



现代交换原理

北京邮电大学 计算机学院

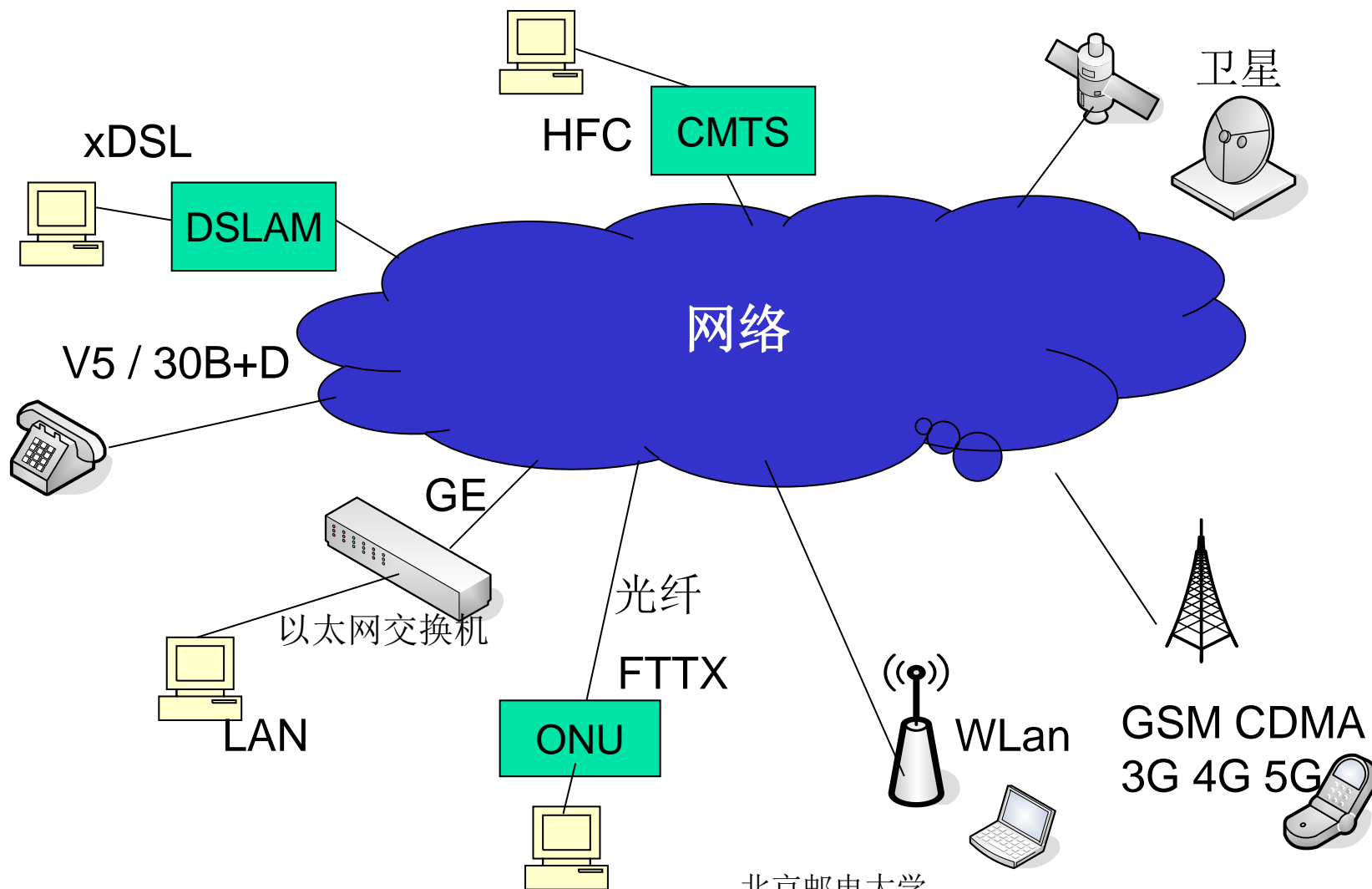
段鹏瑞

2025 春

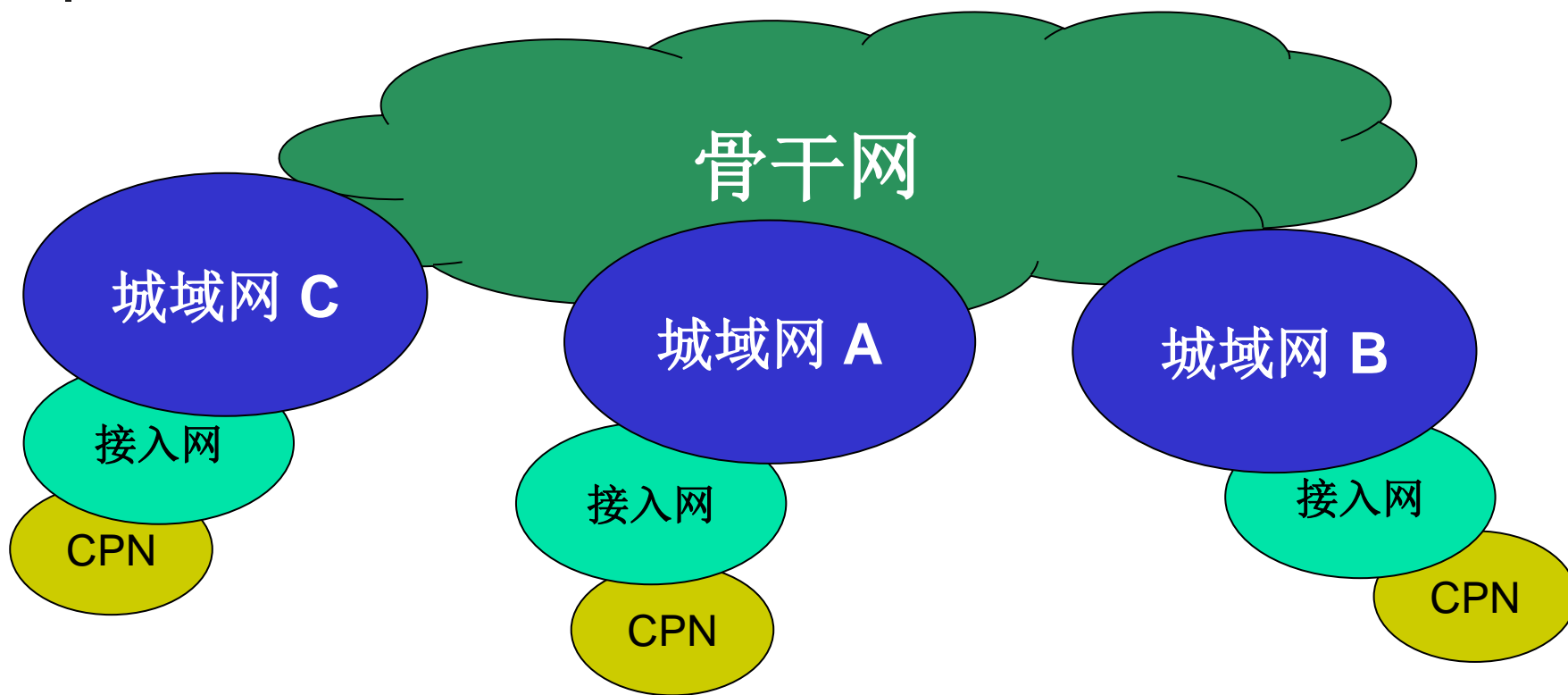


课程的内容？

我们面对的各式各样的终端



网络



课程的内容...

■ 交换网络

- 电话机
- 交换机的工作
- 脉冲拨号、双音频拨号
- 通话前的拨号、通话中的拨号
- 移动通信网络
- **VoIP**通信
- 协议
- 新型交换网络
- **Clos spine-leaf**



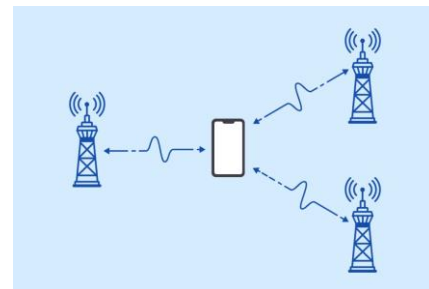
qq



早期的手摇式电话



话务台接线员



移动通信



数据中心网络 5



课程学习中的扩展思考

- 1、听音识曲？
- 2、高保真音乐可以通过电话网吗？
- 3、会议系统混音操作？
- 4、沙河校区与校本部的**VPN**网络？
- 5、零拷贝网络 **RDMA**
-



以移动互联网为例来看交换

- 云中的机器如何连接？
南北向流量？东西向流量？

云

业务与应用：搜索、支付、游戏、浏览

- 管道？
怎么建这个管道？
是否共享？粗细？是否通畅？

管道

移动网络：接入、地址分配、漫游、

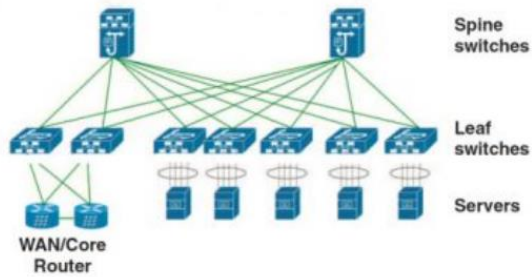
- 终端？
什么是终端？超级终端？
终端内部模块？终端之间？

终端

移动终端：硬件、操作系统、应用软件

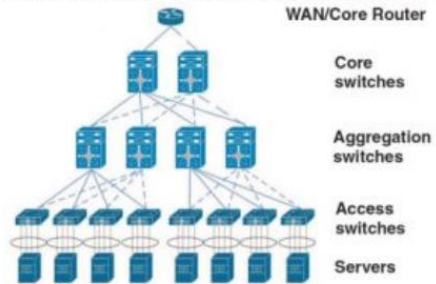
Spine-Leaf

Spine/Leaf Data Center Network Architecture

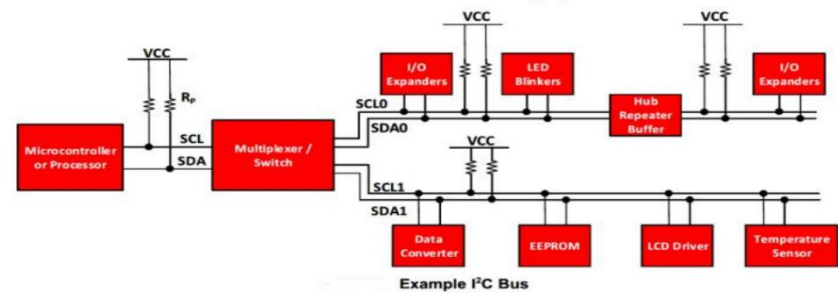
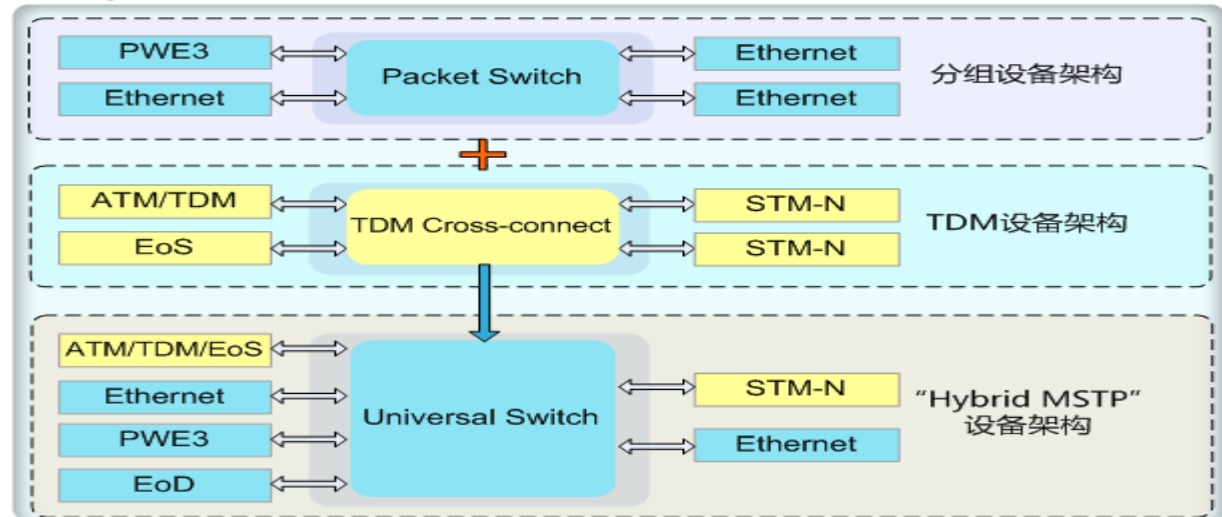


Traditional 3-Tier

Traditional Three-Tier Data Center Network Architecture

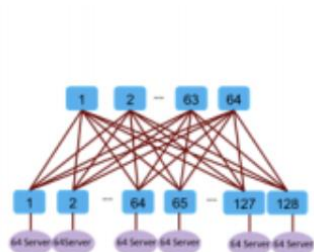


OptiX OSN设备架构图

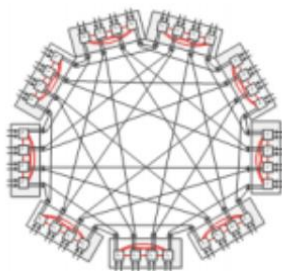


课外扩展学习

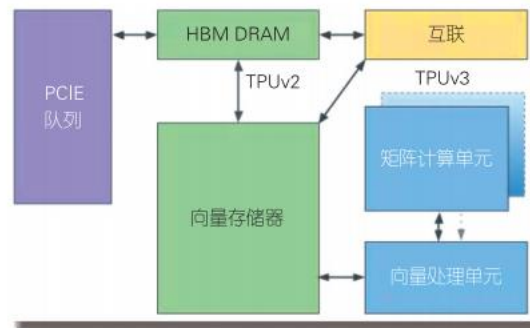
- 网络5.0 算力网络
- 确定性网络 SPN切片分组网
- 数据中心 存储网络
- 片上网络



通用CLOS架构



超算专用Dragonfly架构



(a) Google TPUv3



(b) Tenstorrent Wormhole



课程主要内容

- 交换概论
- 交换网络
- 程控数字交换系统
- 交换系统的控制原理
- 信令系统
- 移动交换
- IP交换
- 软交换
- SDN



参考书目

- 《程控数字交换与现代通信网》 叶敏 北京邮电大学出版社
- 《软交换系统与IMS》 杨放春 孙其博
北京邮电大学出版社



课堂要求

- 保持安静
 - 如果不能保持安静，请不要超过 $10^{-3} \mu\text{W}$



课堂要求

- 保持安静
 - 如果不能保持安静，请不要超过 $10^{-3} \mu\text{W}$
 - 单位时间内声源向外辐射的声音能量
 - 低声谈话 $10^{-3} \mu\text{W}$
 - 正常谈话 $10 \mu\text{W}$
 - 高声呼叫 $10^3 \mu\text{W}$
 - 想点亮一只 5W 的灯泡？



课堂要求

- 保持一定程度的安静
- 认真听讲
- 多思考、多提问 ？
- 学而不思则罔 思而不学则殆
- 及时沟通 **face to face**

- 教学相长。 重点交换原理。

- 理解过程，掌握结论，灵活应用

北邮-计算机学院的教学科研积累:

- 经典教材 - 《程控交换原理》
- 重要基地 - 网络与交换技术国家重点实验室
- 精品课程 - 国家精品课程“现代交换原理”
- 重大成果 - 863计划重大项目及应用:

863计划“CS-1智能网”、“CS-2智能网”、“CS-3智能网”

863计划“支持多媒体和移动业务的软交换系统”



电话



程控交换机



智能网业务控制器



软交换机控制器

中继媒体网关

IPPBX综合接入网关



教学安排

- 上课时间：周2
- 考试方式：
 - 平时作业+测验 20%
 - 研讨15%
 - 实验15%
 - 期末50%
- 联系方式：**dpr@bupt.edu.cn**



第一部分

交换概论



主要内容

- 电信网与交换
- 复用与寻址
- 各种交换方式
- 交换系统的基本结构



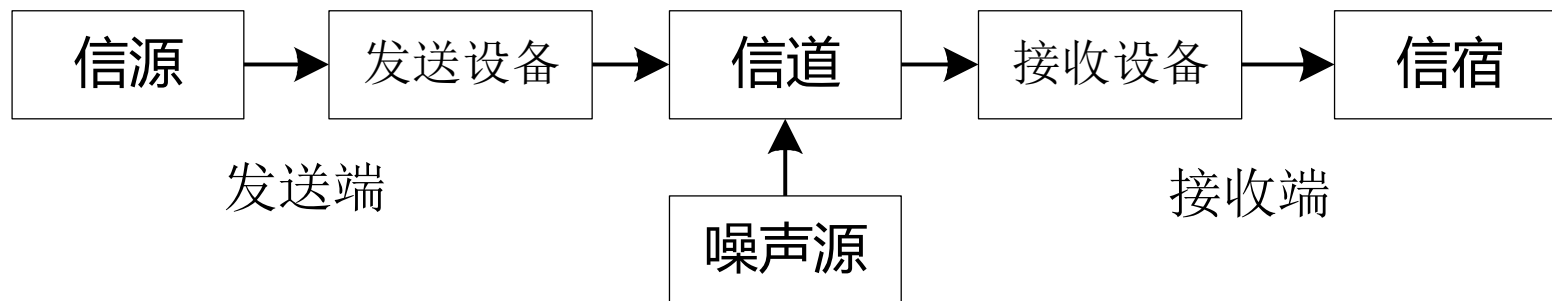
1 电信网与交换

- 通信与电信
- 电信网基本概念
- 电信网的功能结构
- 电话交换机与电话网

通信与电信

电？光？声？

通信系统模型：





通信与电信

通信的分类

- 1) 按传输媒质分类：有线通信和无线通信；**
- 2) 按信道中所传信号的特征分类：模拟通信系统与数字通信系统；**
- 3) 按工作频段分类：长波通信、中波通信、短波通信、微波通信等；**
- 4) 按调制方式分类：基带传输和频带传输；**
- 5) 按受信者是否运动分类：移动通信和固定通信；**

.....



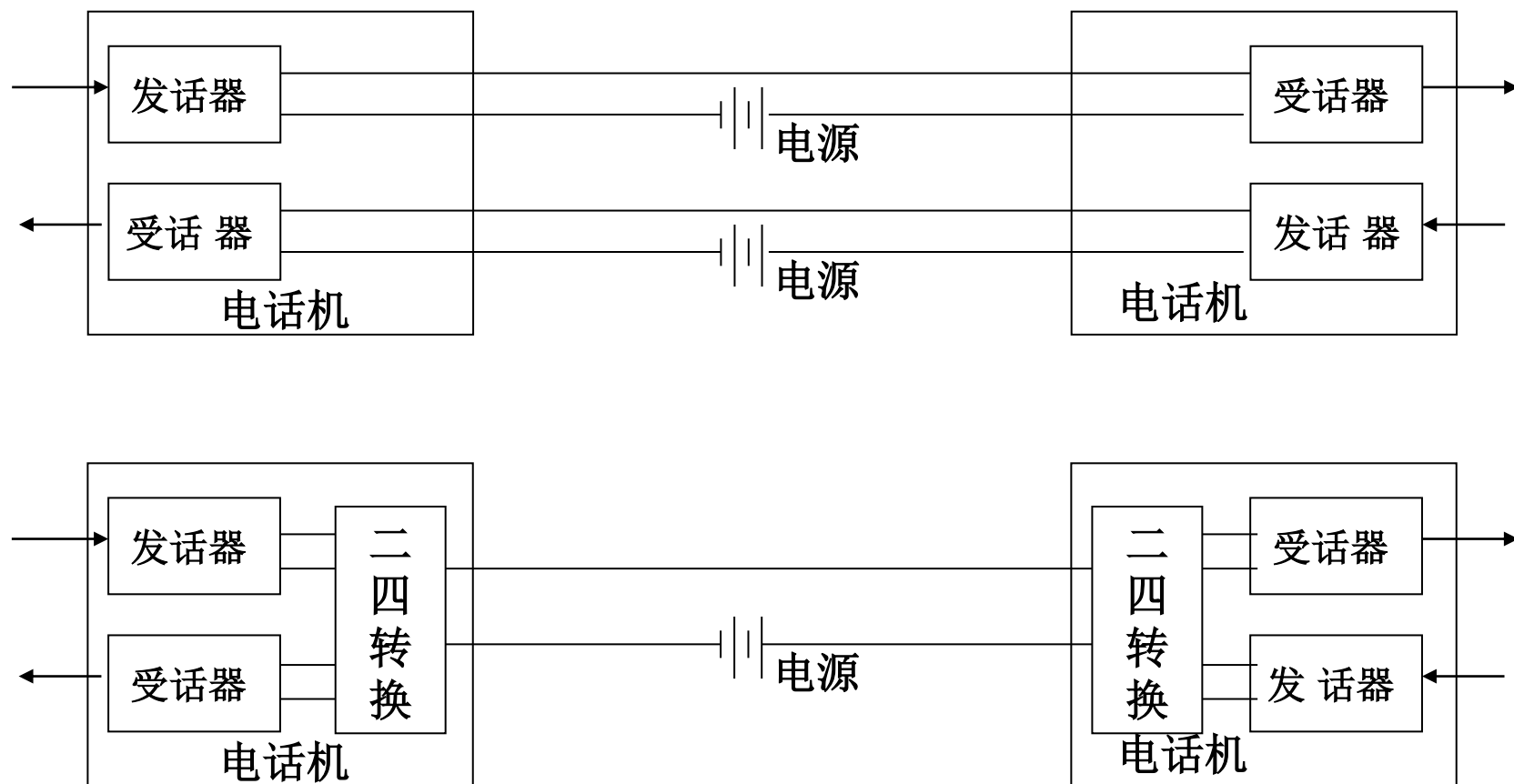
“通信”与“电信”术语分析：

- 通信的含义更宽泛，电信只是利用电磁技术的通信（**Tele-X**）；
- 通信偏重技术专业，电信偏重技术行业；
- 通信关注技术内容，电信关注技术形式。

.....

