

文章编号:1000-582x(2001)03-0099-04

在 HFC 网络中上行信道传输方式的探讨

吴资玉

(重庆大学通信工程学院,重庆 400044)

摘要: HFC网络中上行信道的漏斗噪声是制约上行信道提高传输速率的主要原因。论文首先探讨了宽带业务对上行信道的要求,以此作为比较上行信道的传输方式优劣的标准。然后,对 DOCSIS 标准采用的抗噪声措施进行了分析,并用具体实例说明其效果;论文指出 CDMA(码分多址)方式通过降低传输速率来提高抗干扰能力,虽然抗干扰能力稍微好一点,但传输速率低,不适应宽带业务的需要。作者提出的新型网络结构,用户之间采用串行方式,能消除上行信道噪声的漏斗效应,传输速度快,可适应宽带业务的需要,但技术上尚须进一步完善。

关键词: HFC网络;漏斗效应;宽带业务

中图分类号: TN 915.62

文献标识码: A

利用基于 CATV(有线电视)的 HFC(光纤同轴电缆混合)网络建立宽带接入网,是建设宽带接入网的最佳方案,世界各国都普遍采用这一方案。在 HFC 网络中,下行信道不存在漏斗效应,可采用频带利用率高的调制解调方式,并且有足够的带宽可用于通信,非常适合宽带接入网的需要。但 HFC 网络的上行信道则不然,由于存在噪声和干扰的漏斗效应,不能采用频带利用率高的调制解调方式,而且可用信道的频带宽(5~42 MHz 或 5~65 MHz),因此能提供的信道容量比较小,还不十分适应交互式宽带业务的需要,探讨采用何种传输方式使 HFC 网络适应交互式宽带业务的需要,无疑具有重要意义。

为了解决上行信道的漏斗效应问题,DOCSIS(在有线电视系统中传送数据的接口规范)标准中采用了一些措施,有人还提出了动态信道分配法,有人研究在上行信道中采用 CDMA 方式,还有人提出一种新型网络结构等。何种传输方式更适应宽带业务的需要呢?笔者将对这几种方式分别进行探讨。

1 HFC 上行信道的要求

为了比较不同的上行信道的传输方式,需要建立一些比较的准则,而这些准则首先要保证 HFC 网络能提供所需要的业务。

HFC 网络要提供的业务包括:接入 Internet、高速数据传输、远程教育、远程诊断、VOD(视频点播)、IP Phone,电话会议,电视会议,可视电话,网上购物及网上游戏等等。这些业务对于下行信道的基本要求是高速、大容量,但对上行信道的要求则随业务不同变化很大,例如:网上购物、VOD 等业务在上行信道中传输的信息少,对信道的容量要求小,而且每个用户并不需要一直占用信道,但对于电视会议及一些交互图像类业务,则要求上下行信道速率对称,即要求上行信道也是高速、大容量且实时性好。对于 IP Phone 与可视电话,允许上行信道有一定的误码,例如误码率为 10^{-3} 或 10^{-4} ,但对于数据传输其误码率则要求小于 10^{-8} 。由于各种业务可同时存在,因此对上行信道的主要要求是:

1) 有一定的容量:虽然上行信道所需的容量比下行信道小得多,但用户比较多,需要有一定的容量,通常总容量应达到每秒几十兆比特以上。

2) 高速:每个用户都可以传送宽带高速信息,例如使用可视电话、远程诊断、交互式视频信号等。每个用户可得到的最高传输速率应达到每秒几兆比特到几十兆比特。

3) 低误码率:误码率 $< 10^{-8}$ 。

4) 可统计复用,以保证利用效率高。

• 收稿日期:2000-10-16

作者简介:吴资玉(1942-),女,河北省人,副教授。从事宽带接入网研究。

- 5) 时延小,支持实时信号传送。
- 6) 对下行信道影响小。

2 DOCSIS 及 IEEE802.14 标准中的上行信道

DOCSIS^[1]及 IEEE802.14 标准的上行信道采用频分方式,将频带分成若干个上行子信道,每个上行子信道采用 QPSK(四相调制)或 16QAM(正交调幅)的调制方式。码元速率从 160 ksym/s 到 2.56 Msym/s,最高比特速率为 10 Mb/s。

