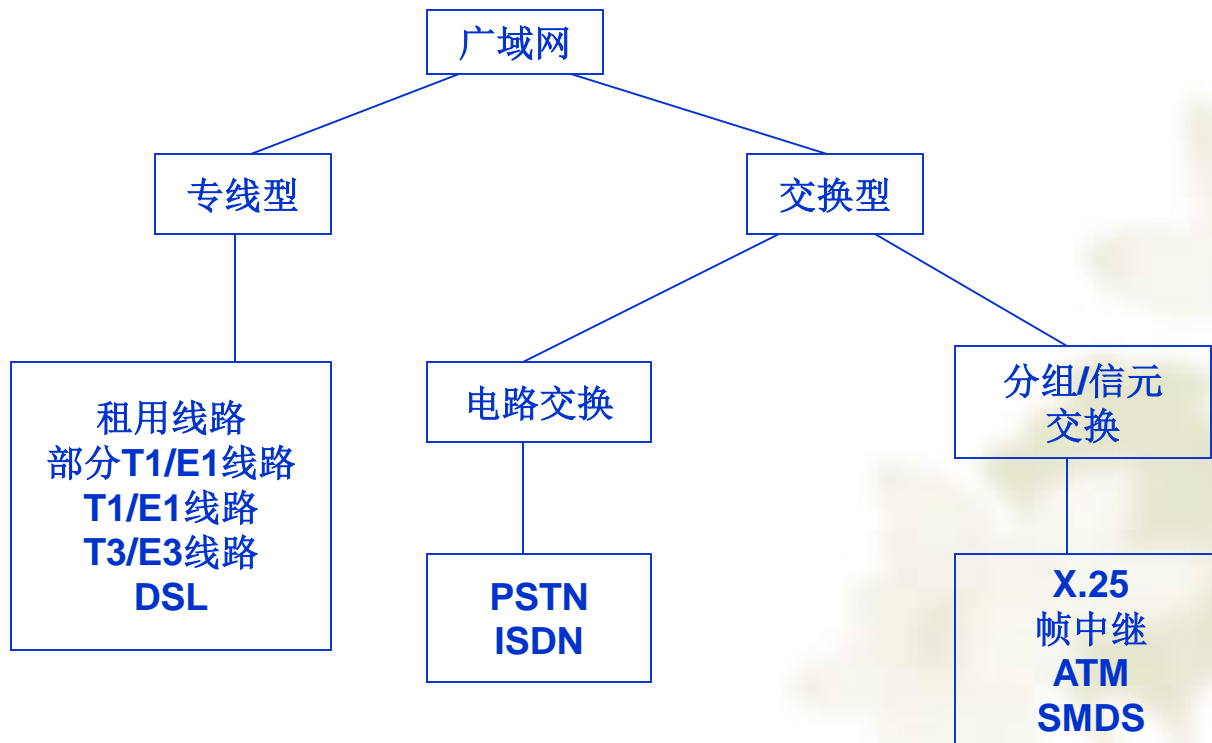


广域网

广域网概述

- ❖ 广域网是一种在地域上超越局域网的数据通信网络。它常用来连接局域网，一般需要向服务提供商申请相应的服务。



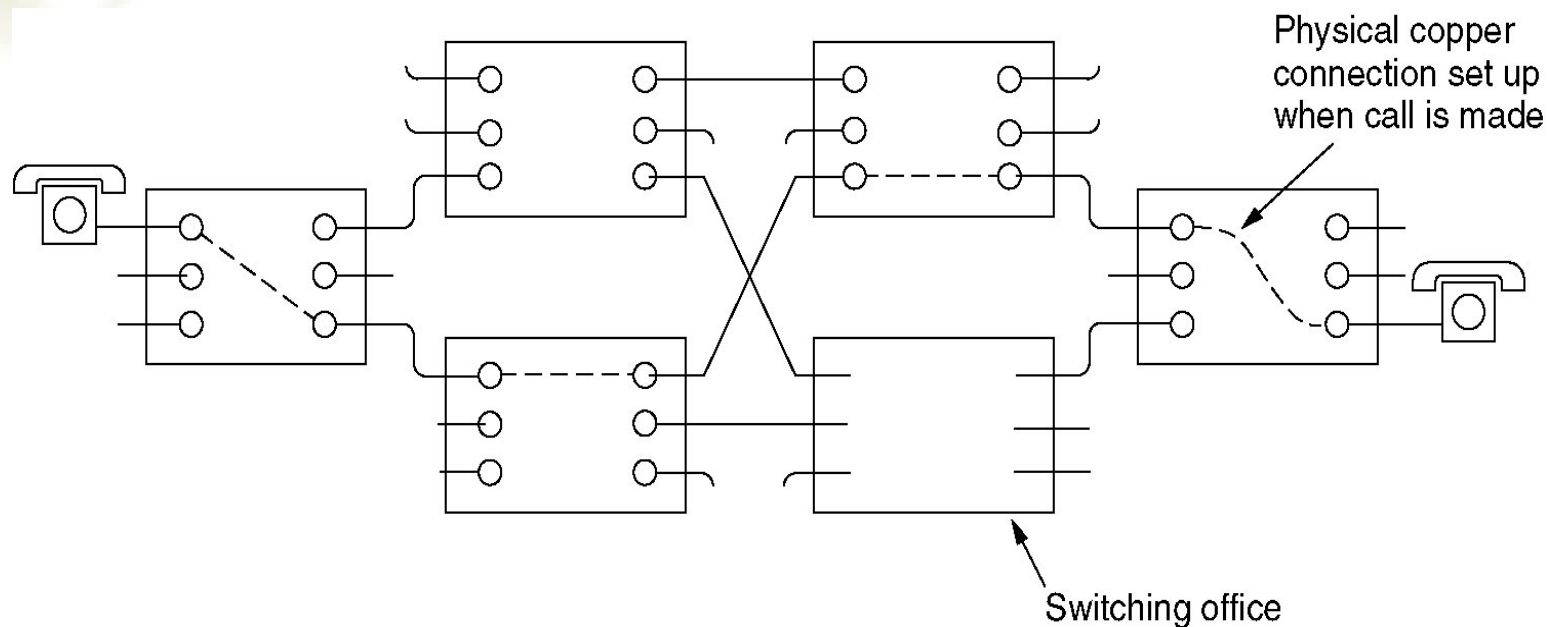


PSTN

Public Switched
Telephone Network

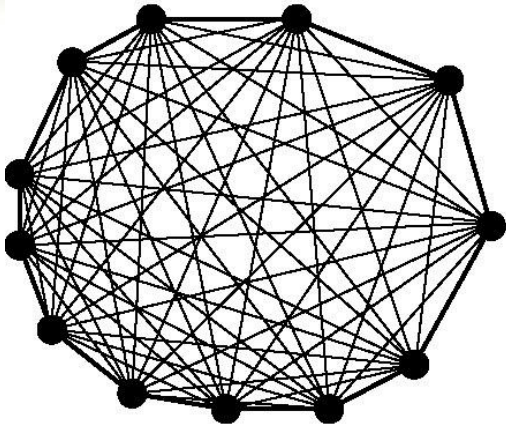
电路交换

(Circuit switching)

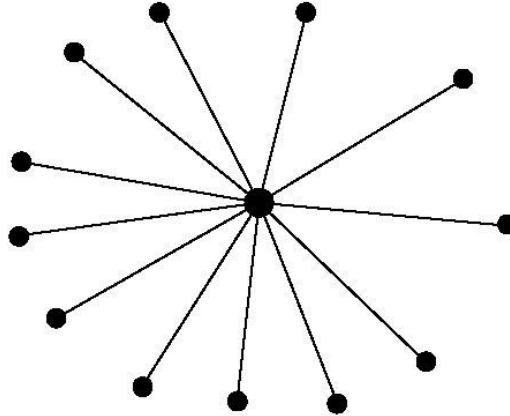


接头。继电器

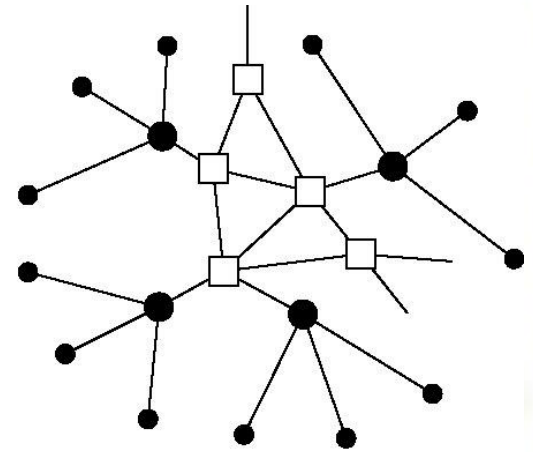
PSTN拓扑



(a)



(b)



(c)

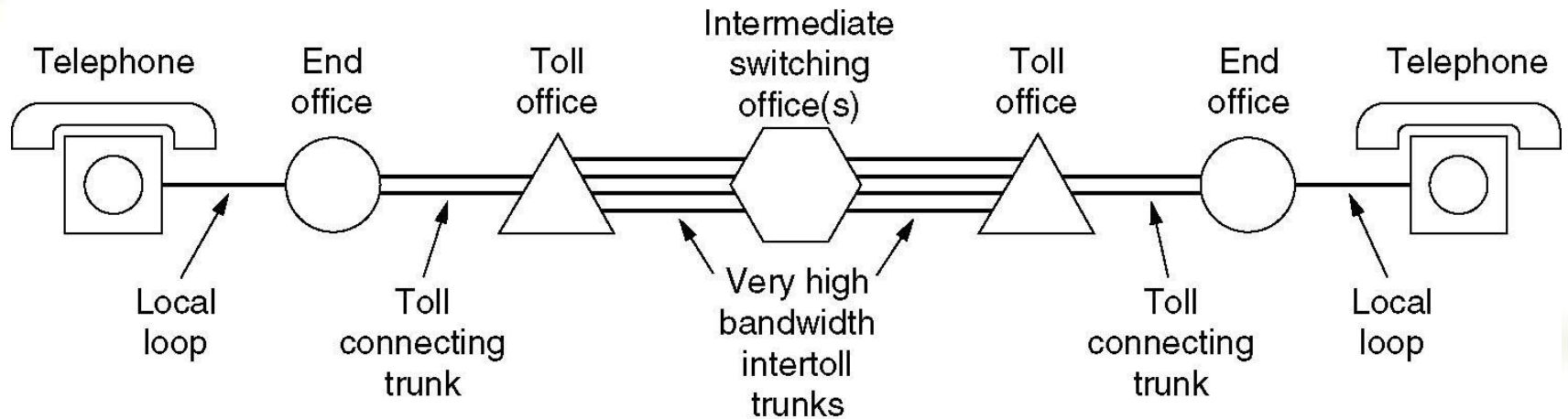
(a) Fully-interconnected network.

(b) Centralized switch.

(c) Two-level hierarchy.

