

# 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) 存储区域网SAN (Storage Area Network)

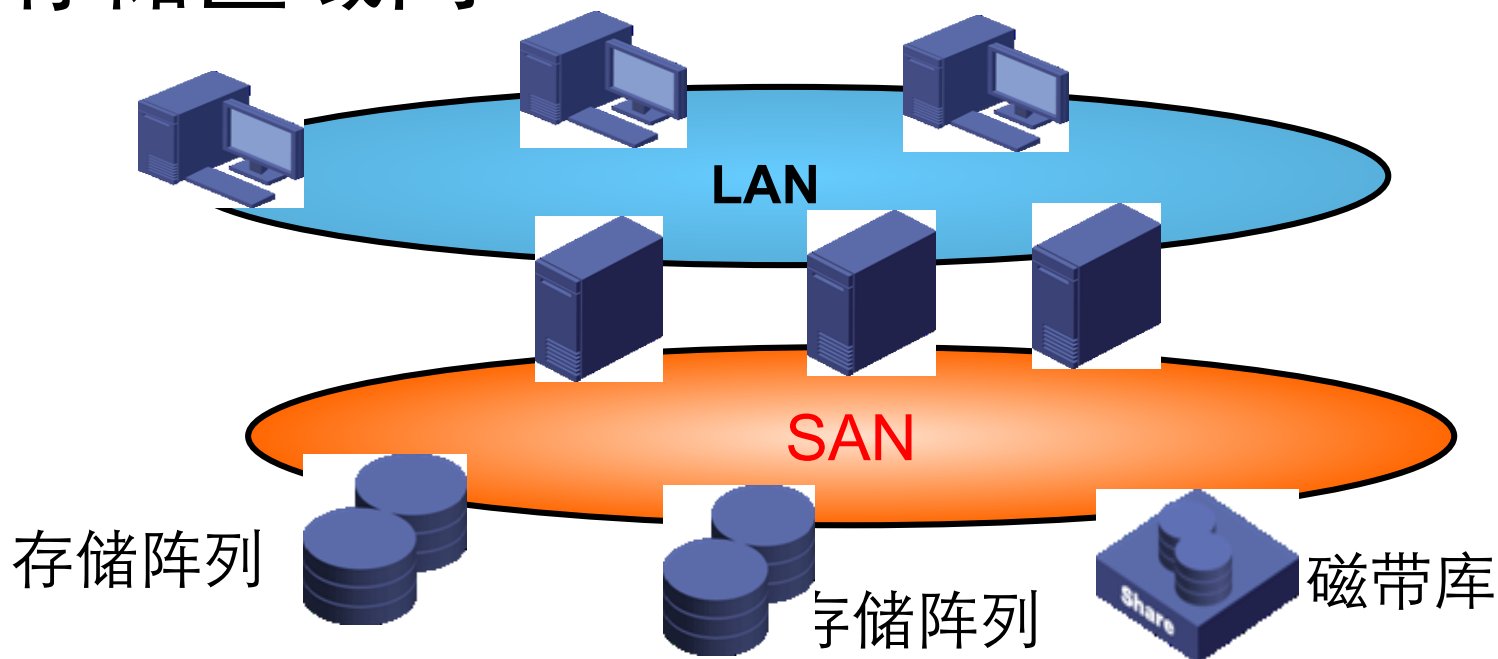
## 1、基本概念

SAN是一种利用FC等互连协议连接起来，可以在**服务器与存储设备**之间以及**存储设备与存储设备**之间直接传送数据的网络。

是一种在服务器和外部存储资源或独立的存储资源之间实现高速可靠访问的**专用网络**。

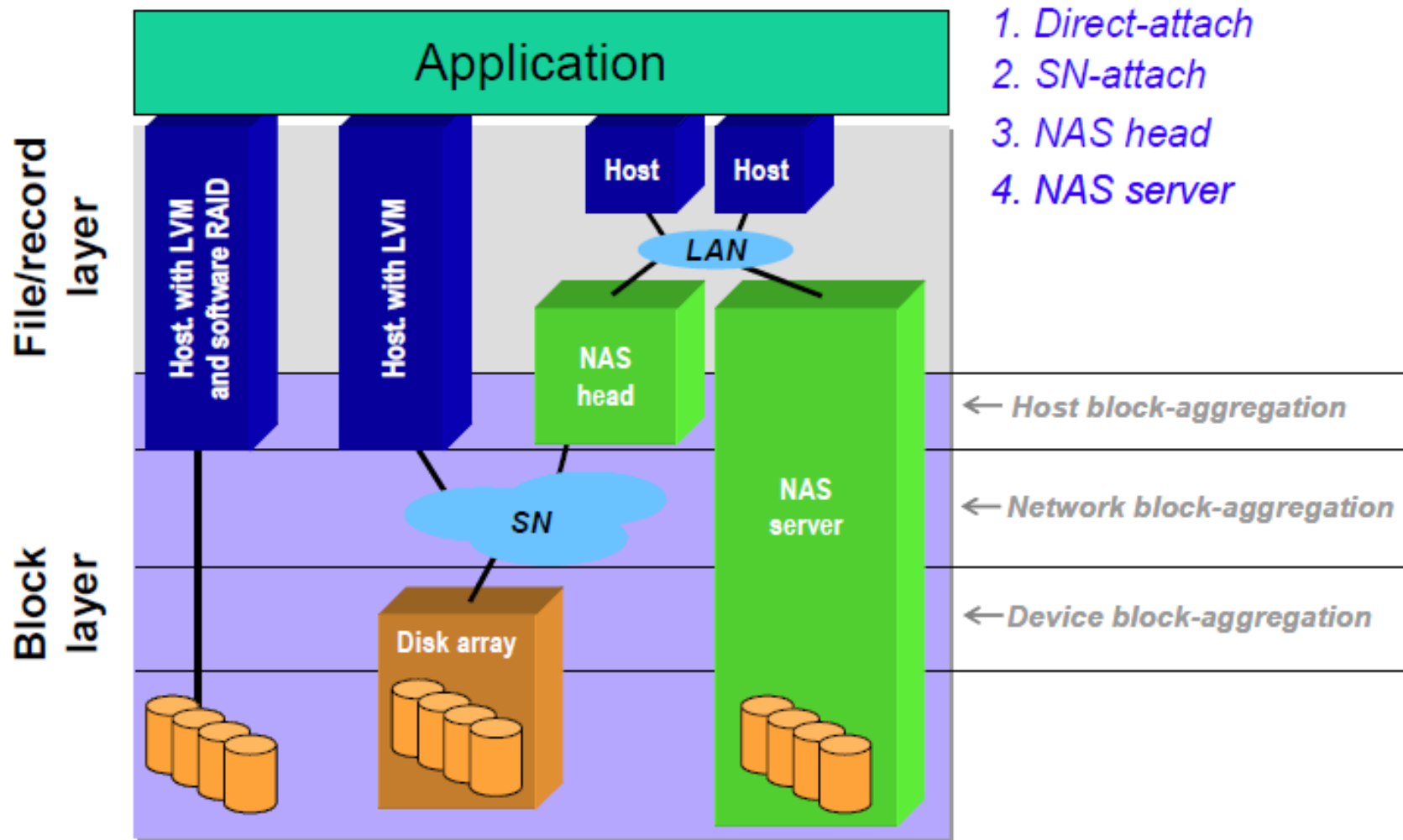
SAN 采用可扩展的网络拓扑结构连接服务器和存储设备，每个存储设备不隶属于任何一台服务器，所有的存储设备都可以在全部的网络服务器之间作为**对等资源共享**。