一个小区可同时开通多个上行信道,每个信道的带宽为 200 kHz~3.2 MHz,总的上行信道容量可达每秒几十至一百多兆比特,而每个用户可用的最高上行速率可达 10 Mb/s,能适应传送宽带高速信息的需要。这种标准采用的网络结构对下行信号没有什么影响,但存在噪声与干扰的漏斗效应,要求头端的接收设备抗干扰的能力要强。为了提高上行信道的抗干扰能力,系统通常都采用了如下的措施:

- 1) 采用抗干扰能力强的调制方式 QPSK 和 16QAM,所要求的信噪比分别为 15 dB 和 18 dB。
- 2) 传输速率可变,码元速率从 160 Ksym/s 到 2 560 Ksym/s,分 5 档可变。
- 3) 采用 TDMA(时分多址)协议,同时传输信号的用户数少,相互干扰小。
- 4) 采用前向纠错(FEC),一个码字中可以纠正的错误为 1~10 个。
- 5) 采用交织码,提高抗突发错的能力。
- 6) 采用滤波器,将干扰大的频段滤除。

由于采用上述措施,对于一般的 HFC 网络,符合 DOCSIS 标准的 CMTS(电缆调制解调头端系统)和 CM(电缆调制解调器)都能正常工作。图 1 是在一个 HFC 网络中心测出的上行信道的噪声特性,这个网络用滤波器将 20 MHz 以下的噪声与干扰滤除了。除了 38 MHz 与 44 MHz 附近有信号之外,没有别的信号。噪声电平低于 50 dB μ V,即使采用 16QAM 调制方式,不使用 FEC,要求误码率小于 10^{-8} ,要求的信噪比为 18 dB,这时要求的信号电平为 68 dB μ V,即 +8 dBmv。上行信道的输出电平可达 55 dBmv,传到头端的衰减一般不大于 15 dB,因此,上面的要求完全能达到。头端对上行输入信号的要求如下表 1。

由表 1 可见,+8 dBmv 的输入,完全在范围内。

图 2 也是在一个 HFC 网络中心测出的上行信道的噪声特性,这个网络未用滤波器将 20 MHz 以下的噪声与干扰滤除。20 MHz 以下的噪声与干扰高达 86 dB μ V,如果 CM 发送的电平为 55 dBmv,即使网络的

表 1 头端对上行输入信号的要求

波特率/ksym·s ⁻¹	电平/dBmV
160	-16~+14
320	-13~+17
640	-10~+20
1 280	-7~+23
2 560	-4~+26

衰减为 15 dB,到达头端的信号电平为 40 dBmv,这时最小的信噪比为 14 dB,对于 16QAM,12 dB 的信噪比误码率为 10^{-4} ,如果这时的 FEC 设置成纠 3 位错,纠错后的误码率远小于 10^{-8} 。这时 CMTS 上行信道的输入超出了允许的范围,在 CMTS 上行信道的输入端加上一个 20dB 的衰减器,将噪声、干扰及信号同时衰减,衰减后的信噪比不变,输入电平也符合要求。这个例子说明,即使头端输入的噪声与干扰高达 86 dB μ V,系统仍然能够正常工作。