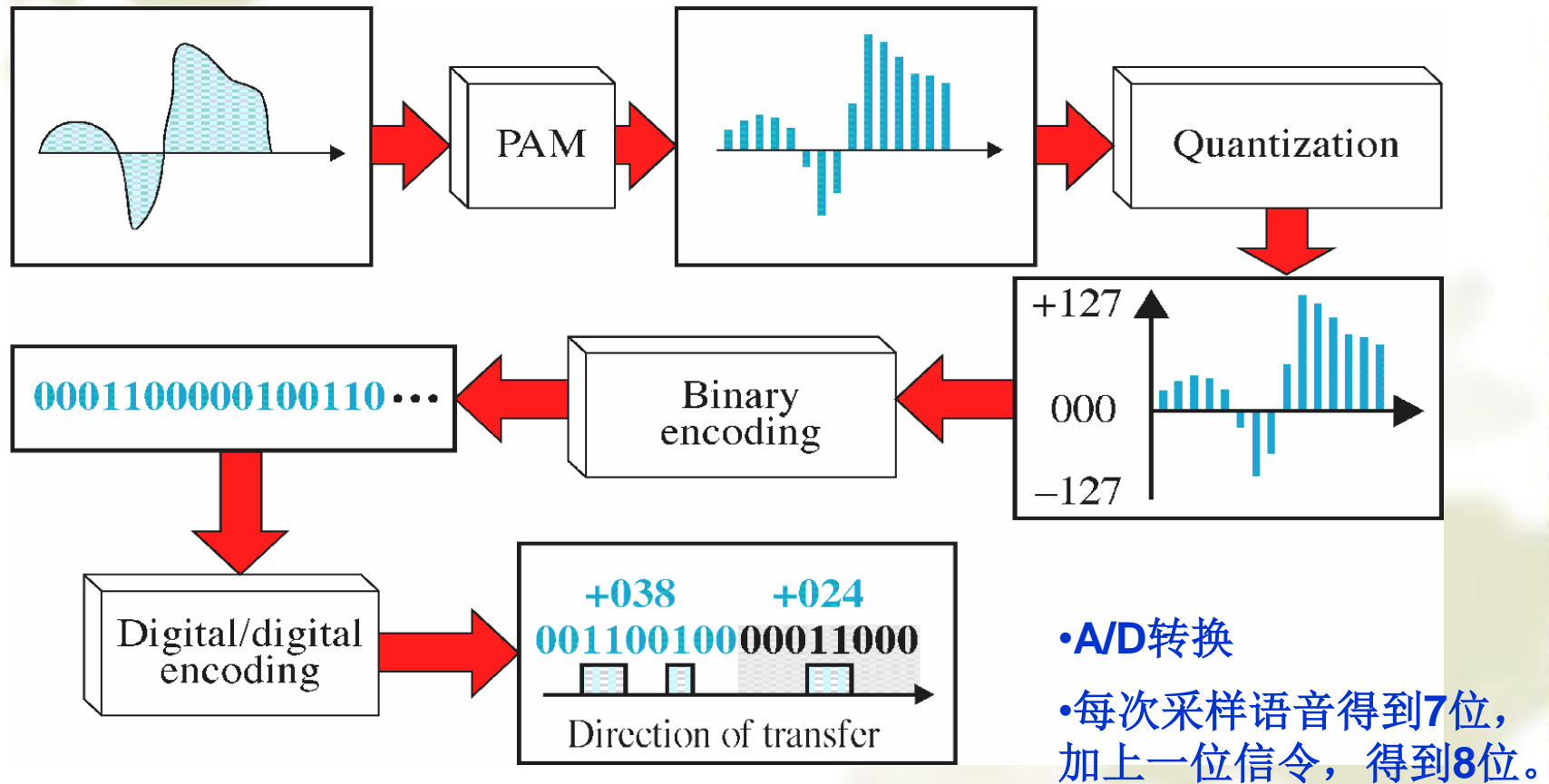
POTS(Plain Old Telephone Service)
程控交换

PSTN层次



A typical circuit route for a medium-distance call.

PSTN调制



PSTN采样

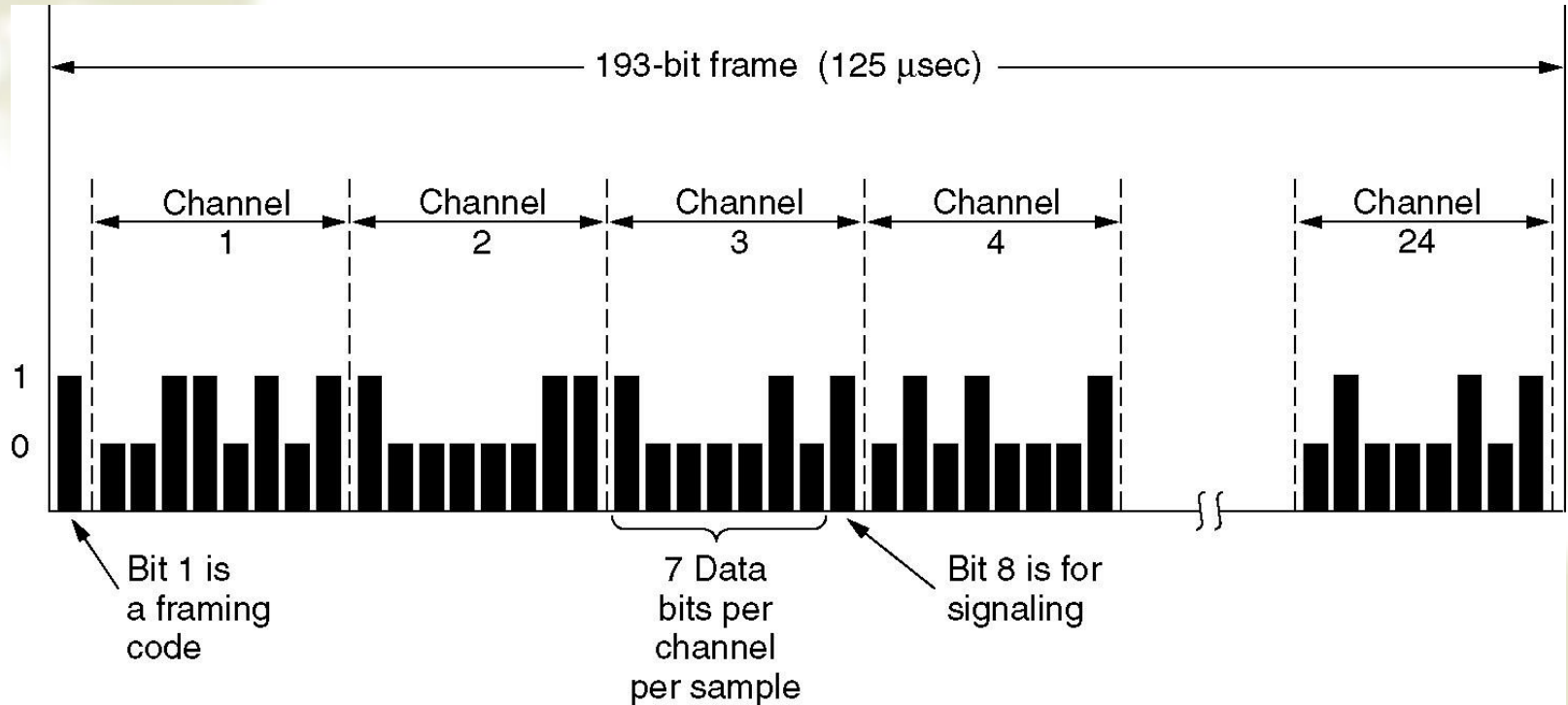
❖ 采样频率

8000次/秒。125 μ S 采样一次，均匀传送。

❖ Niquist采样定理

要想采样后能够不失真地还原出原信号，则采样频率必须大于两倍信号谱的最高频率

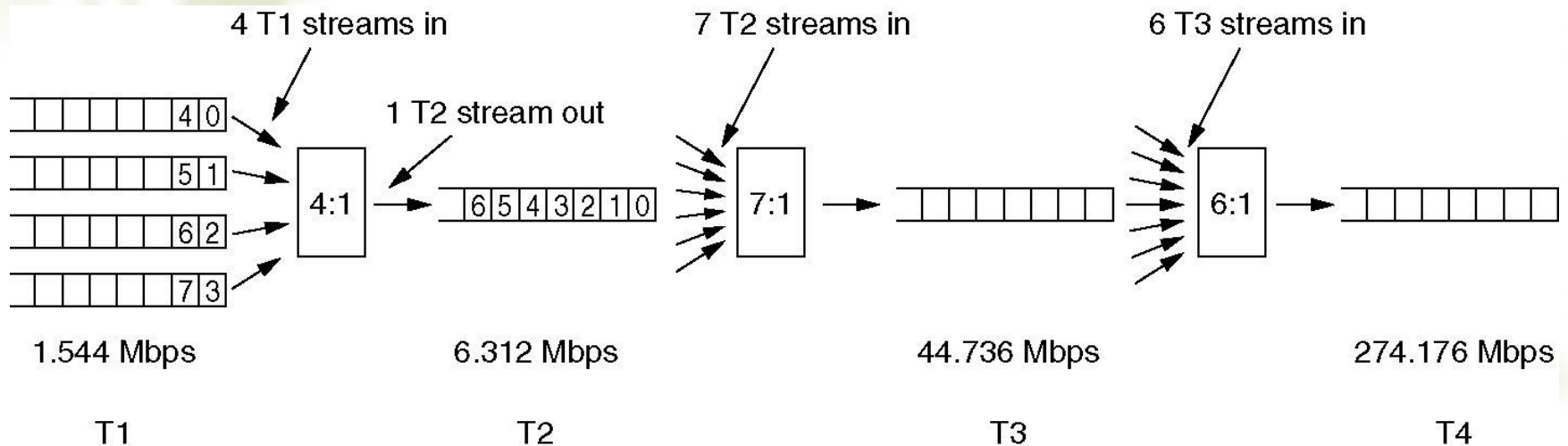
PSTN-T1信道



The T1 carrier (1.544 Mbps). 共24路语音

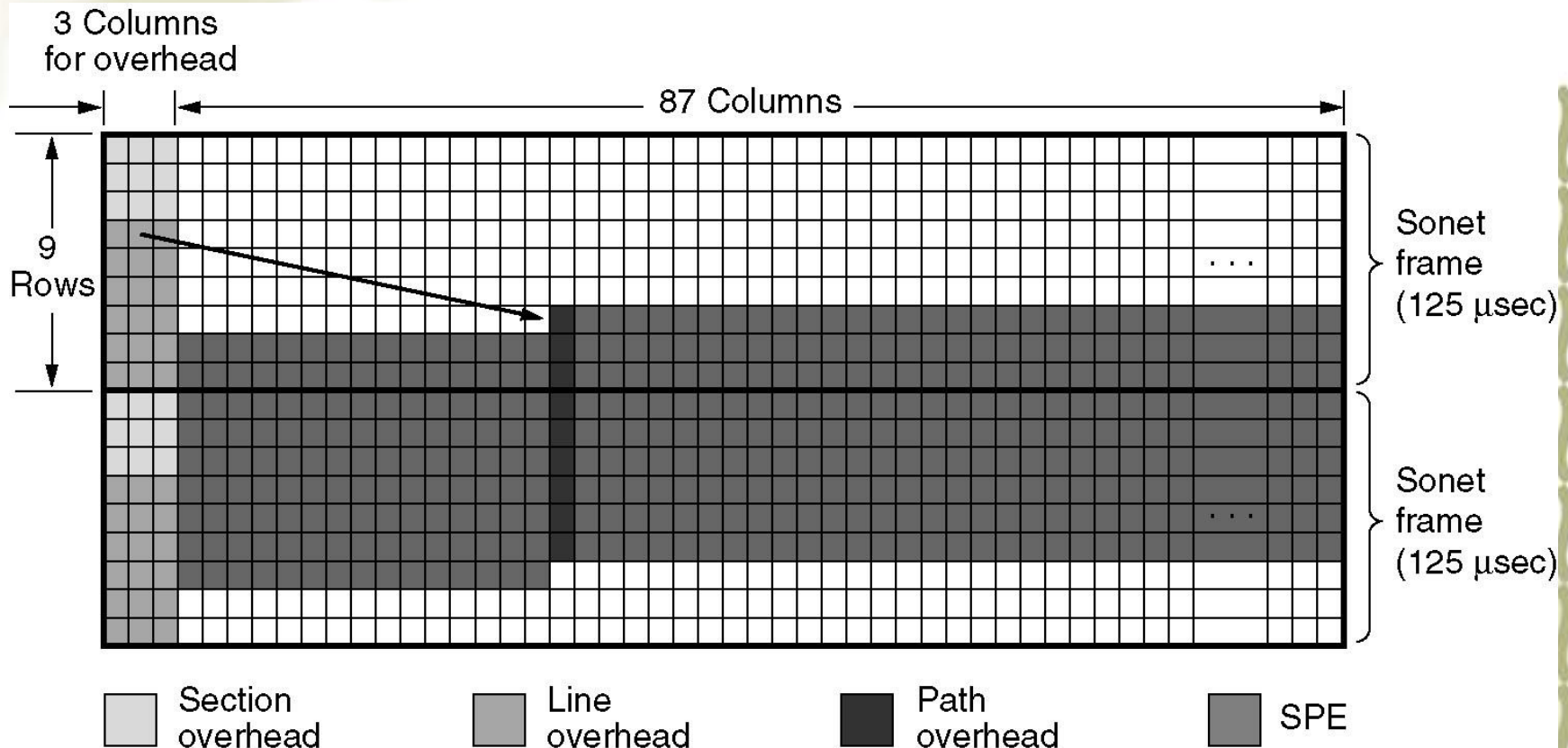
Time Division Multiplexing

PSTN (6)



Multiplexing T1 streams into higher carriers.

