

# 有线电视网络回传通道的技术改造

2003-07-07 赛迪网

作者：湖南邵阳电视台 邓永红

摘要：本文从有线电视网络的拓扑结构，有线电视网络回传采用的方式，回传系统的技术要求，有线电视网络回传通道噪声的来源与分类，克服回传噪声的主要方法，有线电视双向网传输设备及其选择等方面，详细地介绍了有线电视网络回传通道的技术改造。

关键词：有线电视网络回传通道，回传噪声，技术改造。

我国的有线电视经过了 20 多年的发展，全国有线电视网络线路总长度现在超过了 300 万公里，光纤干线达到 26 万公里，近 2000 个县开通有线电视，其中 600 多个县已实现了光纤到乡、到村，HFC 网正在成为发展的主流。目前，有线电视用户总数已超过 9000 万，有线电视用户数已位居世界第一。

目前，有线电视网已经从全电缆网发展到以光缆作干线，电缆作分配网的 HFC 型有线电视网，这在技术上是一次飞跃。因为 HFC 有线电视网，借助于光纤的低损耗特性和宽带特性，可以把网络的覆盖范围做得很大，而且省去了一连串的干线放大器，有效地提高了系统的可靠性和图像质量。

有线电视 HFC 网络的上下行传输信道是非对称的，由于其下行信道的传输方式为广播方式，因此具有良好的传输特性和较高的信噪比，完全可以达到通信传输的技术指标要求。但是，数据传输强调的是双向交互，用户在接收信息的同时，还需要回传个人信息，这样，原有的有线电视网就必须进行相应的改造。

影响 HFC 系统传输质量的主要问题是来自于回传通道的噪声。在双向 HFC 系统中，由于 HFC 网络中电缆传输部分一般是树枝状的拓扑结构，用户至光节点信号回传共同使用上行带宽，因此由用户终端和电缆设备引入的噪声在上行系统中产生严重的汇聚，造成所谓的“漏斗效应”，从而严重影响上行信道的性能。

漏斗效应是由其网络的结构所决定的，在树枝型网络结构中，从用户和网络内部产生的噪声和入侵干扰在电缆网络的前端，即网络的树根处汇聚在一起，对于回传通道，各放大器产生的噪声成分全部汇聚在系统的前端，这种噪声成分正比于系统的规模，即正比于同一树型网络中上行放大器的数量。不仅如此，各个用户终端产生和拾取的各种噪声成分也要经过上行通道汇聚到系统的前端，这部分噪声成分正比于接入同一树型网络的用户数。这种噪声的汇聚现象就被称为噪声漏斗效应。

## 一、有线电视网络的拓扑结构

CATV 系统网络的拓扑结构通常按其规模大小分为树枝型、星型和环型等多种型式。至于改造时选择那种拓扑结构，应根据具体情况而定。现具体分析如下：

### (1) 树枝型拓扑结构

树枝型网络是按用户的自然分布情况来组网的。它是以前端为中心，通过主干线、支干线、支线、分支线、用户线等组成的网络系统。树枝型结构一般用于电缆系统，在一定条件下也有用于光缆系统的。在光缆电缆混合系统（HFC）中电缆分配系统为树枝型结构。树枝型结

构的优点是投资省，各线之间很少有重迭部分，各线都是按实际需要进行敷设的。它的缺点是某一干线或支线出了问题，将影响该线以后的所有用户。在双向传输时，上行信号容易形成噪声的“漏斗效应”，即各上行信号的噪声都汇集于前端。

#### (2) 星型拓扑结构

在光缆传输系统，星型拓扑结构是将每个光节点都和前端直接相接，即以前端为中心向四周辐射，形成星型状。星型结构一般用于中小型 CATV 系统或市县级城域网的光缆系统。

星型结构的优点是光分配一次到位，所用光分路器少，光纤连接点少，光路全程损耗小。这样，在使用相同输出功率的光发射机时可以传输更远的距离；在相同传输距离时，可以选用更小功率的光发射机或减少光发射机的台数。从传输质量来看，星型网络中的光分路器和光纤连接点少，因此减少了光分路器和连接器所引起的多重反射，有利于噪声和非线性指标的改善。从可靠性方面来看，星型网络中某一光纤开路，只影响该光纤所连接的用户，而不影响其它用户。

