



# 网络制播技术

中国传媒大学 杨盈昀

# 电视节目制作

## 信源

图像采集（实时）：  
摄像机、摄影机

图像生成（非实时）：  
字幕、CG、摄影机、  
图像场景（image scene）

## 节目制作

演播室（实时）  
转播车（实时）

非线性编辑  
（非实时）

# 节目播出与分配

播控机房

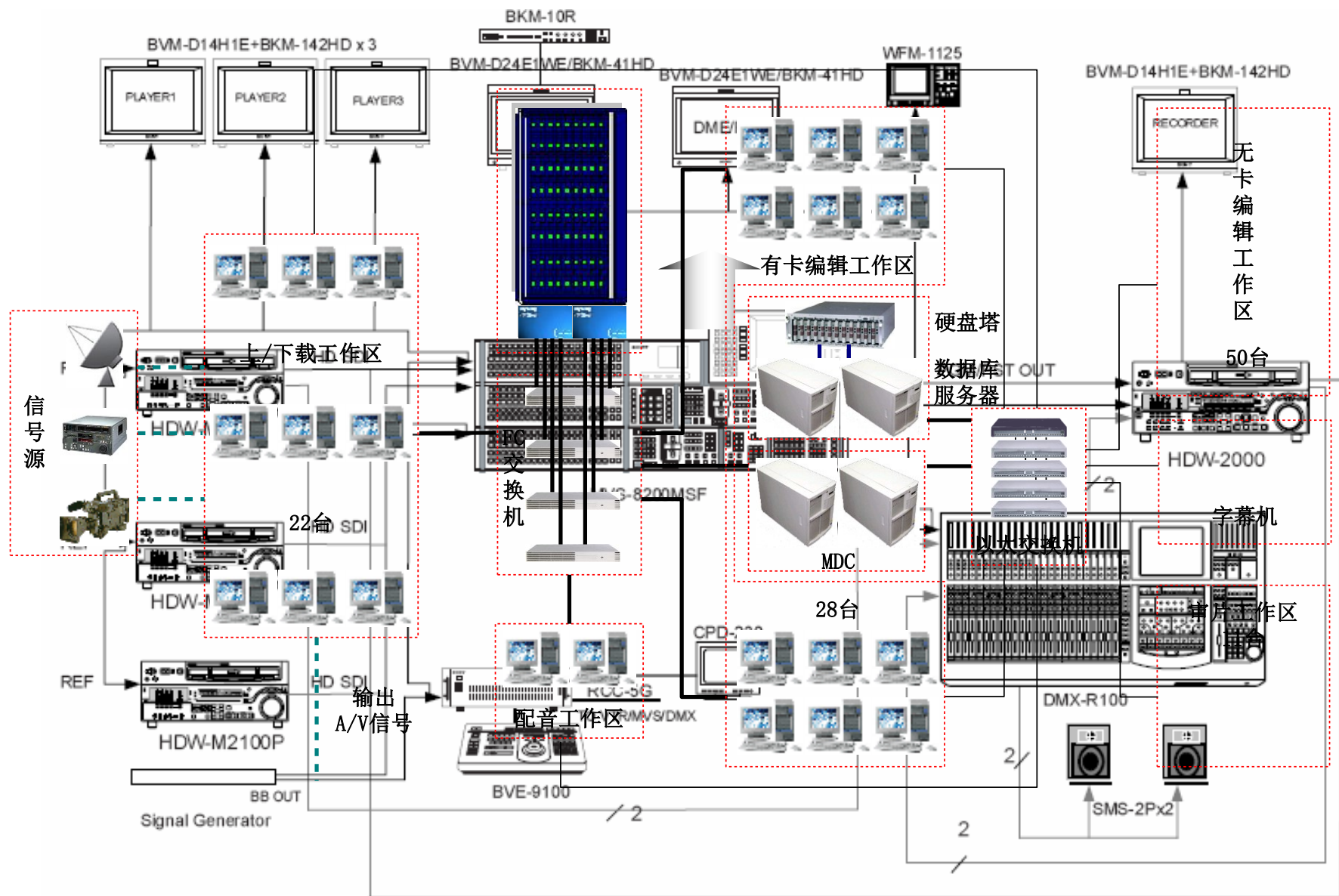


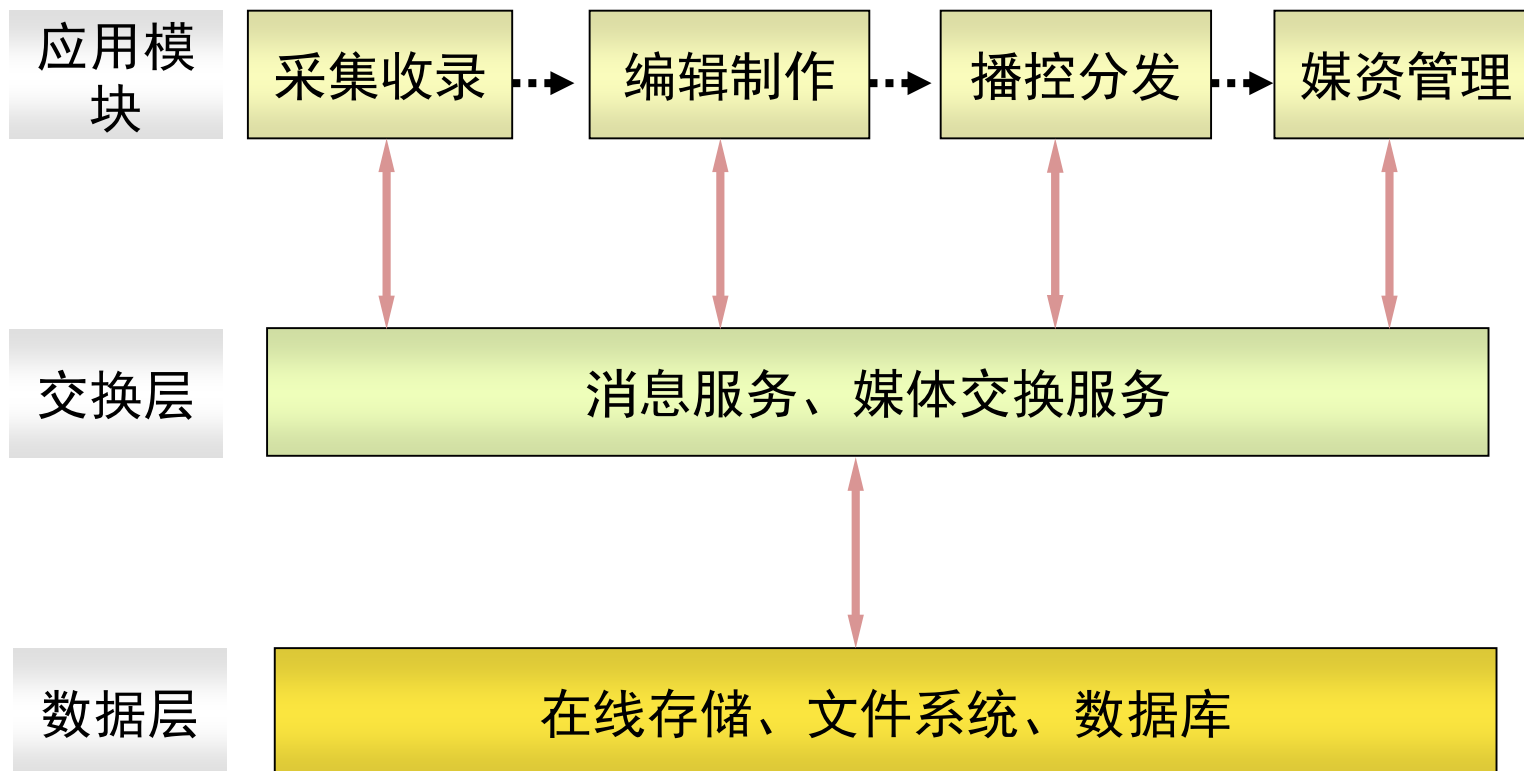
电缆、光纤、微波

无线  
发射塔

卫星  
地面站

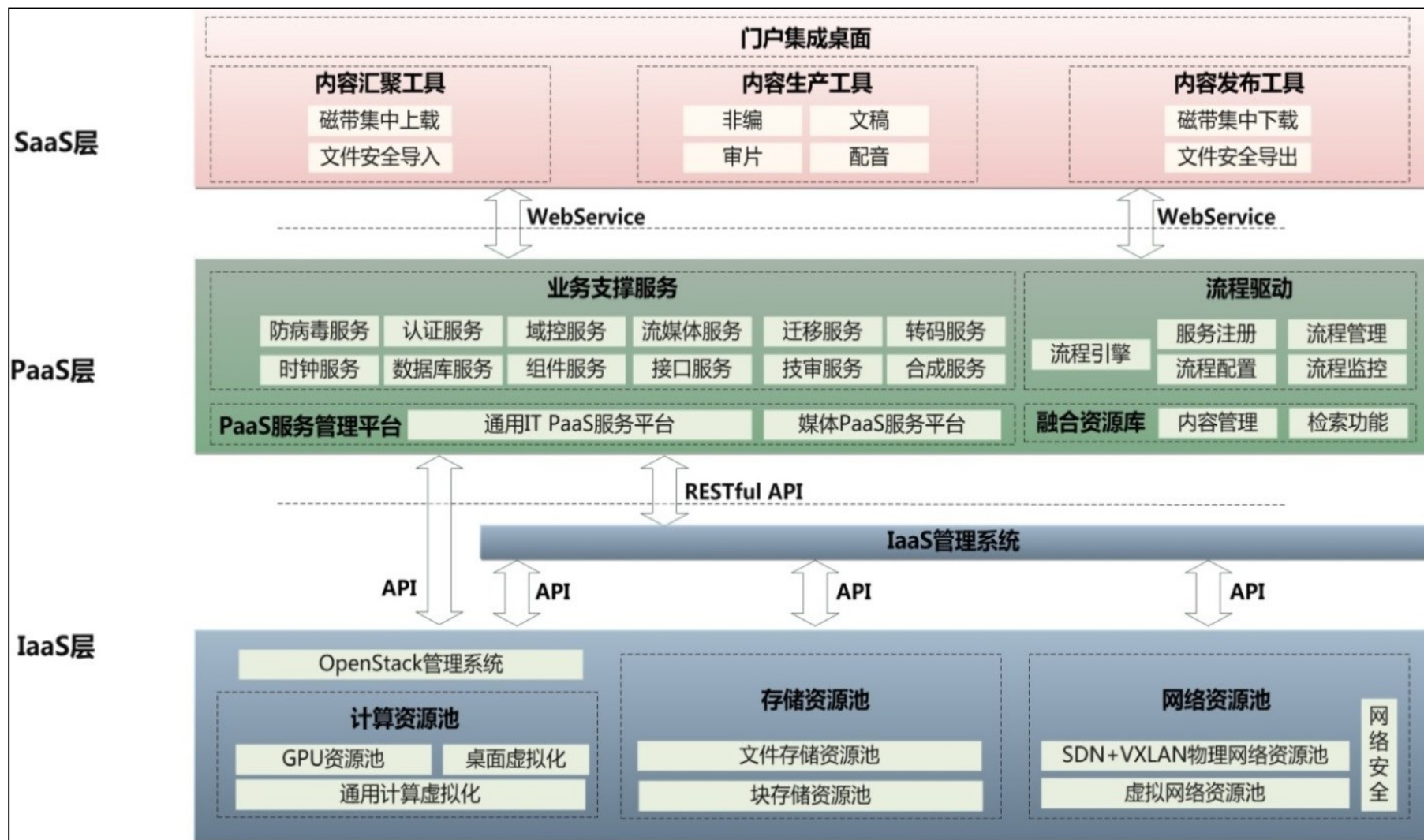
有线  
网络





全台网络化

# 制播网私有云总体框架



## 教学目的：

- 1、使学生全面而深刻地了解与广播电视台网相关的基础知识，并掌握其中关键技术；
- 2、培养学生分析与设计电视节目制作与播出网络的能力；
- 3、使学生对将来电视节目制作与播出网络的发展有一定的认识。

# 课程大纲

- 一、绪论
- 二、计算机网络概述（复习）
- 三、硬盘存储技术
- 四、附属网络存储
- 五、存储区域网
- 六、广播电视台制播网络的基本架构
- 七、电视台网络系统（后期节目制作网、新闻制播网、节目播出网、媒资网、全台网架构）
- 八、云计算技术
- 九、基于云平台的全台网

## 教材：

- 《数字电视网络制播技术》 杨盈昀等编著

## 参考书目：

- 《存储网络技术的应用》 鲁士文编著 清华大学出版社；
- 《计算机网络应用基础》 武新华等编著 西安电子科技大学出版社；
- 《基于对象的网络存储》 郭玉东 尹青编著 电子工业出版社；
- 《云计算》 刘鹏主编 电子工业出版社；
- 《云计算架构技术与实践》 顾炯炯编著清华大学出版社。



## 相关课程

- 电视原理
- 数字电视技术
- 计算机网络
- 数字电视演播室技术

## 成绩考核方式：

- **平时成绩：** 占总评成绩的百分比为 40%；  
主要包括以下形式：  
    作业为 10%； 考勤课堂纪律为 10%；  
    实验为 20%（考勤和实验报告）。
- **期末考试：** 占学期总成绩 60%。

# 课程大纲

- 一、绪论
- 二、计算机网络概述（复习）
- 三、硬盘存储技术
- 四、附属网络存储
- 五、存储区域网
- 六、广播电视台制播网络的基本架构
- 七、电视台网络系统（后期节目制作网、新闻制播网、节目播出网、媒资网、全台网架构）
- 八、云计算技术
- 九、基于云平台的全台网

# 一、绪论


## (一) 广播电视网络的基本概念

**网络制播技术**泛指利用计算机网络对电视或广播节目进行制作和播出的技术。

**电视台网**是指以现代信息技术和数字电视技术为基础，以计算机网络为核心，实现电视节目的采集、编辑、存储、播出交换以及相关管理等辅助功能的网络化系统。

**广播台网**是指以现代信息技术和广播数字技术为基础的，实现广播电台内容生产、运营和管理等综合业务的信息化网络平台。

参考《电视台数字化网络化建设白皮书》 《广播电台数字化网络化建设白皮书》



电视台网络包括**电视台的管理系统网络化、电视节目制作和播出网络化、媒体资产管理网络化**。实质为局域网。

电视节目制作和播出与媒体资产管理的网络需要**传输广播级的音频与视频信号**，因此它们**需要更大的传输带宽、更高的存储容量**，这是这类网络与其他网络的最大区别。

## (二) 电视制播网络需求

非线性编辑来说，由于要求广播级的视频数据的**实时编辑与播放**，其数据流量相当惊人。

如广播级标清素材，其带宽要求**50Mbps**。而每台非编通常需要编辑AB两轨，所以在AB两轨同时运行的时候，就需要100Mbps的带宽。

还需要考虑的因素是容错，要容错就必须占有一定的冗余带宽。

# 高质量视音频文件编码格式应用建议参考

		标清 (SD)	高清 (HD)
新闻制播板块	视频	MPEG-2 I 25-50Mbps; DVCPRO50;DCPROV25等	MPEG-2 I $\geq 100\text{Mbps}$ ; DVCPRO HD; HDCAM; DNxHD; JPEG 2000; H.264... ..
	音频	PCM 48KHz,16bit,单/双声道	PCM 48KHz,16/20/24bit, 单/双声道, 多声道
播出分发板块	视频	MPEG-2 12~25Mbps	MPEG-2 IBP 50~120Mbps; JPEG 2000; H.264... ..
	音频	PCM 44.1/48KHz,16/20/24bit,单/双声道	PCM 48KHz,16/20/24bit,双/多声道
数字内容管理板块	视频	原格式	原格式
	音频	原格式	原格式

