

ADSL 非对称数字用户线接入技术中的调制

1. ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line, 非对称数字用户线) 是一种速率非对称的铜线接入网技术, 它利用数字编码技术从现有铜质电话线上获取较大数据传输速率, 同时又不干扰在同一条线上进行的常规话音业务。ADSL 在铜质电话线上创建了可以同时工作的三个信道, 即高速下载信道 (High Speed Downstream)、中速双工信道 (Medium Speed Duplex) 和 POTS 信道 (它用以保证即使 ADSL 连接失败时, 语音通信仍能正常运转)。ADSL 采用了高级的数字信号处理技术和新的算法压缩数据, 使大量的信息得以在网上高速传输。

为了在电话线上分隔有效带宽, 产生多路信道, ADSL 调制解调器一般采用两种方法实现, 频分多路复用 (FDM) 或回波消除 (Echo Cancellation) 技术。FDM 在现有带宽中分配一段频带作为数据下行通道, 同时分配另一段频带作为数据上行通道。下行通道通过时分多路复用 (TDM) 技术再分为多个高速信道和低速信道。同样, 上行通道也由多路低速信道组成。再回波消除技术则使上行频带与下行频带叠加, 通过本地回波抵消来区分两频带。当然, 无论使用两种技术中的哪一种, ADSL 都会分离出 4KHz 的频带用于电话服务 (POTS)。

ADSL 的非对称性表现在双向的数据速率不对称性, 一般都是下行速率远远大于上行速率, 它对于网上冲浪和远端 LAN 用户接入都极具吸引力。ADSL 能够向终端用户提供 8Mbit/s 的下行传输速度和 1Mbit/s 的上行传输速度, 远远大于传统 Modem 或者 ISDN 的速度。

2 ADSL 的调制技术

目前, 国际上广泛采用的 ADSL 调制技术有三种: 正交幅度调制 QAM (Quadrature Amplitude Modulation), 无载波幅度/相位调制 CAP (Carrierless Amplitude-phase Modulation), 离散多音 DMT (Discrete Multitone)。

2.1 QAM 调制技术

在 QAM 调制中, 发送数据在比特/符号编码器内被分成速率各为原来 1/2 的两路信号, 分别与一对正交调制分量相乘, 求和后输出。接收端完成相反过程, 正交解调出两个相反码流, 均衡器补偿由信道引起的失真, 判决器识别复数信号并映射回二进制信号。采用 QAM 调制技术, 信道带宽至少要等于码元速率, 为了定时恢复, 还需要另外的带宽, 一般要增加 15% 左右。与其它调制技术相比, QAM 调制技术具有充分利用带宽、抗噪声强等特点。但 QAM 调制技术用于 ADSL 的主要问题是: 如何适应不同电话线路之间较大的性能差异。要取得较为理想工作特性, QAM 接收器需要一个和发送端具有相同的频谱和相应特性的输入信号用于解码, QAM 接收器利用自适应均衡器来补偿传输过程中信号产生的失真, 因此采用 QAM 的 ADSL 系统的复杂性来自于它的自适应均衡器。

2.2 CAP 调制技术

CAP 调制技术是以 QAM 调制技术为基础发展而来的,可以说它是 QAM 技术的一种变种,它与 QAM 的区别是其实现手段的数字化。输入数据被送入编码器,在编码器内, m 位输入比特被映射为 $k=2m$ 个不同的复数符号,由 k 个不同的复数符号构成 k -CAP 线路编码。编码后和被分别送入同相和正交数字整形滤波器,求和后送入 D/A 转换器,最后经低通滤波器发送出去。

CAP 解调时使用软判决技术,并利用均衡器进行适配, CAP 产生的频谱形状和 QAM 相同。

CAP 编码是二维冗余线性调制码,功率谱是带通型,上限是 180KHz,低频截止频率小于 20KHz。CAP 受低频能量丰富的脉冲噪声及高频的近端串扰等的干扰程度较小,无低频延时畸变,由群延迟失真引起的码间干扰也较小。CAP 技术用于 ADSL 的主要技术难点是要克服近端串音对信号干扰,一般通过使用近端串音抵消器或近端串音均衡来解决这一问题。相对于 QAM 而言, CAP 实现起来更容易、更方便、更灵活。

2.3DMT 调制技术

DMT 调制技术将铜缆线路的 0-1104KHz 频带进行了划分,其中 0-4KHz 为语音频段,用于普通电话业务的传输,其他的频带被分成 255 个子载波,子载波之间的频率间隔为 4.3125KHz。在每个子载波上分别进行 QAM 调制形成一个子信道,其中低频部分的一部分子载波用于上行数据的传输,其余子载波用于下行信号传输,上下行载波的分离点由具体设备设定。

DMT 调制能力的范围是 0-15bit/s。DMT 调制系统根据情况使用这 255 个子信道,可以根据各子信道的瞬时衰减特性、群时延特性和噪声特性决定子信道的传输速率。在性能优良的中间频率子信道一般调制能力均大于 10bit/s/Hz,而在低频率或高频率的子信道,DMT 技术可根据信道性能自适应地将调制能力降为 4bit/s/Hz。不能传输数据的信道将被关闭。

如果实际使用了 N 个子信道,每个子信道上传 m 比特,映射为一个 DMT 复数符号 ($j=1, \dots, N$),利用 $2N$ 点 IFFT (快速傅立叶逆变换) 将频域中 N 个复数符号变化为 $2N$ 个实数样值 ($j=1, \dots, 2N$),经数模变换和低通滤波后在线路上输出。接收端进行相反的变换,对抽样后的 $2N$ 个时域样值做 FFT 变换,得到频域内的 N 个复数符号,译码后恢复成原始输入比特流。

3 结束语

电话双绞线的 0-1.1MHz 的频带是非线性的,不同频率衰减不同,噪声干扰情况不同,时延也不同,如果将全频带做为一个通道,一个单频噪声干扰就会影响整个传输性能。而 DMT 调制方式将整个频带分成很多信道,每个信道频带窄,可认为是线性的,各个信道根据干扰和衰减情况可以自动调整传输比特率,获得较好的传输性能。与 CAP、QAM 相比,DMT 在信噪比、通信速率、带宽利用率、频率兼容性、实际性能等方面都更具有优势。