构复杂，成本增加50%以上，②三光机系统，系统体积增加50%，成本2倍。
- **数字计算方案**：通过数字的方式进行‘色分离预补偿’，把预补偿的信号送到PGU，再经过整个系统后得到三色重合的图像。
- 痛点：①需要多次迭代才能产生‘预补偿’图案；可能需要较长标定时间；在实际的系统中每一帧预补偿，可能产生较大时延和算力；



技术诉求

三色重合的方案，三色分离 $< 0.02^\circ @ \pm 3\text{nm}$ ：

- 技术方向一：光学方案，低成本波长可调RGB光源，相对定波长功率和线宽不变，成本增加 $< 5\%$ 。
- 技术方向二：数字补偿方案，迭代次数 < 3 ，标定时长 $< 2\text{min}$ ，补偿时延 $< 20\text{ms}$ 。
- 其他创新技术方向，方案满足规格要求即可。

难题2：同频串扰算法补偿技术

出题组织：尖刀三营 接口专家：钟胜前 sam.zhong@huawei.com

城域池化波分方案

- 背景介绍：**池化波分架构是光产品线面向城域应用的创新解决方案，利用多环共享架构和低成本器件，支持灵活组网与一跳直达，是波分下沉未来主力解决方案。
- 解决方案核心要素：**
 - ✓ 多环汇聚的池化共享架构；
 - ✓ 低成本M*N WSS

低成本M*N WSS带来在池化波分代际演进的技术挑战

问题来源：池化波分架构利用M*N WSS，其切换引擎的高阶衍射能量分布和切换步进角度大，导致WSS隔离度受限，引起系统内严重的同频串扰，影响传输性能，串扰越大，影响越大；

算法补偿挑战：同频串扰与业务光信号混合，收端oDSP难以把业务信号正确解出来，当前业界没有很有效的低复杂度解决方案。

	100G	200G	400G
支持的速率	✓	✗	✗

池化波分架构配合M*N WSS使用，同频串扰代价大，**无法支持高阶速率演进**

同频串扰导致业务信号SNR劣化，影响传输性能，串扰越大，影响越大

技术挑战

- 池化波分系统改善同频串扰：**算法补偿同频串扰代价
- 相干oDSP算法优化补偿同频串扰：**用相干oDSP算法优化补偿同频串扰，可以不额外增加组网成本，是解决同频串扰理想方案；但是当前同频串扰没有明确的串扰模型，当同频串扰与业务光信号混合，难以将同频噪声剥离开，收端oDSP难以把业务信号正确解出来，当前业界没有很有效的低复杂度的算法补偿解决方案。

当前结果

技术方案	存在的问题	Gap
高复杂度数学方法识别不同信号的相干长度，来区分业务信号与噪声串扰	缺乏明确的串扰模型，算法复杂度太高，补偿效果欠佳（收益<0.5dB）且oDSP功耗太大，难以接受	4dB+

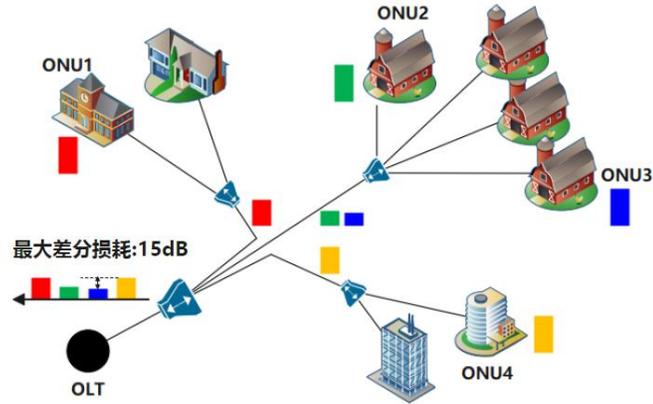
技术诉求

探索解决同频串扰的相干oDSP解决方案：

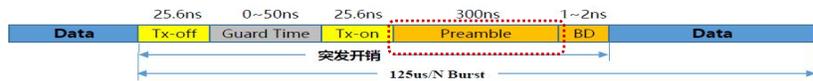
- 能从信号光中正确识别和解析出同频串扰光；
- 用低复杂度的算法进行串扰噪声补偿，18dB同频串扰条件下，补偿后的同频串扰代价<0.5dB；