PSTN-SONET STS-1



SONET (Synchronous Optical Network)

STS-1: Two back-to-back SONET frames, 774路语音 (86*9)

PSTN-SONET标准

SONET		SDH	Data rate (Mbps)		
Electrical	Optical	Optical	Gross	SPE	User
STS-1	OC-1		51.84	50.112	49.536
STS-3	OC-3	STM-1	155.52	150.336	148.608
STS-9	OC-9	STM-3	466.56	451.008	445.824
STS-12	OC-12	STM-4	622.08	601.344	594.432
STS-18	OC-18	STM-6	933.12	902.016	891.648
STS-24	OC-24	STM-8	1244.16	1202.688	1188.864
STS-36	OC-36	STM-12	1866.24	1804.032	1783.296
STS-48	OC-48	STM-16	2488.32	2405.376	2377.728
STS-192	OC-192	STM-64	9953.28	9621.504	9510.912

线路数

774路

774*3路

⋮

774*192路

SDH (欧洲, 中国) 和SONET(北美)类似, 都是125微秒一帧, 只是每一帧容纳的数据多了。

PSTN—SDH

(Synchronous Digital Hierarchy)

64kbit/s 零次群 DS0

E1-2.048Mbit/s 32个时隙 一次群

T1-1.544Mbit/s 24个时隙 一次群 DS1

E2 二次群 8.448Mbit/s DS2

E3 三次群 34M DS3

E4 四次群 144M DS4

SDH的基本帧单位是 STM-1 (Synchronize transfer module)
=155M

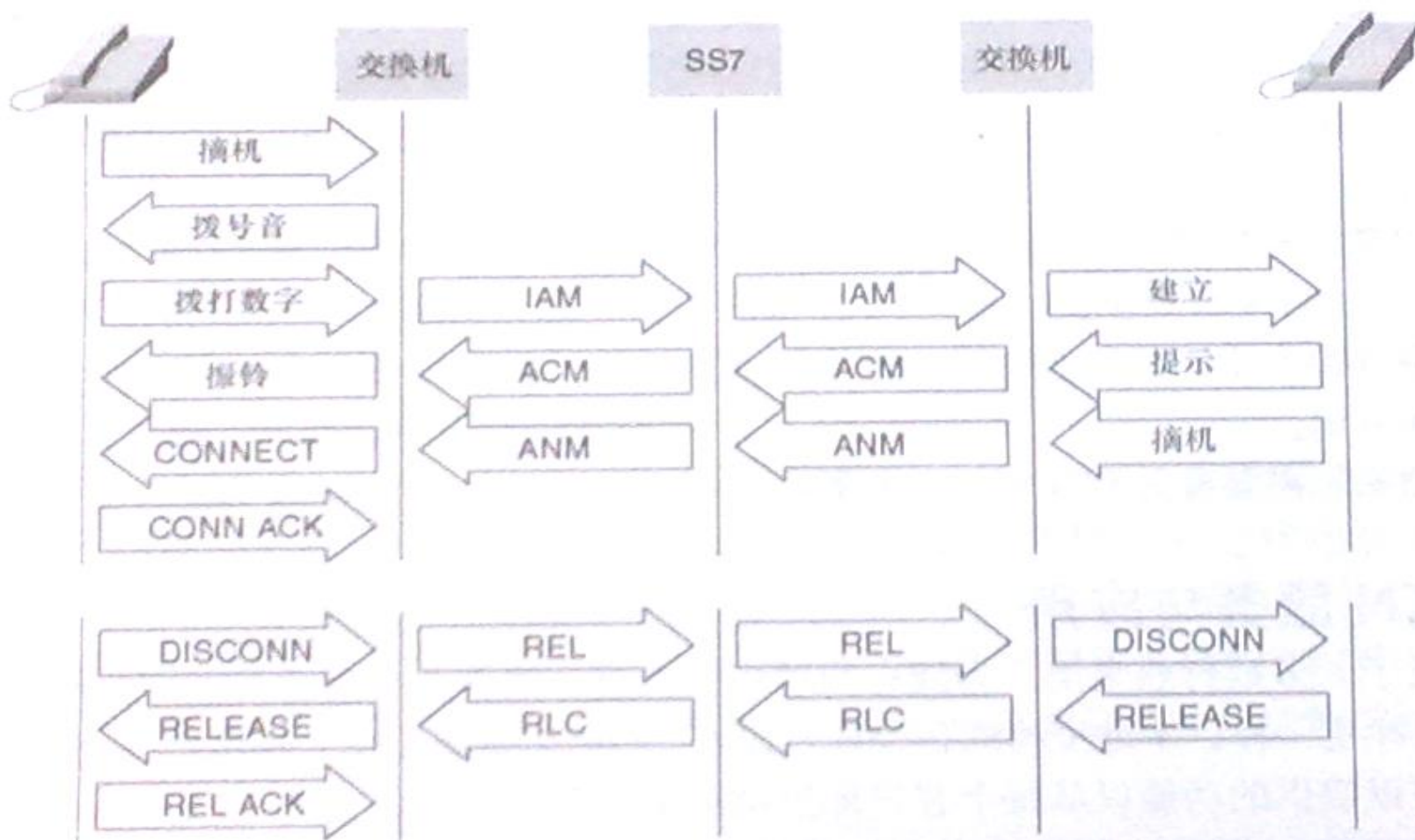
SONET的基本帧单位是 STS-1=54M =OC-1(optical carrier)

所以 STM-1=OC-3=3*STS-1=3*OC-1

STM-4=622M=OC-12

STM-16=2.5G=OC-48

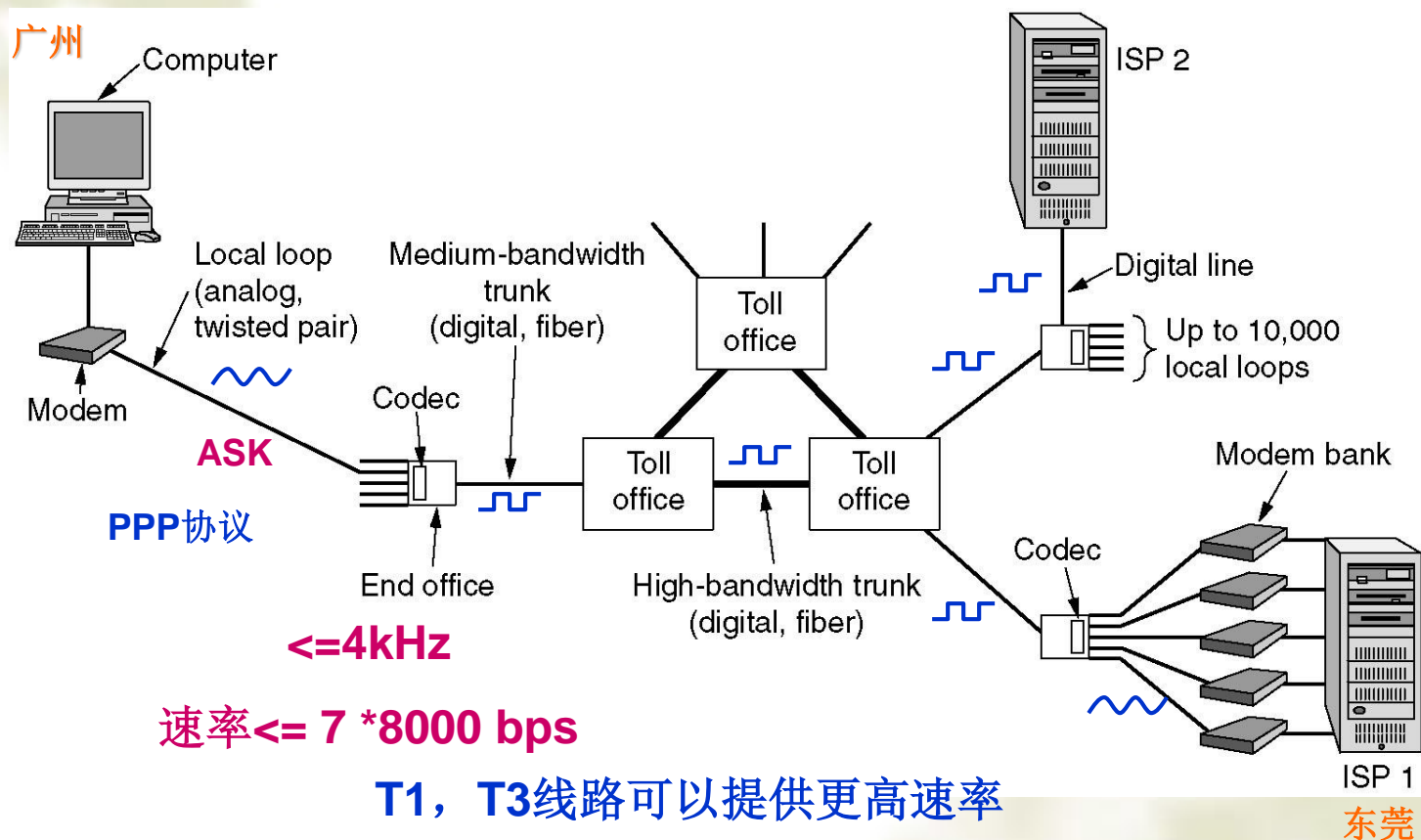
SS7



到祖母家的电话呼叫流程

MODEM

(modulation and demodulation)



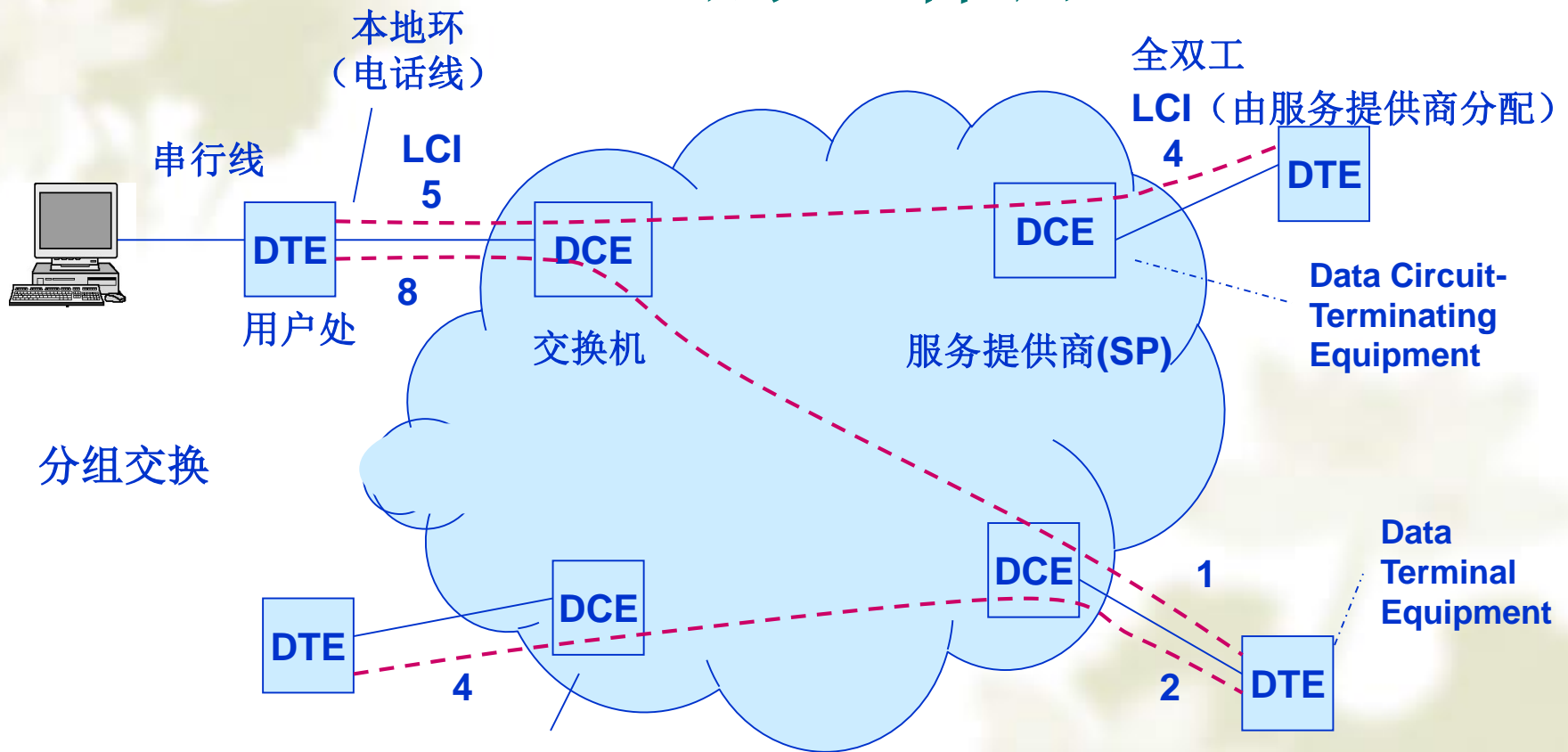
The use of both analog and digital transmissions for a computer to computer call.¹⁵
Conversion is done by the modems and codecs.



