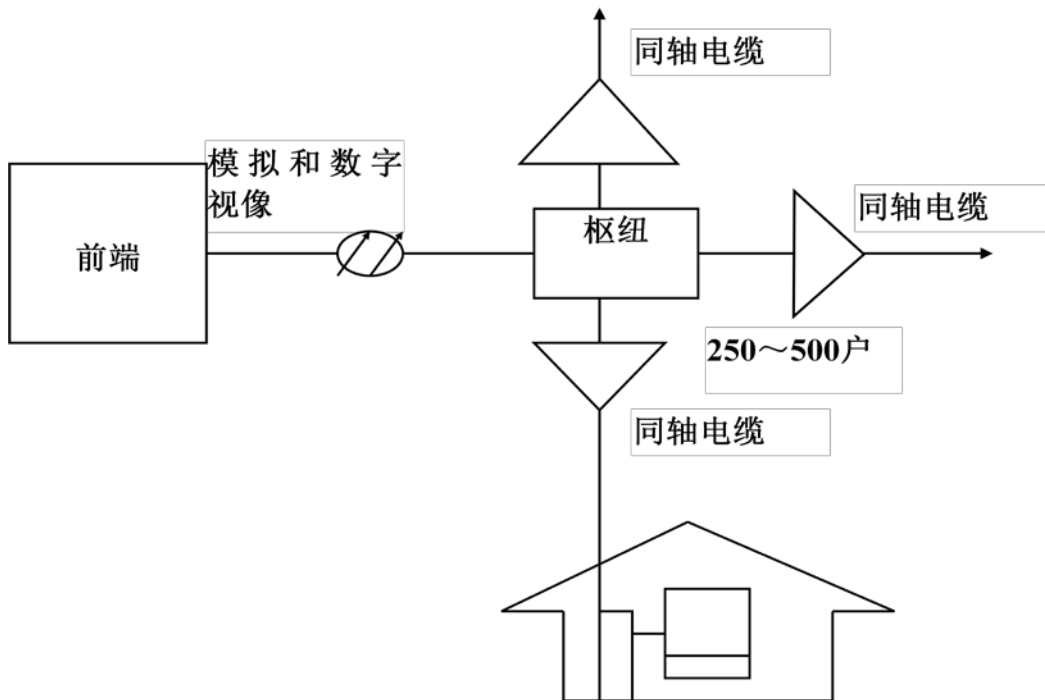


宽带接入技术--混合光纤/同轴电缆接入的基本概念

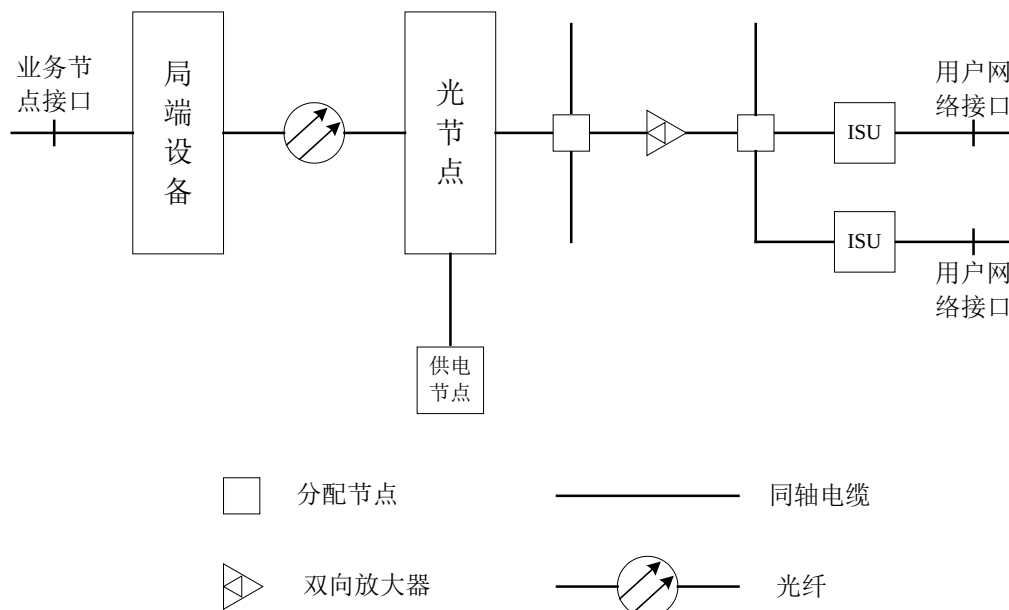
● 混合光纤/同轴电缆网(HFC)概述

- ❖ 混合光纤/同轴电缆网络（Hybrid Fiber-Coax Network, HFC），是在传统的、以同轴电缆为传输媒介的有线电视（CATV）网基础上发展而来的。
- HFC 网络兼具光纤传输和同轴电缆网络接入的优点，并克服了传统有线电视网只支持单向、广播型业务的局限性；
- HFC 网络可以支持的业务有，IP 数据业务、模拟广播电视业务、调频广播业务、数字广播电视业务和交互视频业务，并保证各种不同业务之间不产生相互影响。

● CATV 网



● HFC 系统参考配置



- HFC 网络由光线干线网和同轴电缆分配网组成

- 1.同轴电缆分配网实现用户接入功能；

- 2.光纤干线网实现光节点与局端设备之间的信号传输。

- 光纤干线网

- 1.承担业务信号的远距离传输，把来自局端设备的业务信号传送到几千米甚至几十千米之外的各光节点或用户区；

- 2.光纤干线网一般是一个分配型网络，将局端设备中光发射机产生的光信号传输、分配给各分配节点或用户区。

- 同轴电缆分配网