# SAN存储区域网



## 特点:

- 计算（主机）、传输（交换机）、存储（RAID/Tape）分离
- 主机可以访问任何存储设备，存储设备之间可以互访
- 主机、存储设备可以独立扩展



# 基于网络的SCSI

- SCSI允许连接设备数量较少

- SCSI连接设备距离非常有限

如何解决



基于网络的SCSI

FC SAN

IP SAN

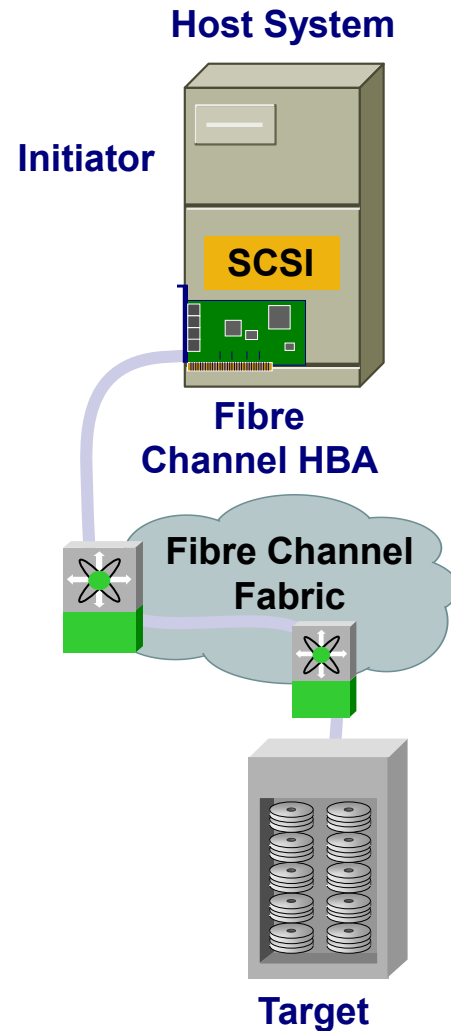
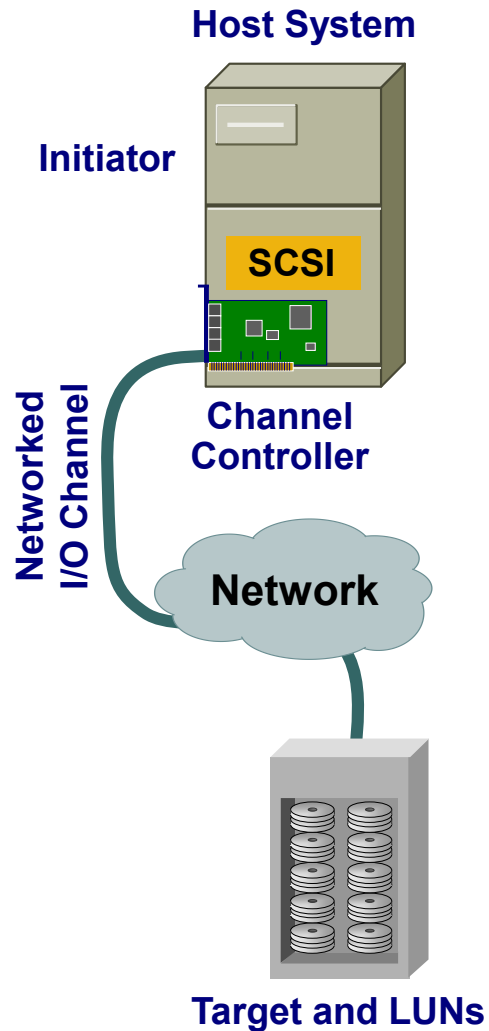
FCP

iSCSI

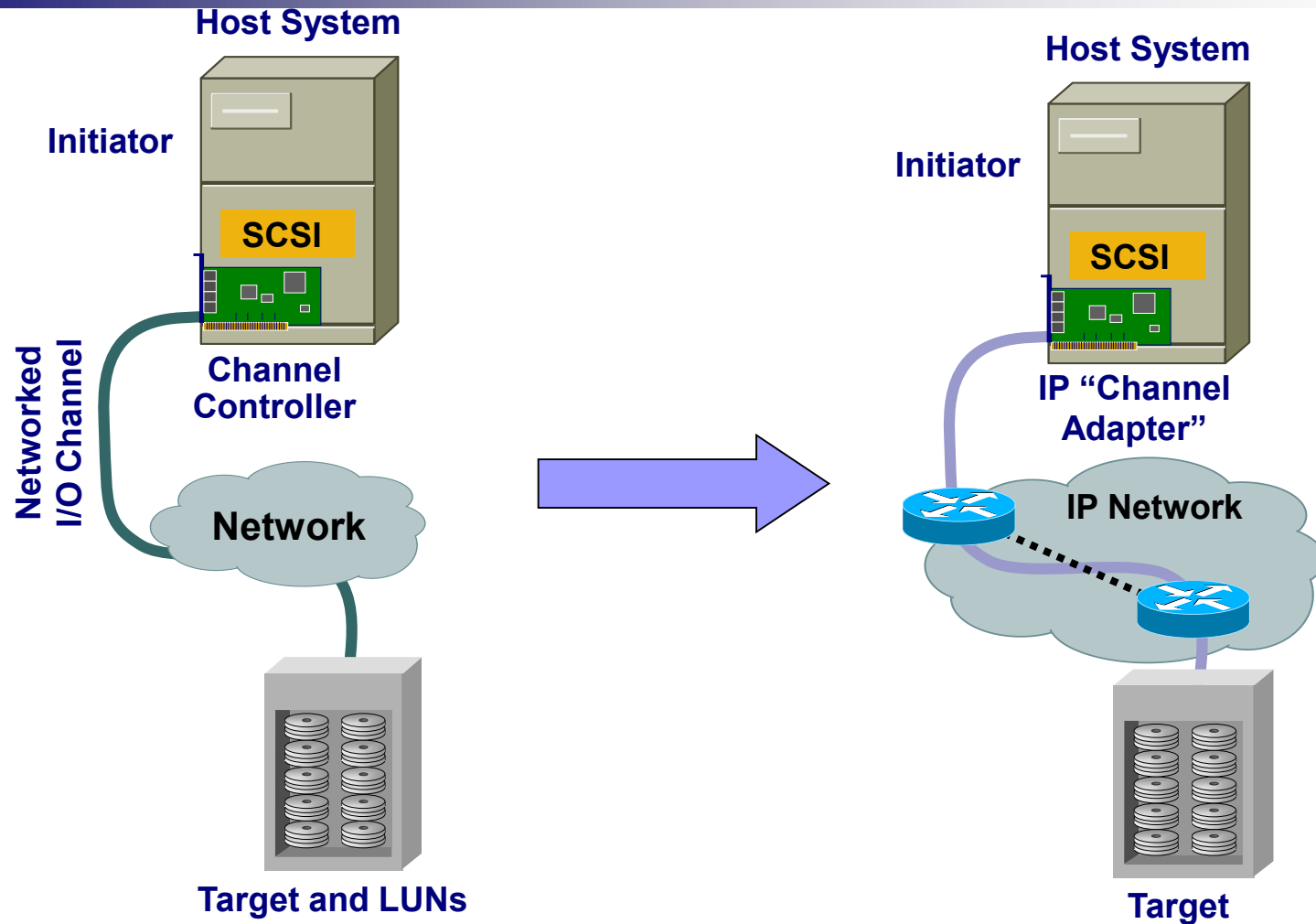
SAN网中的存储设备通过接口直接连接到网络。也就是说，在SAN中被共享的不是数据，而是存储系统本身。

