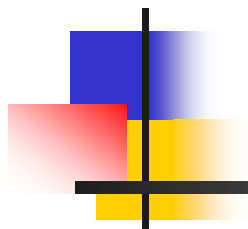


宽带通信网



信息与通信工程学院

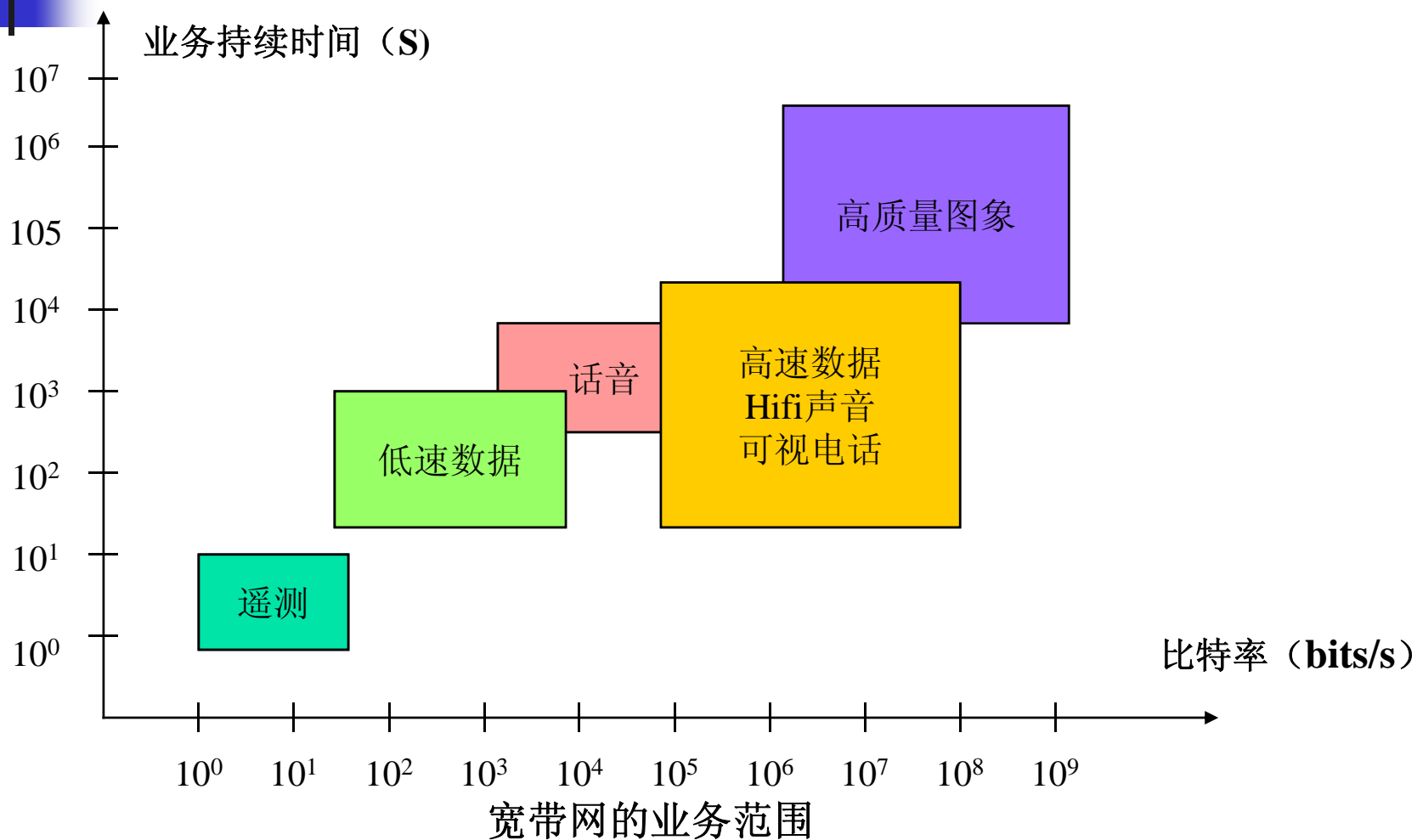
靳 浩



宽带通信网技术发展概述

- 宽带网络业务特点及其对网络的要求
- 通信网的网络技术———传递方式的概念
- 通信网的各种传递方式
- 几种传递方式的功能对比
- 宽带通信网络技术的演进
- 关于宽带通信网
- 宽带通信网络技术的重要机理

宽带网络业务特点及其对网络的要求





宽带网络业务特点及其对网络的要求

- 带宽差异大
- 业务突发性强
- 业务质量要求 (QoS) 不同:
 - 时延
 - 丢失率
- 业务的广播和组播要求

通信网需要一种网络技术, 以便支持包罗万象的业务类型。



通信网的网络技术--传递方式的概念

- 传递方式：是CCITT用来描述通信网使用的一项网络技术，它涉及传输、复用和交换的各方面。



通信网的各种传递方式

- 电路交换方式
- 多速率电路交换方式
- 快速电路交换方式
- 分组交换方式
- 快速分组交换方式
- ATM方式（异步传递方式）



通信网的各种传递方式

■ 电路交换方式

- 同步传递方式(STM方式)
- 利用时分/空分复用原理的网络技术
- 呼叫一旦建立，连接建立期间一直占用带宽资源
- 基于64Kb/s， 不适合宽带和突发性业务



通信网的各种传递方式

■ 多速率电路交换方式

- TDM方式工作
- 基于64Kb/s信道，一个连接可用多于一个基本信道
- 特点：
 - 多个信道必须同步， 硬件实现复杂
 - 基本信道粒度选择困难
 - 硬件设备利用率低
 - 不适合突发性业务



通信网的各种传递方式

■ 快速电路交换方式

- 为支持突发性业务而产生的传递方式
- 连接建立时预订网络资源
- 有发送信息时才分配网络资源
- 特点：
 - 需要高速处理大量信令
 - 系统实现复杂
 - 有时会发生资源短缺



通信网的各种传递方式

■ 分组交换方式

- 采用存储转发原理工作
- 基于低可靠系统的数据传输条件产生
- 使用可变长度分组
- 报头：包含路由选择、差错纠正、流量控制等功能
- 使用软件进行逐段链路的差错控制
- 按照面向连接/无连接方式工作



通信网的各种传递方式

■ 分组交换方式

■ 分组交换方式的特点

- 存储转发
- 缓冲区控制复杂（数量大、管理困难）
- 速率不会太高（软件进行差错和流量控制）
- 时延大，适于低速突发业务，不适合高速实时业务



通信网的各种传递方式

■ 分组交换方式

■ 分组交换方式的演变

- 分组交换: 2Mb/s (X. 25)
- 帧交换: 4 – 8Mb/s
- 帧中继: 140Mb/s



通信网的各种传递方式

■ 快速分组交换方式

- 具有最小网络性能的分组交换方式
- 以**面向连接方式**工作
- 分组头功能降低，信息段长度较小
- 无逐段链路的差错、流量控制功能
- ATM方式是其中的一种传递方式



通信网的各种传递方式

- 异步传递方式(ATM:Asynchronous Transfer Mode)
 - ITU-T 建议的传递方式。
 - ATM 定义: ATM 是一种采用**固定长度**信元的、特殊的**面向连接**的传输和交换模式, 每个信元包括53个字节, 其中5个字节为信头, 48字节是信息场。
 - B-ISDN 选择 ATM 技术作为其**网络支撑技术**。



通信网的各种传递方式

■ 异步传递方式

■ ATM 的标准化活动

■ ITU-T

■ ATM论坛 (ATM Forum)

■ DAVIC (Digital Audio and Video in Council)

■ IETF (Internet Engineering Task Force)



几种传递方式的功能对比

ATM

多速率
电路交换

帧交换

电路交换

快速
电路交换

帧中继

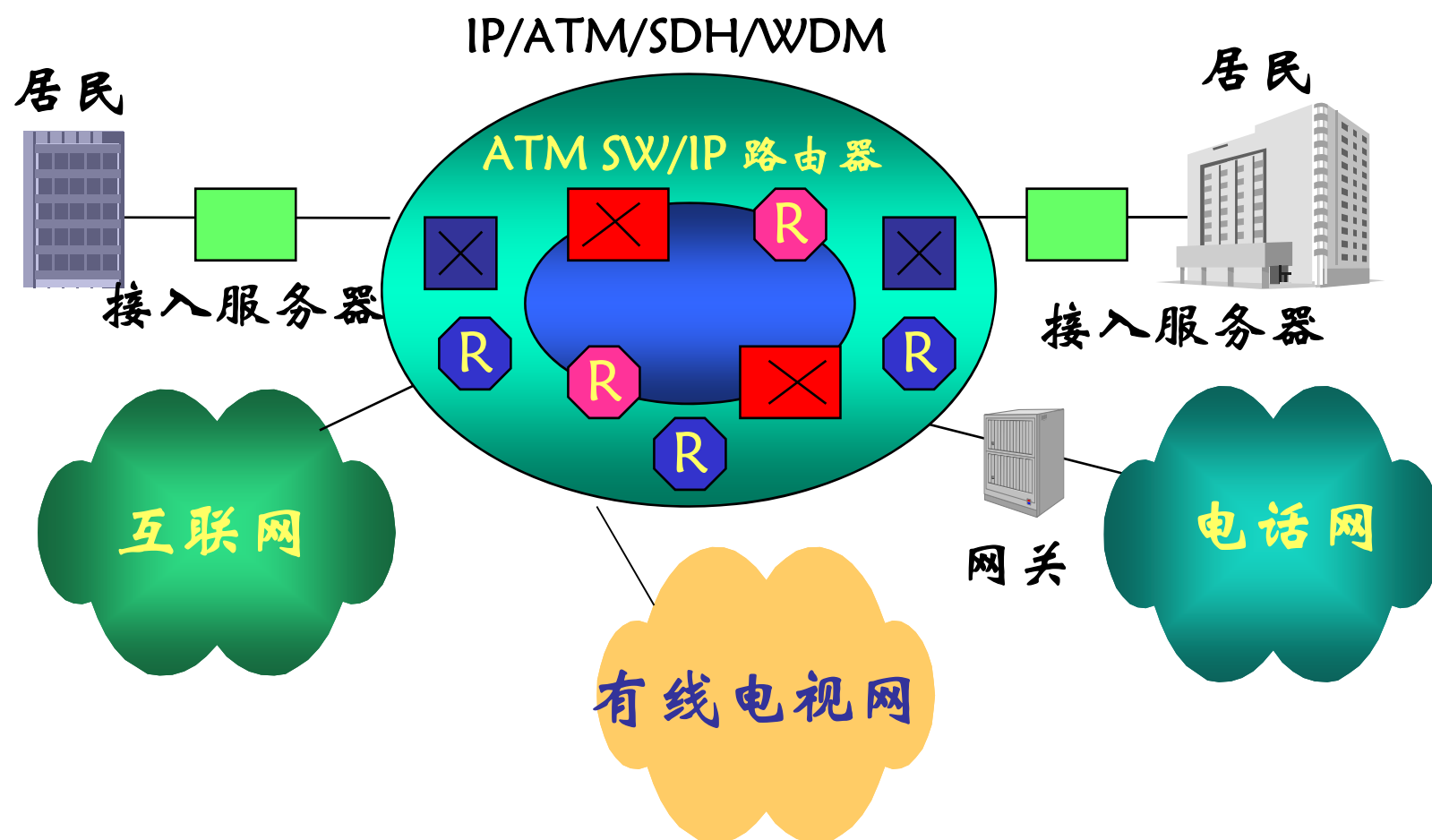
分组交换



宽带通信网络技术的演进

- 基于数据业务的核心网络结构形成
- 电信核心网的演变趋势
- IP与ATM融合技术
- MPLS技术及其发展
- 网络融合
- 软件定义网络 (SDN)
- 宽带通信网络的未来