难题3: PON零突发开销时钟恢复技术

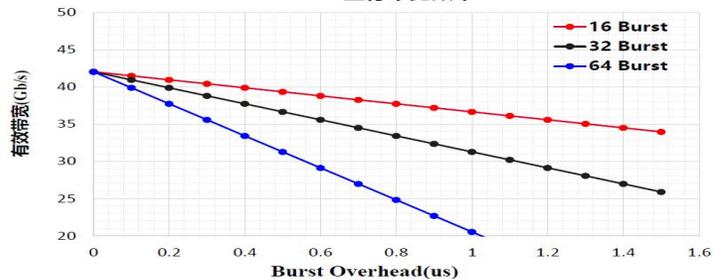
出题组织: 尖刀四营 接口专家: 赵湘楠 zhaoxiangnan1@huawei.com; 袁贺 yuanhe.yuan@huawei.com; 周恩宇 zhouenyu@huawei.com



- PON系统基于时分复用(TDM)机制, 上行局端(OLT)需接收多个用户(ONU)的突发数据, 每个用户的数据均含突发开销和正式数据, 当用户数量增加时, 由于开销的存在, 系统带宽利用率显著降低(例如, 对于64用户, 突发开销1μs导致有效带宽降低50%)。
- 为了将传输效率最大化, 需要降低开销, 其中时钟恢复开销占比75%, 需要大幅降低。
- 时钟恢复开销大, 主要原因为系统存在相位抖动, 且每个ONU为突发发射, 导致OLT接收到的每个ONU信号初始相位均未知, 需要针对每个突发数据预留开销用于相位捕获, 恢复时钟。该处理时间长, 需要一种创新型的时钟恢复技术, 使突发开销降为~0ns。



50G PON上行带宽效率



技术挑战

零突发开销的时钟恢复技术: 50G速率, 在系统存在频偏和抖动的条件下 (频偏 $< \pm 1\text{ppm}$, 时钟抖动参考G.9804 Figure 9.12), 基于单倍采样实现~0ns的突发开销, 且性能代价 $< 0.2\text{dB}$

当前结果

技术方案	存在的问题	突发时间
过采样技术: 用高于信号速率的4倍频率对突发信号进行采样, 然后通过算法选择最佳的采样相位点	对模拟器件采样率要求高 (如50G速率要求采样率 $\geq 200\text{G}$), 实现功耗大	百ns量级
时钟前馈技术: oDSP纯数字架构, 模拟ADC采样后的数据通过数字鉴相算法获取相位后, 通过数字插值调整数据相位	实现功耗大 (采样率高于线路速率1.x倍), 鉴相噪声导致性能劣化	$< 100\text{ns}$
时钟反馈环技术: oDSP数字和模拟混合架构, 模拟ADC采样后的数据通过数字鉴相算法获取相位后, 经过数字滤波器反馈至模拟器件形成环路, 完成采样相位调整	开销大	百ns量级

技术诉求

- 新型零突发开销时钟恢复技术: 通过架构创新及理论突破实现零突发时间信号稳定恢复。
- 新型时钟恢复算法:
 - ✓ 时钟恢复算法革新, 快速完成初始相位提取($< 50\text{ns}$, 挑战趋近0ns), 跟踪的残余相位 $< 5\%UI$
 - ✓ 功耗与单倍采样条件算法相当