X.25

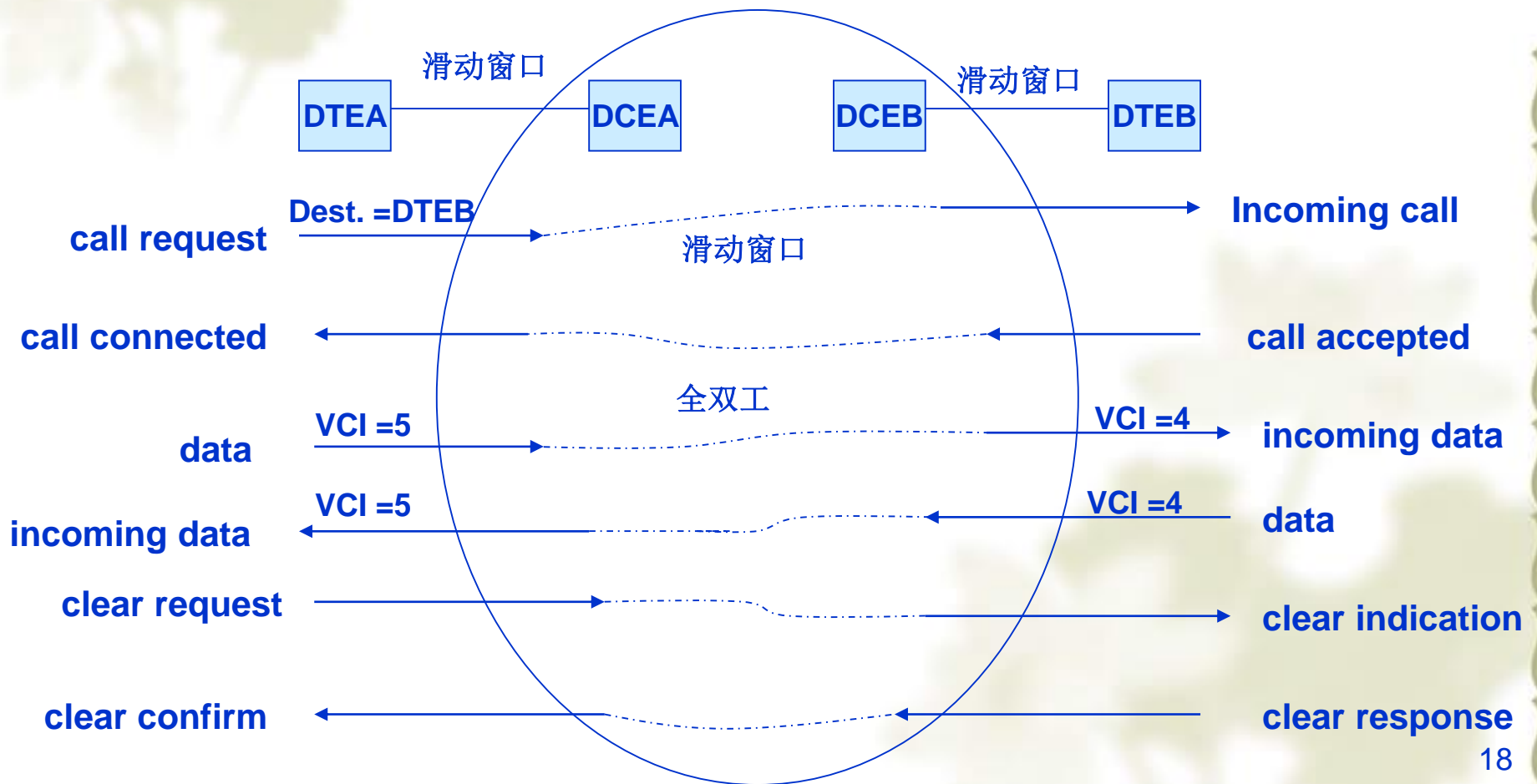
中山大学计算机系
张永民
2009年12月21日

X.25的工作原理

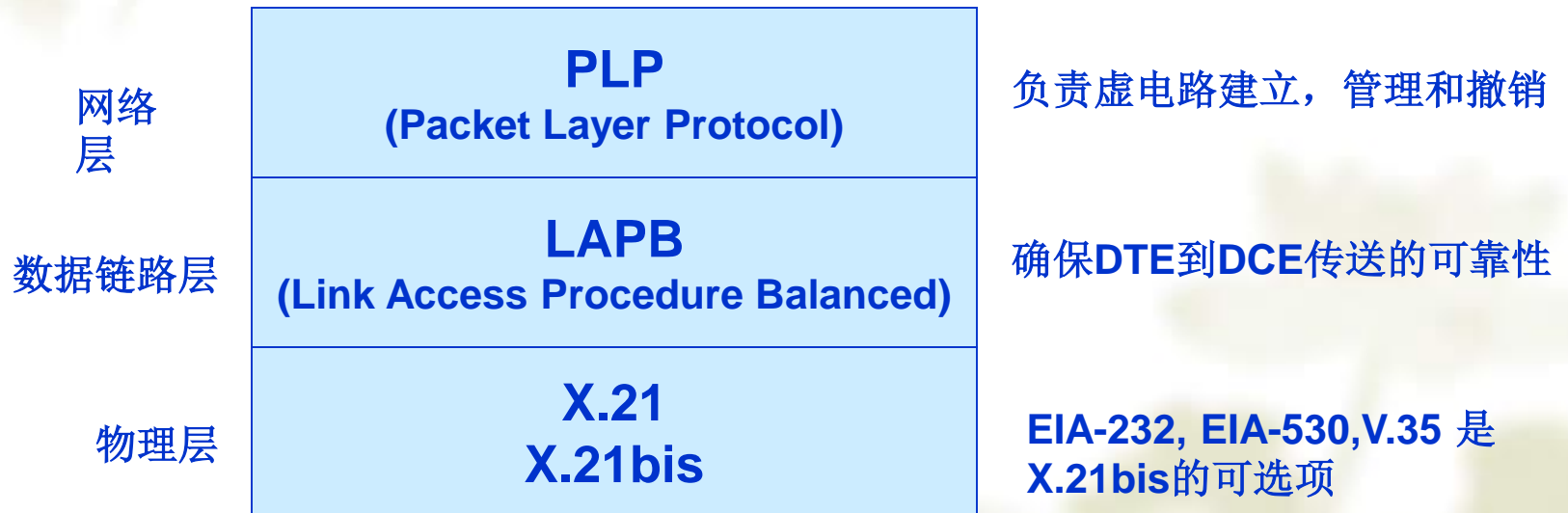


- 通过虚拟呼叫服务，X.25的每条物理链路(DTE-DCE)可以多路复用多条虚电路，物理链路中的虚电路采用**LCI(Logical Channel Identifier)** 唯一标识。LCI局部于线路。 17

X.25的虚电路



X.25的协议



X.25的分组

Q	D	0	1				
LCI							
P(R)			M	P(S)			0
User Data							

- **P(R)**和**P(S)**分别为接收序号(确认号)和发送序号（序号可扩展到7位）。
- **M(More)**指出是否还有数据。
- **Q(Qualifier)**指出是数据还是响应。
- **D(Deliver Confirmation)**用于确认。



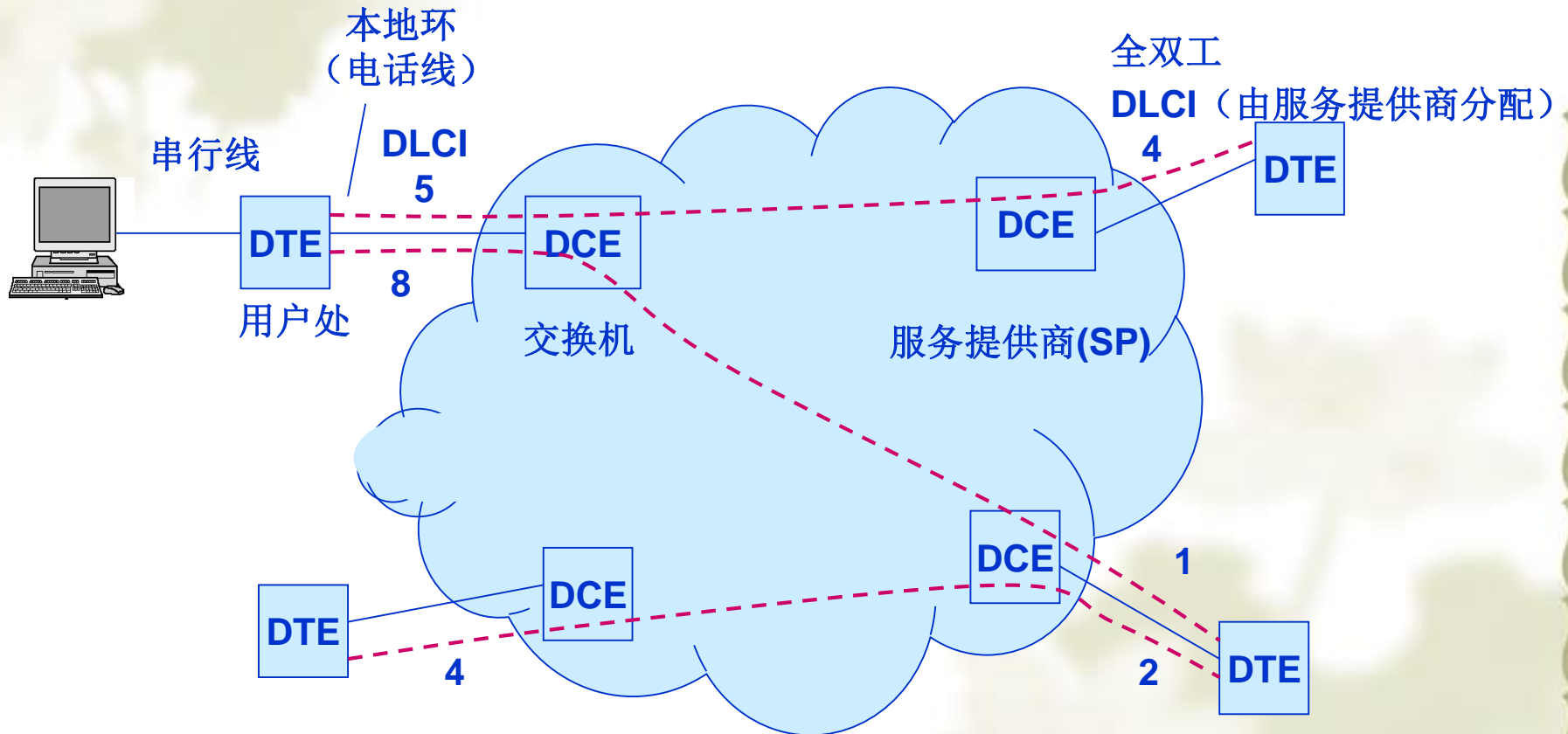
帧中继 (frame relay)