## ■ 2、实际情况

以太网工作站访问共享数据需通过媒体服务器，其网络结构不是面向通道连接的，在连接和协议方面的开销很大，其实际数据传输率仅为整个带宽的40%左右。

以太网在带宽和实时传播方面存在不足。但以太网在系统管理方面具有优势，而且成本很低。

解决办法：

存域网（NAS、IP-SAN、FC-SAN）

云技术



用于新闻制播板块的高清视频，当采用MPEG-2压缩时，压缩码率至少为（ ）

- ☐ A 25Mbps
- ☐ B 50Mbps
- ☐ C 100Mbps
- ☐ D 120Mbps

提交

- 一、绪论
- 二、计算机网络概述（复习）
- 三、硬盘存储技术
- 四、附属网络存储
- 五、存储区域网
- 六、广播电视台制播网络的基本架构
- 七、电视台网络系统（后期节目制作网、新闻制播网、节目播出网、媒资网、全台网架构）
- 八、云计算技术
- 九、基于云平台的全台网

## 二、计算机网络概述

### (一) 计算机网络体系结构

#### OSI 参考模型

##### ◆ 第7层 应用层

能与**应用程序**接口沟通，以达到展示给用户的目的。包括HTTP等很多协议。

##### ◆ 第6层 表示层

提供多种用于应用层数据的编码和转化功能，以便应用层识别。包括：**公用数据表示**格式、**性能转换**表示格式、**标准数据压缩**模式和**标准数据加密**模式等。

### ◆ 第5层 会话层

用于为通信双方制定通信方式，并创建、注销会话（双方通信）。

### ◆ 第4层 传输层

实现向高层传输可靠的互连网络数据的服务，即是从会话层接收数据，并且在必要时把它分成较小的单元，传递给网络层。

### ◆ 第3层 网络层

为数据传送目的地寻址，再选择出传送数据的最佳路线。

## ◆ 第2层 数据链路层

最基本的目的是将源自网络层来的数据可靠地传输到相邻节点的目标机网络层。

数据链路主要功能有：

- ✓ 将数据组合成数据块（在数据链路层中称为帧（frame），帧是数据链路层的传送单位）；
- ✓ 控制帧在物理信道上的传输，包括处理传输差错，调节发送速率以使与接收方相匹配；
- ✓ 在两个网络实体之间提供数据链路通路的建立、维持和释放的管理。

## ◆ 第1层 物理层

在通信线上传输原始比特流。

有关参数包括信号电平、比特宽度、数据率和最大传输距离等

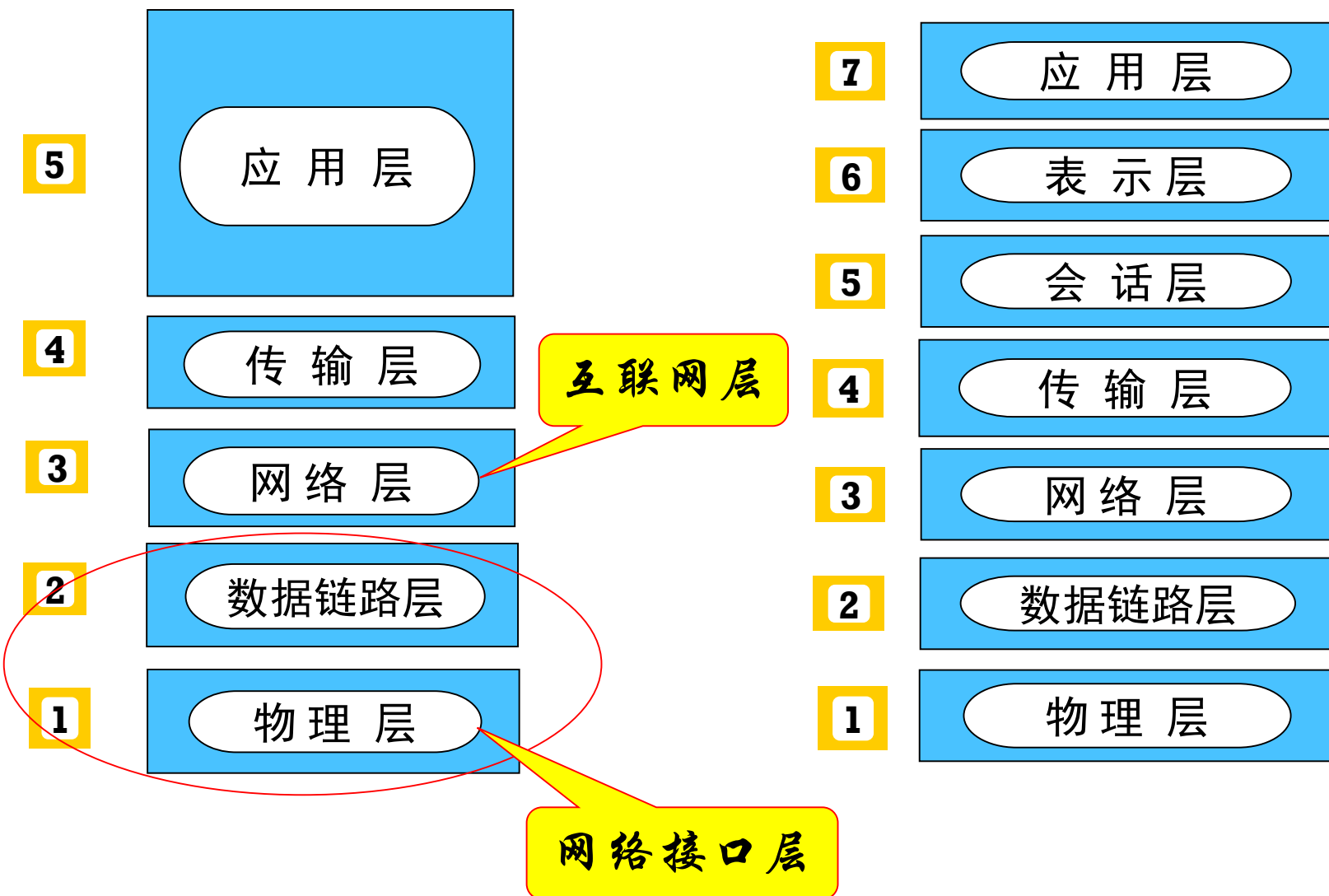
涉及到通信方式（单、双工等）

涉及到通信连接的建立与终止以及物理链路接口的电气、机械特性和所使用的物理传输介质

# OSI 参考模型

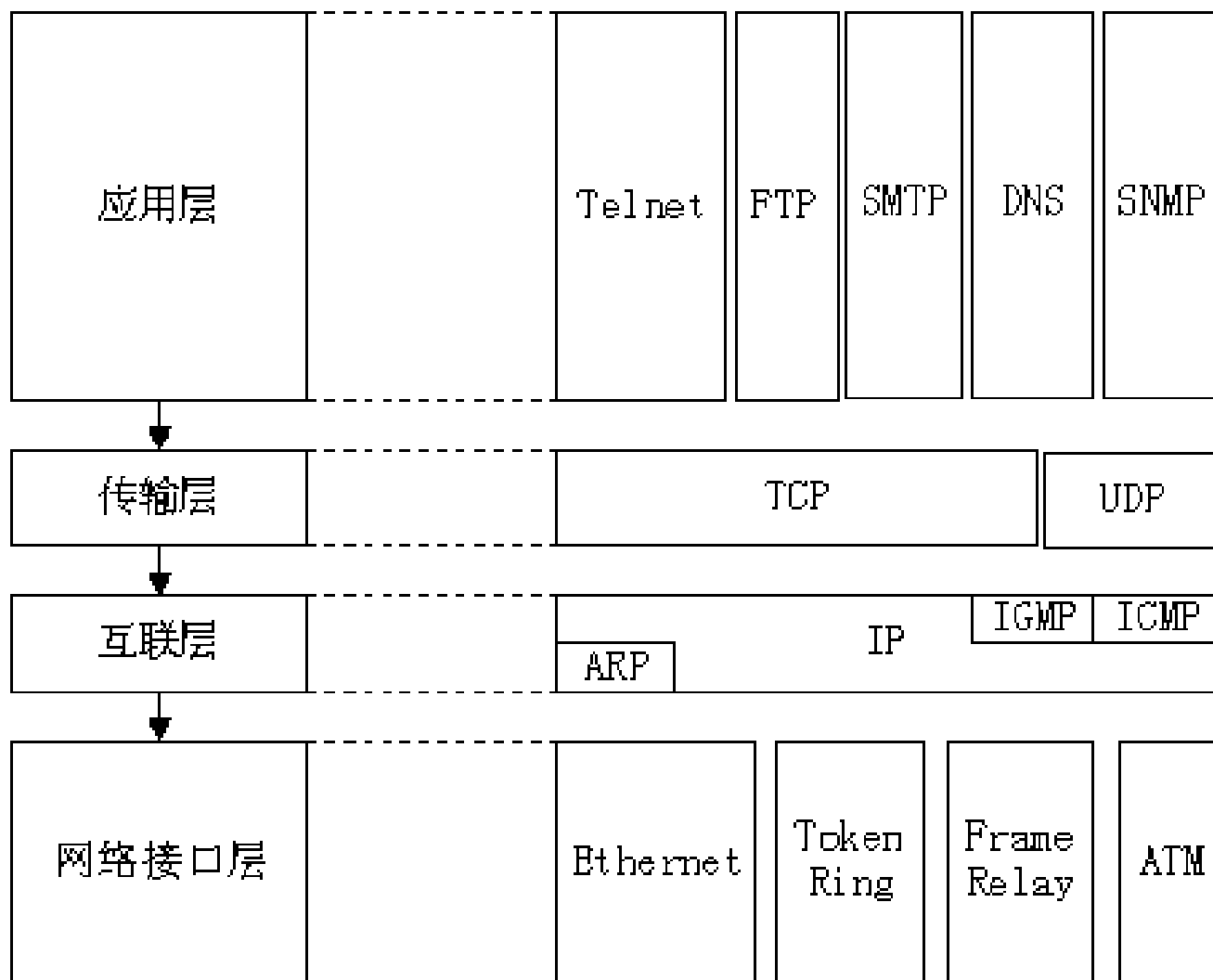
应用层	与用户应用进程的接口	“做什么”
表示层	数据格式的转换	“对方看起来像什么”
会话层	会话管理与数据传输同步	“该谁讲话” “从哪儿讲起”
传输层	端到端的数据传输	“对方在哪儿”
网络层	分组传送，路由选择， 流量控制	“走哪条路可以到达对方”
数据链路层	相邻结点间无差错地传送帧	“每一步该怎么走”
物理层	在物理媒体上透明传输位流	“怎样利用物理媒体”

# TCP/IP与OSI





# TCP/IP协议族

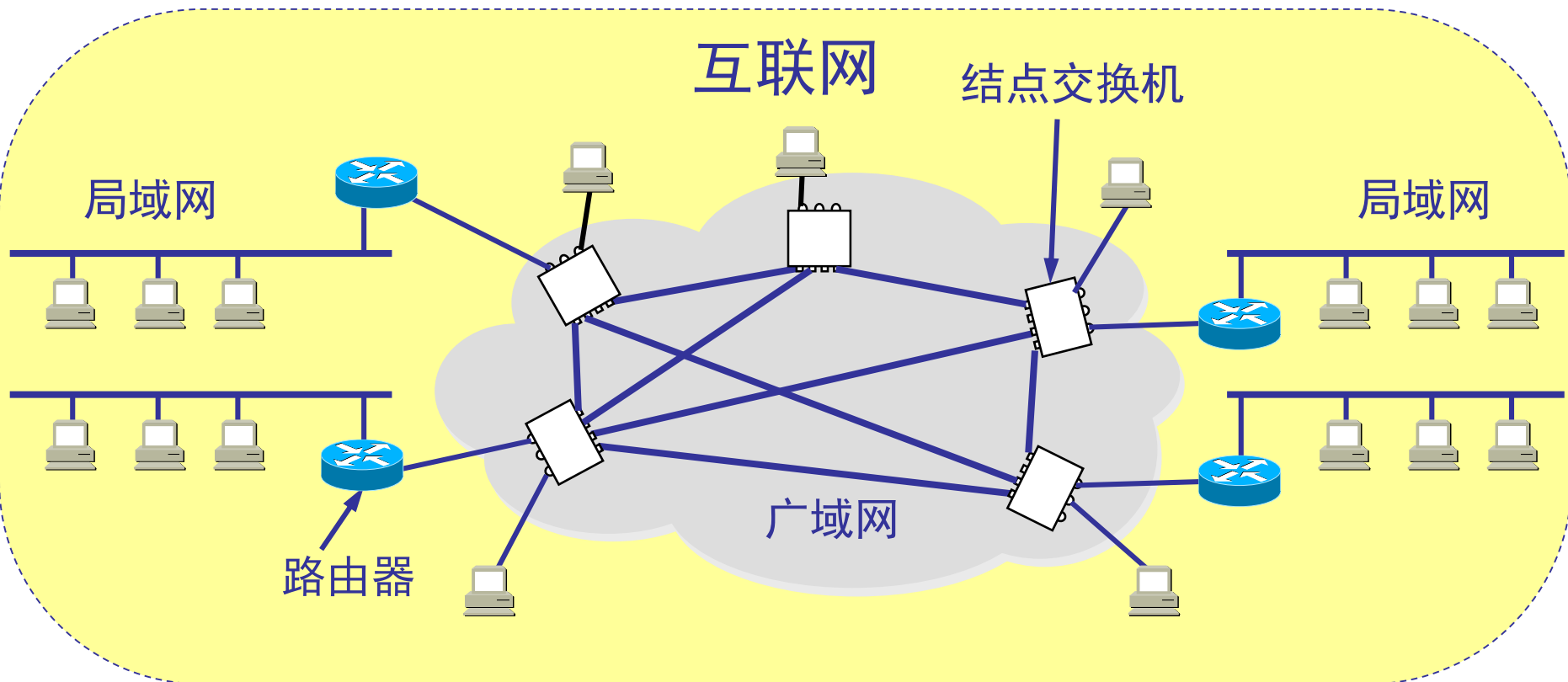


局域网包括OSI参考模型中的 [填空1]、 [填空2]

正常使用填空题需3.0以上版本雨课堂

作答

# 由局域网和广域网组成互联网



相距较远的局域网通过路由器与广域网相连  
组成了一个覆盖范围很广的互联网

## （二）IP协议

- IP层，Internet Protocol层，也称为网络层、网络互连层，是TCP/IP模型的关键部分。
- 网络层协议定义了通过网络传输的基本单元，并提供对共用寻址体系和路由的支持。
- 功能是使主机可以把IP数据报（datagram）发往任何网络，并使数据报独立地传向目标（中途可能经由不同的网络）。
- IP利用地址解析协议（ARP）和逆向地址解析协议（RARP）来实现地址的转换过程。

