第一章 SDH概述

目标：

了解SDH的产生背景——为什么会产生SDH传输体制.

了解SDH体制的优点和不足.

建立有关SDH的整体概念为以后更深入的学习打下基础.

1.1 SDH产生的技术背景——为什么会产生SDH传输体制

在讲SDH传输体制之前，我们首先要搞清楚SDH到底是什么。那么SDH是什么呢？SDH全称叫做同步数字传输体制，由此可见SDH是一种传输的体制（协议），就象PDH——准同步数字传输体制一样，SDH这种传输体制规范了数字信号的帧结构、复用方式、传输速率等级，接口码型等特性。

那么SDH产生的技术背景是什么呢？

我们知道当今社会是信息社会，高度发达的信息社会要求通信网能提供多种多样的电信业务，通过通信网传输、交换、处理的信息量将不断增大，这就要求现代化的通信网向数字化、综合化、智能化和个人化方向发展。

传输系统是通信网的重要组成部分，传输系统的好坏直接制约着通信网的发展。当前世界各国大力发展的信息高速公路，其中一个重点就是组建大容量的传输光纤网络，不断提高传输线路上的信号速率，扩宽传输频带，就好比一条不断扩展的能容纳大量车流的高速公路。同时用户希望传输网能有世界范围的接口标准，能实现我们这个地球村中的每一个用户能随时随地便捷地通信。

目前传统的由PDH传输体制组建的传输网，由于其复用的方式很明显的不能满足信号大容量传输的要求，另外PDH体制的地区性规范也使网络互连增加

了难度，由此看出在通信网向大容量、标准化发展的今天，PDH的传输体制已经愈来愈成为现代通信网的瓶颈，制约了传输网向更高的速率发展。

传统的PDH传输体制的缺陷体现在以下几个方面：

1. 接口方面

1）只有地区性的电接口规范，不存在世界性标准。现有的PDH数字信号序列有三种信号速率等级：欧洲系列、北美系列和日本系列。各种信号系列的电接口速率等级以及信号的帧结构、复用方式均不相同，这种局面造成了国际互通的困难，不适应当前随时随地便捷通信的发展趋势。三种信号系列的电接口速率等级如图1-1所示。

