



多媒体通信

Multimedia Communications

第4章 多媒体传输网络



2019年11月10日





第4章 多媒体传输网络

- ◆ 4.1 多媒体信息传输对网络的要求
- ◆ 4.2 多媒体通信网络类别
- ◆ 4.3 电路交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.4 分组交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.5 局域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.6 IP网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.7 IP QoS保障机制
- ◆ 4.8 无线网络对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.9 宽带用户接入网
- ◆ 4.10 下一代网络



4.1 多媒体信息传输对网络的要求

- ◆ 多媒体信息传输网络中传输的是：多媒体信息
- ◆ 多媒体信息：数据量大
- ◆ 多媒体信息的传输对网络基础设施提出较高的要求：高带宽、低延迟、支持QoS以及资源动态分配等



4.1.1 多媒体数据流的基本特征

◆ 1、比特率可变性

- 多媒体传输按其特点可以分为恒定比特率（CBR）和可变比特率（VBR）两种类型。

◆ 2、时间依赖性

- 连续媒体的传输必须是实时的，端到端的等待时间应当控制在一个很短的时间段内。

◆ 3、信道是否对称

- 根据多媒体应用类型的不同，上行和下行信道的通信带宽可能是对称的，也可能是不对称的。



4.1.2 多媒体通信的性能需求

◆ 1、吞吐量需求（Throughput）

- 吞吐量是指网络传送二进制信息的速率，也称比特率，或带宽，它反映了网络的**最大极限容量**。有的多媒体应用所产生的数据速率是恒定的，称为恒比特率（CBR）应用；而有的应用则是变比特率（VBR）的。
- 影响网络吞吐量的因素主要有：**网络故障、网络拥塞、瓶颈、缓冲区容量和流量控制**。

◆ 典型业务吞吐量

- 高清晰度电视（HDTV）：20-40 Mb/s（MPEG-2压缩）
- 会议质量的电视：64 kb/s（H.263或MPEG-4压缩）
- 高质量话音：48-64 kb/s（压缩后）



4.1.2 多媒体通信的性能需求

◆ 2、传输延时

- 传输延时定义为信源发送出第一个比特到信宿接收到第一个比特之间的时间差，它包括电（或光）信号在物理介质中的传播延时和数据在网络中的处理延时（如复用/解复用时间、在节点中的排队和切换时间等）。
- 另一个经常用到的参数是**端到端的延时**，通常指一组数据在信源终端上准备好发送的时刻，到信宿终端接收到这组数据的时刻之间的时间差，它包括在发端数据准备好而等待网络接收这组数据的时间、传送这组数据的时间和网络的传输延时三部分。



4.1.2 多媒体通信的性能需求

◆ 3、错误率

- 在传输系统中产生的错误由以下几种方式度量：
- （1）误码率BER（Bit Error Rate），指在从一点到另一点的传输过程中残留的错误比特的频数。
- （2）包错误率PER（Packet Error Rate），是指同一个包两次接收、包丢失、或包的次序颠倒而引起的包错误。
- （3）包丢失率PLR（Packet Loss Rate），它与PER类似，但只关心包的丢失情况。



4.1.2 多媒体通信的性能需求

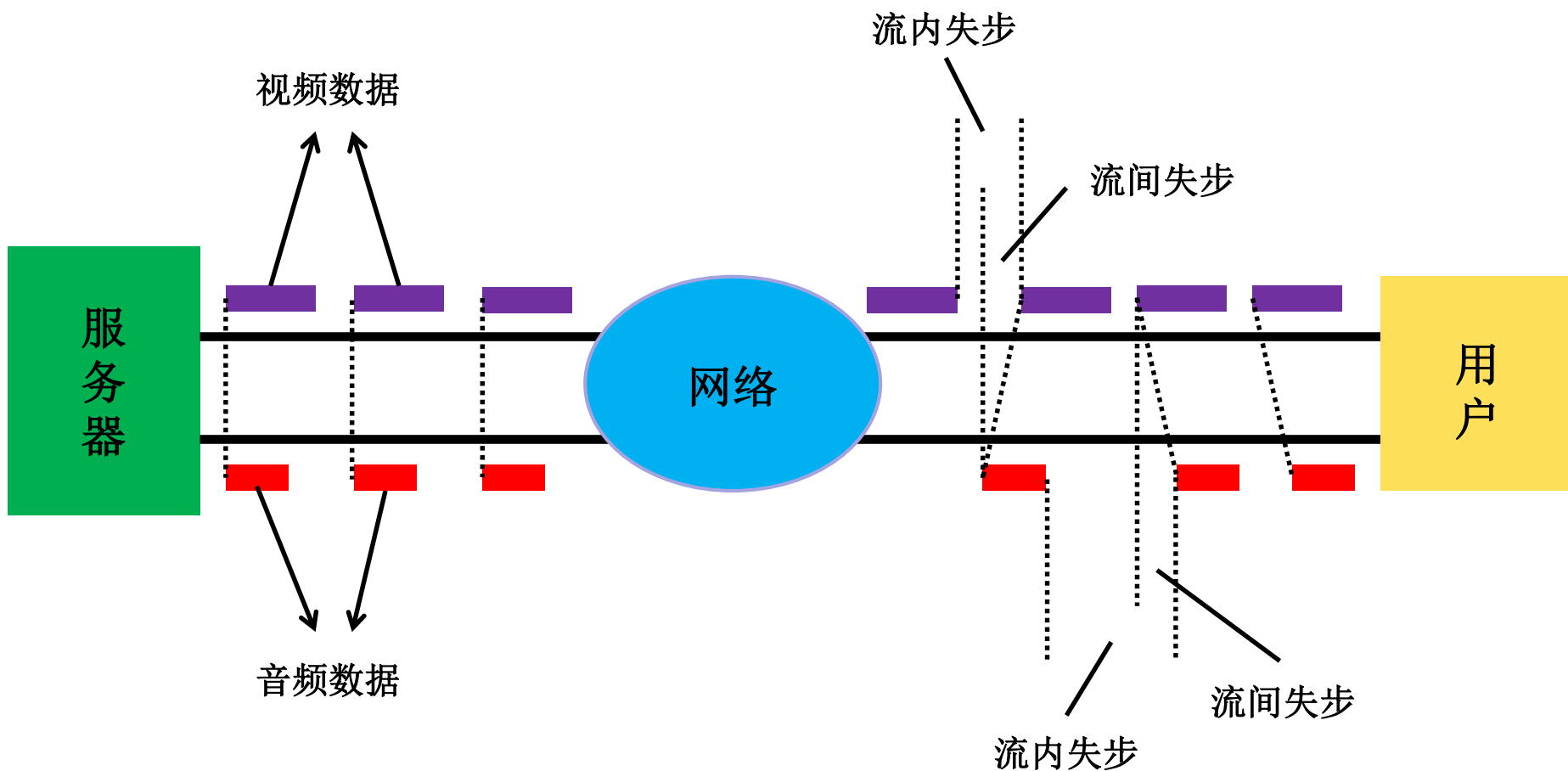
详见《第三章 多媒体同步机制》

◆4、同步需求

- 流间同步：流间同步是不同媒体间的同步，和具体应用有关，是一种端到端的服务。
- 流内同步：流内同步是保持单个媒体流内部的时间关系，即按照一定的延迟和抖动约束来传送媒体分组流，以满足感官上的需要。

详见《第三章 多媒体同步机制》

延时抖动对多媒体同步的破坏





4.1.3 多媒体通信网络功能

◆ 1. 单向网络和双向网络

- 单向网络指信息的传输只能沿一个方向进行的网络，如传统的有线电视（CATV）网，信息只能从电视中心向用户传输，而不能反之。
- 支持在两个终端之间、或终端与服务器之间互相传送信息的网络称为双向网络。当两个方向的通信信道的带宽相等时，称为双向对称信道；而带宽不同时，则称为双向不对称信道。

◆ 2. 单播、多播和广播

- 单播（Unicast）是指点到点之间的通信；广播（Broadcast）是指网上一点向网上所有其他点传送信息；多播（Multicast）、或称组播，则是指网上一点对网上多个指定点传送信息。

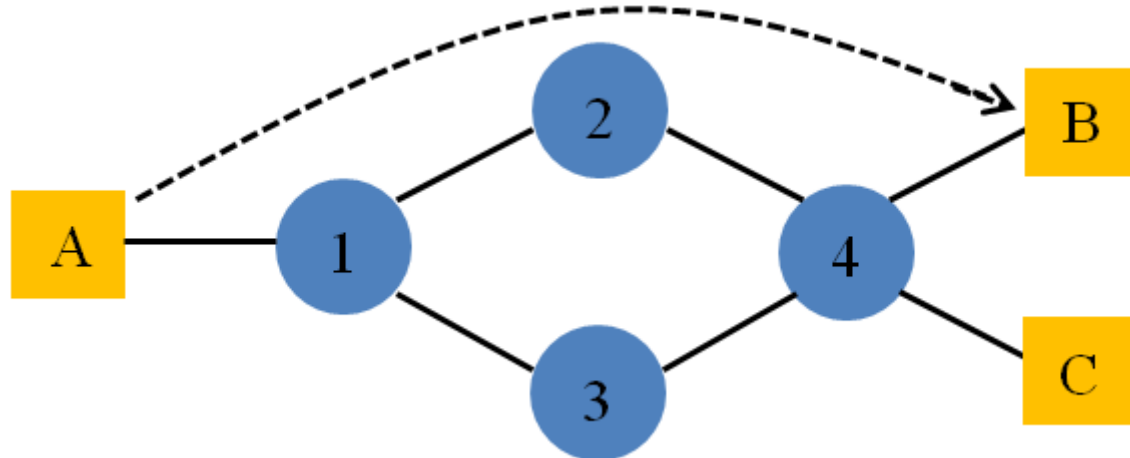


第4章 多媒体传输网络

- ◆ 4.1 多媒体信息传输对网络的要求
- ◆ 4.2 多媒体通信网络类别
- ◆ 4.3 电路交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.4 分组交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.5 局域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.6 IP网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.7 IP QoS保障机制
- ◆ 4.8 无线网络对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.9 宽带用户接入网
- ◆ 4.10 下一代网络

◆ 1、电路交换网络

- 在电路交换网络中，一旦两个终端之间通过信令协议建立起了一条经过网络的通信连接，它们之间就独占了一条物理信道。



A到B之间建立物理通道



4.2.1 电路交换网络和分组交换网络

◆ 电路交换网络的优点：

- 1、在整个会话过程中，网络所提供的固定的比特率是得到保障的；
- 2、路由固定，虽然信号传输之前存在一段建立通信连接的延时，但连接建立后传输延时短，延时抖动只限于物理抖动。

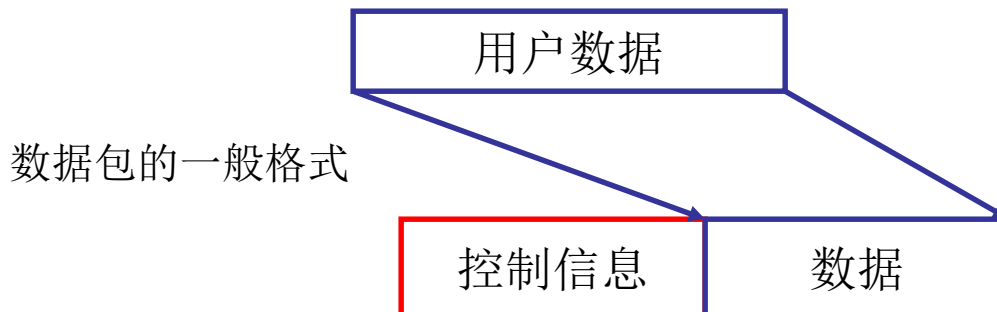
◆ 电路交换网络的缺点：

- 1、带宽利用率低；
- 2、不支持多播，这些网络是为点到点的通信而设计的。

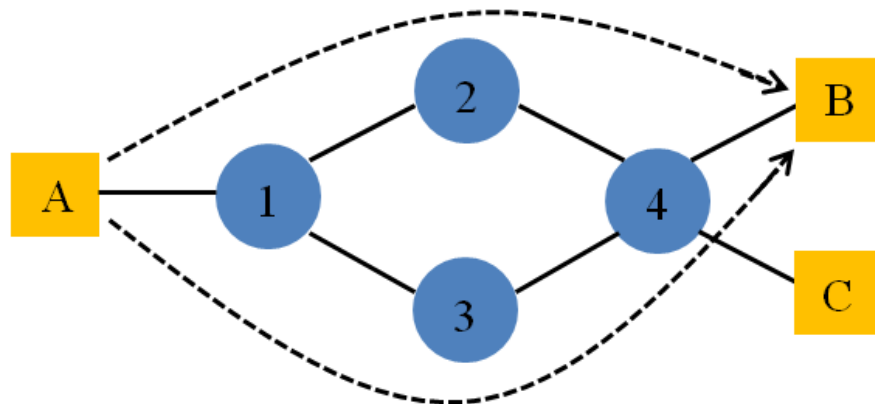
◆ 普通公用电话网（PSTN）、窄带综合业务网（N-ISDN）、数字数据网（DDN）都属于电路交换网络。

◆ 2、分组交换网络

- 分组交换网络，也称包交换。在分组交换网络中，信息不是以连续的比特流的方式来传输，而是将数据流分割成小段，每一段数据加上头和尾，构成一个包、或称为分组，一次传送一个包。分为数据报和虚电路两种工作模式。
- 局域网、传统的数据传输网络X.25、帧中继，以及IP网都属于分组交换网络。



- ◆在**数据报模式**中，为了将同一线路上的不同信源的数据包区分开，每一个数据包的包头都含有信宿的标识，网络根据标识将数据包正确地传送至目的地。
- ◆在**虚电路模式**中，两个终端在通信之前必须通过网络建立逻辑上的连接，信源发送的所有数据包均通过该路径顺序地传送到信宿，通信完成后拆除该连接。





4.2.1 电路交换网络和分组交换网络

◆ 分组交换网络的优点：

- 1、带宽利用率高；
- 2、能够使用优先级别，从而提供定性的QoS服务；
- 3、有的分组交换网允许在一次连接中建立多条逻辑通道，对多媒体信息传输很有利。

◆ 分组交换网络的缺点：

- 1、由于采用存储转发机制，传输**延时**较大；
- 2、网络性能（占有比特率、传输延时和延时抖动）随网络负荷的增加而恶化；严重时还产生**包的丢失**；
- 3、在数据报模式下，包的**到达顺序**可能不是它们的发送顺序。



4.2.2 面向连接方式和无连接方式

- ◆ 在面向连接的网络中，两个终端之间必须首先建立起网络连接，即网络接纳了呼叫并给予连接，然后才能开始信息的传输。
- ◆ 在无连接的网络中，一个终端向另一个终端传送数据包并不需要事先得到网络的许可。
- ◆ **电路交换网络是面向连接**的。连接可以通过呼叫动态地建立，也可以是永久性、或半永久性的专线连接。
- ◆ **分组交换的网络**则可分为**面向连接**和**无连接**的两种：采用虚电路模式的，如帧中继、ATM和MPLS属于面向连接的，而采用数据报模式的，如以太网、无线局域网（WLAN）和互联网是无连接的。



第4章 多媒体传输网络

- ◆ 4.1 多媒体信息传输对网络的要求
- ◆ 4.2 多媒体通信网络类别
- ◆ 4.3 电路交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.4 分组交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.5 局域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.6 IP网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.7 IP QoS保障机制
- ◆ 4.8 无线网络对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.9 宽带用户接入网
- ◆ 4.10 下一代网络



4.3.1 电路交换广域网

◆广域网（Wide-Area Network）是指跨越长距离、并需要使用干线传输系统和节点设备的网络。电路交换的广域网通常由电信部门运营。

◆广域网具有以下特点：

- 1、适应大容量与突发性通信的要求；
- 2、适应综合业务服务的要求；
- 3、开放的设备接口与规范化的协议；
- 4、完善的通信服务与网络管理。



4.3.1 电路交换广域网

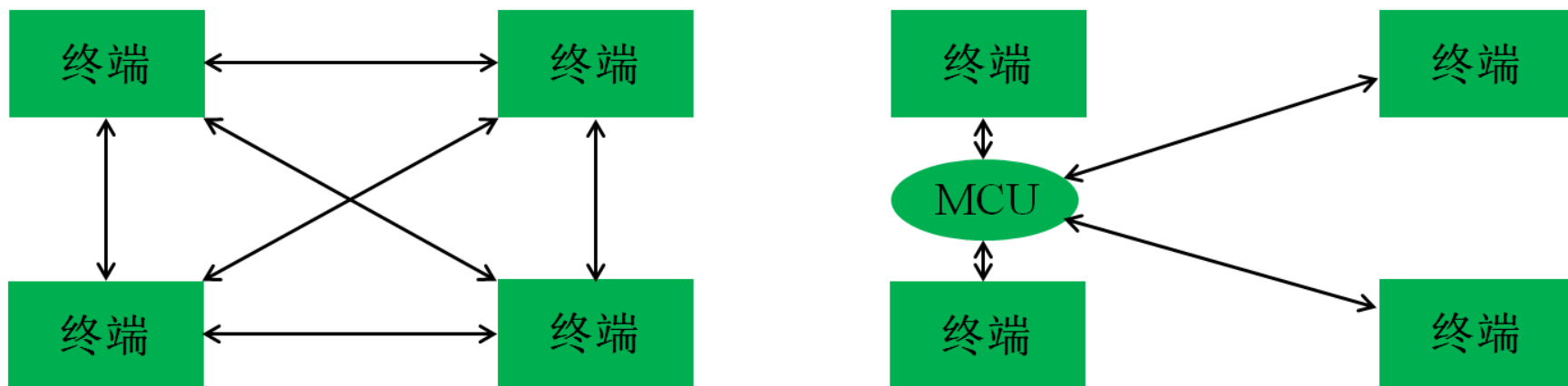
◆ 典型的电路交换广域网有以下几种：

- 公用电话网（PSTN）：本地回路使用双绞线传输，信道带宽较窄，而且是模拟的，多媒体信息需要通过调制/解调器接入，可支持低速率的多媒体业务，如低质量的可视电话和多媒体会议等。。
- 窄带综合业务网（N-ISDN）：既可以通过交换机，也可以用专线方式提供业务，可用于中等质量或较高质量的会议电视。
- 数字数据网（DDN）：提供永久、或半永久连接的数字信道，传输速率较高，适于多媒体信息的实时传输。