星型网络的缺点是所用光纤较多，增加了成本。但与树枝型结构相比，在相同距离情况下，可用较小功率的光发射机，小功率发射机节省的钱和光纤多用的钱相差无几。

#### (3) 双星型结构

双星型结构用于大型有线电视系统。例如，在市县级联网中，本地前端（市级）和某一中心前端（县级）之间用光纤干线连接，若它们都是星型结构，就构成双星型结构。

#### (4) 环型结构

环型结构常用于省、市级大型有线电视联网系统。而且，本地前端多位于其服务区域的边缘或其一端。本地前端与各中心前端串接起来呈环型状。中心前端的城域网亦可组成环型或星型网，若为环型网，其环由主光节点组成，主光节点再由光节点组成小区的星型网，光节点以下为电缆分配网络。无论是星型结构还是环型结构，其光缆的组成应包括下行光纤、上行光纤和备用光纤。

### 二、有线电视网络回传采用的方式

(1) 在光纤网络中，一般采用空间分割方式，它利用两根光纤，一根正向传输下行电视信号，另一根反向传输各种回传信息，该传输方式简单、方便，但不宜同轴传输，主要是用两根同轴电缆传输，造价高，投资大。

(2) 在同轴电缆网中一般采用频率分割方式传输上行信息，它可把不同的信息内容分成正向和反向传输，因在频率上分成两个频段，如现行网络的 5~65MHz 频段传输回传信息，而 65~750 MHz 传送下行电视信号，这样采用两个频段分开达到传送正反向信号，在国外也有采用高、中、低频率分割方式来完成各类信息的上下行传输工作。

(3) 另外还有一种回传方式，就是用时间分割方式。时间分割是利用脉冲开关控制一个脉冲周期内发送的下行信号，在另外一个脉冲周期内传送上行信号，这就要求每个脉冲周期在足够短的时间内完成，否则会影响信息质量。

### 三、回传系统的技术要求

在双向传输网络中，正向传输技术上好处理，有反向传输后，因回传中的噪声漏斗效应和驱动电平难以控制会严重影响传输质量，也是双向传输的成败关键问题，因此在双向网设计施工时，就应从技术上严格按标准实施，特别是反向传输通道的技术标准应按我国规定的

《有线电视广播系统技术规范》执行，它的各项指标如下：

(1) 频道内幅度/频率特性：任何频道内幅度变化不大于 $\pm 1\text{dB}$ ；在任何  $0.5\text{ MHz}$  频率范围内幅度变化不大于  $0.25\text{dB}$ ；这就是系统频响要求，因系统工作频率仅几十兆，在整个频带内，要求频响特性尽量平坦，各个频道的电平必须保持在一定范围内，以保证回传信号质量，当电平超过一定限度时，非线性将急剧增加，低到一定程度时，噪声干扰又会明显地损伤回传信息质量，因此要求网络中传送的同一类信号的各频道之间以及不同信号，其电平需保持一定的相对关系，才能避免或者有效地降低相互间的串扰或干扰，因此有回传业务的网络，由于多种业务的网络对电平的要求更高，因此必须达到回传频道内幅度/频率特性的指标。

(2) 载噪比： $\geq 50\text{dB}$

(3) 载波互调比： $\geq 74\text{dB}$ （单频道互调干扰）  $\geq 61\text{dB}$ （多频道互调干扰）。

(4) 交扰调制比： $\geq 66\text{dB}$ 。

(5) 载波交流声比： $\geq 60\text{dB}$ 。

(6) 回波值： $\leq 4\%$ 。

(7) 微分增益： $\leq 5\%$ 。

(8) 微分相位： $\leq 6^\circ$ 。

(9) 色亮时延差： $\leq 30\text{ns}$ 。

#### 四、有线电视网络回传通道噪声的来源与分类

噪声的分类分为内部噪声和外部噪声两大类。内部噪声是由不需要的振荡，电源交流声和微音效应引起，主要是热噪声和散弹噪声干扰，其中以热噪声为主，且无法消除，称为结构噪声。外部噪声，我们称为入侵噪声，入侵噪声的产生源是脉冲干扰噪声，辐射噪声和感应噪声三种，上行噪声的来源很多，通常可分为四种：