基于数据业务的核心网络结构形成



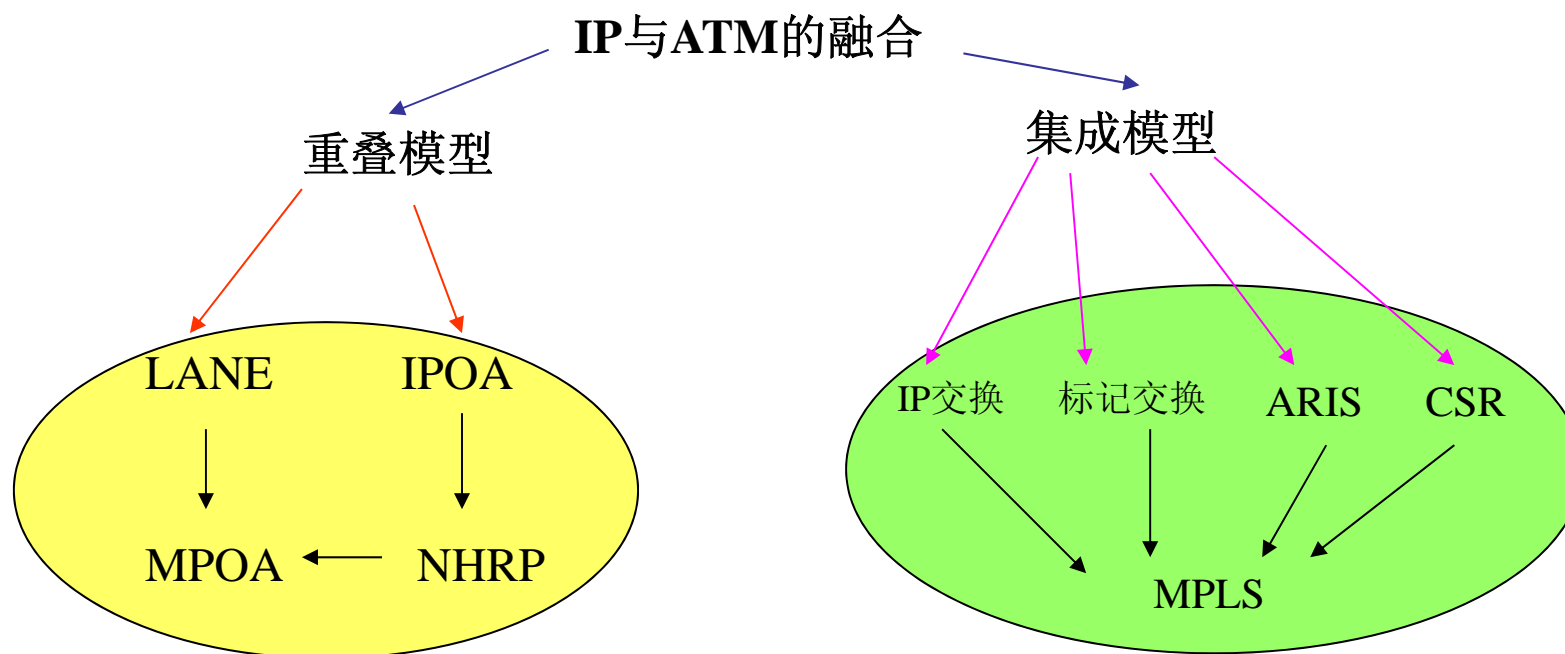


电信核心网的演变趋势

- 实现由ATM---->宽带IP网络的演变
 - ATM提供统一的网络平台（成本、速率、商用化）
 - 支持传统的电信业务网，如DDN、FR、ISDN、PSTN。
 - 支持非IP的数据业务和实时业务
 - 基于ATM网络结构支持IP业务
 - 支持宽带业务的QoS
 - IETF提出IP一统天下
 - IP提供统一的应用平台（Everything over IP）。
 - 所有的应用基于IP
 - IP提供统一的网络承载平台（IP over Everything）。
 - 数据骨干传送网是IP。
 - 利用路由器组建统一的网络平台（即现有的因特网模式）。

IP与ATM融合技术

■ 重叠模型与集成模型



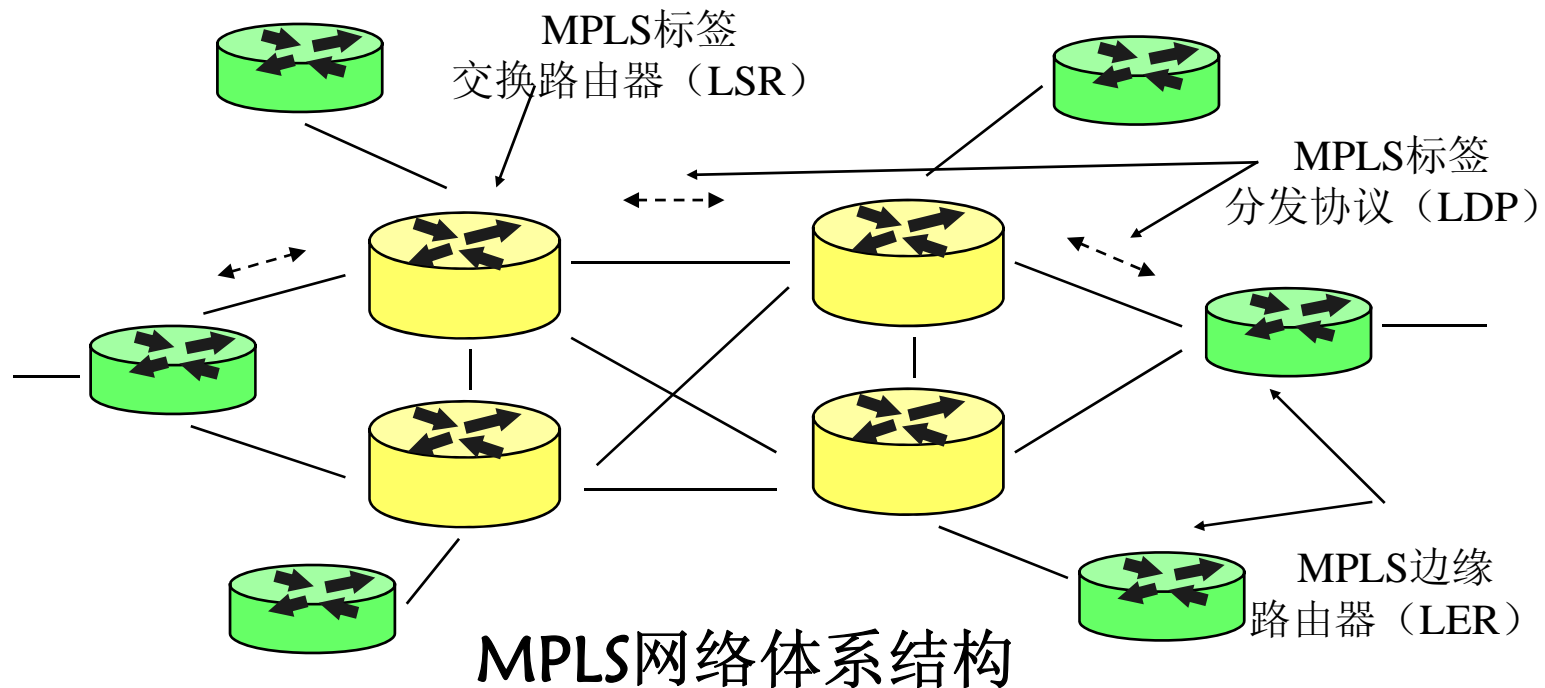


MPLS技术及其发展

- 网络的发展向宽带化、智能化和一体化演进
 - IP网络技术的简单性和业务质量
 - ATM技术的复杂性和对业务的QOS保证
- 各种IP与ATM的融合技术的局限性。
- 实现多种传输承载链路技术的网络互通需要迫切解决（ATM、FR、SDH/SONET、PPP等）。
- VPN提供新一代电信业务的潜力和现有网络技术在实现VPN时的扩展性、安全性和管理性的不足。

MPLS技术

- MPLS于1997年由IETF提出，是结合第二层和第三层的交换技术，MPLS的实质是将路由器移到网络的边缘，使快速、简单的路由器位于网络中心，一个连接采用实现一次路由和多次交换，从而提高了网络的性能。





MPLS技术及其在传送网上的发展

- MPLS技术的主要贡献
- MPLS技术的发展
 - MPLS向光网络的扩展
 - 多协议波长标签交换 (MPLmS) 技术
 - 通用多协议标签交换 (GMPLS) 技术
 - 传送MPLS (T-MPLS/MPLS-TP) 技术
 - 分组传送网 (PTN)
 - SDN



IP与ATM融合技术的主要贡献

- IP与ATM融合技术在核心网络不断整合了通信网络的组网和数据传输技术，使得核心网络的数据转发和路由技术优化起来，但是上层基于网络提供全业务的解决方案仍然任重道远。
- 各种网络提供的业务趋于一致，导致了几类网络的融合。



网络融合

- 通信网、计算机网和有线电视网形成的三网融合
- Internet与电信网的融合
- 下一代网络
- 固网移动融合 (FMC)



网络融合

- 通信网、计算机网和有线电视网形成的三网融合
 - 不同的网络结构往往适于传送不同的业务信号，而不同的业务信号也往往要求不同的网络结构来支持；
 - IP业务及其协议成为电信网的主导通信协议；
 - 在这种大形势下，网络向着对IP业务最佳的分组化网（特别是IP网）演进和融合。



网络融合

■ 三网融合的演进

- 电信级语音网关（统一协议，大容量，多信令）的出现和普及；
- ATM/IP在核心网代替长途交换机，然后在网络边缘逐渐代替新装端局交换机和移动交换机，核心网设备将逐渐全部IP化……
- 移动核心网也逐渐基于全IP的架构，通过GPRS，3G、4G不断演进……
- 接入网将长期分离、竞争、共存、发展。
- 全业务网络的产生。