本课程拟不严格区分“通信”和“电信”术语，沿用使用习惯

点对点的电话通信

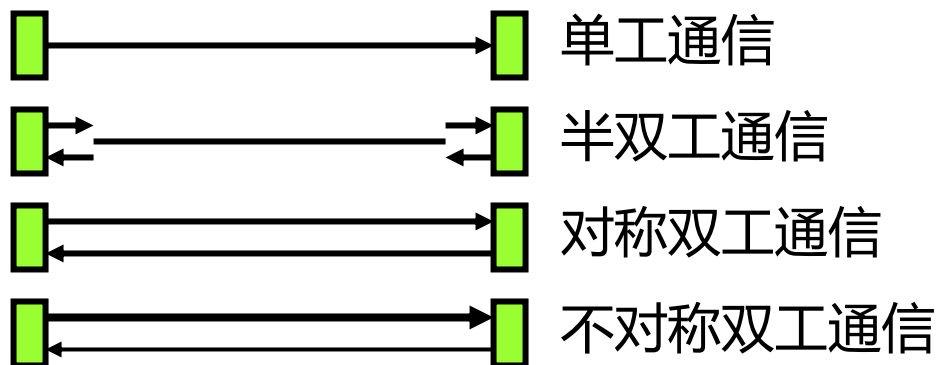


电信网基本概念

1) 基本电信系统构成

由用户终端设备和传输系统组成

特点：一人独行，直接到家

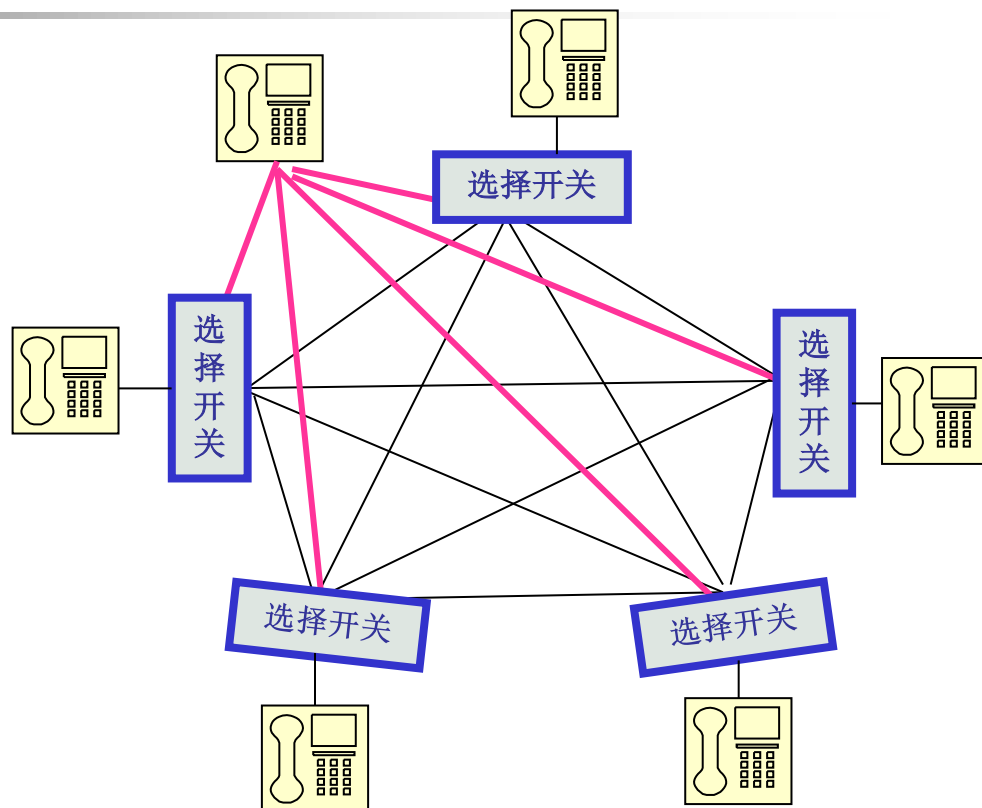


基本电信系统的特点和结论：实现基本电信功能**不需要电信网络**

多用户间的互连(无交换)

缺点:

1. 不经济, 线路投资大, 线路利用率低
2. 使用不方便, 要将电话机和很多对线连接起来
3. 安装维护困难, 当 N 个终端时, 需要 $N(N-1)/2$ 个连线, 增加 $N+1$ 个终端时, 必须增设 N 个线路。



电信网基本概念：

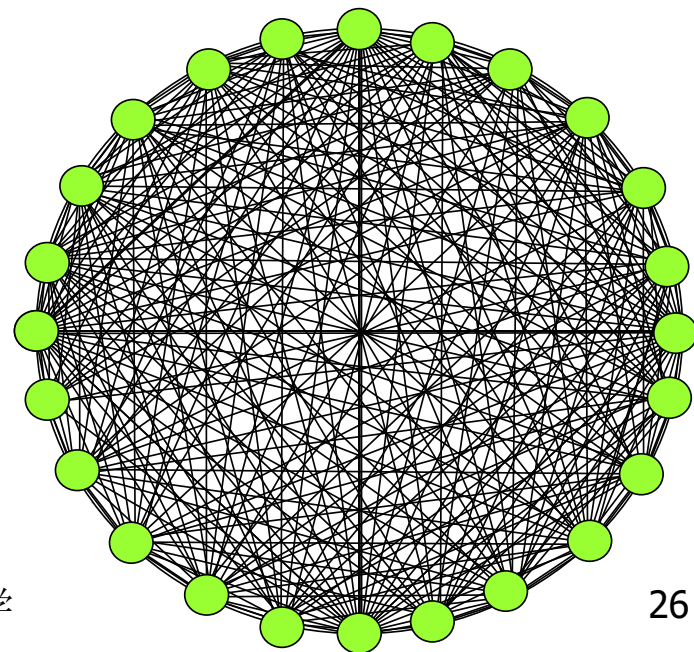
2) 基本电信系统存在 “ N^2 问题”

当电信用户数量 (N) 扩大

用户之间传输信道数量按平方 (N^2) 增加

传输信道最大可能利用率按平方倒数 ($1/N^2$) 降低

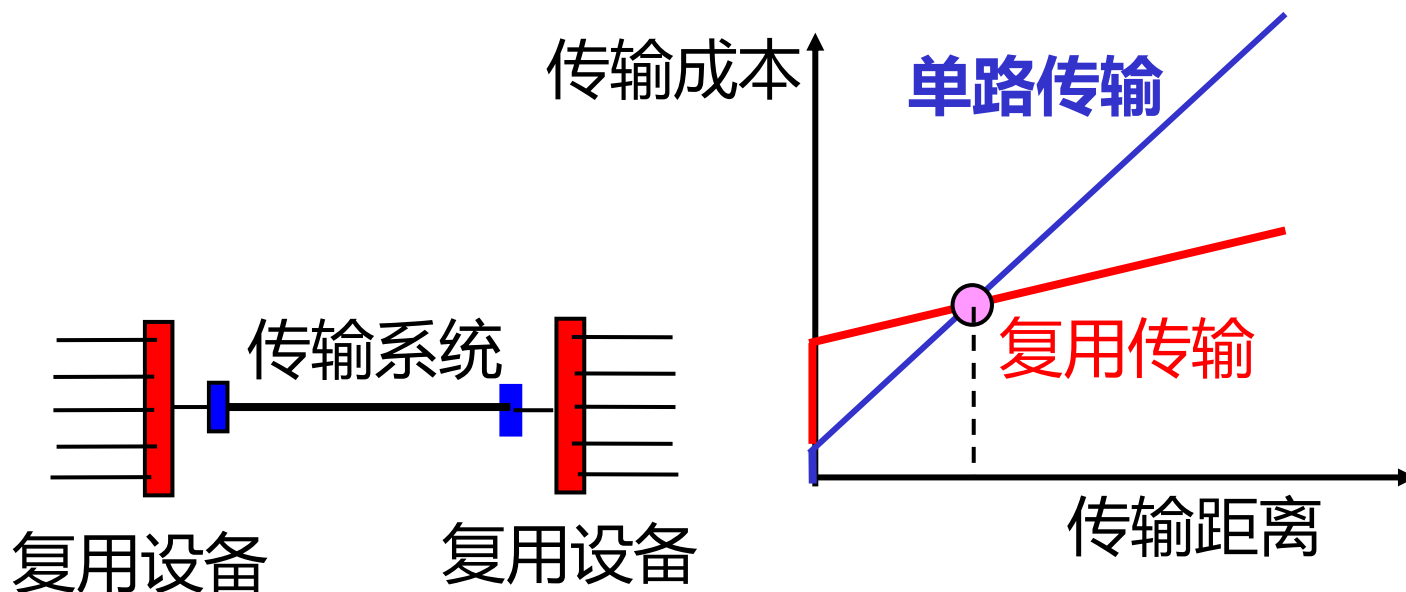
**基本电信系统的 “ N^2 问题”
是必须解决的经济问题**



电信网基本概念

3) 解决长途传输效率问题

采用复用技术——群众同路而行

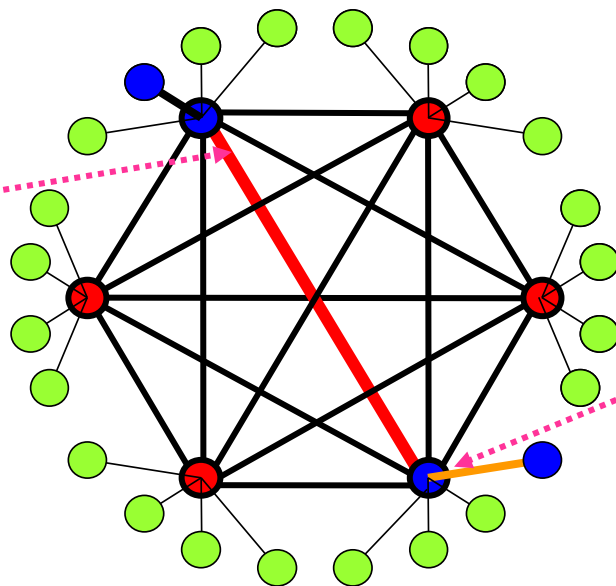


电信网基本概念

4) 解决长途信道数量问题

采用寻址技术——个人寻找归宿

复用技术：
群众同路而行



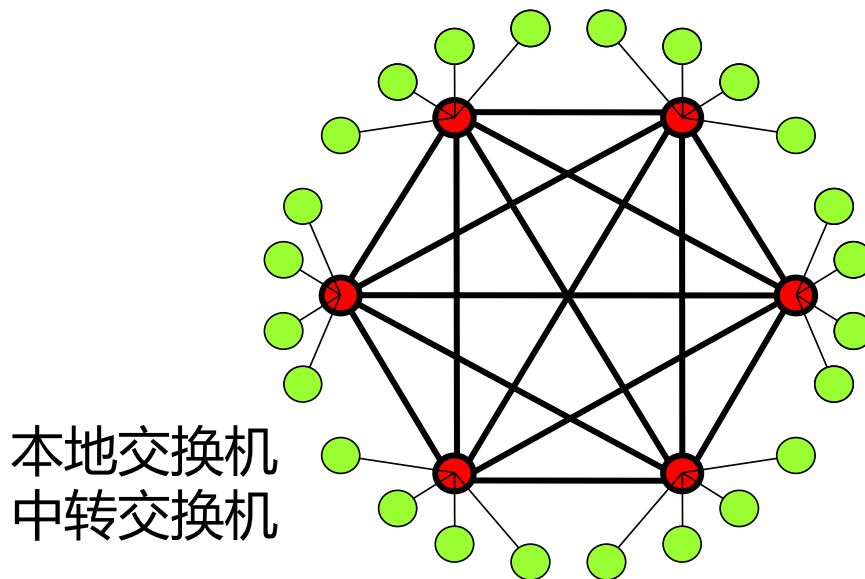
寻址技术：
个人寻找归宿

电信网基本概念

5) 形成电信网络

利用复用技术和寻址技术，解决了 N^2 问题。

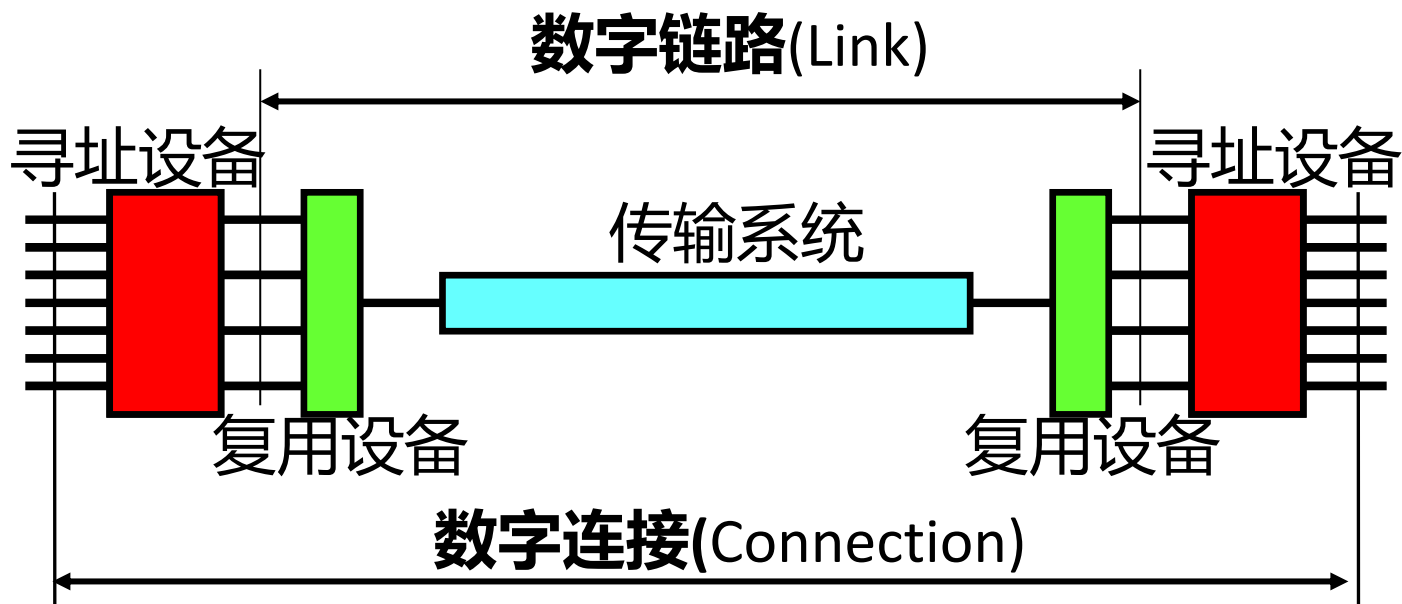
**利用技术方法，
解决了经济问题，
形成了电信网络。**



电信网的功能结构

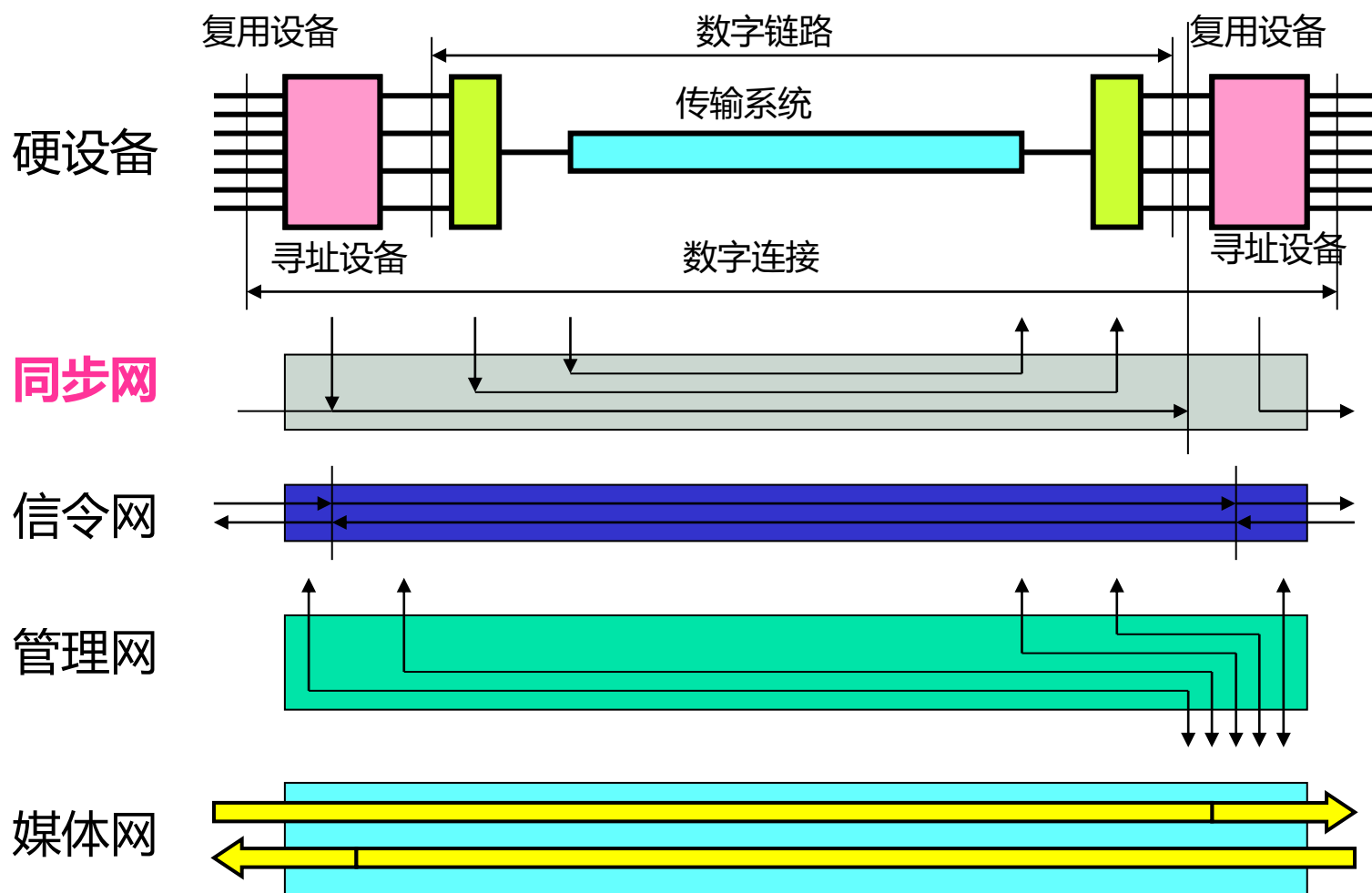
1)基本连接:

电信网结构的基本形式/电信网提供服务的基本形式

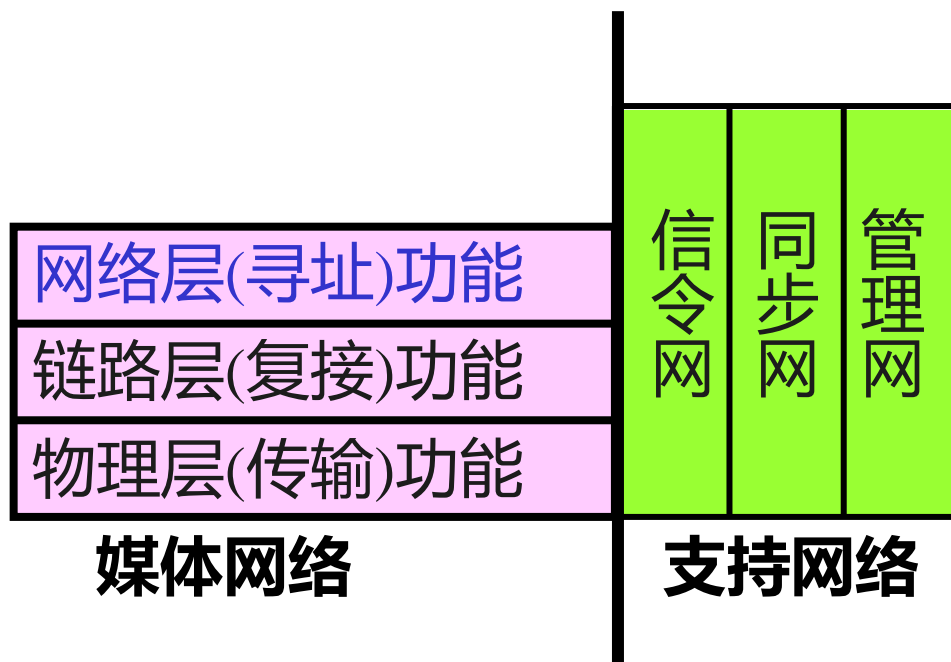


2) 保障连接正常工作的支撑条件:

多个支持网络支持媒体网络；媒体网络传递信号。



完整的电信网



数字同步网:

保证网络中的各节点同步工作

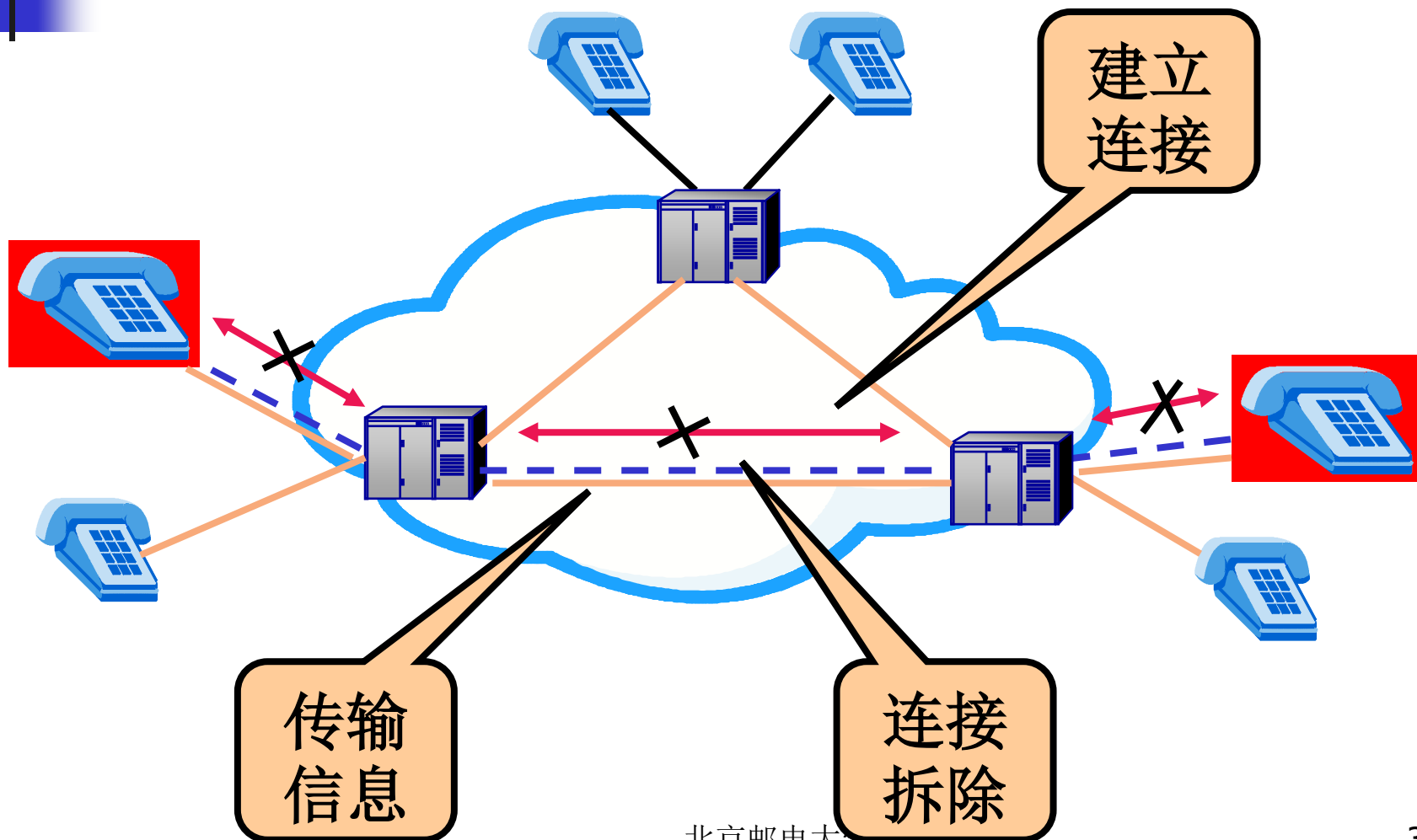
信令网:

通信网的神经系统

电信管理网:

完成电信网和电信业务的性能管理
配置管理、故障管理、计费管理、
安全管理

电话通信中信令的作用



电话交换机与电话网

1876年：电话

1878年：人工磁石式电话交换机

1891年：机电式步进制交换机

1919年：纵横制交换机

1965年：程控交换机

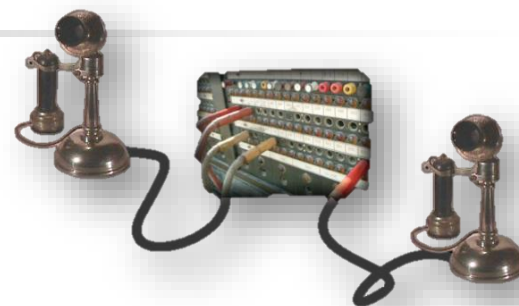
N-ISDN(1980年-CCITT)

ATM(1987年-CCITT)

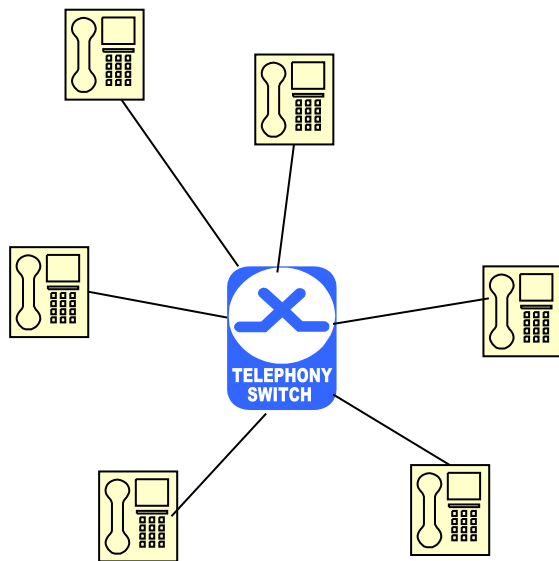
2002年：软交换

2006年：SDN

xxxx年：？



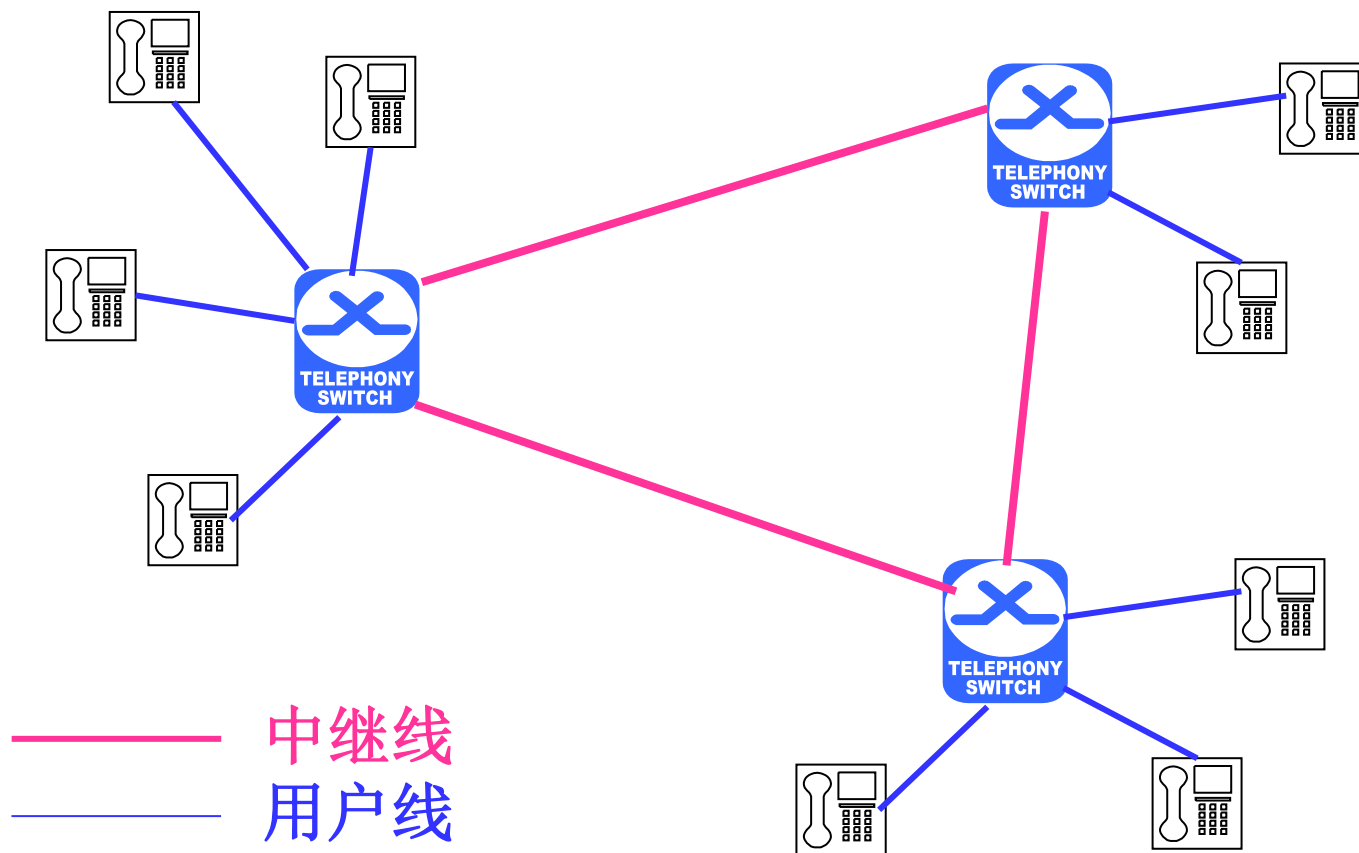
电话交换机的基本功能：



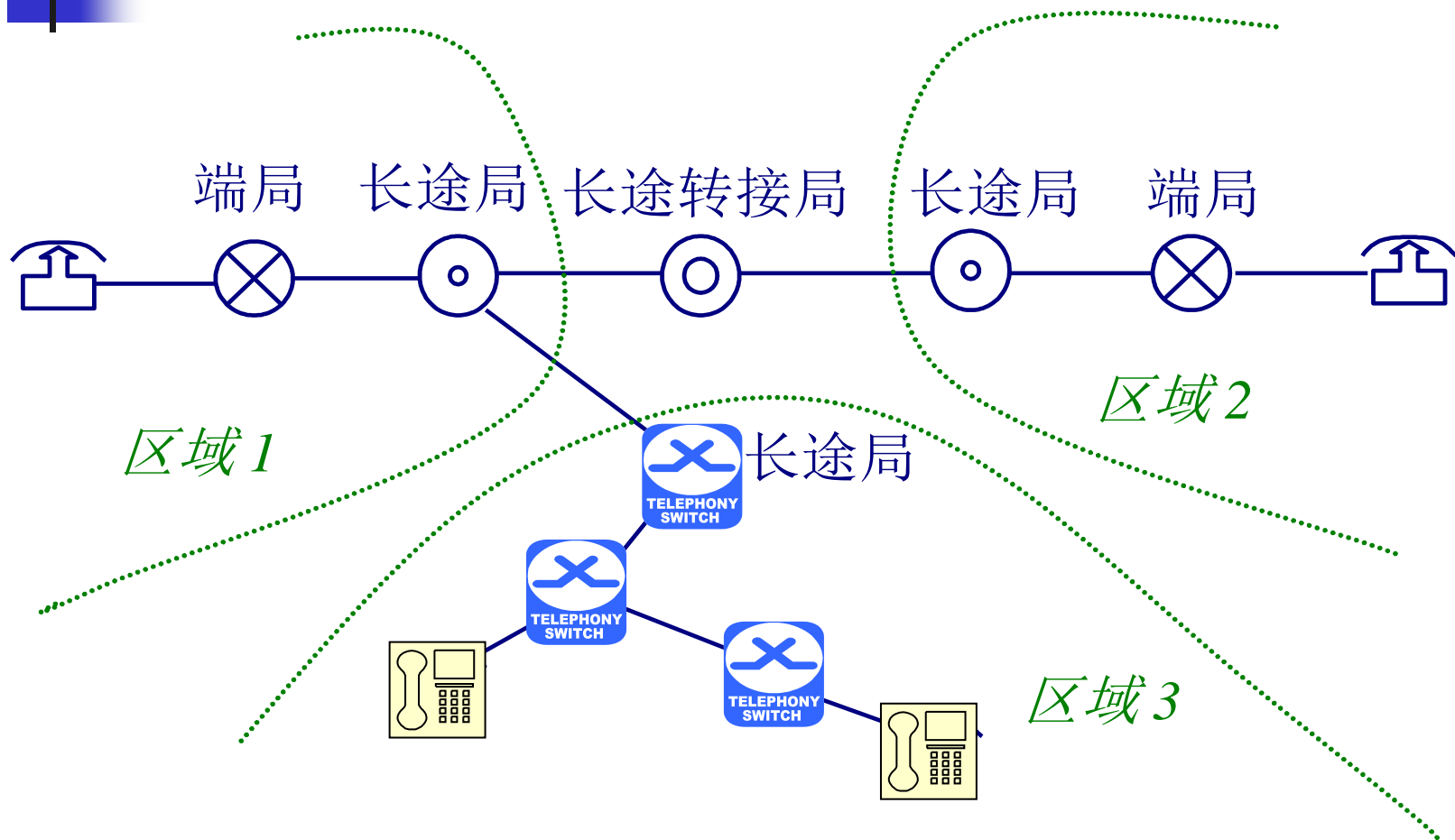
- 及时发现用户的呼叫请求；
- 记录被叫用户号码；
- 判别被叫用户当前的忙闲状态；
- 若被叫空闲，交换机应能选择一条空闲的链路临时将主叫、被叫用户话机连通，使双方进入通话状态；
- 通话结束后，交换机必须及时进行拆线释放处理；
- 同一时间内交换机要允许若干对用户同时进行通话且互不干扰。
- 使任意两个交换机所带的用户自由通话；

基本业务，补充业务，增值业务

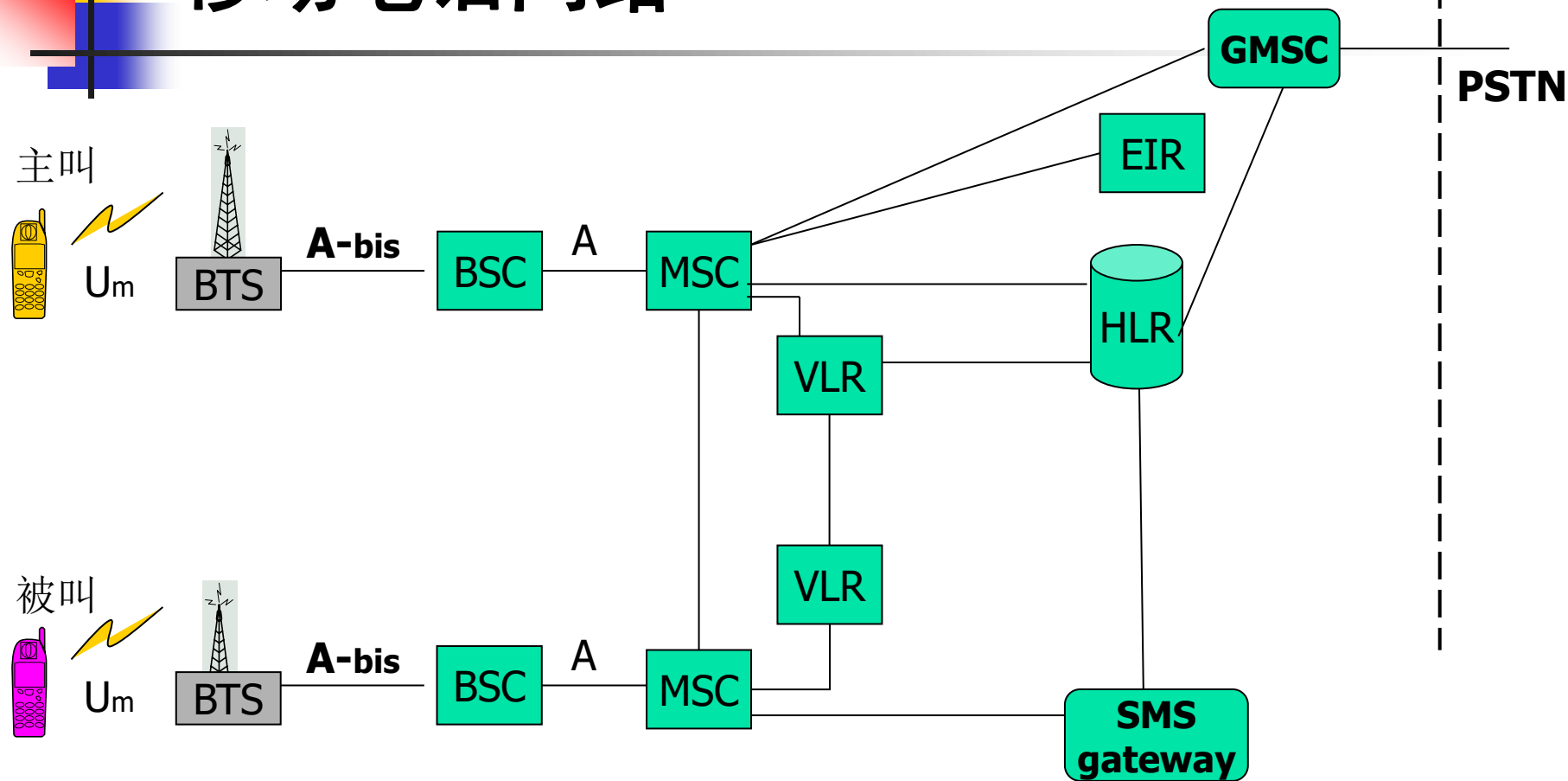
电话网——本地网



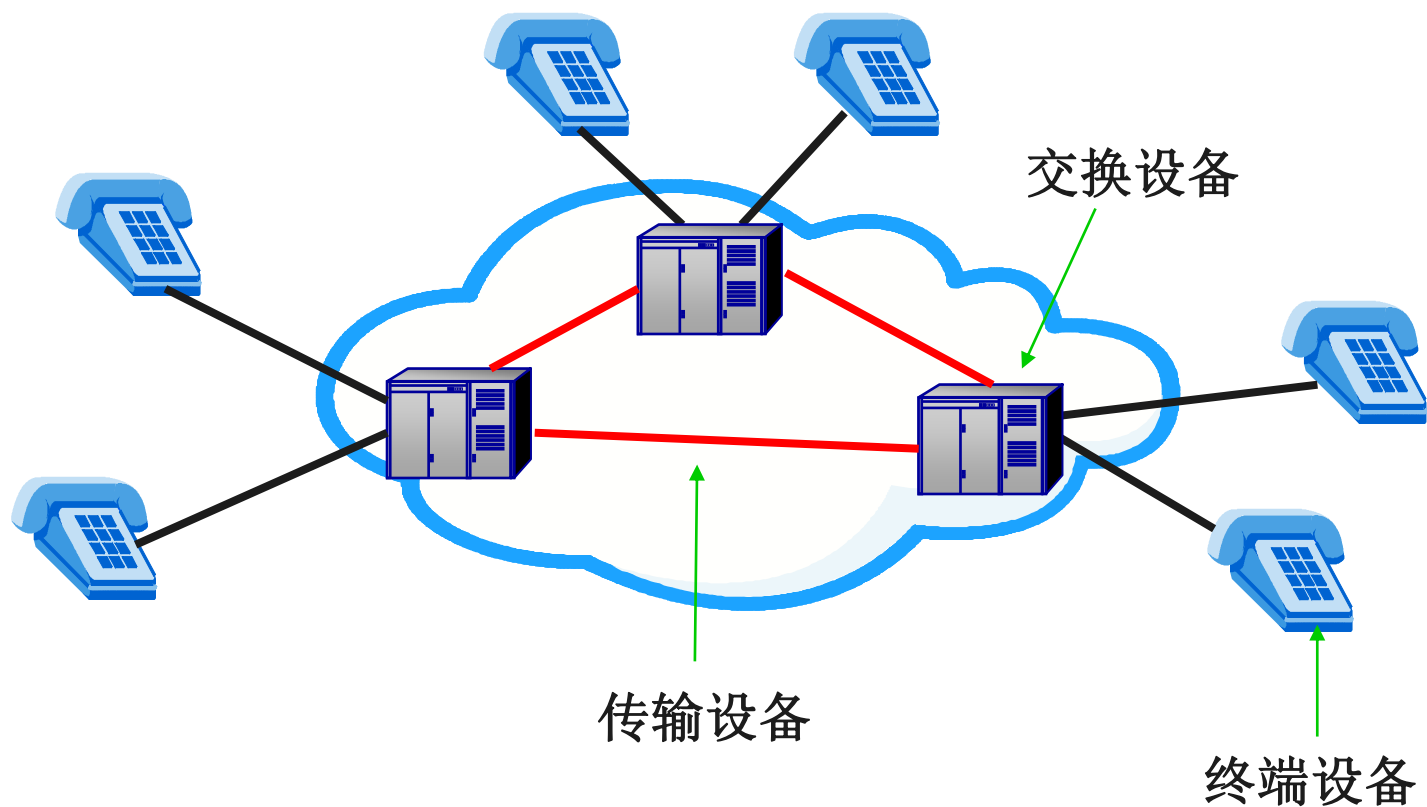
电话网——长途网



移动电话网络



通信网的组成





通信网的组成

- **通信网**：由**终端设备**、**交换设备**、**传输设备**，结合信令过程、协议和支撑运行系统组成的网络。
- **终端设备**：包括电话机、传真机等简单用户终端
- **交换设备**：包括各类交换机和交叉连接设备
- **传输设备**：用户线路、中继线路和信号转换设备，如：双绞线、电缆、光缆、基站无线收发设备、光电转换器、卫星、微波等



通信网

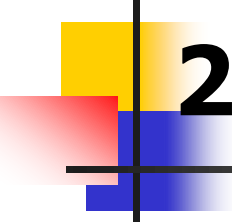
- 本地网
 - 长途网
 - 用户线
- 城域网
广域网
接入网



交换的概念

所谓电信交换，就是在电信网上，在通信的源点和目的点之间建立通信通道，并传送信息的机制。

- 选路：每一个交换设备如何选择合适的出线，从而在交换网中建立最佳的从源点到目的点的信息通道；
- 交换：每个交换设备内部如何将入线的信息送到出线上。

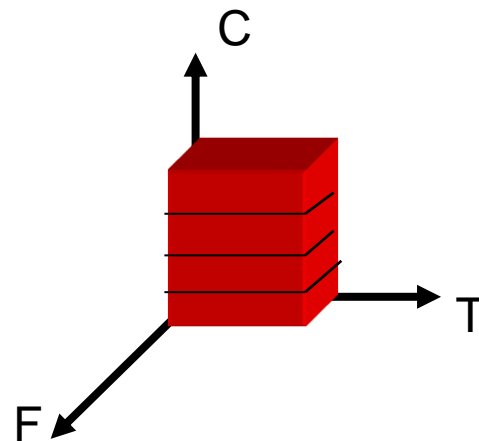
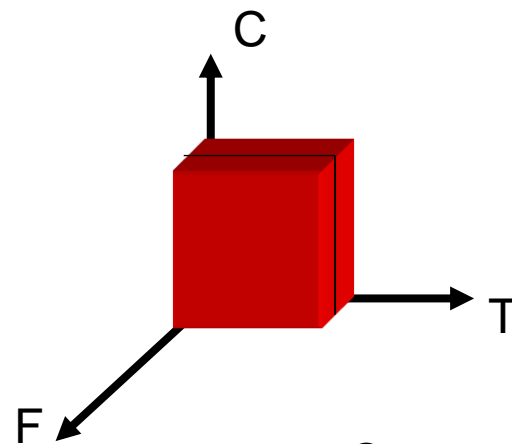
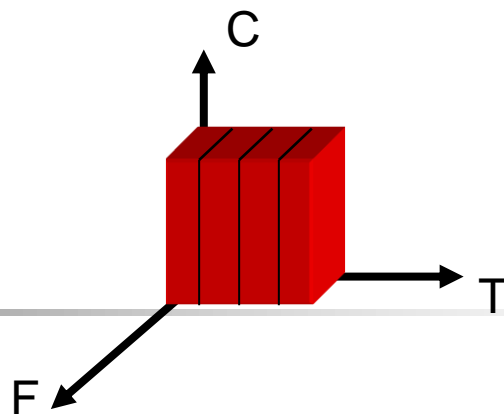
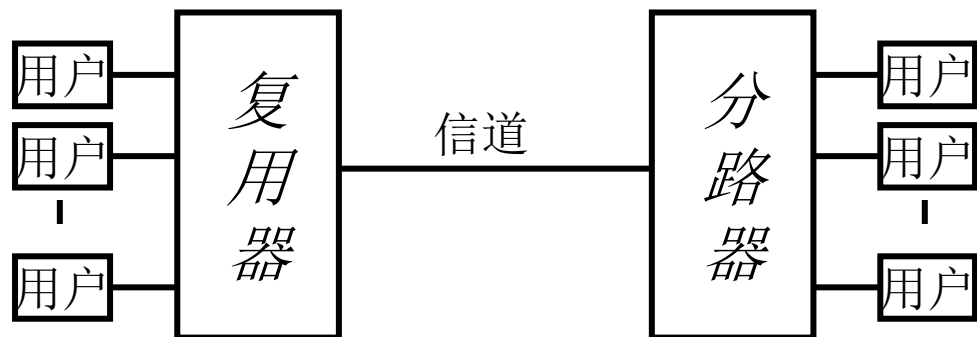