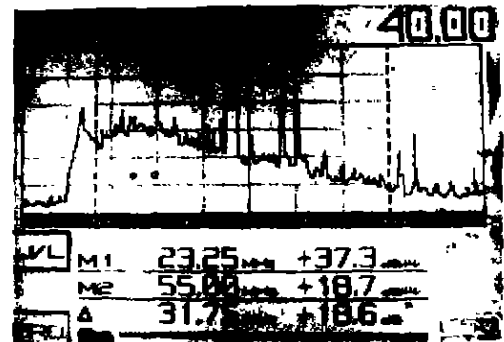


图 1 上行信道的噪声特性 A

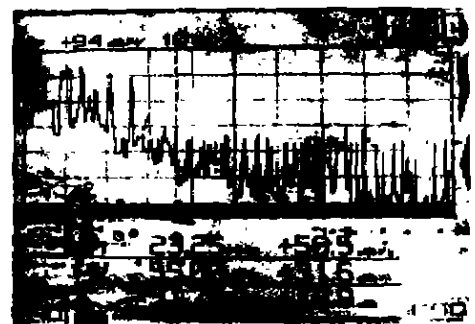


图 2 上行信道的噪声特性 B

有些公司正准备采用动态信道分配和动态纠错能力调节的方法,以避开干扰大的信道,并使信道工作在最佳状态,这样的 HFC 网络的运行会更令人满意的。

3 上行信道采用 CDMA 技术

CDMA 是一种抗噪声和干扰技术。在 HFC 网络

中,下行信道不存在漏斗效应,信道干扰小,可采用频带利用率高的调制解调方式,不需要采用 CDMA,只有上行信道由于存在漏斗效应,噪声和干扰较大可能需要采用 CDMA。在 HFC 网络的上行信道中实现 CDMA 方法的示意图如图 3 所示。用户的信号先与地址码相乘,完成扩频功能,然后经过调制送入高频信道,头端的过程相反。用户载波与头端接收机的本地载波之间的相差,会使解调后的信号幅度变小,降低了抗干扰能力。因此,头端产生的载波应与接收到的载波同频同相,但由于用户多而分散,如果到达头端的载波相位各不相同,头端就要产生多个相位各不相同的载波,对应于每一个上网的用户,头端就要有一个解调装置,头端设备会很庞大。

如果使所有用户到达头端的载波信号同频、同相,即

$$f(\omega_0, \Phi_0) = f(\omega_1, \Phi_1) = \dots = f(\omega_k, \Phi_k)$$

这时头端的解调可以简化,只需一组(而不是 k 组)解调器。要实现所有到达头端的信号的相位都相同,就必须利用下行信道来反馈所有的相位误差信息,这会大量占用下行信道的传输能力。当然也可以采用对相位不大敏感的解调方式,以减轻对下行信道的压力。

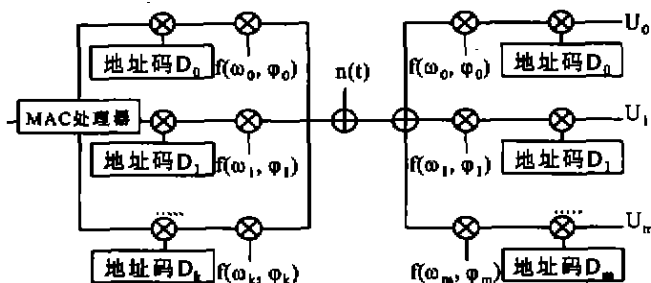


图 3 采用 CDMA 的上行信道

信道的容量为各个用户信道容量之和,各个信道的容量由下式决定^[2]

$$C_1 = 1.44 WS/N$$

式中 W 为带宽, S 为信号功率, N 为噪声功率。从上式可见,在频带一定的条件下,单个用户的信道容量与要求的信噪比成反比,通常要求信噪比提高 10~30 dB,例如,信噪比要下降 20 dB,单个用户能用的最高速率就要下降到原来最高速率的 1%。

CDMA 信道的用户数由相互正交的地址码的数量决定,所以总的容量为:

$$C = mC_1$$

其中 m 为正交码的数量。如果用 GOLD 码作地址

码, $m = 2^n + 1$, 由于地址码的长度为 $m - 2$, 扩频的倍数(增益)也为 $m - 2$, 可见,总的容量并未变小,但每个用户能用的最高速率降低了。例如,在 DOCSIS 标准中,如果使用 QPSK 调制,3.2 MHz 的带宽,用户可用的最高速率为 5.12 Mb/s。如果上行信道采用 CDMA,频带相同,信息调制也采用 QPSK,扩频增益为 127,则用户可用的最高速率为 40.3 kb/s。这样的速率难以提供交互式的视频业务。

4 串行网络结构^[3]

串行网络结构如图 4 所示。在这种结构中,同一根电缆的用户设备之间相互串联。用户的通信设备对下行信号仍是并行,而对上行信号则相当于串联,公用同一个频带,采用时分复用方式。上行信号每经过一