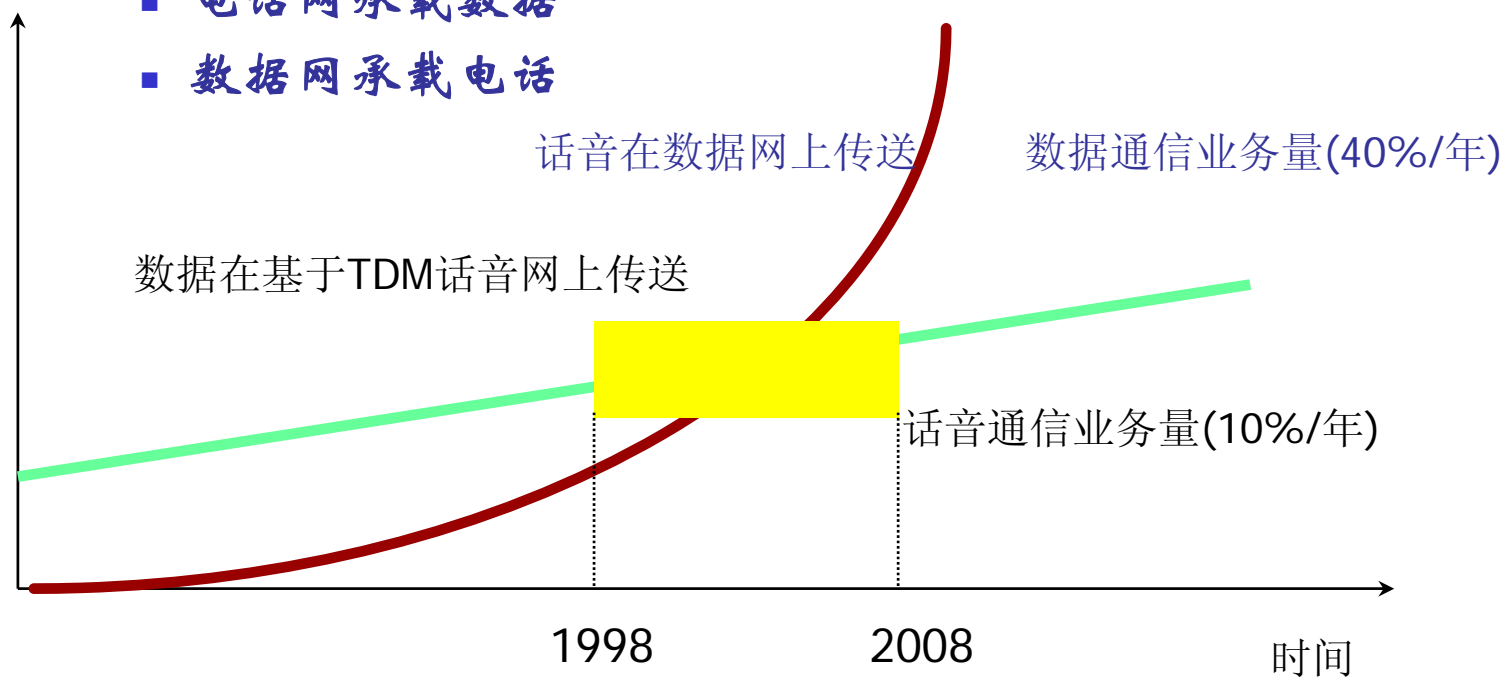
网络融合

■ Internet与电信网的融合

■ 语音与数据

- 电话网承载数据

- 数据网承载电话





网络融合

■ 因特网与电信网技术的结合

- 单一基础设施
- 分组交换网络
- 智能分布/合作
- 分等级的可靠性、安全性与受控的QOS
- 新型的商业模式
- 高附加值的业务捆绑
- 及时的业务交付
- 智能的终端
- 宽带业务能力与业务综合



下一代网络 (NGN)

- 下一代网络 (NGN: Next Generation Network)

结合了因特网和电信网技术的特点，基于分组交换方式，以单一的基础设施，提供宽带业务能力，业务交付及时，按照分等级的方式提供QOS和信息的安全性，终端智能化高，并且以一种新型的商业模式运营。



NGN 的概念

- 欧洲电信标准化组织 (ETSI) 对NGN给出的定义：

- NGN是一种规范和部署网络的概念，通过使用分层、分面和开放接口的方式，给业务提供者和运营者提供一个平台，借助这一平台逐步演进以生成、部署和管理新的业务。



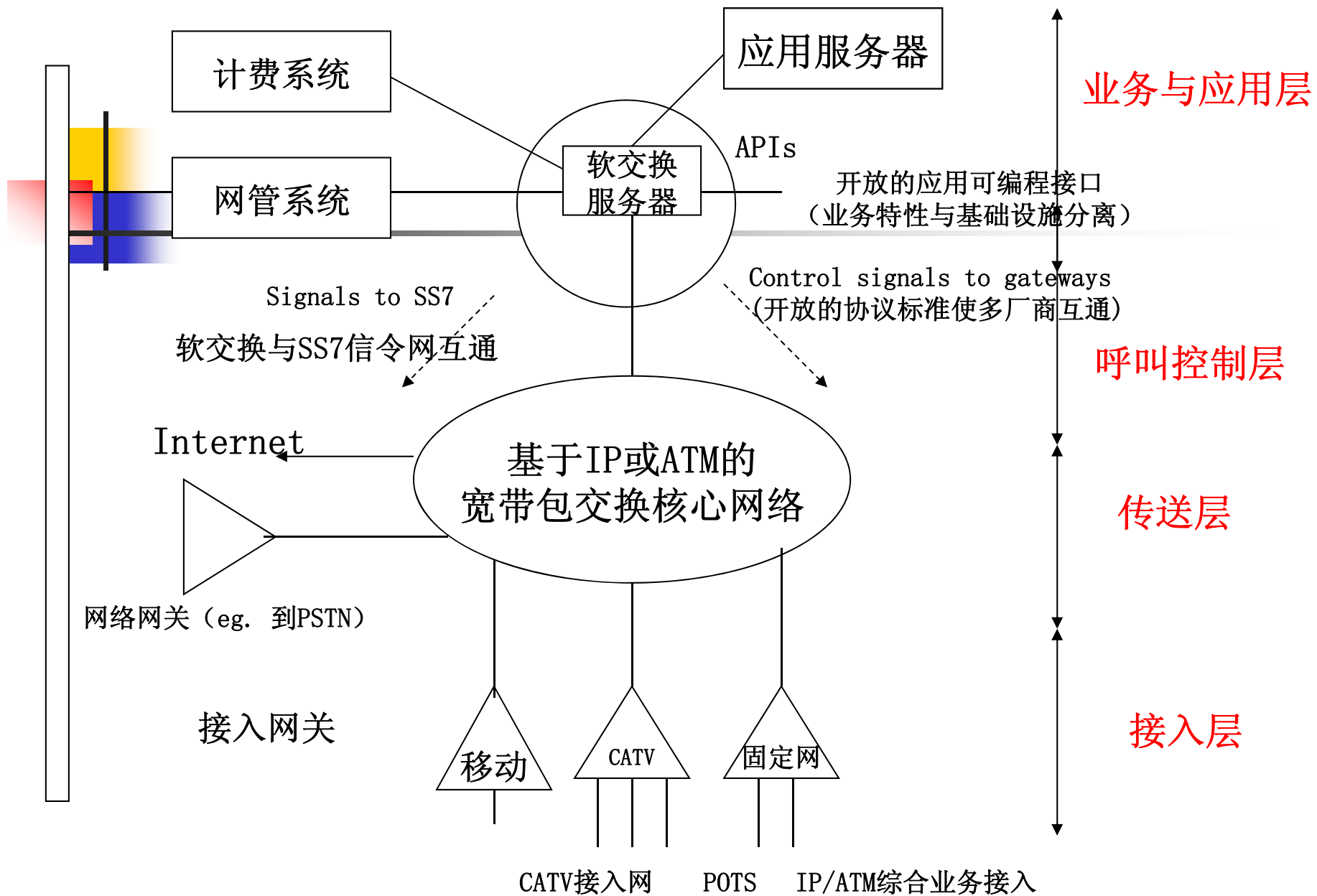
NGN的概念

- 在国际电联的NGN会议上，经过激烈的辩论，形成NGN的以下定义：NGN是基于分组的网络，能够提供电信业务；利用多种宽带能力和有QoS保证的传送技术；其业务相关功能与传送技术相独立。NGN支持通用移动性，用户可以自由接入到不同的业务提供商。



NGN的标准化组织

- IETF的IP电话工作组、信令传输组（Sigtran）、媒体网关控制工作组（Megaco）
- ETSI的Tiphon
- ITU-T
- 国际软交换协会（ISC）：倡导厂商和运营商之间的互操作性
- 3GPP、3GPP2
- MPLS论坛
- ATM论坛
- DVB
- DSL论坛
- OSA/Parlay
- 多业务交换论坛（MSF）：倡导基于数据网的、分层次的可可靠性强的网络方案，对ITU-T和IETF的影响很大；



下一代网（NGN）的体系结构



NGN的优势

- NGN是可以提供包括话音、数据和多媒体等各种业务的综合开放的网络架构，其优越性表现在：
 - 采用开放的网络架构体系
 - 交换机分离实现，各自独立发展；
 - 部件之间的协议接口标准化，易于异构网络互通；
 - 业务驱动的网络
 - 业务与控制相分离；
 - 控制与承载相分离；
 - 基于统一协议的分组网络
 - 基于IMS；
 - 固网与移动网络的融合。



NGN的关键技术

■ NGN的接入层面

- 各种宽带接入技术;
- 私网穿越技术;
- 接入层的QoS;
- 接入层的安全;
- 语音处理技术(编码/压缩、DTMF检测与传送、静音抑制、回声处理、舒适噪音生成、抖动缓冲等);



NGN的关键技术

■ NGN的传送层面

- 基础传送网络：智能光网络；
- 承载技术的选择：ATM,IP,MPLS技术等；
- IP承载网的QoS相关技术：IntServ和DiffServ、MPLS的流量工程等；
- IPv6；
- 承载网的网络安全(接入认证/权限、防火墙/入侵检测、流量控制、设备操作访问控制、对网络设备认证和访问控制、信令加密等)；



NGN的关键技术

■ NGN的控制层面

- 软交换技术;
- IP多媒体子系统 (IMS);
- 软交换网络与其他网络的互通: 软交换网络与H.323网络的互通、与SIP网络的互通、与ISDN/PSTN的互通等;
- 信令网关的组网技术;
- 控制平面的可靠性与安全技术;
- QoS技术;
- 运营支撑系统 (NGOSS);
- 支持多媒体业务的相关技术;
- 地址与路由技术: 基于代理、查询/解析的路由技术、策略路由技术等;



NGN的关键技术

■ NGN的业务层面

- 软交换与智能网；
- 统一业务开放平台；
- 业务层的API技术。



固网移动融合 (FMC)

- FMC作为概念最早出现在ITU-T特别工作组 (SSG) 的第七课题组, 并第一次在Q.1761建议中给出了对FMC的明确解释:

FMC是一种机制, 它可以使IMT2000的用户根据用户的签约选项和接入能力, 通过固定网接入继续使用语音业务。SSG最早提出这个概念的想法主要是考虑到当IMT-2000的用户从归属网络漫游走以后, 能否利用非IMT2000的网络, 甚至是固定网络, 继续保证这些用户在不更换用户标志的前提下, 继续使用基本的服务。



固网移动融合 (FMC)

- ITU-TSG13和SG19的联合研究中，在Rec.FMC.Req 建议草案中提出了相对完善的FMC定义：
 - FMC是在一个给定的网络环境中运营者可以使用的一种机制，可以向终端用户提供业务和应用，而不用考虑其接入技术和位置，体现了向终端用户提供业务时不受接入技术限制的需求。



软件定义网络 (SDN)

作为近年来兴起的一个网络技术研究热点，SDN的概念最早起源于对分组网络提供用户可以控制的网络节点转发管理功能。

- 研究和工业组织对其的实现包括1996年Ipsilon 尝试提出的通用管理交换协议 (GSMP);1998年提出的一个安全、保证资源的可编程网络 Tempest; IETF于2000年提出的转发和控制单元分离; 2004年提出的路径计算单元;
- 2007年和2008年实现的 Ethane 和OpenFlow, 这两个软件平台使得SDN距离现实更近: Ethane提供了一个安全管理架构, 结合了简单的基于流的交换机和一个中心控制器协助管理和路由数据流; OpenFlow是由美国斯坦福大学clean slate研究组提出的一种新型网络创新架构, 能使得交换机/路由器流表中的各项被外挂的服务器定义, 从而灵活地控制了数据流的转发和路由规则。
- 目前, 基于此概念实现的软件平台已有多, 因此, SDN已经不再局限于各类软件实现平台, 而是逐渐形成了一种通用的平台和概念。



软件定义网络 (SDN)

- SDN 的概念

- SDN (Software Defined Network, 软件定义网络) 是一种新兴的控制与转发分离并直接可编程的网络架构。
- 传统网络设备紧耦合的网络架构被分拆成应用、控制、转发三层分离的架构，其中，控制功能被转移到了服务器，上层应用、底层转发设施被抽象成多个逻辑实体。



软件定义网络 (SDN)

