



《现代交换原理》总复习



第一章 交换概论

现代交换原理——第1章 交换概论

■ 通信网

- ✓ 组成三要素：交换设备、传输设备、用户终端设备
- ✓ 支撑网：No.7信令网、电信管理网、数字同步网
- ✓ 分层结构：传送层（用户接入网、核心网）、业务层、应用层

■ 交换方式特点

- ✓ 交换方式的特点：电路交换、分组交换、ATM交换、MPLS
- ✓ 各种交换方式基本信息交换单元及长度（可变/固定）：
 - 时隙（电路交换）
 - 报文（报文交换）
 - 分组（分组交换）
 - 帧（二层交换、帧中继）
 - 信元（ATM）
 - 标记分组（MPLS）



现代交换原理——第1章 交换概论

■ 交换方式特点（续）

- ✓ 支持的业务类型（话音/数据/图像/视频）
- ✓ 典型业务特征（实时性/可靠性/交互性/突发性）
- ✓ 适合的信道复用方式
- ✓ 适合的带宽分配方式及带宽利用率
- ✓ 适合的连接类型（面向连接/无连接，物理连接/逻辑连接）
- ✓ 对业务冲突或过载的处理方式（呼损/等待/流控）
- ✓ 信息传输时延和可靠性

现代交换原理——第1章 交换概论

■ 三对基本概念

- ✓ 面向连接方式、无连接方式
- ✓ 同步时分复用、异步时分复用（统计时分复用）
- ✓ 固定分配带宽、动态分配带宽

■ 各种常用网络的交换模式

PSTN、Internet、B-ISDN、No7信令网、GSM、GPRS网络、3G网络、4G网络、MPLS网络、SDN

■ 交换系统的基本构成

PSTN、MPLS网络、IMS、SDN（No7信令网、LDP、SIP、Openflow）

■ 交换系统的基本构成

- ✓ 控制子系统、信息传送子系统（话路子系统）
- ✓ 电话交换机、IP路由器、MPLS路由器的结构

测验题解答 (网工13-14班)

试从以下几个性能：适于支持的业务类型（话音、数据、视频、多媒体）、信息传送最小单元、信息传送长度（可变、固定）、时分复用方式、连接类型和实时性（好、中、差）及可靠性（好、中、差），来比较电路交换、分组交换。

	支持的业 务类型	传送 单元	传送 长度	复用 方式	连接 类型	可靠性	实时性
电路交换	<u>话音</u>	时隙	固定	时分 复用	<u>面向连接</u>	<u>差（中）</u>	<u>好</u>
分组交换	<u>数据</u>	分组	可变	统计 复用	面向连接或 无连接	<u>好</u>	<u>差</u>

测验题解答 (计科10-12班)

A交换方式拟用于实现语音交换，B交换方式拟用于实现数据交换，试从以下几个方面：时分复用方式、信息传送方式、带宽分配方式和路由可靠性（高、低）及信息传递时延（好、坏），对两种交换方式进行分析比较。

	时分复用方式	信息传送方式	带宽分配方式	路由可靠性	时延
A交换	<u>同步时分复用</u>	<u>面向连接</u>	<u>固定带宽分配</u>	<u>低</u>	<u>好</u>
B交换	<u>统计或异步时分复用</u>	<u>面向连接或无连接</u>	<u>动态带宽分配</u>	<u>高</u>	<u>差</u>



第二章 交换网络



现代交换原理——第2章 交换网络

- 连接概念：点对点、同发、广播
- 三种典型的交换单元的结构、特性及工作原理
 - ✓ 开关阵列、T接线器、S接线器的结构
 - ✓ 特性：是否有内部阻塞、同发广播能力
 - ✓ 工作原理：输入控制、输出控制
- 无阻塞网络概念：严格无阻、可重排无阻、广义无阻
- 交换网络
 - ✓ 单级网络、多级网络
 - ✓ 单通路网络、多通路网络
 - ✓ 有阻塞网络（内部阻塞、出线冲突）、无阻塞网络

