

## 每个光节点服务用户数的探讨

李锐

现在各地有线电视网进行双向规划改造时，往往会大量增加光节点数量，减少每个光节点所服务的用户数，使得每个光节点的用户数下降到 500 户甚至 125 户，导致网改投资巨大，因此我们应该考虑是否有必要这样做。

认为需要减少每个光节点服务用户数的理由有 3 点：

- ①可以改善正向信号的指标；
- ②解决宽带业务通道资源紧张的问题；
- ③有利于控制反向汇聚噪声。

下面就从这 3 个方面分析，说明每个光节点服务多少用户为宜。

第一，我们从正向指标的角度来分析。衡量一个模拟网络系统质量的主要指标是 C/N, CTB 和 CSO 3 项，国家标准指标是  $C/N \geq 44$  dB,  $CTB \geq 54$  dB,  $CSO \geq 54$  dB, 整个系统的指标由系统各部分指标合成而得，一般前端调制器和前馈放大器的指标远高于光链路和射频链路，可以忽略不计。

假设前端光发射机为 MOTOROLA 的 AM-OMNI-LM 系列，接收机为 SG1000，输出按 70 个模拟频道/25 个数字频道计算，输出电平 750 MHz/65 MHz 为 104 dB $\mu$ V/93 dB $\mu$ V，则光链路的指标为： $C/N = 54$  dB,  $CTB = 65$  dB,  $CSO = 64$  dB。

放大器部分往往有干线放大器、延长放大器、楼栋放大器等多种设备，指标计算时都是以对数相加，因此指标最差的放大器对整体贡献最大，这里放大器指标

以国产普通放大器指标为例，设其为： $C/N = 57$  dB,  $CTB = 68$  dB,  $CSO = 65$  dB。设光节点后可以级联 N 级放大器，则：

$$C/N = (C/N)_0 + (C/N)_C \\ = -10 \lg 10^{-54/10} + 10 \lg (57 - 10 \lg N) / 10 \geq 44$$

解得： $N \leq 17.9$ ，取整得  $N \leq 17$

$$CTB = CTB_0 + CTB_C \\ = -20 \lg 10^{-65/20} + 10 \lg (68 - 20 \lg N) / 20 \geq 54$$

解得： $N \leq 3.6$ ，取整得  $N \leq 3$

$$CSO = CSO_0 + CSO_C \\ = -15 \lg 10^{-64/15} + 10 \lg (65 - 15 \lg N) / 15 \geq 54$$

解得： $N \leq 4.2$ ，取整得  $N \leq 4$

可见，为了保证正向传输指标，放大器级联数不宜过多，应该在 3 级以内。当然，以上计算是以国产普通放大器为例，而且是在满频道情况下，如果选用高档放大器或频道数较少时，级联数还可增加一两级，但是仍不宜过多。从用户数来看，3 级放大器级联可以覆盖近 1 km<sup>2</sup> 的区域，在城区用户较密集的情况下，一个光节点完全可以服务 1 500~2 500 用户。

第二，从宽带业务通道资源来考虑。有人认为，Cable Modem 系统上下行带宽不足，用户多了无法应付，因此要缩小光节点服务的用户数。是否真是如此呢？以 DOCSIS 2.0 的标准为例，上行通道带宽最多可以设为 6.4 MHz，调制方式可以到 64QAM，那么一个上行通道最大的传输速率就可以高达 30 Mbps。通常上行频带的干扰较大，所以通常情况下不采用这么高的配置，而是采用 3.2 MHz/16QAM，那么上行传输速率就是 10.24 Mbps，下行通道带宽为 8 MHz/256QAM 调制，传输速率为 51.2 Mbps。由于一般居民用户的上行数据量很小，“瓶颈”应该出在下行传输速率上，而不是传统所认为的上行传输速率不足。假设用户的最大下行速率要求为 2 Mbps，忙时争用率为 10%，那么一个下行通道可以满足 256 户的需求，按