##### (1) 脉冲干扰噪声

脉冲干扰噪声是迭加在有线电视系统的噪声基底上的一种随机的，不可预测的射频噪声一般只持续不到百分之一秒，这种典型的随机干扰是有人造源产生的，如家用电器切换的弧光，火花，家用器械的马达转子，电锯，汽车点火装置，真空吸尘器，蜂窝电话的瞬间脉冲等，或有电线上不正常的开关装置等产生的电磁能量。这些干扰都可能发生在低于  $5\text{MHz}$  的次低频段，但它们的谐波将延伸到反向通道的频率范围，由于这些干扰一般不会同时发生，所以对系统的影响是随机的，影响可能不会太大，一旦同时发生时则影响很大。

宽带脉冲噪声，来自于所有能电弧放电或产生电磁场的电气设备以及自然噪声源，随时间快速变化，其影响是使系误码率升高。虽然脉冲噪声的频谱不一定在回传通道内，但由于它的幅度较高，它的各次谐波也对反向通道产生影响。

##### (2) 辐射噪声干扰

辐射噪声干扰有人为的和非人为的两种，如短波电台，业余无线电台，出租车的双向通信，各种交互式通信等频率在  $5\sim 30\text{MHz}$  内的单频连续波的干扰，它们在大气传播时通过用户终端和分配设施耦合到上行信道中，并随时间呈慢变化，造成信道容量的下降。在  $5\sim 40\text{MHz}$  的频段中，短波干扰是主要的干扰源。辐射干扰是回传通道噪声的主要来源。

##### (3) 感应干扰噪声

感应噪声一般在 2kHz~50kHz 范围。最明显的例子是闪电，还有高压线和配电站产生的电磁干扰和电器设备不良放电现象。这种干扰频谱窄，虽然可能波及到回传通道，但影响不回很大。

#### (4) 内部噪声干扰

内部噪声干扰直接来自于有线电视系统组成部分，如用户终端设备，故障设备，不良接头以及电源开关等。由于各用户的情况千差万别，在使用各种电器时，会有意无意地产生频道在 30MHz 以下的干扰信号和噪声，这些干扰信号和噪声一旦耦合进反向通道，便会产生干扰，这些噪声往往很难控制，且有很大的随机性和持久性。在上述噪声中，辐射噪声干扰的影响最大。

### 五、克服回传噪声的主要方法

HFC 双向数据网络中的噪声汇聚问题是任何一个网络建设者们都无法避免的，这是由网络的结构决定的。但是另一方面，虽然我们无法从根本上去除网络的噪声汇聚，却可以采取种种措施来降低网络噪声对我们的影响。

由于交互式业务的开展，解决回传噪声的问题势在必行。从理论上讲，保证系统有足够的信噪比就可以克服噪声和干扰的影响。但在实际的 HFC 系统中，用户终端的回传功率是受限的，因此必须采取其它措施来解决回传噪声问题。

#### (1) 合理设置网络结构，减少光节点的用户

一般认为，来源于用户家庭的噪声约占回传通道中噪声总量的 50%或更多，通过同轴电缆进入系统的约占 20~30%。因此，减少 HFC 网络中每个光节点的服务用户是较为彻底的解决方法，但会增加系统造价。一般来说，以每个光节点的服务的用户不超过 500 户为宜。

#### 2) 采用回传通道滤波器

##### (1)、高通滤波器 (HPF)

高通滤波器用于非双向用户的接点，可以阻止入侵干扰进入回传信道，该 HPF 对回传信号 5~30MHz 完全衰减，对大于 50MHz 的信号完全通过，其目的是把非双向用户与交互式业务用户网隔离开来。HPF 一般装在定向分支器上，可保证来自家用线路或电缆接点的入侵干扰排除在回传信道之外，HPF 提高了信噪比，消除了一大部分非双向用户而造成的潜在干扰源。这对网络建设的初期，交互式用户不太多时，具有较好的效果。但 HPF 不能解决交互式用户自身使用回传通道而带来的噪声干扰。为了方便使用还在 HPF 中设有分级的衰减器，该衰减器是为用户能接收所有回传业务而设计的，它的最大好处是均衡回传信号的电平，降低噪声电平，增加用户端的隔离，改进用户入口的阻抗匹配。