# 网络层协议

应用层

传输层

网络层

数据链路层

物理层

**Internet Protocol (IP)**

**Internet Control Message  
Protocol (ICMP)**

**Address Resolution Protocol (ARP)**

**Reverse Address Resolution  
Protocol (RARP)**

**Internet Group Management  
Protocol (IGMP)**

# 1、网际控制消息协议（ICMP）

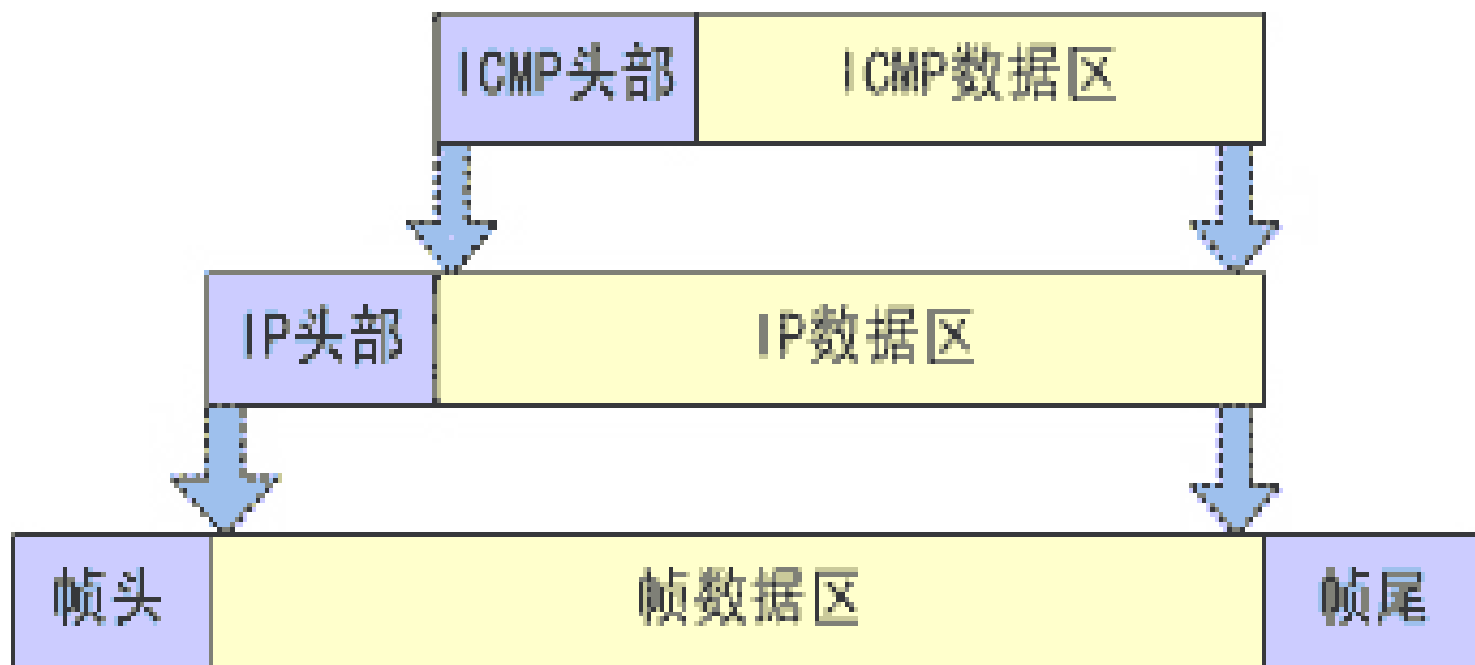
ICMP消息以IP数据包形式传输，用于与网络错误和问题有关的无约束消息。例如，网中的一些物理路径出错，导致网络无法连通等。

IP在发送一个差错报文时要用到ICMP。

ICMP是IP的必要组成部分，所有使用IP的主机和路由器都使用ICMP。

ICMP报文是在IP数据报内部传输的。将ICMP报文加IP头部，封装成IP分组。

# ICMP报文传送



## ICMP报文封装

★ Ping程序是ICMP协议的最常见应用程序

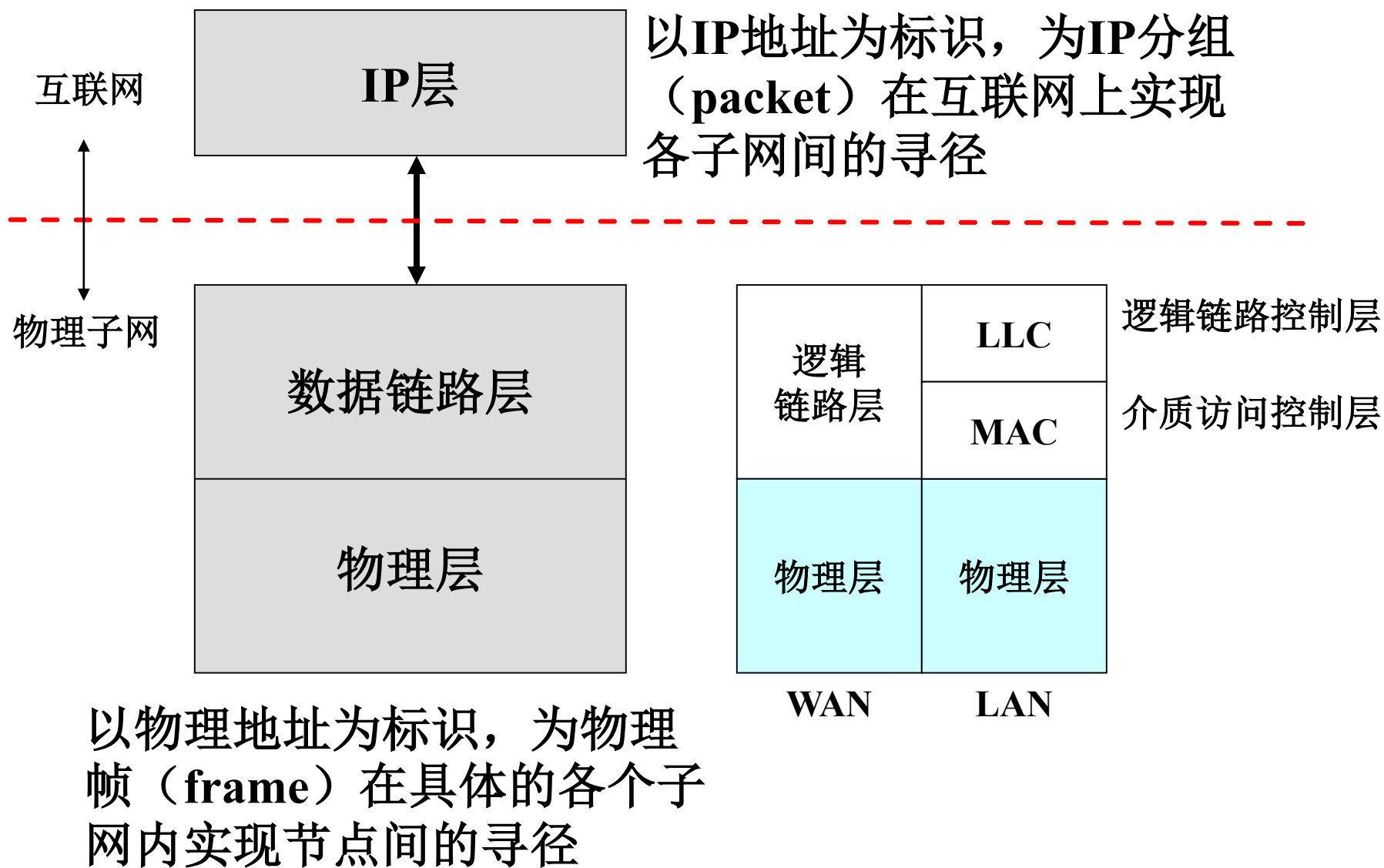
## 2、地址解析

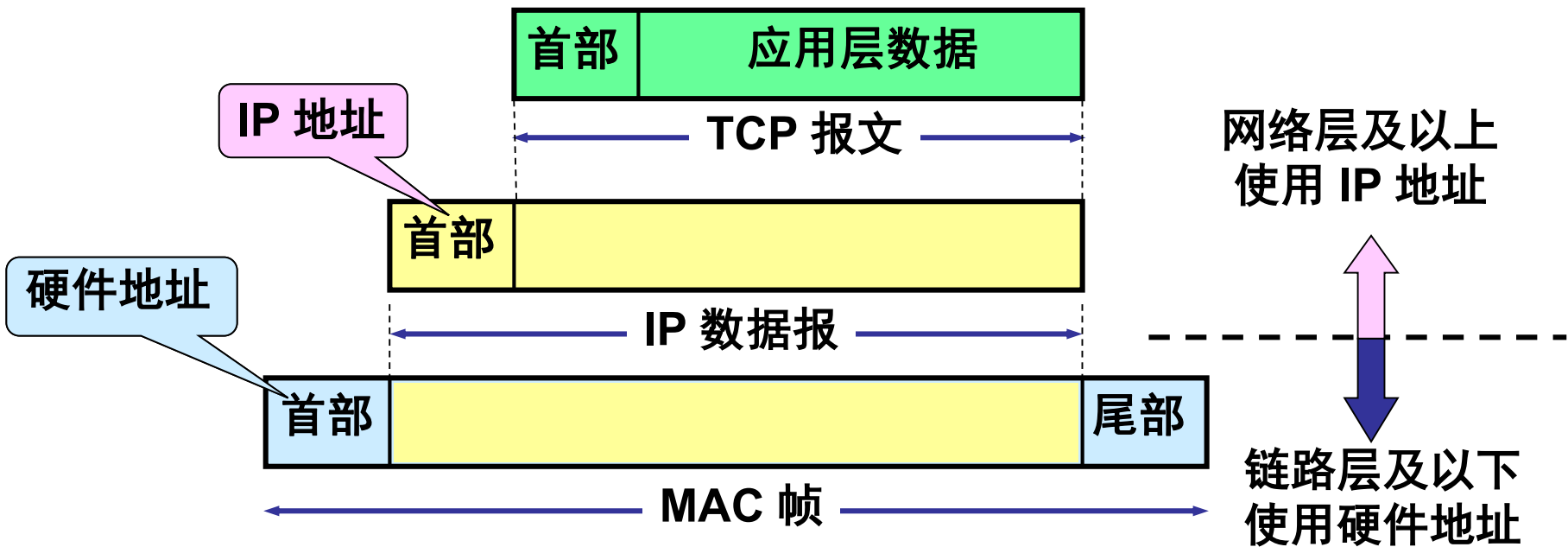
如果给定网络中的两台主机需要通信，不仅需要知道彼此的IP地址，还必须知道彼此的物理地址，这样它们才能应用数据链路层协议在本地介质上传送数据报。

地址解析（resolution）：地址之间的映射

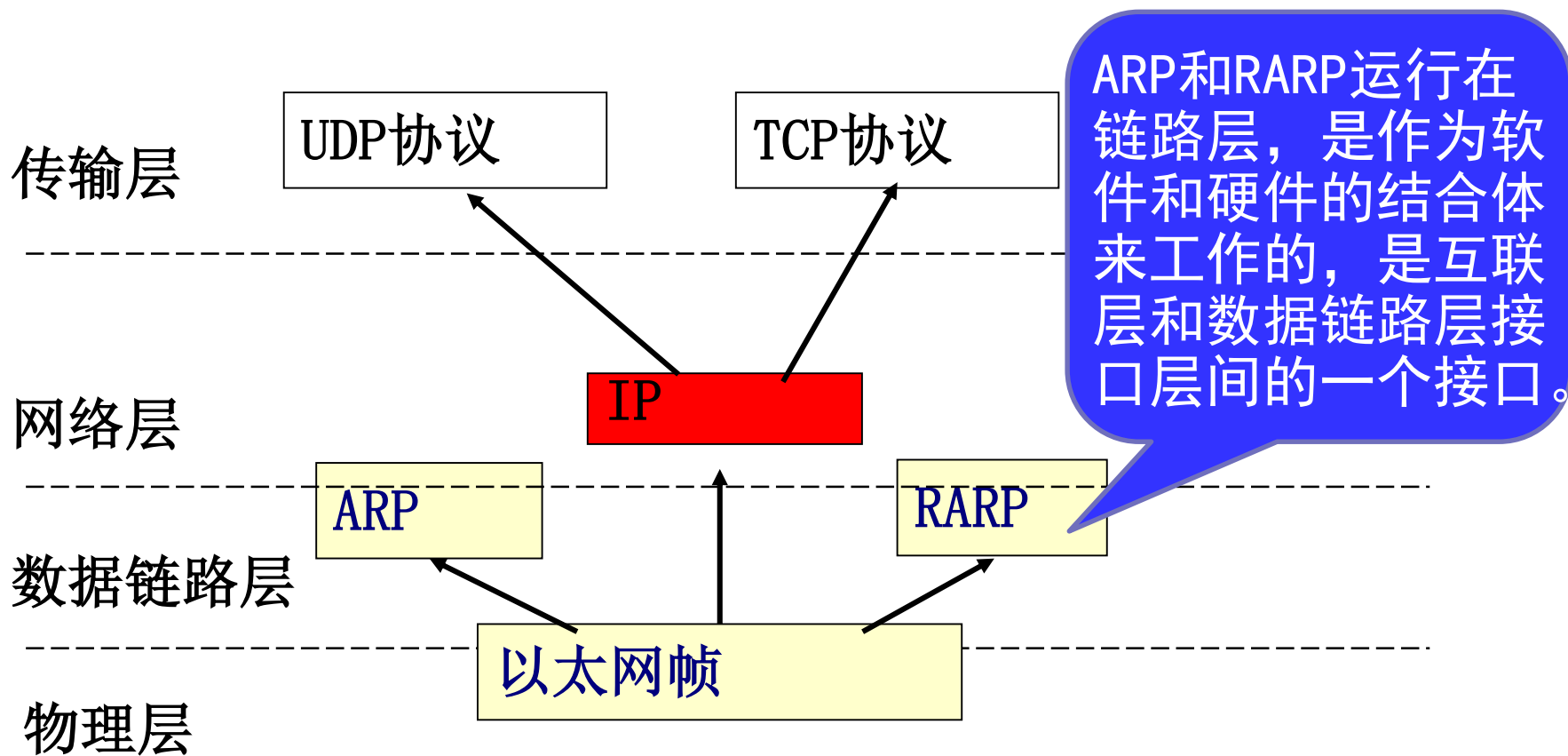








# 多路分解传送协议



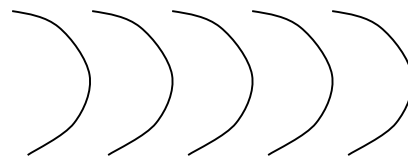
## - Address Resolution Protocol

ARP是一个互连网层协议，它获取主机或节点的MAC 地址（物理地址）并创建一个本地数据库以将MAC地址映射到主机IP（逻辑）地址上。

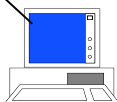
如果一个主机需要知道在同一子网的另一主机的MAC地址，第一个主机将向网络发送一条广播消息，“IP地址为AA. BB. CC. DD的计算机请发送给我你的MAC 地址”。

在本地子网中具有IP 地址AA. BB. CC. DD的主机将广播一条包括目标主机物理地址的ARP响应。

我是128.1.2.7，谁知道IP地址为128.1.2.15的主机对应的MAC地址？



主机A



主机E

Ethernet

听见/不回答

听见/不回答

听见/不回答

听见/回答

主机A的ARP表

IP	MAC
128.1.2.7	0:a0:24:ec:c1:b4
128.1.2.11	0:20:c5:e2:c6:a2
128.1.2.15	8:0:20:e:28:ef

主机128.1.2.7，我是128.1.2.15，我的MAC地址是8:0:20:e:28:ef

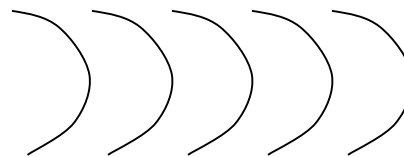
ARP请求作为广播发送，以太网地址（FFFFFFFFFFFFFF）作为广播地址。

# 反向地址解析协议（RARP）

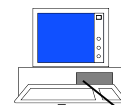
RARP是无盘主机用来请求服务器提供其IP地址的协议，使用和ARP相同的数据包结构。

- 向知道自己IP地址的服务器发送一个包含自己硬件地址的请求，并等待服务器发出响应；
- 服务器通过访问存放IP地址数据库的磁盘，找到相应的IP地址回送给请求方。
- 缺点：由于路由器不转发广播帧，RARP服务器必须与无盘工作站在同一子网内。