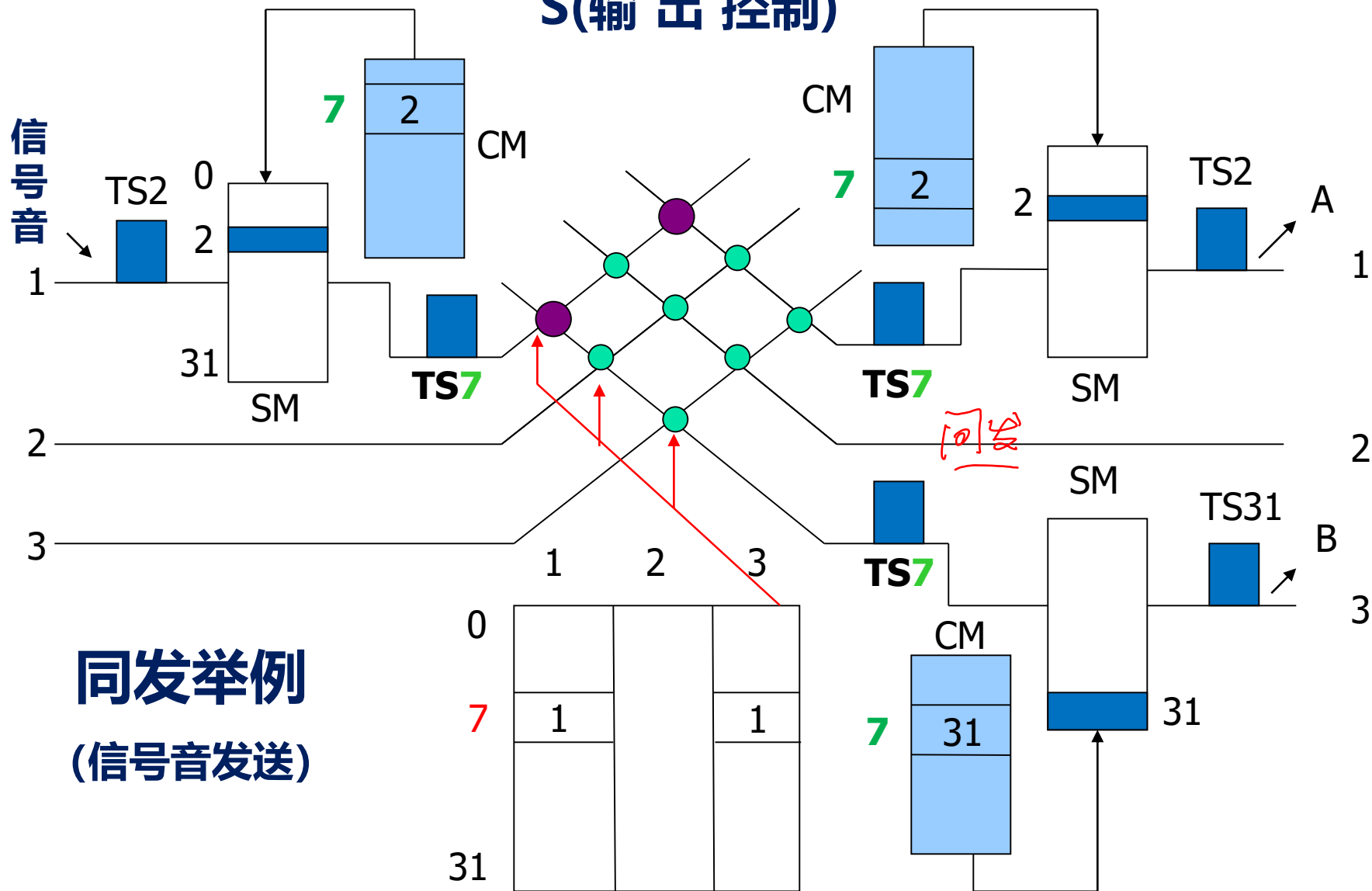
现代交换原理——第2章 交换网络

- CLOS网络：严格无阻/可重排无阻公式和构造法
- T、S组合网络：
 - ✓ 结构、各种控制方式下SM、CM的容量和内容
 - ✓ 反向路由的半帧选择
 - ✓ 同发特性
- BANYAN网络
 - ✓ 特性：树形结构、自选路由、可规律构造、单通路、有阻塞
 - ✓ 降低阻塞方法：引入排序网络、构造多通路（增加级数、增加平面、一地址多链路、限制入信息量并增大缓冲存储器）
- BENES网络：结构特点、阻塞特性

T(输出控制)

T(输入控制)

S(输出控制)



同发举例
(信号音发送)



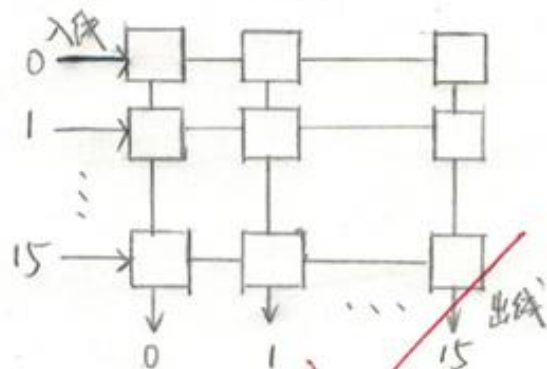
作业

- 1、构造 16×16 的交换单元：采用基本开关阵列时，需要多少个开关？采用 $K=4$ 的绳路开关阵列时，需要多少个开关？采用可重排无阻塞网络时，需多少个 2×2 交叉单元？采用BANYAN网络时，需多少个 2×2 交叉单元？采用共享存贮器结构时，至少需要多少个存储单元？（画图说明）
- 2、教材P65：14（CLOS）、15题（TST）

第二章作业解答

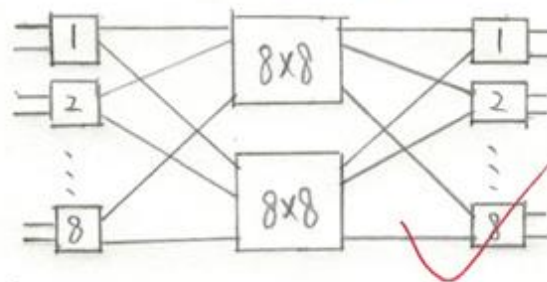
1. 构造 16×16 的交换单元

(1) 采用基本开关阵列, 如下图.

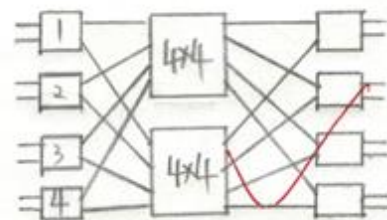


需要 $16 \times 16 = 256$ 个开关.

(2) 采用 Clos 网络来实现可重排无阻塞网络, 如下图.

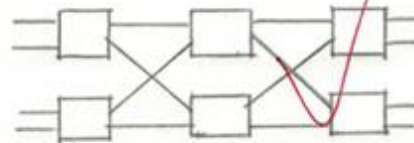


其中 8×8 的交换网络如下图.