中山大学计算机系
张永民
2009年12月20日

帧中继概述

- ❖ 由于线路质量的改进，网络的出错率降低了，有必要去除**X.25**提供的错误检查和流控制功能以提高效率，帧中继就是在这个背景下出现的。
- ❖ **X.25**工作在网络层，采用分组交换(**packet-switching**)；帧中继工作在数据链路层，只转发帧(**frame**)。
- ❖ 帧中继提供了简单的拥塞控制方法和承诺数据速率(**CIR**)服务。

工作原理

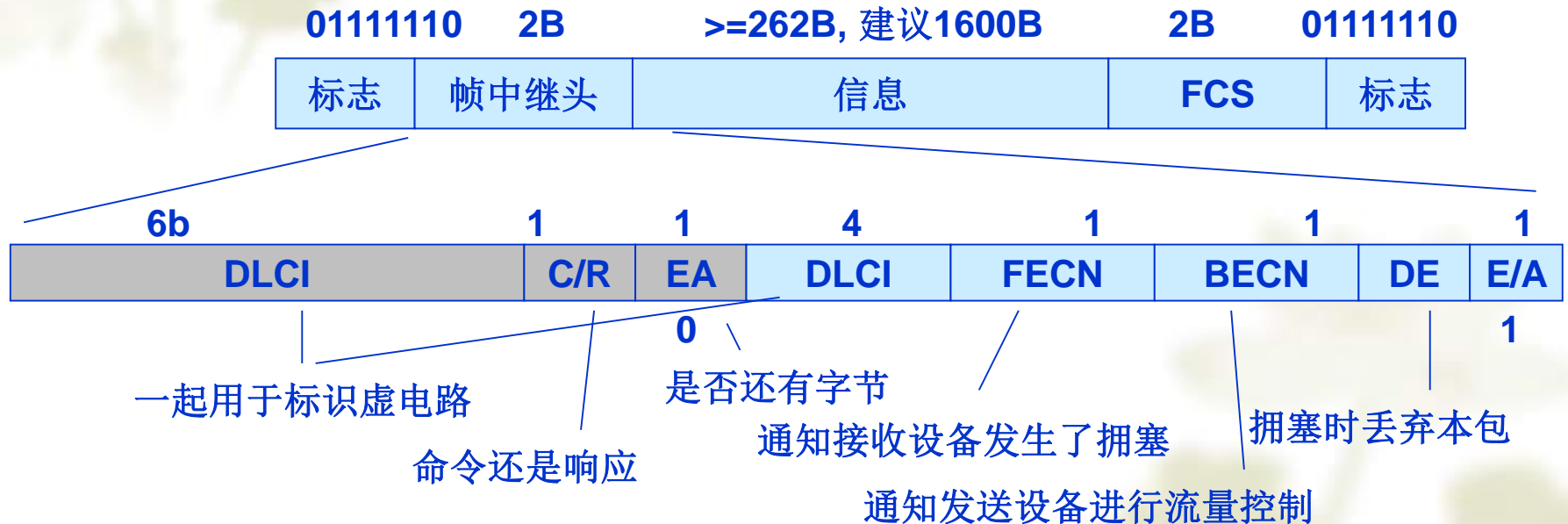


DLCI (Data Link Connection Identifier) : 数据链路连接标识符。

DCE: Data Circuit-Terminating Equipment **DTE:** Data Terminal Equipment

DTE/DCE的接口标准: EIA/TIA-232、X.21、EIA/TIA-449、V.24、V.35、HSSI等。

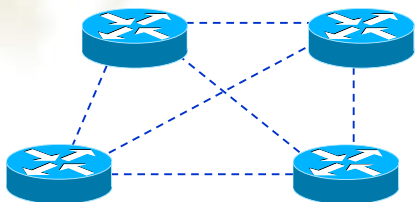
帧中继的帧格式



**Extended Address, Forward-Explicit Congestion Notification
Backward-, Discard Eligibility**

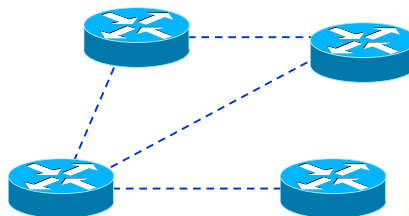
帧中继拓扑

❖ 全网状(fully-meshed)



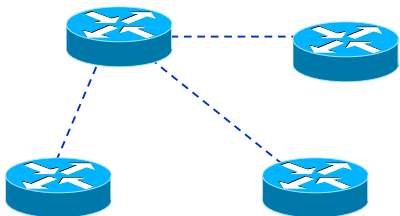
任何两个节点之间均有虚电路连接。

❖ 部分网状(partly-connected)



有些节点之间没有虚电路连接。

❖ 星状拓扑(star-connected)



每个节点与中心节点之间均有虚电路连接。路由协议可以通过中心节点转发进行路由交换。

帧中继虚电路

- ❖ 每条虚电路都用本地唯一的**DLCI**进行标识。
- ❖ **DLCI** 通常由服务提供商分配。
- ❖ 每条虚电路为全双工通信。
- ❖ 帧中继一般采用永久虚电路(**PVC**)方式。线路或者空闲或者在进行数据传输，不需要建立连接。
- ❖ 帧中继采用交换虚电路(**SVC**)方式需要加入呼叫建立和呼叫终止过程。**DLCI 0**用于此目的(传送**SVC**配置和控制信令)。
- ❖ **DLCI**的分配：

0	LMI(ANSI,ITU)
16-1007	帧中继(PVC)
1019-1022	多播
1023: LMI(Cisco)	其它保留

帧中继信令

- ❖ 帧中继采用**LMI (Local Management Interface)** 信令协议在**DTE**和**DCE**之间交换增加**PVC**信息、删除**PVC**信息、**PVC**错误报告和**Keepalive**信息。
- ❖ **LMI**有三种可选择类型：**ansi**、**q.933**、**cisco**。
- ❖ **DTE**和**DCE**必须采用相同的**LMI**类型。这可以静态设置，也可以用**LMI**自动感知设定。
- ❖ 由帧中继接入设备(**DTE**端)向网络(**DCE**)发出状态查询帧，请求短状态帧或长状态帧。网络回复的短状态帧只包含一个顺序号(**keepalive**)，长状态帧包含一个序号、端口上当前配置的**PVC**状态和事件通知。事件通知包括一个或多个**PVC**增加、删除、失效和修改操作的信息。
- ❖ **LMI**还提供全局寻址（让**DLCI**具有全局意义）、周期性地报告虚电路状态和多播功能。
- ❖ 短状态查询**10**秒一次，长状态查询的频度为**6**，即**6**倍的短状态间隔，要求的查询响应时间为**15**秒，超过预期的查询数则生成一个警告。

帧中继拥塞控制

- ❖ 帧中继通过实现简单的拥塞控制机制，来降低网络的额外开销。
- ❖ 帧中继网络通过承诺信息速率(**Committed Information Rate, CIR**)为关键的数据流提供有保证的吞吐率。
- ❖ 承诺信息速率为网络服务提供上承诺的平均数据速率(**bps**)。
- ❖ 为了应付突发数据，在**CIR**之上定义了承诺突发量(**Committed burst size, Bc**)量和过度突发量(**Excess burst size, Be**)。
- ❖ 在时间 $T=Bc/CIR$ 内，在**CIR**之上允许超出**Bc**的突发数据量，超出的帧将被设置可丢弃指示位**DE**，而超出**Bc+Be**而且**DE**为1的帧为过度突发量，将被丢弃。

- ❖ 当源**DTE**向网络(**DCE**)发送数据帧时出现拥塞，**DCE**就设置**FECN**为1。当该帧到达目的地的**DTE**时，如果**FECN**为1，则表示从源**DTE**到目的**DTE**的路径上经历了拥塞。更高层协议可以启动流量控制程序。
- ❖ 当目的**DCE**发现反方向出现了拥塞，则向目的**DTE**发送的数据帧时设置**BECN**为1。目的地的**DTE**将此情况通告给更高层，更高层协议可以启动流量控制程序。



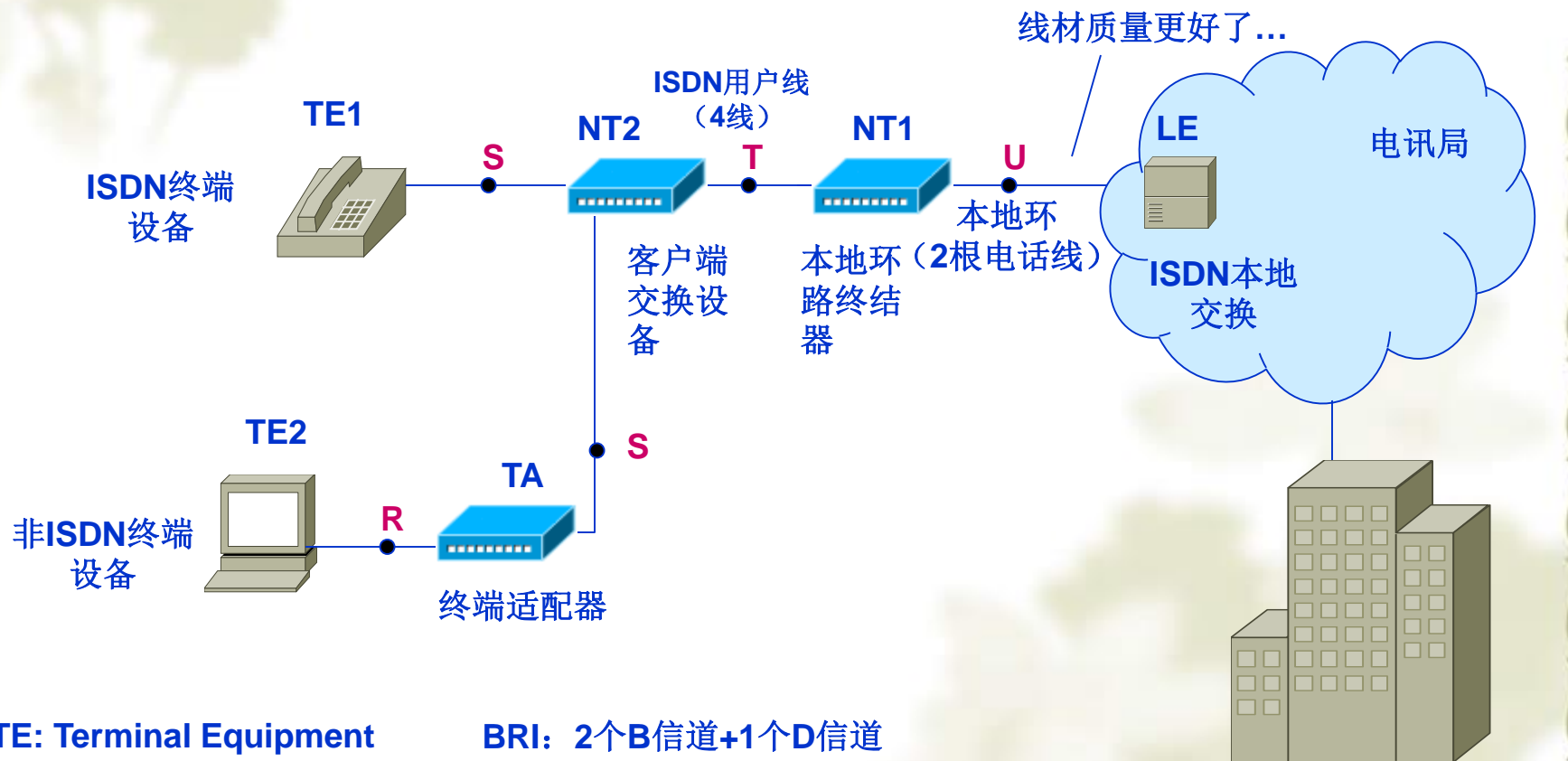
ISDN

Integrated Service Data Network

中山大学计算机系
张永民
2009年12月21日



ISDN工作原理



TE: Terminal Equipment

TA: Terminal Adaptor

NT: Terminal Adaptor

BRI: 2个B信道+1个D信道

PRI: 23个B信道+1个D信道 (北美和日本)