MC 4.3.2 多点控制单元

在只支持点到点通信的电路交换网络中，要实现 n 个用户之间的会议型服务，必须在每两个参与者之间建立一条双向的链路，共需要 C_n^2 条链路。

加入**多点控制单元 (MCU)** 支持多播的功能，则一个4用户系统，只需要建立4对线路。此时，用户终端的多媒体数据传送到MCU，经过MCU的处理再返回各个终端。



电路交换网络中实现多点通信的两种方式



第4章 多媒体传输网络

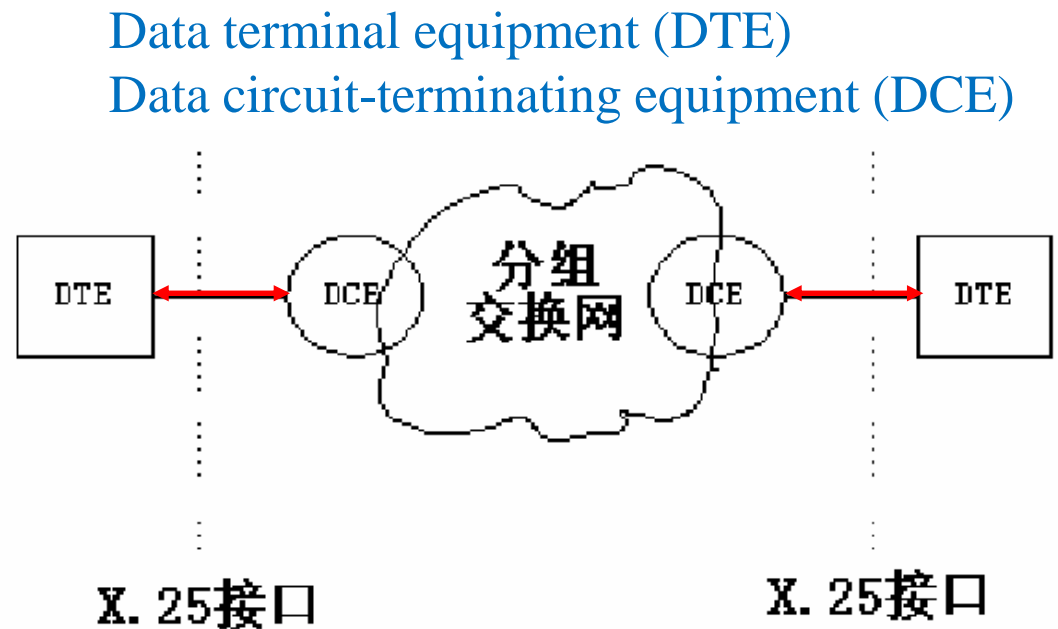
- ◆ 4.1 多媒体信息传输对网络的要求
- ◆ 4.2 多媒体通信网络类别
- ◆ 4.3 电路交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.4 分组交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.5 局域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.6 IP网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.7 IP QoS保障机制
- ◆ 4.8 无线网络对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.9 宽带用户接入网
- ◆ 4.10 下一代网络

MC X.25建议

X.25是由ITU第VII组根据一系列的数字网络计划发展出来的，象在Donald Davies领导下的英国的国家物理实验室的研究项目， Donald Davies率先提出了分组交换的概念。

CCITT X.25建议1976年在日内瓦制定，它为公用数据网上以分组方式工作的终端制定了DTE与DCE之间的接口。

X.25的首要原则是在一个基于位**差错校验**创建一个模拟电话网络之上的全球性的分组交换网络。X.25模型实质上是建立基于面向连接的**虚电路**，通过DTE来提供给用户看似点对点链接的虚连接。



MC 4.4.1 帧中继

- ◆ 帧中继是一种面向连接的快速分组交换技术。它可以用于语音、数据通信，既可用于局域网（LAN）也可用于广域网（WAN）的通信。
- ◆ 帧中继不直接与终端设备相连，它是针对局域网之间互联和多个信源的数据流而设计的，通常与它直接相连的设备是路由器、网关等。
- ◆ 帧中继实质上是由X.25分组交换技术演变而来的：它一方面继承了X.25的优点，如提供统计复用功能、永久虚电路、交换虚电路等；另一方面又改进了X.25的性能。

MC 4.4.1 帧中继

◆对X.25的改进主要表现在两个方面：

- 一是提高了网络传输速率，带宽一般为64 kb/s-2 Mb/s，在有些情况下，可能达到140 Mb/s左右；
- 二是简化了大量的网络功能，网络不再提供流量控制、纠错和确认等功能，由用户终端根据需要自行解决。这样，就可以减少网络时延，降低通信费用。

◆帧中继缺点

- 帧中继最大的问题是没有业务质量等级的相关规定，不能满足高质量业务的QoS要求。



4.4.2 ATM网络

- ◆传统的电路交换和分组交换网络在满足多媒体通信的大数据量，实时性等方面存在不同的缺陷；为了适应多媒体信息传输，需要一种新型的交换技术，ATM技术正式在这样的技术要求的前提下提出来的。
- ◆ATM概念：在通信领域，ATM（**Asynchronous Transfer Mode**）表示异步转移模式，即信息分组是异步传送的。该模式又是一种快速分组交换方式。
- ◆ATM及其相关技术的最早研究工作是在1988年正式由国际电信联盟推荐其为B-ISDN的信息传递模式，并在1990年提出的一组建议中将这一推荐正式确认下来。ATM不是由具体的业务需求所驱动，它完全是为未来宽带综合业务网而特别开发的技术。



4.4.2 ATM网络

- ◆ ITU-T在I.113建议中定义：ATM是一种异步时分复用的面向分组的特定的转移模式，这里，“转移”包含传输和交换。在ATM中，信息转送的基本单元称为信元(cell)。
- ◆ ATM网将所发送的信息首先分解成一定长度的信息块，并在各数据块前装配地址、丢失优先级等控制信息（称为信元头），形成信元以统计时分复用的方式传输，当各终端的信息比特流在链路控制中形成为完整的信元后，就按先到先服务的原则，将信元及时插入信道中的空闲时隙内，插入的位置无周期性，因此，这种传送方式是异步传送。



4.4.2 ATM网络

◆ 1、ATM的特点

- 面向连接的传输机制
- 以信元(Cell)为信息传输单位
- 基于ATM交换机的交换式网络
- 多种速率接口
- 多种服务类型
- 高层进行差错控制和流量控制

异步转移模式**ATM**不是根据时隙位置来识别信道的，它采用异步时分（统计时分）方式，利用时隙中的标记来识别信道和完成信息交换的。因此，**ATM**中不需要同步信号进行时隙定位，这就是“异步”的含义。

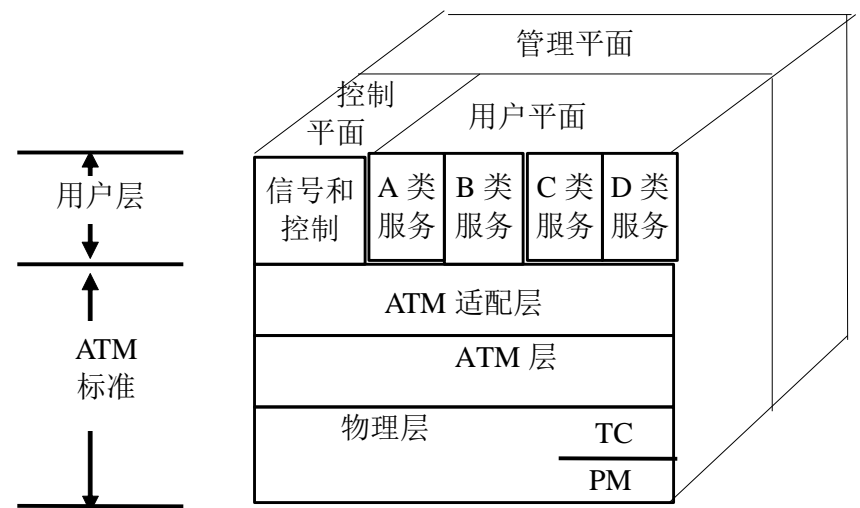


4.4.2 ATM网络

2、ATM网络参考模型

◆ ATM网络的目的是给出的一套与网络传输的信息类型无关的网络服务，这些服务是通过ATM参考模型定义的。如下页图所示，是ATM网络参考模型。这是一个立体模型，它从水平分为层，从垂直上分为面。

◆ 从上面（垂直方向），模型分为3个平面：用户平面；控制平面和管理平面。

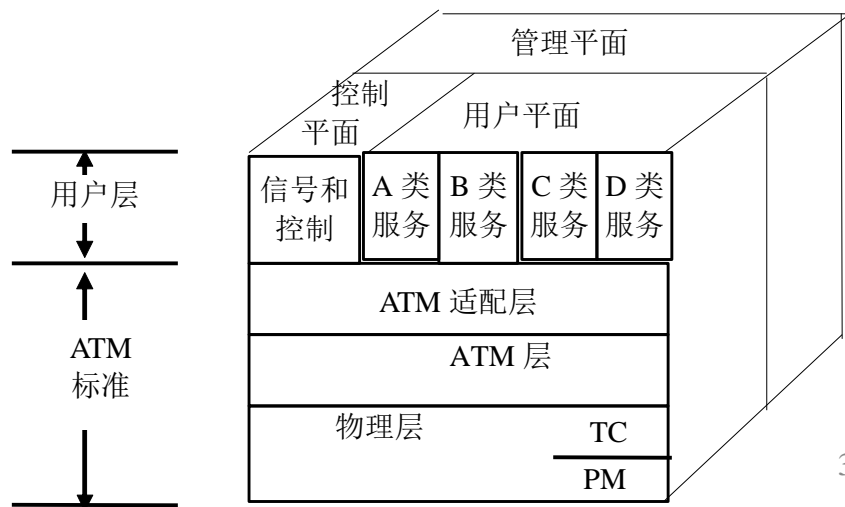




4.4.2 ATM网络

2、ATM网络参考模型

- **用户平面**：具有分层结构，提供用户所要求的应用、协议和服务；
- **控制平面**：也具有分层结构，包括呼叫建立、维护以及撤销连接等有关的功能；
- **管理平面**：提供层管理和平面管理二部分功能。层管理执行各层实体间的控制交互管理，平面管理则执行与系统整体有关的管理功能，协调各平面之间的关系。
- 管理平面执行本地管理功能，无须分层，而用户和控制平面可分为物理层、ATM层、ATM适配层和用户层（高层）。





4.4.2 ATM网络

2、ATM网络参考模型

(1) 物理层

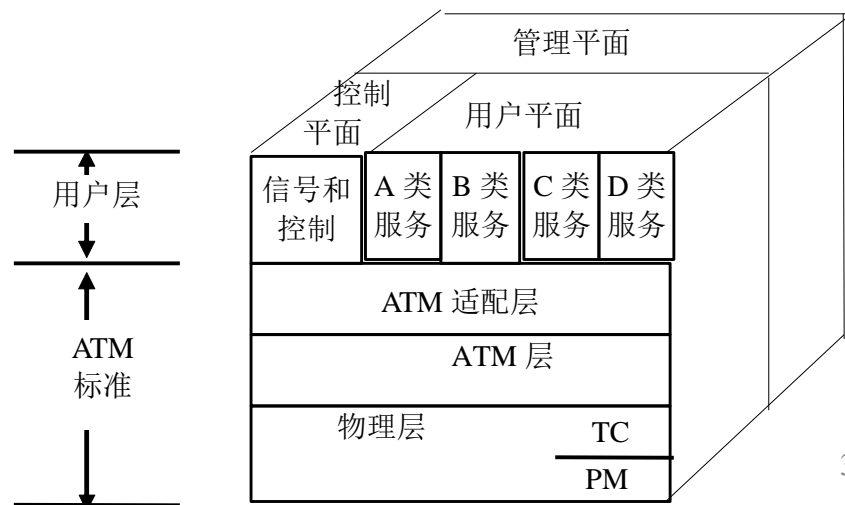
ATM物理层由两个子层组成：传输汇聚TC子层和物理介质PM子层，主要完成物理线路编码和信息传输的功能。

(2) ATM层

ATM层主要定义了面向连接的信元传输服务机制和通信规程，对网络中的用户和用户应用提供一套公共的传输服务。

(3) ATM适配层

ATM适配层AAL(ATM Adaptation Layer)的作用是增强ATM层所提供的服务，负责适配从用户层来的信息，以形成ATM网可以利用的格式。



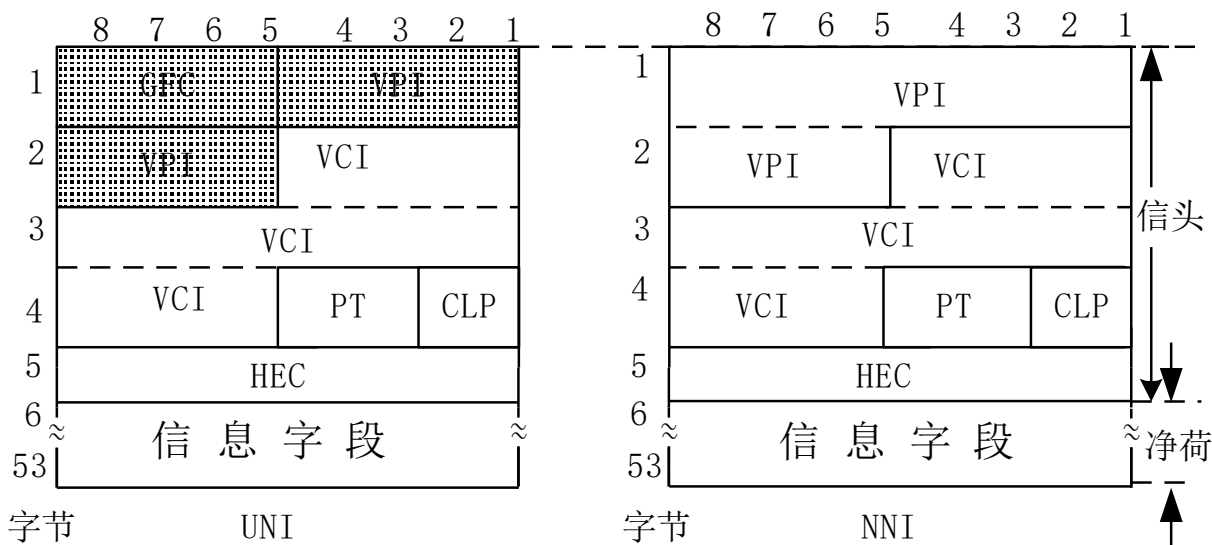


4.4.2 ATM网络

2、ATM网络参考模型：ATM的信元结构

ATM信元是一个固定长的信息块，它是由**5个字节的信元头**和**48字节的信息段**组成。这里的“信息段”有时被称为“净荷”。

ATM的信元头具有两种格式，分别用于**用户网络接口UNI**和**网络节点接口NNI**。UNI是用户终端设备与网络接口，而NNI是网络节点之间的接口。信息段携带来自上一层的信息，也就是ATM协议层的服务数据单元。



UNI和NNI处的ATM信元结构



4.4.2 ATM网络

2、ATM网络参考模型：ATM的信元结构

- ◆ (1) GFC (Generic Flow Control) 一般流量控制
 - GFC共四个比特，它的作用是用于实现端到交换机的流量控制。我们知道，B-ISDN的网络端接设备允许有多个接口连接用户终端。多个用户终端设备共享缓存器、接口电路等资源，因此，需要对它们发送的业务量进行控制，以减少可能出现的网络过载现象。
- ◆ (2) VPI (Virtual Path Identifier) 虚拟路径标识符
 - 标识ATM中一条虚拟路径连接。在一个接口上将若干虚拟通道VC集中组成一个虚拟路径VP，并以虚拟路径作为网络管理的单位。
- ◆ (3) VCI (Virtual Channel Identifier) 虚拟通道标识符
 - 标识ATM中一条虚拟通道连接。它将随呼叫的发生而生成，随呼叫的释放而取消。

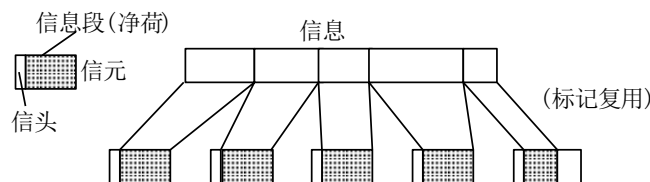


4.4.2 ATM网络

2、ATM网络参考模型：ATM的信元结构

- ◆ (4) PT (Payload Type) 净负荷类型
 - 指示信元中的有效负荷（信息段）是用户信息还是网络信息，PT是3bit的净负荷类型信息，通过PT编码可以看出，它可以用来完成一定的与拥塞控制和操作维护管理相关的功能。
- ◆ (5) CLP (Cell Loss Priority) 信元丢失优先级
 - CLP是1bit的信元丢失优先权的信息，指示当网络发生拥塞时应优先丢弃那些信元。CLP=0的信元具有较高的优先级，是确保一定的通信质量所必需的信元。当网络出现拥塞现象时，可以抛弃CLP=1的信元，而保留CLP=0的信元。
- ◆ (6) HEC (Header Error Control) 信元头差错控制
 - 用来进行信元头差错控制，确保信元头的正确，用作保护整个信元头中的信息，并作信元定界用。它可以进行多比特的差错控制检测和1比特的纠错，以防止因VPI或VCI出错，信元串入其它用户终端而形成干扰。