我的MAC地址是  
0:a0:24:ec:c1:b4，谁知道我的  
IP地址？



主机A  
(无盘)



主机E (服  
务器)

Ethernet

听见/不回答

听见/不回答

听见/不回答

听见/回答

主机A获得自己的IP地址，  
开始自己的开机过程。

主机0:a0:24:ec:c1:b4，你  
的IP地址是128.1.2.7

IPv4地址是（ ）比特，IPv6地址是（ ）比特，MAC地址是（ ）比特。

- ☐ A 24, 32, 48
- ☐ B 32, 48, 64
- ☐ C 32, 64, 48
- ☐ D 32, 128, 48

提交

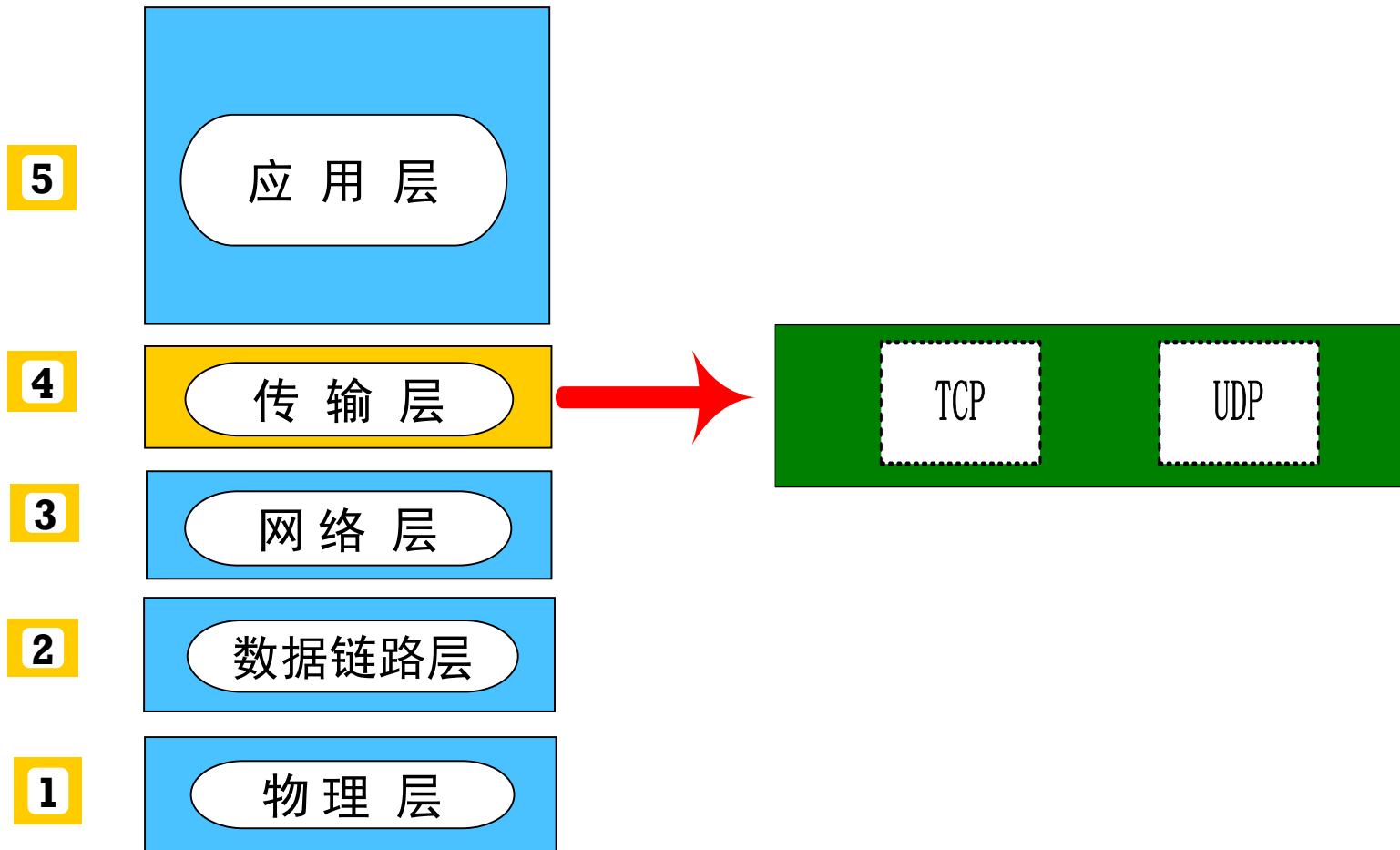


# (三) TCP/IP的传输层协议

## ■ 1、基本概念

### ■ 功能

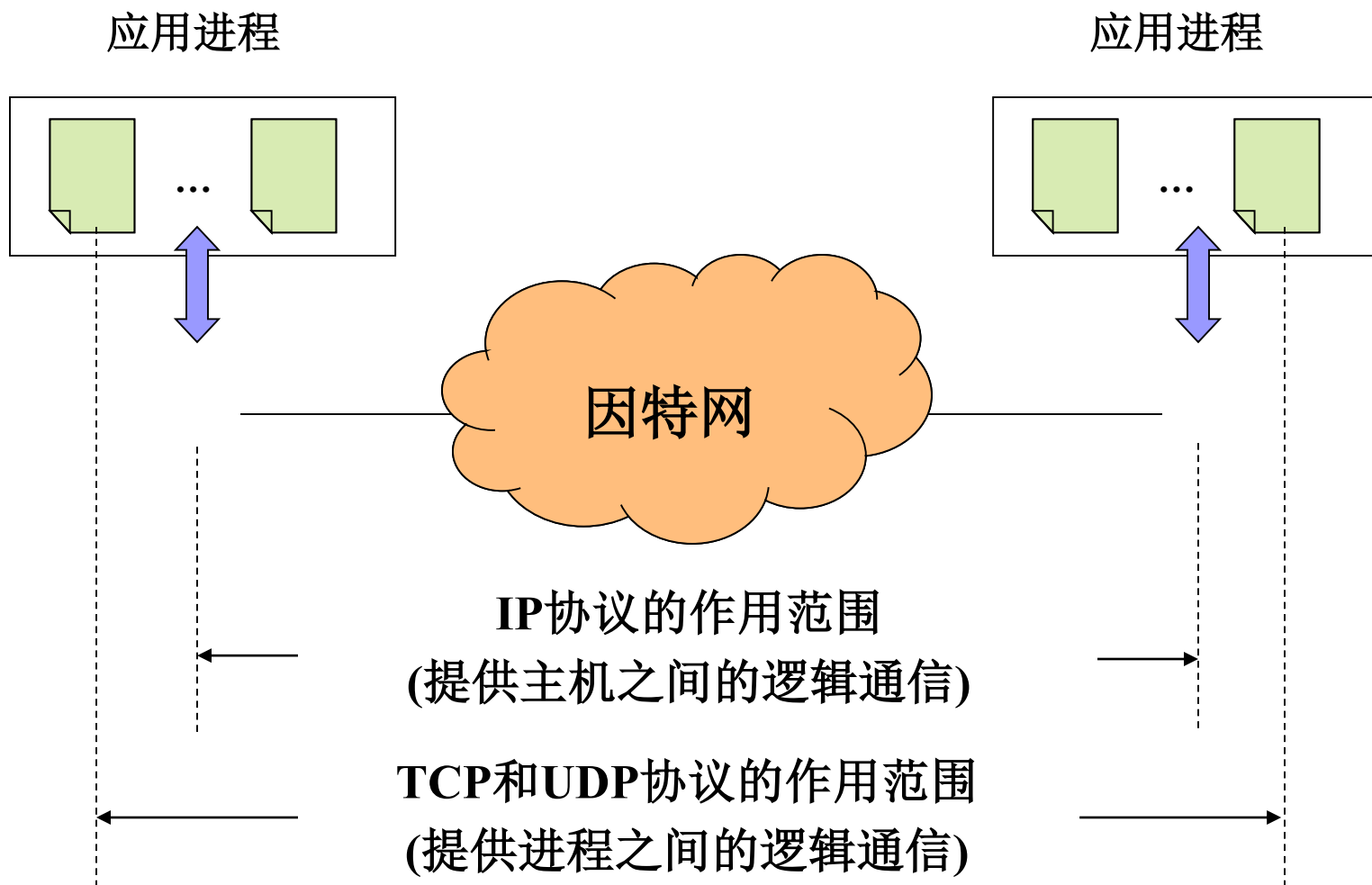
- 在源结点和目的结点的两个进程实体(entity)之间提供的端到端的数据通信。
- 为保证数据传输的可靠性，传输层协议规定接收端必须发回确认，并且当数据有错或丢失时，发送方必须重传。
- IP协议保证数据的传输，TCP协议保证数据传输的质量。



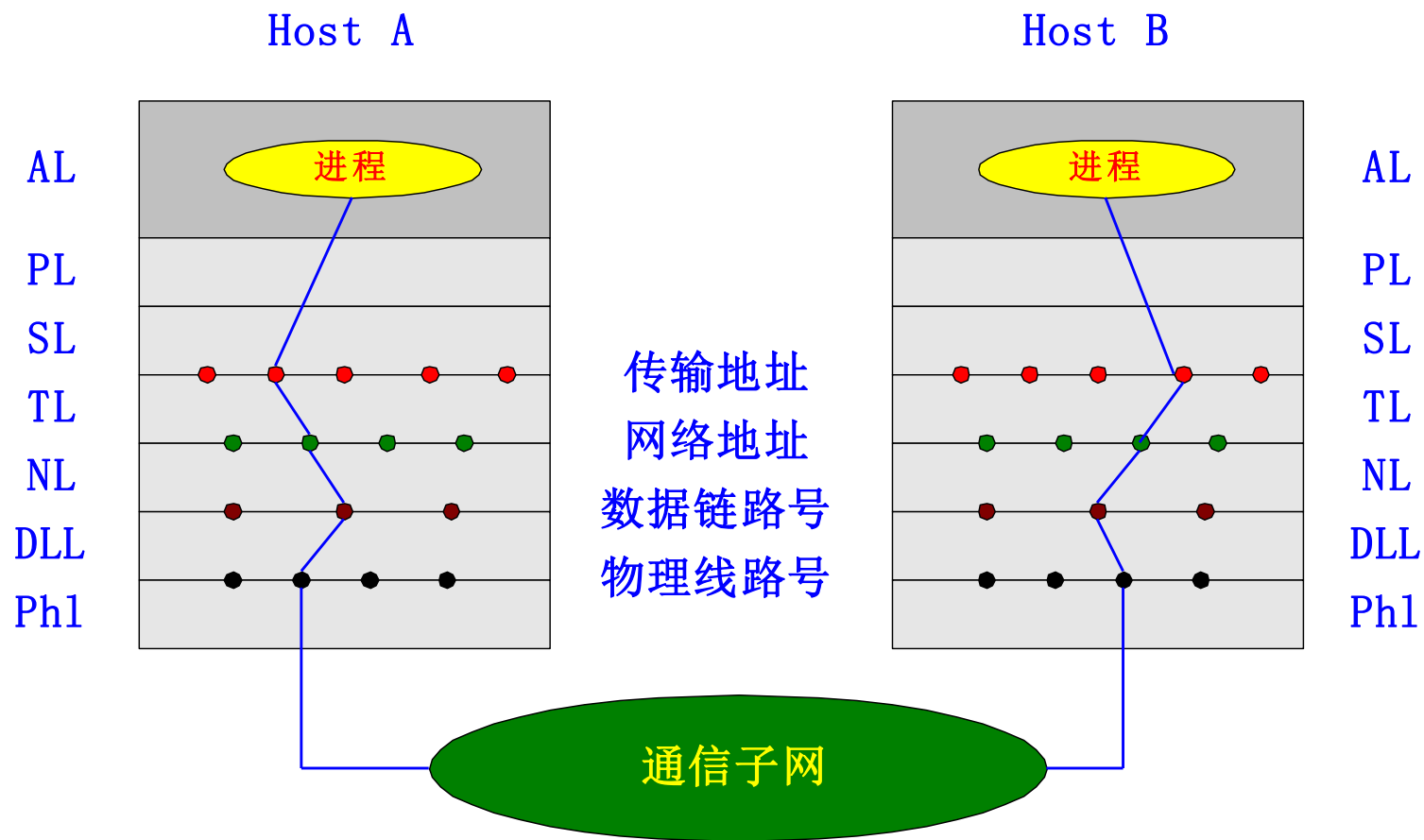
## 2、为什么要设置传输层？

- 物理层：比特流的传输；
- 数据链路层：将有差错的物理链路变成无差错的数据链路；
- 网络层：如何使报文分组以适当的路径通过通信子网；
- 传输层：如何实现分布式进程之间的通信

# 传输层协议与网络层协议的区别



- 为每一个用户进程分配一个传输地址；
- 每一个传输地址在全网应该是唯一的。



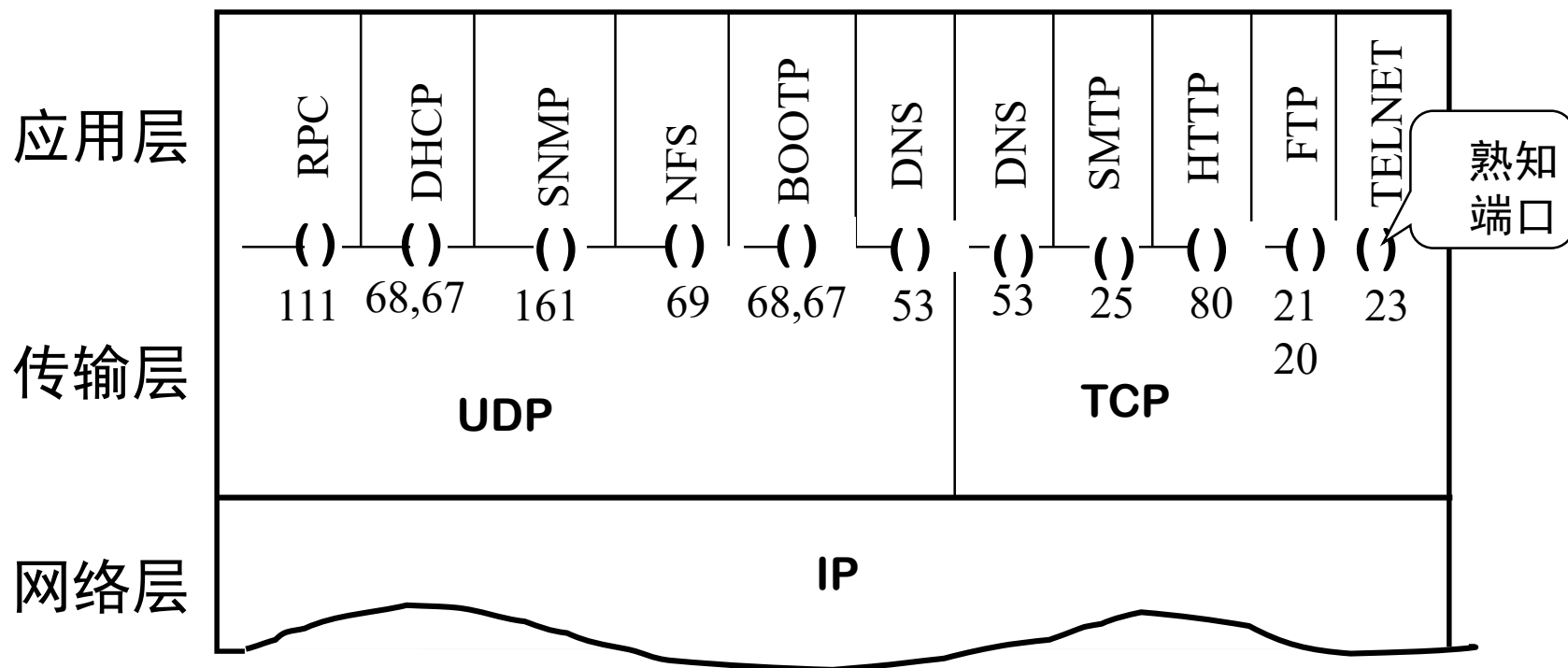
IP地址+端口号

端口是一个16bit的地址，由操作系统分配给调用的应用程序的唯一号码。

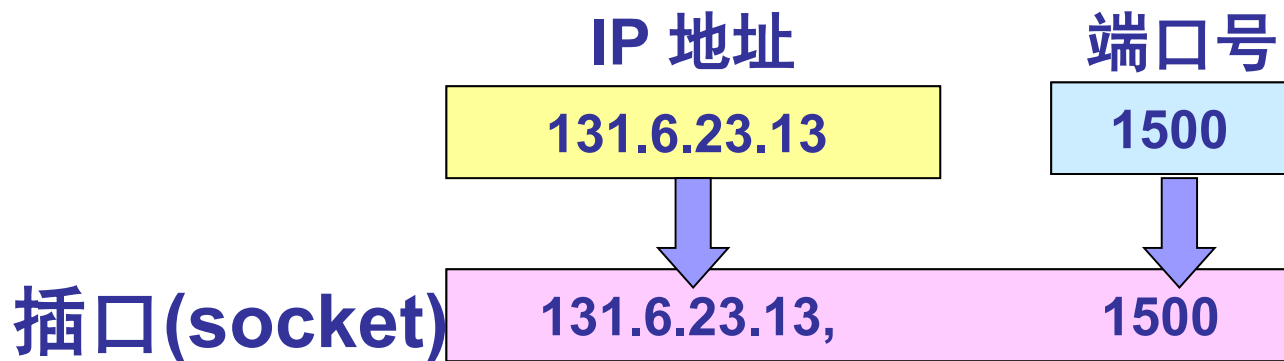
端口号分为两类：

熟知端口 (well-known port)，0-255。

一般的端口号，用来随时分配给请求通信的客户进程。



- TCP使用“连接”（而不仅仅是“端口”）作为最基本的抽象，同时将TCP连接的端点称为**插口**（socket），或**套接字**、**套接口**。
- 插口和端口、IP地址的关系是：