难题4：相位解缠算法性能极限的逼近与突破

出题组织：尖刀十一营 接口专家：傅鑫 fuxin15@huawei.com

相位解缠算法为相位信号还原中的关键算法，在众多技术领域都有广泛应用，例如：

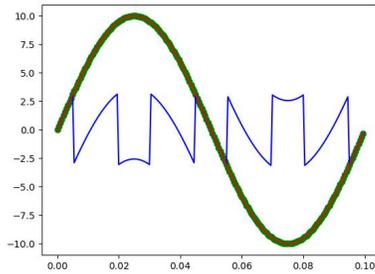
- 光纤传感技术
- 合成孔径雷达
- 磁共振成像
- 地震波信号处理

相位信息通常由正交的IQ信号分量进行反正切运算获取，其值被限制在 $\pm\pi$ 内，导致所恢复的相位信息产生缠绕，相比原始信息产生失真。针对此现象，相位解缠算法存在如下特点：

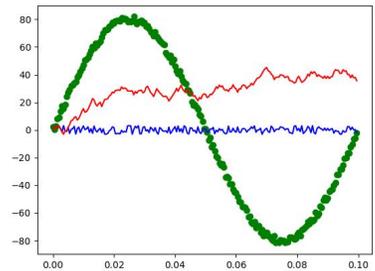
- 相位解缠算法可消除相位缠绕失真现象，恢复得到正确的相位信息；
- 相位解缠算法易受到噪声干扰出错，SNR越差，解缠出错概率越高；
- 相位解缠算法存在动态范围限制，相邻时刻的相位差不能超过 $\pm\pi$ 。

- 原始相位信息
- 反正切相位 (缠绕)
- 解缠相位

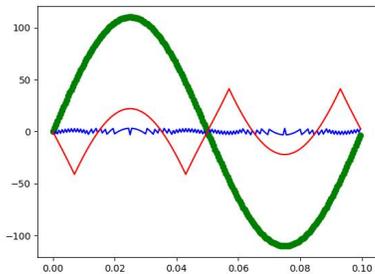
相位解缠正确



相位解缠出错 (SNR低)



相位解缠出错 (摆幅超出动态范围)



技术挑战

传统相位解缠算法在实际应用中面临如下的两点主要限制：

- **噪声容忍能力**受限：当SNR较差时，相位解缠算法出错概率明显增加，导致在低信噪比场景下的应用受限（如分布式光纤传感系统的链路中后段）。
- **动态范围**受限：相位解缠算法存在相邻采样点间的相位差不超过 $[-\pi, \pi]$ 的理论限制，导致对大摆幅相位振荡信号的正确还原存在挑战（如2kHz采样率下，无法正确还原频率 $>100\text{Hz}$ 、摆幅 $>10\text{rad}$ 的相位信号）。

当前技术路径

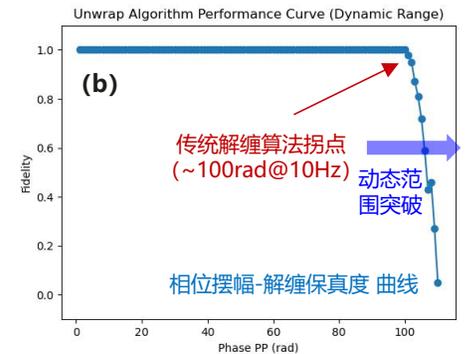
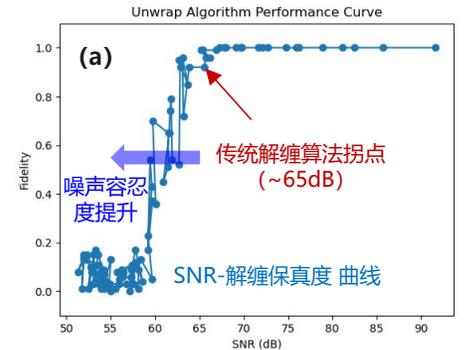
在**光学干涉信号处理**等领域，常用**一维相位解缠**算法，通常包括如下技术路径：