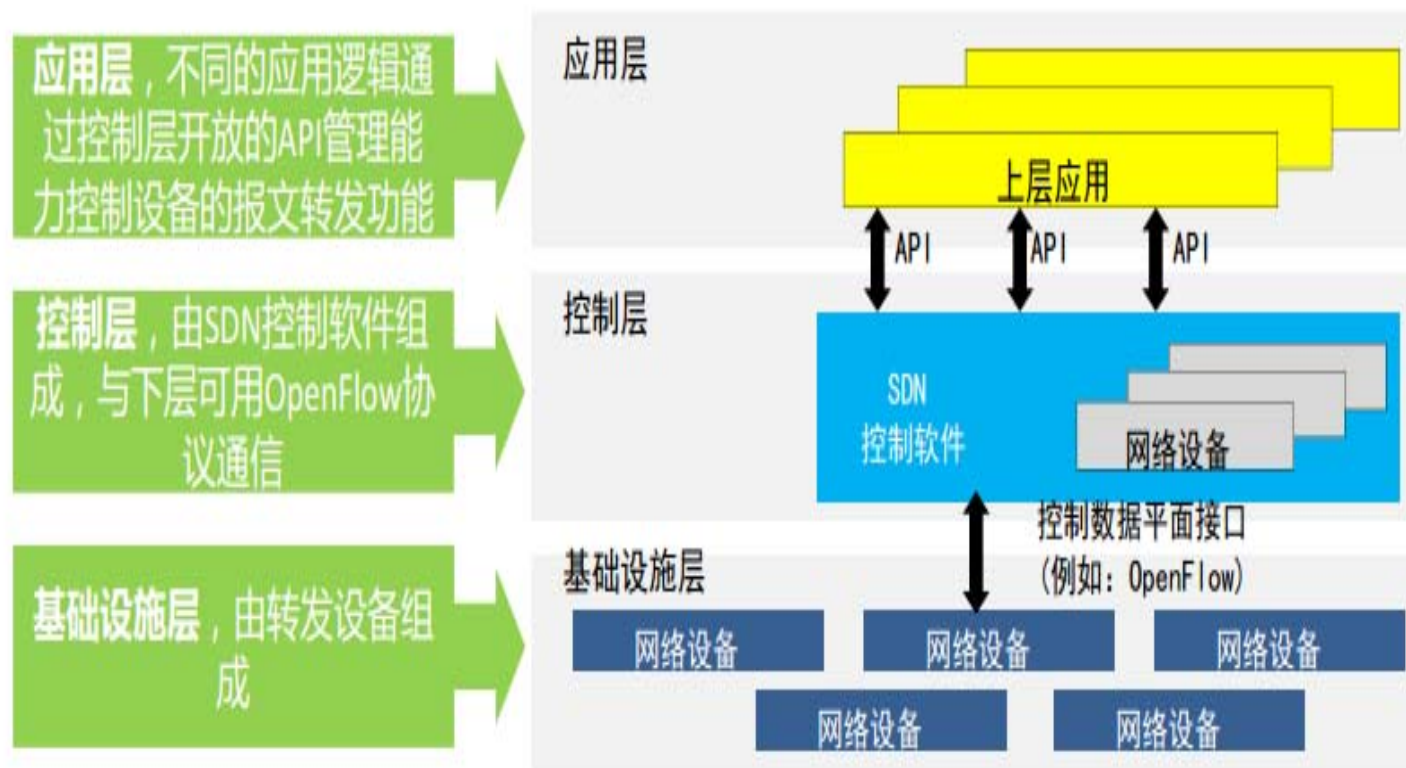
- SDN 的特征

- 根据ONF (Open Networking Foundation) 对软件定义网络的定义，SDN的四个特征是：

- 数据平面和控制平面分离：例如，支持第三方控制面设备通过OpenFlow等开放式的协议远程控制通用硬件的交换/路由功能。
 - 集中化的控制器和网络视角：提高路由管理灵活性，加快业务开通速度，简化运维。
 - 控制平面（控制器）和数据平面中不同设备之间的开放接口：多种交换、路由功能共享通用硬件设备。
 - 通过外部应用对网络的可编程性：可通过软件编程方式满足客户化定制需求。

软件定义网络 (SDN)

■ SDN 的特征





宽带通信网络的未来

- 宽带化
- 智能化 (SON)
- 个人化
- 泛在化 (异构)
- 融合化 (异构、云)
- 业务多样化、综合化 (人-人、人-机、机-机)
- 可编程化
-



思考题

- 什么叫通信网络的传递方式？
- 比较ATM方式与其它传递方式，为什么B-ISDN选择ATM做为其网络支撑技术？
- NGN的主要优势是什么？



关于宽带通信网

- 宽带通信网的概念
- 宽带通信网的关键技术
- 宽带通信网技术的外延
- 宽带通信网课程内容



宽带通信网的概念

- 宽带通信网是一种全数字化、高速、宽带、具有综合业务能力的智能化通信网络，宽带通信网的显著特点就是在信息数据传输上突破了速度、容量和时间空间的限制。
- 美国最早关于“宽带”的定义是超过200Kb/s；目前，对“宽带”的一般界定是速率在2Mbit/s以上；
- 目前的宽带网技术能达到的带宽
 - 接入（有线/无线）
 - 传输
 - 交换



宽带通信网的关键技术

- 通信技术
- 微电子技术
- 数字信号处理技术



宽带通信网技术的外延

- 从基本功能角度对宽带通信网技术进行划分

- 宽带接入技术
- 宽带交换技术
- 宽带传输技术
- 宽带通信网络的业务
- 宽带通信网络的安全与管理技术
-



宽带通信网课程内容

- 宽带通信网技术发展概述
- ATM 技术原理
- ATM的流量控制和拥塞控制
- 宽带网交换技术
- IP网络体系结构与关键技术
- IP网络的QoS支持技术
- 移动IP技术
- MPLS技术及其发展
- IP网络安全与管理技术
- 下一代网络技术