4.4.2 ATM网络 ATM的优点



◆ ATM技术得以实现的条件在于光纤的使用和VLSI技术的发展。由于光纤传输误码率很低（ 10^{-9} 数量级）、传输容量大，通信网只需进行信息传输，而流控制和误码控制大部分都可留给终端。VLSI则使协议可用硬件实现，能够经济地实现高速交换。ATM技术的优点可归纳如下：

◆ (1) 信元长度固定

- 采用对字节的定长信元（**5字节信头和48字节信息段**），信头中包括数据的类型及发送端、接收端等信息，还可将对时间敏感的媒体数据加上时间码，以保证多媒体数据的无缝传输，该信元长度兼顾了效率和时延两个方面的需求。信元可携带任何类型的信息，包括语音、数据、视频以及图像等。



4.4.2 ATM网络

ATM的优点

- ◆ (2) 面向连接
 - ATM在网络的端点间使用“虚连接”概念，可充分利用网内的物理链路和设备。ATM用面向连接的技术代替了把数据报文发送到网络上，再由路由器传送的方法，用嵌入式的层次化寻址代替了以往的复杂数据链路层和网络层地址复合机制，大大提高了整个网络的效率。
- ◆ (3) 可伸缩性
 - 可伸缩性是ATM的重要特性之一。它表现在ATM可以根据信源（业务）产生数据的速率，即按信源的传输需求，动态地分配带宽，从而充分利用资源。ATM的这一优点，来自于它基于交换的体系结构和为系统内各部件所通用的信元格式。
- ◆ (4) 可扩充性
 - ATM为用户提供了规模可缩放的网络，把逻辑子网和物理子网分开，允许网络管理员建立一个跨越物理子网的、在物理上分开的逻辑用户组成的逻辑用户组或虚拟网络，ATM提供了单一的转换机制用于传输话音、数据、视频以及图像等各种信息，从而为WAN与LAN间互连，消除了障碍，铺平了道路。
- ◆ (5) 网络简化
 - 在高速网中，快速通信要求节点功能尽量简单。ATM通过三种途径简化了网络节点功能：利用光纤的低误码率、ATM信元大小固定以及预先建立连接。



4.4.2 ATM网络

ATM的优点

◆ (5) 网络简化

- 在高速网中，快速通信要求节点功能尽量简单。ATM通过三种途径简化了网络节点功能：利用光纤的低误码率、ATM信元大小固定以及预先建立连接。

◆ (6) 统计复用

- ATM中，时隙不再固定地分配给某一特定的呼叫，只要时隙一空闲，任何一个允许接入的呼叫都能占用空闲时隙。要做到这一点，必须在输入端配置缓冲器。呼叫的信息先存入缓冲器中等待，以便时隙一空闲就去占用。这就是所谓的统计复用。ATM的资源利用率大于STM，对突发业务，可大到二倍左右，这也正是ATM的优点之一。

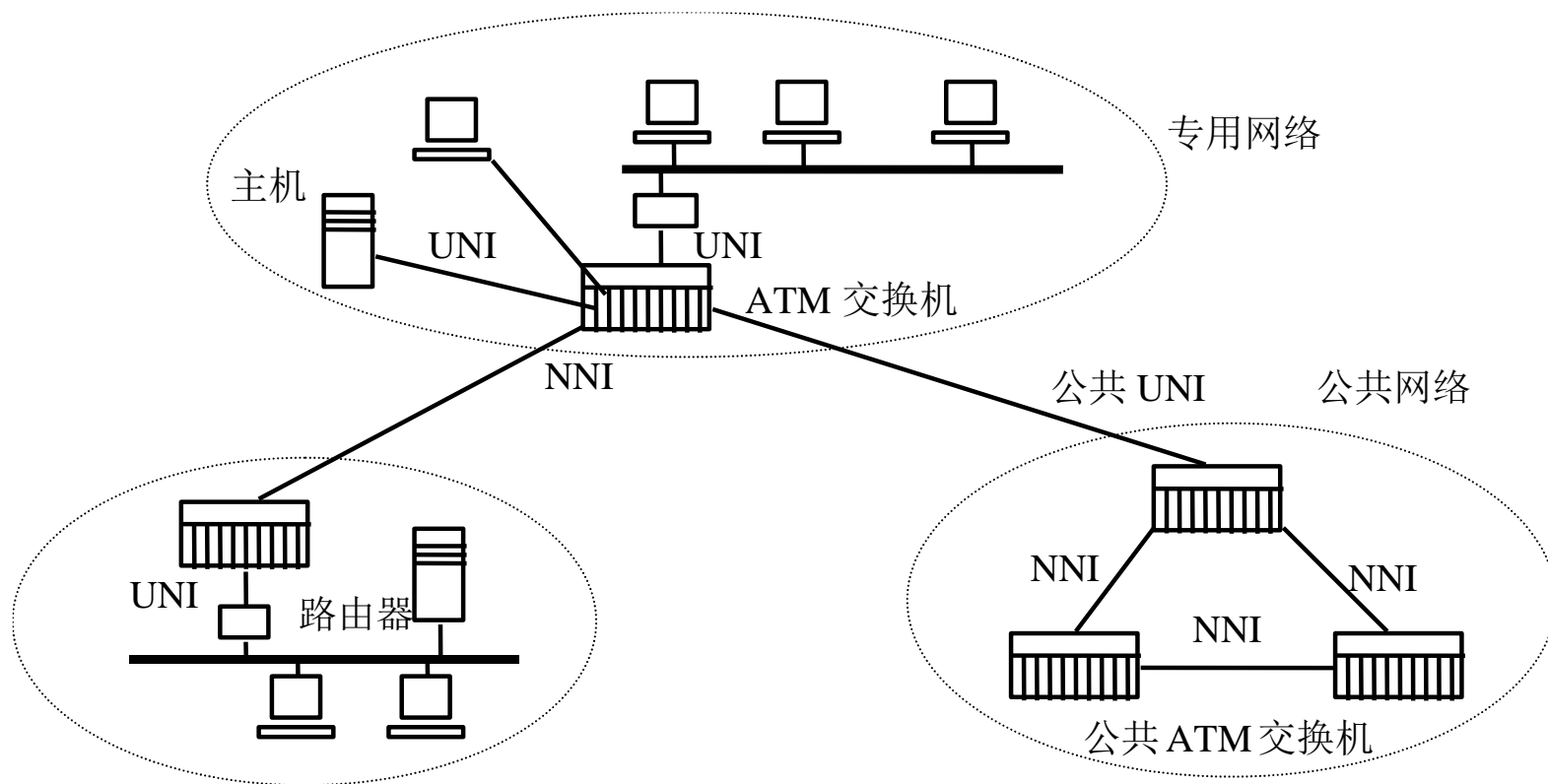
◆ (7) 通信集成

- 使用统一的信元格式，使得不同信源（业务）的信息都可以经过切割封装成统一格式的信元，信元格式与信源无关，便于集成。无论是哪种信息源（业务），ATM网络都采用相同的处理模式，而且，ATM可以根据信息的紧缓需要而采用异步的交叉性的组织发送（体现在带宽的动态分配上）；更重要的是，来自不同适配层的单元，信令和管理数据都被融合在统一的信元格式中，所以说，在ATM中实现的是真正的通信集成。

4.4.2 ATM网络

3、ATM网络结构

◆ ATM网可作为主干网构成城域网或广域网，以及应用于ATM局域网中。下图所示为ATM主干网络结构。





4.4.2 ATM网络

ATM网络对多媒体信息的适配

◆ ATM网络采用异步传输方式，具有高通信速率、低时延、按需分配带宽等特点，核心是基于信元的交换和复用。ATM网络主要分物理层（PHY）、ATM层、ATM适配层（AAL）和应用高层。

◆ 物理层完成信元组帧和传输，ATM层完成信元的交换和复用，AAL层适配从高层传输来的业务数据，特别适用于多媒体数据流的传输。具体可以体现为以下几个特征：

- （1）网络传输的宽带化
- （2）业务传输的综合化
- （3）为多媒体传输提供服务质量保证
- （4）动态分配带宽以适应突发数据的传输



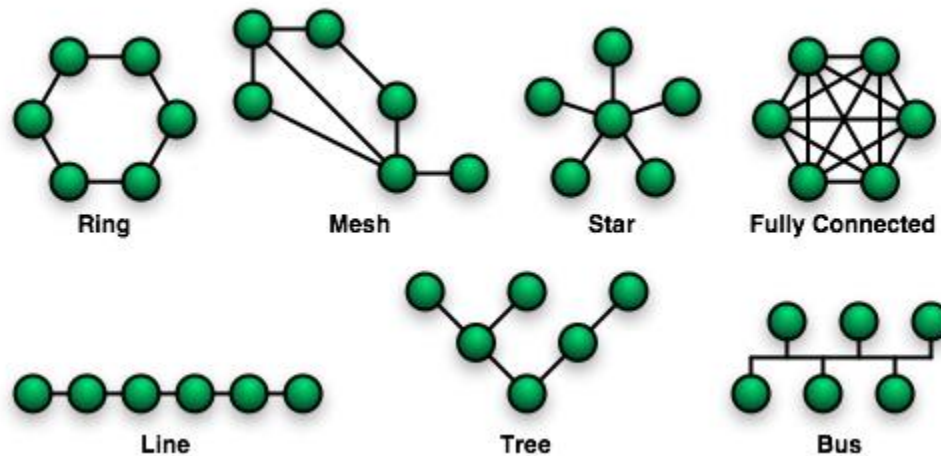
第4章 多媒体传输网络

- ◆ 4.1 多媒体信息传输对网络的要求
- ◆ 4.2 多媒体通信网络类别
- ◆ 4.3 电路交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.4 分组交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.5 局域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.6 IP网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.7 IP QoS保障机制
- ◆ 4.8 无线网络对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.9 宽带用户接入网
- ◆ 4.10 下一代网络

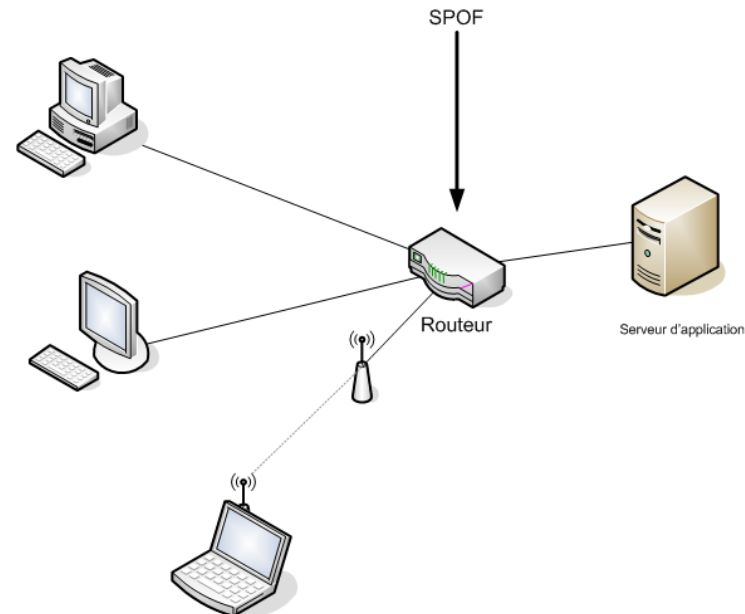
MC 4.5.1 局域网

- ◆ 局域网（Local Area Network, LAN）是计算机网络中的概念，它是指在一个建筑物内或一个园区内的独立计算机网。
- ◆ 传统的局域网包括以太网（Ethernet）、令牌环（Token Ring）和FDDI（Fiber Distributed Interface）。
- ◆ 由于近年来网络技术的发展使得以太网成为最重要的局域网，大量的多媒体终端设备都支持以太网接口；同时，以太网也成为颇具潜力的城域网甚至广域网技术。

- ◆ 传统局域网通信的共同特点是将所有的终端都连接到一个共同的传输介质（例如一条同轴电缆、一对双绞线、或一根光缆）上。
- ◆ 局域网的几种常见拓扑结构是总线、树形、环形和星形等。



- ◆ 出于安全性和可靠性的考虑，可能不太希望将太多站连接到一个传输介质上；而且局域网的性能会随着站数目的增加或传输介质的长度的增加而降低。
- ◆ 此时，可以将共享的介质分成段，每段连接一定数目的站，称为网段。网段之间用桥、或路由器相连。





4.5.2 局域网通信的特点

- ◆为了实现多对站之间的同时通信，发送信息的站将数据流分成段（称为帧），在各自占有传输介质的时间间隙内，逐段将数据发送出去。这实际上是一种异步时分复用模式。
- ◆发送站在何时取得介质的占有权取决于一套预先制定的规则，称为**介质访问控制MAC**（Medium Access Control）协议，协议的不同形成了不同类型的LAN。
- ◆介质访问控制，提供寻址及媒体存取的控制方式，使得不同设备或网络上的节点可以在多点的网络上通讯，而不会互相冲突，上述的特性在局域网或者城域网中格外重要。

MC 4.5.3 以太网



◆以太网（Ethernet）是一种计算机局域网组网技术。IEEE制定的IEEE 802.3标准给出了以太网的技术标准。它规定了包括物理层的连线、电信号和介质访问层协议的内容。以太网是当前应用最普遍的局域网技术。它很大程度上取代了其他局域网标准，如令牌环（Token Ring）、FDDI和ARCNET。

◆以太网的标准拓扑结构为**总线型拓扑**，但目前的快速以太网（100BASE-T、1000BASE-T标准）为了最大程度地减少冲突，最大程度地提高网络速度和使用效率，使用交换机（Switch hub）来进行网络连接和组织。这样，以太网的拓扑结构就成了**星型**，但在逻辑上，以太网仍然使用总线型拓扑和CSMA/CD（Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection）的总线争用技术。

MC 4.5.3 以太网

◆ 载波侦听多路访问 / 碰撞检测 (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD)

- 此方案要求设备在发送帧的同时要对信道进行侦听，以确定是否发生碰撞，若在发送数据过程中检测到碰撞，则进行如下碰撞处理操作：
 - (1) 发送特殊阻塞信息并立即停止发送数据：特殊阻塞信息是连续几个字节的全1信号，此举意在强化碰撞，以使得其它设备能尽快检测到碰撞发生。
 - (2) 在固定时间内等待随机的时间，再次发送。
 - (3) 若依旧碰撞，则采用截断二进制指数避退算法进行发送。即十次之内停止前一次“固定时间”的两倍时间内随机再发送，十次后则停止前一次“固定时间”内随机再发送。尝试16次之后仍然失败则放弃传送。
- 此方案应用于以太网(DIX Ethernet V2)标准，IEEE 802.3标准。

MC 4.5.3 以太网

◆ 以太网的类型

- 早期的以太网（兆比特以太网）
- 10Mbps以太网
- 100Mbps以太网（快速以太网）
- 1Gbps以太网（吉比特以太网）
- 10Gbps以太网（10吉比特以太网）
- 100Gbps以太网（100 G以太网）



4.5.4 令牌环 (Token Ring)

- ◆ 令牌环网络的基本原理是利用令牌（代表发信号的许可）来避免网络中的冲突，与使用冲突检测算法CSMA/CD的以太网相比，提高网络的数据传送率。
- ◆ 此外，还可以设置传送的优先度。一个4M的令牌环网络和一个10M的以太网数据传送率相当，一个16M的令牌环网络的数据传送率接近一个100M的以太网。
- ◆ 该网络不可复用，导致网络利用率低下。当网络中一个结点拿到令牌使用网络后，不管此结点使用多少带宽，其它结点必须等待其使用完网络并放弃令牌后才有机会申请令牌并使用网络。此外网络中还需要专门结点维护令牌。
- ◆ 令牌环也暗示了除了使用令牌外，这还是一个环形的网络拓扑。

MC 4.5.5 FDDI

- ◆ 光纤分布式数据接口（Fiber Distributed Data Interface, FDDI）是美国国家标准学会制定的在光缆上发送数字信号的一组协议，FDDI用于**环型网**，以光缆作为传输介质，数据传输速率可达到100Mbit/s
- ◆ FDDI采用**双环**结构，主环进行正常的数据传输，次环为冗余的备用环，一旦主环链路发生故障，则备用环的相应链路就代行其工作，使FDDI具备较强的容错能力。FDDI网络的覆盖区域比较大，可以在100公里以上的距离支持500台计算机，较长的传输距离，相邻站间的最大站间距离为200公里。
- ◆ FDDI通常用作骨干网，用得最多的是用作 LAN 或校园环境大楼之间的骨干网（连接桥接器）。这种环境的特点是站点分布在多个建筑物中。连接具有许多局域网段和大图形传输、语音和视频会议以及其他带宽要求大的应用产生的繁重流量的大型网络。



第4章 多媒体传输网络

- ◆ 4.1 多媒体信息传输对网络的要求
- ◆ 4.2 多媒体通信网络类别
- ◆ 4.3 电路交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.4 分组交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.5 局域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ **4.6 IP网对多媒体信息传输的支持**
- ◆ 4.7 IP QoS保障机制
- ◆ 4.8 无线网络对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.9 宽带用户接入网
- ◆ 4.10 下一代网络



4.6.1 IP网

- ◆ IP网指使用一组称为因特网（Internet）协议的网络。因特网是由1969年开始的美国国防部的研究网络ARPAnet发展而来；
- ◆ 20世纪80年代出现的著名的TCP/IP促进了该网络的发展，使其连接范围扩展到大学、研究单位、政府机关、公司的机构；
- ◆ 20世纪90年代中期出现的World Wide Web技术进一步推动了因特网的迅速发展，使之演变成为一个世界范围内的、最具影响力的信息网络。