### 3、传输控制协议TCP

#### ■ TCP: Transmission Control Protocol

- 可靠的面向连接的协议
- 需要事先建立一条连接路径
- TCP段最大长度为64K字节, 大的分组将在IP层进行分割后传送。
- TCP协议具有数据报的顺序控制、差错检测校验以及重发控制等功能。
- TCP同时处理有关流量控制的问题, 防止快速的发送方“淹没”慢速的接收方。





TCP报文格式

## 4、用户数据报协议UDP

### ■ UDP: User Datagram Protocol

为不需要可靠信息流服务的应用程序提供面向事务的端到端的高效服务。为了保持数据的完整性，UDP向同一IP地址和校验和提供多路复用的不同地址。

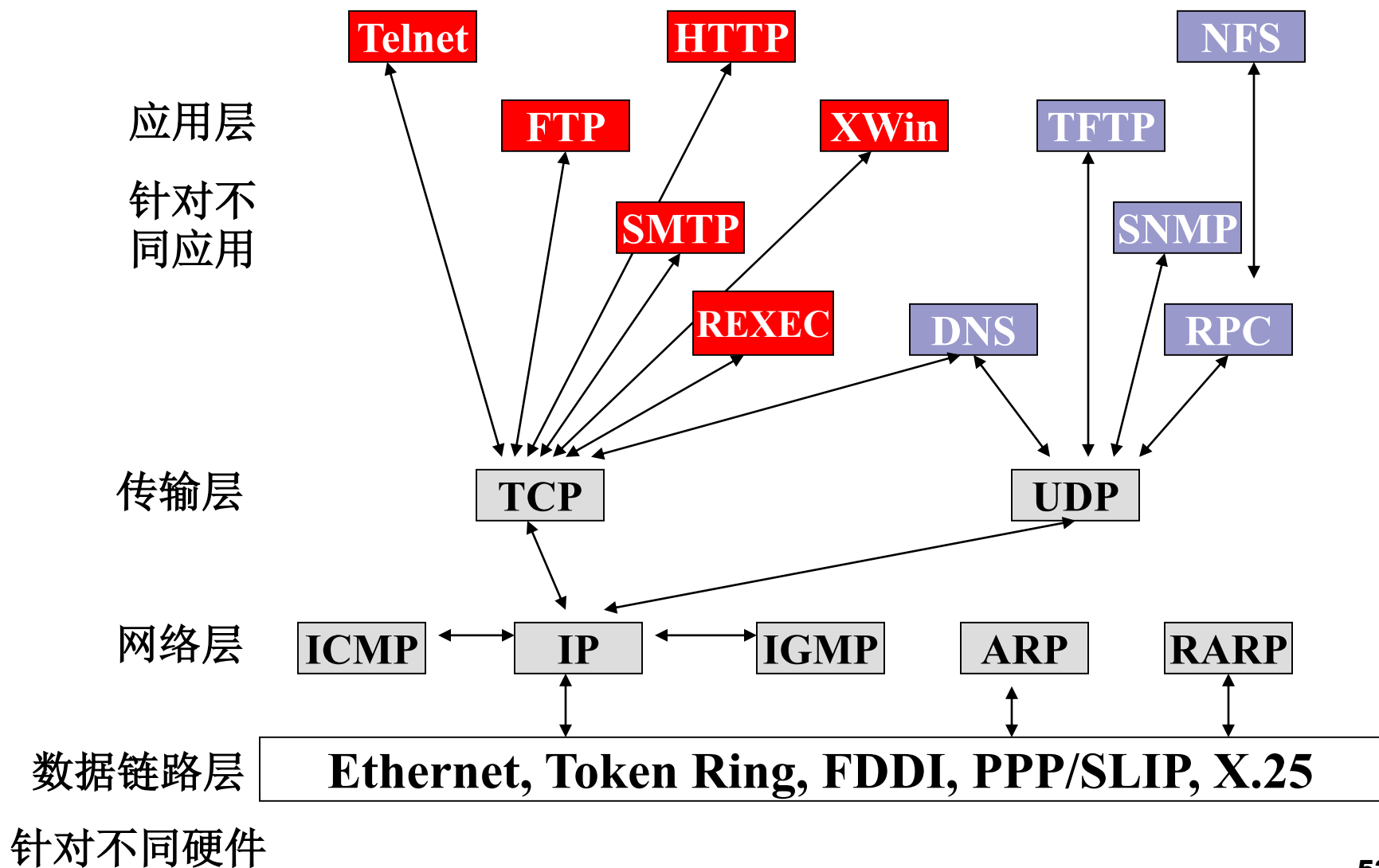
- 不可靠的、无连接的传输层协议
- 不需要事先建立连接
- 不能保证数据传输的可靠性



16位源端口号	16位目的端口号
16位UDP长度	16位UDP校验和
数据	

UDP报文格式

# TCP/IP协议族中的应用层协议



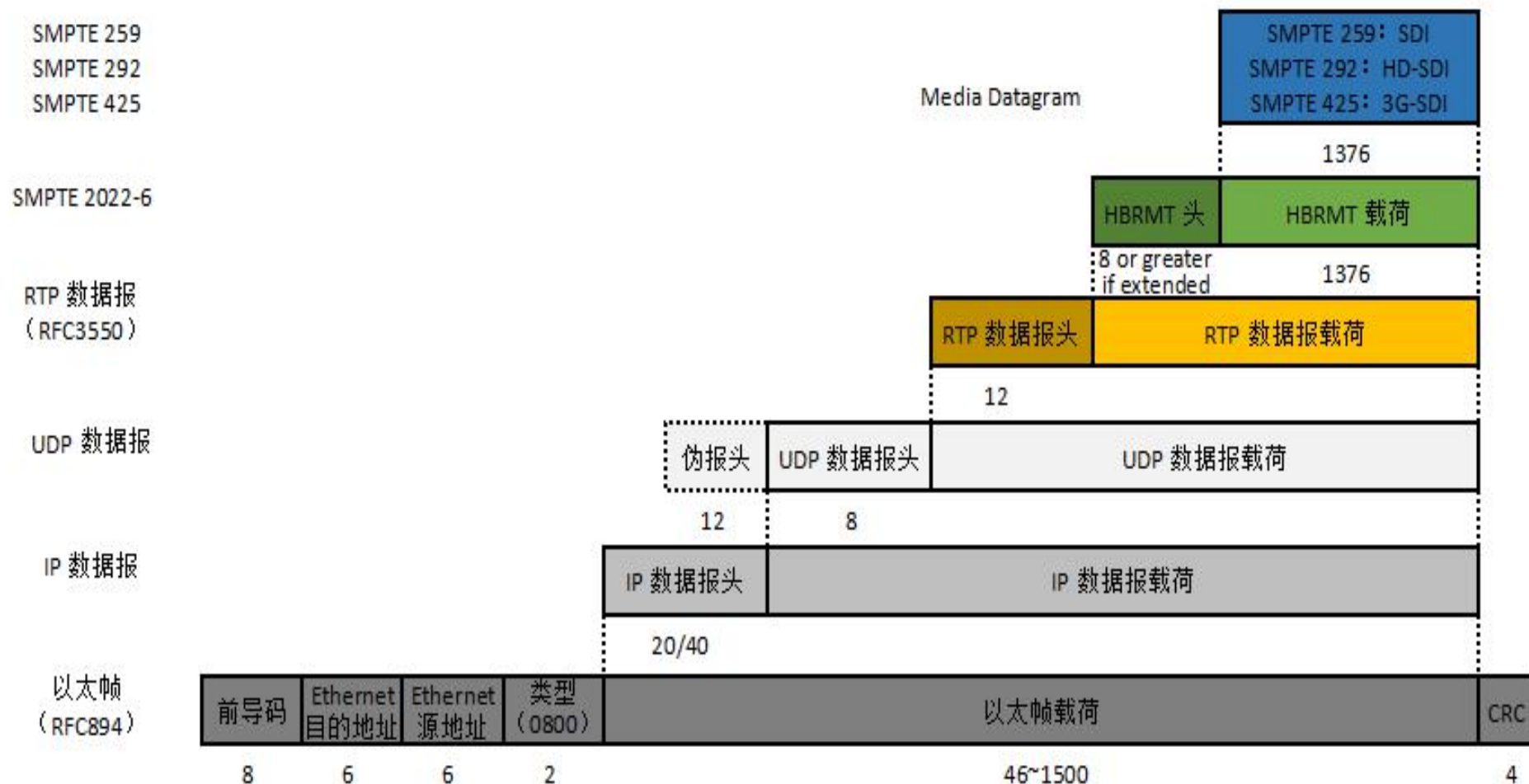
传输视音频媒体数据，通常采用哪种传输协议？  
( )