20个

其中 4×4 的交换网络如下图:

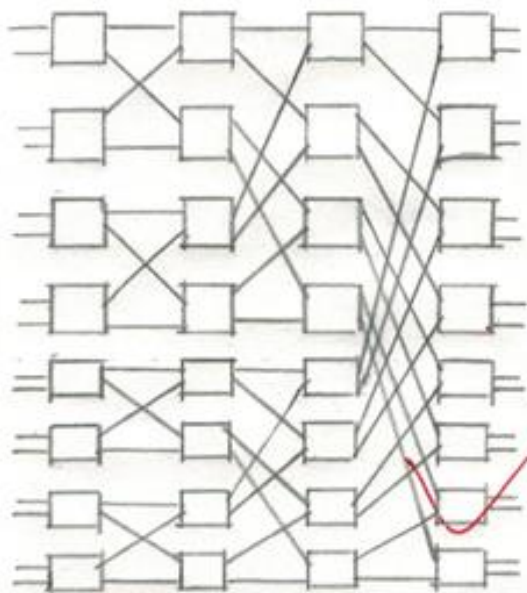


6个

∴ 需要 $8 \times 2 + 20 \times 2 = 56$ 个 2×2 的交换单元.

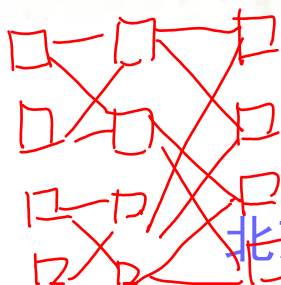
第二章作业解答

(3) 采用BANYAN网络:

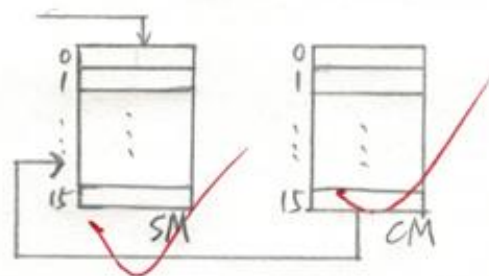


需要 32 个 2x2 交叉单元

Banyan.



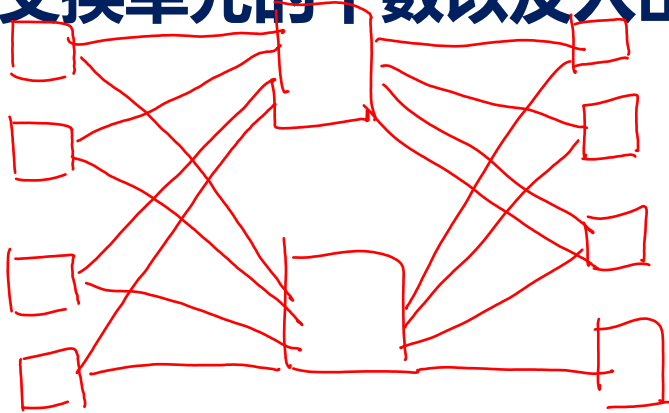
(4) 采用丁接线器:



话音存储器与控制存储器大小相等, 均有 16 个单元
所以共需要 32 个存储单元。

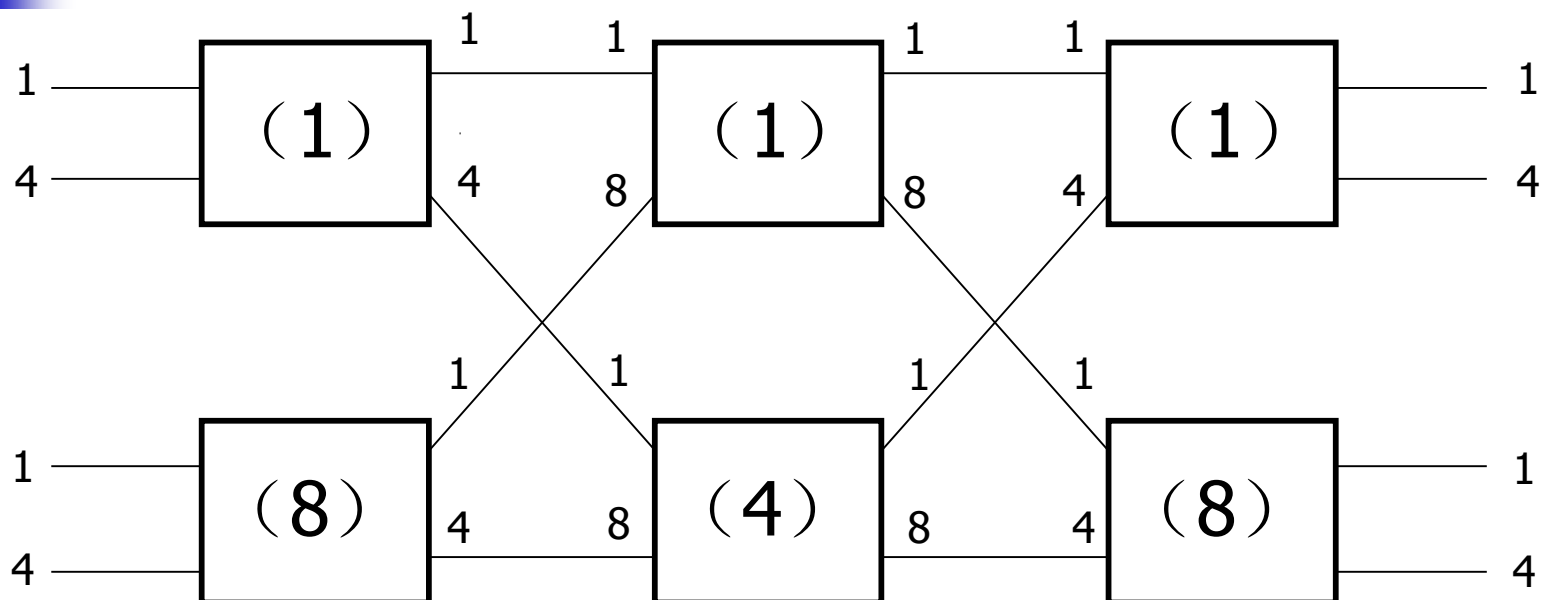
测验题解答 (网工13-14班)