照宽带接入入户率为 50% 计算，一个光节点只能满足 512 户的需要，这就是很多人要求将光节点服务的用户数限制在 500 户的一个原因。

实际上，决定传输资源多少不是看一个光节点服务的用户有多少，而是看 CMTS 服务的用户有多少。以 TERAYON 的 BW 系列 CMTS 为例，一个 CMTS 单元可以提供 1 个下行通道和 4 个上行通道，很明显，这个 CMTS 所服务的所有用户所能够得到的总的下行速率是 51.2 Mbps，总上行速率是 40.96 Mbps，如果这个 CMTS 所带的用户数是 2 000 户的话，无论下面的光节点的用户如何分割，他们都是共享这一资源，按 50% 的宽带入户率、10% 的争用率计算，每户的上下行速率就只有 512 kbps 和 410 kbps。因此要增加传输速率，应该是减少 CMTS 服务的用户数，而不是减少光节点服务的用户数。同时，有线电视运营商与其他网络运营商的出口带宽也是制约条件，即使我们有 100 台 CMTS，但是与外界的出口只有 100 M 的话，所有的用户还是只能共享这 100 M 的传输速率。

可见，仅从宽带业务通道资源来考虑，光节点的规模完全不需要减少到 500 户，关键应该是增加 CMTS 的数量，减少每台 CMTS 服务的用户数，使得每台 CMTS 所服务的宽带用户在 500~800 户左右。在早期宽带用户不多的情况下，每台 CMTS 可以服务 4~10 个光节点，随着用户逐步增加，可以一个光节点对应一台 CMTS 甚至多台 CMTS。

至于每个光节点的用户数上限，我们也可以做个简单的估算。按照 5~65 MHz 的上行频段划分，除去 20 MHz 以下无法利用的频段，我们有 40 M 的上行带宽，可以容纳 12 个 3.2 MHz 的上行信道，一台 CMTS 有 4 个上行通道，那么至少可以容纳 4 台 CMTS，每台 CMTS 服务 500~800 户，那么至少可以服务 2 000~3 200 户。

第三，从反向汇聚噪声的角度来看。反向通道的噪声不仅仅是由放大器造成的，在很多情况下突发噪声和入侵噪声才是主要的噪声源，但是无论光节点服务用户数多与少，只要最终的 CMTS 服务的用户数不变，汇聚在 CMTS 射频输入口的突发噪声和入侵噪声也不变，而且这些噪声是可以通过一些手段控制的，而由放大器造成的结构噪声是无法避免的，因此我们也可以通过结构噪声的计算来比较一个光节点服务用户数多少对整体汇聚噪声的影响。

假设反向光链路的  $CNR = 45$  dB，放大器的反向  $CNR = 70$  dB，这两个值都是市面上设备能达到的典型值。为了方便比较，我们假设一台 CMTS 所服务的宽带用户数为 1 500 户，宽带用户占全部用户的 20%，则 CMTS 服务区内的总用户数就是  $1\,500/0.2=7\,500$  户。设每个楼栋放大器服务 50 户，那么就会有  $7\,500/50=150$  个“楼放”。如果一个光节点的用户数为 2 500 户，每个光节点带 6 个“延放”，那么这个 CMTS 的服务区内就会有 3 个光节点和 18 个“延放”。由于在 CMTS 处汇聚的是所有放大器和光链路的噪声，总的合成指标就是： $CNR = CNR_{0+} + CNR_{R} = -39.6$  (dB)

如果一个光节点的用户数为 500 户，光节点与“楼放”之间没有“延放”，那么这个 CMTS 的服务区内就会有 15 个光节点，总的合成指标就是：

$$CNR = CNR_{0+} + CNR_{R} = -33.2 \text{ (dB)}$$

可见，光链路的  $CNR$  远低于射频链路，对总的  $CNR$  贡献远远大于射频链路，所以减少每个光节点所服务的用户数并不能降低总的噪声，反而增大了噪声。在 CMTS 服务的用户总数不变的情况下，光节点服务的用户数越多越好，而要减少反向汇聚噪声，根本途径是减少每台 CMTS 服务的用户数。

综上所述，笔者认为没有必要将光节点服务的范围划得过小，在考虑正反向信号传输的指标后，光节点服务的范围应该以后接 3 级放大器为限，同时，应该根据宽带业务用户的比例，合理增加 CMTS 数量，减少每台 CMTS 服务的用户数。