- ☐ A TCP
- ☐ B UDP
- ☐ C 都可以

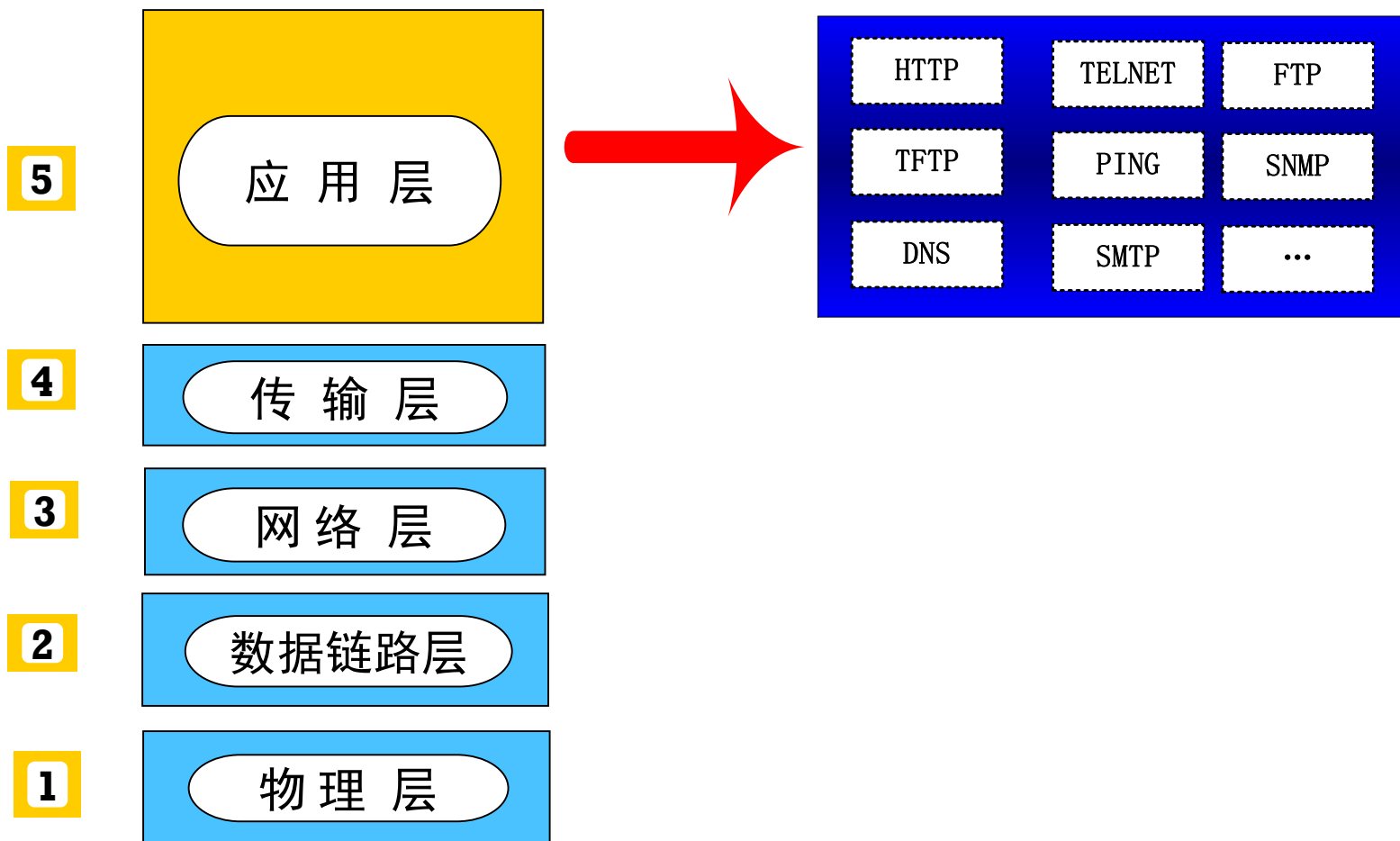
提交

# ● SMPTE ST 2022-6

HBRMT 协议栈



## (四) TCP/IP的应用层协议



# 应用层协议概述

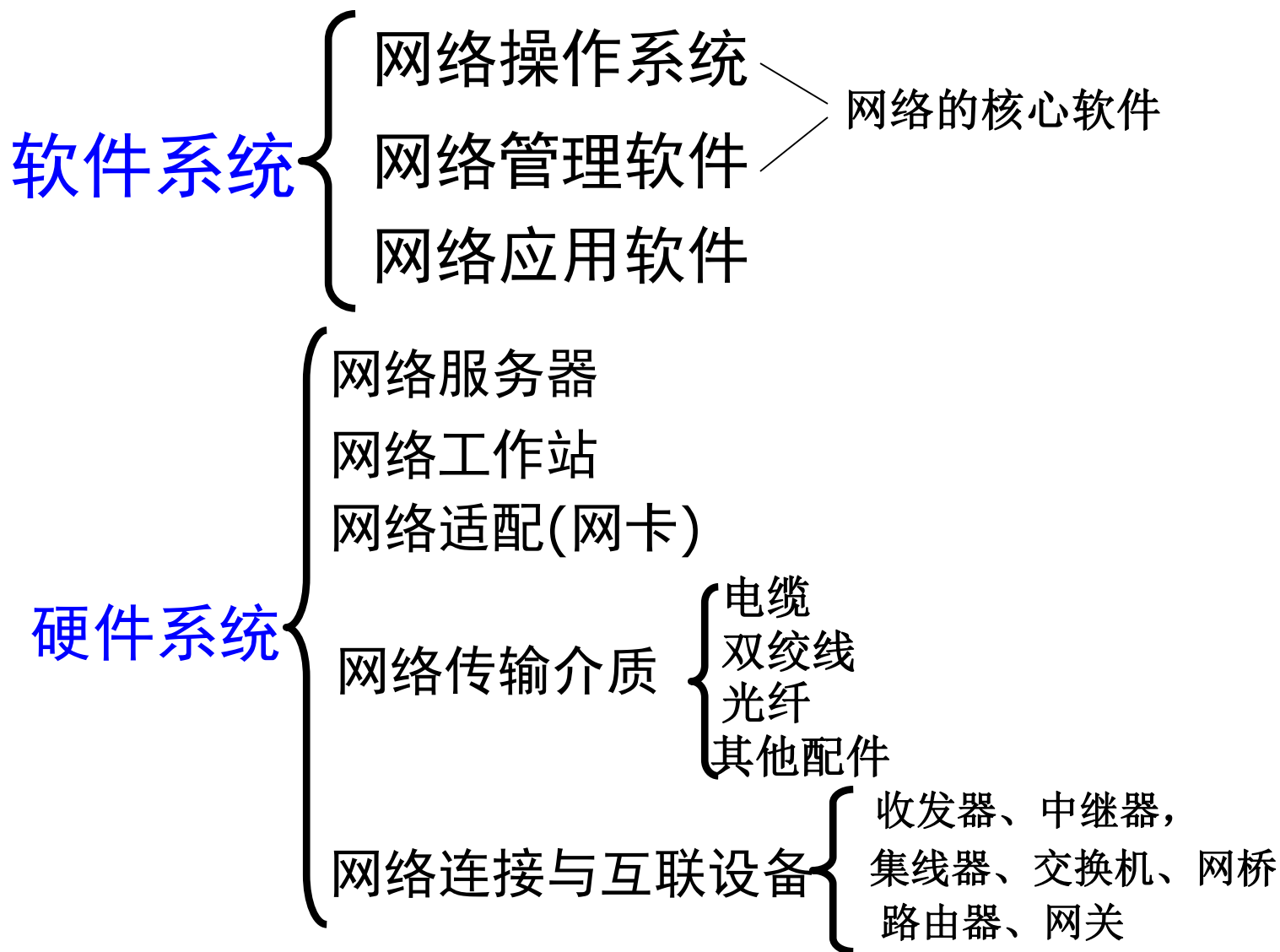
- **应用进程**：为了解决具体的应用问题而彼此通信的进程。
- **应用层协议**：应用进程在通信时所遵守的协议。
- 应用层协议是为了解决某一类应用问题，通常问题的解决需要通过位于不同主机中的多个应用进程之间的通信和协同工作来完成的。应用层的具体内容就是规定应用进程在通信时所遵循的协议。
- **客户 / 服务器模式**：TCP / IP体系采用客户 / 服务器（C/S）模式使两个进程能够进行通信。



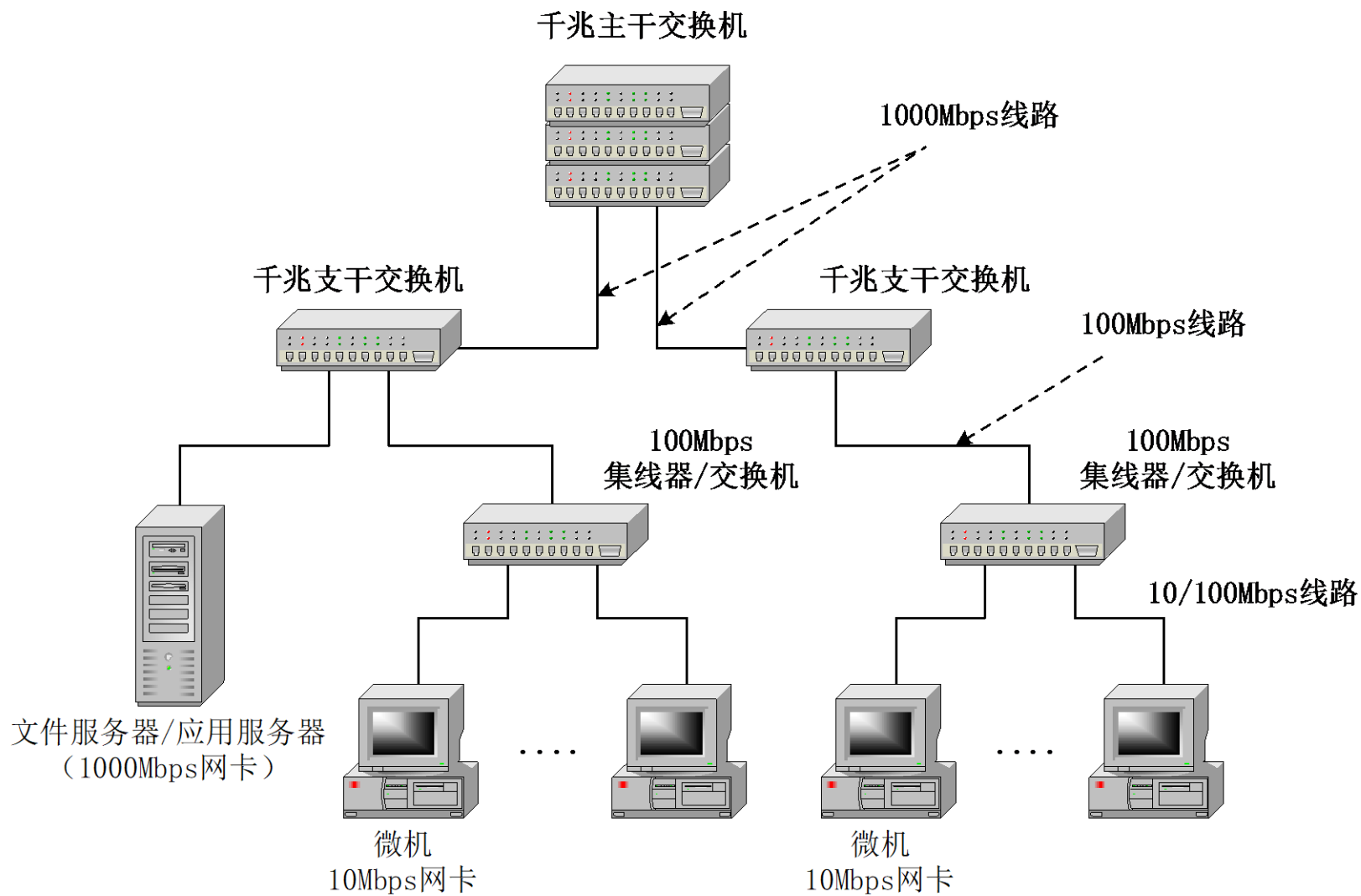
# 应用层

- 文件传输协议FTP：提供在两台机器之间进行有效的文件传送的手段。
- 超文本传输协议HTTP：用于从万维网上读取页面信息。
- 远程登录协议Telnet：允许用户登录到远程系统并访问远程系统的资源。
- 域名服务DNS：用于将网络中的主机的名字地址映射成网络地址。
- 简单邮件传输协议SMTP：用于传输电子邮件。

## (五) 以太网基本组成



# 典型的以太网组网图



# 1、网络服务器

■ **网络主干服务器**：这些服务器是网络的管理服务器，能够实现对计算机、用户或资源等对象的控制和管理，并能提供各种网络服务。

■ **网络的功能服务器**  
(应用服务器)

打印服务器

通信和远程访问服务器

Web服务器

DNS服务器

## ■ 网络服务器物理设备的选择与配备

### ① 集成的服务器

主要应用在中小型网络中。在一台物理设备上，通过软件的安装与配置，使其同时充当主控服务器和各种应用服务器的角色。

### ② 专用服务器

在较大的网络中，采用专用的服务器完成专门的工作。

选择时考虑：

- 价格
- 系统的开放性、可扩展性、应用软件的支持、生产厂商的技术支持等。
- 服务器的总体性能。CPU的速度、内存容量、硬盘等。

例如：

☞ 主干服务器

**CPU**性能和个数

内存容量和性能

快速总线和热插拔技术

☞ Web服务器

多**CPU**

快速总线技术

快速和大容量硬盘

大容量内存

## 2、客户机或工作站

### ■ 客户机的功能

用户通过客户机接受网络服务，访问网络资源，因此客户机应具备接受网络服务、访问网络资源、接受网络管理的接口和功能。

### ■ 客户机的类型

各种类型的计算机：都可以成为网络客户机。

无盘工作站：是一种特殊的客户机。

## ■ 客户机的配置要求

硬件 { 网卡  
内存  
其他配置

软件 { 操作系统 (Windows NT/XP/Win 10等)  
网络连接软件 (Microsoft 网络客户端、TCP/IP协议等)



### 3、网络适配器（网卡）

网络接口板又称为通信适配器(adapter)或网络接口卡 **NIC** (Network Interface Card), 或“网卡”。

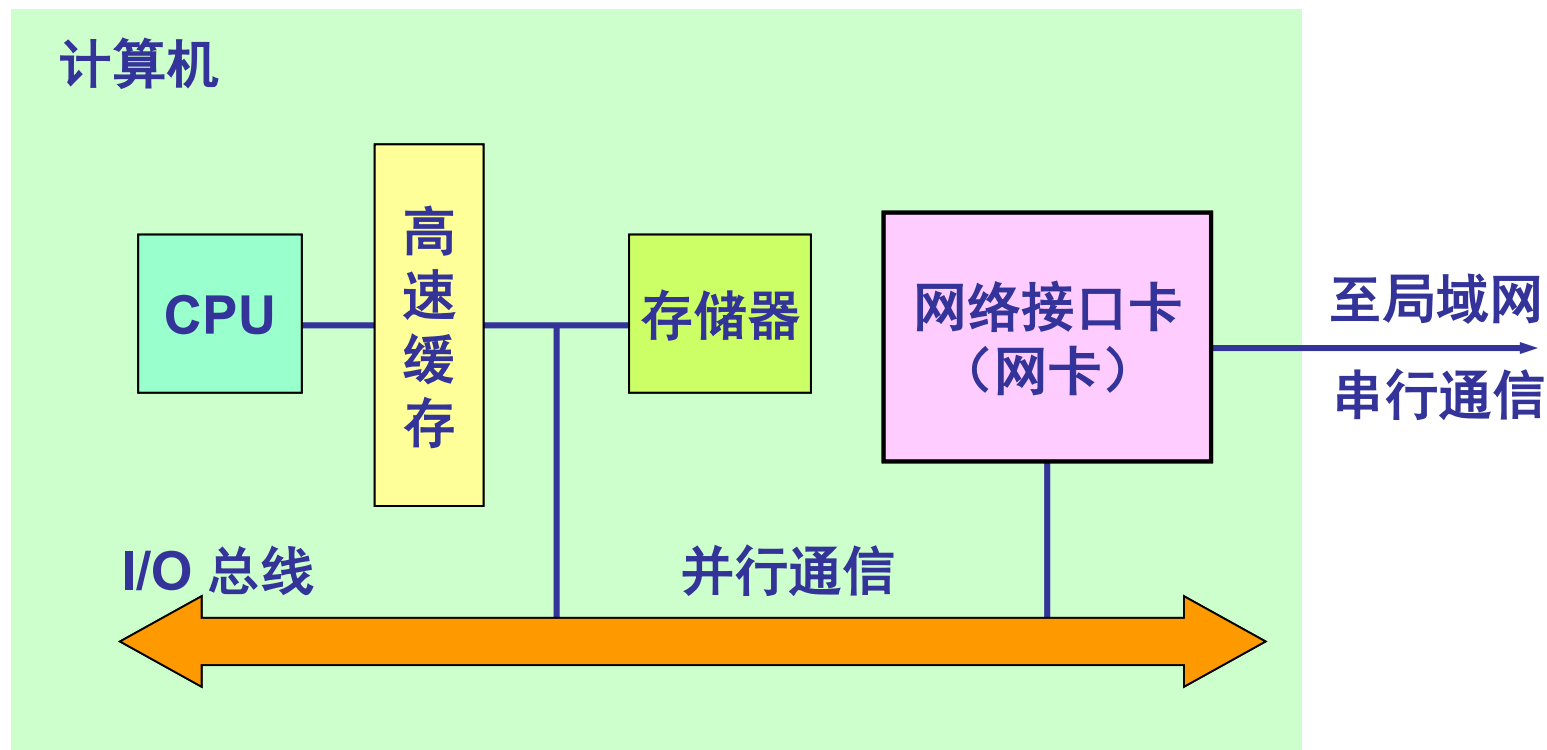
网卡是网络通信的主要部件，一般安装在计算机的扩展插槽中，是网络通信的主要瓶颈之一。其质量好坏直接影响到网络的性能。

网卡的重要功能：进行串行/并行转换；对数据进行缓存；实现**以太网协议**。

## 网卡的基本功能

- 负责将计算机待发送的数据转换为能够通过传输介质传送的信号，并通过传输介质传递到目的设备。当计算机要发送一个IP数据报时，由协议栈向下交给网卡组装成帧后发送到局域网。
- 对于接收端的计算机上的网卡，它接收传递过来的信号，并将其转换为计算机能够处理的信息。当网卡收到一个有差错的帧时，将该帧丢弃；当收到一个正确的帧时就用中断来通知计算机并交付给协议栈中的网络层。

## ❖ 计算机通过网卡和局域网进行通信



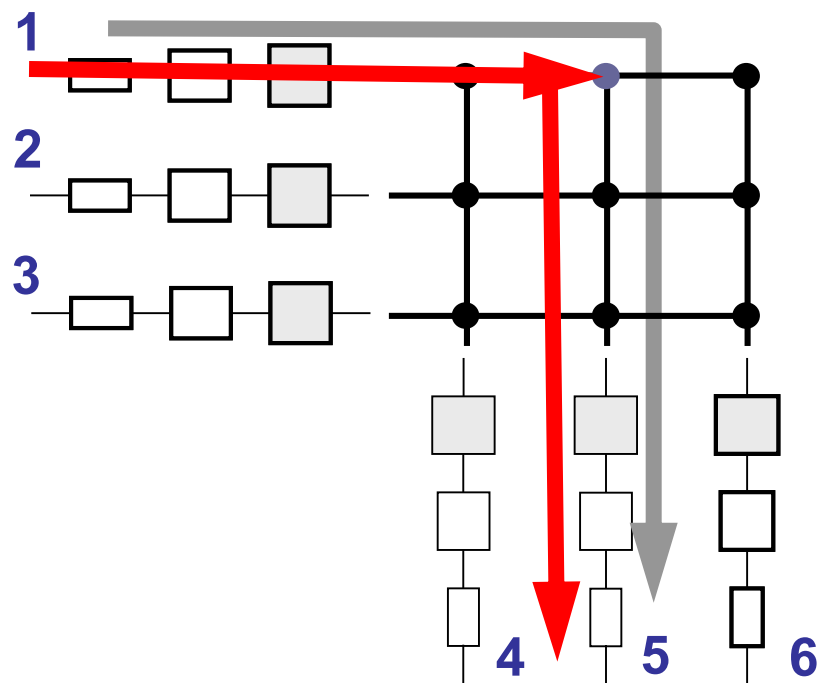
## 4、以太网交换机

交换机对于大中型网络来说是主要的网络转接设备。

以太网交换机通常都有十几个端口。因此，以太网交换机实质上就是一个多端口的网桥。

交换机工作在数据链路层。

## ❖ 以太网交换机内部结构示意图



## ❖ 以太网交换机的特点

- 共享式以太网中所有终端共享纵向带宽，交换式以太网中每个终端处于独立的冲突域，即独享带宽。
- 交换机根据接收到的数据帧的源地址进行MAC地址表的学习。
- 交换机根据MAC地址表对数据帧进行转发。
- 路由器或三层交换机的三层接口属于独立的广播域。

