



理解频率与带宽

超五类信道 100MHz 带宽能够支持 100Mbps、155Mbps 及 1000Mbps 数据速率，这一点经常会引起问题。本文将说明带宽与数据速率之间的关系。文中研究了通信信道传送信息能力背后的一些原理以及数据编码技术。由于本文是一篇综述，因此我们将尽可能地避免复杂的数学问题，但也不可能完全忽略。

基本原理

简单地说，局域网上的数据通信是通过从发射器发出一系列“1”和“0”码到接收器来实现的。解释这个二进制流的方法与我们现在的讨论无关。二进制数据通常以方波来表示（图 1）。

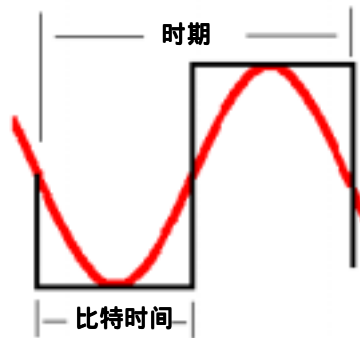


图 1 方波近似于正弦波

然而双绞线上传输的并不是一个纯正的方波。

二进制数据实质上是一种重复形式（在某一点）。重复形式 101010 表示最坏情况的模型。付立叶分析表明，这种最坏情况的重复形式确实由有限的一系列正弦频率组件（正弦波）组成，它们可以分为基频和大量的谐波（若干个基频）。这就有点像圆是由有限个很短的直线组成的。

基频是正弦波，其周期等于比特时间的两倍（见图 1），即万分之二秒。

$$\text{比特时间} = 1 / \text{比特率}$$

因此，如果 101010 形式是 10Mbps 数据流的部分，我们每秒钟就有 10,000,000 比特。每个比特占有万分之一秒。

基频的周期是比特时间的两倍（见图 1），即万分之二秒。

$$\text{基频} = 1 / \text{周期} = 5,000,000 \text{ Hz} = 5 \text{ MHz}$$

$$(\text{Hz} = \text{周} / \text{秒})$$



理解频率与带宽

为了得到合理的方波，必须由谐波（仅在上述方波情况下为奇谐波）来对基频进行补充。为了得到完美的方波，还必须有限数量的这种谐波。由于有源设备对方波的近似值很合理，因此基频加上第三谐波和第五谐波（或是在某些情况下基频加上第三谐波）就足够了。

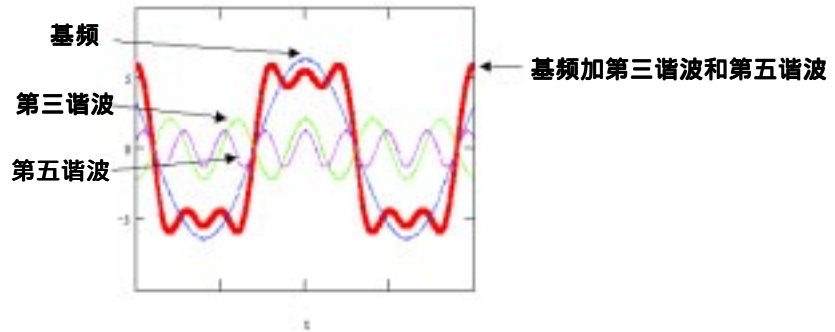


图2 基频加上谐波得到方波的近似值

图2中所能看到的波形总和，是“0”“1”序列比较相近的表示。串扰和衰减的影响往往也会整形波形。

这就开始解释为什么每秒10Mbps的10Base-T需要三类布线16MHz的带宽，5MHz基频加上15MHz第三谐波。

带宽

通信系统的带宽表示了其传输这些不同频率组件的能力。在结构化布线系统中带宽的单位通常以MHz表示。

超五类布线的带宽名义上有100MHz。假设应用一个简单的二进制传输“码”，那么在理论上，可以由Nyquist等式来计算最大的信息传输率：

$$C = 2 W \log_2 M$$

其中，W为带宽（单位：Hz），M为信令单元的数量。

这就得出理论信息容量为每秒 2×10^8 比特，即200Mbps。实际上，由于串扰和衰减的影响这个值会有所减少。

增加数据传输率

那么，超五类信息道支持数据传输达到千兆以太网（1000Mbps），如何让带宽适合于它呢？

增加数据吞吐量的关键，是对每个信令单元引入多于1比特。商业运用中大部分公共协议都在某



理解频率与带宽

种程度上用到了这种技术，我们称之为数据编码。

大部分数据编码类型都利用 $mBnL$ 编码来实现，也就是由 L 个电平每个电平 n 个脉冲来表示 m 比特的序列。使用实例如 ISDN 和快速以太网。

以 100Base-T4 为例。100 Mbps 信号分成三线对进行传输。每线对的比特率为 33.33 Mbps。为了减少该比特流的频率容量以及布线系统的带宽需求，就要运用三重代码。在传输各组 8 比特数据之前，转换为 6 个三重符号（如图 3）。

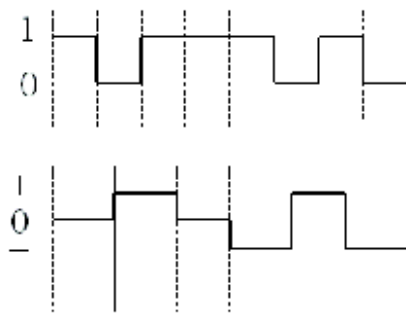


图3 一个 8 比特字及其 6 个 T 当量

这就把发送信号系统的有效时钟速率减少至 25MHz，这样（在我们所述的第一个例子中）基频减少至 12.5 MHz。这允许三类布线系统中提供的带宽内传输率为 100 Mbps。

千兆位以太网采用了一种不同的方案，它把各组 8 比特（8B）数据转换为穿过四根双绞线的四个五重符号（1Q4）的传输。每个符号代表两个二进制比特或零。这样确保超五类系统满足带宽需求。

结论

各个应用的比特率与其基频有关。最高的频率容量是基频的谐波。不应把它与时钟频率相混淆（比特流以时钟频率取样）。例如，10Base-T 的比特率为 10Mbps，采样时钟为 10MHz，但是基频仅为 5 MHz。

通过以 MHz 表示系统性能需求，标准提供了一个蓝图，有源网络组件设计人员都可以根据它来设计他们的设备。

提供的布线系统和有源设备都满足相关标准的性能需求，那么所有的一切都正常运转起来！