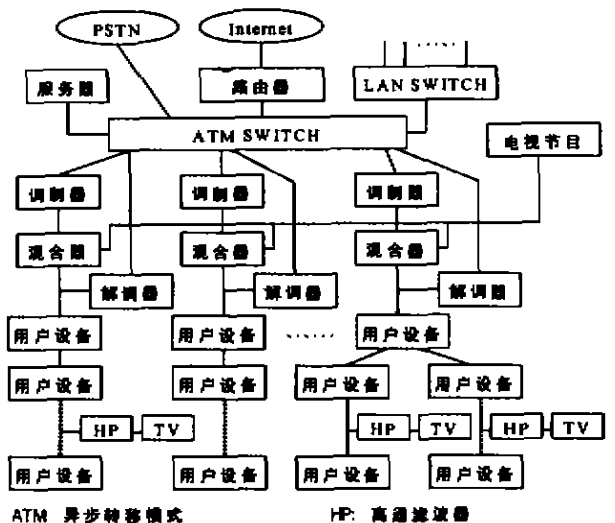


图 4 串行网络结构

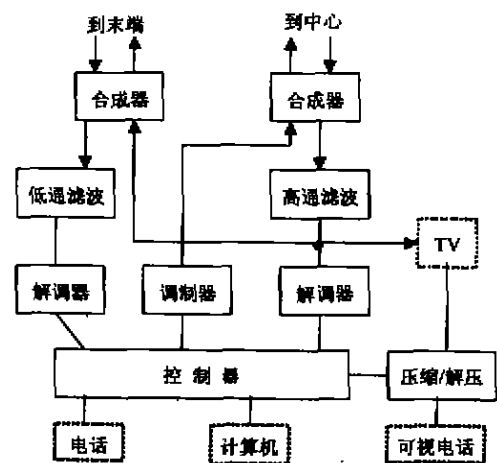


图 5 用户端设备框图

个用户设备都进行一次再生,这样可消除噪声的积累,提高上行信号的传输质量。由于采用串联方式,我国居民住房比较集中,用户之间的距离短,两次再生之间的距离短,感应的噪声小,可以采用 64QAM。如果使用 8 MHz 的带宽,数据速率可达 41.7 Mb/s。下行信道仍采用 64QAM 或 256QAM,物理层可采用 DOCSIS 物理层的标准。这种网络可使用 ATM(异步转移模式)协议,这对于实时信号的传送更有利。用户端的设备如图 5 所示,除了完成调制、解调功能之外,它还要完成再生和中继的功能。

这种网络的上、下行都可采用 64QAM 或 256QAM,上行速度大大提高,能适应宽带业务的需要,但这种方案的时钟相位抖动会很严重,因为要经过多次中继,抖动积累严重。作者对此进行了相应的研究,能解决这个技术问题,而且不必付出重大的代价。这种网络的用户端设备比 Cable Modem 多一个解调

器,有可能成本会高些。随着技术的进步,用户端设备的成本会迅速下降,这种网络的优越性会突出出来。这种方式是解决 HFC 网络漏斗效应的根本方法。

5 结论

从上面的分析可见,串行的网络结构很适应宽带业务的需要,但技术还不够成熟需要进一步研究。符合 DOCSIS 标准的产品,能适应目前 HFC 网络上行信道的状况,比较适应宽带业务的需要。

参考文献:

- [1] DOCSIS-1.1 RF-Interface-Specification-(SP-RF1v1.1-104-000407)[S].
- [2] 朱近康.扩展频谱通信及其应用[M].北京:中国科学技术大学出版社,1993.
- [3] 甘育裕,甘静,吴资玉.基于 HFC 的接入网络的结构探讨[J].通讯产品世界,1997,(2):33-34.

Upstream Transmission Way in a HFC Network

WU Zi-yu

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In the HFC network, the funnelling effect of noise is the main restrict matter of raising the rate in the up stream channel. The requirements for the wide band services in a up stream channel are fist studied, and used as the criteria to compare the transfer ways each other used in up stream channel. Then, the ways in DOCSIS are analyzed, which were used to resist the noise, and the effect is showed by an example. The raised ability of resisting noise in the CDMA is obtained by reducing the transfer rate. Although it has a little better performance in resisting noise, but the rate is low and can not meet the requirements of wide band services. A kind of network structure is given, in which the users are connected in serial way, the noise funnelling is eliminated and have a high rate in the up stream channel. It is suitable for the wide band services, but the technology realizing the network structure needs perfecting.

Key words: HFC network; funnelling effect; wide band service

(责任编辑 吕赛英)