由电缆干线和分配网络构成；其作用是将光纤干线网送来的多路信号进行本地传输和放大，再经信号分路传送至各个用户，使每个用户都能获得规定质量和强度的业务信号

- 在 HFC 网络中，各种业务信号均以副载波调制复用方式传输；

- 上行和下行信号可以在不同的光纤中传输，也可以采用波分复用方式在同一根光纤中传输；

- 当上下行信号采用粗波分复用方式传输时，下行信号使用 1550nm 波长区，上行信号使用 1310nm 波长区。

- HFC 系统功能模块

- ◆局端设备

- 位于 HFC 网络与业务节点(SNI)之间；

- 主要功能

- 终结 SNI 功能；

- 支持 SNI 的测试与维护；

- 实现数据业务信号的复用；

- 完成下行信号的电光转换和上行信号的光电转换；

- 实现对下行各种业务射频信号的混合；

- 在上下行信号采用波分复用方式传输时，完成对下行信号的混合与对上行信号的分离；

- 汇聚 HFC 各网元的管理信息。

- ◆光节点

- 位于光纤与同轴电缆之间；

- 主要功能

- 完成下行信号的光电转换和上行信号的电光转换；

- 在上下行信号采用波分复用方式传输时，完成对上行信号的混合与对下行信号的分离；

- 提供管理信息通路；

- 在必要时，对同轴电缆网络的有源设备供电。

- ◆综合业务单元 (ISU)