2 复用与寻址

- 复用技术
- 寻址技术

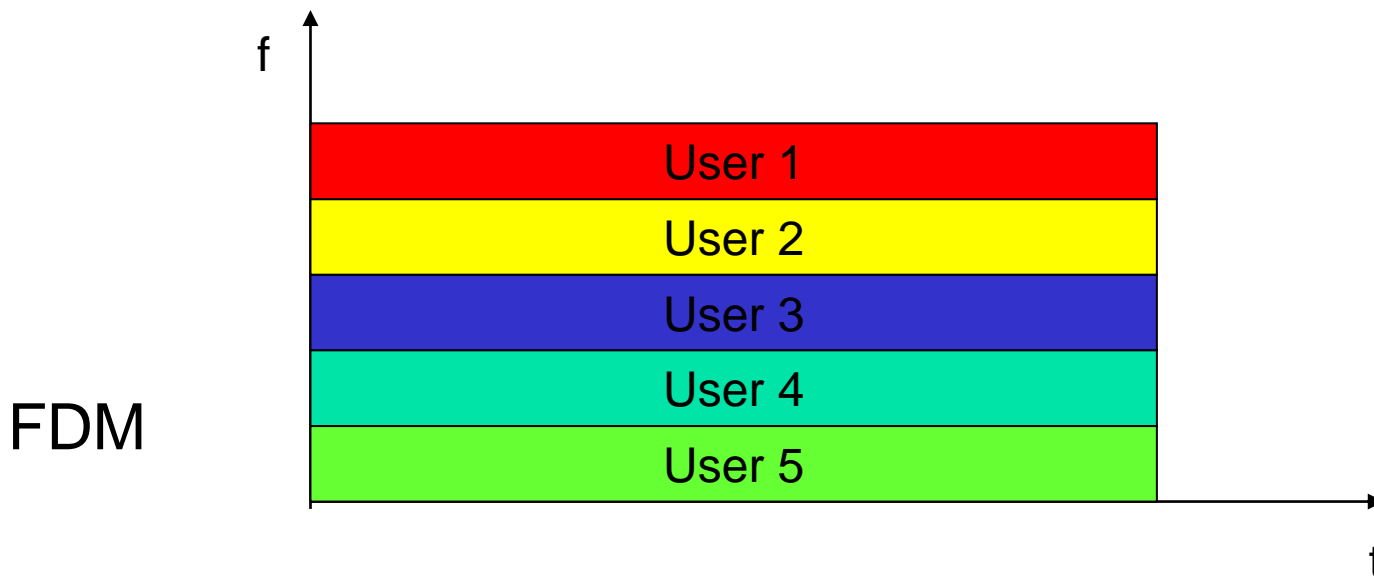
复用技术

- 1) 时分复用
- 2) 频分复用
- 3) 码分复用
- 4) 波分复用

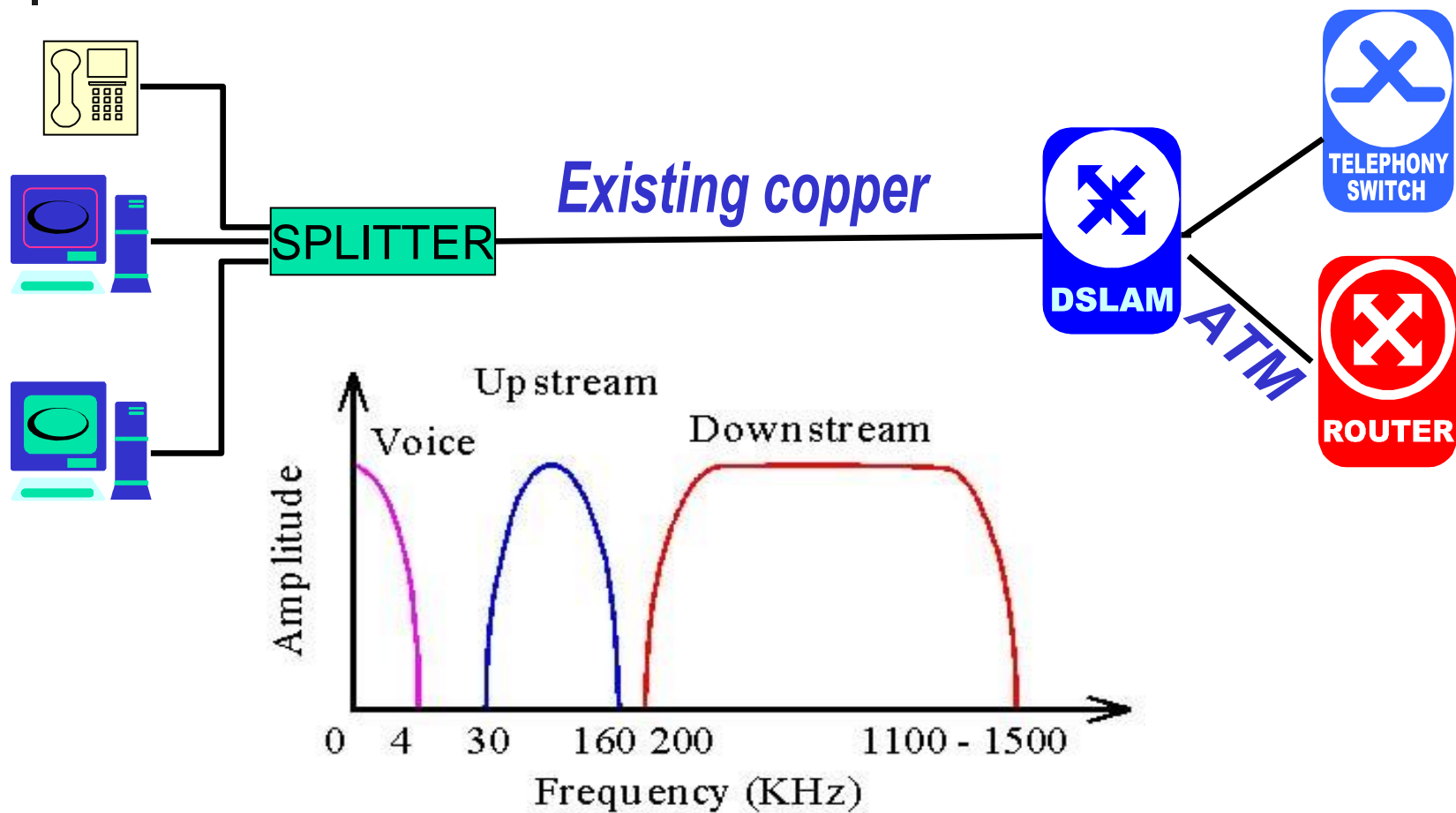


频分复用

- 利用调制手段和滤波技术使多路信号以频率分割的方式同时同在同一条线路上互不干扰地传输
 - **CATV** 载波线路 模拟移动通信



频分复用举例：ADSL接入



码分复用 CDMA酒会

你听到什么...

- 如果你只懂中文?
- 如果你只懂俄语?
- 如果你只懂英语?
- 如果你只懂意大利语?

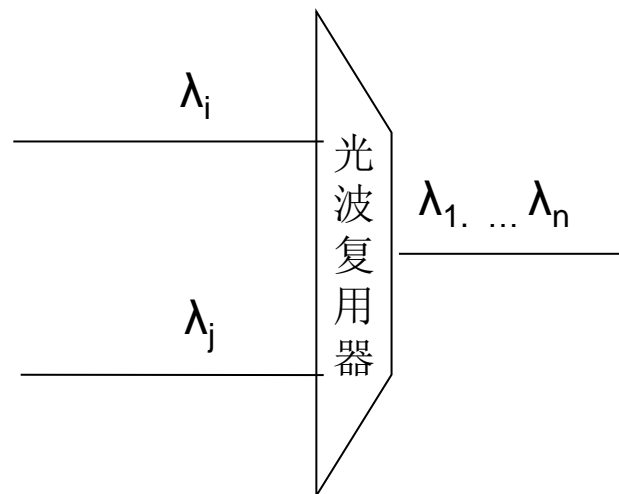
“码”的使用可使**CDMA**系统的用户/信道之间保持正交，每一用户数据流均有一个唯一的正交扩频码。



波分复用

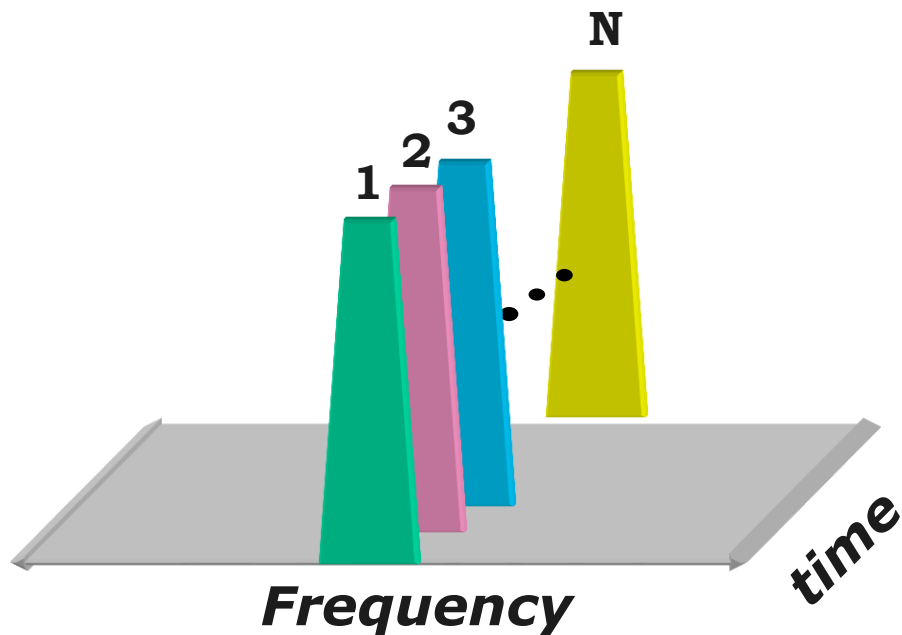
■ 利用不同波长

- 利用多个波长在单一光纤上传输信号，每一波长以 **2.5Gb/s** 的速率承载信息。
- 通常用于波分交换

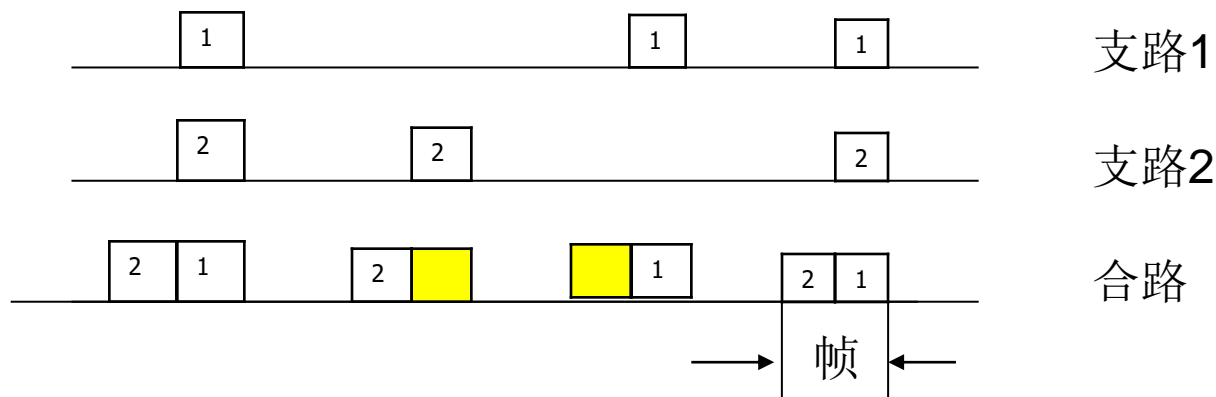


时分复用

- 根据抽样定理使多路信号以时间分割的方式交替在同一条线路上互不干扰地传输
 - **PCM** **ATM**



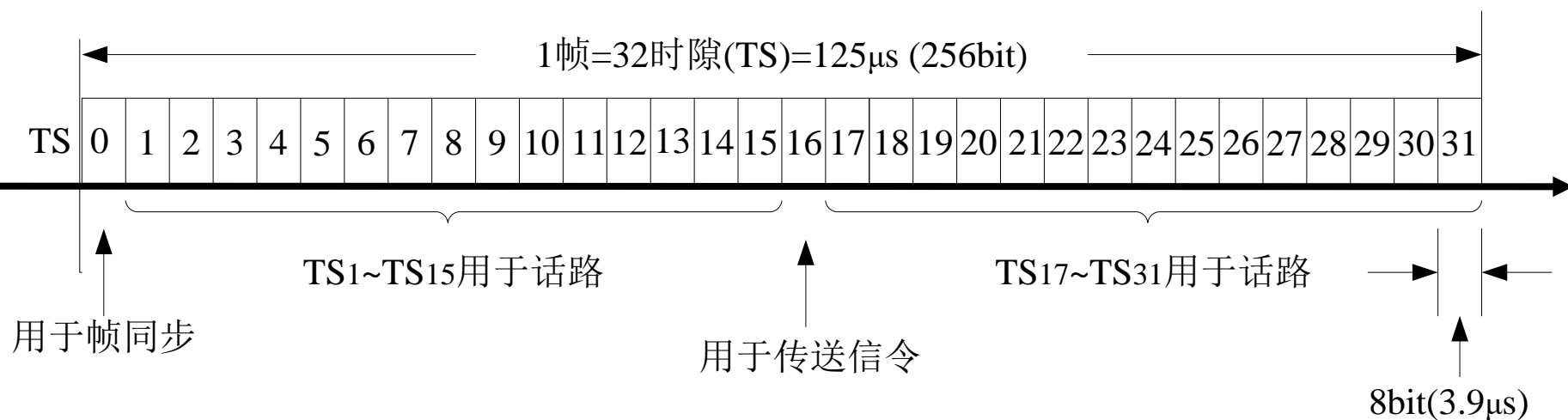
同步时分复用



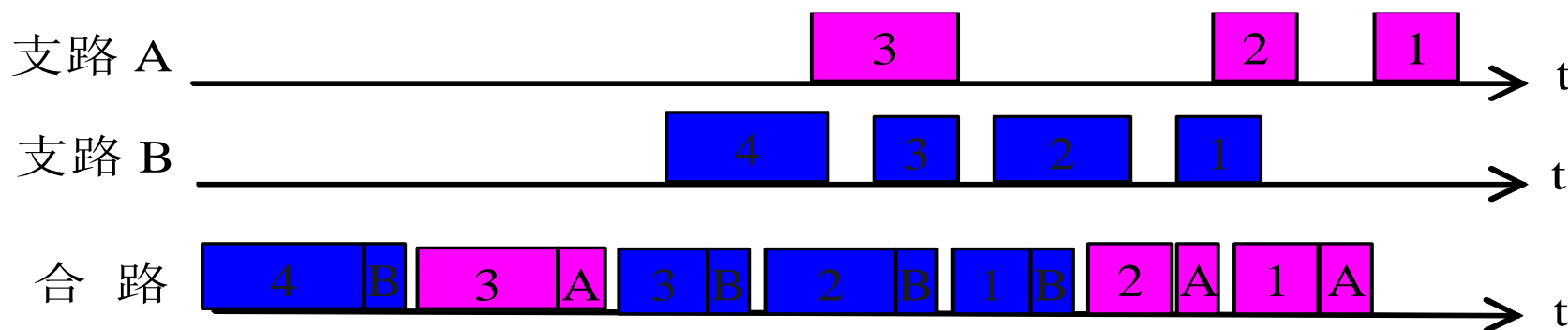
- **位置化信道：**依据数字信号在时间轴上的位置区别各路信号，**无**信息传送时也占用信道
- 各支路的信息比特率稳定
- 信号经过复用器和分路器时会有传输时延，但时延不大。

同步时分复用方式举例

30/32路PCM系统

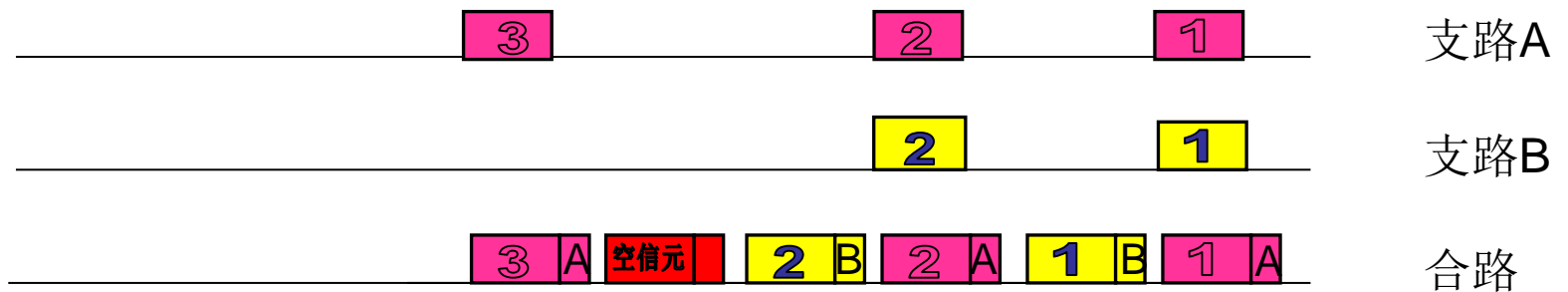


统计时分复用-分组化时分复用



- 标志化信道：信息属于哪路取决于标志码，与出现的时间无关；
- 分组长度可变，分组头起定界作用；
- 统计复用提高信道利用率；
- 一定容量的排队存贮器，解决瞬间的出线冲突；

统计时分复用-异步时分复用



- 标志化信道：分组长度固定，分组头标志输出端
- 统计复用提高信道利用率
- 插入空信元保持信元同步
- 较小容量的排队存贮器，解决瞬间的出线冲突



各种交换方式采用的复用技术

- 电路交换
 - 快速电路交换
 - 分组交换
 - 帧中继
 - **ATM**交换
- }

同步时分复用
- }

统计时分复用
- 异步时分复用



复用技术按技术机理分类:

1) 确定复用技术---铁路系统

同步时分复用

频分复用

码分复用

2) 统计复用技术---公路系统

异步时分复用



寻址技术

寻址技术按技术机理分类：

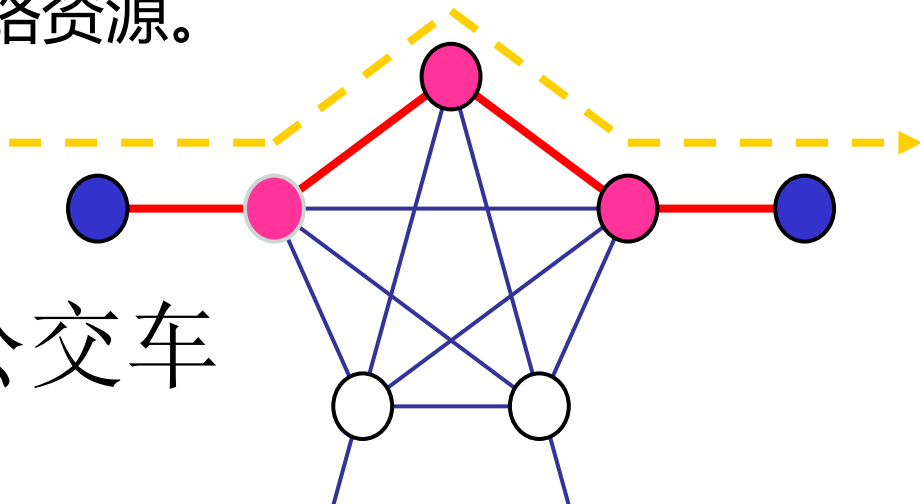
有连接操作寻址

无连接操作寻址

有连接操作寻址机理：

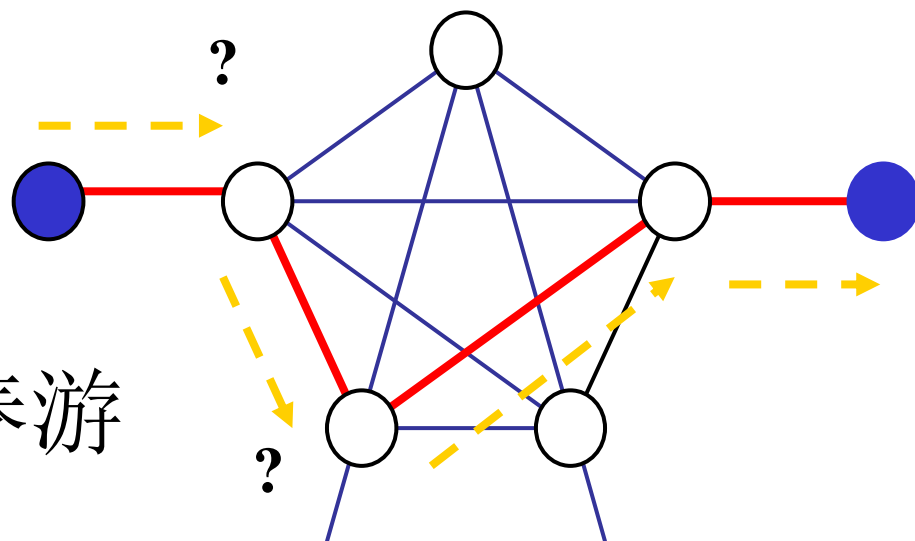
用户利用人机信令信号，把寻址要求通知信令网；
信令网在信源与信宿之间，利用网络资源建立连接；
然后传递信号；
呼叫结束，信令网释放网络资源。

类比：专用车道/公交车



无连接操作寻址技术机理：

在各个网络节点，根据信元中的目的地址数据，借助于路由器具有的地址知识，选择通往目的地的链路，在每个节点都进行竞争接入。



类比：自驾车春游

复用和寻址是电信网络的本质特征

机理：两类复用技术和两类寻址技术组合，
形成了四类媒体网络形态：

媒体网络形态	复用技术	寻址技术
第一类	确定复用	有连接操作寻址
第二类	统计复用	无连接操作寻址
第三类	确定复用	无连接操作寻址
第四类	统计复用	有连接操作寻址

PSTN

Internet

CATV

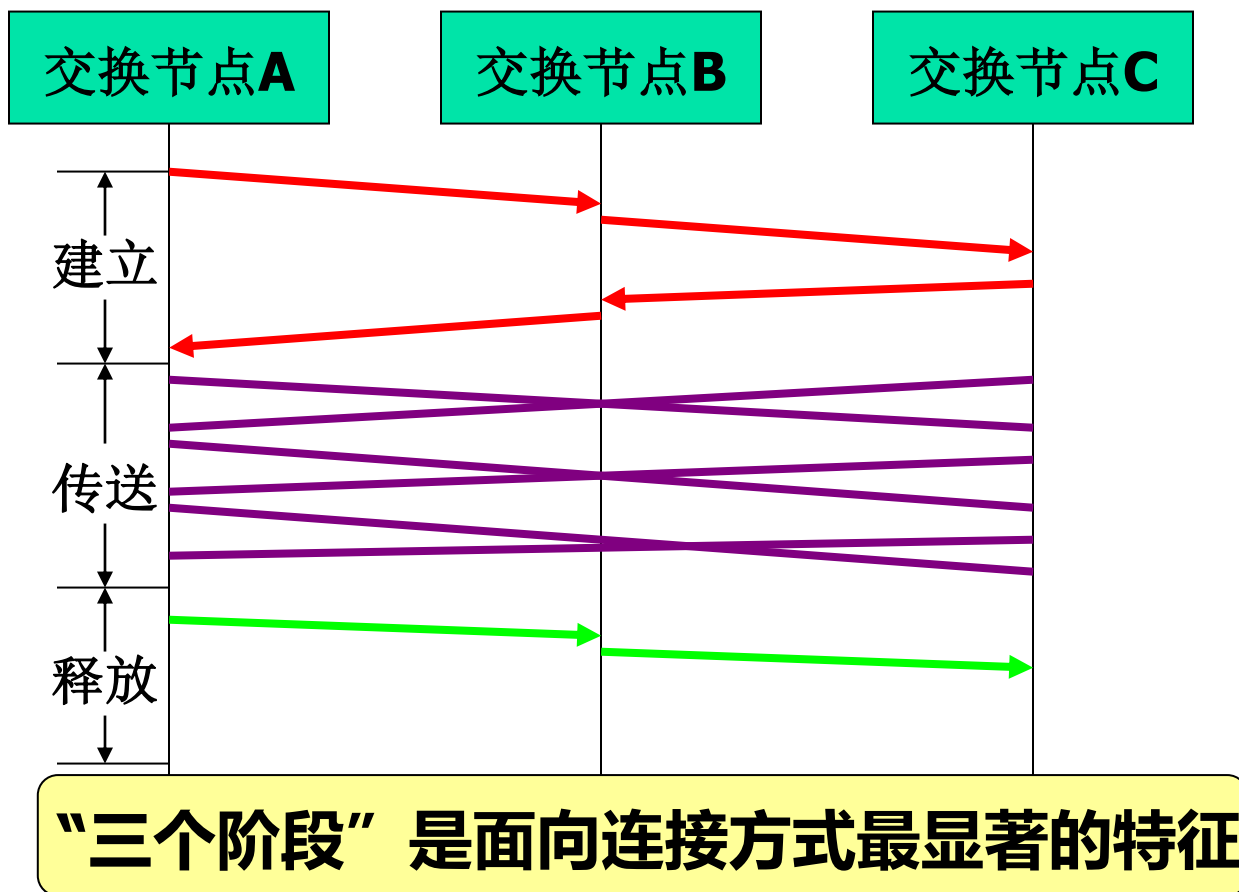
ATM



3 各种交换方式

- 电路交换
- 报文交换
- 分组交换
- 多速率电路交换
- 快速电路交换
- 帧中继
- **ATM**交换
- **IP**交换
- 光交换

电路交换 (Circuit Switching)