与NAS提供文件级的服务不一样，SAN向用户提供块数据级的服务。

SCSI推广到网络，可选择两种传输方式：FC协议和IP协议。



常用



**iSCSI—Internet-SCSI—used to transport SCSI CDBs and data within TCP/IP connections**

## 2、SAN的两种主要形式

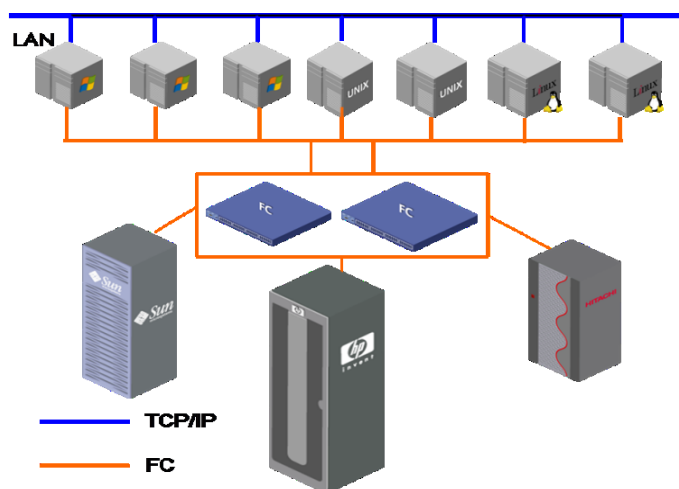
SAN技术没有统一的标准。最有代表性的是基于光纤通道技术(Fibre Channel)的**FC-SAN**的和基于IP 存储(IP Storage)的**IP-SAN**。

### FC SAN

连接方式：光纤网络

传输协议：**FCP**

发布时间：1997年

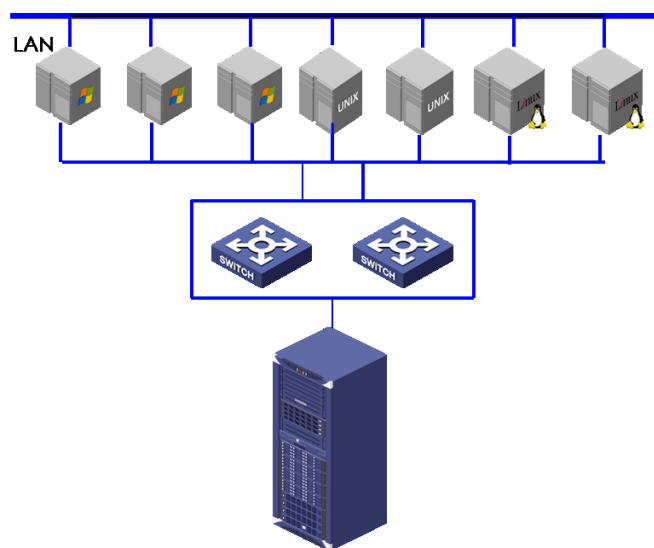


### IP SAN

连接方式：以太网

传输协议：iSCSI

发布时间：2003年





## (二) 光纤通道协议 (Fibre Channel Protocol)

FCP是美国国家标准委员会 (ANSI) 的X3 T11小组于1988年开始制定的高速串行协议，主要是用来连接工作站、大型机、巨型机和存储设备。

- ➡ 光纤通道是构建FC SAN的基础，是FC SAN系统的硬件接口和通信接口。
- ➡ FC可以通过构建帧来传输SCSI的指令、数据和状态信息单元。

# 光纤通道的优点

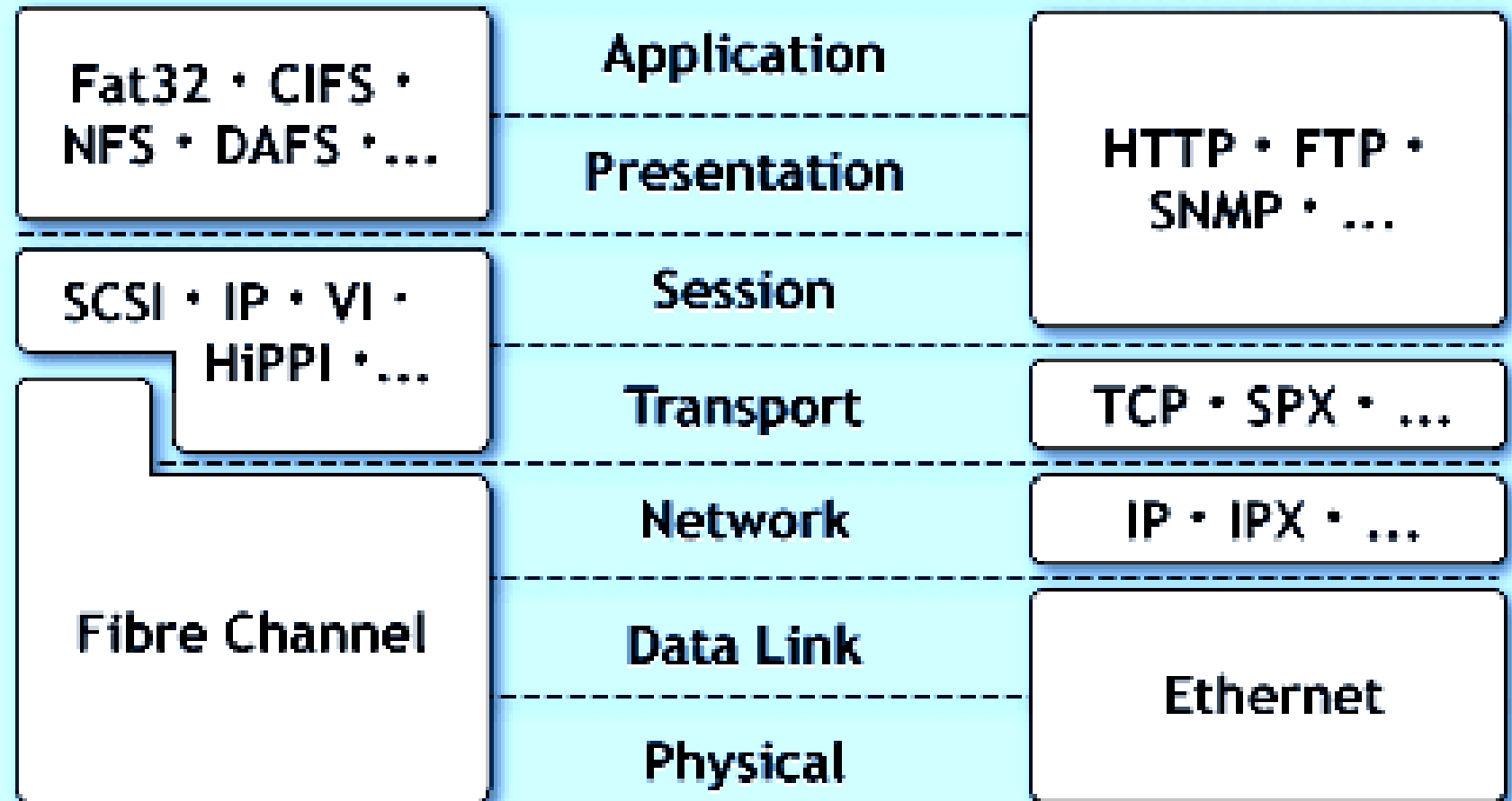
- **高速**。光纤通道可以提供高速的全双工专有连接，目前运行速率可达32Gbps。其高速和低延迟特性使其非常适用于视音频数据的应用。
- **长连接距离**。最大10公里连接距离(通过扩展器可连接上千公里，非常适于灾难恢复应用)
- **较低的传输误码率**。强大的错误更正能力(位错误率 =  $1 \times 10^{-12}$ )。
- **最多可以支持256种上层协议**。光纤通道协议为上层协议(SCSI、IP等)提供了一个通用的硬件传输平台。