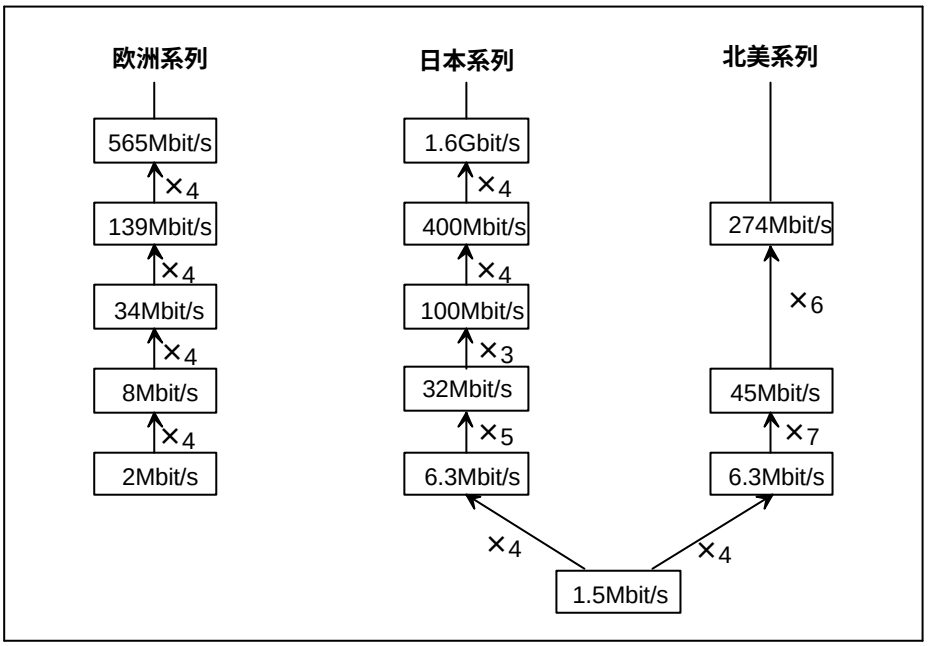


图1-1 电接口速率等级图

2）没有世界性标准的光接口规范。为了完成设备对光路上的传输性能进行监控，各厂家各自采用自行开发的线路码型。典型的例子是mBnB码。其中mB为信息码，nB是冗余码，冗余码的作用是实现设备对线路传输性能的监控功能。由于冗余码的接入使同一速率等级上光接口的信号速率大于电接口的标准信号速率，不仅增加了发光器的光功率代价，而且由于各厂家在进行线路编码时，为完成不同的线路监控功能，在信息码后加上不同的冗余码，导致不同厂家同一速率等级的光接口码型和速率也不一样，致使不同厂家的

设备无法实现横向兼容。这样在同一传输路线两端必须采用同一厂家的设备，给组网、管理及网络互通带来困难。

2. 复用方式

现在的PDH体制中，只有1.5Mbit/s和2Mbit/s速率的信号（包括日本系列6.3Mbit/s速率的信号）是同步的，其他速率的信号都是异步的，需要通过码速的调整来匹配和容纳时钟的差异。由于PDH采用异步复用方式，那么就导致当低速信号复用到高速信号时，其在高速信号的帧结构中的位置没规律性和固定性。也就是说在高速信号中不能确认低速信号的位置，而这一点正是能否从高速信号中直接分/插出低速信号的关键所在。正如你在一堆人中寻找一个没见过的人时，若这一堆人排成整齐的队列，那么你只要知道所要找的人站在这堆人中的第几排和第几列，就可以将他找了出来。若这一堆人杂乱无章的站在一起，若要找到你想找的人，就只能一个一个的按照片去寻找了。

既然PDH采用异步复用方式，那么从PDH的高速信号中就不能直接的分/插出低速信号，例如：不能从140Mbit/s的信号中直接分/插出2Mbit/s的信号。这就会引起两个问题：

1）从高速信号中分/插出低速信事情要一级一级的进行。例如从140Mbit/s的信号中分/插出2Mbit/s低速信号要经过如下过程。如图1-2所示。

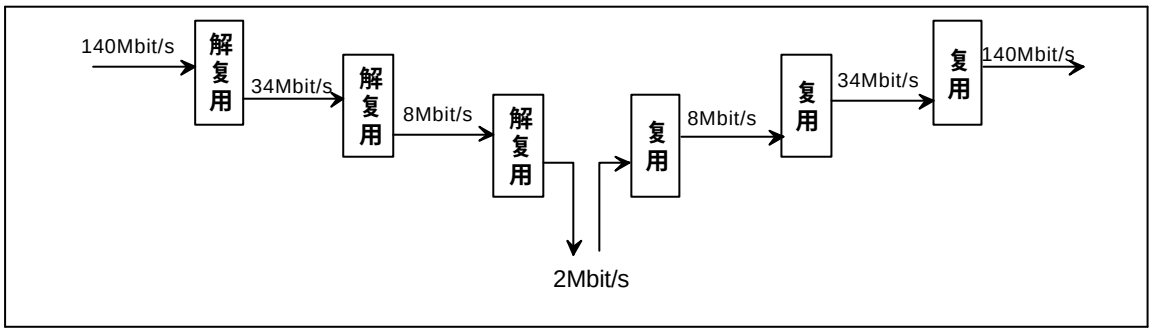


图1-2 从140Mbit/s信号分/插出2Mbit/s信号示意图

从图中看出，在将140Mbit/s信号分/插出2Mbit/s信号过程中，使用了大量的“背靠背”设备。通过三级解复用设备从140Mbit/s的信号中分出2Mbit/s低速信号；再通过三级复用设备将2Mbit/s的低速信号复用到140Mbit/s信号中。一个140Mbit/s信号可复用进64个2Mbit/s信号，若在此处仅仅从140Mbit/s信号中上下一个2Mbit/s的信号，也需要全套的三级复用和解复用设备。这样不仅增加了设备的体积、成本、功耗，还增加了设备的复杂性，降低了设备的可靠性。