- 常规一维相位解缠算法规则；
- 利用卡尔曼滤波等信号估计算法对一维相位解缠算法进行优化。

技术诉求

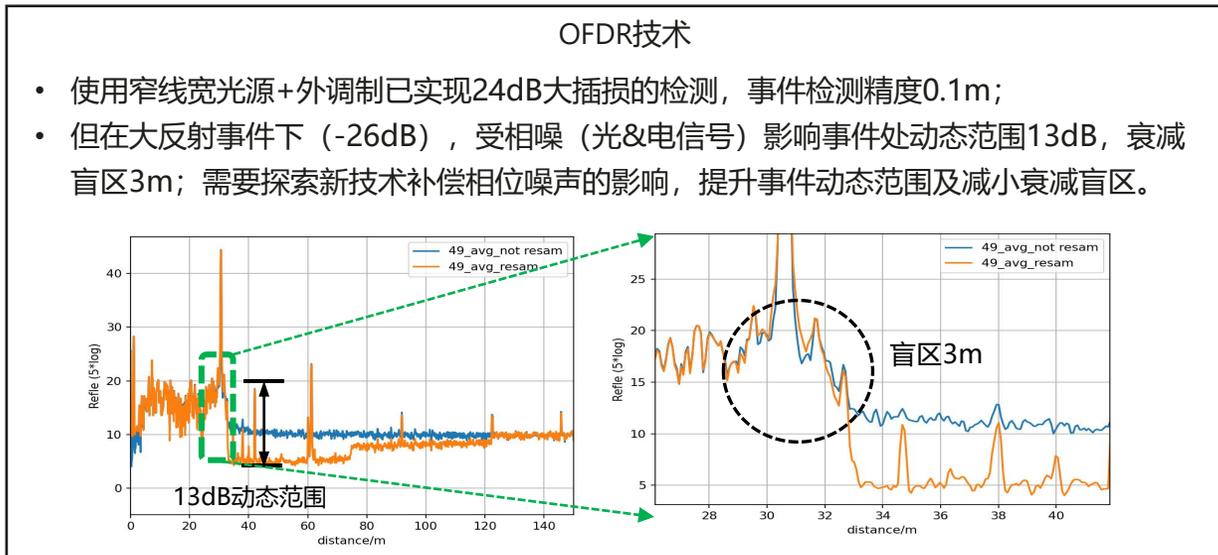
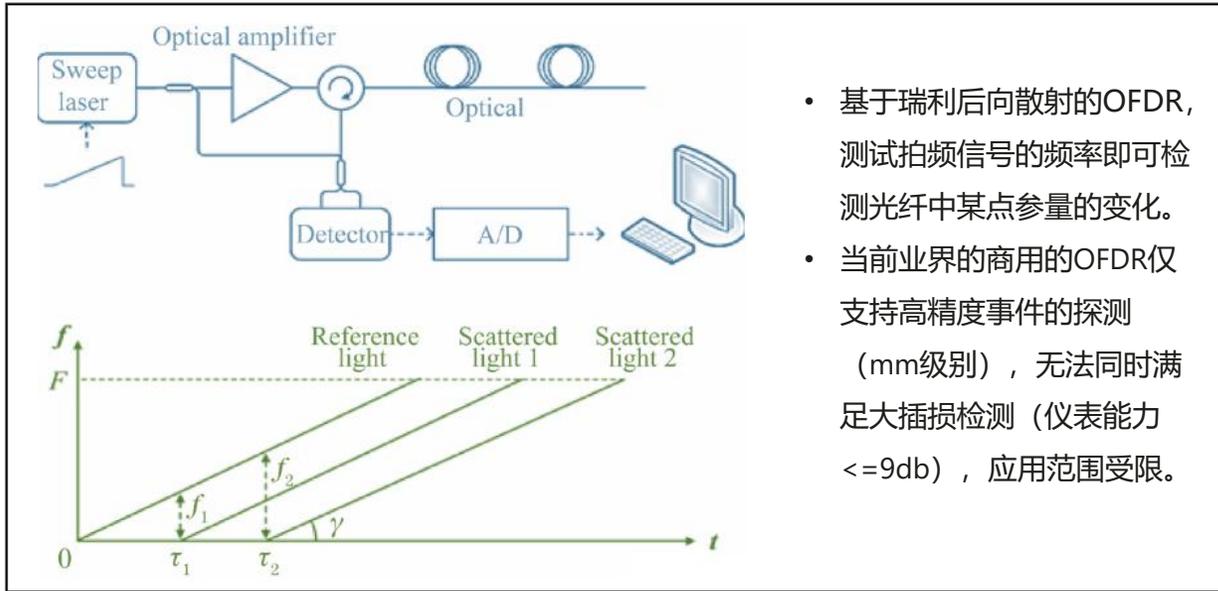
新型的高性能相位解缠算法亟待研究和突破，通过单音信号的数值仿真验证达成如下性能提升（可提供标准化仿真数据集作为算法输入验证）：