宽带通信网络技术的重要机理

- 通信网络中不同交换技术的机理
- 宽带通信网络的组成----节点的功能定义
- 通信系统的“描述”方式
- 宽带通信网网络性能的主要评价方法



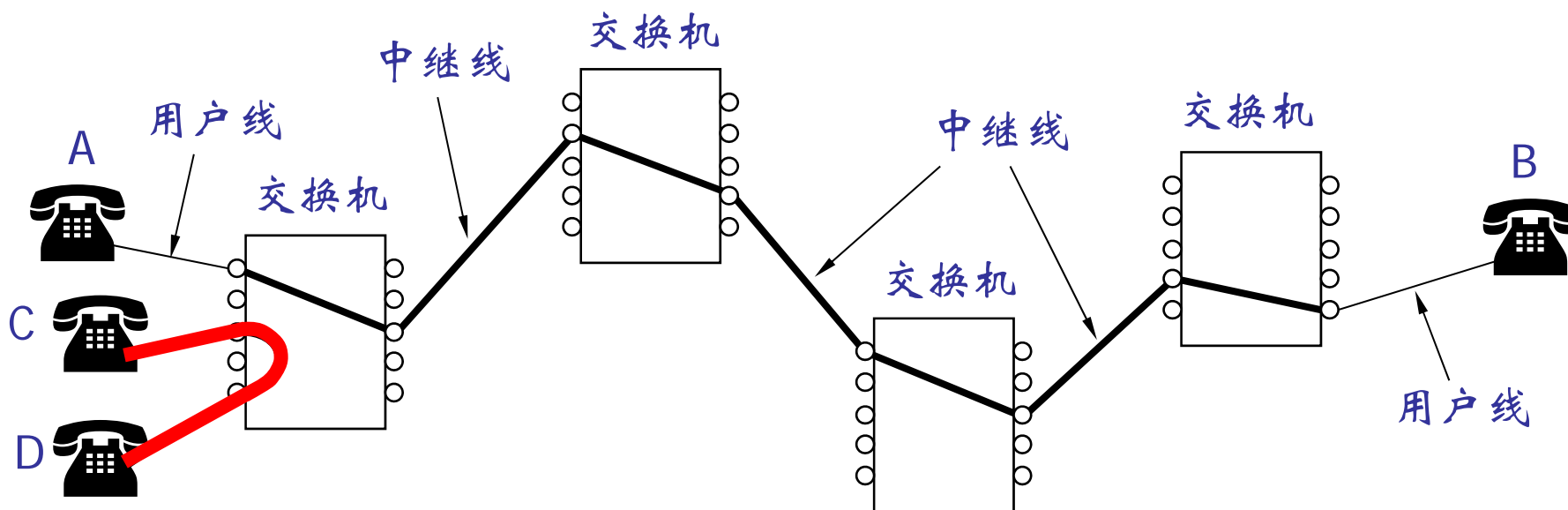
通信网络中不同交换技术的机理

- 电路交换技术

- 包交换技术

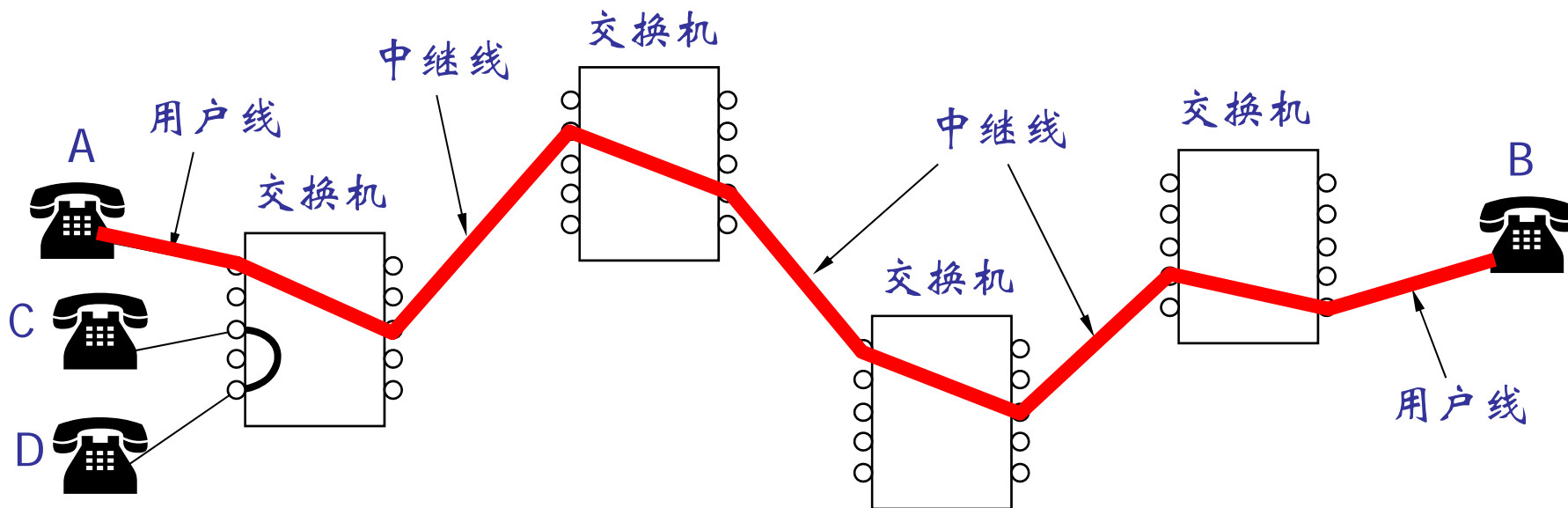
电路交换技术

- C 和 D 通话只经过一个本地交换机
- 通话在 C 到 D 的连接上进行



电路交换技术

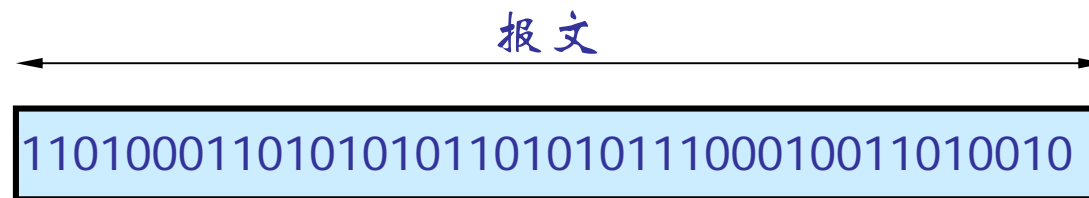
- A 和 B 通话经过四个交换机
- 通话在 A 到 B 的连接上进行



包交换技术

■ 分组的形式

- 在发送端，先把较长的报文划分成较短的、固定/可变长度的数据段。

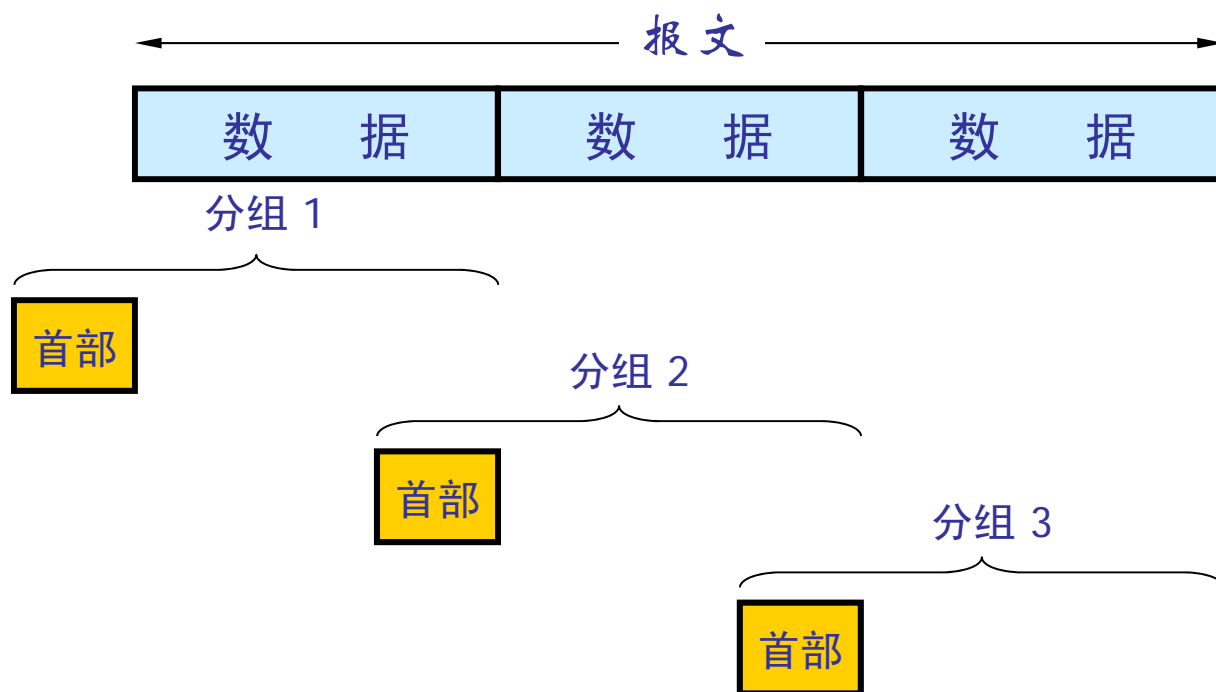


当这个报文较长
不便于传输时

包交换技术

■ 分组的形成

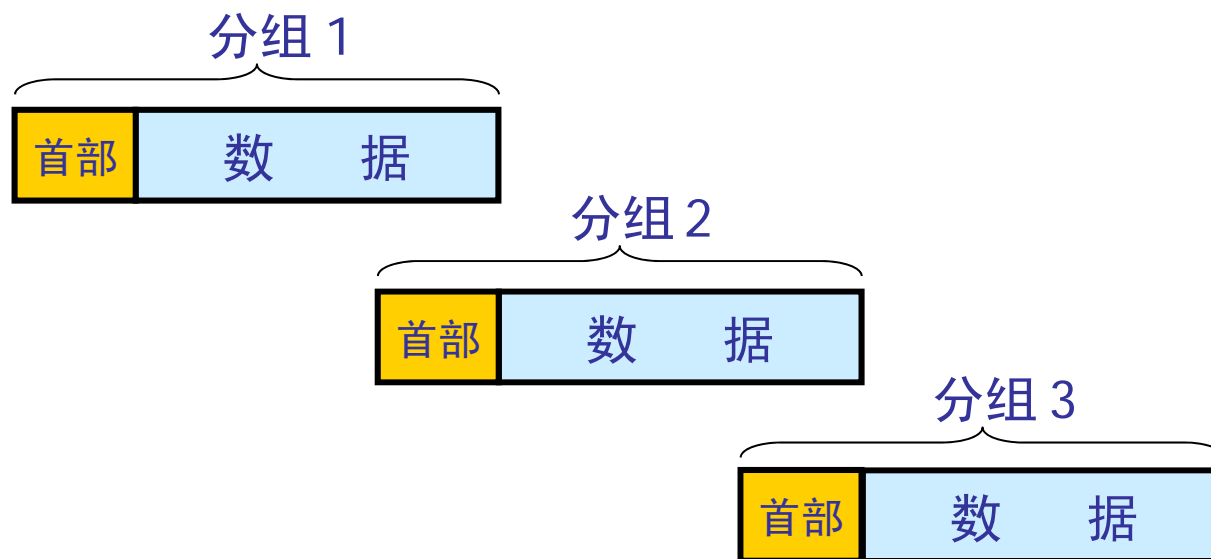
- 每一个数据段前面添加上首部构成分组。



包交换技术

■ 交换期间的传输单元

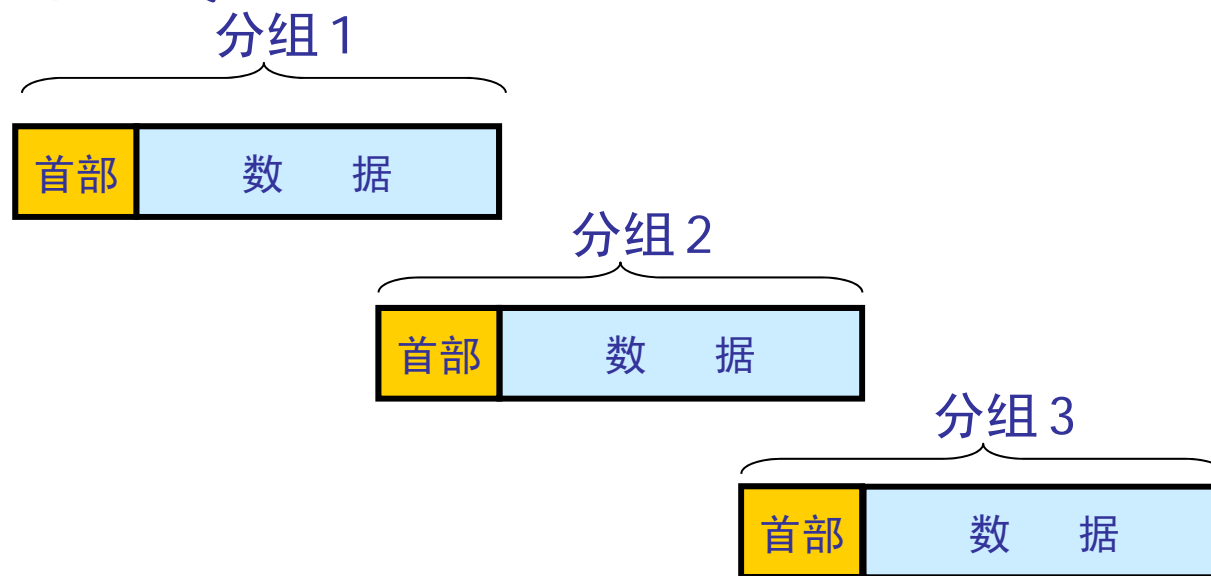
- 分组交换网以“**分组**”作为数据传输单元。
- **依次**把各分组发送到接收端（假定接收端在左边）。
- 分组交换网中的节点交换机根据收到的分组首部中的**地址信息**，存储，再把分组**转发**到下一个节点交换机。
- **各节点通过存储转发方式**，最后将分组送达**最终目的地**。



包交换技术

■ 接收端收到分组后的处理

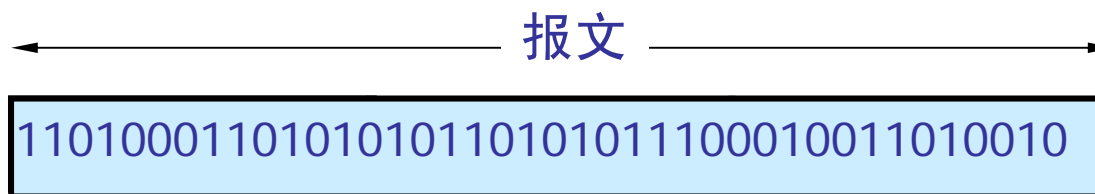
- 接收端收到分组后去掉其封装的首部，将数据还原成报文。



包交换技术

- 还原成原来的报文

- 最后，在接收端把收到的数据恢复成为原来的报文。



- 这里我们假定分组在传输过程中没有出现差错，在转发时也没有被丢弃。



通信网络中不同交换技术的机理

- 分组首部字段设置与网络功能
 - 每一个分组的首部都含有地址、控制等字段，每个字段根据实现的功能进行编码设计；
 - 分组报头的字段设置反映了该种网络技术支持的网络功能；
 - 分组包头、净荷与分组的额外开销；
- 网络中业务数据与控制数据相比，控制数据的开销比例；
- 面向连接与无连接（业务、网络技术）



宽带通信网络的组成----节点的功能定义

■ 不同网络的节点组成以及实现的功能不同

- 电路交换网络（例如：用户终端、交换机、接入设备……）
- 包交换网络（例如：交换机、接入设备、用户终端……）
- 互联网络（例如：主机、路由器……）



宽带通信网络中节点的主要功能

■ 节点可能支持的功能

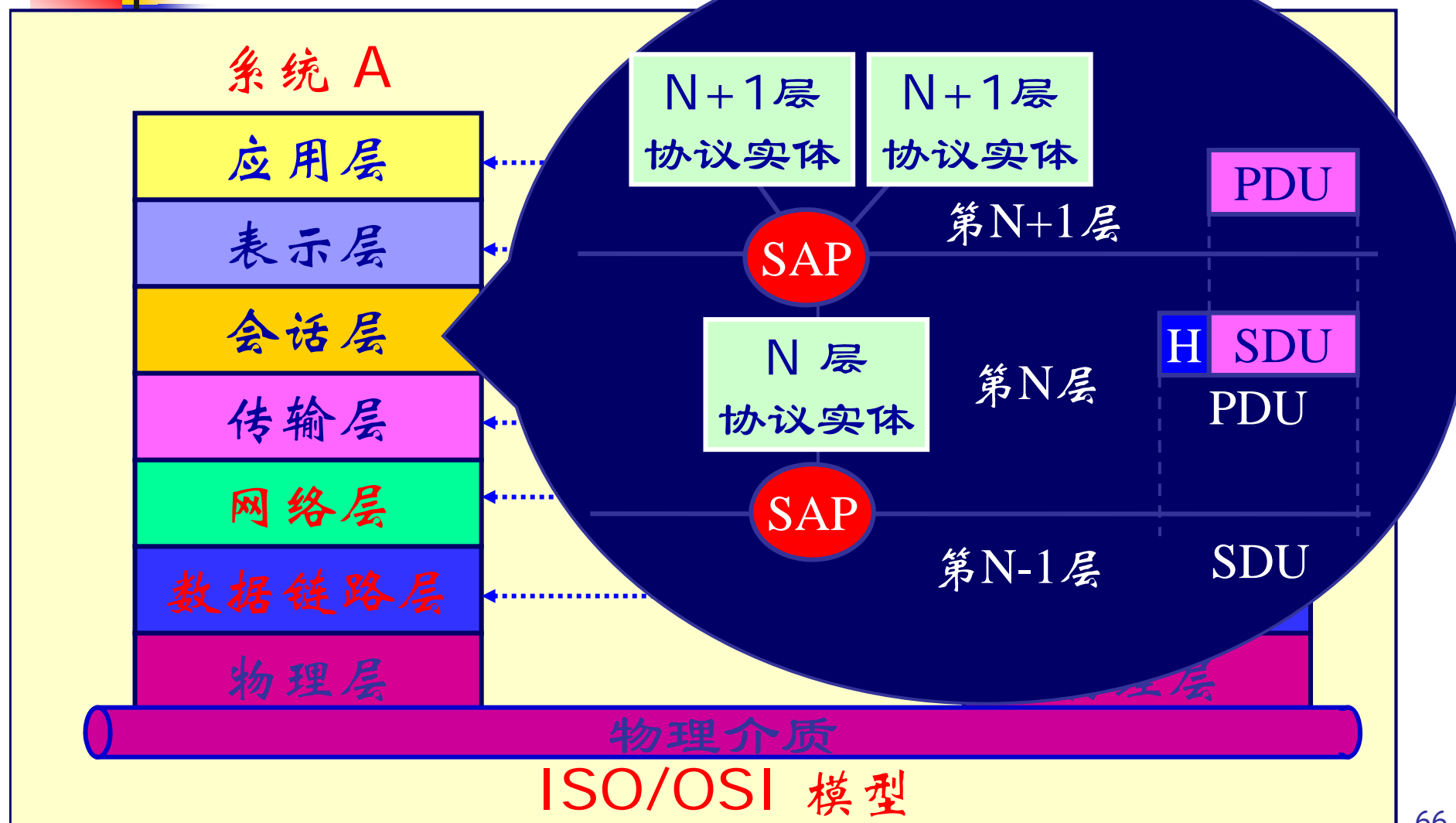
- 接入控制
- 路由选择与交换
- 信息转发
- 资源分配
- 服务质量控制
- 业务及流量管理、拥塞控制
- 运行管理、故障处理
-