某个路由器支持**32条**2.5Gbps线路的信息交换，现有**4×4**交换单元和**8×8**交换单元（每种交换单元的每条入/出线都可支持2.5Gbps），设计一个交换单元数量最少的可重排无阻塞CLOS网络。画出该网络连接示意图，要求标出各级交换单元的个数以及入出线数。



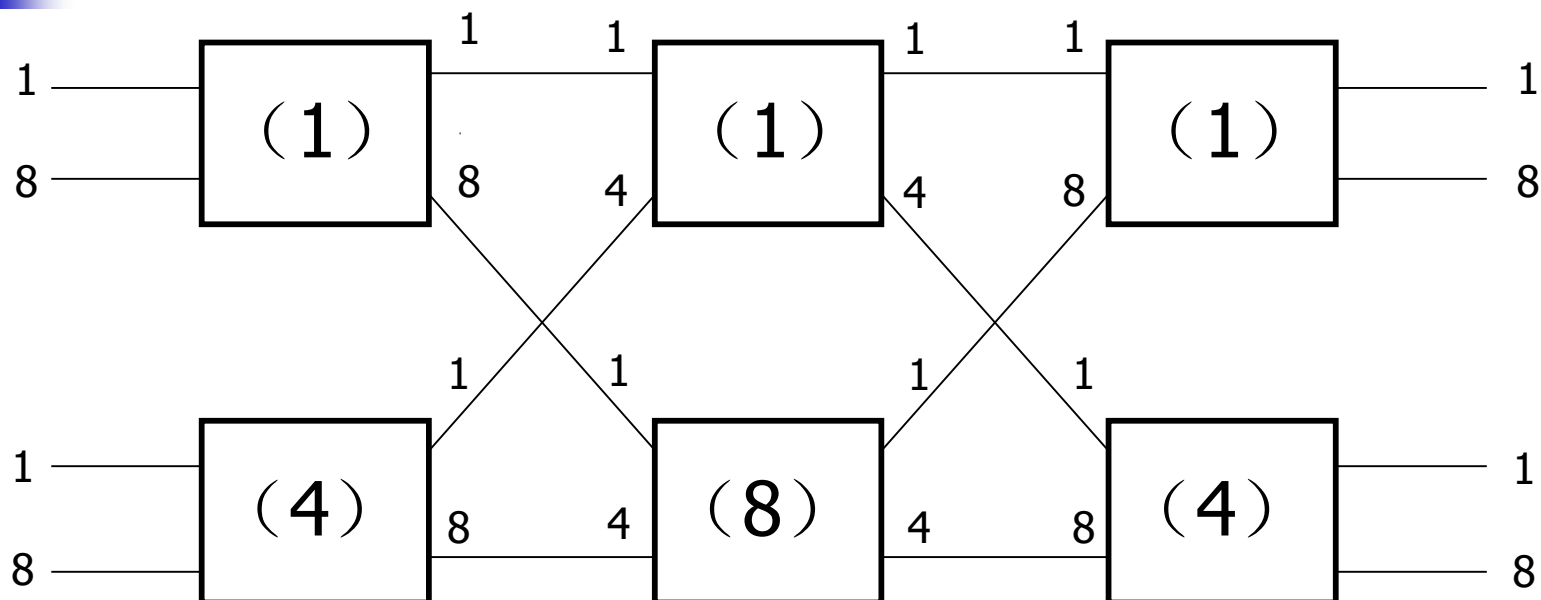
10个单元.

采用4 X 4交换单元



需要单元数： $8 \times 2 + 4 = 20$ ，画法正确，给70%分数，但不是正确答案。

采用 8×8 交换单元



需要单元数： $4 \times 2 + 8 = 16$ ，正确答案

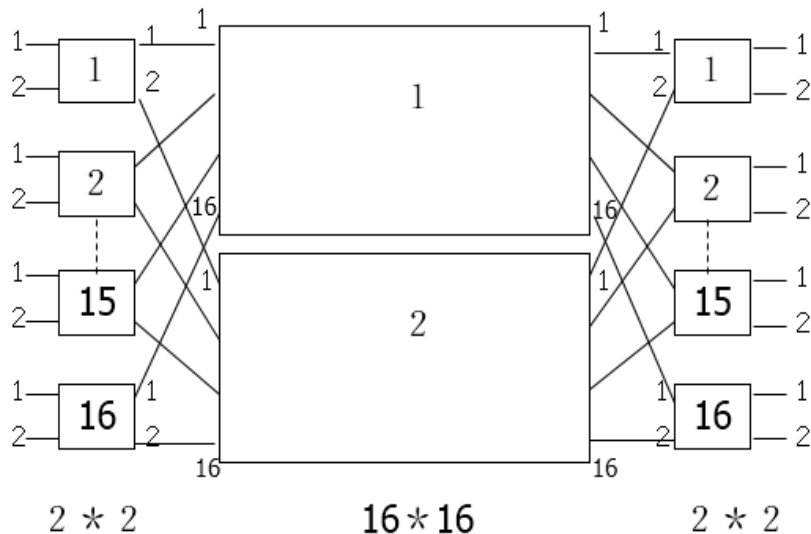


测验题解答

某个路由器需要容量为**32 X 32的可重排无阻塞交换网络**，可以采用单个交换单元，也可以采用多级交换网络形式，其中交换单元采用基本开关阵列（有向开关）。请给出一种最佳设计方案（包括网络结构图、交换单元的容量、使用的总的开关个数等），使得该交换网络最经济（开关个数最少）。