B信道-64Kbps, (传送数据和语音)

D信道-16Kbps(传送控制信息和信令)

BRI: Basic Rate Interface

PRI: Primary Rate Interface

ISDN信道和接口

❖ B信道

承载业务信道，以**64Kbit/s**的速率传输语音和数据。

❖ D信道

承载数据信道，用于带外信令和网络消息的传输，如呼叫发起和撤除。

❖ ISDN接口

(1) **基本速率接口(Basic Rate Interface, BRI)**: 使用两个**64kbit/s B**信道和一个**16kbit/s D**信道，加上**48kbit/s**的成帧和同步位，总共**192kbit/s**。

(2) **主要速率接口(Primary Rate Interface, PRI)**:

北美和日本使用**23个64kbit/s B**信道和一个**64kbit/s D**信道，再加上**8kbit/s**的成帧和同步位，总共**1.544Mbit/s (T1)**。

在欧洲和其它地方使用**30个64kbit/s B**信道和一个**64kbit/s D**信道，再加上**64kbit/s**的成帧和同步位，总共**2.048Mbit/s (E1)**。

ISDN终端设备

ISDN终端设备和网络端接设备都称为功能组，用于用户端设备(custom premises equipment, CPE)接入ISDN网络。

- ❖ **TE1(Terminal equipment 1)**
自带ISDN接口的设备，可以连接到NT1和NT2。如：带有ISDN接口的路由器或数字电话。
- ❖ **TE2(Terminal equipment 2)**
不带ISDN接口的设备，需要连接到终端适配器TA。如：普通电话。
- ❖ **TA(Terminal adaptor)**
把TE2设备的V.35或EIA/TIA-232模拟/数字信号转换为ISDN兼容的信号。
- ❖ **NT1(Network Termination1)**
连接4线CPE线路和2线本地环路的转换设备。
- ❖ **NT2(Network Termination2)**
执行交换和汇聚的设备，指导不同用户设备和NT1之间的流量往来。

ISDN参考点

参考点(Reference Point)是功能组之间连接的方式。

❖ U(user)

NT1和运营商ISDN网络之间的接口。

❖ T(terminal)

NT1和NT2之间的接口。

❖ S(system)

NT2和TE1或TA1之间的接口。

❖ R(rate)

非ISDN接口(TE2)和TA之间的接口。

❖ S/T参考点

TE1或TA与NT1之间的接口。没有NT2时使用。

ISDN协议

	B信道	D信道
网络层	IP, IPX AppleTalk	DSS1(Q931)
数据链路层	HDLC, PPP FR, LAPB	LAPD (Q921)
物理层	I.430, I431 ANSI T1.601	



ATM

(Asynchronous Transfer Mode)

中山大学计算机系
张永民
2009年12月21日

ATM的出现

- ❖ **ATM**出现在**1980**年代末和**1990**年代初。
- ❖ **ATM**是异步传输模式的简称。
- ❖ **ATM**是一种高速交换技术，它被设计在**155Mbps**或更高速度的链路上运行。
- ❖ **ATM**提供**QoS(Quality of Service)**。
- ❖ **B-ISDN(Broadband-ISDN)** 建立在**ATM**之上。

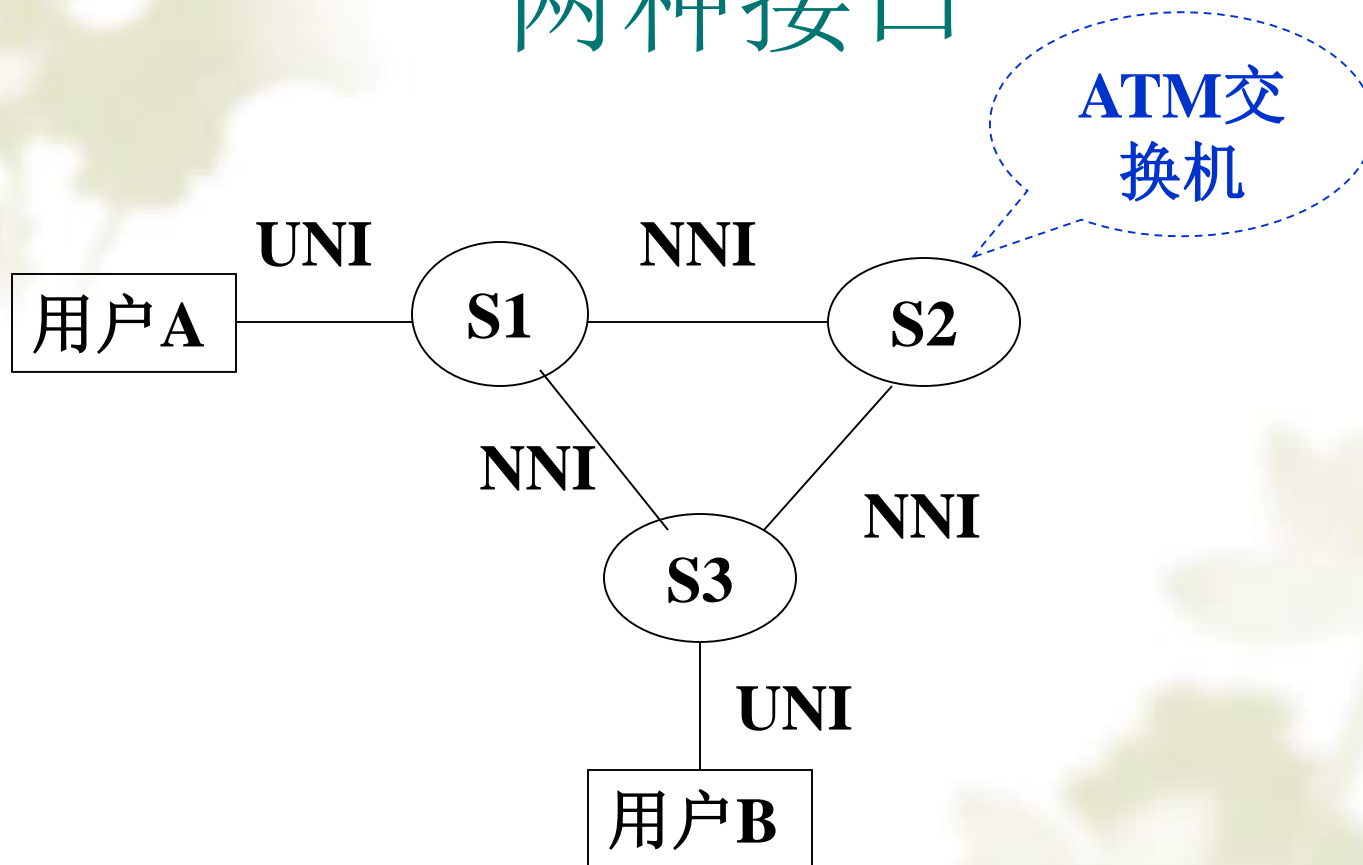
ATM提供的服务

- ❖ 位速率为常量的应用(比如电话)
- ❖ 位速率可变的实时应用(比如压缩的视频会议)
- ❖ 位速率可变的非实时应用(比如通过**Internet**看电影)
- ❖ 最大可用位速率的应用(比如文件传输)

ATM的信元

- ❖ **ATM**采用固定长度的分组，称为信元。
- ❖ 信元长度确定为**53B**，即**48B**的有效负载加上**5B**的头部。
- ❖ 信元的长度的确定：
 - (1) 太长：声音产生抖动。
 太短：带宽的利用率问题；
 分组多,处理时间长。
 - (2) 可变长度：分组处理时间不确定
 输出空闲
 不易于硬件实现
 不易于实现并行处理
 - 固定长度：填充问题。