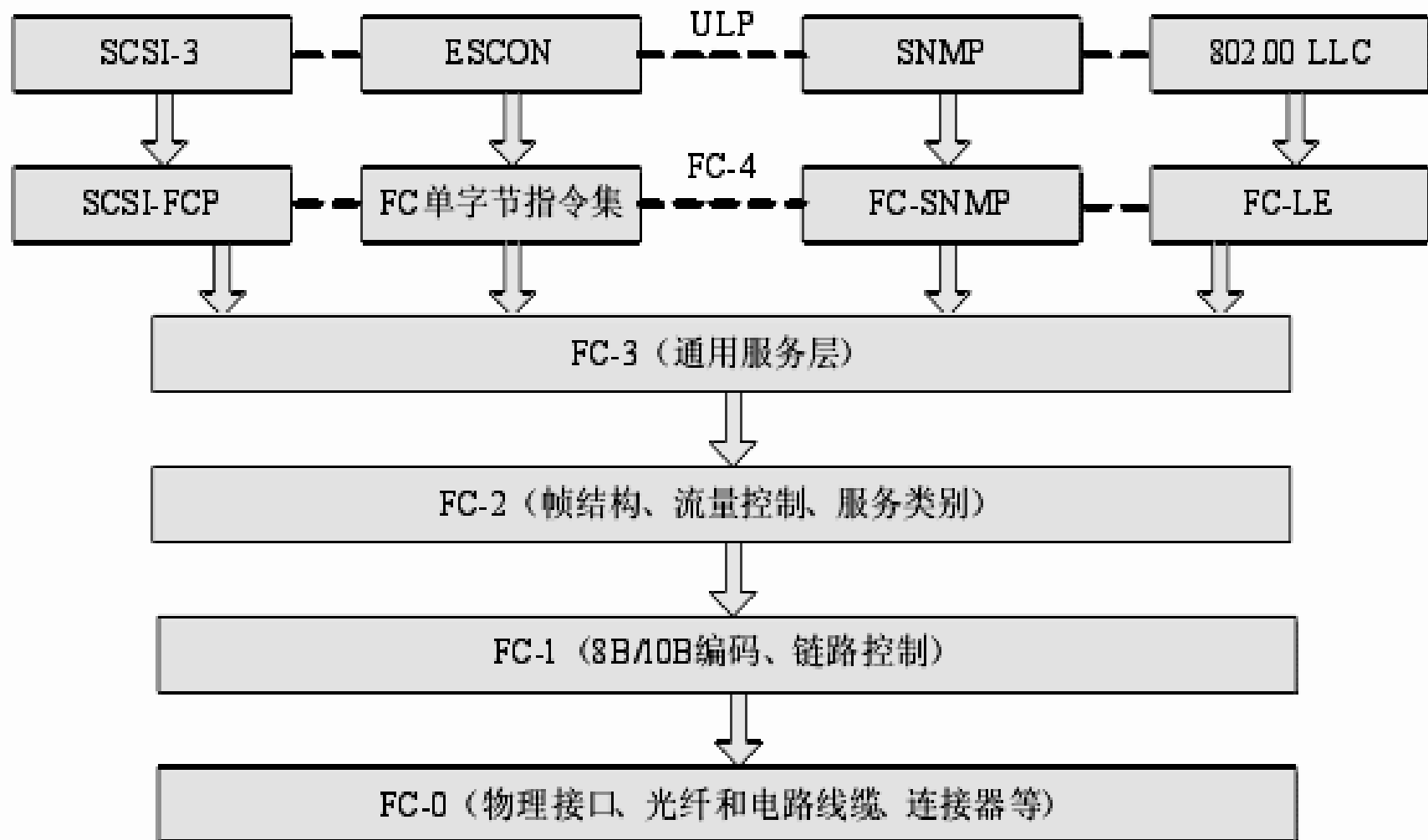
- **低延迟**。串行数据传输，每传输一位需要0.94纳秒(极小的时间延迟)
- 使用8b/10b编码方式将8位转换为10b格式进行串行传输(内置时钟信号)
- **多节点内部相连**。最多可以连接约1千6百万个节点(交换Fabric模式)
- 先进的流控制系统保证数据**按顺序**、**无阻塞**传输

# 1、光纤通道OSI模型

- 光纤通道OSI模型为5层，分为2部分：  
即物理和信号层、上层协议层。
- 物理和信号层包括FC-0、FC-1、FC-2层。
- 上层协议层包括FC-3，FC-4层。

## OSI Layers





光纤通道分层体系结构图

## ■ 判断题

- 1、**SAN**是将**SCSI**协议通过**IP**网络或**FC**网络实现的，所以是按照存储数据块的格式进行网络传输的。
- 2、**SAN**与**NAS**一样都是存储网络，因此**SAN**中的存储设备功能与**NAS**服务器的功能也是相同的。
- 3、目前**FC**网络的优点只是低延时。

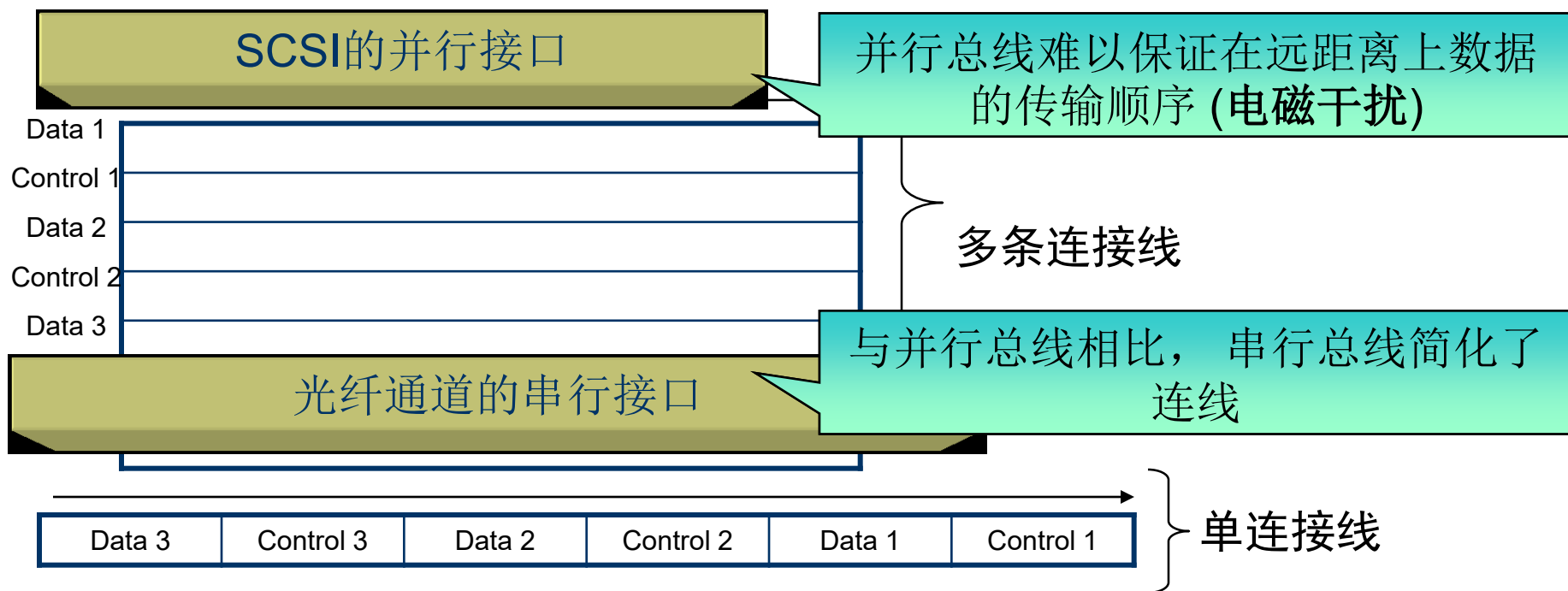
## 2、FC-0 物理接口和介质

- FC-0定义了FC协议的物理链路，包括线缆、插接件和光电参数，指定使用什么样的物理信号传输二进制数位的0和1。
- 光纤通道通过单条线路顺序地发送二进制数位。
- 光纤通道协议定义了两种传输介质——光缆和铜缆。