2）由于低速信号分/插到高速信号要通过层层的复用和解复用过程，这样就会使信号在复用/解复用过程中产生的损伤加大，使传输性能劣化，在大容量传输时，此种缺点是不能容忍的。这也就是为什么PDH体制传输信号的速率没有更进一步提高的原因。

3. 运行维护方面

PDH信号的帧结构里用于运行维护工作（OAM）的开销字节不多，这也就是为什么在设备进行光路上的线路编码时，要通过增加冗余编码来完成线路性能监控功能。由于PDH信号运行维护工作的开销字节少，这对完成传输网的分层管理、性能监控、业务的实时调度、传输带宽的控制、告警的分析定位是很不利的。

4. 没有统一的网管接口

由于没有统一的网管接口，这就使你买一套某厂家的设备，就需买一套该厂家的网管系统。容易形成网络的七国八制的局面，不利于形成统一的电信管理网。

由于以上这种种缺陷，使PDH传输体制越来越不适应传输网的发展，于是美国贝尔通信研究所首先提出了用一整套分等级的标准数字传递结构组成的同步网络（SONET）体制，CCITT于1988年接受了SONET概念，并重命名为同步数字体系（SDH），使其成为不仅适用于光纤传输，也适用于微波和卫星传输的通用技术体制。本课程主要讲述SDH体制在光纤传输网上的应用。

？ 想一想：

你也许在资料中看过SDH信号能直接从高速信号中下低速信号，例如直接从622Mbit/s信号中下2M信号，为什么？这种特性跟SDH所特有的同步复用方式有关，既然是同步复用方式，那么低速信号在高速信号帧中的位置是可预见，于是从高速信号中直接下低速信号就变成了一件很容易的事了.

1.2 与PDH相比SDH有哪些优势

既然SDH传输体制是PDH传输体制进化而来的，因此它具有PDH体制所无可比拟的优点，它是不同于PDH体制的全新的一代传输体制，与PDH相比在技术体制上进行了根本的变革。

首先，我们先谈一谈SDH的基本概念。SDH概念的核心是从统一的国家电信网和国际互通的高度来组建数字通信网，是构成综合业务数字网（ISDN），特别是宽带综合业务数字网（B-ISDN）的重要组成部分。那么怎样理解这个概念呢？因为与传统的PDH体制不同，按SDH组建的网是一个高度统一的、标准化的、智能化的网络，它采用全球统一的接口以实现设备多厂家环境的兼容，在全程全网范围实现高效的协调一致的管理和操作，实现灵活的组网与业务调度，实现网络自愈功能，提高网络资源利用率，由于维护功能的加强大大降低了设备的运行维护费用。

下面我们就SDH所具有的优势（可以算是SDH的特点吧），从几个方面进一步说明。注意与PDH体制相对比。

1. 接口方面

1）电接口方面

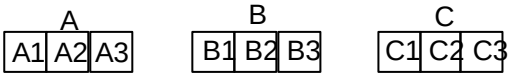
接口的规范化与否是决定不同厂家的设备能否互连的关键。SDH体制对网络节点接口（NNI）作了统一的规范。规范的内容有数字信号速率等级、帧结构、复接方法、线路接口、监控管理等。于是这就使SDH设备容易实现多厂家互连，也就是说在同一传输线路上可以安装不同厂家的设备，体现了横向兼容性。

SDH体制有一套标准的信息结构等级，即有一套标准的速率等级。基本的信号传输结构等级是同步传输模块——STM-1，相应的速率是155Mbit/s。高等级的数字信号系列例如：622Mbit/s（STM-4）、2.5Gbit/s（STM-16）等，可通过将低速率等级的信息模块（例如STM-1）通过字节间插同步复接而成，复接的个数是4的倍数，例如：STM-4＝4×STM-1，STM-16＝4×STM-4。

📖 **技术细节：**

什么是字节间插复用方式呢？

我们以一个例子来说明．有三个信号：帧结构各为每帧3个字节，若将这三



个信号通过字节间插复用方式复用成信号D，那D就应该是这样一种帧结构:帧中有9个字节，且这9个字节的排放次序如下图:

D

A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3	B3	C3

那么这样的复用方式就是字节间插复用方式．你明白了吗?