- 位于 HFC 网络与用户终端之间；

- 主要功能

- 向各种业务的用户终端提供相应的用户网络接口 (UNI)；

- 支持 UNI 的测试与维护，并向网管报告相关信息；

- 实现数据业务信号的复用；

- 终结数据业务信号的射频信号。

- ◆供电节点

- 供电节点主要负责向光节点和双向放大器供电，必要时也可为同轴电缆上的分配节点和 ISU 供电。

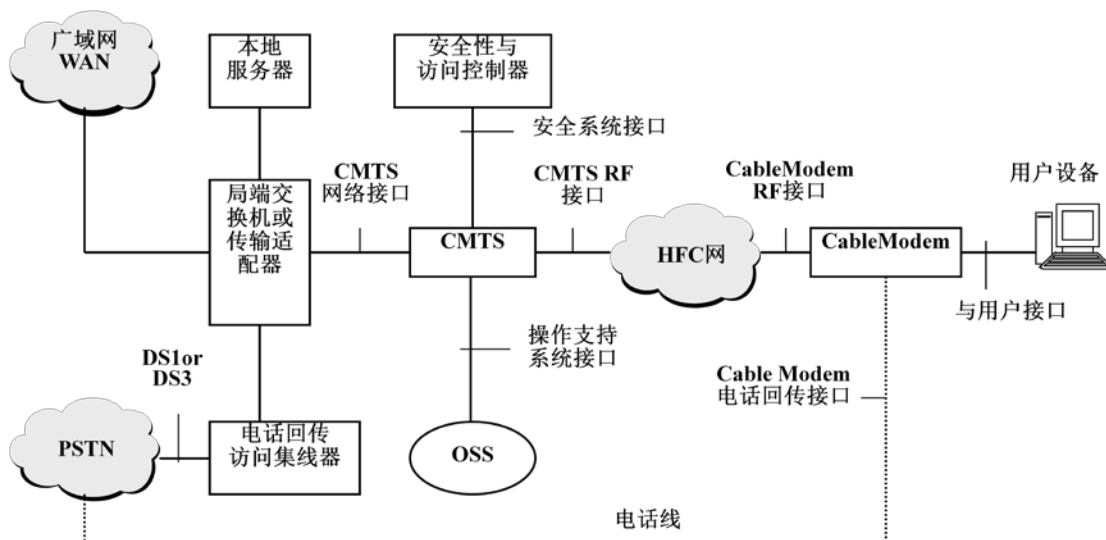


图3.3 HFC的数据通信系统

❖ 3.3 HFC 网络双向传输

❖ 双向传输方式

- 所谓双向传输就是实现双工通信，这是提供交互式通信业务的基本要求。
- 对于 HFC 网络来说，从前端至用户的传输为下行传输，从用户至前端的传输为上行传输。解决 HFC 网络双向传输的重点就在于上行传输的实现方式和性能。
- 实现双向传输的主要方式有三种：频分双工、时分双工和空分双工。

● HFC 网络双向传输

❖ 频分双工

- 频分双工传输方式是用不同的载波频率分别传送上行信号和下行信号，这是在 HFC 双向传输网络中采用的主要方式。

❖ 时分双工

- 时分双工传输方式利用时分复用技术对上、下行信号进行分离，把传输时间划分为若干个传输时隙，分时交替传输上下行信号。

❖ 空分双工

- 空分双工采用不同的传输线路分别传输上、下行信号，是将上、下行传输信号在物理空间上进行分离。
- 在光纤传输系统中，多采用这种方式实现双向传输，利用两芯光纤分别传送上行信号和下行信号；但在电缆网络中，由于成本较高，一般不采用这种方式。
- 空分双工双向传输方式的优点是技术简单，且上下行信号之间不存在干扰问题。

根据 HFC 网络的具体特点，在光纤干线网中多采用空分双工传输方式，而在同轴电缆分配网中采用频分双工传输方式。

❖ 双向 HFC 传输网络

- HFC 频谱分配
- HFC 采用副载波频分复用方式，将各种视频、数据和话音信号通过调制进行频带分配，实现上述多种业务信号同时同轴电缆上传输；
- 根据不同的协议标准，HFC 频谱分配方案也有不同，比较常用的是根据 YD/T 1063-2000 和 IEEE802.14 标准规定的频谱分配方案。

❖ 双向 HFC 传输网络

- HFC 频谱分配
- 在 YD/T 1063-2000 标准中，规定了对于 1000MHz 带宽的 HFC 网络，可用传输频带范围是 5~1000MHz。

❖ 双向 HFC 传输网络

- HFC 频谱分配
- 频谱划分为上下行两个传输通道
- 上行通道使用 5~65MHz 频段；
- 下行通道使用 87-1000MHz 频段；
- 65~87MHz 之间是上下行通道之间的过渡带。

❖ 双向 HFC 传输网络

- HFC 频谱分配
- 上行通道占用 60MHz 带宽，用来传送上行业务，如话音及用户请求/控制信号等控制信息等；
- 下行通道占用 913MHz 带宽，用于传送下行广播业务、模拟/数字视频业务和数据业务，其中 87~108MHz 频段用于广播业务，110~1000MHz 频段用于传送模拟电视、数字电视和数据业务；
- YD/T 1063-2000 建议在 606~862MHz 频率范围内传送下行数据业务。

❖ 双向 HFC 传输网络

- HFC 频谱分配
- IEEE802.14 规定了 750MHz 频率范围的 HFC 网络频谱分配方案
- 5~45MHz 为上行通道；
- 50~750MHz 为下行通道，50~450MHz 用于传输模拟信号传输，450~750MHz 用于数字信号传输。