# 并行与串行接口之间的比较

- 光纤通道基于核心SCSI协议设计，光纤通道通过将并行接口转换为串行接口极大的提高了SCSI的性能



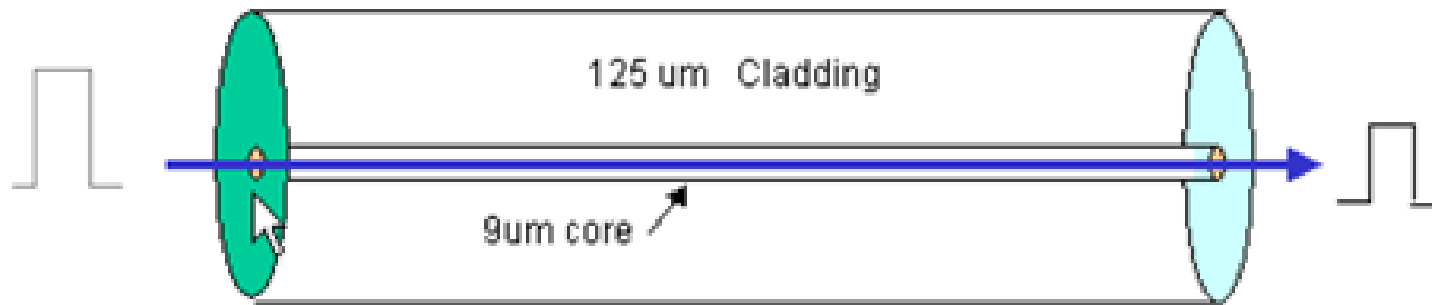
- 光纤分为**单模**（传导长波长的激光）和**多模**（传导短波长的激光）两类：

**单模光纤** (Single-mode Fiber)：**单模是一次传送一个单一的信号**。一般光纤跳线用黄色表示，接头和保护套为蓝色；传输**距离较长**。单模光缆的连接距离可达10公里。

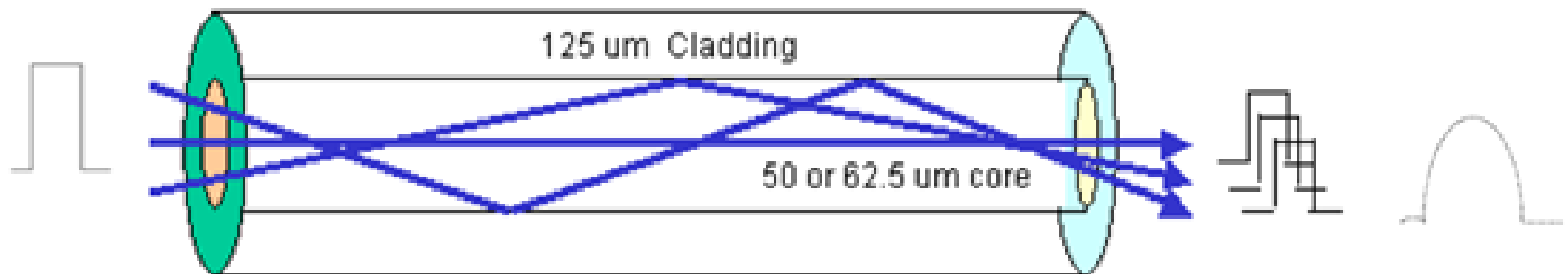


- **多模光纤 (Multi-mode Fiber)：**多模则能够通过将信号在光缆玻璃内核壁上不断反射而传送多个信号。一般光纤跳线用橙色表示，也有用灰色表示，接头和保护套用米色或者黑色；传输距离较短。多模光缆的连接距离是300米或500米（主要看激光的不同，产生短波长激光的光源一般有两种，一种是62.5微米的，一种是50微米的）。





**Single-Mode Fibre**



- FC接口类型分为光口和电口。

光口一般都是通过光纤线缆来进行数据传输，接口模块一般为 SFP（Small Form Pluggable）和GBIC（Giga Bitrate Interface Converter），对应的接口为SC和LC。

电口的接口类型一般为DB9针或同轴电缆插头。

- “SC” 接头是标准方型接头，采用工程塑料，具有耐高温，不容易氧化优点。传输设备侧光接口一般用SC接头。
- “LC” 接头与SC接头形状相似，较SC接头小一些。



SC插头



LC插头



DB 9针接插头

### 3、FC-1

- FC-1定义了**字节同步和编码/解码体系**。FC协议采用交直流平衡的**8B/10B编码方式**和传输协议，包括串行编码/解码规则、特殊字符和错误控制。
- 8B/10B编码方式意味着传8位有效数据会增加2位校验数据。有效数据传输率为80%。以太网也采用这种方式。
- 位可编码成两种字符集：**K字符集**和**D字符集**。**K字符集**用于特殊字符；**D字符集**用于所有其他8比特值。