通信系统的“描述”方法

- 开放系统互联互通的方式----OSI参考模型
- 宽带通信网络的节点/系统功能有效划分
- 通信协议

开放系统互联互通的方式---OSI参考模型





OSI参考模型定义的主要规则

- 开放系统互连参考模型采用**分层**模型，将开放系统的功能抽象到了7个层次，定义各层次的**功能**和各层次之间的**接口**。
- OSI模型规定了在同一系统中和不同系统中的通信规则。



OSI参考模型定义的主要规则


■ OSI模型规定在不同系统之间通信的规则

- 只有**对等实体**（在系统中位于相同分层内的通信实体）才能进行通信，例如，网络层实体只能与其他系统中网络层实体进行通信。
- 在对等实体之间进行通信时，必须采用**相同的协议**。
- 除了物理层外，位于不同系统中的对等实体之间的通信都是逻辑上的通信，物理上并没有直接通信的能力，其通信是通过本系统内相邻的低层以及以下的各层的通信来完成的。

OSI参考模型定义的主要规则

■ OSI模型规定在相同系统内的通信规则

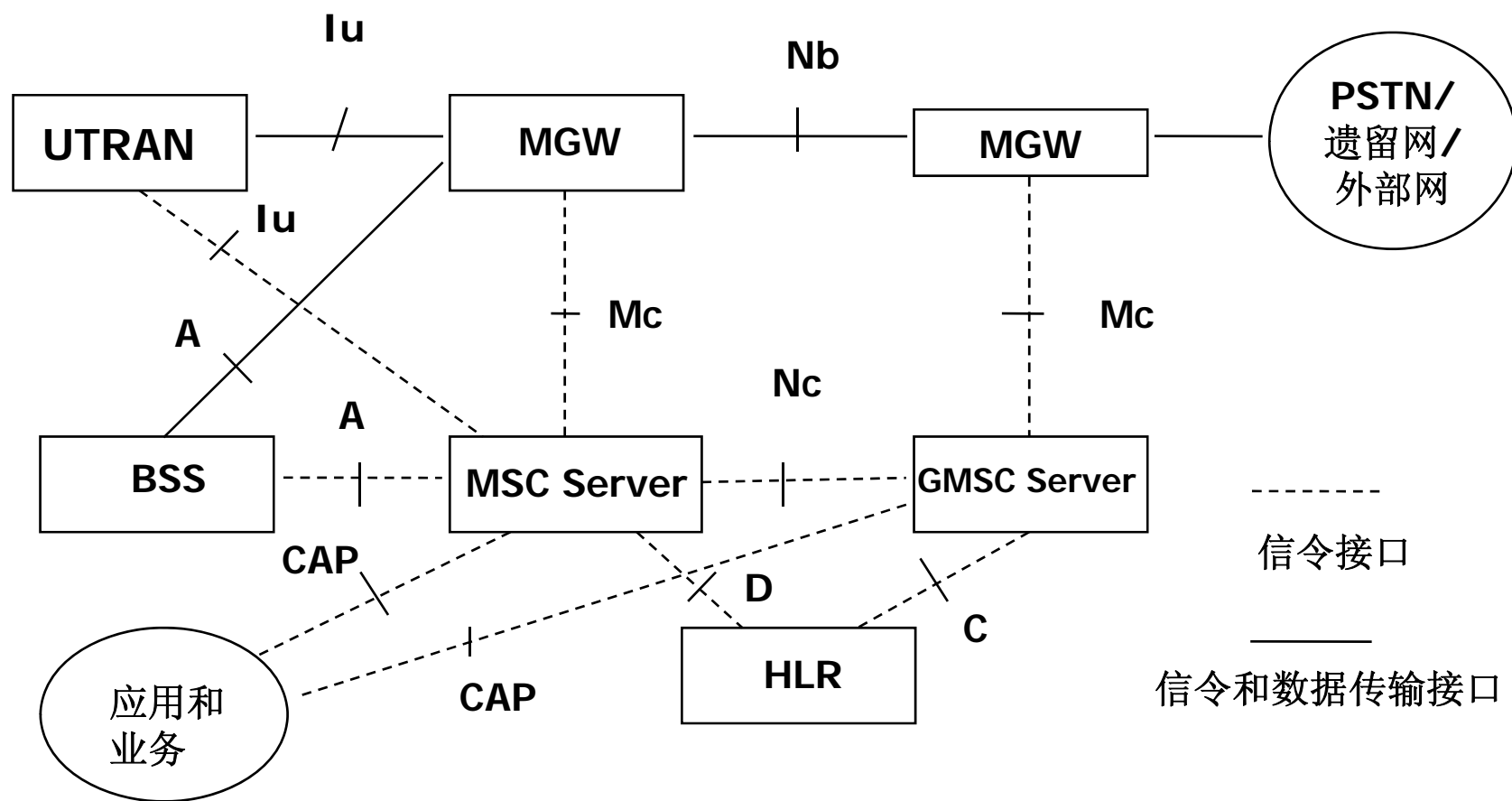
- 各层的协议实体都向其邻接的上层协议实体提供通信服务，来保证上层对等实体之间的通信；如第 $(N+1)$ 层的对等实体之间的通信需要依靠第 (N) 层的协议实体提供的通信服务来完成；
- 协议实体向其邻接上层的协议实体提供的通信服务的接口点是位于两层交界处的第 (N) 层的服务访问点 (SAP)；
- (N) 层的服务访问点用 (N) 层地址来标识；
- 对等实体之间的通信采用相同的数据单元（这是由同等协议所决定的），数据单元在系统中各层之间传递时，需要有封装和解封装的过程，例如，第 $(N+1)$ 层的协议数据单元 (PDU) 将作为第 (N) 层的服务数据单元 (SDU)，加上第 (N) 层的控制信息头封装成第 (N) 层的协议数据单元，利用第 $(N-1)$ 层进行传送。



宽带通信网络的节点/系统功能有效划分

- 网络由不同的系统互联而成;
- 各个系统中数据类型按照不同平面划分 (控制平面/用户平面/管理平面)
- 节点、接口、功能模块
 - 节点/实际设备与功能模块/逻辑实体
 - 接口/端口 (接口与协议栈)
 - 系统的不同功能接口配置 (场景)

节点、接口、功能模块（例子）





通信协议

■ 协议的定义

- 协议定义了对等实体进行通信行为的语义和语法（规则和格式）。

■ 协议的要素

- 协议的实体
- 所在层、数据平面/控制平面
- 协议：协议支持的能力、状态转移、原语/消息集、各场景下的交互流程、数据包的格式
.....

■ 一个协议的实例（LDP）



LDP协议支持的能力(实例)

■ LDP支持的能力

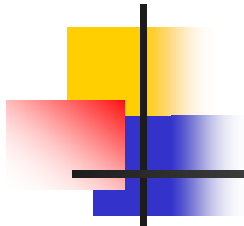
- 转发等价类到LSP的映射
- 标签空间、LDP标识、会话与传输
- LDP对等层侦测
- LDP会话建立与维护
- 标签分发与管理
- 循环探测与预防
- LDP错误处理





LDP协议的功能

- LDP协议功能
 - LDP PDU消息格式
 - LDP的消息类型
 - LDP的消息格式
 - LDP的消息TLV编码格式
 - LDP的消息处理



LDP的消息集合

消息名	消息功能
地址取消	LSR取消先前公布给其对等层的接口地址
标签映射	LSR公布给对等层有关的FEC-标签绑定
标签请求	LSR用以向对等层申请一个FEC-标签绑定
标签申请退出	取消前面发出的标签申请
标签取消	解除FEC-标签绑定
标签释放	释放LSR不再需要的前面申请的标签

LDP的通用消息格式和各消息的具体格式

版本号（2字节）	PDU长度（2字节）
LDP标识（6字节）	

LDP PDU消息格式

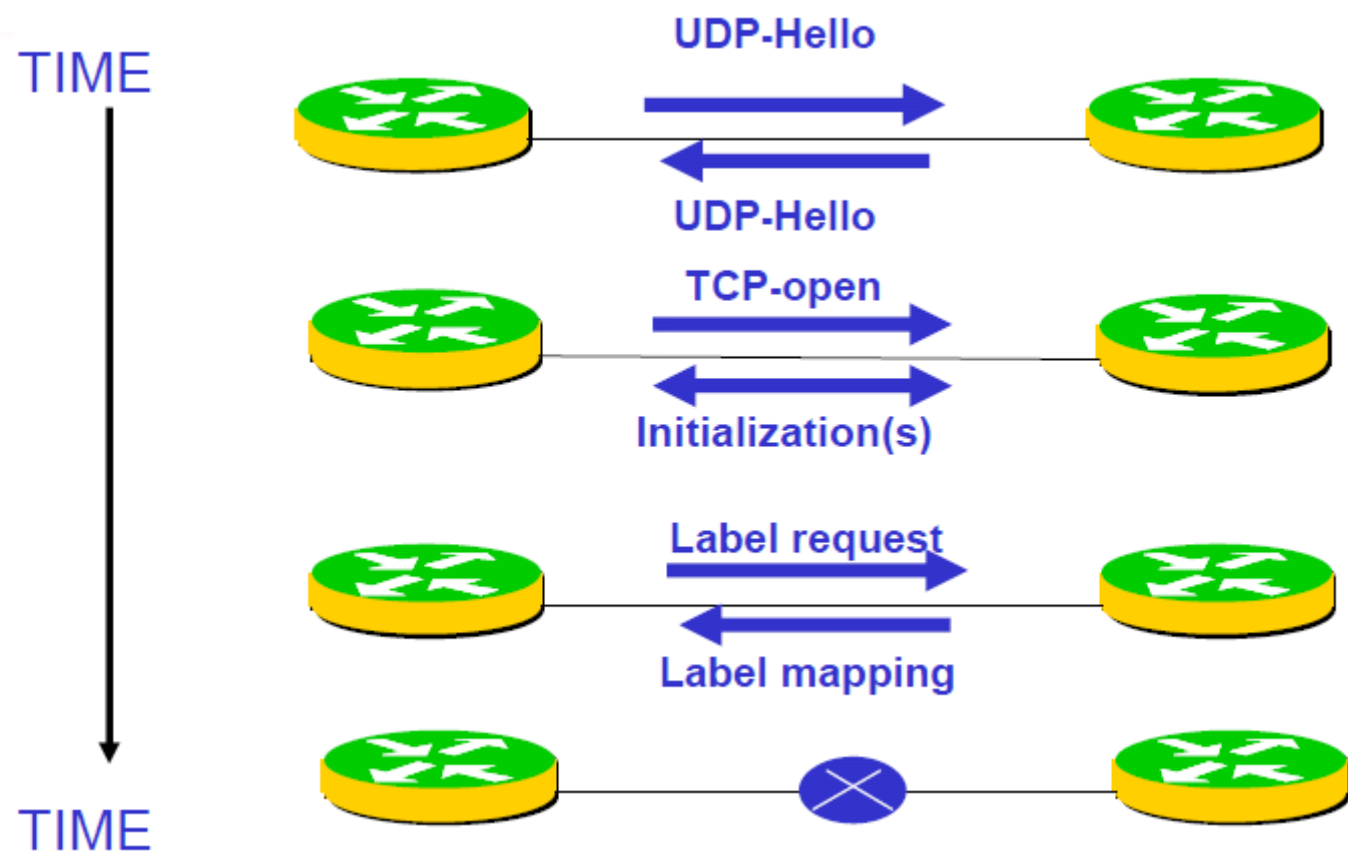
U比特（1bit）	F比特（1bit）
类型域（14bit）	
长度（2bytes）	
值域（可变长度）	