## 5、其他网络互联设备

- 中继器（Repeater）与集线器（Hub）

**作用：**连接两个（或多个）网络段，对信号起中继放大的作用，复制数据信号。使用中继器可延伸电缆的长度。

集线器是一种特殊形式的中继器，也工作于物理层，属于局域网中的基础设备，采用CSMA/CD介质访问控制机制。

## ● 网桥（Bridge）

一个局域网与另一个局域网之间建立连接的桥梁。它是存储转发设备，是在数据链路层将数据帧进行过滤、存储后转发。

网桥根据MAC地址来转发帧，可以看作一个“低层的路由器”

**作用：**利用网桥的过滤与转发特性达到减少竞争与碰撞的目的。可认为网桥能分隔两个网络之间的通信量，有利于改善互连网络的性能与安全性。



## ● 路由器（Router）

用于网络层转换。网桥用于连接各个局域网，而路由器连接局域网和广域网，或广域网和广域网。

路由器功能比网桥更强，除了具有网桥的全部功能外还应具有路径选择功能，即当要求通信的工作站分别处于两个局域网络上且两个工作站之间存在多条通路时，路由器应根据当时网络上的信息拥挤程度自动地选择传输效率高的路径。

## ● 网关（Gateway）

又称网间连接器、协议转换器，用于实现**在网络层以上的网络互连**，是最复杂的网络互连设备。网关既可用于**广域网**互连，也可用于**局域网**互连。

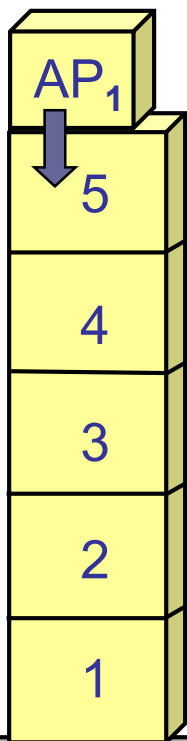
网关是一种充当转换重任的计算机系统或设备。在使用不同的通信协议、数据格式或语言，甚至体系结构完全不同的两种系统之间，网关是一个翻译器。网关对收到的信息要重新打包，以适应目的系统的需求。

当异种网（异种网络操作系统）互连，或者局域网络与大型机互连以及局域网络与广域网互连时，需要配置网关。



# 主机 1 向主机 2 发送数据

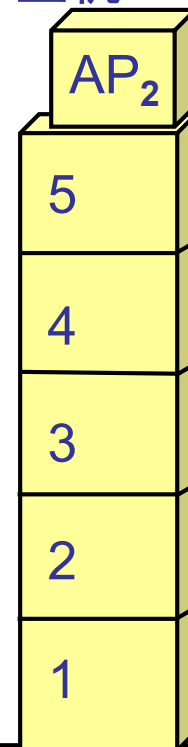
主机 1



应用进程数据先传送到应用层

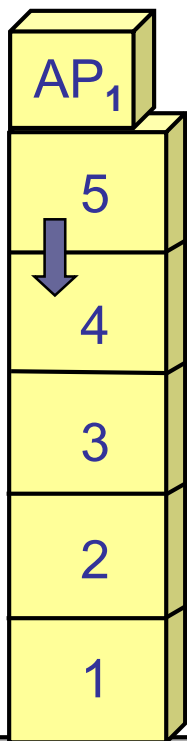
加上应用层首部，成为应用层 PDU

主机 2



# 主机 1 向主机 2 发送数据

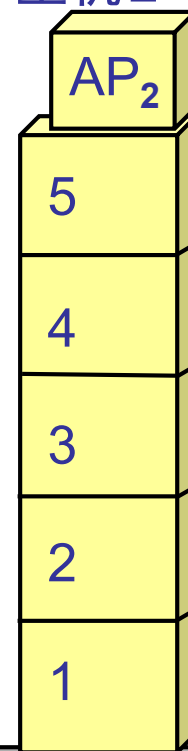
主机 1



应用层 PDU 再传送到传输层

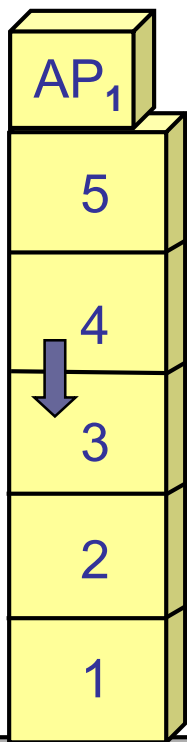
加上传输层首部，成为传输层报文

主机 2



# 主机 1 向主机 2 发送数据

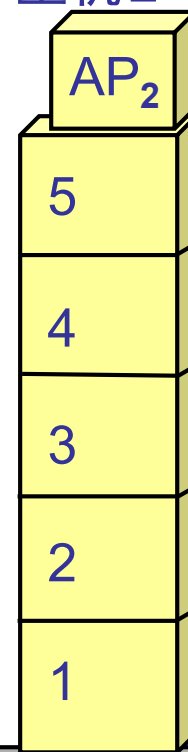
主机 1



传输层报文再传送到网络层

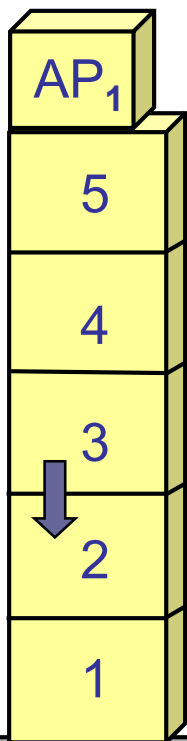
加上网络层首部，成为 IP 数据报（或分组）

主机 2



# 主机 1 向主机 2 发送数据

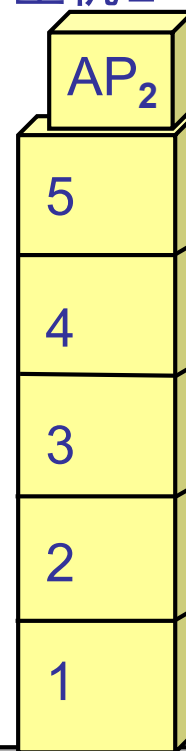
主机 1



IP 数据报再传送到数据链路层

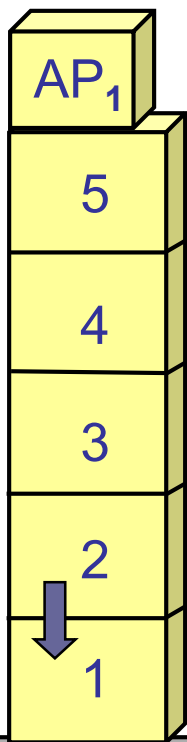
加上链路层首部和尾部，成为数据链路层帧

主机 2



# 主机 1 向主机 2 发送数据

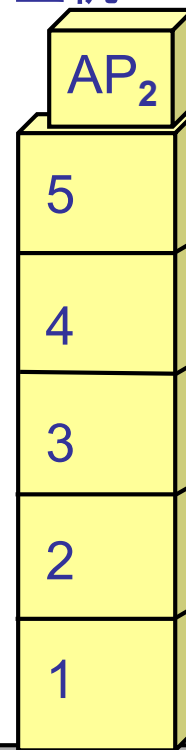
主机 1



数据链路层帧再传送到物理层

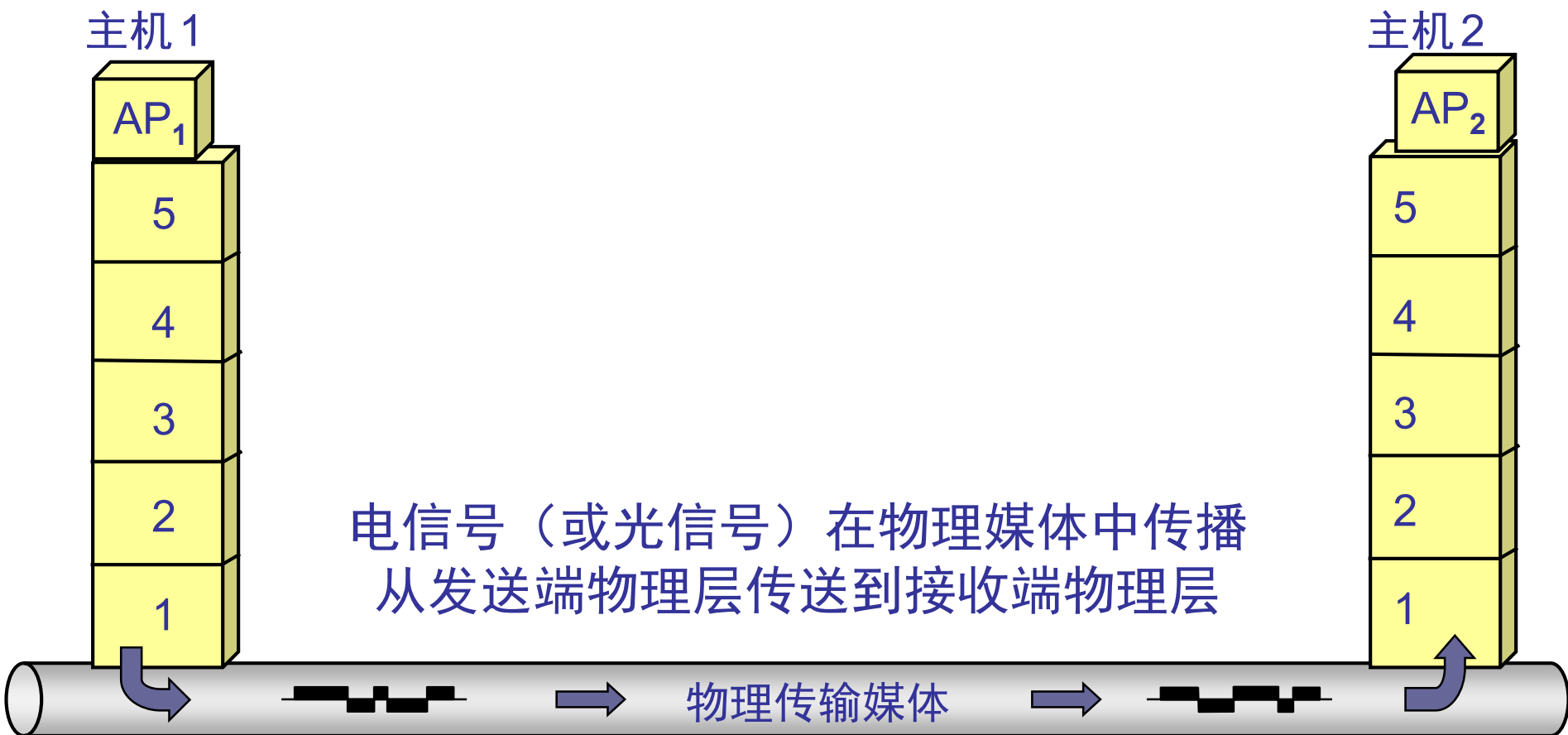
最下面的物理层把比特流传送到物理媒体

主机 2



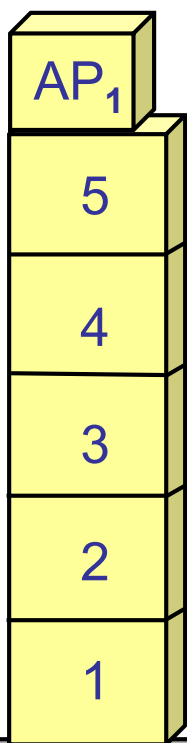


# 主机 1 向主机 2 发送数据

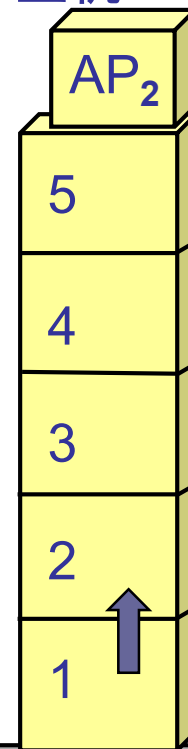


# 主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



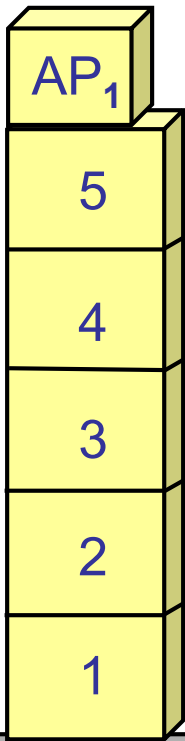
主机 2



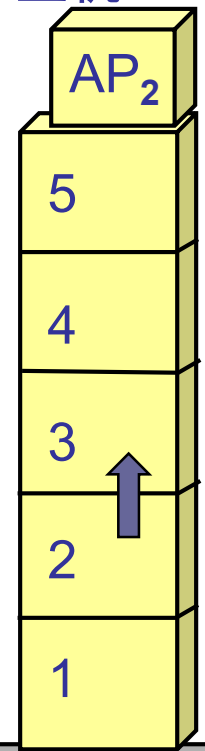
物理层接收到比特流，上交给数据链路层

# 主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



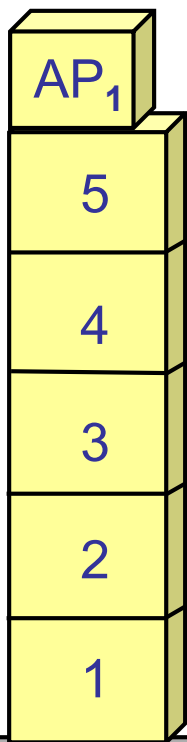
主机 2



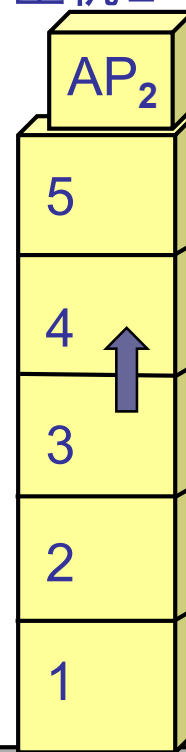
数据链路层剥去帧首部和帧尾部  
取出数据部分，上交给网络层

# 主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



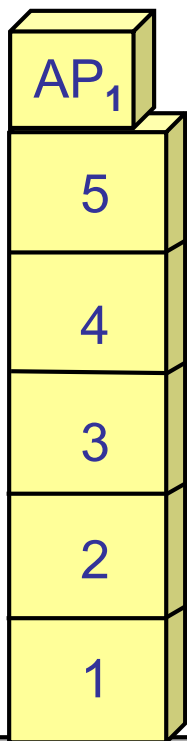
主机 2



网络层剥去首部，取出数据部分  
上交给传输层

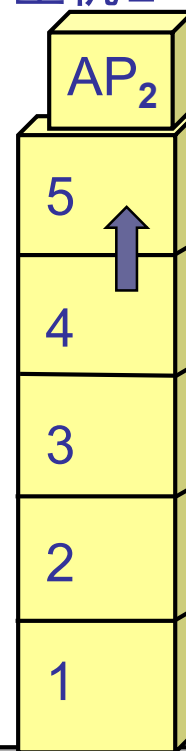
# 主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