- **噪声容忍度提升**：固定单音频率、固定相位信号摆幅下，“SNR-解缠保真度”曲线拐点相比传统算法提升 $>10\text{dB}$ ，如右图 (a) 所示。
- **动态范围突破**：固定单音频率、0噪声水平下，“相位摆幅-解缠保真度”曲线拐点提升 $>10\%$ ，如右图 (b) 所示。



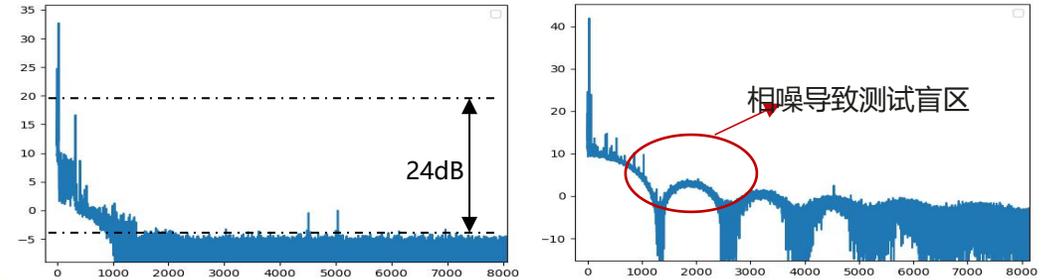
难题5: OFDR大动态高精度检测需求

出题组织: 攻坚九纵 接口专家: 尹纯静 yinchunjing2@huawei.com; 范坤 fankun@huawei.com



技术挑战

OFDR: 1、受激光器相噪干扰, 大反射事件下衰减盲区较大, 无法实现大插损的准确检测。2、若同时满足大插损与高精度事件检测能力, 对激光器线宽要求较高 (外调射频源的SFDR需 $> 90\text{dBc}$), 商用成本高。



小反射下动态范围满足

大反射下受相噪干扰盲区较大

当前结果

OFDR: -26dB反射下, 事件处动态范围13dB (离24dB目标差距较大), 盲区~3m (离0.5m目标差距较大), 需进一步攻关。

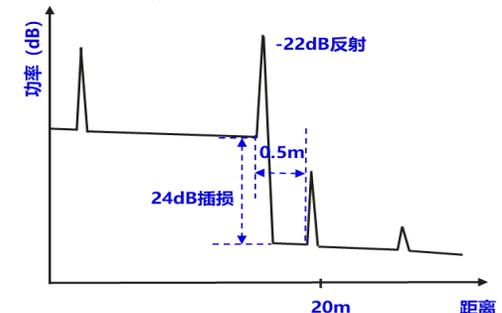
技术诉求

OFDR规格需求 (同时满足):

- 动态范围: $> 24\text{dB}$ (插损检测能力)
- 衰减盲区: $< 0.5\text{m}$
- 插损检测精度: $< 1\text{dB}$
- 回损检测能力: $22 \sim 70\text{dB}$
- 测试距离: $> 20\text{m}$

Ps: 为保证成本, 激光器线宽需 $> 2\text{kHz}$

典型场景示意



Thank you.