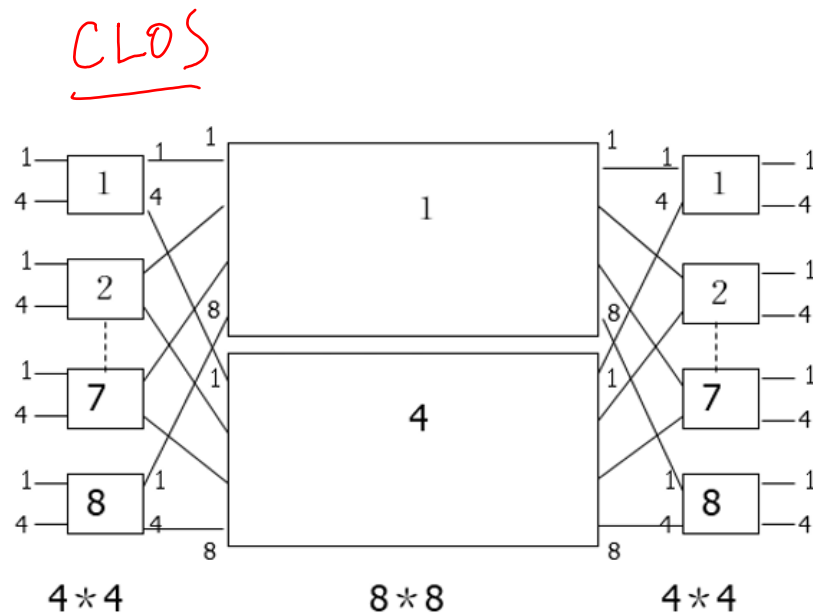
测验题解答 (计科10-12班)

CLOS: 第一级每个交换单元入线 可以考虑 $n = 2、4、8、16、32$ ，但下面两种是最佳答案。 注意中间一级还是要考虑采用单个交换单元还是多级交换网络开关数最少。结构画对的，但不是最少开关的，酌情给分。



$n = 2$, 512个开关

北京邮电大学 计算机学院 卞佳丽



$n = 4$, 512个开关

$4 \times 8 \times 8$

16x16

$$4 \times 4 \times 4 \times 3 = 192$$

no 3, 4

4x

第三章 电话交换

2x2

8x



- 程控数字交换系统的体系结构
- 模拟用户电路、数字中继电路功能
- 数字交换网络
 - ✓ 复用器内外时隙变化：HWi TSj与ITS号的对应变换
 - ✓ 话路建立（主被叫）
- 控制系统多处理机的工作方式
 - ✓ 集中控制、分级控制、全分散控制
 - ✓ 功能分担、话务分担
 - ✓ 同步方式、互助方式、主备用方式、N+1备份

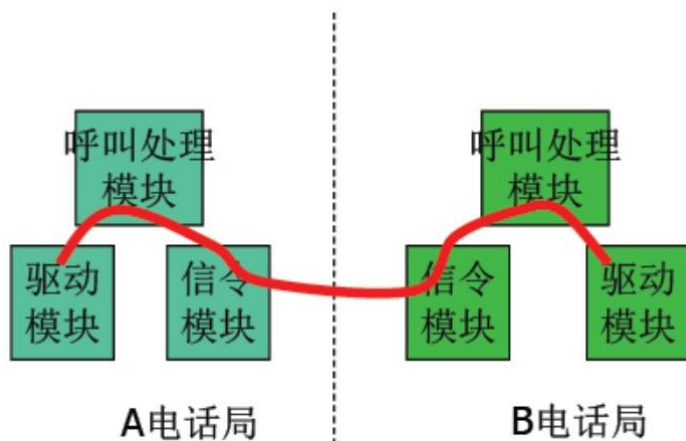
- 呼叫处理软件设计方法：SDL描述（基本呼叫，图例规范，MSC、SDL、代码实现方法）
- 呼叫处理
 - ✓ 输入处理：摘挂机检测
 - ✓ 分析处理
 - ✓ 输出处理
- 任务分级和调度
 - ✓ 故障级、基本级、周期级（优先级）
 - ✓ 时间表调度算法
- 呼叫处理能力BHCA概念和计算



作业

- 1、完成图3.36 “听忙音” 状态直到呼叫释放的呼叫处理的SDL图描述。
- 2、将图3.36整个本局呼叫处理过程的状态迁移用扩展的有限状态机（状态图）描述出来。
- 3、某程控交换机装有32个模块，已知每 8个模块合用一台处理机， 每台处理机完成一次呼叫平均需要执行 36000条指令，每条指令平均执行时间为1微秒，固定开销 $a=0.15$ ，最大占用率 $t=0.95$ ， 试求该交换机总呼叫处理能力 N 值是多少？