❖ HFC 上行通道关键技术

- 实现 HFC 网络的双向传输，关键在于建立上行通道。
- HFC 上行通道中使用的传输接入方式主要有三种

时分多址，频分多址，码分多址

- 时分多址
- 在 HFC 网络中，由于上行信道频带有限，因此需要采用频带利用率高的调制方式，如 QPSK 和 64-QAM。
- QPSK 调制
- 可在 1.5MHz 频带内设置 24 个通道，或在 2MHz 频带内设置 30 个通道。也就是将 2ms 的帧时长分成 24 或 30 个时隙，为每个调制器分配一个时隙，同时每个时隙上设有频带保护间隔。对于时长为 2ms 的帧信号，如果频带保护间隔为 50%，传输速率为 1.5Mbit/s，信号传输带宽是 750kHz，实际占用信道是 1.5MHz。
- 64-QAM 调制
- 理论上可以构成一个 25MHz 带宽、信噪比为 28dB 的上行信道，其传输速率可达 233Mbit/s，相当于 3643 个 64kbit/s 传输通道。
- 实际应用中，传输速率一般只能达到 25×106QAM 符号/秒。当频带利用率为 1bit/s·Hz 时，上行信道容量为 25Mbit/s，相当于 390 个 64kbit/s 传输通道；当频带利用率为 4bit/s·Hz 时，可支持 1560 个 64kbit/s 传输通道；如果频带利用率达到 8bit/s·Hz，则可支持 2340 个 64kbit/s 传输通道。
- 频分多址
- 在频分多址方式中，各路信号在相同时间内使用不同载波频率传输；
- 为了提高传输质量和传输效率，需要采用采用高调制效率和传输质量的调制方式，其中 OFDM 是优选调制技术。
- OFDM 采用分块调制解调方法，一个前端调制器可由多个用户共用。
- 通常一个前端调制解调器能处理 1MHz 宽带，标定 500 个子通道，可承载 60 个 64kbit/s 传输通道，每个用户可使用一个 2kHz 子通道集。
- 码分多址
- 在码分多址方式中，以指定传送码组来区分用户，码组之间相互正交。
- 发送端
- 所有调制解调器共用一个载波信道，每个调制解调器用不同的伪随机码序列对传输信号进行调制。

- 接收端
 - 每个接收机对本机振荡器进行设置，使其输出与指定伪随机码序列同步的信号，当接收到由指定伪随机码序列调制的传输信号时，即可将其解调；
 - 而对那些由非本机指定伪随机码序列调制的传输信号，则被抑制。这就是相关解调，这种解调方式可以有效地从强干扰中检测出有用信号。
- 抗干扰能力
 - 在多路传输过程中，采用不同的复用方式其抗干扰能力亦不同。
- 功率补偿
 - 信号传输过程中，其峰值功率受限（门限），以避免发生信号失真。
 - 在 TDMA 传输方式下，传输信号的峰值功率可以达到门限；而其它复用方式中，由于是多路信号共用一条线路，传输信号的功率和峰值须小于门限；
 - 因此，除 TDMA 外采用以其它复用方式传输信号时，均须考虑 7~12dB 的功率补偿。
- 抗多路信号干扰能力
 - 在 CDMA 方式中，多个码组在同一信道内传输，码组之间会产生相互干扰；
 - 在 TDMA 和 FDMA 方式中，经过合理设计，相邻时隙或相邻频道间的信号干扰可以忽略不计。
- 抗回波干扰能力
 - FDMA 方式具有很强的抗回波干扰能力，无码间干扰；
 - 在 CDMA 方式中，当保证回波信号与正向传输信号之间有足够的时延时，也可消除码间干扰；
 - TDMA 方式容易受回波干扰影响。由于不同的返回信道对均衡要求不同，因此在 TDMA 方式中对均衡器的响应速度要求很高，导致其控制过程变得复杂。
- 抗窄带干扰能力
 - 窄带干扰信号影响的频带范围有限，只能干扰到一个或少数几个频道信号，因此 FDMA 对窄带干扰具有一定的抵抗能力；
 - CDMA 接收端要对接收到的信号进行频谱扩展，扩频后窄带干扰变成了宽带干扰，但带内干扰强度明显下降，因此对干扰有一定的抑制作用，同时导致系统容量受到影响。
 - TDMA 方式受窄带干扰影响最大，当窄带干扰大到一定程度时，将不能正常传输信号。
- 抗脉冲干扰能力
 - 脉冲干扰通常只影响局部的传输码流，因此在 TDMA 方式中，采用适当的信道编码就可以消除脉冲干扰的影响；
 - FDMA 对于强度不太大的脉冲干扰具有较强的抗击能力，但如果遇到强脉冲干扰，将会影响到所有传输信道，导致大量传输差错；
 - CDMA 的接收方式把脉冲干扰转变为宽带干扰，对大范围频段产生影响，因此所有 CDMA 用户都会受到一些影响。
- 在 HFC 网络中，上行信道对于复用调制方式的选择需根据网络中的干扰源类型和强弱而定。通常较多采用 TDMA 和 FDMA 方式，CDMA 方式多用于无线网络中。
- 在一些特定情况下，也可采用 TDMA 与 FDMA 相结合的方式，这种方式可以显著提高上行信道的抗干扰能力。
- HFC 网络技术特点
 - HFC 网络优点
 - 成本低。可充分利用已有的同轴电缆用户网络，提供方便、灵活的宽带业务接入；
 - 传输频带宽，能适应未来较长一段时间内宽带业务的增长需求，并易于向光纤接入网演进；
 - 特别适合视频业务的传输接入，弥补了其它形式接入网提供视频业务的不足；
 - 与铜线接入网相比，HFC 网的运营、维护、管理费用相对较低。
 - HFC 网络缺点