2）光接口方面

线路接口（这里指光口）采用世界性统一标准规范，SDH信号的线路编码仅对信号进行扰码，不再进行冗余码的插入。想想看，为什么会这样?

扰码的标准是世界统一的，这样对端设备仅需通过标准的解码器就可与不同厂家SDH设备进行光口互连。扰码的目的是抑制线路码中的长连“0”和长连“1”，便于从线路信号中提取时钟信号。由于线路信号仅通过扰码，所以SDH的线路信号速率与SDH电口标准信号速率相一致，这样就不会增加发端激光器的光功率代价。

2. 复用方式

由于低速SDH信号是以字节间插方式复用进高速SDH信号的帧结构中的，这样就使低速SDH信号在高速SDH信号的帧中的位置是固定的、有规律性的，也就是说是可预见的。这样就能从高速SDH信号例如2.5Gbit/s（STM-16）中直接分/插出低速SDH信号例如155Mbit/s（STM-1），这样就简化了信号的复接和分接，使SDH体制特别适合于高速大容量的光纤通信系统。

另外，由于采用了同步复用方式和灵活的映射结构，可将PDH低速支路信号（例如2Mbit/s）复用进SDH信号的帧中去（STM-N），这样使低速支路信号在STM-N帧中的位置也是可预见的，于是可以从STM-N信号中直接分/插出低速支路信号。注意此处不同于前面所说的从高速SDH信号中直接分插出低速SDH信号，此处是指从SDH信号中直接分/插出低速支路信号，例如2Mbit/s，34Mbit/s与140Mbit/s等低速信号。于是节省了大量的复接/分接设备（背靠背设备），增加了可靠性，减少了信号损伤、设备成本、功耗、复杂性等，使业务的上、下更加简便。

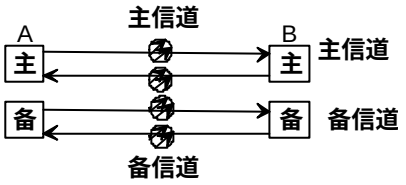
SDH的这种复用方式使数字交叉连接（DXC）功能更易于实现，使网络具有了很强的自愈功能，便于用户按需动态组网，实时灵活的业务调配。

📖 **技术细节：**

什么是网络自愈功能?

网络自愈是指当业务信道损坏导致业务中断时，网络会自动将业务切换到备用业务信道，使业务能在较短的时间（ITU-T规定为50ms以内）得以恢复正常传输．注意这里仅是指业务得以恢复，而发生故障的设备和发生故障的信道则还是要人去修复．

那么为达到网络自愈功能除了设备具有DXC功能（完成将业务从主用信道切换到备用信道）外，还需要有冗余的信道（备用信道），冗余设备（备用设备）．以下是一个具有自愈功能传输网的简单例子．



---

3. 运行维护方面

SDH信号的帧结构中安排了丰富的用于运行维护（OAM）功能的开销字节，使网络的监控功能大大加强，也就是说维护的自动化程度大大加强。PDH的信号中开销字节不多，以致于在对线路进行性能监控时，还要通过在线路编码时加入冗余比特来完成。以PCM30/32信号为例，其帧结构中仅有TS0时隙和TS16时隙中的比特是用于OAM功能。

SDH信号丰富的开销占用整个帧所有比特的1/20，大大加强了OAM功能。这样就使系统的维护费用大大降低，而在通信设备的综合成本中，维护费用占相当大的一部分，于是SDH系统的综合成本要比PDH系统的综合成本低，据估算仅为PDH系统的65.8%。

4. 兼容性

SDH有很强的兼容性，这也就意味着当组建SDH传输网时，原有的PDH传输网不会作废，两种传输网可以共同存在。也就是说可以用SDH网传送PDH业务，另外，异步转移模式的信号（ATM）、FDDI信号等其他体制的信号也可用SDH网来传输。