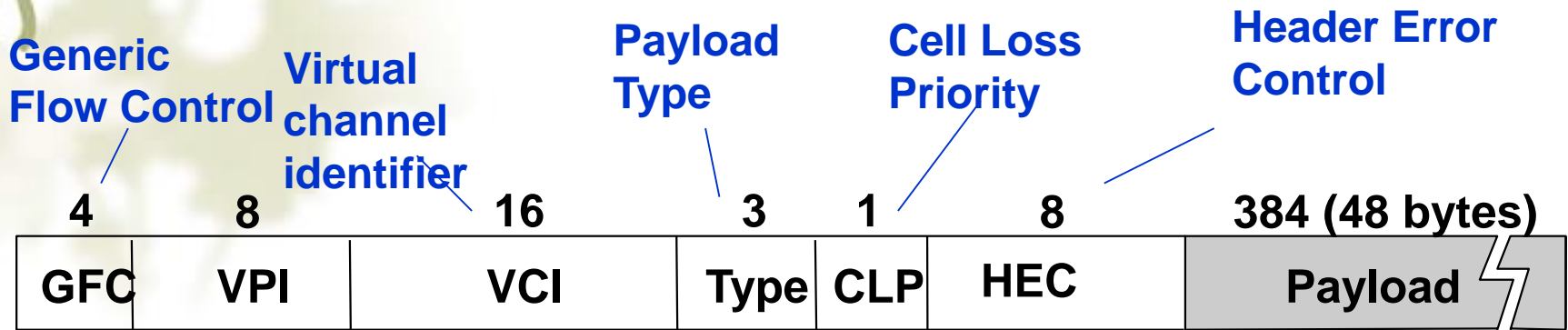
两种接口



UNI - User-Network Interface

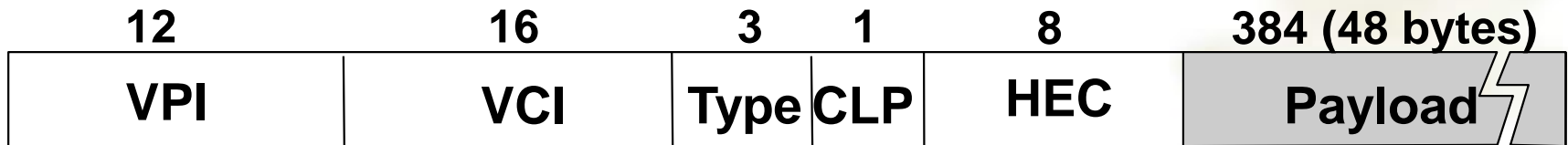
NNI - Network-Network Interface

两种ATM信元



UNI 信元格式

Virtual Path Identifier



NNI 信元格式

Type: abc三位

a = 0: 用户数据

a = 1: 管理数据

b = 0 无拥塞

b = 1 有转发拥塞
if a = 0

c = 0 中间信元

c = 1 最后信元(AAL5的一帧)
if Payload is AAL5

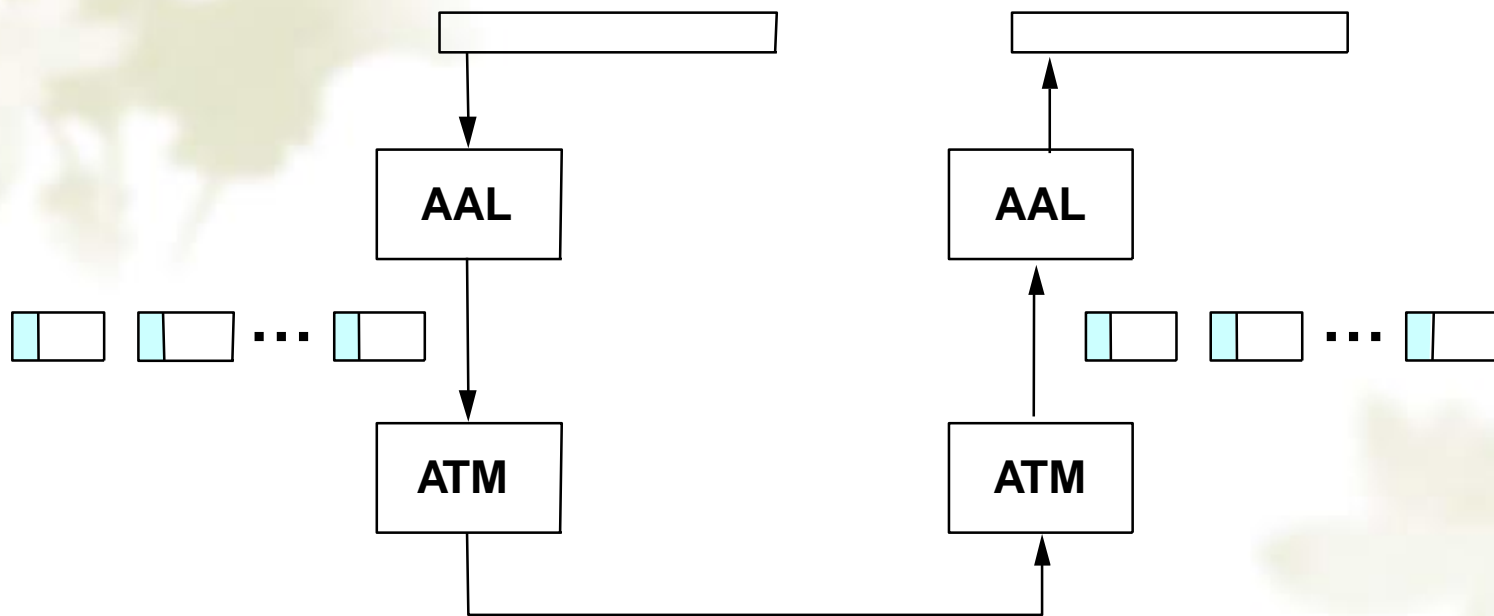
Cell Loss Priority=1: discarded above CIR

HEC: 8-bit CRC, polynomial = $X^8 + X^2 + X + 1$)

分段与重组

ATM适配层(ATM Adaptation Layer, AAL):

- **AAL1,AAL2** 支持声音服务。
- **AAL3** 面向连接的分组服务
- **AAL4** 无连接的分组服务
- **AAL3/4** AAL3和AAL4的合并
- **AAL5** 对AAL3/4的改进



分段与重组

AAL3/4

8	8	16	< 64 KB	0-24b	8	16	
CPI	Btag	BASize	User data	Pad	0	Etag	Len

版本
=0

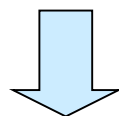
开始
标志

重组缓冲区
的大小

PDU

结束
标志

PDU长度



拆分成许多44B的分组

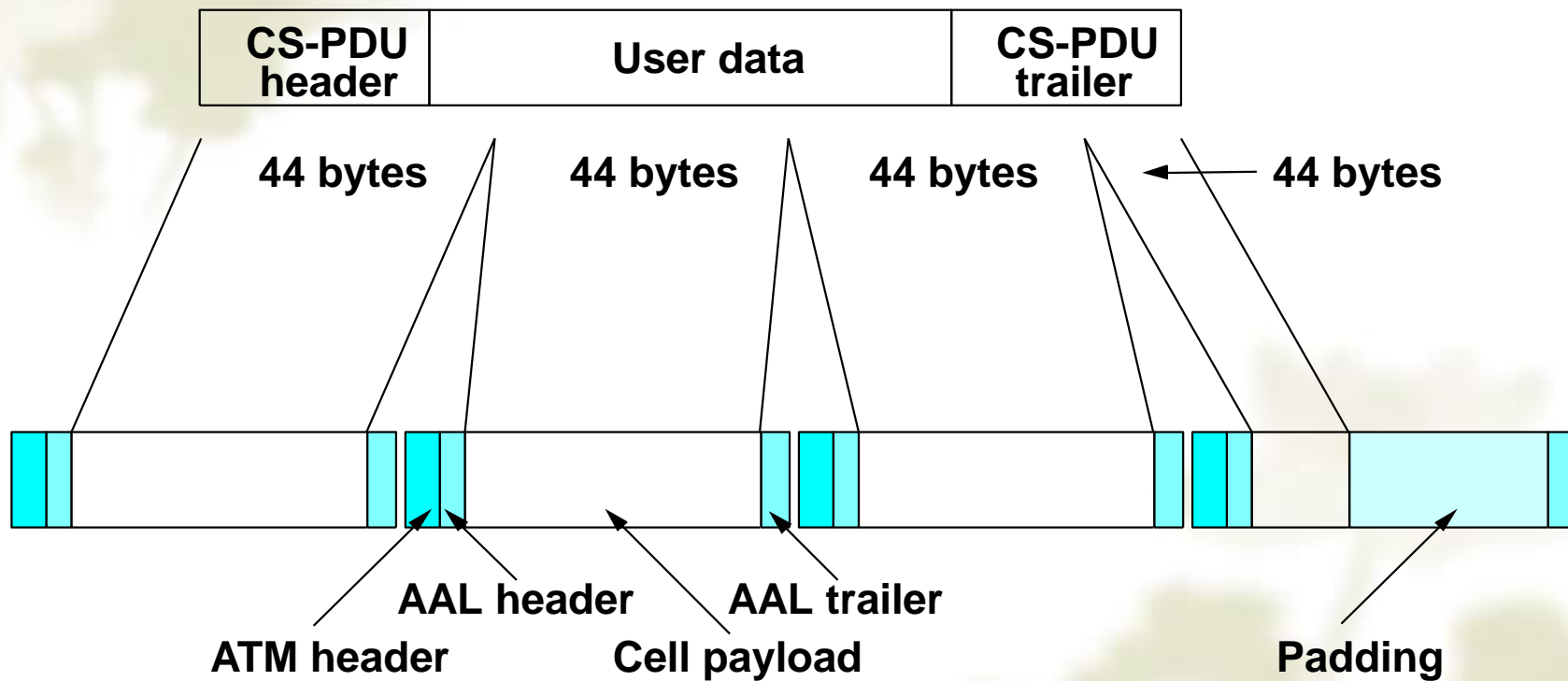
40	2	4	10	352 (44 bytes)	6	10
ATM header	Type	SEQ	MID	Payload	Length	CRC-10