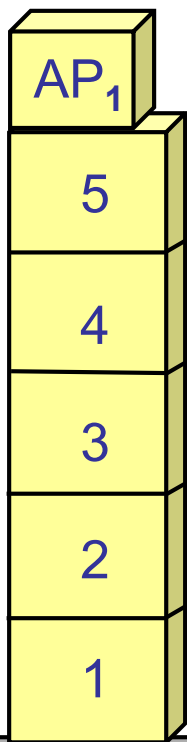
传输层剥去首部，取出数据部分  
上交给应用层

主机 2



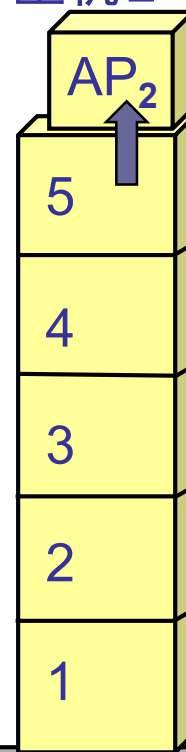
# 主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



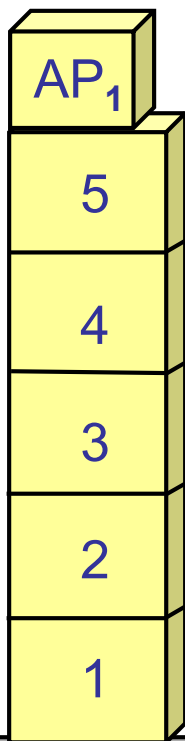
应用层剥去首部，取出应用程序数据  
上交给应用进程

主机 2



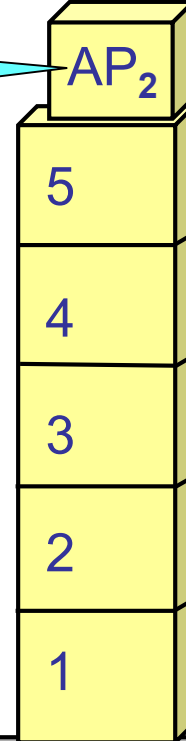
# 主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1

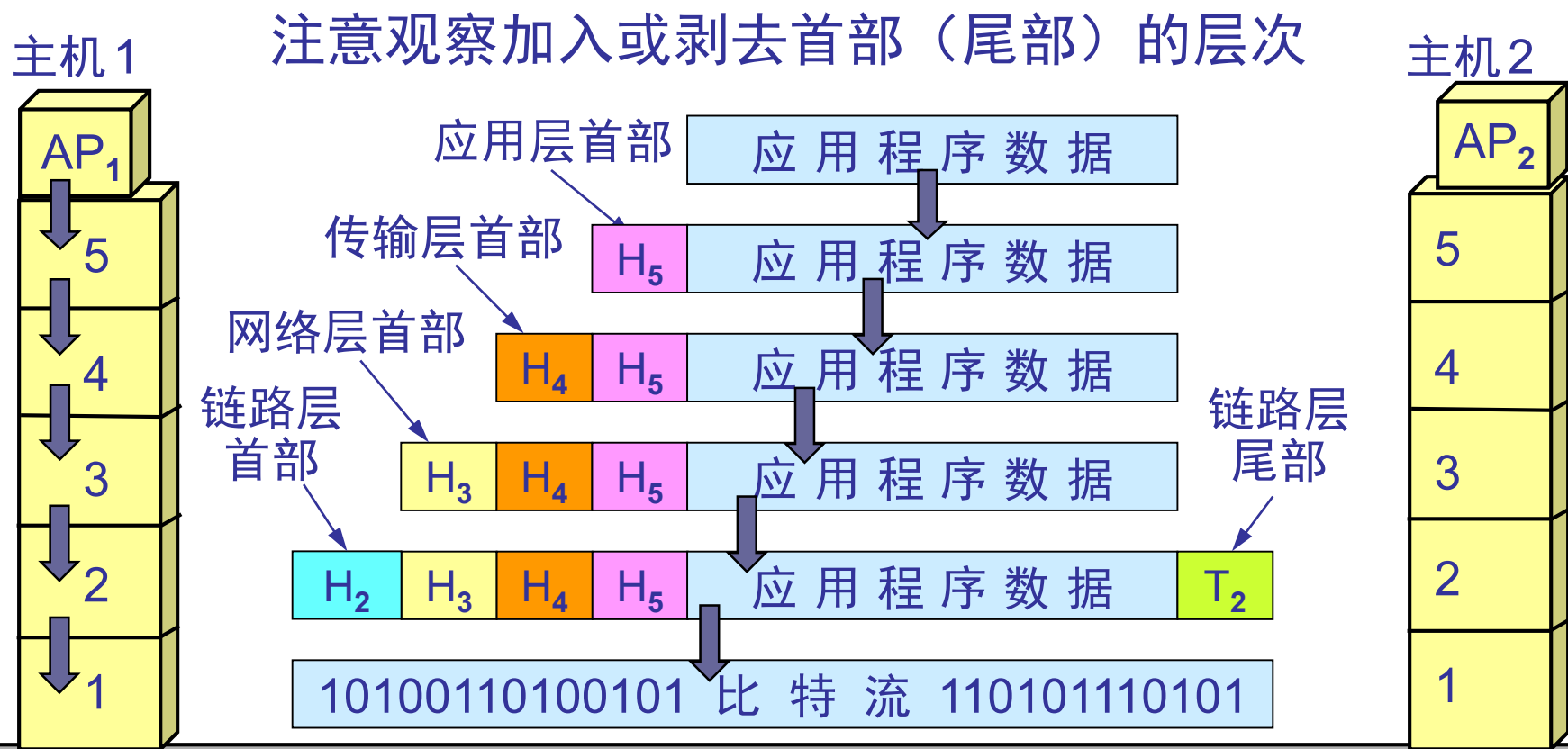


我收到了  $AP_1$  发来的  
应用程序数据！

主机 2



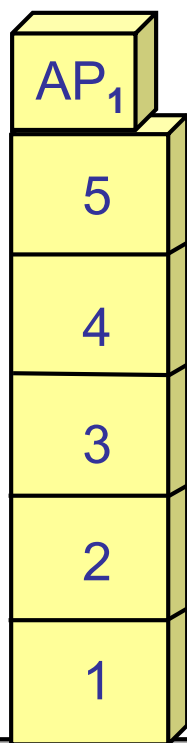
# 主机 1 向主机 2 发送数据



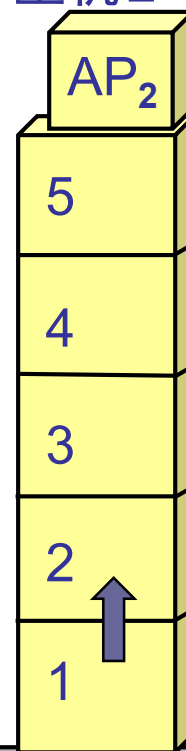


# 主机 1 向主机 2 发送数据

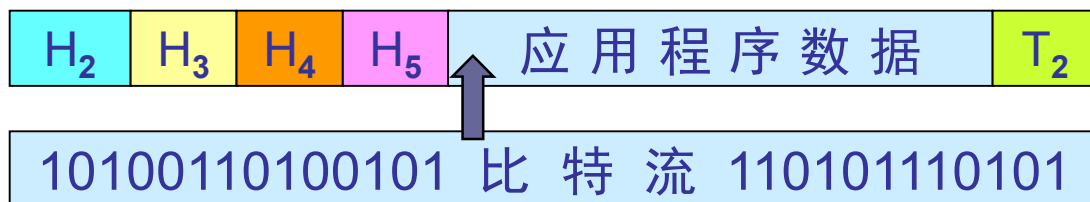
主机 1



主机 2

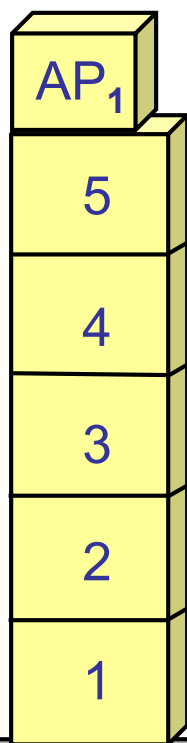


计算机 2 的物理层收到比特流后  
交给数据链路层

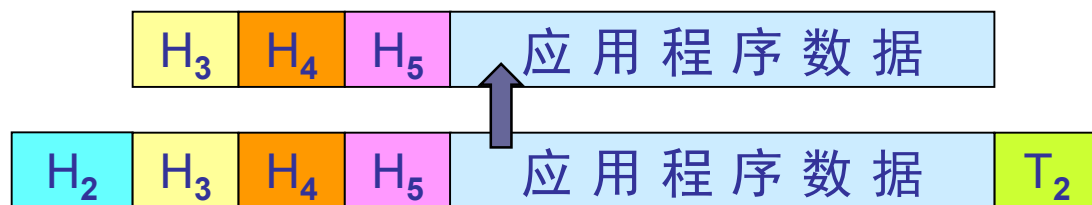


# 主机 1 向主机 2 发送数据

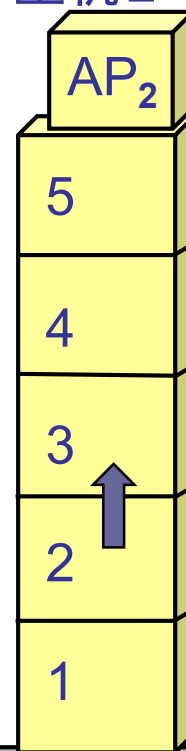
主机 1



数据链路层剥去帧首部和帧尾部后  
把帧的数据部分交给网络层

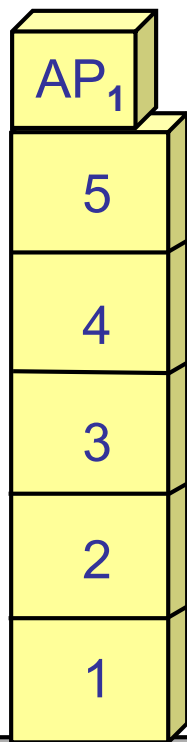


主机 2

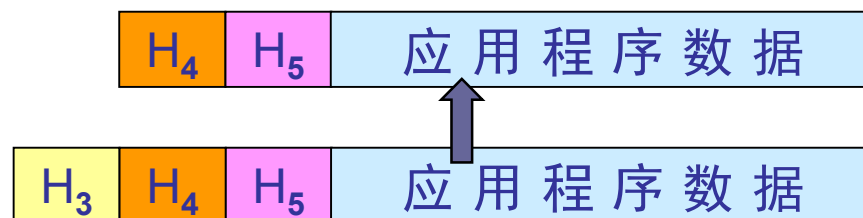


# 主机 1 向主机 2 发送数据

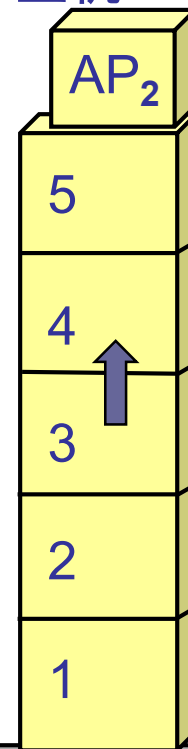
主机 1



网络层剥去分组首部后  
把分组的数据部分交给运输层

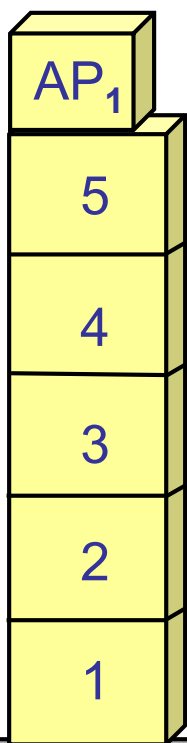


主机 2

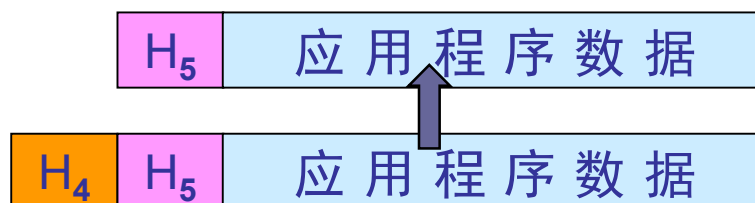


# 主机 1 向主机 2 发送数据

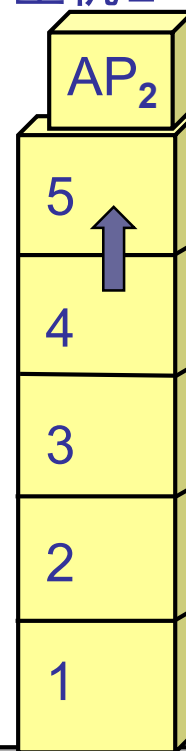
主机 1



传输层剥去报文首部后  
把报文的数据部分交给应用层

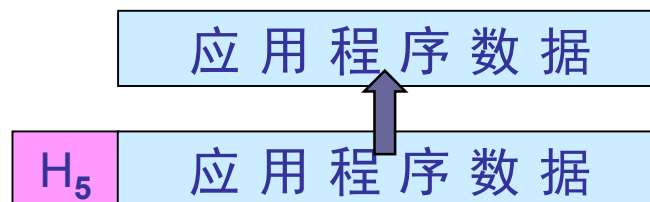
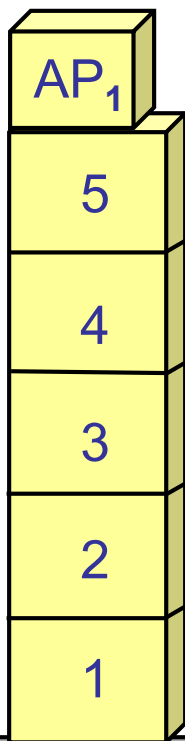


主机 2



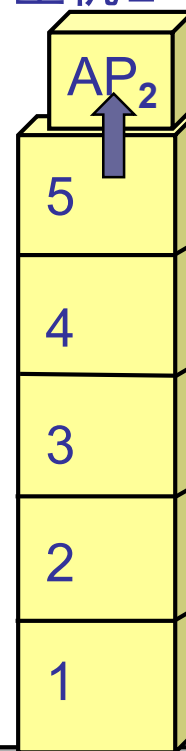
# 主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



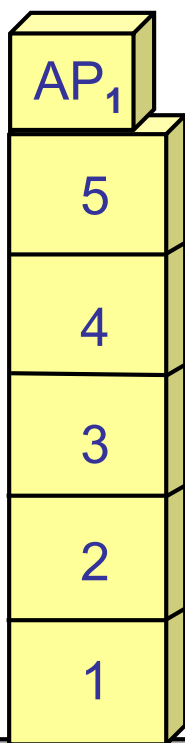
应用层剥去应用层 PDU 首部后  
把应用程序数据交给应用进程

主机 2



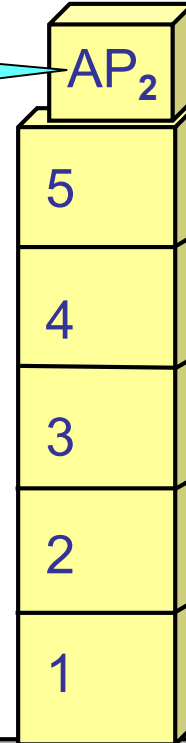
# 主机 1 向主机 2 发送数据


主机 1



我收到了  $AP_1$  发来的  
应用程序数据!

主机 2



- 
- （一） 计算机网络体系结构
  - （二） IP协议
  - （三） TCP/IP的传输层
  - （四） TCP/IP的应用层
  - （五） 以太网的基本组成

- 作业：
- 1、为什么要把IP地址解析成MAC地址才能实现数据传输？怎样进行地址解析？
- 2、IP地址分为哪几类？请写出合法的私有IP地址。
- 3、传输层通过什么信息与应用层通信？
- 4、传输层主要的两个协议是什么？这两个协议有什么区别？