那么SDH传输网是怎样实现这种兼容性的呢？SDH网中用SDH信号的基本传输模块（STM-1）可以容纳PDH的三个数字信号系列和其它的各种体制的数字信号系列——ATM、FDDI、DQDB等，从而体现了SDH的前向兼容性和后向兼容性，确保了PDH网向SDH网和SDH向ATM的顺利过渡。SDH是怎样容纳各种体制的信号呢？很简单，SDH把各种体制的低速信号在网络边界处（例如：SDH/PDH起点）复用进STM-1信号的帧结构中，在网络边界处（终点）再将它们拆分出来即可，这样就可以在SDH传输网上传输各种体制的数字信号了。

B 诀窍：

在SDH网中，SDH的信号实际上起着运货车的功能，它将各种不同体制的信号（本课程主要是指PDH信号）象货物一样打成不同大小的（速率级别）包，然后装入货车（装入STM-N帧中），在SDH的主干道上（光纤上）传输．在收端从货车上卸下打成货包的货物（其它体制的信号），然后拆包封，恢复出原来体制的信号．这也就形象地说明了不同体制的低速信号复用进SDH信号（STM-N），在SDH网上传输和最后拆分出原体制信号的全过程．

1.3 SDH的缺陷所在

凡事有利就有弊，SDH的这些优点是以牺牲其他方面为代价的。

1. 频带利用率低

我们知道有效性和可靠性是一对矛盾，增加了有效性必将降低可靠性，增加可靠性也会相应的使有效性降低。例如，收音机的选择性增加，可选的电台就增多，这样就提高了选择性。但是由于这时通频带相应的会变窄，必然会使音质下降，也就是可靠性下降。相应的，SDH的一个很大的优势是系统的可靠性大大的增强了（运行维护的自动化程度高），这是由于在SDH的信号——STM-N帧中加入了大量的用于OAM功能的开销字节，这样必然会使在传输同样多有效信息的情况下，PDH信号所占用的频带（传输速率）要比SDH信号所占用的频带（传输速率）窄，即PDH信号所用的速率低。例如：SDH的STM-1信号可复用进63个2Mbit/s或3个34Mbit/s（相当于48×2Mbit/s）或1个140Mbit/s（相当于64×2Mbit/s）的PDH信号。只有当PDH信号是以140Mbit/s的信号复用进STM-1信号的帧时，STM-1信号才能容纳64×2Mbit/s的信息量，但此时它的信号速率是155Mbit/s，速率要高于PDH同样信息容量的E4信号（140Mbit/s），也就是说STM-1所占用的传输频带要大于PDH E4信号的传输频带（二者的信息容量是一样的）。

2. 指针调整机理复杂

SDH体制可从高速信号（例如STM-1）中直接下低速信号（例如2Mbit/s），省去了多级复用/解复用过程。而这种功能的实现是通过指针机理来完成的，指针的作用就是时刻指示低速信号的位置，以便在“拆包”时能正确地拆分出所需的低速信号，保证了SDH从高速信号中直接下低速信号的功能的实现。可以说指针是SDH的一大特色。

但是指针功能的实现增加了系统的复杂性。最重要的是使系统产生SDH的一种特有抖动——由指针调整引起的结合抖动。这种抖动多发于网络边界处（SDH/PDH），其频率低，幅度大，会导致低速信号在拆出后性能劣化，这种抖动的滤除会相当困难。

3. 软件的大量使用对系统安全性的影响

SDH的一大特点是OAM的自动化程度高，这也意味软件在系统中占用相当大的比重，这就使系统很容易受到计算机病毒的侵害，特别是在计算机病毒无处不在的今天。另外，在网络层上人为的错误操作、软件故障，对系统的影响也是致命的。这样系统的安全性就成了很重要的一个方面。

SDH体制是一种新生事物，尽管还有这样那样的缺陷，但它已在传输网的发展中，显露出了强大的生命力，传输网从PDH过渡到SDH已是一个必然的趋势。

？ 想一想：

在这一节你学到了些什么？

1. SDH究意是什么？
2. 为什么会出现SDH的传输体制？
3. 与PDH相对比SDH有什么优势？
4. SDH的局限性是什么？

是否已建立了SDH的整体概念？

小结

本节主要讲述了SDH体制产生的技术背景、SDH的特点，主要是建立SDH的整体概念。

习题

1. 为什么SDH体制适合大容量传输的情况?