##### (2)、窗孔式高通滤波器

窗孔式高通滤波器是为交互式业务的付费用户安装的，这些滤波器用于在回传通道中有选择性地通过群频信号。窗孔式高通滤波器将消除回传通道带外的其它信号。窗孔式高通滤波器通常也设计成带衰减的形式，以避免过量的噪声和回传信号电平过高引起回传激光器过载，同时减少回传总功率，也降低了噪声电平。

##### (3)、带回传衰减的窗孔式高通滤波器

由于过量噪声，回传信号电平过高将会引起激光器过载，这种激光器过载也将导致完全

破坏一个节点的回传信号，为此对回传信号有选择地引入 6 或 12dB 的衰减，会减少回传总功率，也降低了噪声电平。

### 3) 采用具有较强的抗干扰能力的调制方式

HFC 网络发展所面临的难点在于回传信道中的噪声和干扰的积累。增强电缆线路的屏蔽和减少光纤节点的用户数量对解决上述问题有一定的效果，但最根本的解决办法是采用抗干扰性能强，频带利用率高的传输技术来克服噪声与干扰带来的弊端。同步码分多址技术 (Synchronous Code Division Multiple Access, S-CDMA) 就是较好的技术之一。

S-CDMA (同步码分多址) 是建立在码分多址 (CDMA) 基础上的，它通过有线分配网络提供健全和完善的传输。它与异步 CDMA 方案不同，S-CDMA 的同步性把信道的效率提至 14Mb/s (6MHz 信道)。S-CDMA 技术在脉冲和窄带噪声、线性和非线性信道损坏、一个速率的适应能力、宽带大容量以及系统的扩展性和安全性方面，较频分多址 (FDMA) 和时分多址 (TDMA) 技术极具优势。

时分多址 (TDMA) 和频分多址 (FDMA) 是通过电缆传输高速数据的两种方法。它们都有很大的限制。对于 TDMA，不同的用户对应不同的时间位置。因此，TDMA 需要快速获得，使得数据对窄带干扰非常敏感。

在信噪比 (SNR) 低于某个极限值时，TDMA 系统可能完全不能运行。TDMA 的另外一个问题是在一定通道内的竞争，并且此竞争会影响邻近通道，因为来自不同竞争的能量积聚会引起放大器的过载。这将严重影响双向数据网的性能。

对于 FDMA，各个用户被分配不同的频段用于上行传输。由于每个用户占有一个特定窄带道，数据非常容易受到噪声的攻击。因为窄带干扰能轻易进入用户占用的通道。为此，FDMA 系统常用频率再分配技术尽力避免噪声。因而噪声通道中的数据被转移到频段的另一部分。因为干扰的动态性，用不断移动通道来避免噪声通常需要更智能化和更昂贵的系统。

当系统移到另一通道时，由于没有发送任何数据，因而信息量也受到动态数据再分配影响。FDMA 传输对非线性形和频率失调也非常敏感，并且通道间需要保护带而使性能达不到最佳。

S-CDMA 提供了一个办法，用于解决上行路径中进入的干扰和脉冲噪声，这正是 HFC 网双向传输高速数据时遇到的最严重的问题。这里不是在抗噪声和信息量之间求折中，在采用扩频和编码功能时 S-CDMA 可提供 14Mbps 的可靠的上行流，带宽分配的好处使网络运营商有提供可保证的数据率的能力，可用于 UBR, CBR 和 VBR 信息业务。

S-CDMA 不是基于竞争的系统，因而它是可分级的，当更多的用户加入 S-CDMA 系统时，他们在高峰时期不会为有限的带宽而竞争，因而避免了冲突和降低了网络特征，而且 S-CDMA 的 6MHz 通道不干扰邻近的通道 (它们可能用其他技术，如 QPSK) 连同高的数据速率，这些特性使此技术成为有线电视网高速数据传输的最有生命力的方法。

网络工程的设计水平要由施工质量来体现，网络建设时必须对诸多环节加以考虑。网络首先要注意的是信号的屏蔽性能。实践证明，网络中的噪声侵入，有很大一部分是由那些非屏蔽的端口引入的。在有线台的机房中，各种低频段的噪声本来就相当高，一旦未对设备的接入端口进行处理，则此部分噪声便能够轻易进入到系统中来。在对未用的端口进行屏蔽