电路交换的基本过程

特点分析

问题：
为什么电话通信网（PSTN）采用电路交换方式？

业务？



实时、恒定速率的话音业务



这些特点是否满足业务需求？



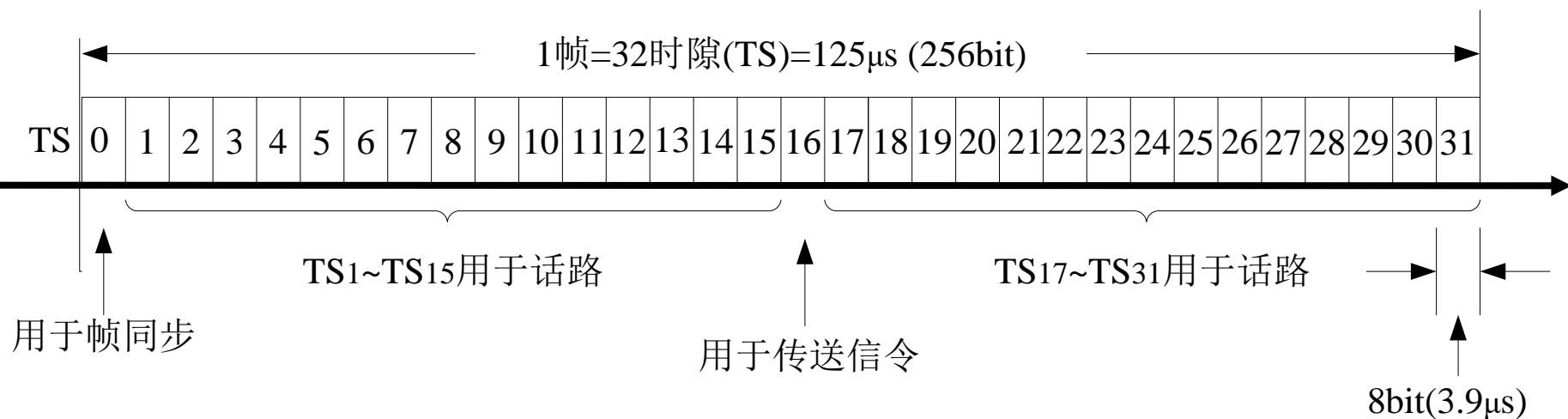
电路交换系统的特点

- 呼叫建立时向网络申请资源，建立一条从主叫到被叫的通路；呼叫结束时释放该通路。
- 用基于呼叫损失制的方法来处理业务流量.如果申请不到资源，则发生呼损。
- 面向连接。通信过程中，双方始终占有这条通路，保证数据快速传递。支持实时的、交互的通信，但线路利用率低。
- 只提供透明传输。对通路上的通信内容，交换系统不进行差错控制。
- 适于交换同步时分复用的信号。
- 同步时分复用信号的最小交换单元为时隙。

实质：通信双方间存在一条电路——电路交换

同步时分复用方式举例

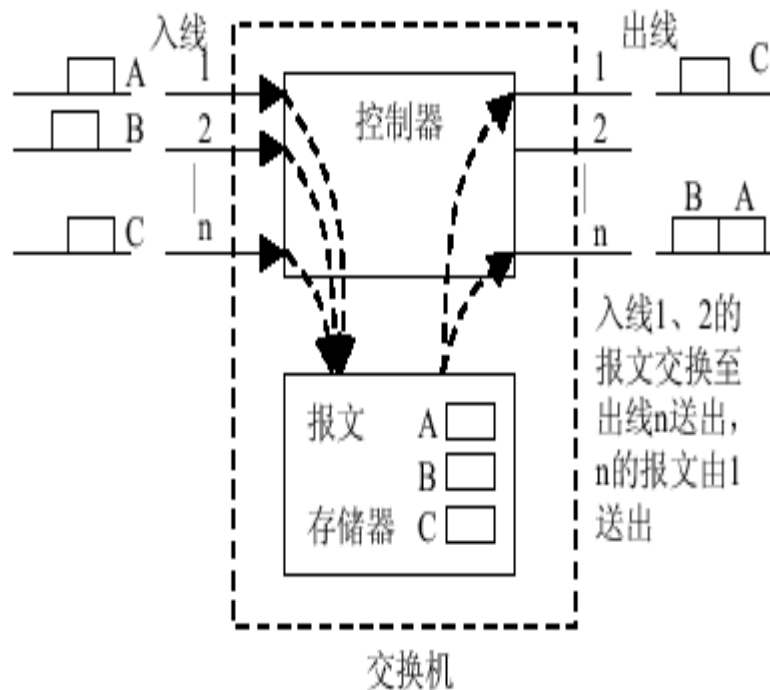
30/32路PCM系统



报文交换

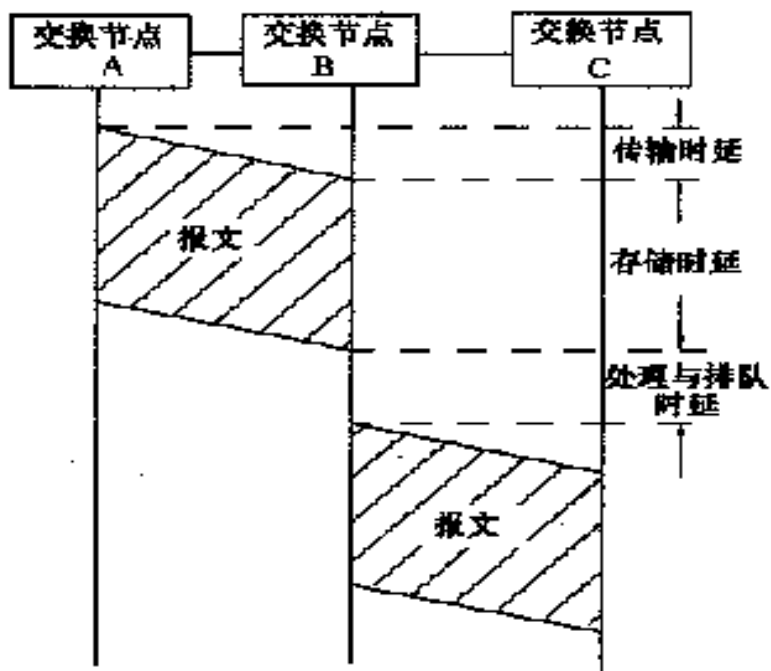
- 采用‘存储—转发’，以报文为单位进行交换
- 无呼损，不需要叫通对方就可发送报文
- 有多个报文送往同一地点时，要排队按顺序发送。
- 报文传送中有检错和纠错措施
- 提高了线路的利用率
- 交换机需有大的存储容量
- 不适用于即时交互式数据通信

公用电信网的电报自动交换是报文交换的典型应用

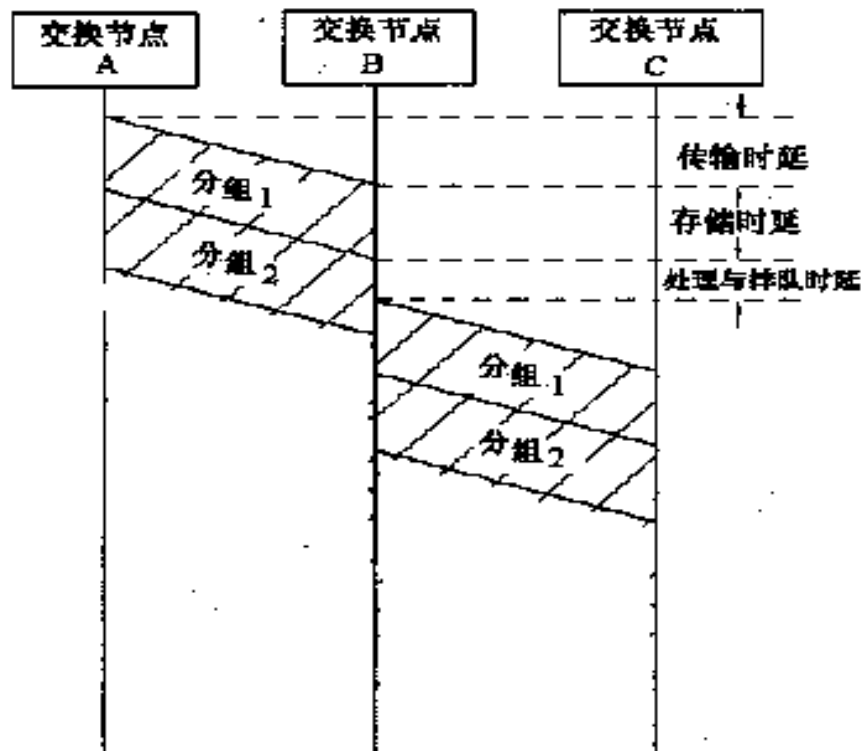


报文交换方式原理

报文交换和分组交换比较



报文交换的时延



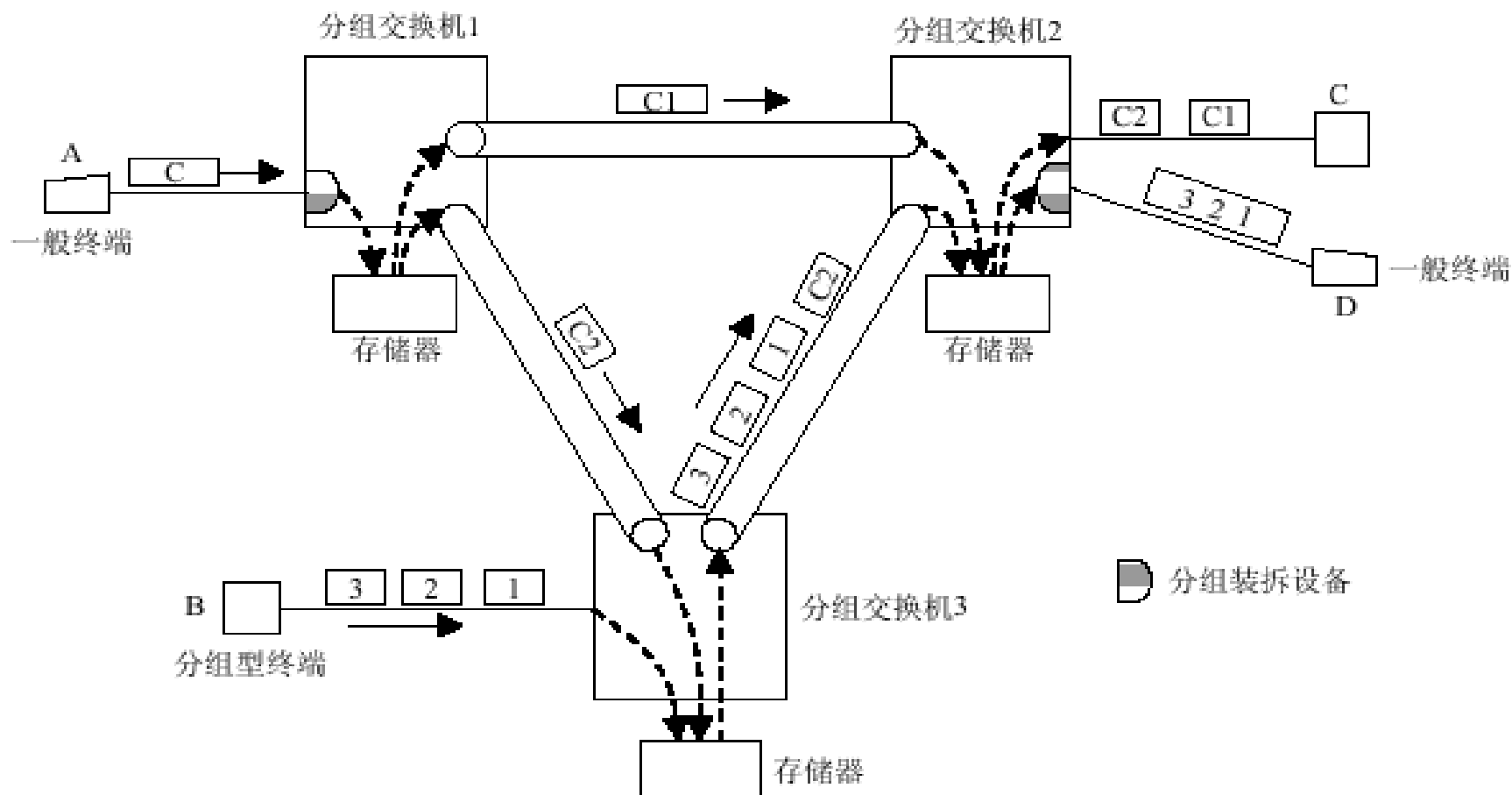
分组交换的时延



分组交换（1）

- 采用‘存储—转发’，与报文交换以报文为单位交换不同，分组交换采用分组packet为单位
- 分组是将报文截成许多短的、规格化了的‘分组’，便于交换机处理。

分组交换工作原理





分组交换（2）

- 两种工作模式

- 数据报**Datagram**

- 每个数据分组都包含终点地址信息，独立寻找路径，在网络终点需要重新排序。
- 传输时延大，时延差别大，对网络故障适应性强。

- 虚电路**Virtual Circuit**

- 类似电路交换，通信要经过 连接建立、数据传输、连接拆除 三个阶段
- 它不同于电路交换中的物理连接，而是逻辑连接
- 分组头中只含有对应于所建立的**VC**的逻辑信道标识
- 传输时延小，时延差别小，分组有序到达，网络故障时要重新连接。



分组交换（3）

所谓虚电路方式，就是在用户数据传送前先要通过发送**呼叫请求分组**建立端到端之间的虚电路；一旦虚电路建立后，属于同一呼叫的**数据分组**均沿着这一虚电路传送，最后通过**呼叫清除分组**来拆除虚电路。

它不同于电路交换中的物理连接，而是逻辑连接。

- **交换虚电路(SVC: Switched Virtual Circuit)**
用户通过发送呼叫请求分组来建立虚电路的方式。
- **永久虚电路(PVC: Permanent Virtual Circuit)**
应用户预约，由网络运营者为之建立固定的虚电路，而不需在呼叫时临时建立虚电路，可直接进入数据传送阶段的方式。



虚电路与数据报的比较——选路

- **VC**方式预先有建立过程，但一旦虚电路建立，在端到端之间所选定的路由上的各个交换节点都具有映象表，存放出入逻辑信道的对应关系，每个分组到来时只要查找映象表，而不需要进行复杂的选路。
- **DG**方式则不需要有建立过程，但对每个分组都要独立地进行选路。



虚电路与数据报的比较—故障敏感性

- **VC**方式对故障较为敏感，当传输链路或交换节点发生故障时可能引起虚电路的中断，需要重新建立。

(有些分组网具有再连接功能，出现故障时可自动建立新的虚电路，并做到不丢失用户数据)
- **DG**方式中各个分组可选择不同路由，对故障的防卫能力较强，从而可靠性较高。



虚电路与数据报的比较——应用

- **VC**方式适用于较连续的数据流传送，其持续时间应显著地大于呼叫建立的时间，如文件传送、传真业务等
- **DG**方式则适用于面向事务的询问 / 响应型数据业务。



分组交换（4）

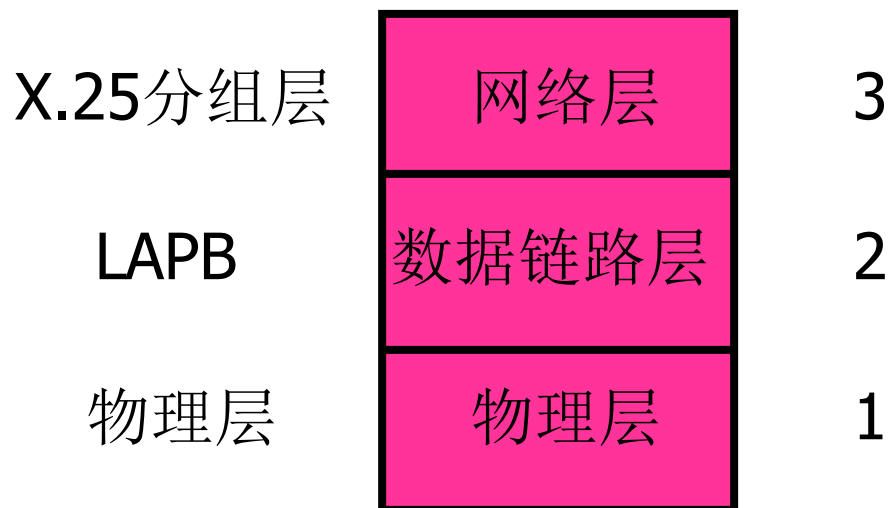
■ 特点

- ‘**分组**’ 实时性比报文交换高
- 线路统计复用，通信线路的利用率高
- 可靠性高，分段进行差错校验，网络故障时可自动重选路由
- 非透明传输，交换节点要对分组进行处理
- 无呼损，但有可变的呼叫延迟
- 适于交换统计时分复用的信号，最小交换单元为分组

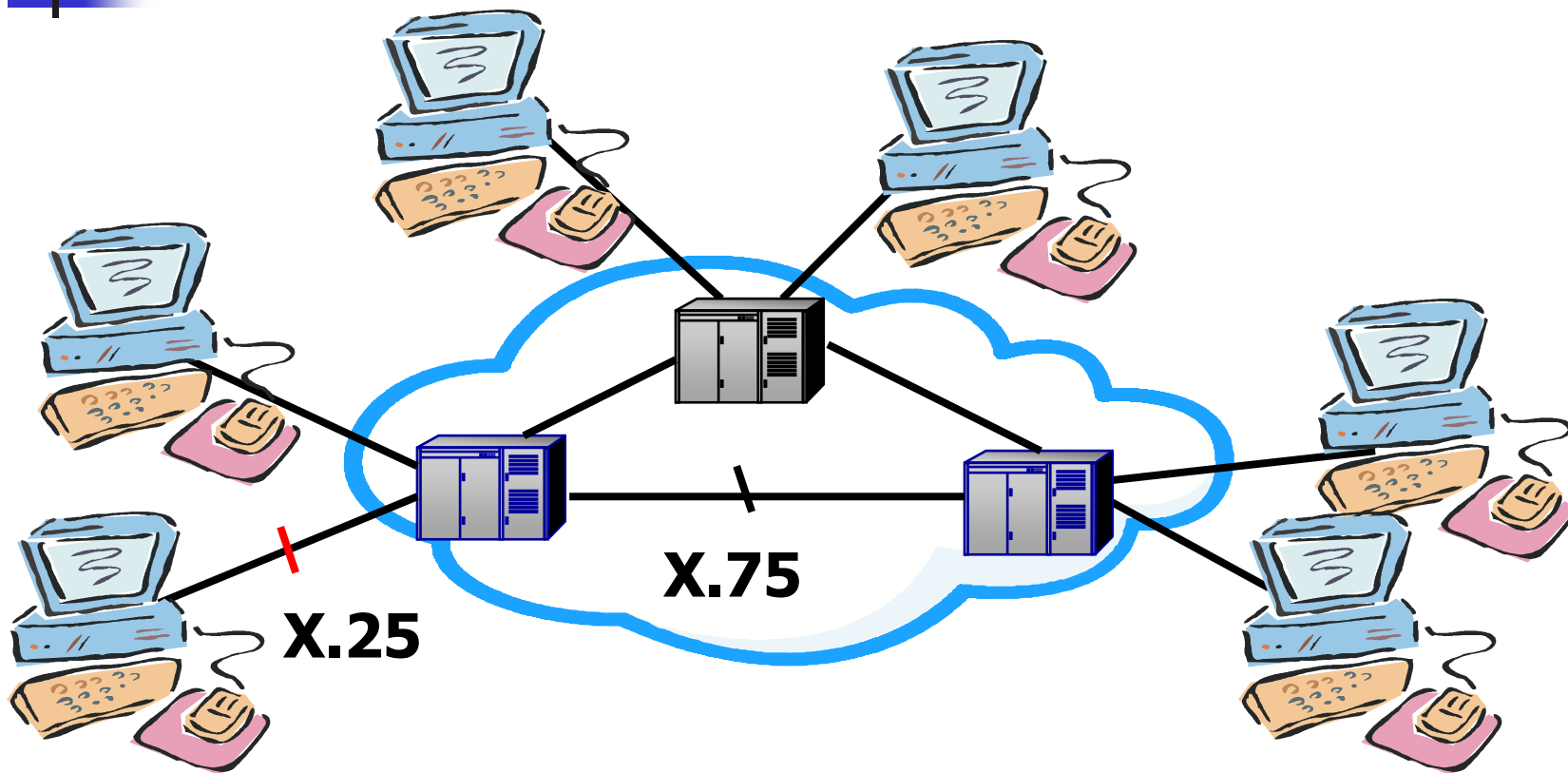


分组交换协议

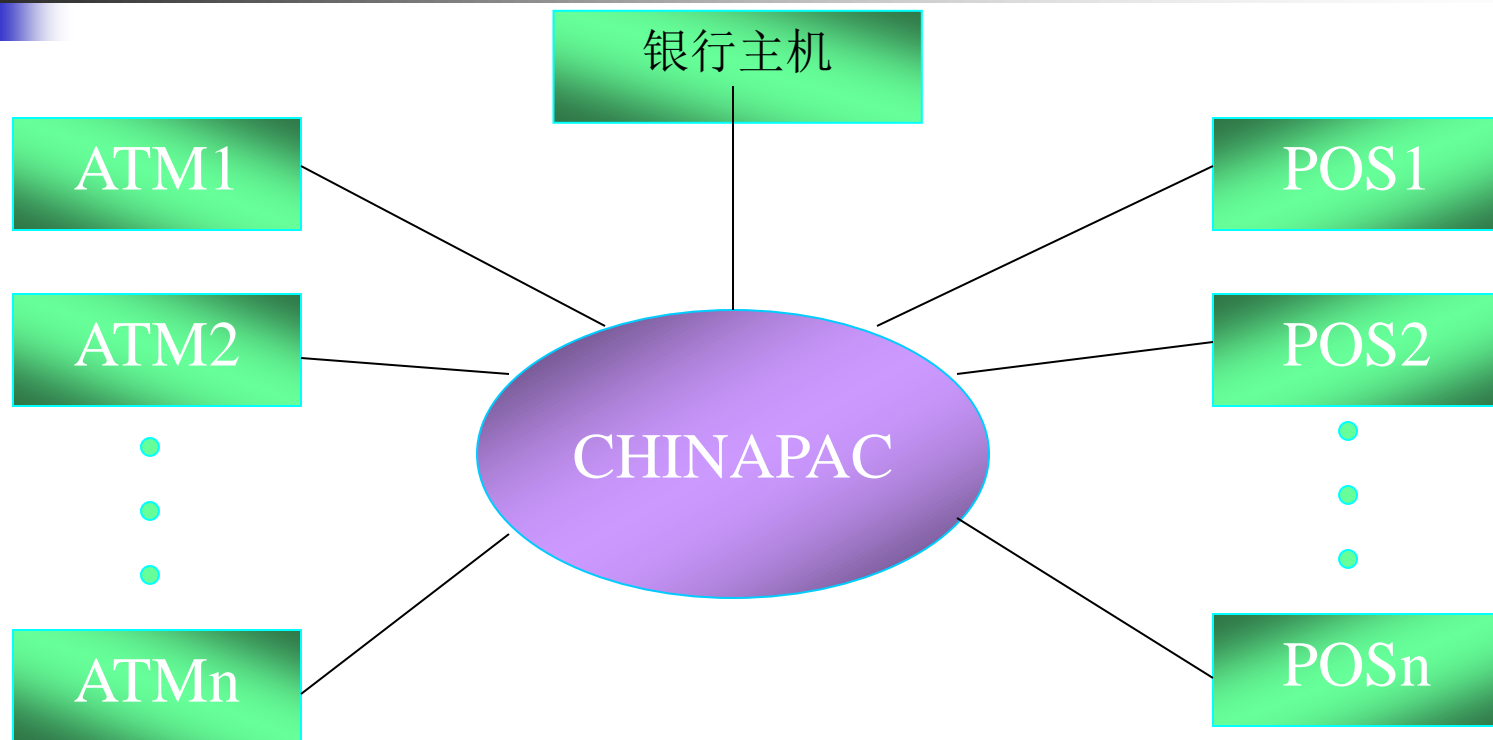
分组交换基于**X.25**协议，该协议包含了**3**层，第一层物理层，第二层数据链路层，第三层分组层，对应于**OSI**模型的下三层。