MC 4.6.1 IP网

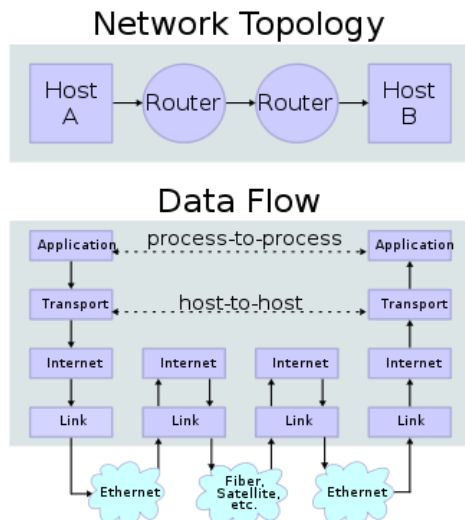
◆ 网际互联的原理

- 单个网络内的资源往往无法满足用户的需求。为了让用户能够利用所在网络范围之外的资源，就需要将各种不同类型（如使用不同传输介质和/或不同通信协议）的网络互相连接起来，使得位于任何成员网络（或称为子网络）上的两个站点之间能够互相通信。TCP/IP协议较好地解决了这一个问题。

TCP/IP字面上代表了两个协议：

TCP（传输控制协议）和**IP**（网际协议）。

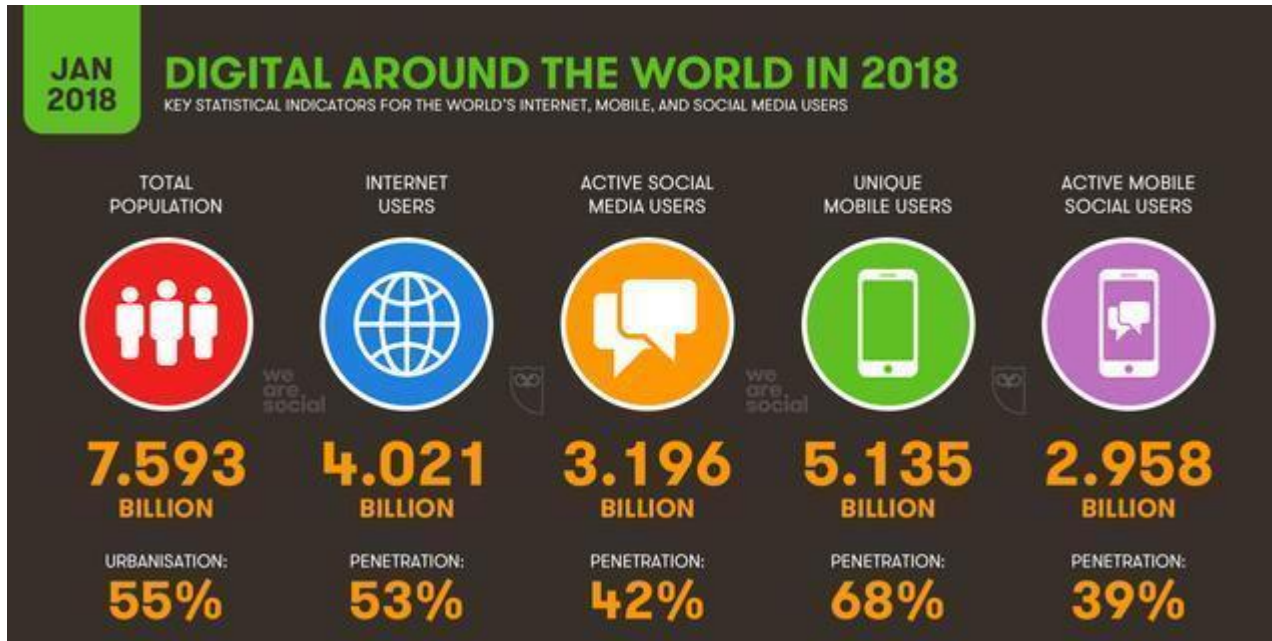
两个因特网主机通过两个路由器和对应的层连接。各主机上的应用通过一些数据通道相互执行读取操作。





全球互联网用户

- The number of internet users in 2018 is **4.021 billion**, up 7 percent year-on-year
- The number of social media users in 2018 is **3.196 billion**, up 13 percent year-on-year
- The number of mobile phone users in 2018 is **5.135 billion**, up 4 percent year-on-year



来自GlobalWebIndex的数据显示，用户现在每天花费在互联网上的时间平均为6个小时——这大概是每个人醒着的时间的三分之一。如果我们将全球40亿人全年上网的时间加起来，在2018年我们将会在网上总共花费十亿年。

MC 4.6.1 IP网

IP协议采用无连接的分组交换方式（数据报）来实现网际互联，子网之间的连接设备称为路由器。

路由器根据每个IP包头中的目的地址为其选择路由，IP包从IP网的一个路由器跳转到下一个路由器，直至到达目的子网。

IP允许的包长最大至**64 kB**，太长的包长可能会引起延时过长和拥塞问题，一般采用的包长是**1500 Byte**，因为这能适应以太网**1536 Byte**的典型帧，且有利于降低重传时间和提升高速链路的性能。

IPv4 Header Format

Offsets	Octet	0				1				2				3																			
Octet	Bit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	0	Version				IHL				DSCP				ECN				Total Length															
4	32	Identification								Flags				Fragment Offset																			
8	64	Time To Live				Protocol				Header Checksum																							
12	96	Source IP Address																															
16	128	Destination IP Address																															
20	160	Options (if IHL > 5)																															

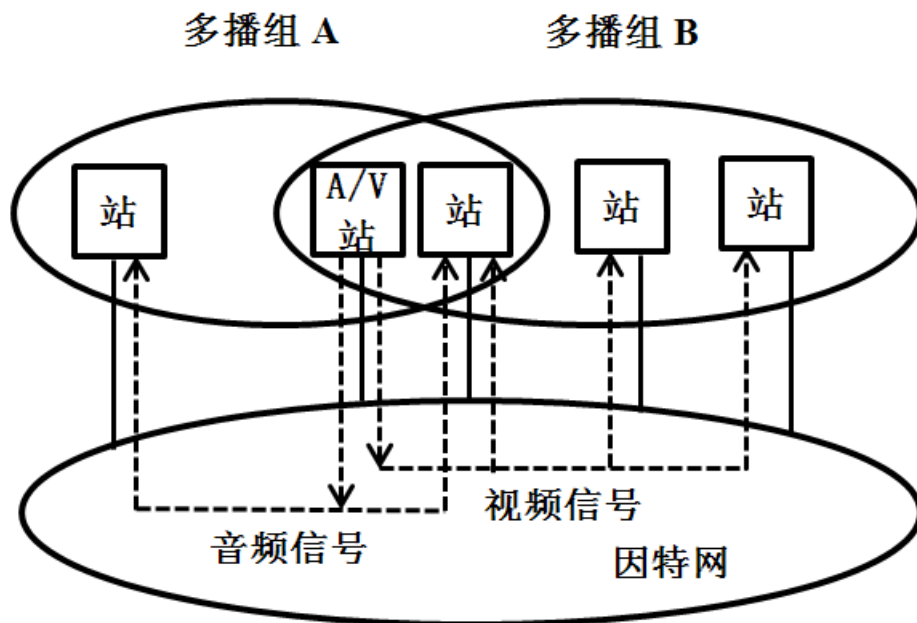
◆传统IP网（IPv4）的性能

- 由于IP网是由研究机构而非电信运营部门设计的网络，所有它着重于效率而不是可靠性。它要求协议简洁、速度快、尽可能地与底层具体传输系统的性能无关，对于传输中的差错，如丢包、包次序颠倒等，则留给终端去解决。
- 传统IP网设计中也未考虑QoS保障和计费等问题。IPv4是一个无连接的，“尽力而为”的分组交换网络。由于路由器采用存储转发机制工作，又没有资源预留机制，因而传输延时会存在抖动。此外，由于路由器为每一个IP包独立选择路由，因此到达接收端的包的顺序不一定能得到保障。
- 上述问题的存在使得传统IP网上多媒体传输的带宽和延时抖动等要求得不到保障。

MC 4.6.1 IP网

IP多播

IP多播是IP的扩展功能。IP网通过接收地址的格式来区分一般IP数据包和多播IP数据包。如果32位IP地址的前4位是“1110”，说明它是一个多播数据包，这类地址称为D类地址，地址的后28位是多播组的标识。

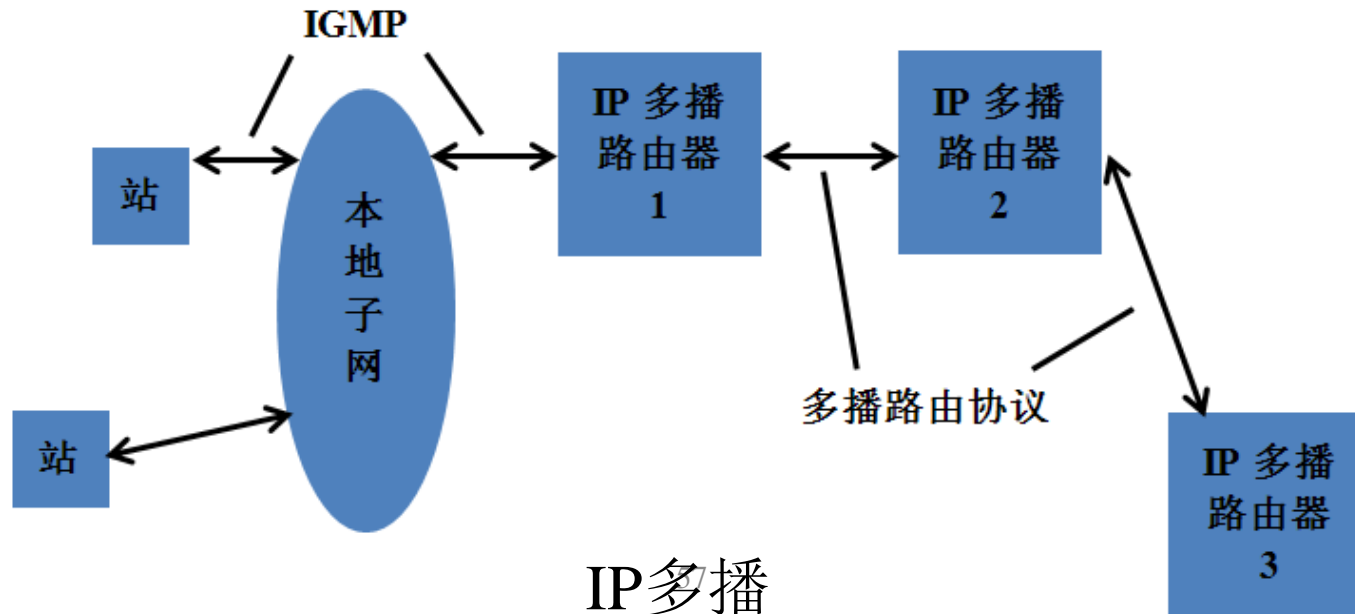


同一终端在不同多播组中的例子

MC 4.6.1 IP网

因特网组管理协议 (IGMP)

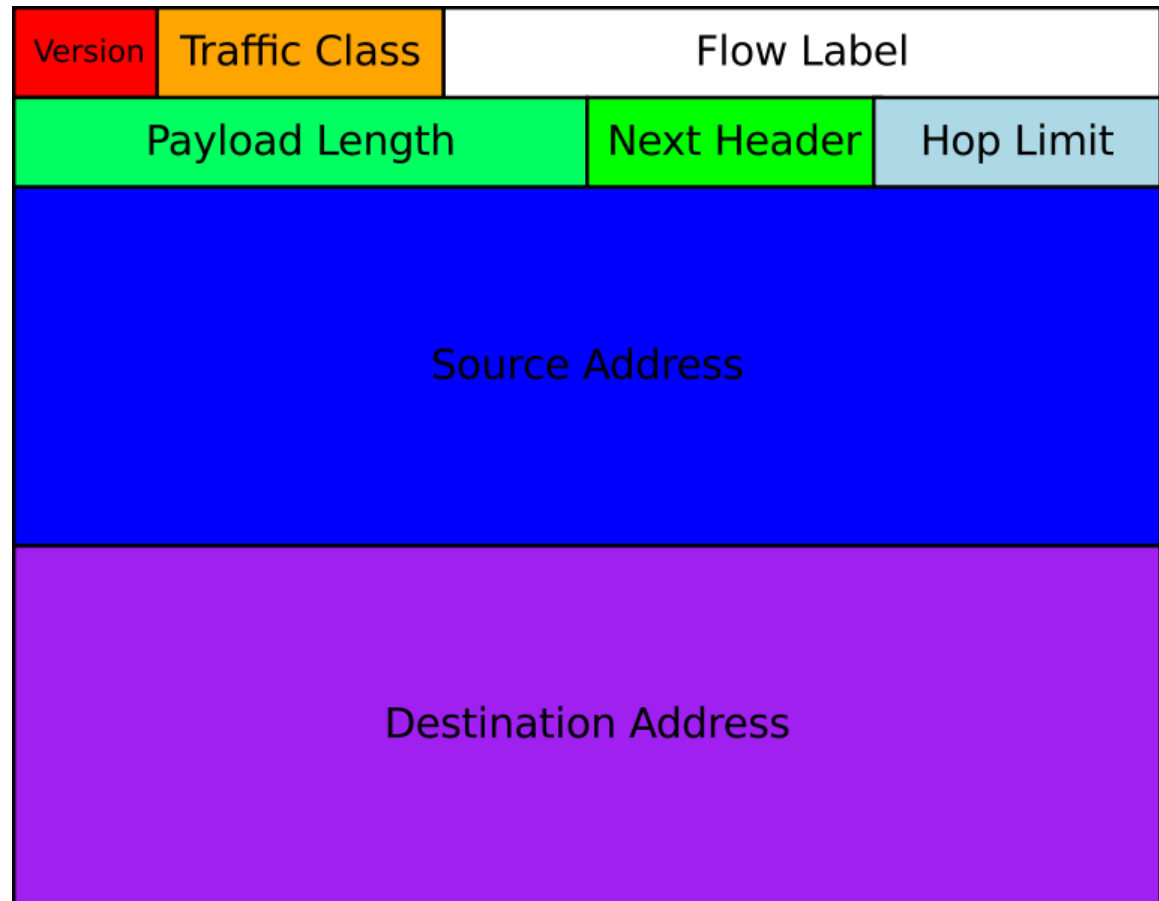
IGMP用于终端与距它最近的本地多播路由器间的联络，它由RFC 1112所规定。多播路由器，周期性地向本地子网上所有主机发送IGMP Query消息，要求所有主机报告它们当前是哪个组的成员；每个主机则必须为它是哪个组的成员返回一条独立的Report消息。





4.6.2 IPv6

◆ IETF于1995年底公布了RFC 1752，名为下一代的IP，也称IPv6。



IPv6 packet header



4.6.2 IPv6

- ◆从多媒体信息传输的角度而言，IPv6与IPv4相比有如下特点：
- ◆（1）地址空间和包头：在IPv6中，地址的位数升至**128位**，地址空间增加了 2^{96} 倍！不仅为因特网的发展留下了足够的空间，而且可以再构造地址时使用更多的网络结构层次，以减少路由表的大小和寻找路由的时间。
- ◆（2）**任播**地址：除去单播和多播地址，IPv6增加了一种用于提高寻径效率的特殊单播地址，称为任播地址。
- ◆（3）包长：IPv6只允许信源对消息进行分段，如果段长（包长）大于传输路径上允许的最大传输单元MTU的长度，路由器不像IPv4那样再对包进行拆分，而只是简单丢弃，然后向信源传送一个出错消息。
- ◆（4）QoS能力：IPv6包头中的**业务等级域**和**流标志域**可以用来区分包的不同等级。
- ◆（5）安全等级：IPv6能够提供**IP层的安全机制**，容易在此基础上建立多层安全网络和虚拟专用网。



第4章 多媒体传输网络

- ◆ 4.1 多媒体信息传输对网络的要求
- ◆ 4.2 多媒体通信网络类别
- ◆ 4.3 电路交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.4 分组交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.5 局域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.6 IP网对多媒体信息传输的支持
- ◆ **4.7 IP QoS保障机制**
- ◆ 4.8 无线网络对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.9 宽带用户接入网
- ◆ 4.10 下一代网络

MC 4.7.1 QoS的分类

传统的IP网没有意识到QoS应用的需要，不能满足多媒体信息传输的要求。因此，整个因特网运作如一个“竭尽全力”的系统。

近年来通信技术的迅速发展已经极大地改善了这种状况。在一方面，高速路由器和标记交换的引入，以及先进的带宽传输技术，例如密集波分复用，甚至全光网络的出现，使得IP核心网的带宽大幅度地提高。

另一方面，IETF近年来又提出了几种IP网服务模型和QoS保障机制，为不同类型媒体的有效传输创造了条件。



4.7.1 QoS的分类

- **确定型QoS**: 在数据传输过程中, 网络提供“硬”的QoS保证。即对所承诺的QoS必须保证, 否则可能会造成严重的后果。
- **统计型QoS**: 在数据传输过程中, 网络提供“软”的QoS保证。即对所承诺的QoS允许一定范围的波动, 并且不会造成不良的影响。
- **尽力型QoS**: 也称最佳效果传输, 网络不提供任何QoS保证, 网络性能将随着负载的增加而明显下降。

为了保证端到端的QoS, 在媒体流传输路径上的各个中间点(路由器)都必须支持和保证所承诺的QoS, 并且按确定型、统计型及尽力型QoS的优先级次序为相应的媒体流分配和保留资源。