LDP的消息TLV编码格式

0	0	地址列表(0x0101) 14bit
长度（2字节）		
地址簇（2字节）		
地址（可变长度）		

地址列表TLV的格式

LDP协议的信息交互(实例)

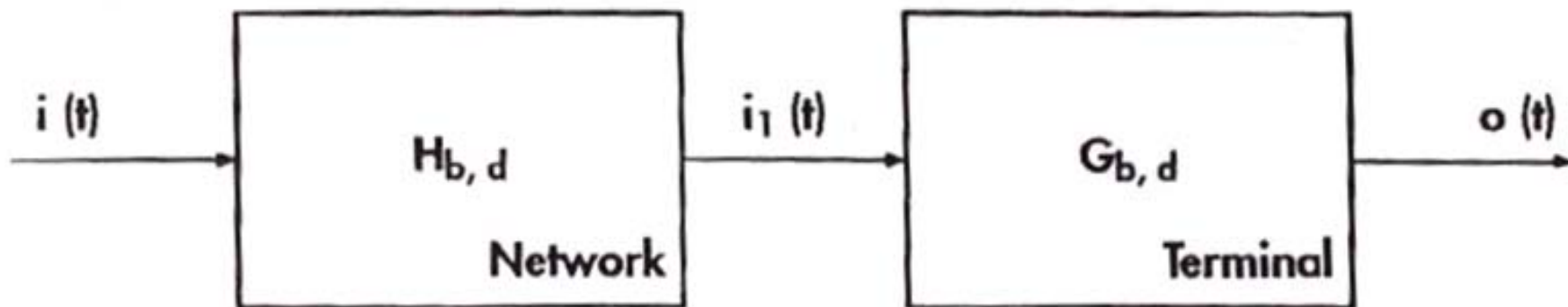
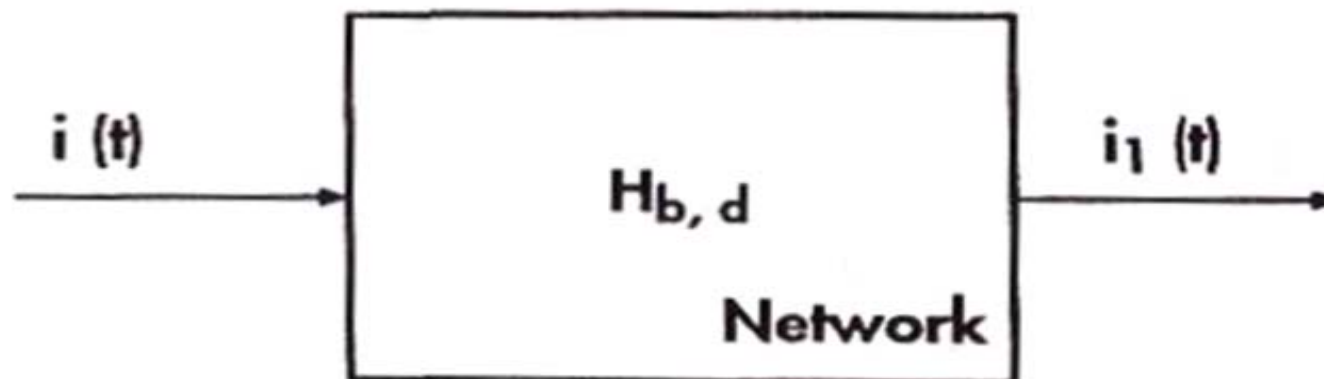




宽带通信网网络性能的主要评价方法

- 宽带通信网络的一般模型
- 宽带通信网的业务特征评价方式---业务特征参数
- 宽带通信网的网络性能评价方式---网络性能参数

宽带通信网络的一般模型



宽带通信网的业务特征评价方式

---业务特征参数

■ 自然信息速率 (Natural Information Rate)

信息速率通常是一个变化的量，受使用人的行为、传输内容和信号处理方法等方面的影响，单位为bps：

■ 信息速率通常由以下参数描述：

■ 峰值速率 $S = \max s(t)$

$$0 \leq t \leq T$$

■ 平均速率 $E[s(t)] = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt$

宽带通信网的业务特征评价方式

---业务特征参数

- 突发性: 业务流的突发性可由突发度来描述;

- 业务的突发度 (突发性) $B = \frac{S}{E[s(t)]}$

- 具有突发性的业务自然信息速率通常可以通过两个参数来描述和限定:

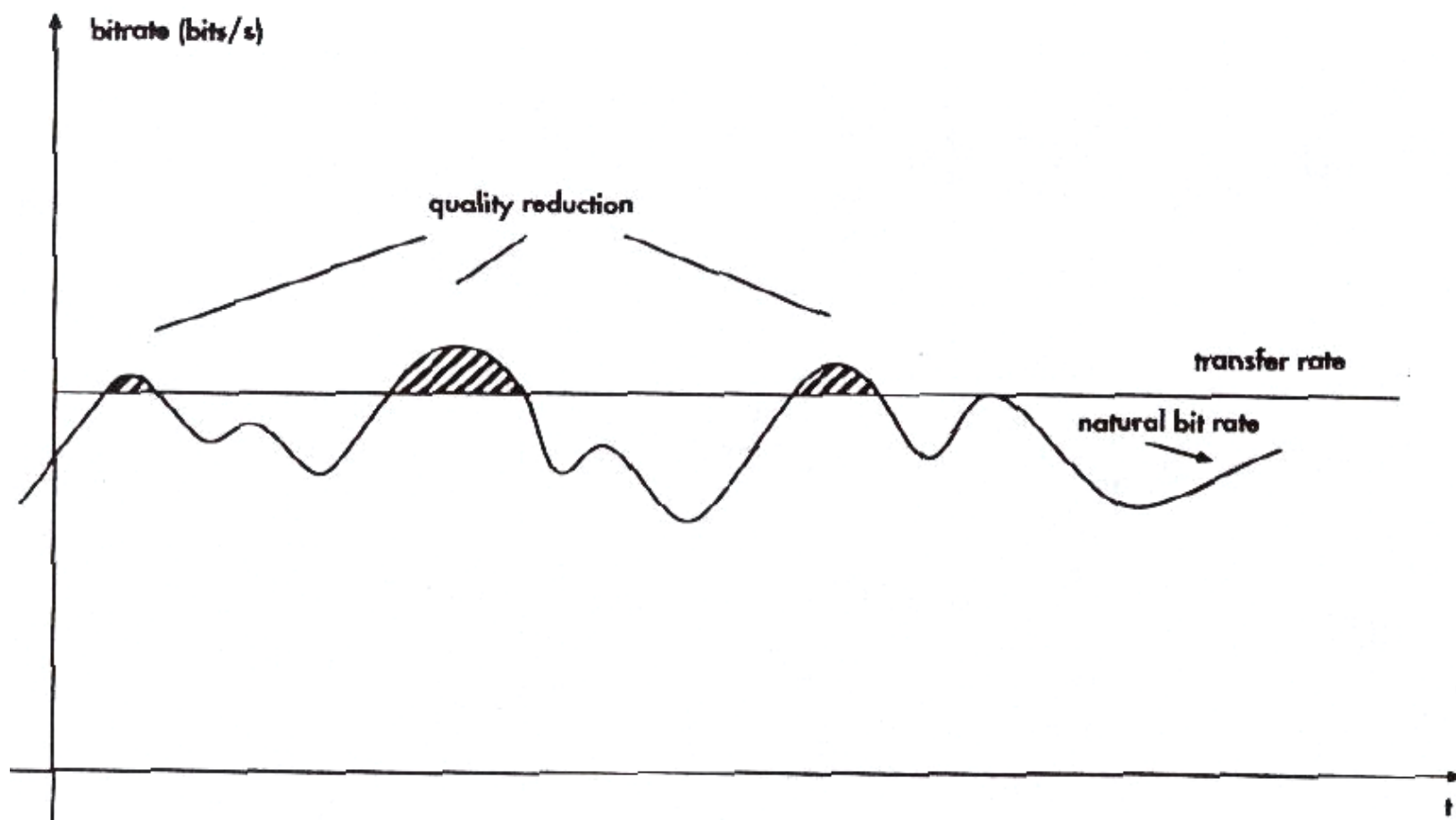
- 平均速率: $\bar{s} = E[s(t)]$

- 瞬间允许的最大突发量: F

- 通常要求用户传输速率应满足: $s(t) \leq \bar{s} \cdot t + F$

宽带通信网的业务特征评价方式

---业务特征参数



宽带通信网的业务特征评价方式

---业务特征参数

■ 传输速率分配

- 带宽：一般通过传输速率来衡量，带宽资源的动态优化分配是宽带网络的基本研究问题之一。
- 带宽分配方法
 - 按照峰值速率来分配带宽：延时最小但效率最低；
 - 按照平均速率来分配带宽：延时很大但效率最高；
 - 实际的带宽分配方法：取值介于平均速率与峰值速率之间。