分组交换协议



例：银行提款机



银行提款机通过CHINAPAC与主机链接

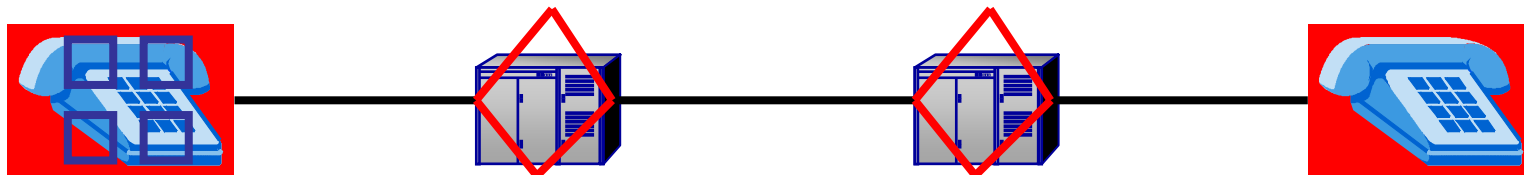


多速率电路交换

- 在电路交换基础上支持多速率的数据业务。
- 在64kb/s的基本速率信道基础上，提供 $n \times 64\text{kb/s}$ 的高速信道。
- 信道捆绑，多个信道要保持同步

快速电路交换

- 有信息传送时快速建立通道，没有信息传送时立即释放通道
- 线路利用率高
- 带宽为基本速率的整数倍
- 系统必须能在非常短的时间内建立和拆除连接，交换机的信令处理能力要求极高





快速分组交换——帧中继

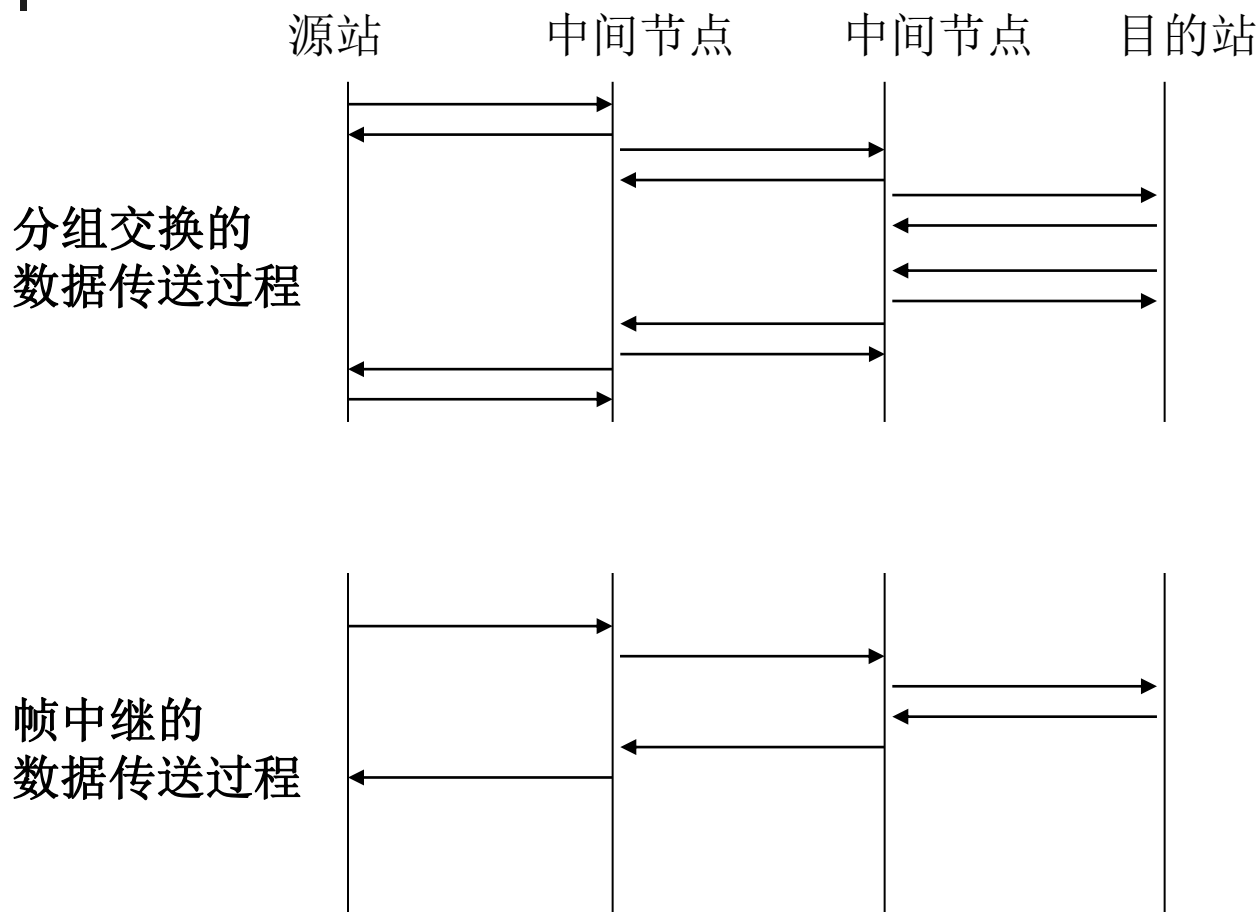
- 帧中继的产生

- 传输环境的变化
- 高速数据传输的需求

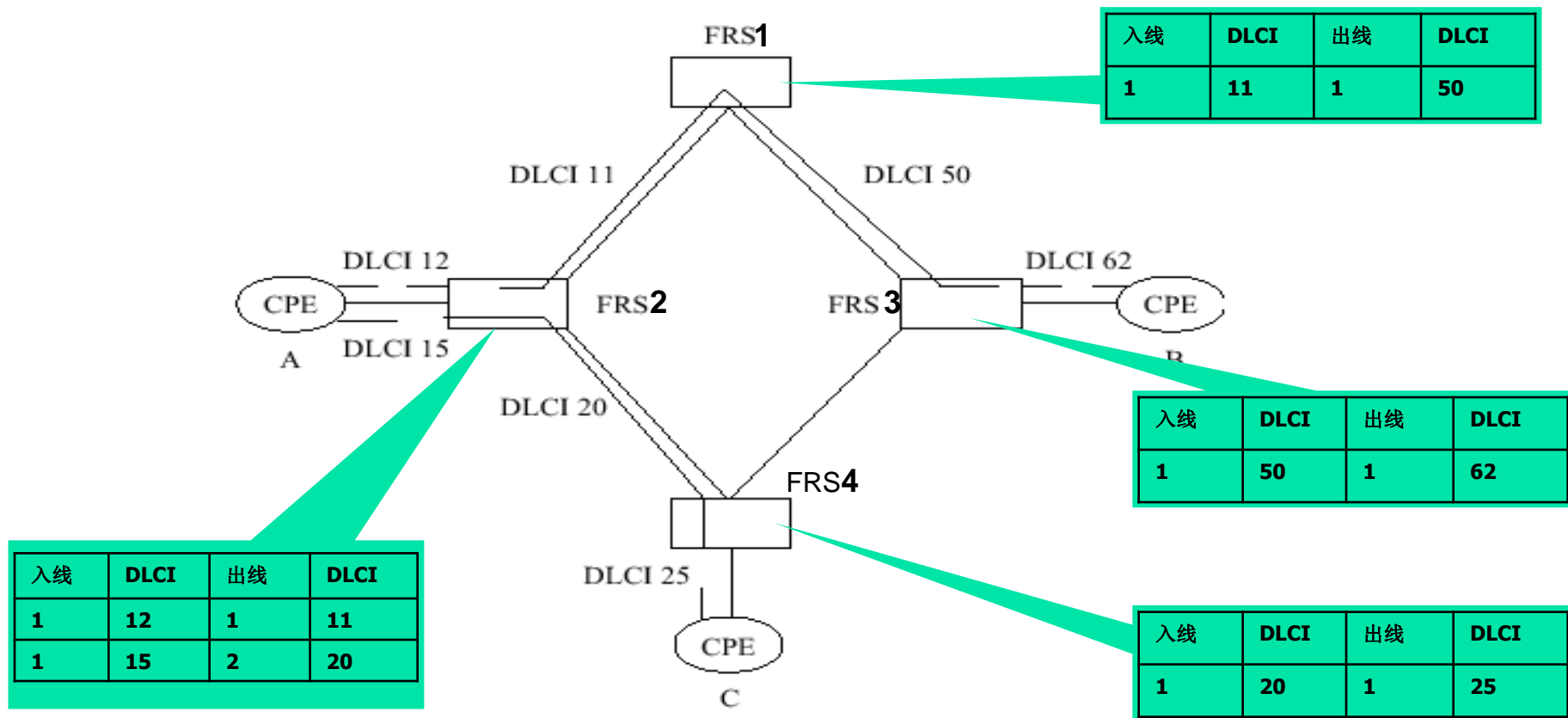
- 帧中继（分组交换的改进）

- 取消原网络完成的逐段链路的差错控制，由网络的边缘完成；交换节点只进行差错检查
- 交换的基本数据单元为帧，实现不同协议的数据的封装和传输
- 在链路层引入数据链路连接标示符DLCI，完成分组交换的虚电路功能
- 用于LAN之间的互联

分组交换和帧中继--数据传送过程对比



帧中继的虚电路



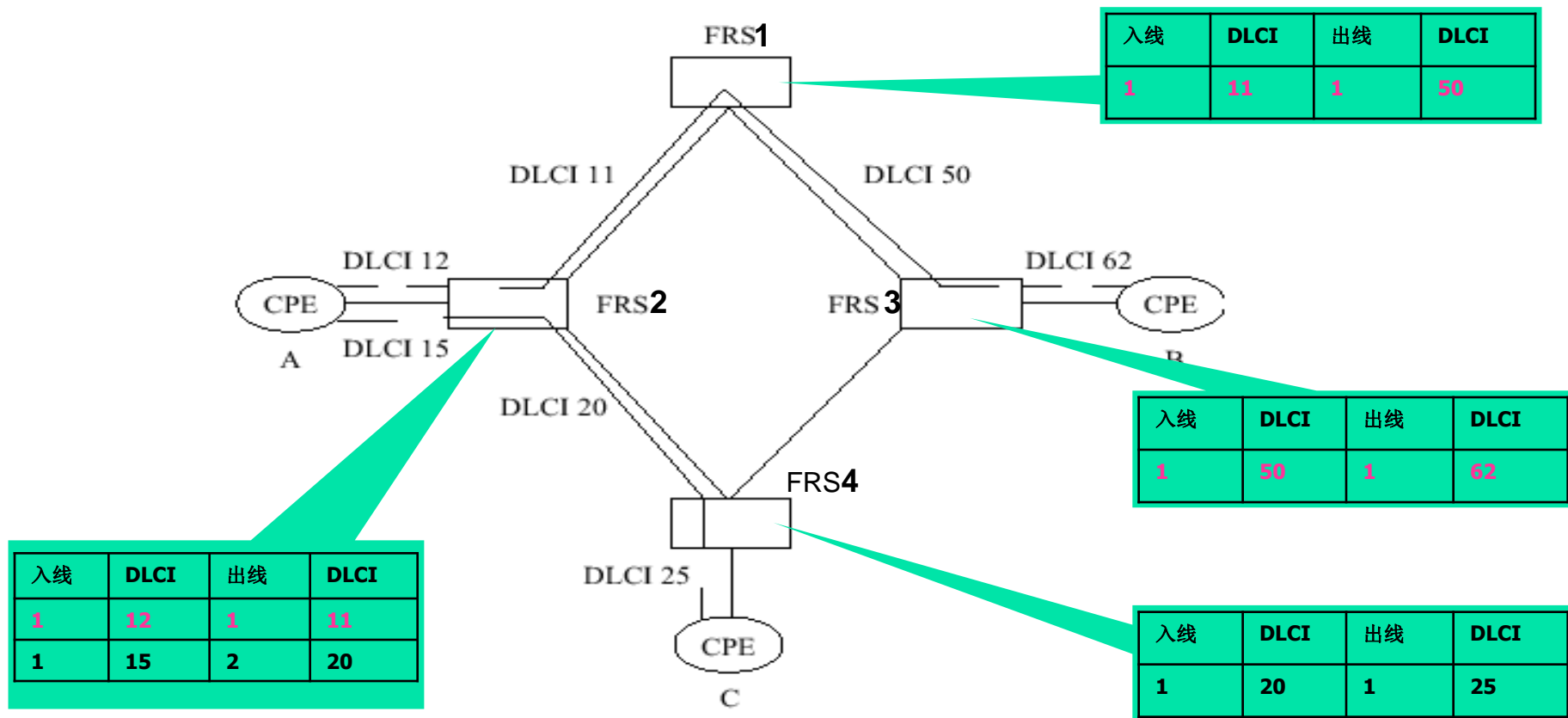
注：FRS—帧中继交换机 CPE—用户前端设备

DLCI—数据链路连接标识符

从A到B的帧中继逻辑链路—DLCI的12, 11, 50, 62

从A到C的帧中继逻辑链路—DLCI的15, 20, 25

帧中继的虚电路



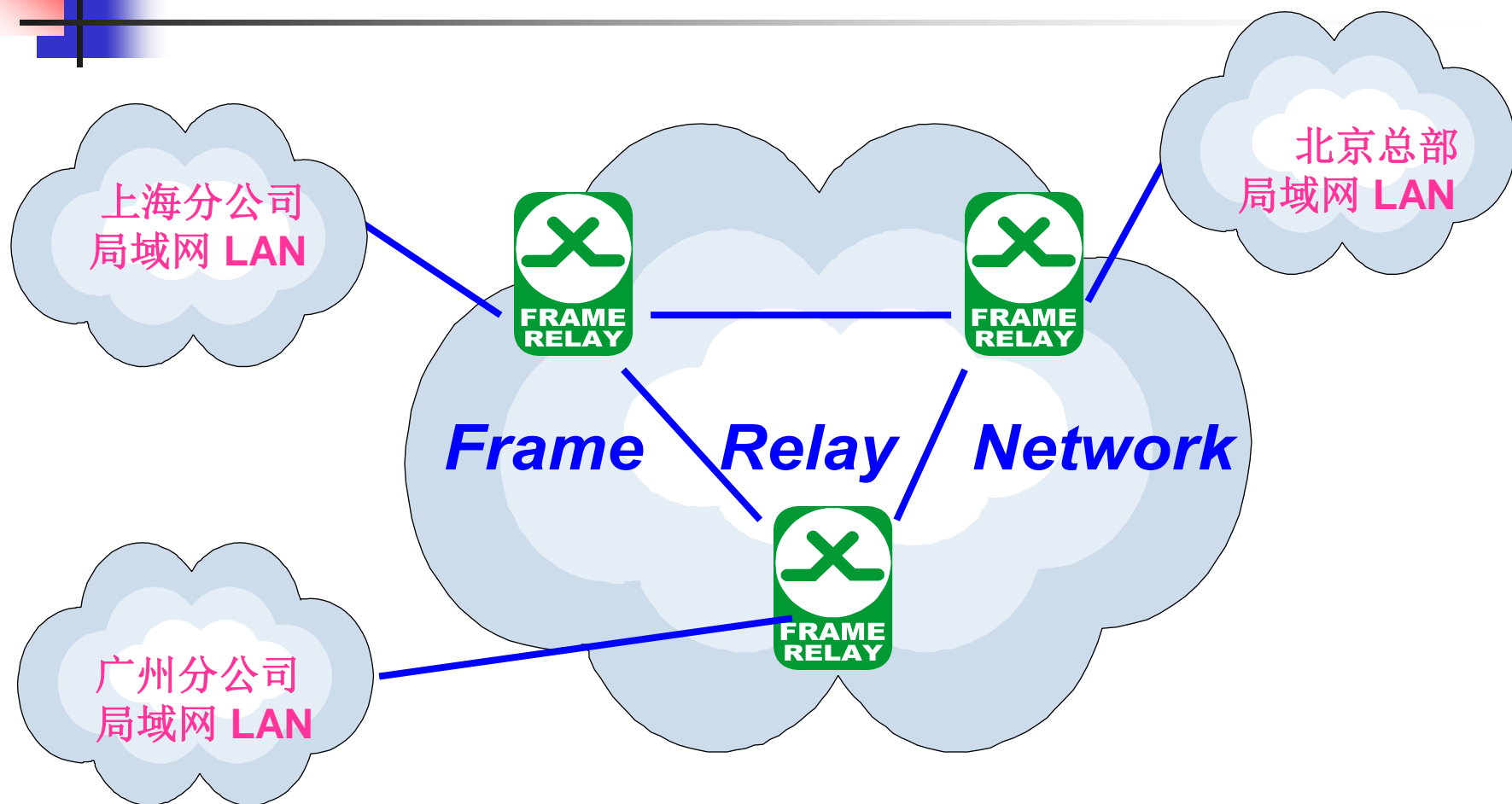
注：FRS—帧中继交换机 CPE—用户前端设备

DLCI—数据链路连接标识符

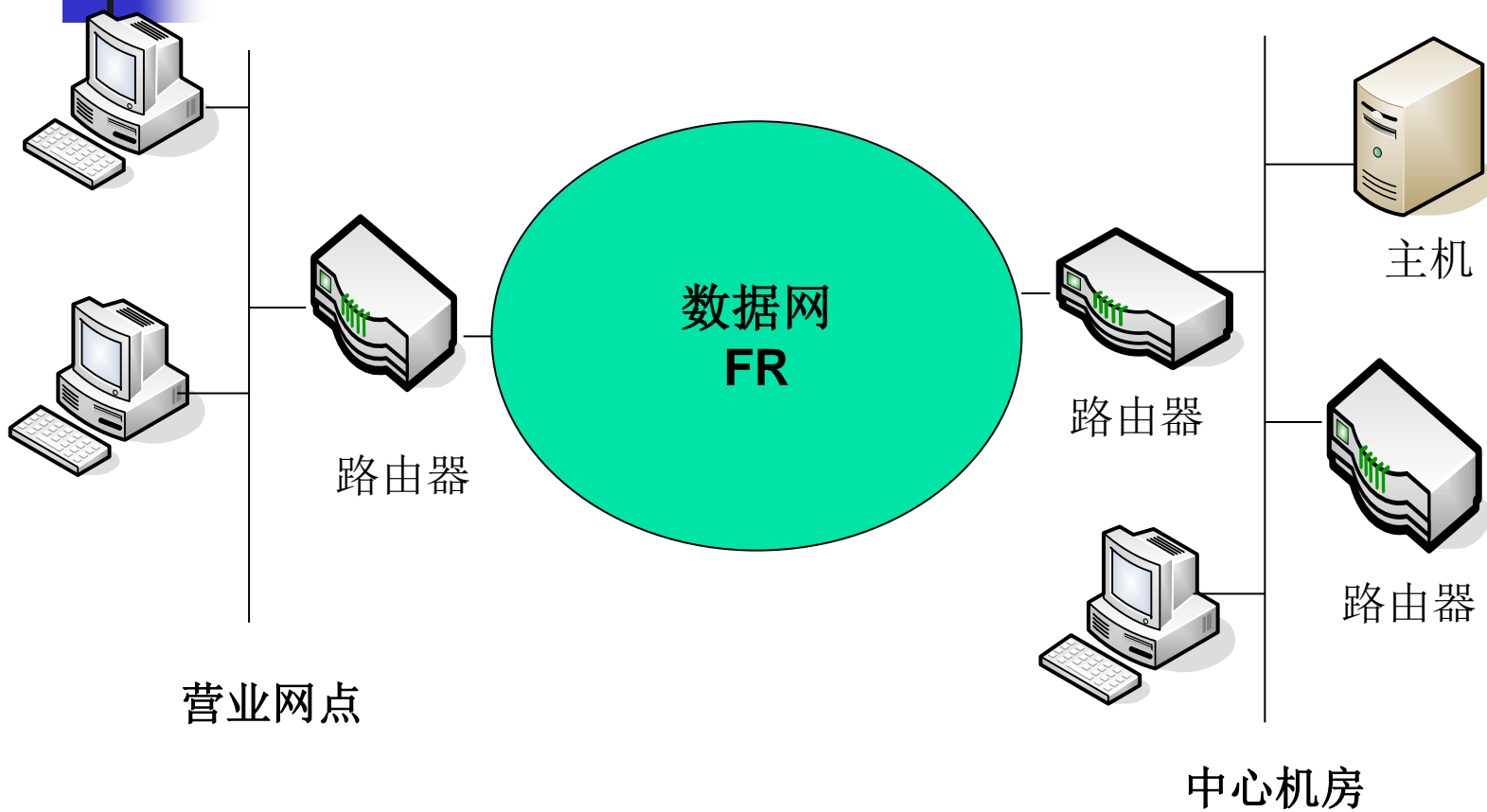
从A到B的帧中继逻辑链路—DLCI的12, 11, 50, 62

从A到C的帧中继逻辑链路—DLCI的15, 20, 25

帧中继的应用1



帧中继的应用2



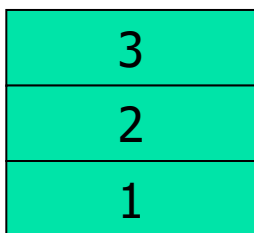


比较各交换方式的基本单位

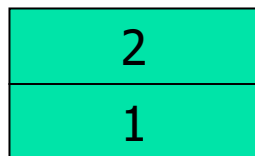
- | | |
|--------|----|
| ■ 电路交换 | 时隙 |
| ■ 分组交换 | 分组 |
| ■ 帧中继 | 帧 |