MC 4.7.2 QoS的保障

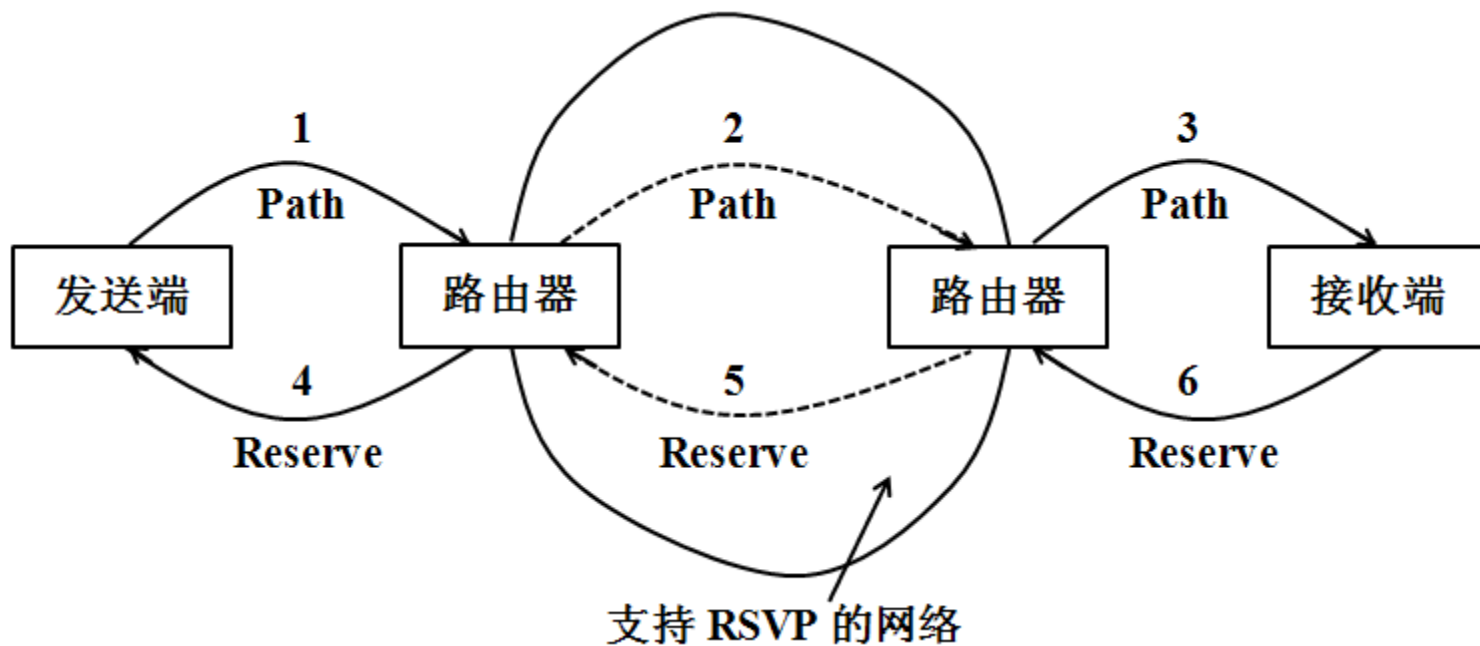
- ◆ QoS保障机制：为了实现不同厂商设备之间互通，标准化的QoS参数定义是必需的。为此，有关国际组织制定了一系列相关的协议。
- ◆ QoS保障实质上反映了对网络资源的最佳配置和有效管理问题。QoS保障机制应当具有可配置性、可协商性以及动态自适应性等管理特性。
- ◆ IETF提出了三种QoS保证机制：
 - 一是由**综合服务模型**（Intergrated Service Model, Intserv）的核心部分资源预留协议RSVP提供的保证型服务；
 - 二是在**区分服务**（Differentiated Services, Diffserv）中定义的区分型服务；
 - 三是**多协议标记交换MPLS**（Multiprotocol Label Switching）。



4.7.2 QoS的保障

- ◆ **资源预留协议**（Resource Reservation Protocol，简称RSVP）是一个通过网络进行资源预留的协议，是为实现综合业务网而设计的，其具体可见RFC 2205。
- ◆ RSVP要求接收者在连接建立之初进行资源预留，它必须支持单播和多播数据流，并具有很好的可伸缩性和健壮性。主机或者路由器可以使用RSVP满足不同应用程序数据流所需的不同的服务质量(QoS)。RSVP定义应用程序如何进行资源预留并在预留的资源不用时如何进行预留资源的删除。RSVP将会使得路径上每个节点都进行资源预留。

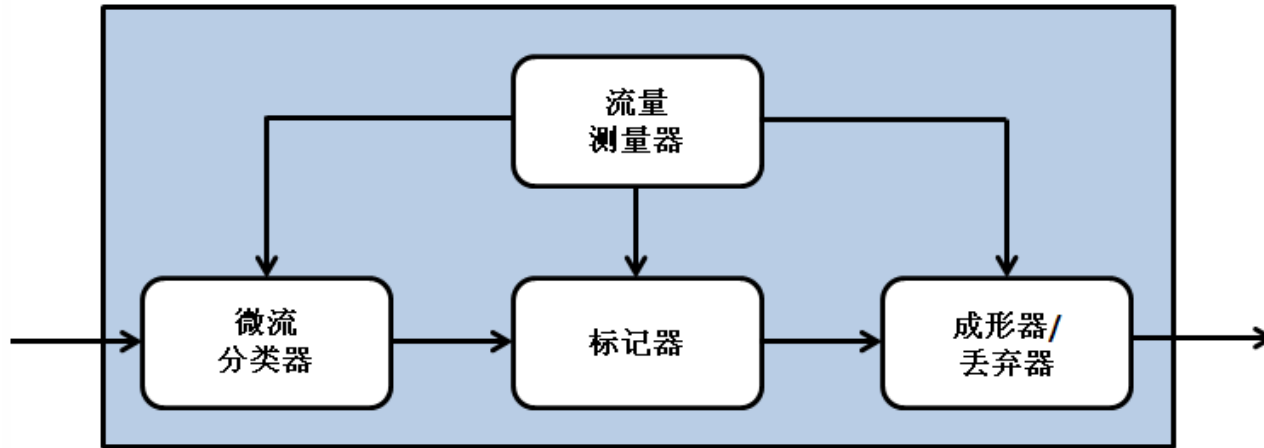
MC 4.7.2 QoS的保障



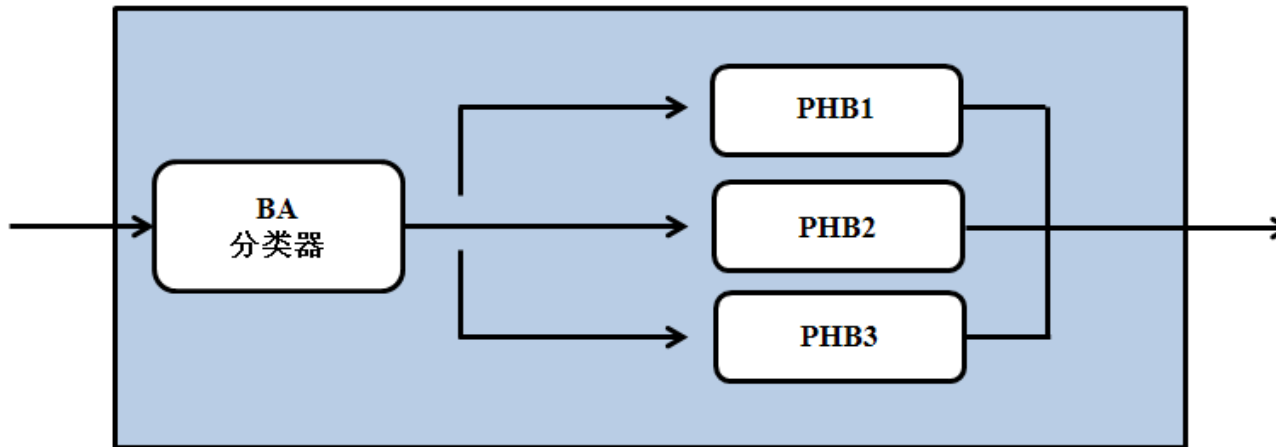
资源预留协议

MC 4.7.2 QoS的保障

- ◆ **区分服务**利用IPv4服务类型域来区别服务的类型，在区分服务中，它们被称为DS域。
- ◆ 通过DS域的前6个比特可以定义丰富的服务类型，以及一套对于不同类型的数据包如何进行传递的方式。这6个比特称为区分服务码点DSCP（Diffserv Codepoint），而这些传递方式则称为每段性能PHBs（Per-Hop Behaviors）。根据DS域标识的不同类型，将数据包以不同的方式传递，这便是区分服务（DS）这个名称的由来。



(a) 边界路由器



(b) 骨干路由器 (BA: 行为聚合, PHB: 丢包策略)
区分服务模型的实现

MC 4.7.2 QoS的保障

综合服务与区分服务的比较

	Intserv	Diffserv
包处理	特定流	服务类别
传递服务	端到端	段到段
资源分配	信令启动	静态或动态 SLA
路由器	复杂	核心路由器简单
规模伸缩性	差（用户增加，消耗的资源大大增加）	好

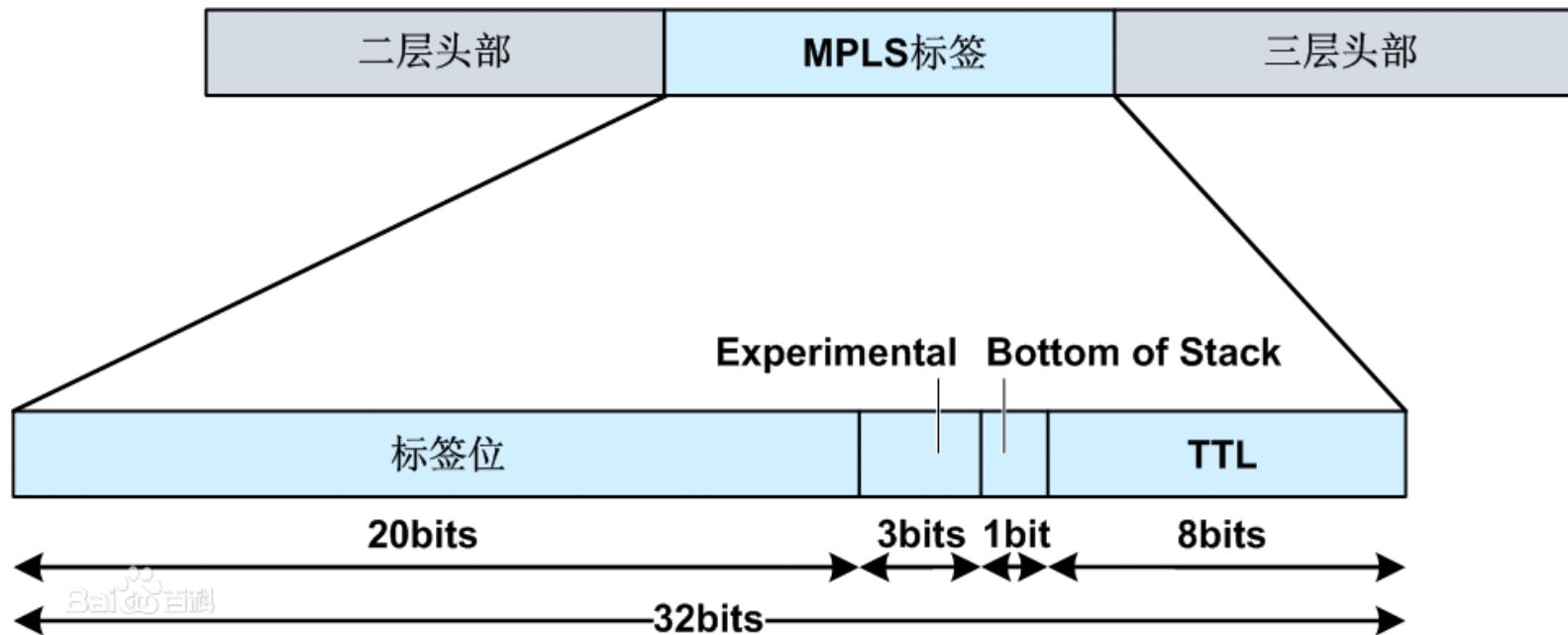


4.7.2 QoS的保障 MPLS

◆ **多协议标记交换**（Multi-Protocol Label Switching，简称MPLS）是一种在开放的通信网上利用标签引导数据高速、高效传输的新技术。多协议的含义是指MPLS不但可以支持多种网络层面上的协议，还可以兼容第二层的多种链路层技术。

◆ 它的价值在于能够在**一个无连接的网络中引入连接模式的特性**；其主要优点是减少了网络复杂性，兼容现有各种主流网络技术，能降低网络成本，在提供IP业务时能确保QoS和安全性，具有流量工程能力。此外，MPLS能解决VPN扩展问题和维护成本问题。

- ◆在MPLS中，发送端的用户数据包在MPLS网络的入口（边界）路由器中进行分类、并在IP包头和第二层（链路层）包头之间加入相应的MPLS包头。





4.7.2 QoS的保障

MPLS

◆ MPLS 独立于第二和第三层协议

- 提供了一种方式将IP地址映射为简单的具有固定长度的标签，用于不同的包转发和包交换技术。在MPLS中，数据传输发生在标签交换路径（LSP）上。

◆ MPLS包头。

- **标记域**用于标识一条虚电路，支持MPLS的路由器、或称为标记交换路由器LSR对包进行转发和处理；
- **Exp域**表示服务等级（CoS）。

- A 20-bit label value.
- a 3-bit *Traffic Class* field for QoS (*quality of service*) priority (experimental) and ECN (*Explicit Congestion Notification*).
- a 1-bit *bottom of stack* flag. If this is set, it signifies that the current label is the last in the stack.
- an 8-bit TTL (*time to live*) field.

MPLS Label

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Label																				EXP: Experimental (QoS and ECN)			S: Bottom-of-Stack			TTL: Time-to-Live					



第4章 多媒体传输网络

- ◆ 4.1 多媒体信息传输对网络的要求
- ◆ 4.2 多媒体通信网络类别
- ◆ 4.3 电路交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.4 分组交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.5 局域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.6 IP网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.7 IP QoS保障机制
- ◆ 4.8 无线网络对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.9 宽带用户接入网
- ◆ 4.10 下一代网络



4.8.1 无线传输的特点

◆ 无线连接省去了布线，为组建网络带来很大的灵活性和方便性；同时允许用户终端是移动的，这包括移动到新的地点再接入和在移动的过程中持续进行通信两种情况。与有线网络相比，无线传输存在着其特殊的问题。

- (1) 频带利用
- (2) 信号衰减和噪声干扰
- (3) 多径效应
- (4) 多普勒频移

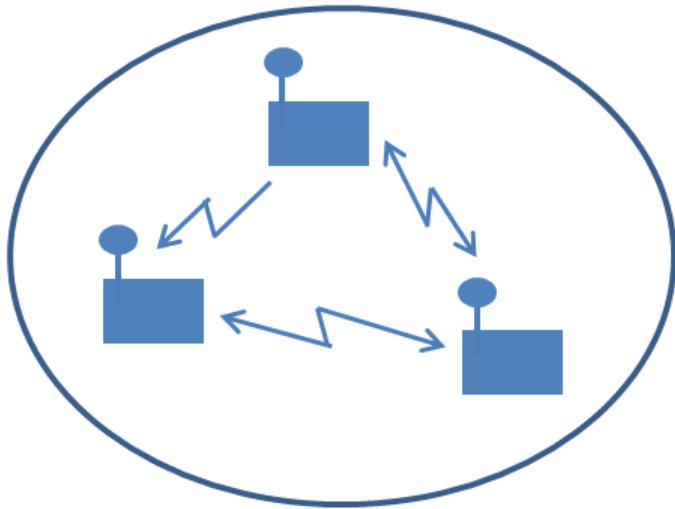


4.8.2 无线局域网（WLAN）

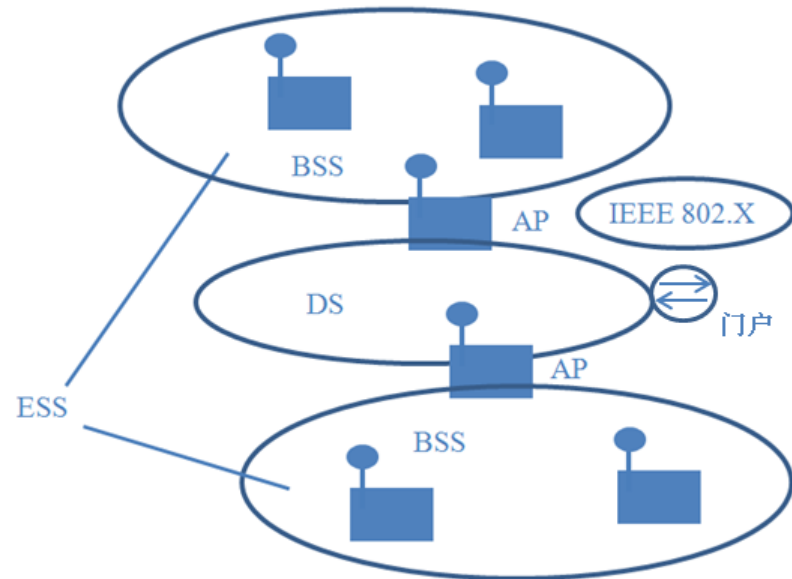
无线局域网的基本结构单元称为基本服务集BSS（Basic Service Set）。一个BSS是一组站点，它们由给定的MAC协议来解决对共享介质的接入。由一个BSS所覆盖的地域称为基本服务区域BSA（Basic Service Area），其最大直径为100米。

无线局域网可以由两种方式组网：自组织（Ad hoc）网络和基础设施（Infrastructure）网络。单个的BSS即为一个**自组织网络**，这样的网络可以随时随地组成和拆除。一组BSS各自通过一个**接入点AP**（Access Point）连接到分配系统DS（Distribution System）中则构成扩展服务集ESS（Extended Service Set）。ESS可以通过称之为门户（Portal）的设备连接到网关上，实现与有线网络的互联。