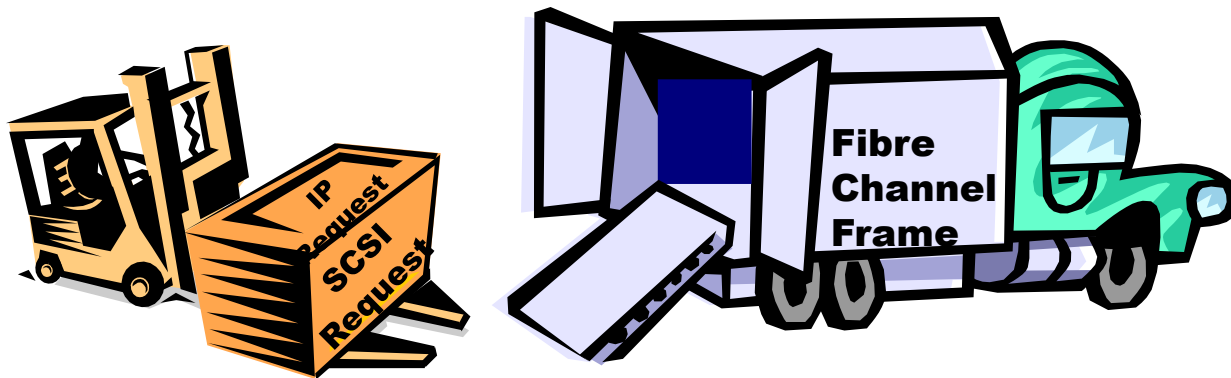
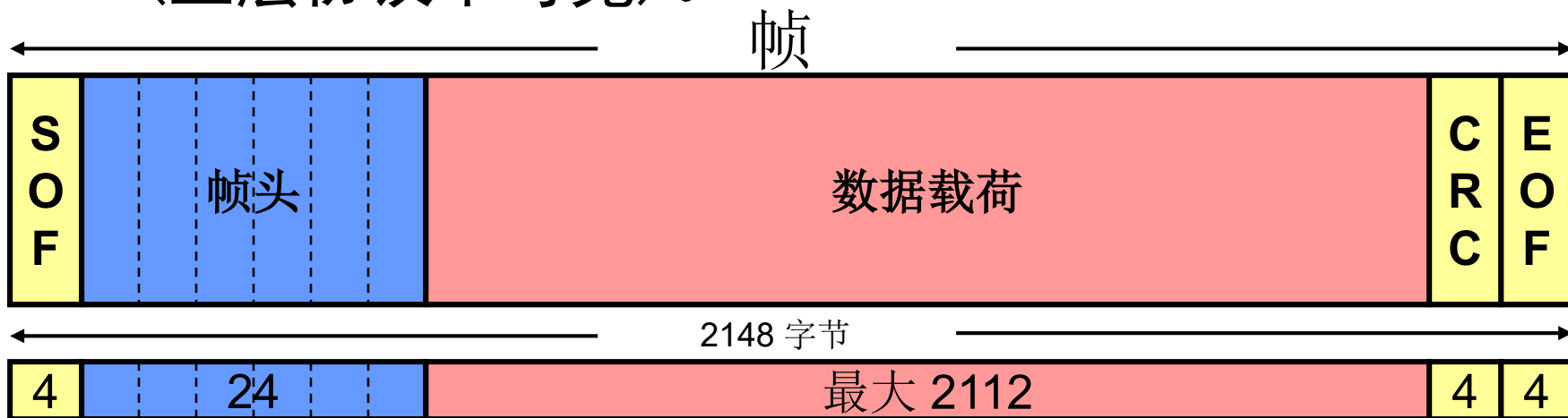
## 4、FC-2 成帧和信令协议

- FC-2层利用FC-1层提供的发送和接收传输字的基本功能来执行更复杂的功能，这些功能又作为基本功能提供给FC-3。
- FC-2 定义了传输机制，包括帧定位、帧头内容、使用内容和流量控制，以及适合于各种应用需求的服务类别等。



# (1) 光纤通道帧

➡ 一个帧是在光纤通道连接中数据包的最小单位  
(上层协议不可见)。



- 帧是光纤通道的基本单位，由一系列传输编码组成(最少40字节)，通过帧起始(Start of Frame)、帧结束(End of Frame)进行标识，还包含帧头(frame header)，数据载荷和可选帧头（主要用于传输高层协议的数据）。
- 帧的总字节数为传输字大小的倍数，即4字节的倍数，如果不满足，需要额外的填充字节来填充。
- 光纤通道是基于帧头内信息硬件识别并采取响应行动，例如将收到的数据传输到相应的缓冲之中。

FC帧					
帧内容					
4B帧起始定 界符SOF	24B帧头	0~2112B的数据区间		4B CRC 校验	4B帧终止 定界符EOF
		可选帧头	有效载荷		

字 \ 位	31.....24	23.....16	15.....8	7.....0
0	R_CTL	D_ID		
1	CS_CTL/PRIO	S_ID		
2	TYPE	F_CTL		
3	SEQ_ID	DF_CTL	SEQ_CNT	
4	O_ID		RX_ID	
5	参数			

- **R\_CTL**: 路由控制字段, 长度为8bit, 用于区分帧的用途。
- **s\_ID**和**D\_ID**, 分别是源标识符和目的标识符, 24比特。
- **CS\_CTL/PRI0**, 类别专用控制/优先级字段, 长度为8bit, 其意义与F\_CTL的值有关。
- **TYPE**, 是帧类型字段, 与R\_CTL字段相互配合, 共同完成对FC帧类型的区分。
- **F\_CTL**, 帧控制字段, 长度为24bit, 每一位都代表不同的含义, 用于完成帧控制的相应操作。

- **SEQ\_ID**，**序列标识符**，长度为8bit，在一个交换中每个序列的序列ID是唯一的。
- **DF\_CTL**，数据区间控制字段，长度为8bit，用来识别数据区间中的可选帧头和有效载荷的特征。
- **SEQ\_CNT**，序列计数字段，长度为16bit，可以序列内的所有的帧进行计数，还可以检测得到丢失帧。
- **OX\_ID**和**RX\_ID**，**发起端标识符**和**响应端标识符**字段，长度均为16bit，分别用来对交换的发起端和响应端进行唯一的标识。
- **参数字段**，又被称为帧类型关系字段，长度32bit，配合R\_CTL字段对帧进行分类。

## (2) 先进的Fabric流控制

- 为何要流控制？确保没有端口会因为接收了超过其极限的数据而导致崩溃。光纤通道中，先行检查！（在TCP/IP中，包在发送时并不考虑接收方是否已经准备就绪）
- 流控制保证发送方仅以接收方可接受的速度发送数据。FC使用信用量方式实施流控制，每个信用量表示接收方接受FC帧的能力。
- FC-2定义了两种流控制机制：端到端和缓冲区到缓冲区的流控制。后者通过两个通信端口协商缓冲区到缓冲区的信用量来取得。

## ■ ① 端对端(直接从数据源N\_Port到目标N\_Port)流控制方式

这是在端点设备的主机总线适配卡上实现，可理解为从数据源端到最终目的端之间的整体流量控制，中间的FC交换机不参与。

它通过端到端的信用值与信用值计数器两个控制参数配合收到的链路响应帧实现的。该方法仅需在数据发送节点设置信用计数器就可实现节点之间的流量控制。

这种流控制机制支持1类、2类、4类和6类分发服务并工作于高层结构（序列和交换）。

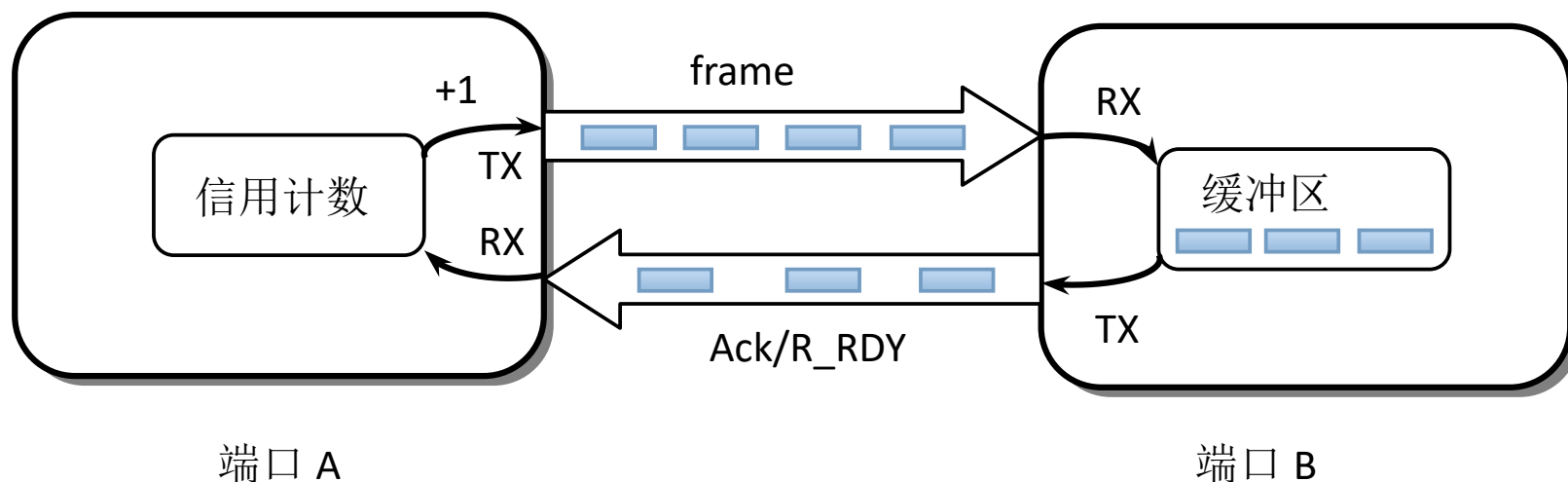
## ■ 工作原理(标准中有增性管理和减性管理) 是:

两个通信系统节点登陆并交换信用值 (Credit)，发送方每发送一个FC 帧，信用值计数器加1，当信用值计数等于信用值时，发送方不再发送信用值。

同时，接收方接收到数据帧，信用值不变；接收方每向上层协议一个FC 帧，就向发送方反馈应答信号 (Ack)，收到应答信号后，接收方将信用值加1，表示这时数据移走了，这个过程也称为信用值更新。



- 算法实现流程:
- 定义端到端的信用值  $EE-Credit = N$ ;  
定义信用计数器  $EC-CNT = 0$ ;
- 发送数据帧:  
if (  $EC-CNT < N$  ) 发送数据帧,  $EC-CNT$  加 1;  
else 不能发送数据帧, 等待直到有信用可用;  
发送其他帧或原语:  $EC-CNT$  不变;
- 收到链路响应帧:  $EE-Credit = N + 1$ 。



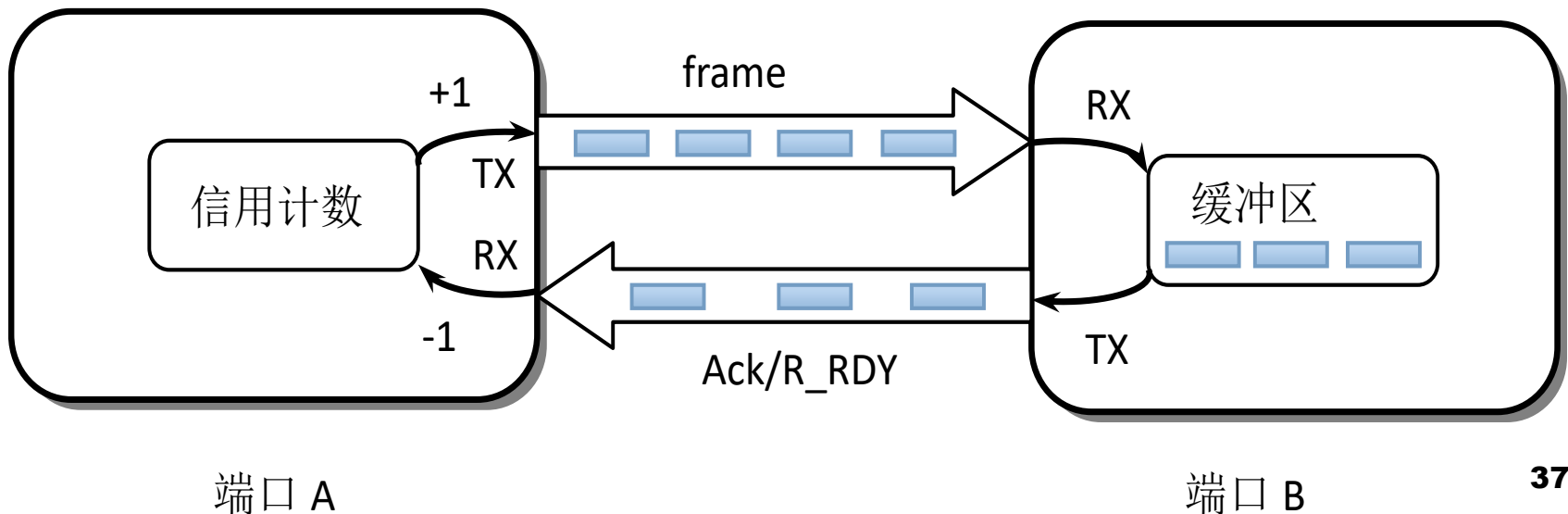
## ■ ② 缓冲到缓冲信用 (Buffer-to-buffer credit; BB\_Credit) 流控制

在直接通信的两个设备之间（比如，数据源端和数据经过的第一个交换机之间，如N端口和F端之间，以及两个E端口之间）进行的流量控制。

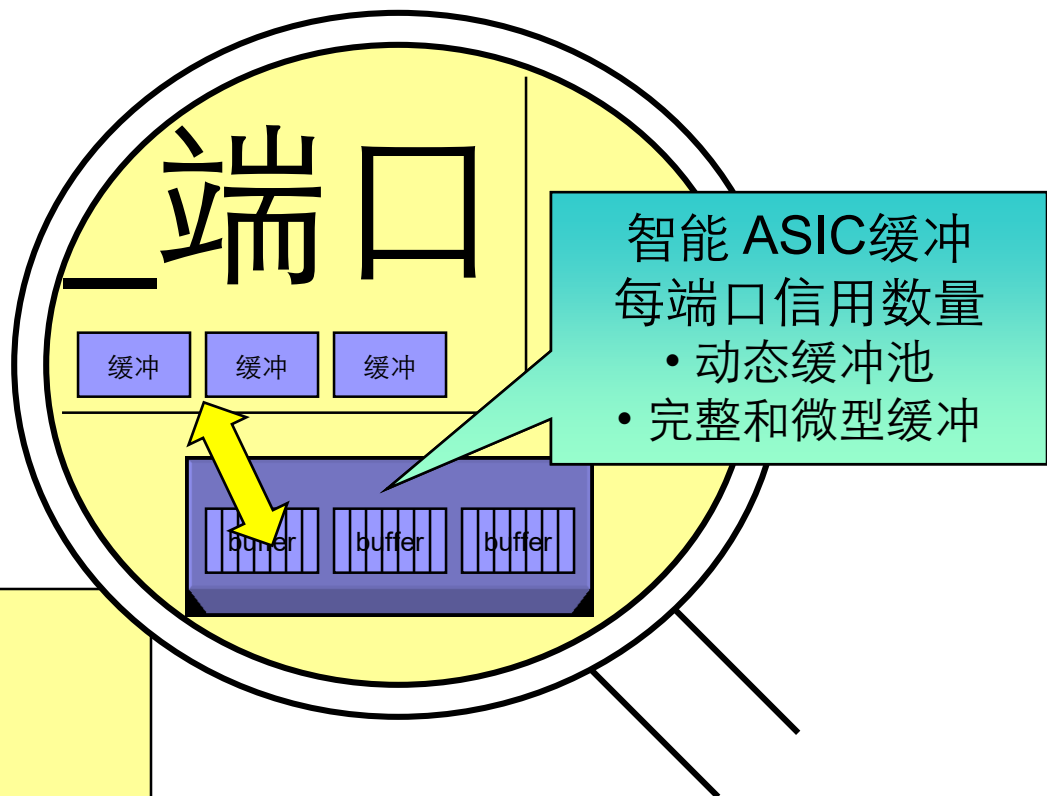
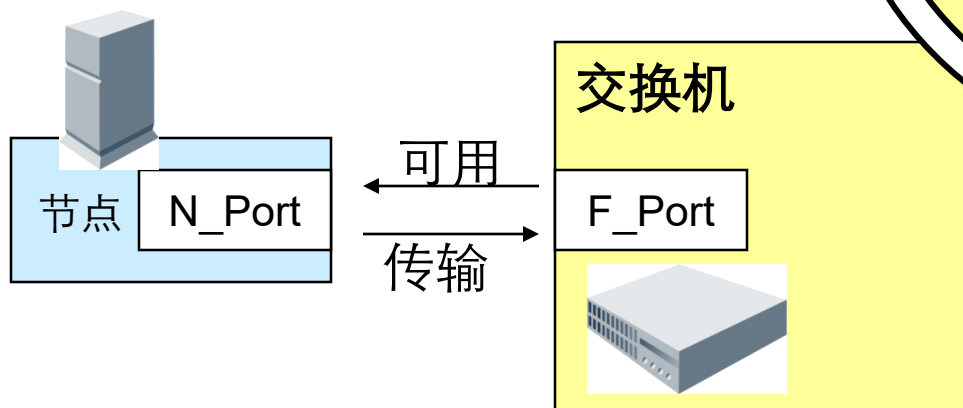
该方式下，任何通信的参与方，无论是点到点结构，还是交换拓扑结构和仲裁拓扑结构中的发送端和接收端均参与流控。