比较各交换方式的基本单位

- 电路交换 时隙
- 分组交换 分组
- 帧中继 帧



网络层的统计复用

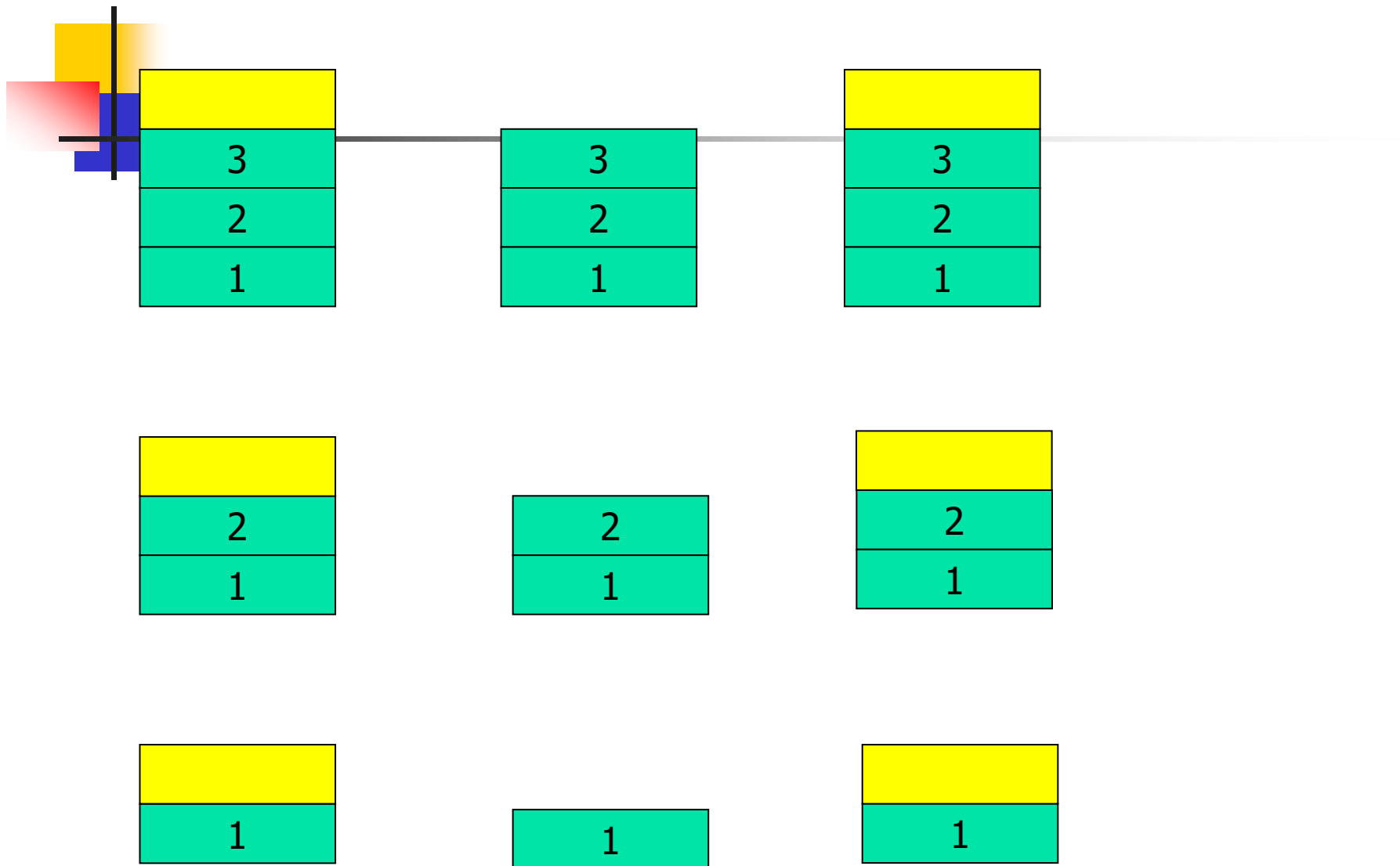


链路层的统计复用

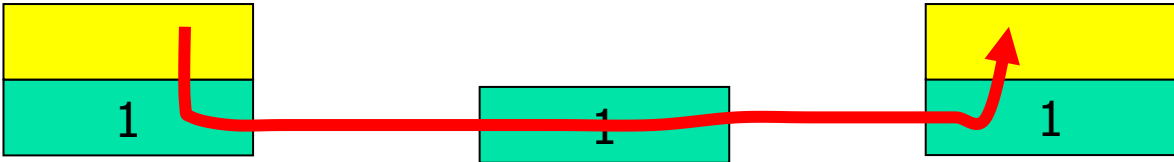
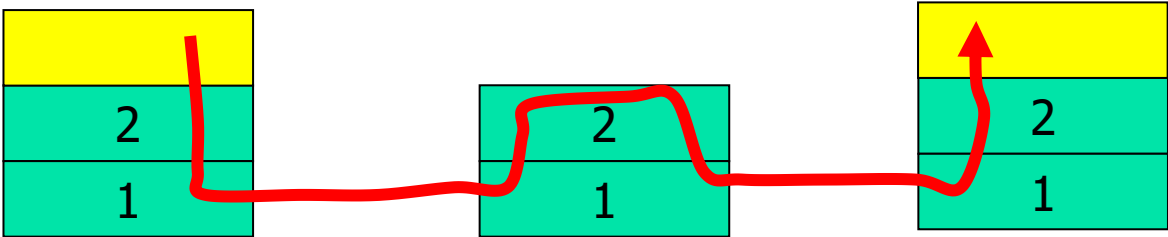
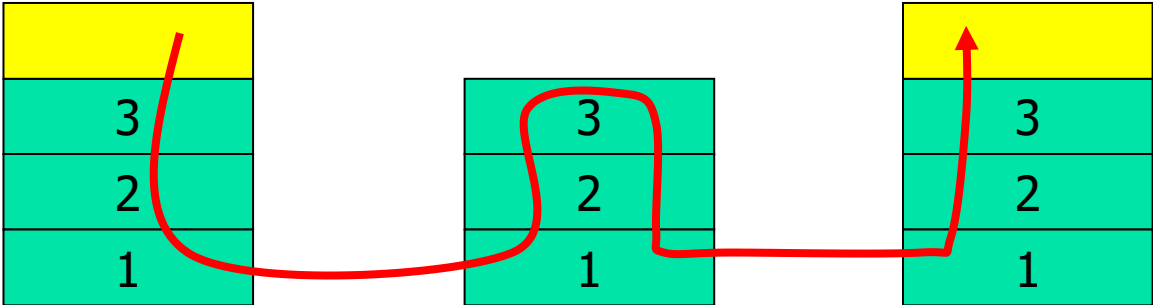


确定复用

比较各交换方式的基本单位



比较各交换方式的基本单位





电路交换和分组交换的比较

- 在交换形式上
- 在通路建立和网络资源分配上
 - 连接、无连接；
 - 物理连接、逻辑连接
- 在差错控制上
 - 电路交换不进行差错控制、分组交换进行差错控制
- 在业务流量控制上
 - 呼叫损失制、呼叫延迟制



电路交换和分组交换的比较

- 在对信息的损伤方面
电路交换具有较好的时间透明性
分组交换具有较好的语义透明性
- 在支持多种业务方面
分组交换有更大的灵活性，可实现多速率交换，并允许多种业务共享网络资源。
- 在交换速率方面
电路交换可达到高速率的交换；而分组交换的交换速率受到了限制。
- 在设备的复杂性方面
分组交换需要一套复杂的队列管理机制

交换技术的发展过程

- 电路传送模式CTM
- 分组传送模式PTM
- 异步传送模式ATM

电话 ↔ 电路交换

电报交换 ↔ 电报

分组交换 ↔ 数据

快速电路交换

帧中继

ATM

综合业务

■ 光交换

■ 软交换

■ **SDN**

IPOA, MPLS

???



电路交换、分组交换、ATM的关系

电路交换

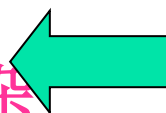
ATM

分组交换

物理信道
固定时隙
透明传输
实时
控制简单



实时、定长、
多速率、控制复杂



虚信道
不定长、多速率
统计复用
非实时
控制复杂



异步转移模式—ATM

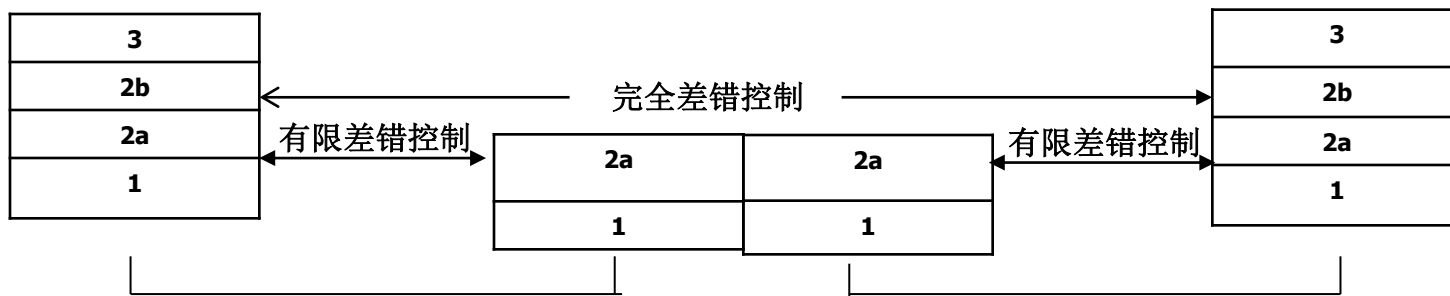
- 综合电路交换和分组交换的优点
- 特点
 - 存贮转发，适应不同速率要求
 - 采用信元方式,交换的最小单位是信元 **53=5+48**
 - 面向连接并且预约资源，减少时延差，保证传输有序，但有呼损
 - 取消逐段链路的差错控制、流量控制
 - 支持各种电信业务

X.25分组、帧中继FR、异步转移模式 ATM 差错控制的比较

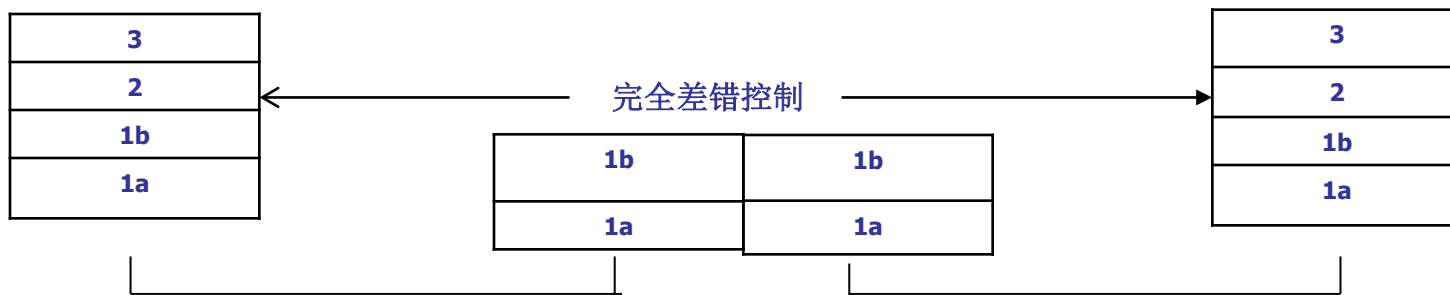
X.25分组



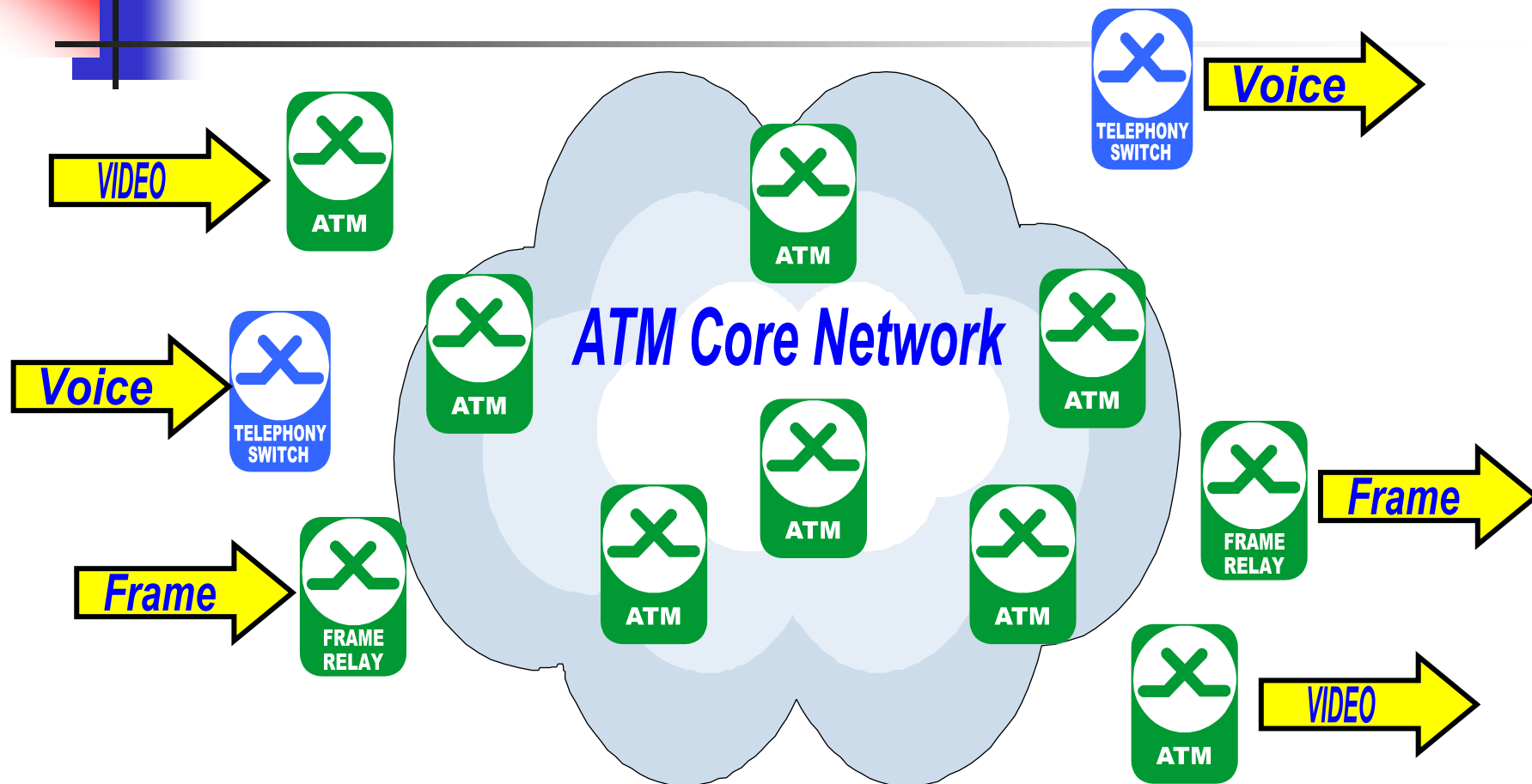
帧中继FR



异步转移模式
ATM



ATM核心网





IP交换

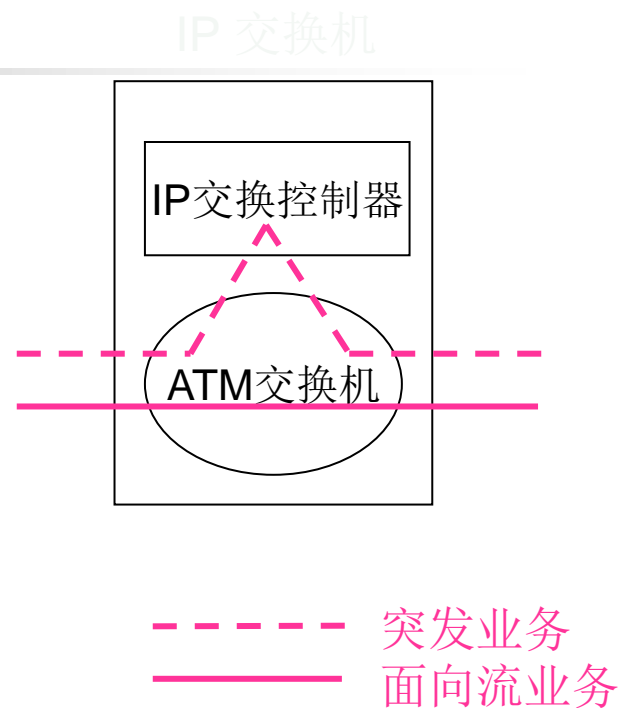
IP over ATM有两种模式:

叠加模型: **CIP、LANE、MPOA**

集成模型: **IP交换、Tag交换、MPLS**

IP交换

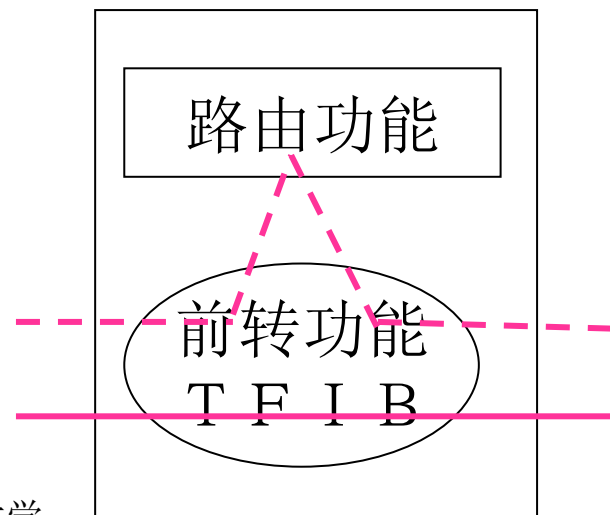
- IP交换认为路由器是IP网中的最大瓶颈，希望借助ATM技术来完全替代传统的路由器技术
- IP交换是在ATM交换机硬件的基础上附加一个IP路由软件及控制交换器组成
- 数据驱动----两种数据流
 - 持续期长、业务量大的用户数据流由**ATM交换机**交换
 - FTP 多媒体视频、音频
 - 持续期短、业务量小、呈突发分布的用户数据流由**IP路由**交换
 - DNS SNMP SMTP



标记交换

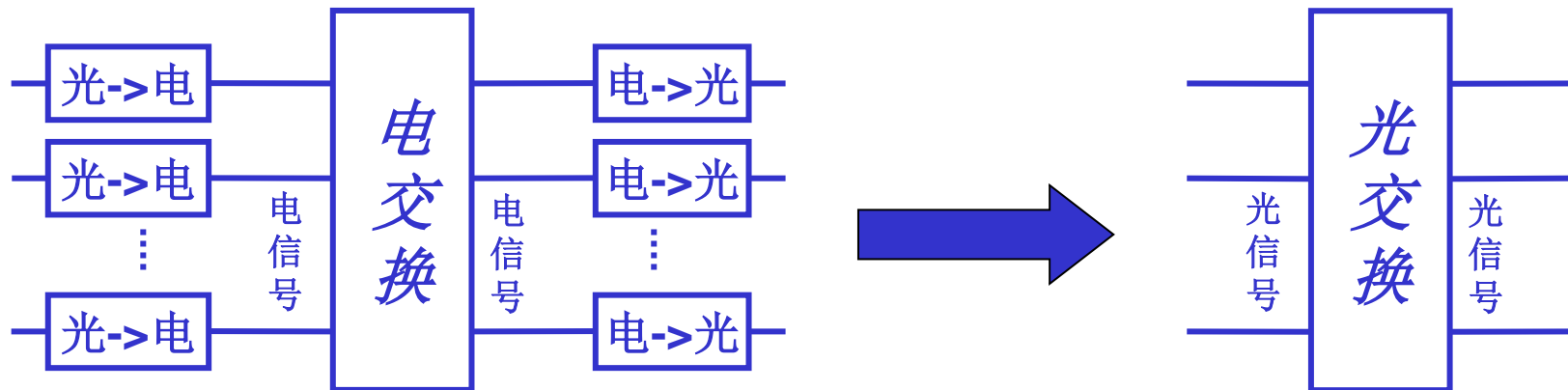
- 基于传统路由器的**ATM**承载**IP**的技术
- 把数据的传递从路由变为交换
- 控制驱动
- 建立标记信息库**TFIB**，**IP**地址<-->出口标记；
以硬件方式完成**TFIB**的检索和数据转发

标记交换机



光交换系统

- 光技术在传输系统中广泛应用
- 目前的交换设备多为电交换



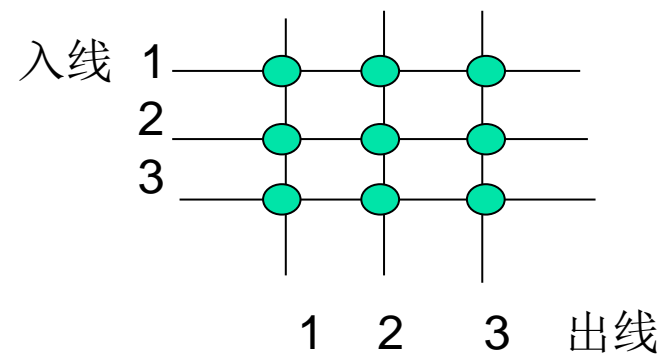


光交换系统

- 光技术在传输系统中广泛应用
- 目前的交换设备多为电交换
- 光交换优点
 - 减少光电转换的损伤、提高交换速度、成本降低
- 光交换方式
 - 空分交换
 - 波分交换
 - 时分交换
 - 自由空间交换