IEEE 802.11是现今无线局域网通用的标准。



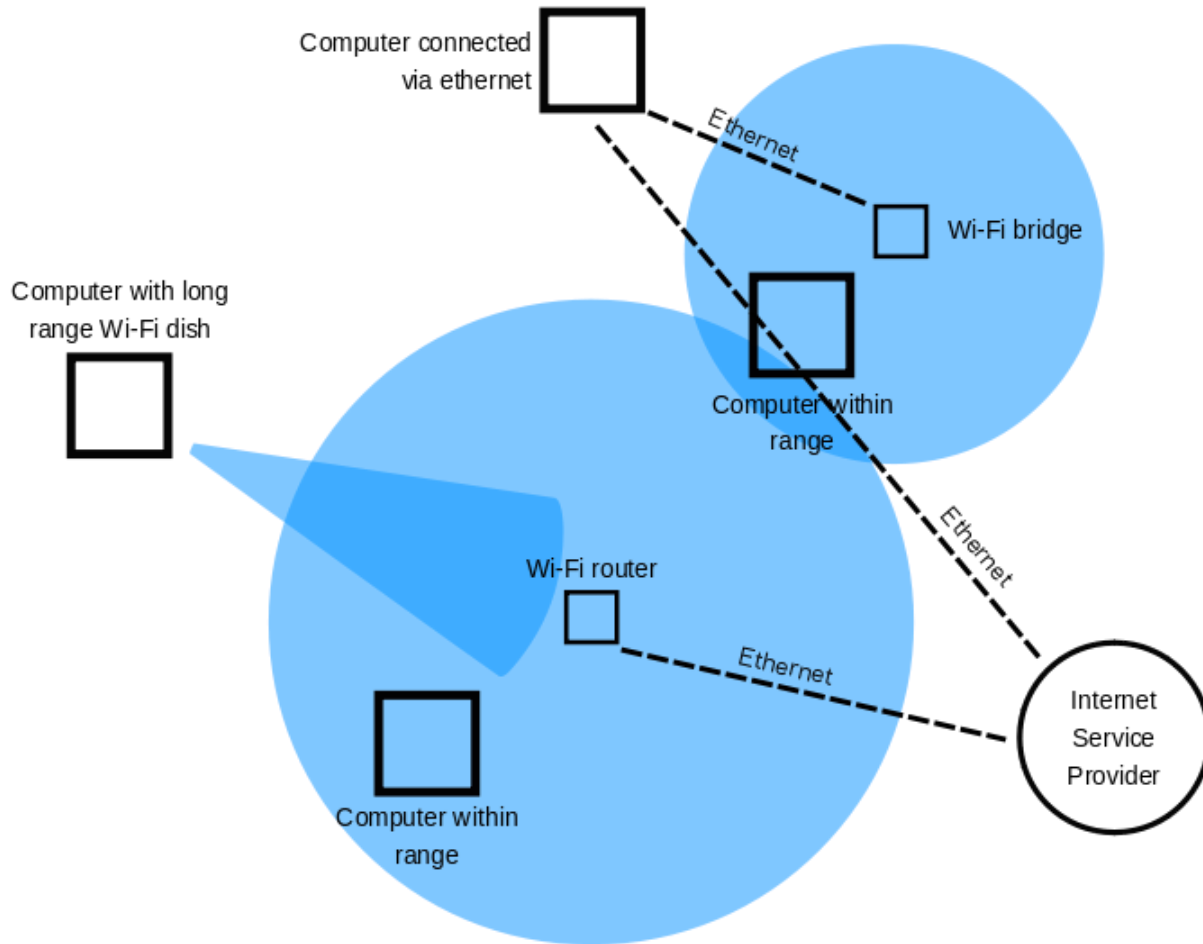
(a) Ad hoc网络



(b) 基础设施网络

无线局域网的构成

4.8.2 无线局域网 (WLAN)



A diagram showing a possible WI-FI network



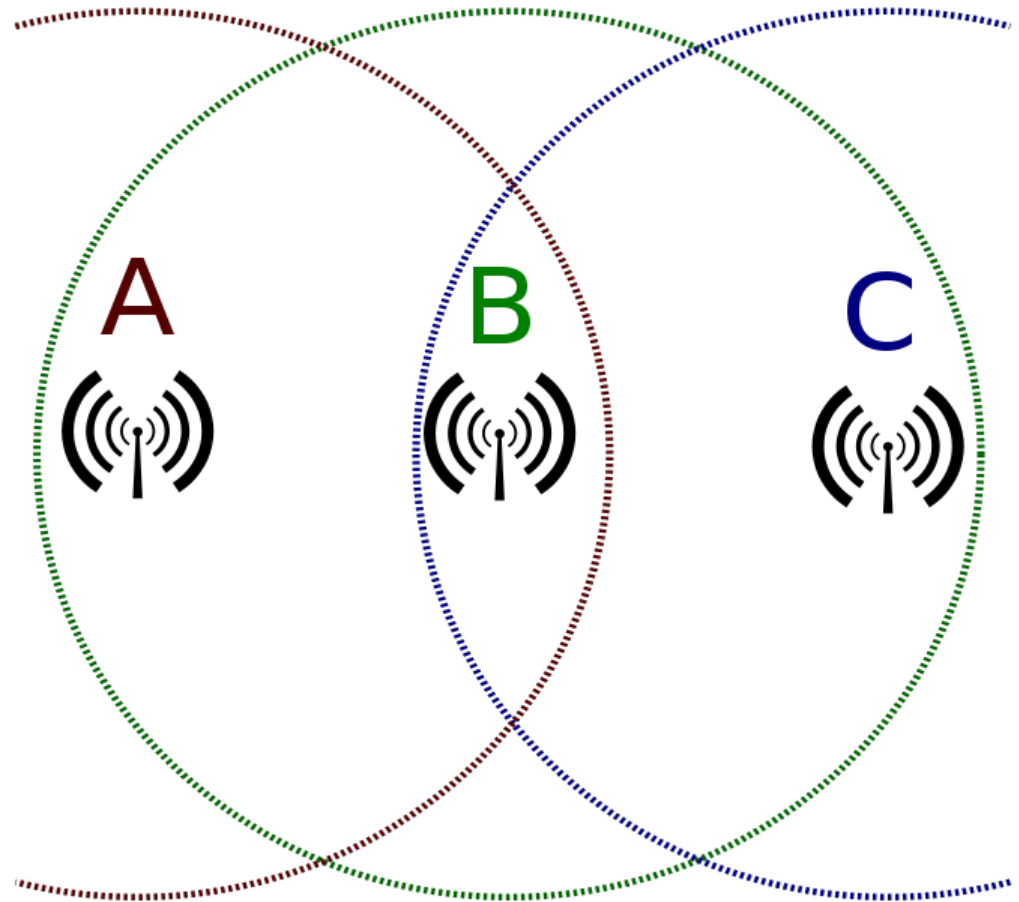
4.8.2 无线局域网 (WLAN)

如何解决无线局域网中的隐藏站问题?

■ A站和C站同时要给B站发送信号，但是AC之间的距离又大于各自电波覆盖的范围，即二者互相侦听不到对方发送的信号。

■ 如果二者同时向B站发送信号，会导致B站的信号碰撞。

➤ 采用CSMA/CA





4.8.2 无线局域网（WLAN）

载波侦听多路访问 / 碰撞避免（Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA）

此种方案采用**主动避免碰撞而非被动侦测**的方式来解决碰撞问题。可以满足那些不易准确侦测是否有碰撞发生的需求，如**无线网络**。

CSMA/CA协议主要使用两种方法来避免碰撞：

（1）设备欲发送帧（Frame），且侦听到通道空闲时，维持一段时间后，再等待一段随机的时间依然空闲时，才提交数据。由于各个设备的等待时间是分别随机产生的，因此很大可能有所区别，由此可以减少碰撞的可能性。

（2）RTS-CTS三向握手（Handshake）：设备欲发送（Frame）前，先发送一个很小的RTS（Request to Send）帧给目标端，等待目标端回应CTS（Clear to Send）帧后，才开始传送。此方式可以确保接下来传送数据时，不会发生碰撞。同时由于RTS帧与CTS帧都很小，让传送的无效开销变小。

此方案用于无线局域网的IEEE 802.11标准。



4.8.2 无线局域网 (WLAN)

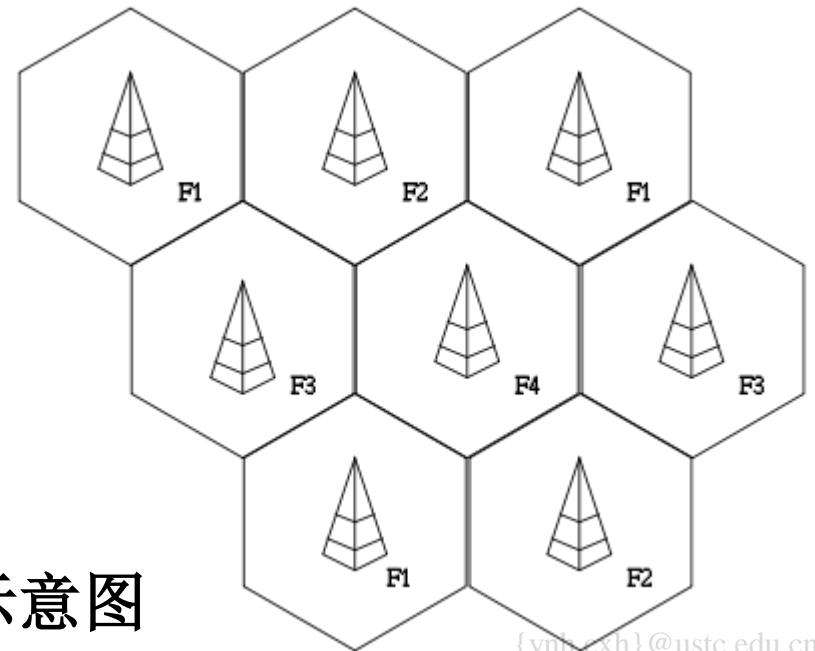
IEEE 802.11 物理层标准

IEEE 802.11 network PHY standards [hide]								
Protocol ⇅	Release date ^[10] ⇅	Fre- quency	Band- width	Stream data rate ^[11]	Allowable MIMO streams ⇅	Modulation	Approximate range ^[citation needed]	
		(GHz) ⇅	(MHz) ⇅	(Mbit/s) ⇅			Indoor ⇅	Outdoor ⇅
802.11-1997	Jun 1997	2.4	22	1, 2	N/A	DSSS, FHSS	20 m (66 ft)	100 m (330 ft)
802.11a	Sep 1999	5	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	N/A	OFDM	35 m (115 ft)	120 m (390 ft)
		3.7 ^[A]					?	5,000 m (16,000 ft) ^[A]
802.11b	Sep 1999	2.4	22	1, 2, 5.5, 11	N/A	DSSS	35 m (115 ft)	140 m (460 ft)
802.11g	Jun 2003	2.4	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	N/A	OFDM	38 m (125 ft)	140 m (460 ft)
802.11n (Wi-Fi 4)	Oct 2009	2.4/5	20	Up to 288.8 ^[B]	4		70 m (230 ft)	250 m (820 ft) ^[12]
			40	Up to 600 ^[B]				
802.11ac (Wi-Fi 5)	Dec 2013	5	20	Up to 346.8 ^[B]	8	MIMO-OFDM	35 m (115 ft) ^[13]	
			40	Up to 800 ^[B]				
			80	Up to 1733.2 ^[B]				
			160	Up to 3466.8 ^[B]				
		0.054–0.79 ^[C]	6–8	Up to 568.9 ^[14]	4		?	?
802.11ad	Dec 2012	60	2,160	Up to 6,757 ^[15] (6.7 Gbit/s)	N/A	OFDM, single carrier, low-power single carrier	3.3 m (11 ft) ^[16]	?
802.11ah	Dec 2016	0.9	1–16	Up to 8 ^[17]	4	MIMO-OFDM	?	?
802.11aj	Est. Jul 2017	45/60	?	?	?	?	?	?
802.11ax (Wi-Fi 6)	Est. Dec 2018	2.4/5	?	Up to 10,530 (10.53 Gbit/s)	?	MIMO-OFDM	?	?
802.11ay	Est. Nov 2019	60	8000	Up to 20,000 (20 Gbit/s) ^[18]	4	OFDM, single carrier	10 m (33 ft)	100 m (328 ft)
802.11az	Est. Mar 2021	60	?	?	?	?	?	?



4.8.3 蜂窝移动通信网

蜂窝移动通信系统起源于移动电话业务。蜂窝概念的提出可以说是移动通信的一次革命。它的基本思想是，试图用多个小功率发射机（小覆盖区）来代替一个大功率发射机（大覆盖范围）。每个小覆盖区分配一组信道，对应于使用一组无线资源。相邻小区使用不同的无线资源，使之相互不产生干扰，相距较远的小区可以重复使用相同的无线资源，这就形成了无线资源的**空间复用**。



频率复用示意图



4.8.3 蜂窝移动通信网

多址接入

同一小区内的众多用户终端如何共同使用分配给该小区的一组无线资源，称为多址接入问题。在蜂窝网中采用的方法是将资源划分成子信道，每一个子信道分配给一个用户终端使用。根据信道划分方法的不同，有以下三种接入方式：

(1) 频分多址 (FDMA)

信道可利用的总带宽被分成 M 个互不重叠的子带，每一个终端可以利用分配给它的一个子带连续地传送信息。

(2) 时分多址 (TDMA)

各个终端轮流使用整个信道。将信道的使用时间划分成周期，在每一个TDMA周期中由划分 M 个时隙。

(3) 码分多址 (CDMA)

各个站同时占用信道的整个频带。各站发送信号的区别在于它们由不同的码所产生，接收站只有使用正确的码字，才能接收到所想要的发送端的信号。



4.8.3 蜂窝移动通信网

在3G移动通信网络中，典型的数据率对于室内静止应用可达2 Mb/s，对于室外低速和高速应用，则分别为384 kb/s和128 kb/s。因此，**真正意义上的多媒体应用只有在3G网络上才能得以开展。**

国际电联在2005年为第四代移动通信网提出了IMT advanced的需求建议书。3GPP和3GPP2分别提出了**LTE（Long Term Evolution）**和UMB（Ultra Mobile Broadband）的发展计划。后来UMB被提出者们放弃，LTE成为各种移动网络演进的统一途径。**LTE-advanced**作为LTE的继续演进版本，**已经被国际电联批准为4G的标准之一。**





4.8.4 无线城域网（WiMAX）

全球互通微波存取（Worldwide Interoperability for Microwave Access）是基于IEEE 802.16系列的网络。

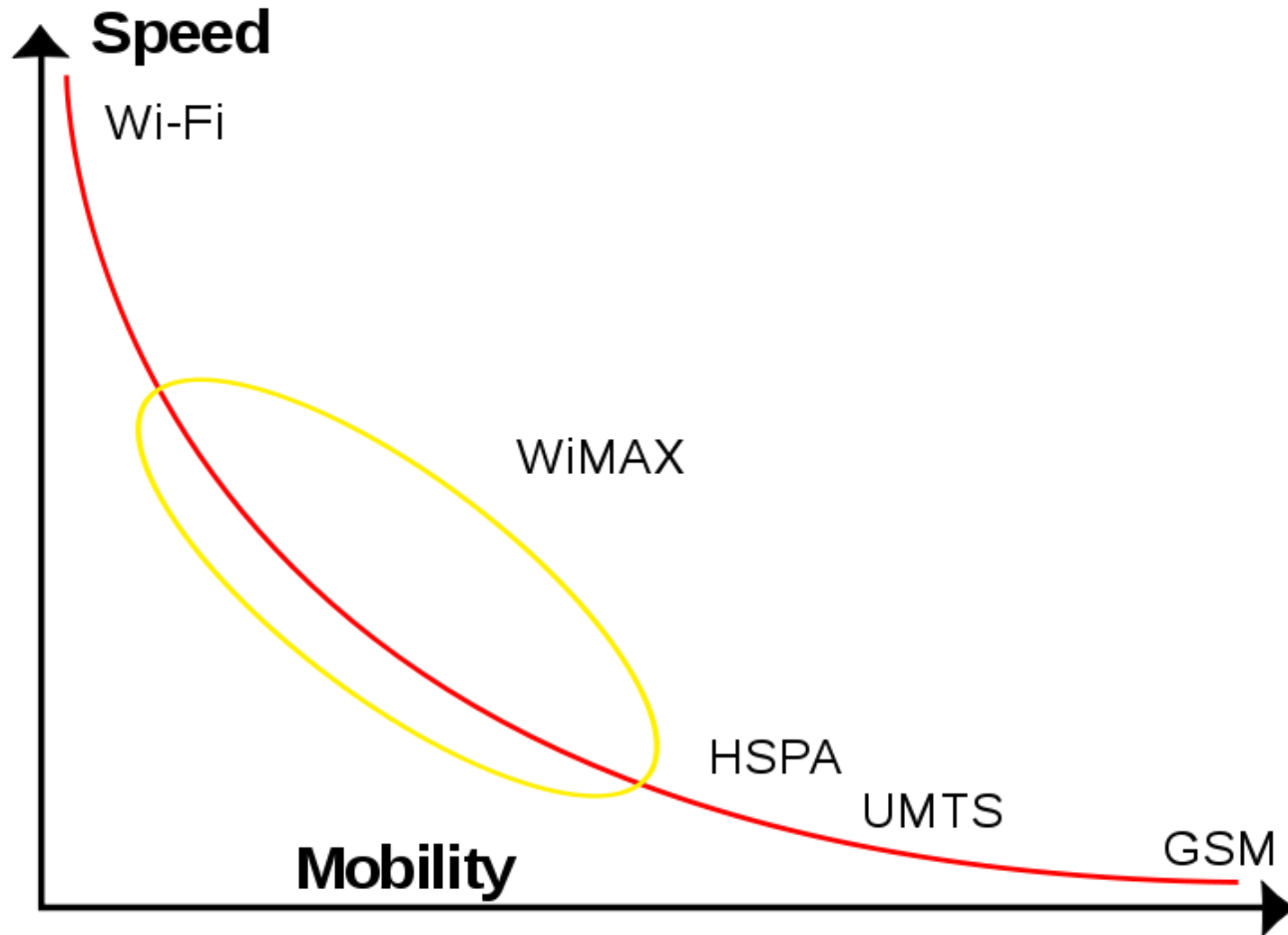
最初WiMAX的目标是作为xDSL和同轴电缆的替代方案，提供“最后一公里”的宽带无线接入。后来其服务半径延伸到50公里左右，可以覆盖一个城市的区域，成为无线城域网的解决方案。在增强了它的移动性和带宽之后，**目前已被国际电联接受为4G移动网的标准之一。**

WiMAX在概念上类似WiFi，但传送范围距离更大，简单可理解为一种“大WiFi”。





4.8.4 无线城域网 (WiMAX)



A comparison of various wireless network technologies in terms of their **speed** and **mobility**.