10-消息开始BOM
00-消息继续COM
01-消息结束EOM
11-单段消息SSM

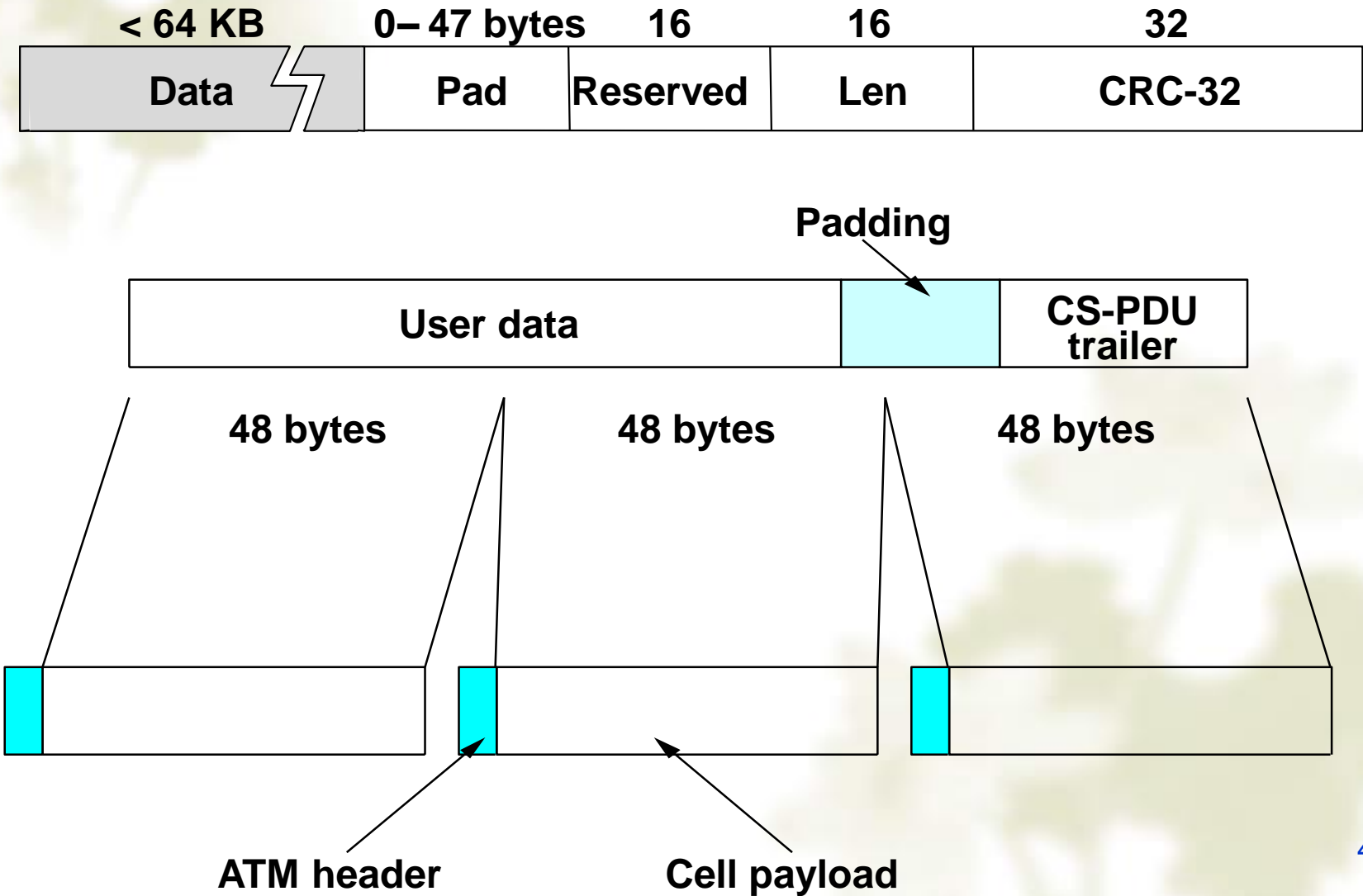
序号：用
来发现信
元的丢失
和重复

多路标识符：
用来在一个
单独的连接
上复用多个
PDU。

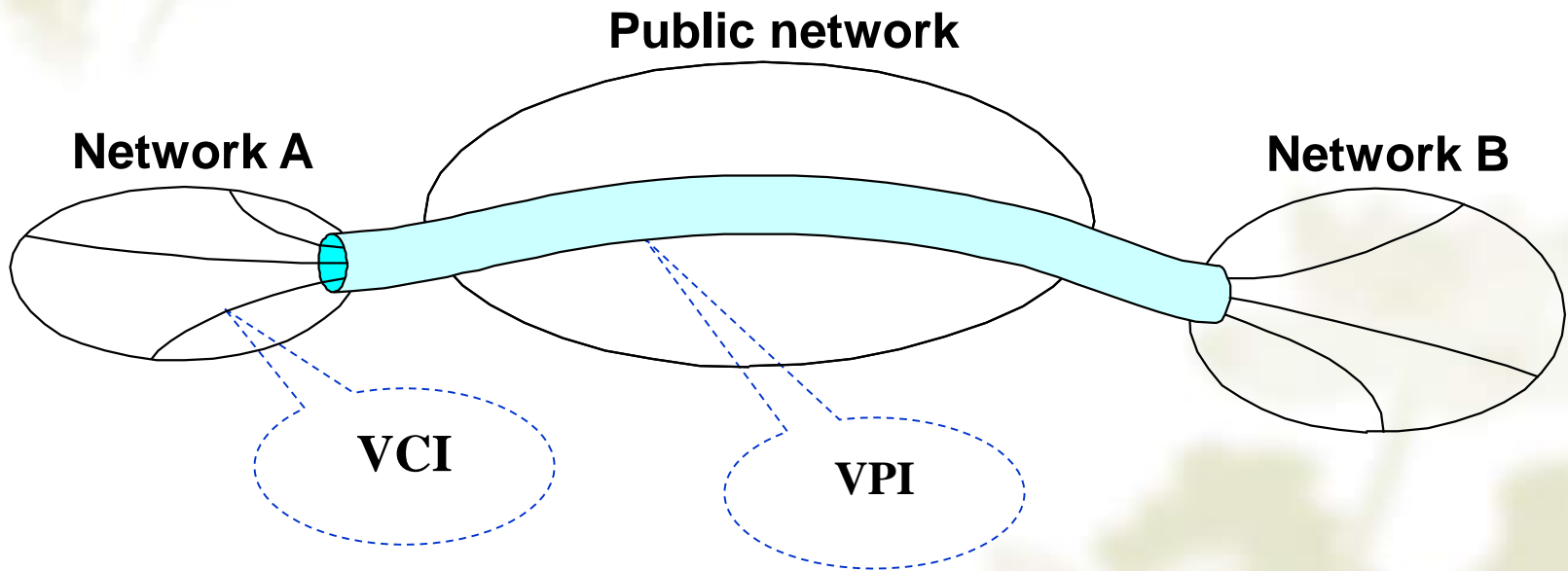
只有最后一个分组需
要给出Length，其
它均为44，不需要给
出。



AAL5

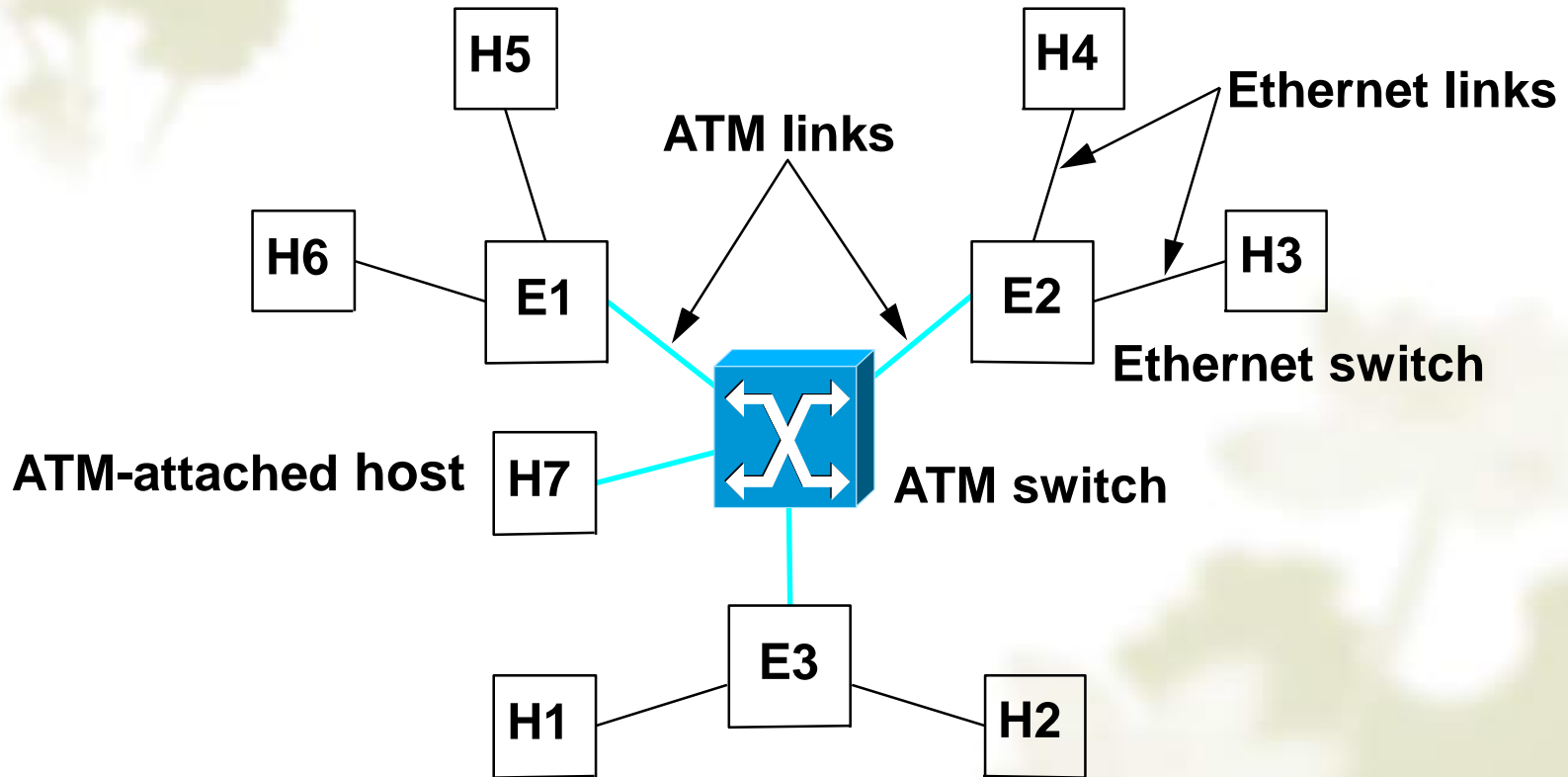


虚通道VCI和虚通路VPI

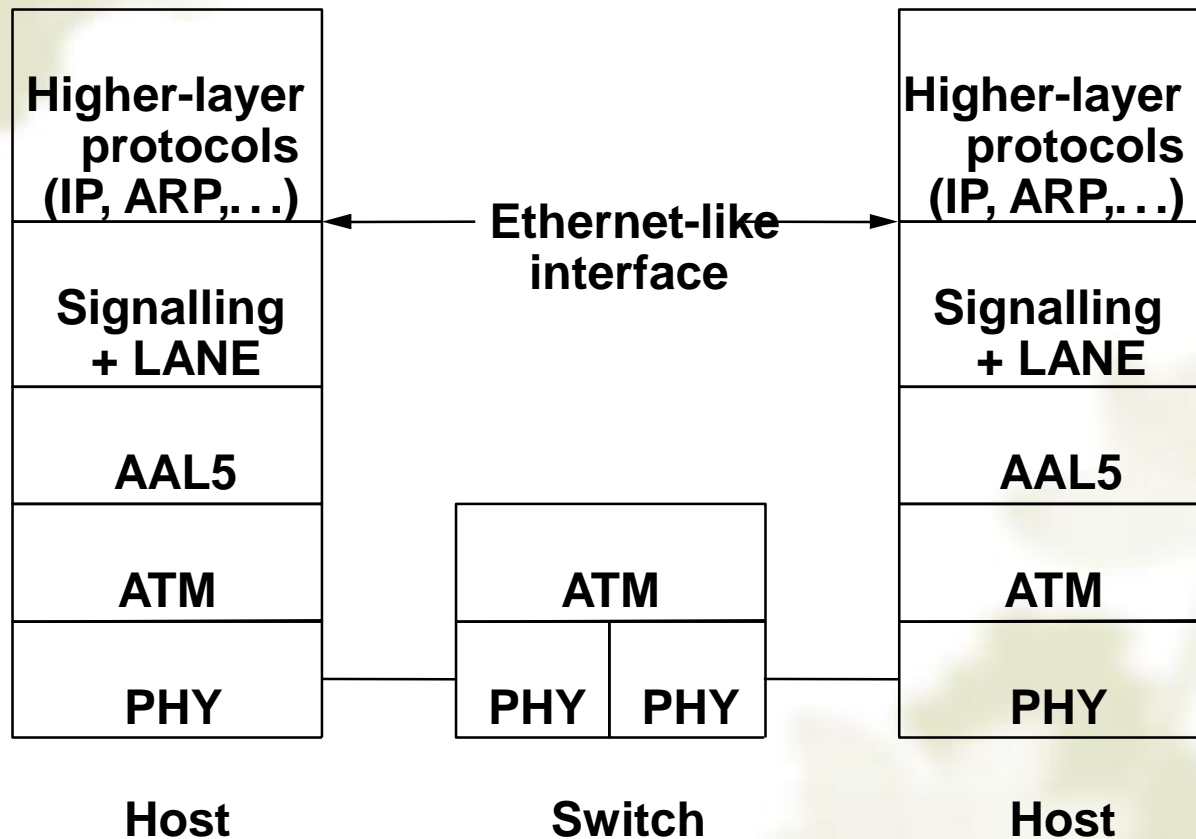


VCI+VPI一起形成虚电路标识(VCI)。

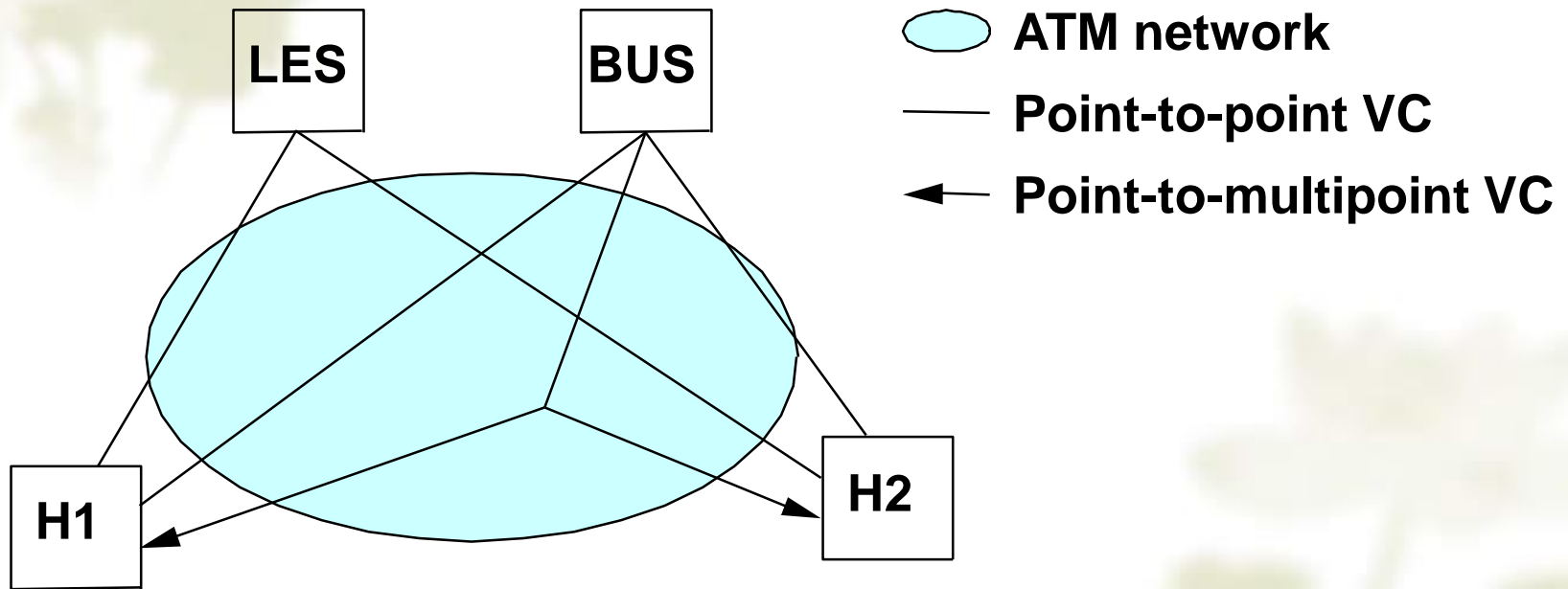
ATM作为一个LAN的主干网



LAN仿真中的协议层



ATM仿真LAN



- **LAN仿真配置服务器(LECS):** LES的ATM地址,仿真LAN类型, 分组最大长度。
- **LAN仿真服务器(LES):** 有BUS的ATM地址。
- **广播和未知服务器(BUS):** 有到所有客户机的虚电路（点到多点）。

阳光交换机