SDL举例

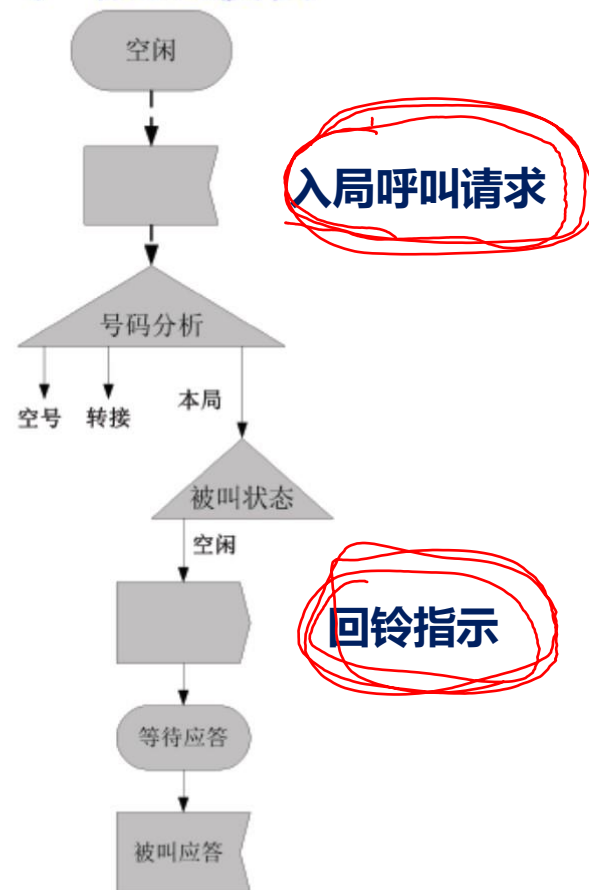


在呼叫处理模块SDL图的空白处填写消息

信令模块



呼叫处理模块





第四章 分组交换



现代交换原理——第4章 分组交换

□ MPLS交换特点:

- ✓ 支持多协议、标记交换、面向连接（逻辑链接）

□ MPLS网络构成:

- ✓ LER、LSR、LSP、FEC、LSP

□ MPLS交换原理:

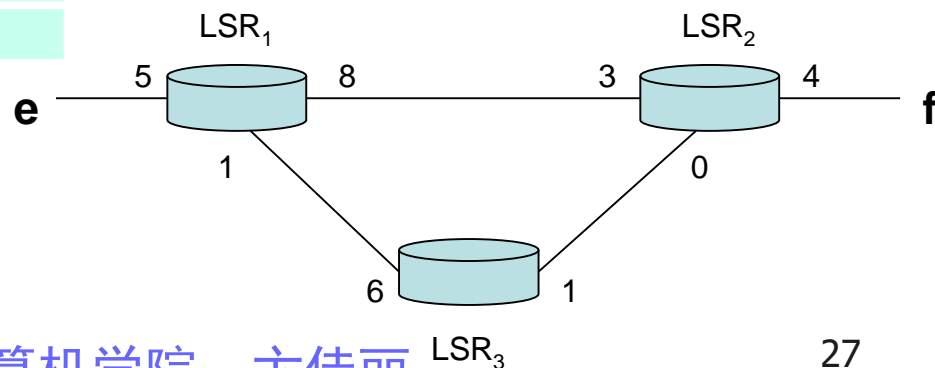
- ✓ 标记操作：压入（Push）、标签置换（replace）、标签弹出（Pop）
- ✓ 标记分配：下游按需标记分配（LDP）
- ✓ 连接建立、数据传输、连接拆除

习题

现有两个IP分组Data1（FEC为X）和Data2（FEC为Y）从e发送到f，根据下面网络中MPLS路由器的标记交换路由表，完成下列工作：

- 1) 画图分别标出Data1和Data2的标记交换路径LSP1和LSP2；
- 2) 画出这两个分组的结构在其LSP的各段路由上的变化情况。

路由器	FEC	入端口	入标记	出端口	出标记
LSR1	X	5	-	8	5
	Y	5	-	1	3
LSR2	X	3	5	4	-
	Y	0	4	4	-
LSR3	Y	6	3	1	4
	Q	2	9	3	7





第五章 信令与协议

现代交换原理——第5章 信令与协议

□ 信令概念：用户线信令、局间信令 / 随路信令、公共信道信令

□ No.7信令

✓ No.7信令协议栈：MTP (MTP1、MTP2、MTP3功能)、UP (TUP、ISUP、INAP、MAP协议应用)

移动交换机局间信令

面向 OSI.

✓ 三种信令单元的用途(不要求背格式)

↓ 智能网、SCP 业务控制点

✓ TUP的基本信令流程 (IAM、ACM、ANC、CLF、RLG)

✓ 信令消息的传递涉及的协议栈

信令的作用

□ 中国No.7信令网

信令点全套协议栈

✓ 信令网结构及其组成 (HSTP、LSTP、SP 三级结构)

✓ 信令点编码 (国际14bit、国内24bit)

□ SIP协议

- ✓ SIP协议的基本特点：呼叫控制、媒体协商、媒体流协议与传输协议栈 (SIP (SDP) /TCP或UDP, RTP/UDP) ~~不是~~ ^是 ~~TCP~~ ^{UDP}
- ✓ SIP系统中的各种设备（用户代理、代理服务器、注册服务器）的作用
- ✓ SIP消息：请求、响应（register、invite、100 trying、180 ring、200 OK、Ack、Bye等）
- ✓ SIP地址与端口
- ✓ SDP媒体协商的重点内容：媒体类型及编码、媒体地址与端口
- ✓ SIP基本消息流程：正常呼叫建立与释放过程
- ✓ SIP 消息与TUP对应转换

SDP协议格式举例

v=0

指示协议的版本

o=picard 124333 67895 IN IP4 uunet.com

s=Engage!