4.8.5 无线网络中多媒体传输的特殊问题

1、噪声和干扰引起高的误码率

无线信道上传输的比特错误和突发错误比有线信道上可能高出几个数量级。

2、衰落引起信道容量的动态变化

从发射端来的直达电磁波和有障碍物反射产生的散射波相叠加，接收终端位置发生变化时、或障碍物移动改变了场强的分布，接收信号的质量会发生相当大的变化。

3、漫游和小区切换引起的包丢失

移动终端在通信过程中漫游并从一个小区切换到另一个小区时，可能发生短时间的传输路径中断，使得一连串数据包丢失。

4、终端处理能力和功率的限制

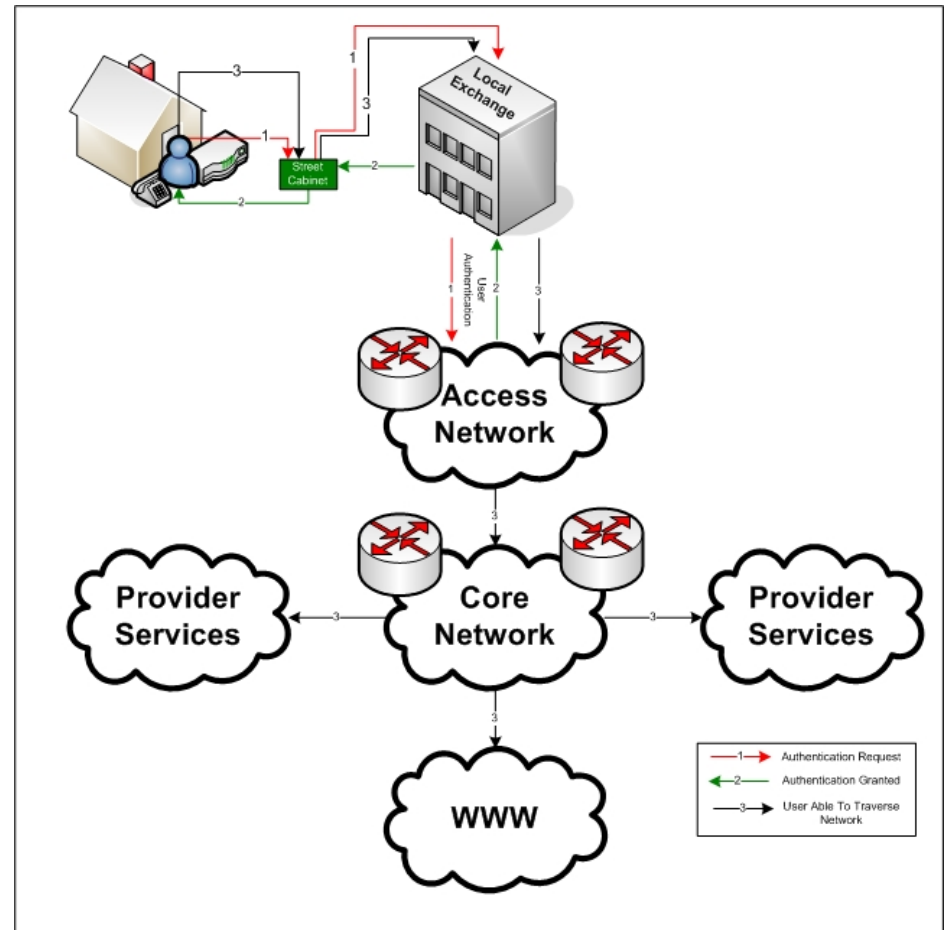
移动终端经常以电池作为电源，其功率和寿命受到限制。在内存容量和数据处理能力方面亦受到限制。



第4章 多媒体传输网络

- ◆ 4.1 多媒体信息传输对网络的要求
- ◆ 4.2 多媒体通信网络类别
- ◆ 4.3 电路交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.4 分组交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.5 局域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.6 IP网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.7 IP QoS保障机制
- ◆ 4.8 无线网络对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.9 宽带用户接入网
- ◆ 4.10 下一代网络

◆ **用户接入网**一般指市话端局到用户之间的网络。用于多媒体传输的宽带接入网络主要包括本节的数字用户线路、光缆接入、光纤同轴电缆混合接入，以及前面介绍的以太网、无线局域网、3G及以后的移动通信网和WiMAX等。





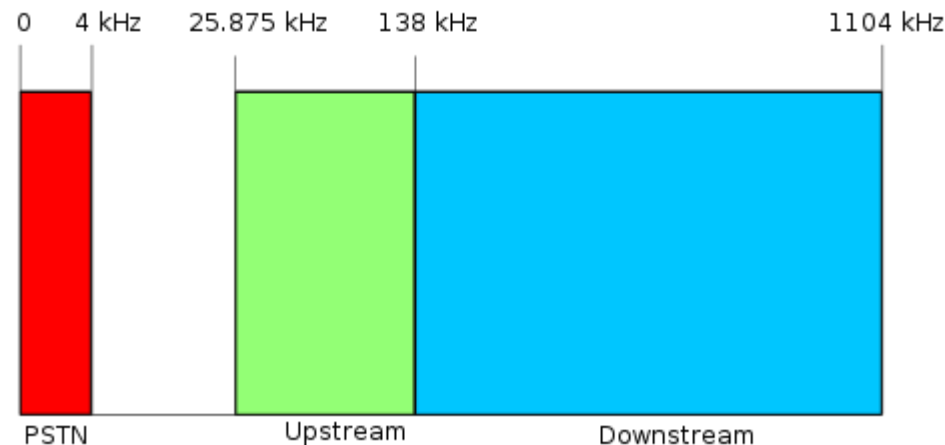
4.9.1 数字用户线路

1、高速数字用户线路（HDSL）

HDSL提供双向的E1（2 Mb/s）接入，服务范围大约为3.6 km。

2、非对称用户数字线路（ADSL）

ADSL是在一对线上进行非对称双向传输技术。由于只需要一对电话线，因而比较**适合家庭使用**。利用频分复用方法，下行方向的数据率高，可到8-12 Mb/s，上行方向的数据率低，为1.0-1.3 Mb/s。



Digital subscriber line

(DSL; originally **digital subscriber loop**)⁸⁹

ASDL频带分配 @ustc.edu.cn



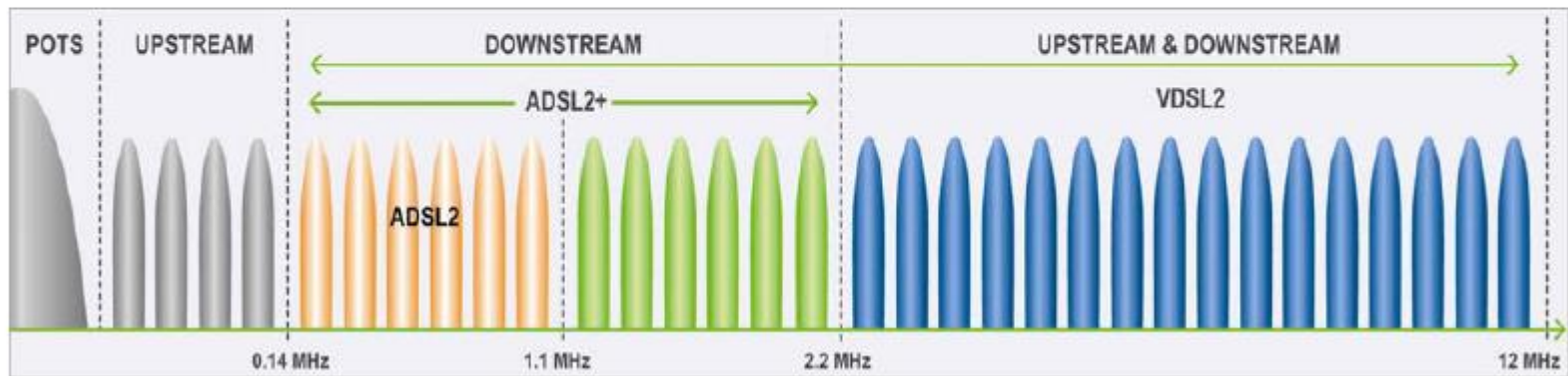
4.9.1 数字用户线路

<https://en.wikipedia.org/wiki/VDSL>

3、甚高速数字用户线路（VDSL）

VDSL常用在光缆到路边、或光缆到企业的网络中，作为最后一段连接到用户终端的铜线。占用频带较高（25 kHz-12 MHz），传输距离为500 m-1 km。传输速率在双向对称应用时可达25 Mb/s；在非对称应用时，下行可达52 Mb/s，上行为16 Mb/s。

Version	Standard name	Common name	Downstream rate ↕	Upstream rate ↕	Approved on ↕
VDSL	ITU G.993.1	VDSL	55 Mbit/s	3 Mbit/s	2001-11-29
VDSL2	ITU G.993.2	VDSL2	200 Mbit/s	100 Mbit/s	2006-02-17
VDSL2-Vplus	ITU G.993.2 Amendment 1 (11/15)	VDSL2 Annex Q VPlus/35b	300 Mbit/s	100 Mbit/s	2015-11-06



• **Symmetric digital subscriber line (SDSL)**, umbrella term for xDSL where the bitrate is equal in both directions.

- ISDN digital subscriber line (IDSL)
- High bit rate digital subscriber line (HDSL), ITU-T G.991.1, **the first DSL technology that used a higher frequency spectrum than ISDN**, 1,544 kbit/s and 2,048 kbit/s symmetric services, either on 2 or 3 pairs at 784 kbit/s each, 2 pairs at 1,168 kbit/s each, or one pair at 2,320 kbit/s
- High bit rate digital subscriber line 2/4 (HDSL2, HDSL4)
- Symmetric digital subscriber line (SDSL)
- Single-pair high-speed digital subscriber line (G.SHDSL), ITU-T G.991.2

• **Asymmetric digital subscriber line (ADSL)**, umbrella term for xDSL where the bitrate is greater in one direction than the other.

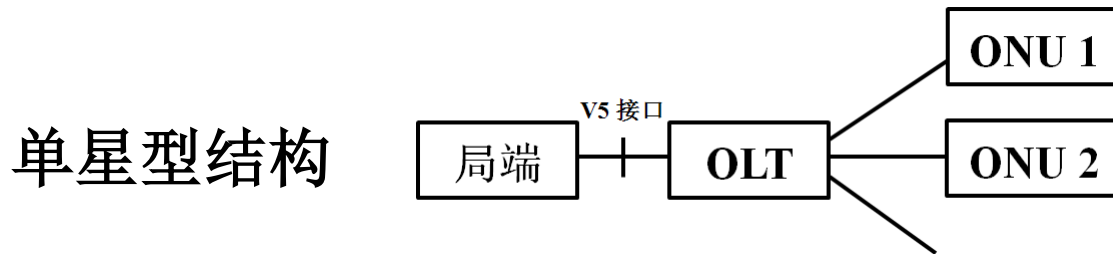
- ANSI T1.413 Issue 2, up to 8 Mbit/s and 1 Mbit/s
- G.dmt, ITU-T G.992.1, up to 10 Mbit/s and 1 Mbit/s
- G.lite, ITU-T G.992.2, more noise and attenuation resistant than G.dmt, up to 1,536 kbit/s and 512 kbit/s
- Asymmetric digital subscriber line 2 (ADSL2), ITU-T G.992.3, up to 12 Mbit/s and 3.5 Mbit/s
- Asymmetric digital subscriber line 2 plus (ADSL2+), ITU-T G.992.5, up to 24 Mbit/s and 3.5 Mbit/s
- Very-high-bit-rate digital subscriber line (VDSL), ITU-T G.993.1, up to 52 Mbit/s and 16 Mbit/s
- Very-high-bit-rate digital subscriber line 2 (VDSL2), ITU-T G.993.2
- G.fast, ITU-T G.9700 and G.9701

MC 4.9.2 光缆接入

光缆接入

光缆直接铺设到家中、或接近用户的路边，可以为用户提供高速率（25-51Mb/s）和高信噪比的信道，但是造价也是最高的。

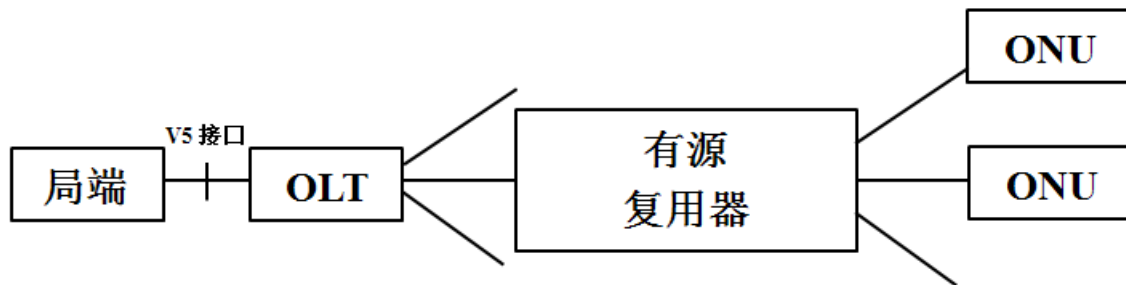
分为单星型结构、有源多星型结构和无源多星型结构。



由于在ONU（Optical Network Unit）端光电转换设备费用较高，单星型结构仅适合于向大型企业单位提供服务。

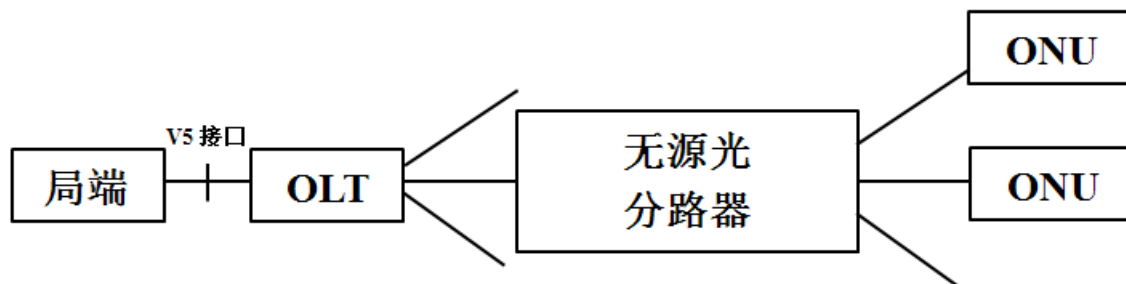
MC 4.9.2 光缆接入

有源多星型结构



多个ONU共用一根光缆，光缆的费用会显然降低，但是增加了有源节点的设备、安装、维护及供电等方面的投资。

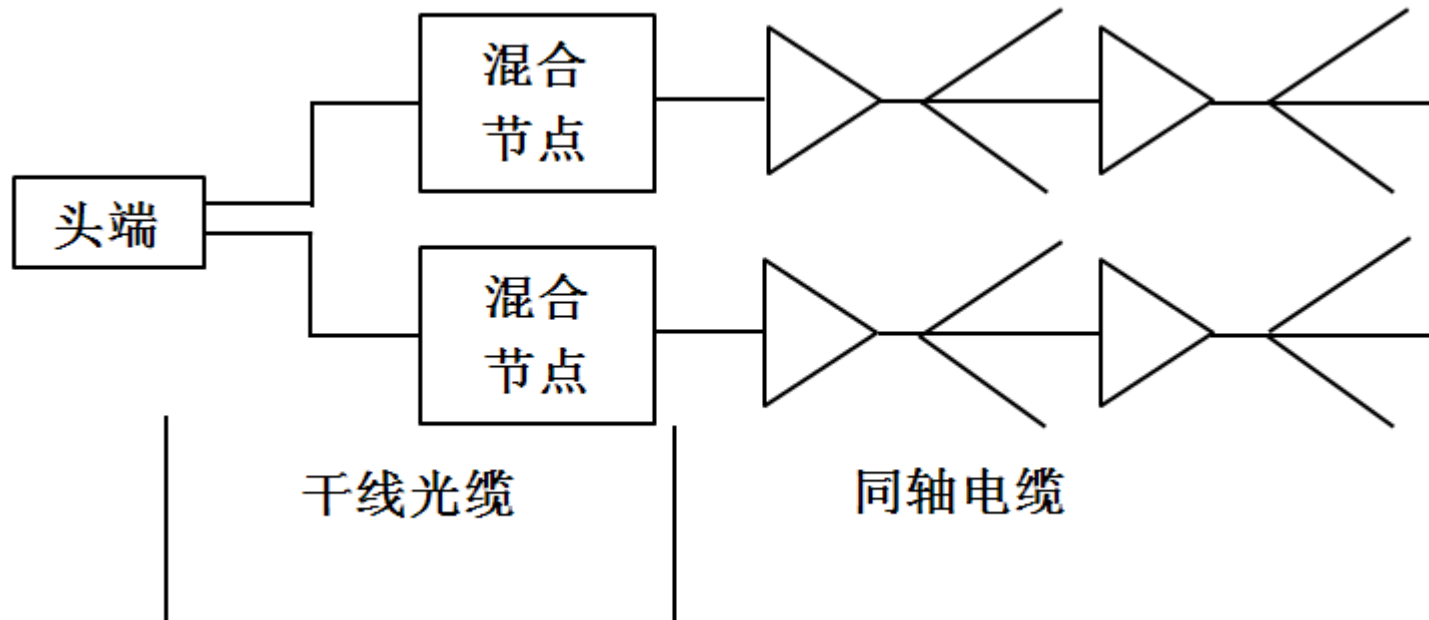
无源多星型结构



光缆接入的可行方式，多个ONU共用一根光缆，从OLT（Optical Line Termination）到ONU全部是光通路，一个光发射机和一个光接收机就可以支持所有用户终端，进一步降低铺设网络成本。