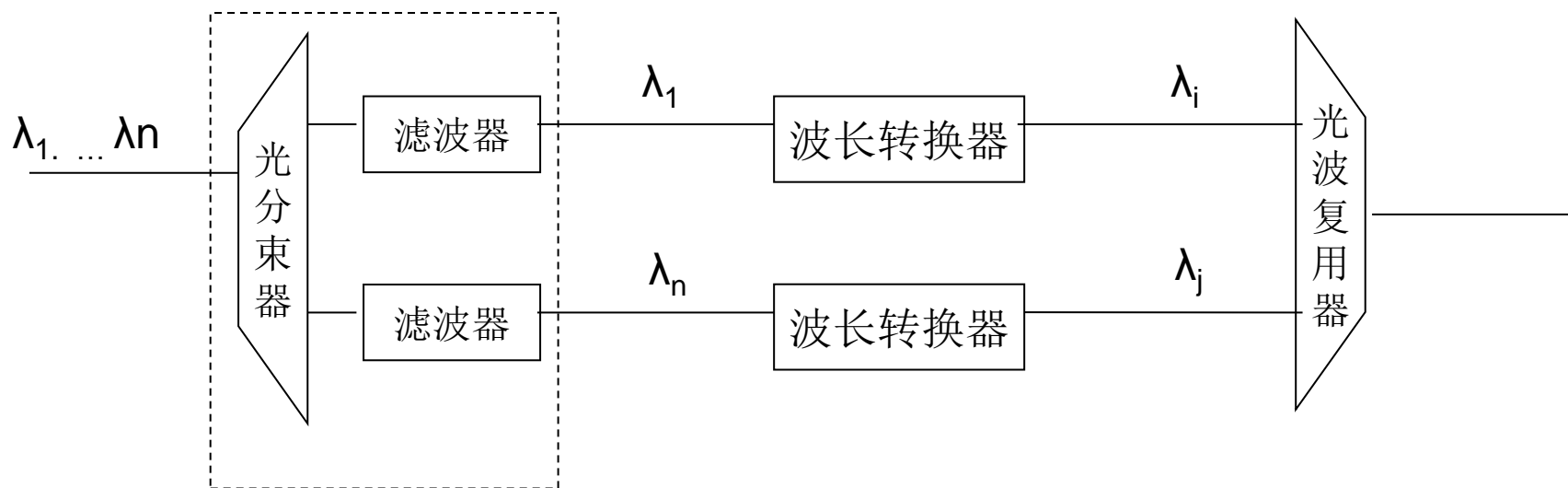
光交换---空分交换

- 采用半导体的光开关



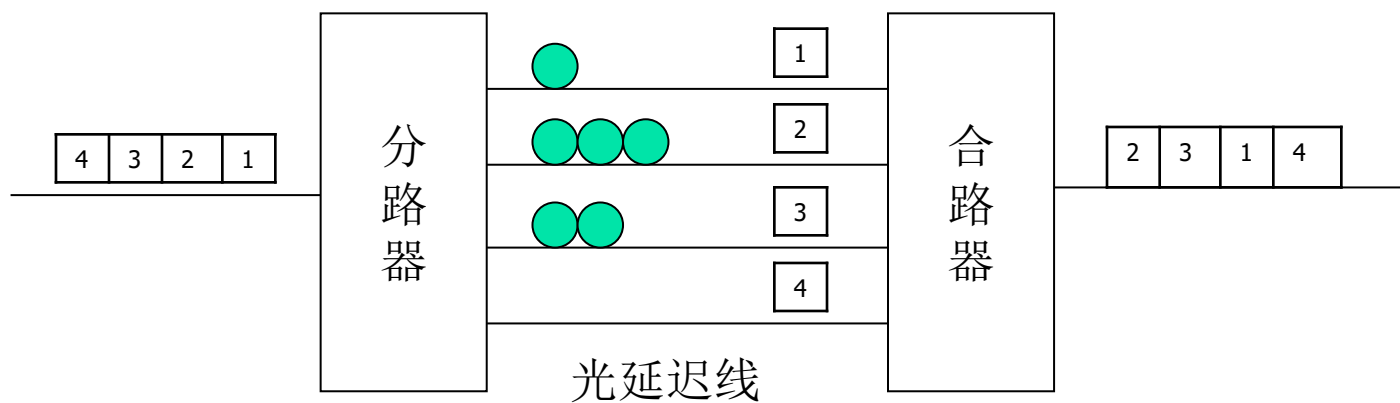
光交换---波分交换

■ 波长互换



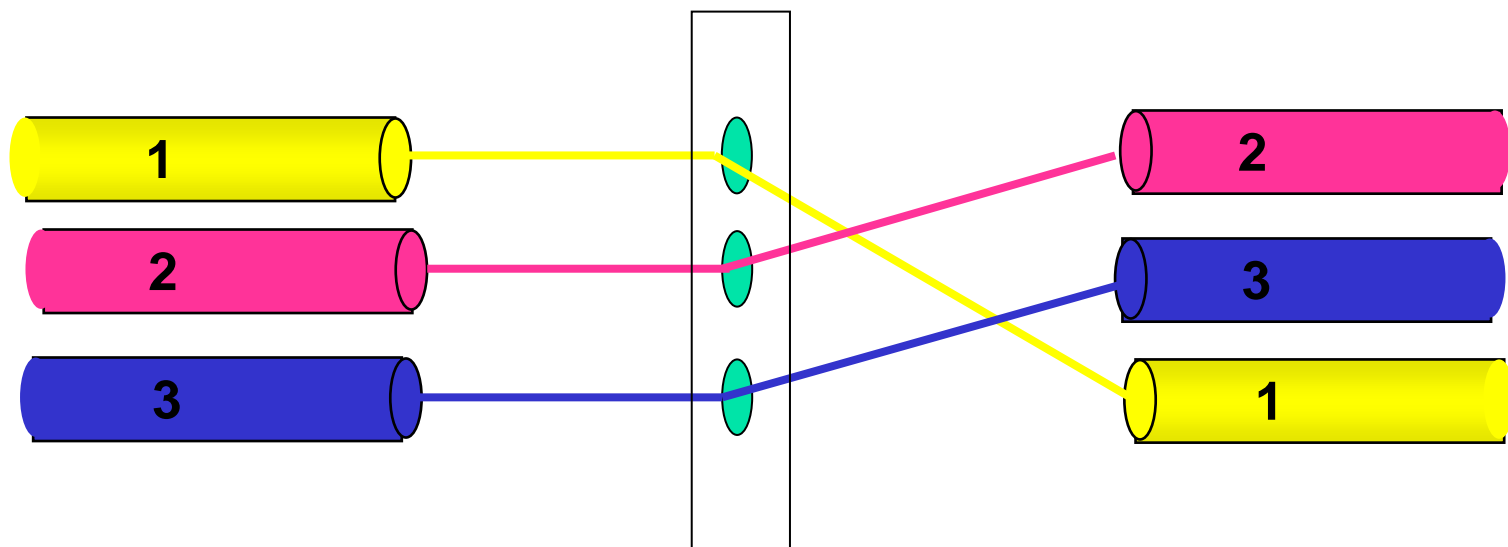
光交换---时分交换

■ 光延迟器



光交换---自由空间交换

- 空间光调制器





各类交换方式

- 涉及

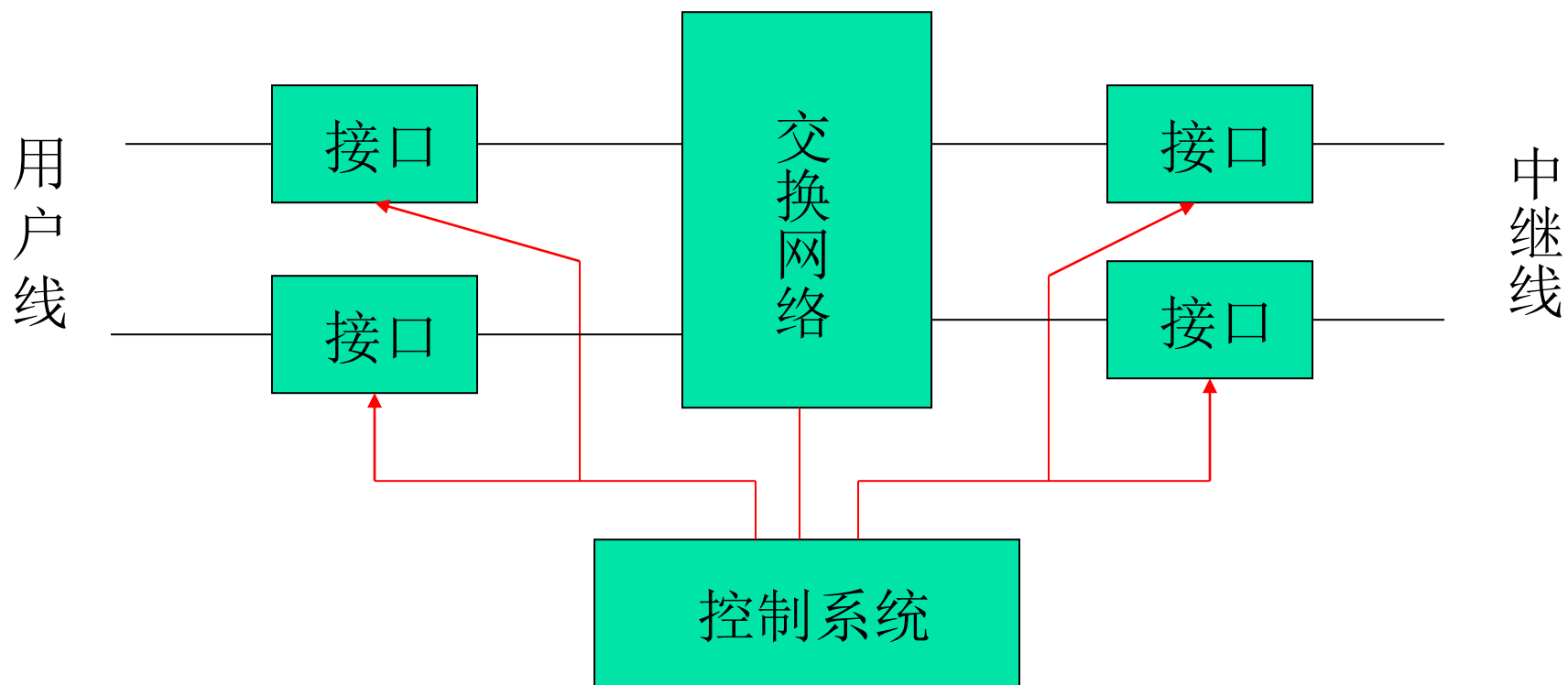
- 各类业务： 语音 视频 数据

- 地点： Home Office DataCenter



4 交换系统的基本结构

电信交换系统的基本结构





电信交换的基本技术

- 互连技术：交换网络的拓扑结构、选路策略、控制机理、多播方式、阻塞特性、故障防卫
- 接口技术：模拟用户接口、数字用户接口、模拟中继接口、数字中继接口
- 信令技术：用户信令、局间信令
- 控制技术：控制系统的结构方式、处理机间的通信方式、多处理机结构



业务网的种类（1）

电信网	通信业务	交换方式	主要特点
电话通信网 (PSTN)	模拟电话	电路交换	应用广泛
分组交换网 (X.25)	中低速数据 ($\leq 64\text{ kbit/s}$)	分组交换	应用广泛 可靠性高
综合业务数字网 (N-ISDN)	电话、传真、数据等综合业务 ($64\sim 2048\text{ kbit/s}$)	电路交换 分组交换	灵活方便 节省开支
帧中继网 (FRN)	中高速数据 ($64\sim 2048\text{ kbit/s}$)	帧中继	传输速率高 灵活、价格低
数字数据网 (DDN)	中高速数据 ($64\sim 2048\text{ kbit/s}$)	电路交换	应用广泛 传输速度高 价格高

业务网的种类 (2)

电信网	通信业务	交换方式	主要特点
数字移动通信网 (GSM、CDMA) (GPRS) (3G) (4G 5G)	电话、低速数据 (8~16kbit/s) 电话、中速数据 <100kbit/s 多媒体 >2Mbit/s	电路交换 分组交换	应用广泛 移动通信
Internet	数据	分组交换	建网快 成本高
综合业务数字网 (B-ISDN)	多媒体 ≥155.52Mbit/s	ATM交换	宽带综合业务
下一代网络 (NGN)	多媒体、高速数据 (Gbit/s)		发展方向、高效灵 活、综合、开放、 多业务



交换节点的基本功能

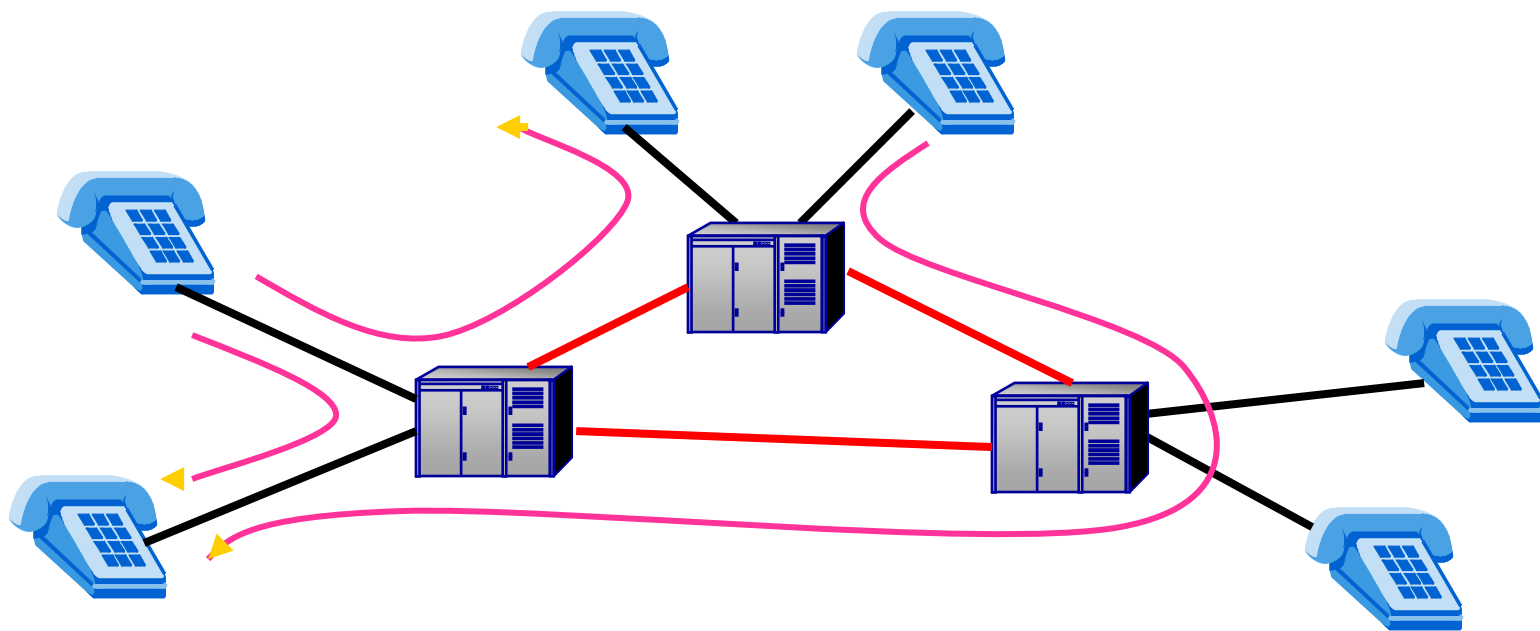
- 交换节点可控制的接续类型：

本局接续、出局接续、入局接续、转接接续

- 交换节点必须具备的基本功能：

- ☐ 能正确接收和分析从用户线或中继线发来的呼叫信号、地址信号
- ☐ 能按目的地址正确地进行选路以及在中继线上转发信号
- ☐ 能控制连接的建立与拆除

交换节点接续类型图示





一些概念

交换 通信网 交换设备 传输设备

终端设备 用户线 中继线 出局呼叫

入局呼叫 本局呼叫 转接呼叫

主叫 被叫 主叫局 被叫局 端局

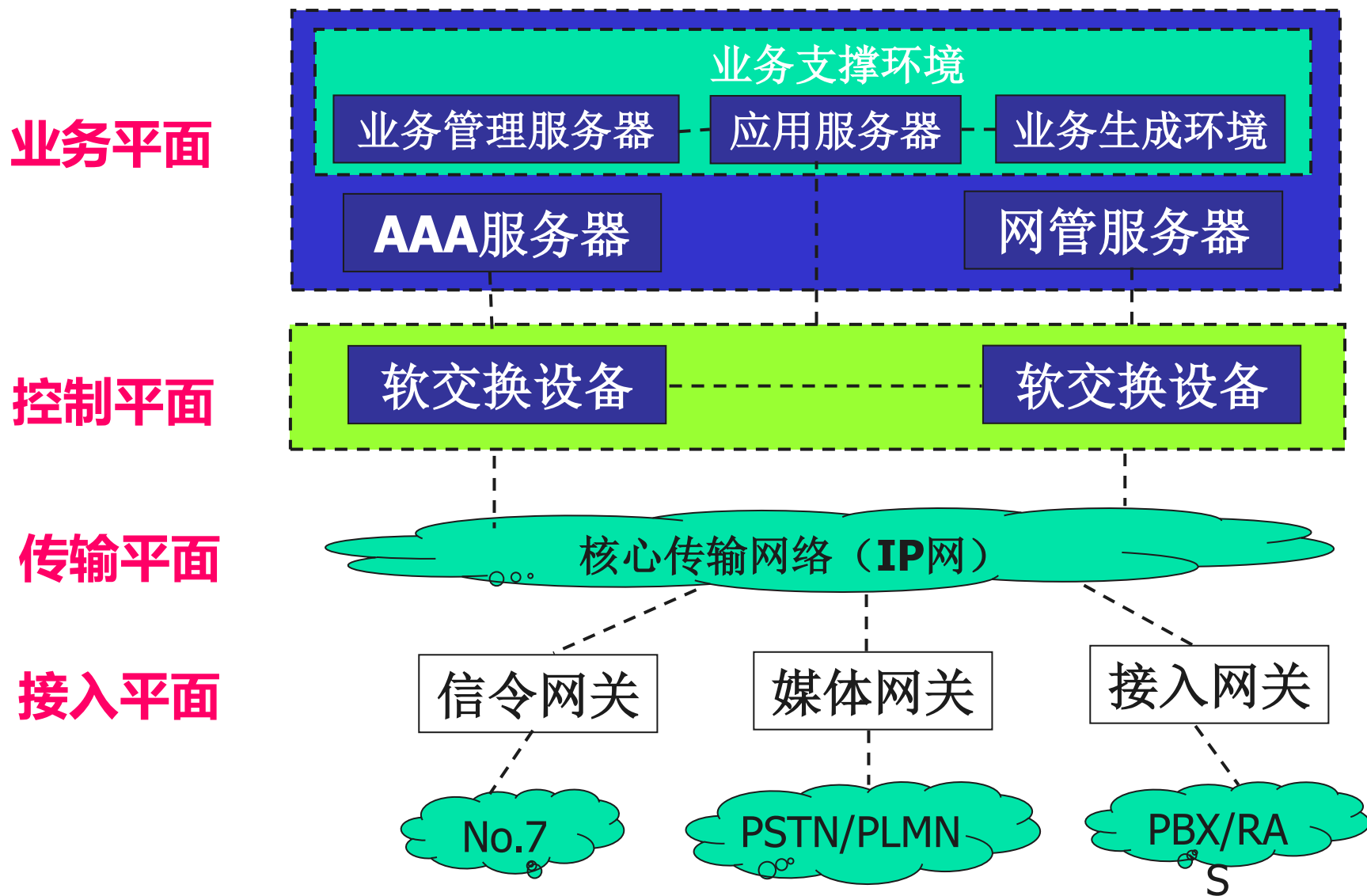
汇接局



下一代网络 (NGN)

- 下一代网络体系结构
 - 接入平面——信令网关、媒体网关、接入网关...
 - 传输平面——核心骨干网为IP网
 - 控制平面——软交换控制器
 - 业务平面——应用服务器、AAA (authority authentication and accounting)服务器、管理服务器

下一代网络 (NGN)

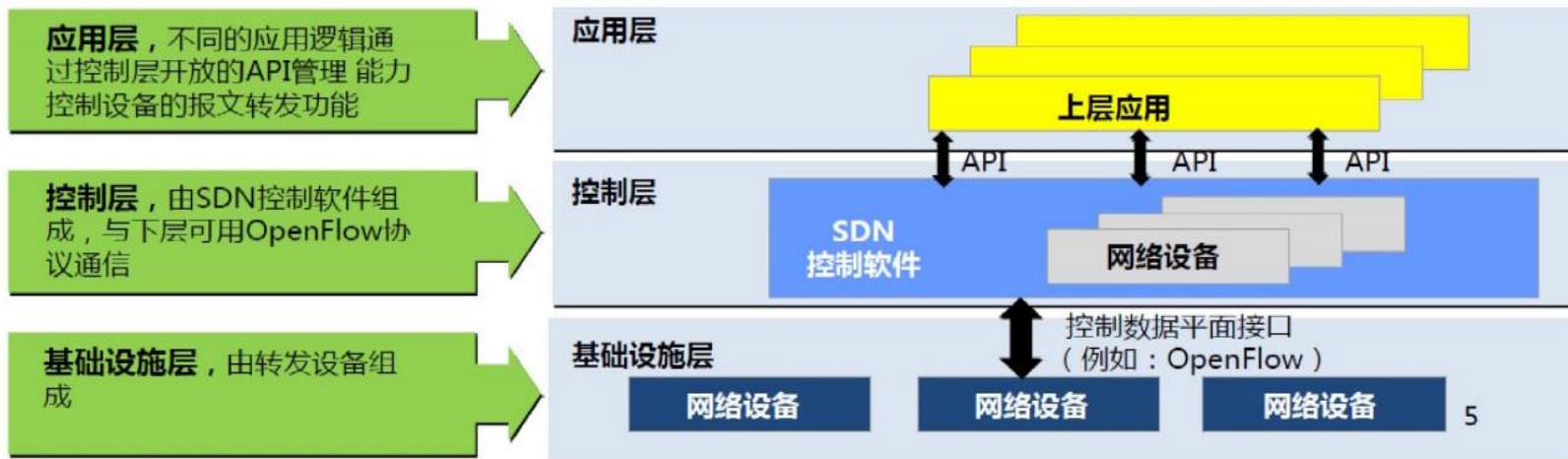


SDN

- 软件定义网络 (Software Defined Network , SDN) 是一种新型网络架构，它的设计理念是将网络的控制平面与数据转发平面进行分离，并实现可编程化控制。

——2012年，ONF发布的SDN白皮书《Software Defined Networking : The New Norm for Networks》

- 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。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。





小结

- 通信网的组成与支撑网络
- 交换的概念
- 复用与寻址
- 目前交换技术的种类和特点
- 电信交换系统的基本结构及其主要技术
- 几个基本概念
 - 面向连接方式、无连接方式
 - 物理连接、逻辑连接
 - 虚电路 数据报
 - 传送模式：**CTM、PTM、ATM**
 - 同步时分复用、统计时分复用、异步时分复用



思考题

- 试从以下几方面比较电路交换、分组交换（数据报和虚电路）和**ATM**交换。
 - 支持的业务类型（话音/数据/图像/视频）和典型业务特征（实时性/突发性/可靠性/交互性...）
 - 信息传送单元和信息传送长度（可变/固定）
 - 适合的信息复用方式和电路利用率
 - 连接类型（面向连接/无连接）和信息传输时延
 - 对业务冲突或过载的处理方式（呼损/等待/流控）
 - 所传输信息在语义和时间上的透明性



扩展思考题

- 传统运营商之困
- 身边的以太网
- **GSM**
- **4G**
- **5G**