的同时，也要对线缆接头的制作质量进行校验，网络中不合格的接头极易引起线路噪声的产生。因此必须重视有线电视网络的施工质量。

## 六、有线电视双向网传输设备及其选择

在宽带网络中设备的选用是一个相当关键的问题。设备产生的电气噪声以及信号流经设备时的离散偏移、相位偏移等都不容忽视。在设备的选用上应首先选用低噪声、相位及频率稳定度高不易漂移的产品。对于在线材以及无源器件（如广泛使用的分支分配器等）的选用上要选择那些屏蔽性能好、隔离度高的产品。良好的设备方能保证网络的正常运行。

### （1）终端用户盒

过去的终端用户盒不能满足双向传输条件，开展双向传输的系统，终端必须选用专用交互式用户盒，一方面有多功能作用，另一方面可隔离终端机和户内的窄带短波干扰，把好了上行信号质量的第一关。双向网用户家中的设备由电话机、计算机、电视机、Cable Modem 和双向终端用户盒组成。

### （2）双向集线器

双向集线器一般设计在楼幢单元用户的中间部位，这是用户分配网的有源设备，是可寻址集线器，应具有寻址路权控制，对拆户，不交费用户采取随时关断措施。

### （3）双向放大器

双向放大器应能顺利的通过下行电视信号和上行回传信号，放大器内设置正反向放大模块和双向滤波器，上下行通道均应有各自的可调衰减器和均衡器，放大器投入使用前应对上、下行信号分别进行单独的调试，使上行信号的电平平坦度达到设计要求。

### （4）双向光机

双向光机相当于一个双向光工作站，在末端光节点能接收下行光信号，并转换成多路 RF 射频信号，为同轴网提供优质的下行信号和足够的分配电平，对有双向交互式用户的网络，光节点中应有为上行信号提供功率发射的光发射机，它把交互式用户回传的信号电平接收后转换成光的信号，传向中继站或前端机房，开展多功能的综合增值业务。

### （5）双向多路分路/混合器

双向多路分路/混合器一般设置在前端机房，它主要是前端向多条支路分配下行信号，又为下行多支路回传信号进入前端的分路/混合器，它应为上下行提供优质的混合分路信号；适用于电缆全双向网络的技术要求。

### （6）前端双向设备

CATV 双向 HFC 传输网络的前端，需设置双向数据交换中心，它主要由中心交换设备，网络管理工作设备，各种功能的服务器，前端处理器，上变频器，宽带路由器智能管理等设施组成，中心交换设备能实现与服务器、网管站、前端处理器、路由器每个交换端口的交换功能，而服务器主要为中心交换机提供数据存储和转发工作、网络管理站的工作主要提供对中心交换机的工作状态进行侦查和维护，并对数据交换进行管理。前端处理器主要任务是接收 5~65MHz 的上行射频信号，并把 RF 信号解调后成为中心交换设备能理解的信号格式，它还可把下行数据经 QAM（为正交振幅调制方式）调制后输出中频调制信号，前端处理器实际上就是一台 Cable Modem，上变频器可把下行 QAM 中频信号转变为 CATV 频段输出的 RF 信号，送入双向混合器，提供光发射机所需的下行传输信号。前端的宽带路由器的工作内容是提供

中心交换设备与 Internet 进行数据格式的转换，数据交换和相关的控制工作。

#### (7) 同轴电缆

为了加强对外来入侵干扰噪波的防御能力，对同轴电缆的选择也很重要，双向网络要求同轴电缆屏蔽对干扰信号的衰减比大于或等于对用户要求的下列指标：载波互调比 $\geq 57\text{dB}$ ，载波交调比 $\geq 54\text{dB}$ ，载噪比 $\geq 43\text{dB}$ ，信号交流声比 $\geq 46\text{dB}$ ，反之，会严重影响信号的传输质量。

发展宽带网络通信一直是人们的目的和理想，也是宽带综合业务网发展的一个方向。有线电视网络拥有丰富的带宽资源，具有巨大的产业开发价值，有线电视网络双向改造完成后，我们就可以依托有线电视网络资源，构筑基于有线电视网的宽带信息网，大力发展宽带增值业务，不仅仅是广大用户的企盼，更是有线电视网实现第二次腾飞的关键所在。在双向传输网络改造中，回传系统的改造是主要的，有线电视网络回传系统改造的好坏直接关系到宽带信息网能否开通，因此，我们必须重视有线电视网络回传系统的改造。