表明本次会话标题或会话名称

t=0 0

表示会话开始时间和结束时间

c=IN IP4 101.234.2.1

m=audio 3456 RTP/AVP 0 3 9

第一个参数为媒体名称：表明支持音频类型
第二个参数为端口号，表明在本地端口为3458上发送音频流
第三个参数为传输协议，一般为 RTP/AVP 协议
四-N参数为所支持的N-四+1个净荷类型编号

第一个参数表明会话发起者的名称

第二个参数为主叫方的会话标识符

第三个参数为主叫方会话的版本，会话数据有改变时，版本号递增

第四个参数定义了网络类型，IN表示Internet网络类型，目前仅定义该网络类型

第五个参数为地址类型，目前支持IPV4和IPV6 两种地址类型

第六个参数为地址：表明会话发起者的IP地址

第一个参数为网络类型，IN 表示 Internet

第二个参数为地址类型，目前支持IPV4和IPV6

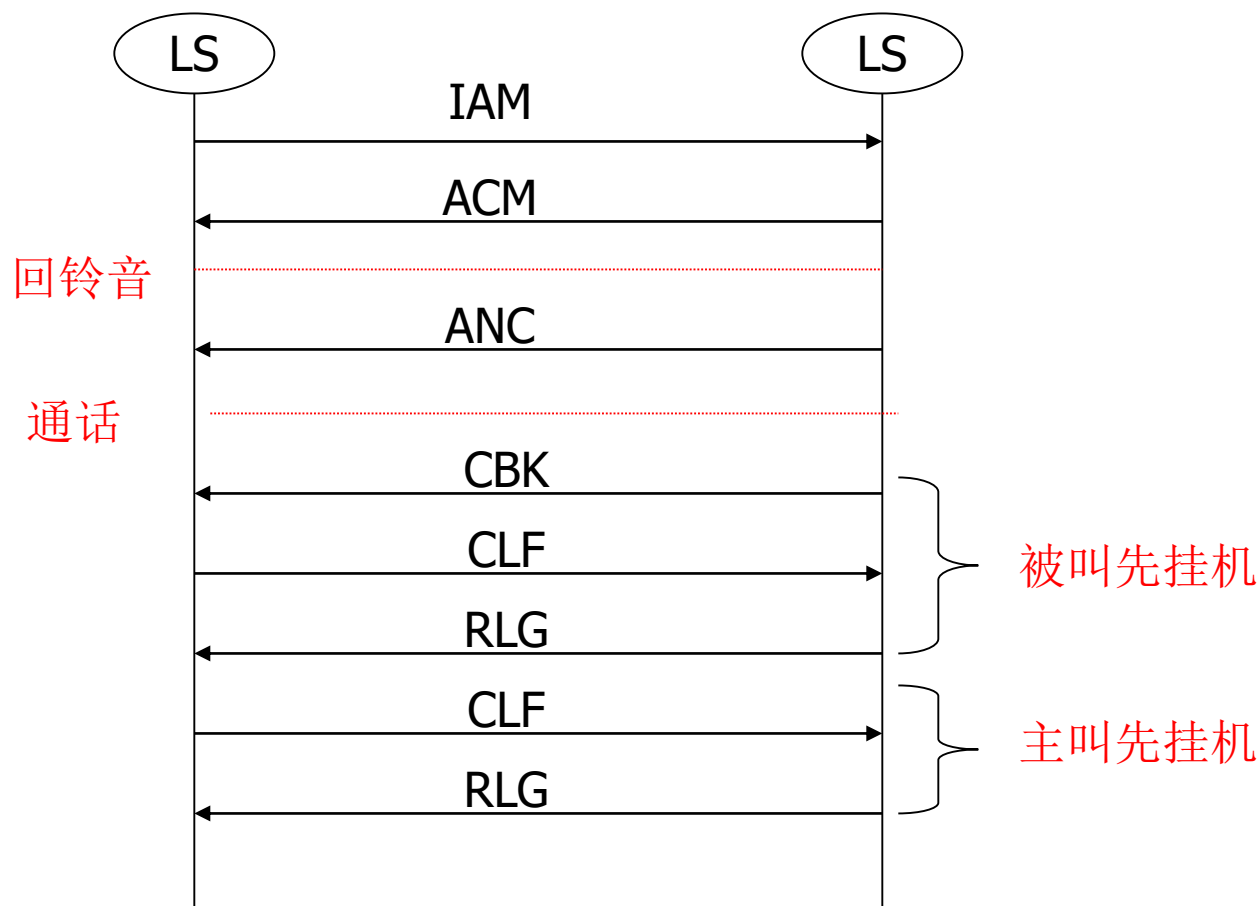
第三个参数为地址，为多媒体流使用的IP地址

→ 传输媒体流用的IP地址

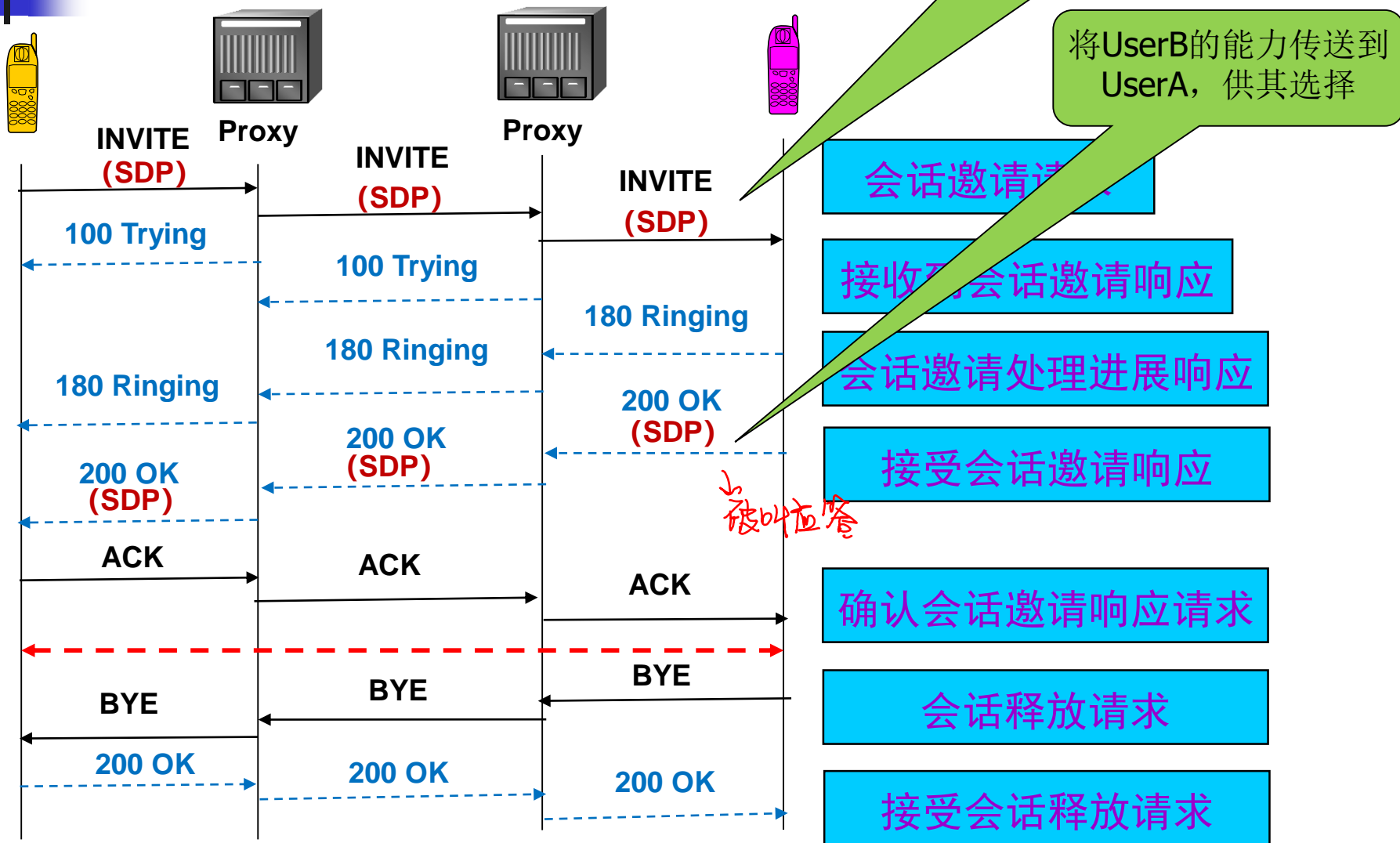
RTP Audio Profile

PT	encoding name	media type	clock rate (Hz)	channels
0	PCMU	A	8,000	1
3	GSM	A	8,000	1
4	G723	A	8,000	1
8	PCMA	A	8,000	1
9	G722	A	8,000	1
15	G728	A	8,000	1
18	G729	A	8,000	1

TUP——市话呼叫信令过程



SIP-基本会话处理流程



SIP消息与TUP信令





第六章 移动交换

现代交换原理——第6章 移动交换

□ 移动通信的几个概念：

- ✓ 入网、鉴权、切换、漫游、位置更新、网络附着

□ GSM网络