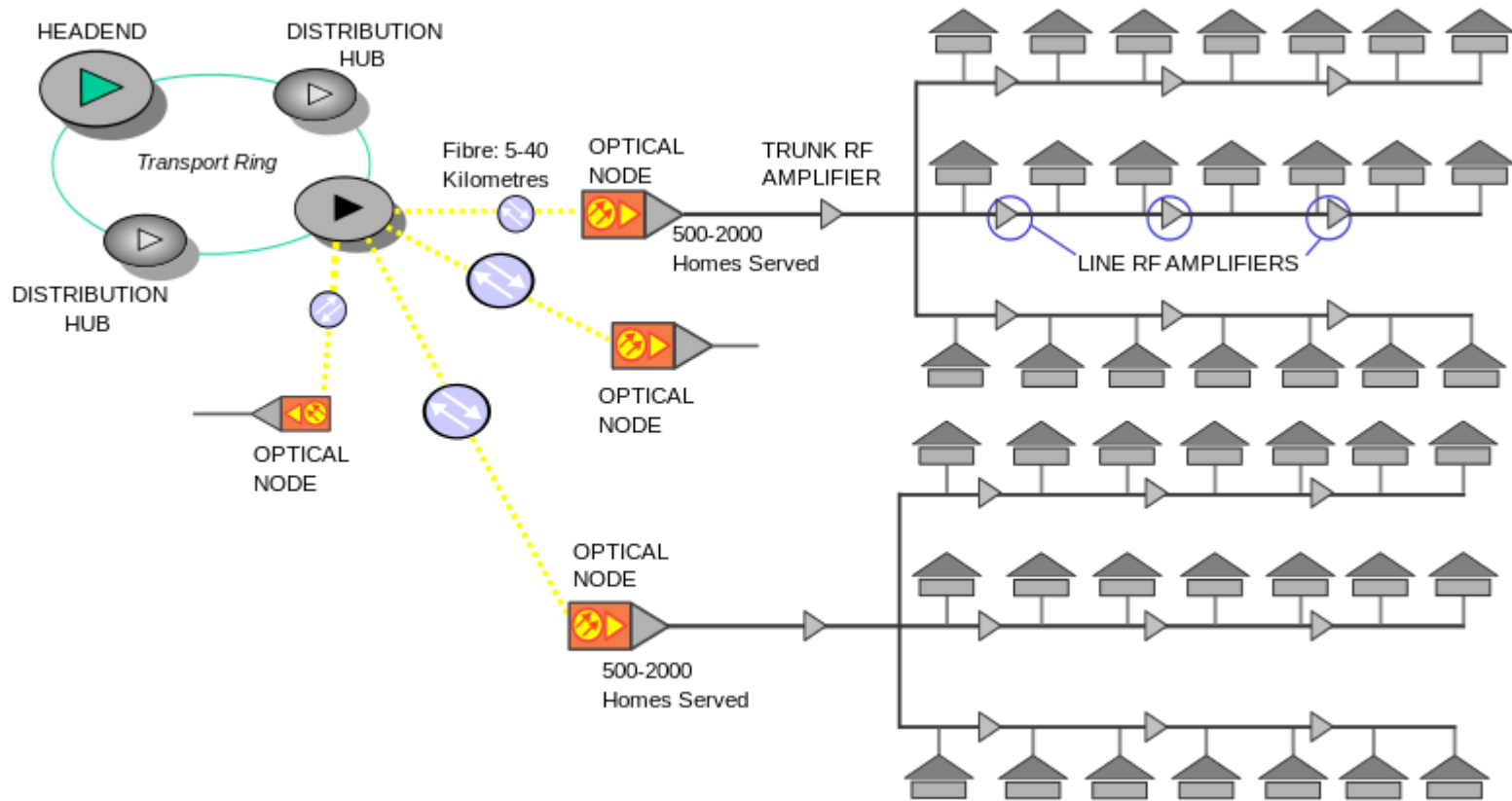
光缆同轴电缆混合接入HFC（Hybird Fiber/Coax）

早期有线电视CATV（Cable Television）网络是由同轴电缆构成的多枝杈的大型树状网络，在CATV网的干线上使用光缆，可以去掉影响信号质量和可靠性的干线放大器并消除电源供给问题，在很大程度上提高网络传输的可靠性。





4.9.3 光缆-同轴电缆混合接入



HFC电视系统



小结： 4.9 宽带用户接入网

- Very-high-bit-rate digital subscriber line (VDSL)
- Asymmetric digital subscriber line (ADSL)
- CATV (Cable Television) 网络
- HFC (Hybird Fiber/Coax)
- FTTB(Fiber To The Building)
- FTTH(Fiber To The Home)



2018年10月12日，工业和信息化部召开电信普遍服务试点工作推进电视电话会

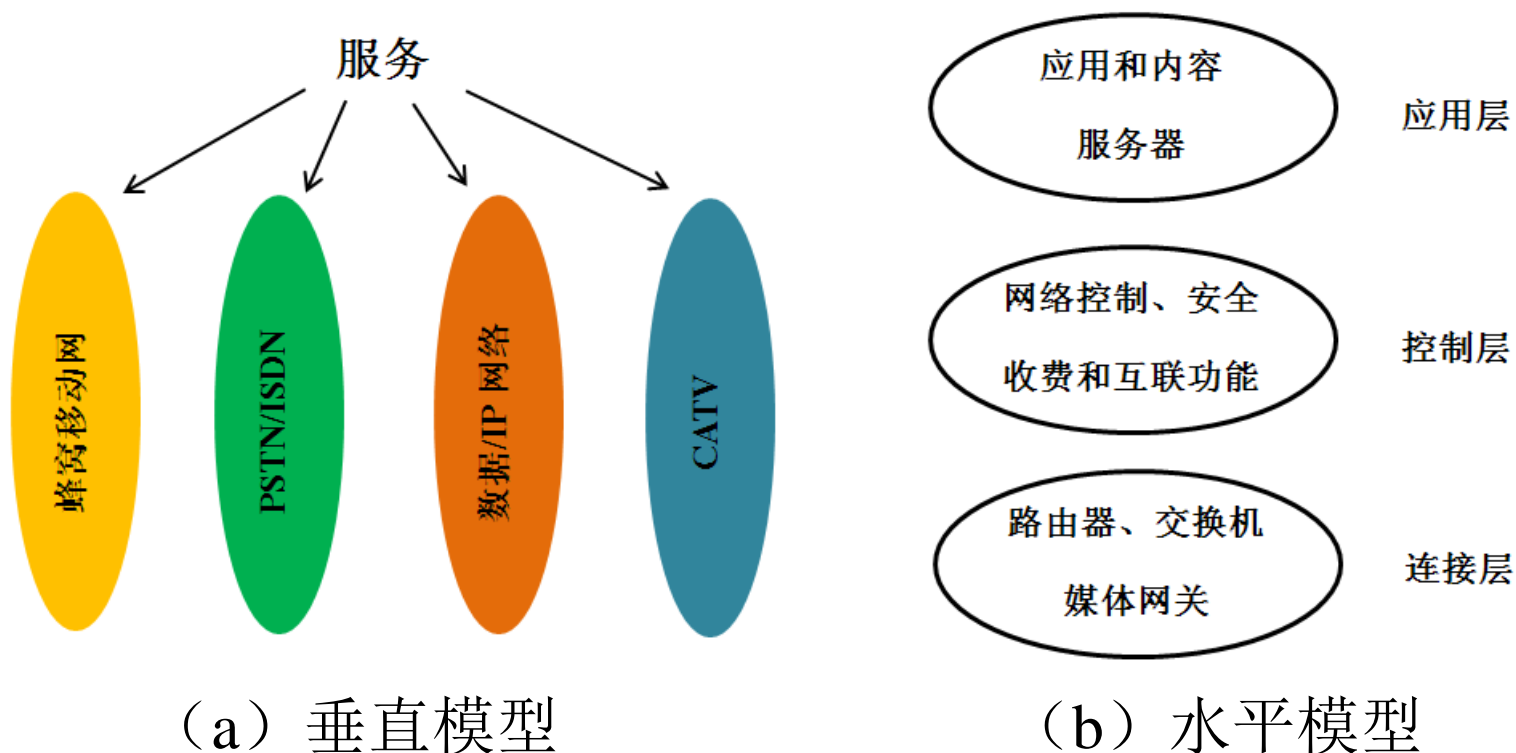
我国行政村通光纤比例已从试点前的不到70%提升至目前的96%，行政村4G网络覆盖率目前也已达到95%，极大提升了我国农村及偏远地区宽带网络基础设施能力，为乡村振兴和打赢脱贫攻坚战提供了坚实的网络保障。



第4章 多媒体传输网络

- ◆ 4.1 多媒体信息传输对网络的要求
- ◆ 4.2 多媒体通信网络类别
- ◆ 4.3 电路交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.4 分组交换广域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.5 局域网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.6 IP网对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.7 IP QoS保障机制
- ◆ 4.8 无线网络对多媒体信息传输的支持
- ◆ 4.9 宽带用户接入网
- ◆ 4.10 下一代网络

各种核心网络和接入网综合在一起，构成下一代网络，已经成为当今网络发展的趋势。



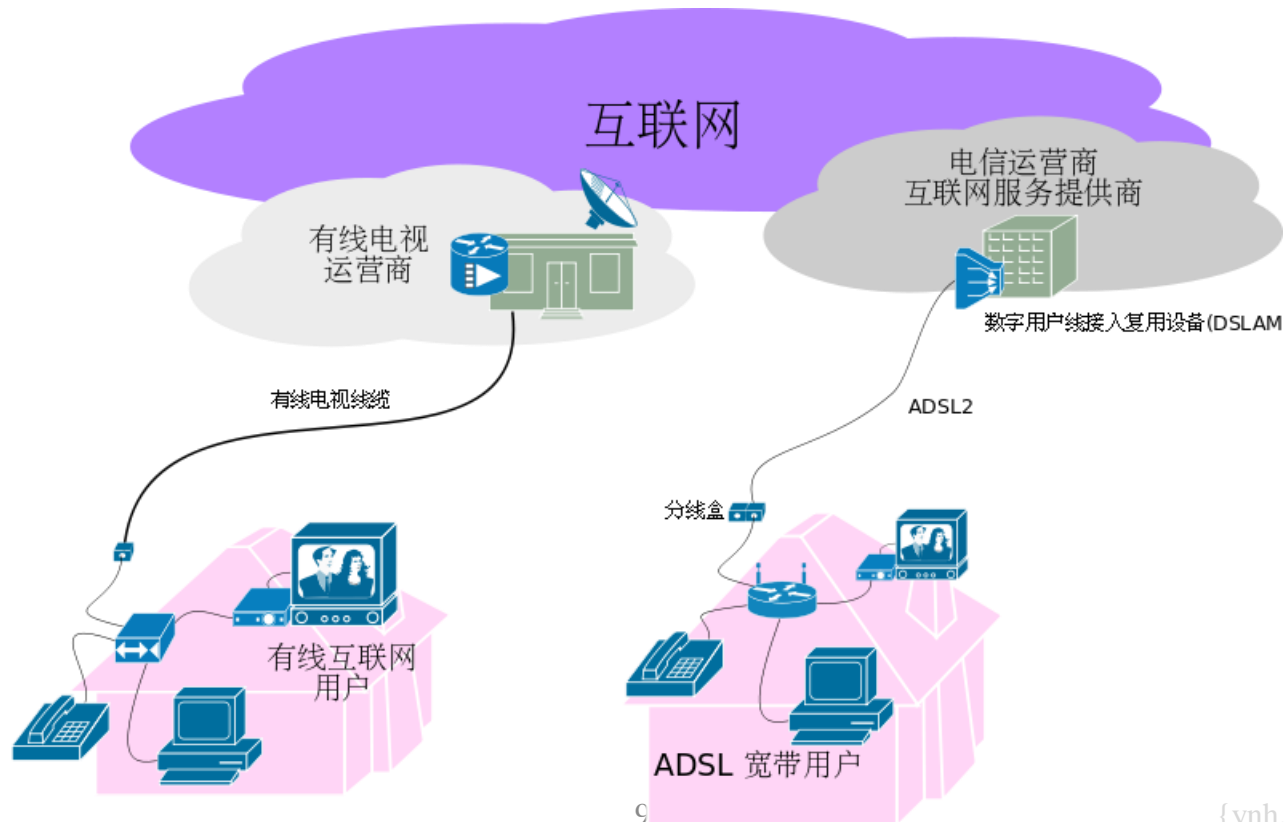
(a) 垂直模型

(b) 水平模型

网络融合的垂直模型和水平模型

MC 4.10.2 三网融合

三网合一或三网融合，是指电信网、计算机互联网和有线电视网三者融合发展，互联互通，为客户同时提供语音、数据和广播电视等多重服务。

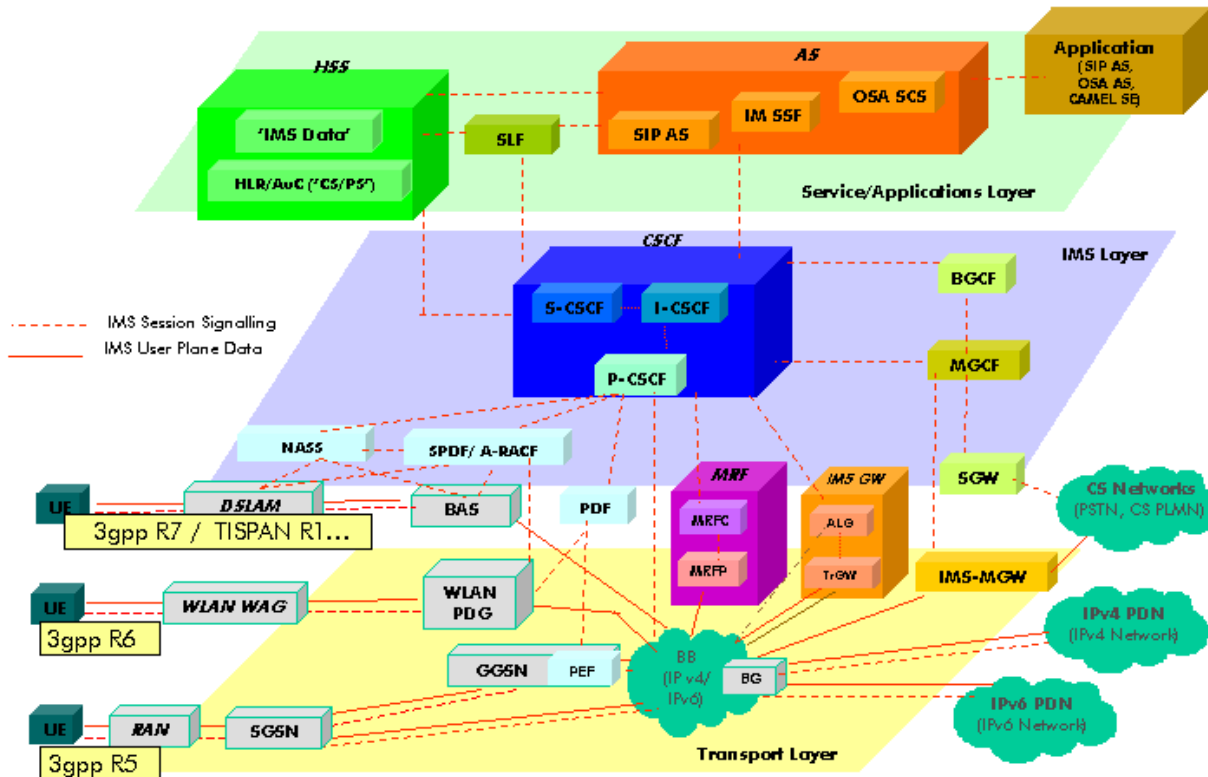




4.10.3 IP多媒体子系统（IMS）

IP多媒体子系统IMS（IP Multimedia Subsystem）是3GPP/3GPP2为3G移动网提供多媒体业务提供的的一个标准。它体现了水平模型的思想，由于采用了统一的控制层，使得采用不同传输技术的承载网和接入网相对于业务层是透明的，从而可以通过一个统一的传输平台向用户提供综合的多媒体业务。

IMS网络结构



- IMS是由各个系统功能组组成的。
- 各个功能组之间由一组标准接口联链起来，组成一个IMS管理网络。
- 功能组的实现方式是开放的，允许将多个功能组布署在一个节点，亦允许一个功能组由多个节点实现。
- 还允许在一个网络存在有多个相同的功能组。



4.10.3 IP多媒体子系统（IMS）

IMS支持的业务

通过IMS实现的网络融合使得运营商可以通过统一的业务层和控制层向不同接入网上的用户提供多种业务，也就是说，电话、移动电话、电视以及其他多媒体业务**不再必须由多个运营商通过多个独立的网络提供**。IMS的网络融合框架激发了应用和业务的融合，可能导致未来更多更复杂的多媒体应用出现。

1、从通信建立时间、传输延时、延时抖动、宽带利用率、对实时业务的支持、包传输次序及丢失和QoS保障等方面对下列网络进行比较：（1）电路交换与分组交换网络；（2）面向连接与无连接网络。

2、请对IP网的Intserv和Diffserv的QoS保障机制的复杂度和性能做出评价。它们能够提供定性的还是定量的、确定的还是统计意义上的QoS保障。