宽带通信网的网络性能评价方式

---网络性能参数

■ 语义透明性

■ 时间透明性

宽带通信网的网络性能评价方式

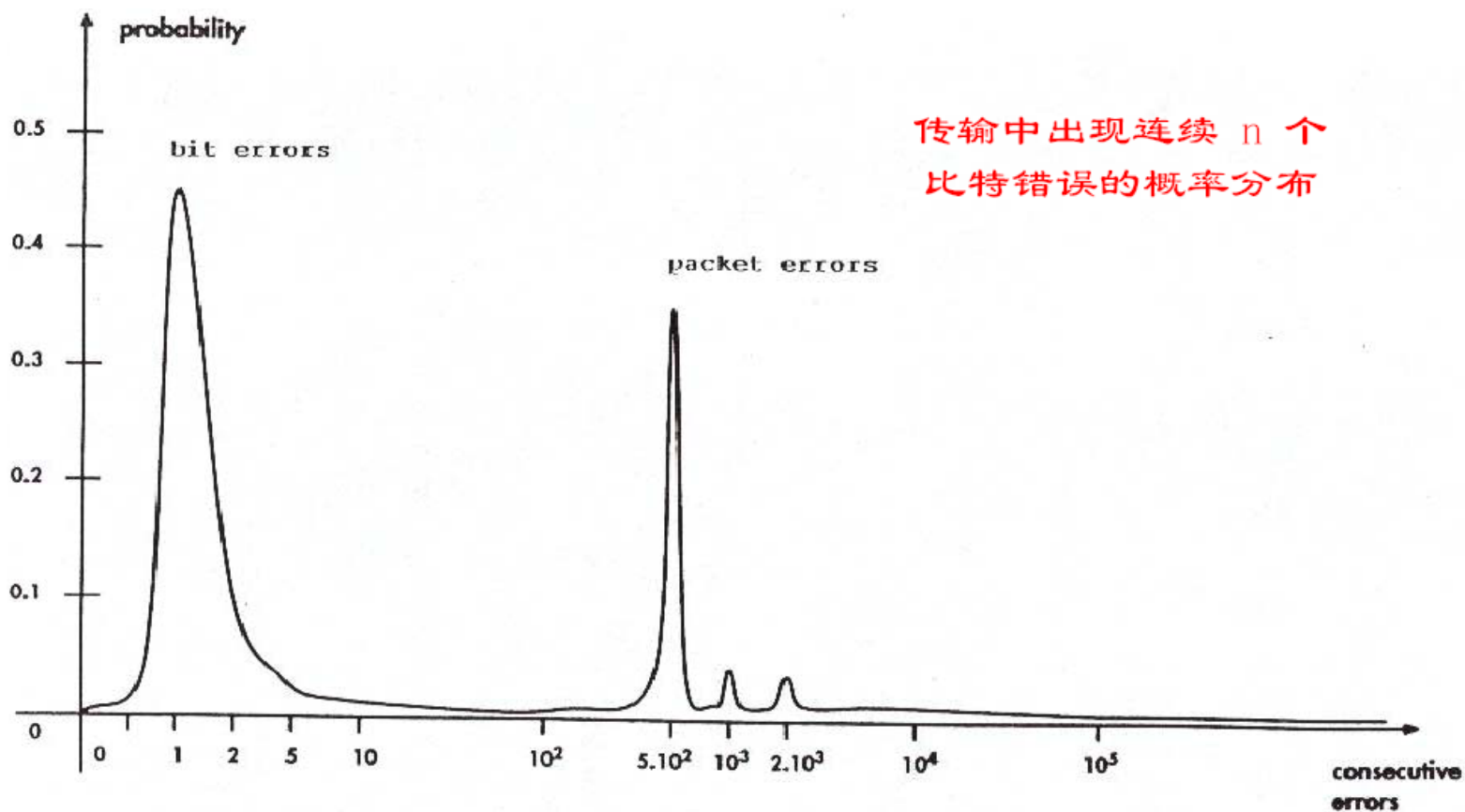
---网络性能参数

- 语义透明性：是指网络无差错传送信息的可能性；不同的场合、不同的业务类型对网络的语义透明性要求有所不同。
- 传送出错的原因
 - 信道畸变
 - 噪声和干扰
 - 交换/复用过程出错
 - 用户需求和网络可用资源不匹配

宽带通信网的网络性能评价方式

---网络性能参数（用例）

■ 语义透明性



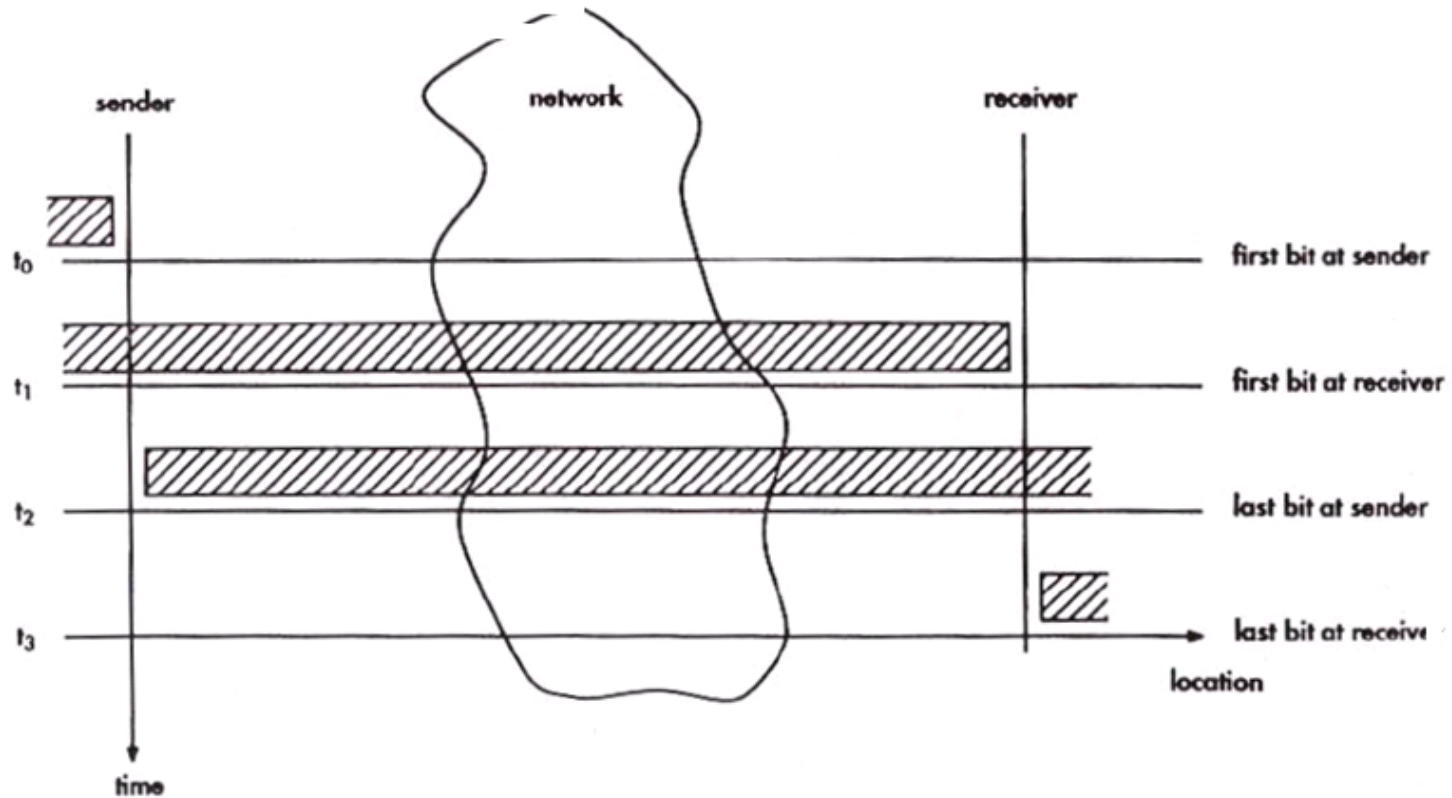
宽带通信网的网络性能评价方式

---网络性能参数（用例）

- 时间透明性：网络以最小时间将信息从源传送到目的地的能力。
- 有关时间透明性的主要参数（例子）
 - 最大时延；
 - 最小时延；
 - 平均时延；
 - 时延抖动：最大时延与最小时延之差。
- 分组网的时延也可用概率密度函数来表示。

宽带通信网的网络性能评价方式

---网络性能参数（用例）



$$D_f = t_1 - t_0, \quad D_l = t_3 - t_2, \quad \text{Delay jitter} = D_{\text{Max}} - D_{\text{min}}$$

通信网络中的时延

宽带通信网的网络性能评价方式

---网络性能参数

■ 语义透明性

■ 误码率

■ BER (误比特率)

■ PER (分组差错率)

■ PLR (分组丢失率)

■ PIR (分组误插率)

■

■ 时间透明性

■ 时延

■ 时延抖动

宽带通信网的网络性能评价方式--- 网络性能参数（用例）

■ 几种典型业务的传输差错率和时延

业务	BER	PLR	PIR	延迟
电话业务	10^{-7}	10^{-3}	10^{-3}	25ms/500ms
数据通信	10^{-7}	10^{-6}	10^{-6}	1000ms(50ms)
视频广播	10^{-6}	10^{-8}	10^{-8}	1000ms
高质量音频	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}	1000ms
远端过程控制	10^{-5}	10^{-3}	10^{-3}	1000ms



宽带通信网的网络性能评价方式--- 网络性能参数

改善网络性能的一些基本方法

■ 差错控制

- 检错重发：逐段链路进行操作(链路层),端到端进行操作(网络层);
- 前向纠错：在传输的信息比特流中插入的编码方式的冗余校验码。

■ 资源调度和流量控制

- 区分业务类别/等级;
- 资源预留;
- 接入控制/流量控制/拥塞控制。
- 数据流监管;

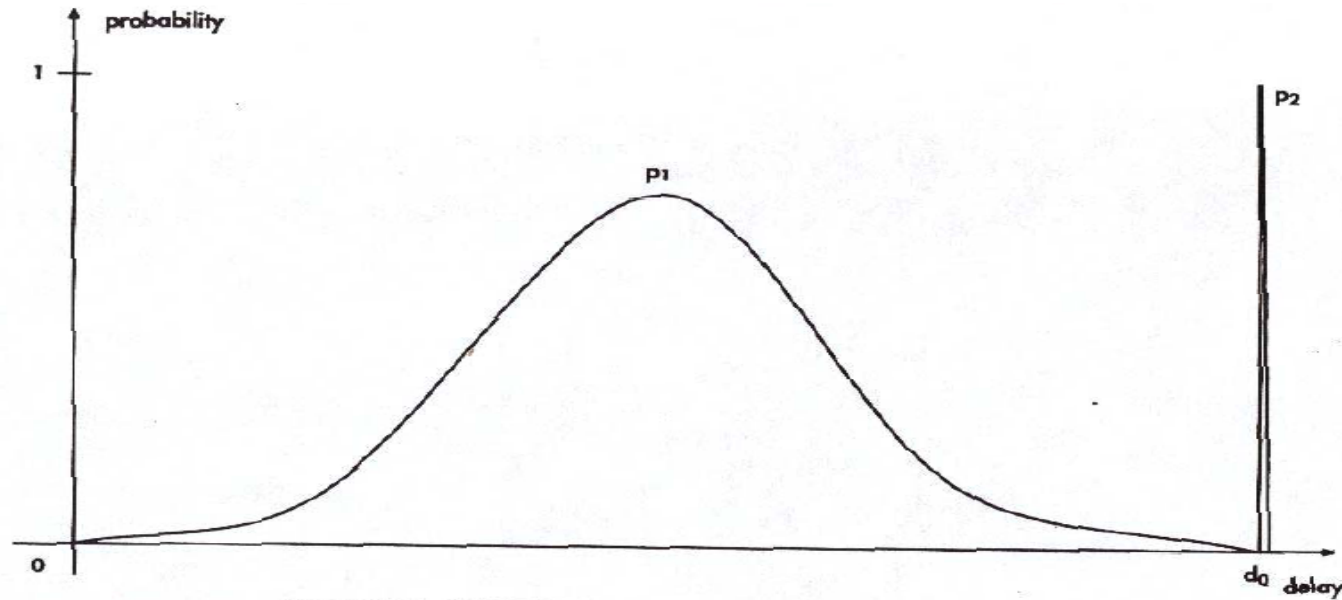
■ 流量整形

- 改变分组的大小和结构,例如采用固定长度分组(例如ATM信元)改善网络节点的功能。
- 改变分组流量的特性。

宽带通信网的网络性能评价方式--- 网络性能参数

改善网络性能的基本方法

- 提高时间透明性的措施：在接收端通过设置数据包存储来平滑延迟抖动。(VoIP)



P1: PROBABILITY DENSITY FUNCTION
OF DELAY OF THE NETWORK

P2: PROBABILITY DENSITY FUNCTION
AFTER CONDITIONING BY TERMINAL



思考题

- 简述电路交换和包交换技术在工作机理上的主要差别？
- 评价宽带网络业务特征的主要业务参数有哪些？
- 评价宽带网络性能的主要标准有哪两类？
分别列举其中包含的典型性能指标。