- ✓ 网络结构、网元功能（MS、BTS、BSC、MSC、HLR、VLR、AUC、SMS网关、GMSC）
掌握
MS → MSC → 基站 BTS
MS → MSC
互联
MS
- ✓ 了解GSM网络信令基本过程（始呼、寻呼、切换）
两个网络之间。

□ GPRS网络

- ✓ 网络结构、网元功能
与GSM一样
CS域 PS域
- ✓ 电路域、分组域
- ✓ 新增设备：SGSN、GGSN、PCU+BSC

□ 思考：北京移动用户A与漫游到上海的北京移动用户B通话过程

清楚。



现代交换原理——第6章 移动交换

□ 3G网络

- ✓ 了解3G网络结构演进过程
- ✓ 交换方式：电路+分组→全分组

□ 4G通信

- ✓ 网络结构和网元功能： ENodeB, MME, SGW, PGW, HSS
- ✓ 交换方式：全IP



第七章 新一代融合网络交换技术

(软交换、*IMS*、*SDN*)

现代交换原理——第7章 软交换、IMS、SDN

□ 软交换：

- ✓ 软交换体系结构（四层结构）
- ✓ 各层功能及典型设备：媒体网关、信令网关、接入网关、MPLS路由器、软交换机、应用服务器等
- ✓ 软交换技术特点：
 - 业务处理与呼叫控制分离 → 智能网仅做到
 - 呼叫控制与承载分离 → 软交换扩展。

□ IMS特点：

- ✓ 全SIP协议 全IP.
- ✓ 业务处理与呼叫控制分离
- ✓ 呼叫控制与承载分离
- ✓ 呼叫控制与媒体控制分离

□ SDN

传统IP未分离

- ✓ 与传统IP网络的差别：控制平面与转发平面分离
- ✓ 转发、控制、应用的三层架构与接口（南向、北向、东西向）
↓
业务处理
- ✓ Openflow：南向接口、流表（作用、与路由表的区别）、安全通道

SDN控制器 → SDN交换机
↓

传递 Openflow（控制交换机如何交换）

流表的作用（地址信息、区别：路由表反3层）



预祝同学们期末考试 取的好成绩！