- HFC 网络中的同轴电缆网络原本是一个单向传输系统，要支持具有双向传输要求的话音和数据业务，需要进行双向传输改造；
- 话音业务信道有限，难于扩容；
- 网络拓扑结构须进一步改进，以提高网络可靠性；
- 成本虽然低于光纤接入网，但如要取代现有的铜线网络也将需要很大投资。

❖ HFC 网络中的噪声

- 由于 HFC 网络中的同轴电缆分配网是“树”型结构，因此上行信道的噪声是每条同轴电缆支路反向放大器和用户产生的级联噪声以及各支路间噪声的累积叠加结果，这种现象称为噪声的“漏斗效应”。
- HFC 网络中噪声类型
 - 窄带噪声（侵入噪声）
 - 是外部窄带射频信号进入或泄漏到电缆分配系统中的结果，也称为侵入噪声；
 - 频带范围为 5~30MHz，与上行信道的频带重合，影响较大。
 - 冲击噪声
 - 主要是由 50Hz 的高压线和其他电器及大量静电放电引起的，连接器松动也会产生冲击噪声。
 - 冲击噪声频带范围为 60Hz~2MHz，其频谱不在上行信道的频带范围内，但其强度大，产生的各次谐波对上行信道会产生影响。
 - 突发噪声
 - 突发噪声和冲击噪声相似，但持续时间更长。
 - 是双向电缆系统的主要问题，也是最主要的峰值噪声源。
 - 共模失真噪声
 - 主要是由信号传输设备的非线性所引起，在上行信道中呈离散的噪声尖峰；
 - 交流声调制
 - 50Hz 交流电源经过供电设备耦合到信号的包络中，在传输信号中产生幅度调制。
 - 本地干扰噪声
 - 用户住宅内在使用各种电器时，会产生频率在 30MHz 以下的干扰噪声，经耦合进入上行信道，便会形成上行干扰噪声。
 - 热噪声
 - 也称白噪声，是由 75Ω 终端阻抗的随机热噪声产生的。
 - 微反射
 - 发生在传输媒质的不连续处，导致部分信号能量被反射。。

❖ 抑制噪声方法

- 从网络设计上减小上行信道噪声的产生和积累；
- 通过增加同轴电缆用户分配网的屏蔽，衰减入侵的噪声；
- 从施工操作的规范化上把好关，降低因线缆、设备接续不佳而引起噪声的可能性。

窄带噪声是 HFC 网络中引起传输损伤的主要原因；此外还有相位噪声和频率偏移、来源于不理想的设备响应、放大器中的限幅效应、光纤节点的激光发射机非线性和头端的激光接收机非线性等引起的噪声。

❖ 本章小结

1、光纤/同轴电缆混合网络（Hybrid Fiber-Coaxial, HFC）是将光纤传输系统与同轴电缆用户分配网相结合，将光纤传输大容量、高质量的优势与同轴电缆网络接入的灵活与低成本的特点相结合，形成一种传输速率高、传输质量好、成本低的宽带接入混合网络。

2、在有线电视（CATV）网络内添置电缆调制解调器（Cable Modem）后，就可以实现视频业务以外的信号接入，不仅可以提供高速数据业务，还能支持电话业务。对于电缆调制解调器（Cable Modem）的要求是不仅能够实现双向传输，同时也需要扩大传输容量。

3、HFC 网络中的双向传输问题，根源在于解决同轴电缆分配网的上行传输通道问题。实现双向传输的主要方式有三种：频分双工、时分双工和空分双工。**HFC 网络**采用频分复用方式，将各种视频、数据和话音信号通过调制进行频带分配，实现上述信号多种业务信号同时在同轴电缆上传输。