它同时支持class 2和class 3服务，每一缓冲区间为2,148字节，可容纳整个光纤通道帧。

- **基于信用的流控制速度是**通过在传输之前进行的握手协议来进行流量控制，速度更快，可以确保对数据控制能力。
- **其工作流程与端对端流控制比较类似**，都是先确认信用值，不过需要发送和接收两个端口都设置计数器，序列发送端更新信用计数器，序列接收端更新Ready计数器。每发送一帧数据信用计数加1，接收到来自接收方的R\_RDY, 信号时，信用计数减1。



## 基于缓冲到缓冲 信用的流控制



当一个帧到达接收端口后，端口会首先将其储存在共享动态缓冲池之中！

## (2) 服务类别

### ■ 类型1是面向连接的服务

相当于提供了一个专用的物理通道。一旦通道建立起来，它就会被一直保持直到被要求取消。

给交换增加处理的负担和资源消耗，一般不用。

该类服务常用在交换网络拓扑结构中，使用的是端到端的流量控制机制。

适合于调整持续的数据传输，例如数据备份、灾难恢复等。

## ■ 类型2是无连接的服务

通过多路复用和多点传送实现数据的传输，不同发送端发出的数据帧可能会共用一个通道。

需要响应ACK帧进行应答，如果帧不能被传送，则目的端口还要回复“BSY”（繁忙）或“RJT”（拒收）信号来指示。

类型2的服务不能保证发送端和接收端之间固定的带宽，也不能保证接收的数据帧次序和发送次序一样。

类型2的优点是共享通信带宽。

## ■ 类型3类似于类型2, 但不必发确认帧给发送端

丢失的数据帧也不会重发, 若发生传输差错, 依靠上层协议来恢复。

由于端到端的流控制需要用到接收端给发送端的确认帧, 所以类型3服务不能采用端到端的流控制, 只能用缓存到缓存的流控制。

类型3服务适合于实时的通信, 如通话等, 因为实时通信中没有必要重发丢失的数据, 它也适合于上层协议实现了重发丢失的数据帧而不需要光纤通道保证数据不丢失的情况。

## FC服务类型表

	Class 1	Class 2	Class 3
通信类型	专用连接	非专用连接	非专用连接
流量控制	EE_Credit	EE_Credit和 BB_Credit	BB_Credit
帧传输	顺序传输	不保证顺序	不保证顺序
帧确认	确认	确认	不确认
复用	不能	能	能
带宽利用	低	中	高



## ■ 类型4类似于类型1


也是提供两个N端口之间的专用的通信通道，**保证数据传输固定的带宽**，且保证接收端接收的数据帧次序和发送端发出的次序一样。

与类型1不同的是虚拟链路服务，源节点端口与目的节点端口之间不是一条专用链接，而是将传送方向上的带宽**分成了254条虚拟链路**，允许给每条连接分配部分带宽和不同的QoS参数，所以它具有更好的灵活性。**类型4服务只能用于交换机结构的光纤通道网络中**，因为只有光纤通道交换机才能在两个N端口之间建立不同带宽的虚拟线路。

- **类型5的服务还没有完全定义好。**
- **类型6的服务提供了多播的功能。**
- **以上常用的服务类型是类型2和类型3。**

## 5、FC-3：公共服务

- 公共服务层提供高级特性的公共服务（或通用服务），即端口间结构协议和流动控制。
- 通过公共服务将连接在光纤通道的设备连接起来。
- FC-3的服务功能包括：
  - （1）**条块化复用**。此服务利用多个端点将多条FC-2链路并行连接来传输一个信息单元以增加带宽。



(2) **组合端口地址绑定**。此服务将多个端口绑定到同一地址，使得这些端口响应同一个地址，这种方式又称为搜索组（Hunt Group）。这种方式允许把搜索组内的任何帧发送到该组内的任意一个可用的端口，以减少等待一个忙端点变成可用端口产生的延迟。

(3) **多播**。此服务发送一个信息到多个目的端口。包括发送到交换机上的所有的节点（广播）或仅到一个交换机上节点的子集。

- 公共服务还包括：
- **登录服务**，对应模块是**登录服务器**。是FC网络中各端口登录所使用的服务器。
- **名字服务**，对应模块是**名字服务器**。用来保存连接到网络中的设备信息的数据库，通过初始化时端口登录帧和随后的注册帧来获取设备信息。
- **管理服务**，对应模块是**管理服务器**。提供不受分区约束的交换信息。
- **时钟服务**，对应模块是**时钟服务器**。使设备能相互保存系统时间。

.....

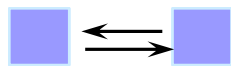
## 6、光纤通道链路服务

### (1) 光纤通道端口

光纤通道端口是构建FC网络的基础。

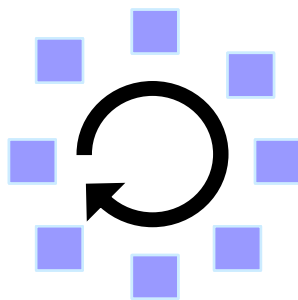
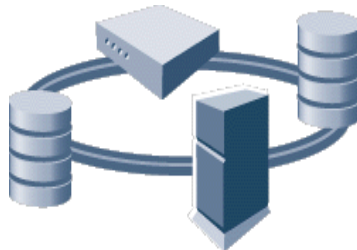
光纤通道有**三种拓扑结构**，如下图。

点对点



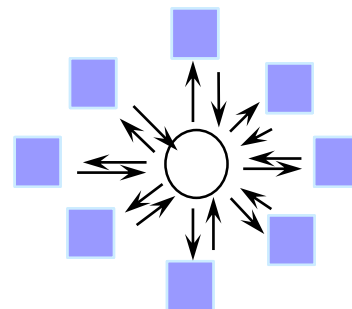
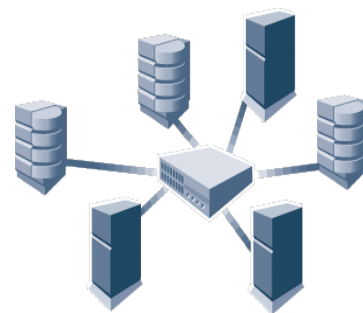
只能连接 2个设备  
(直接连接)

Arbitrated Loop (仲裁环)




最多支持126个设备  
(光纤集线器)

交换式 Fabric



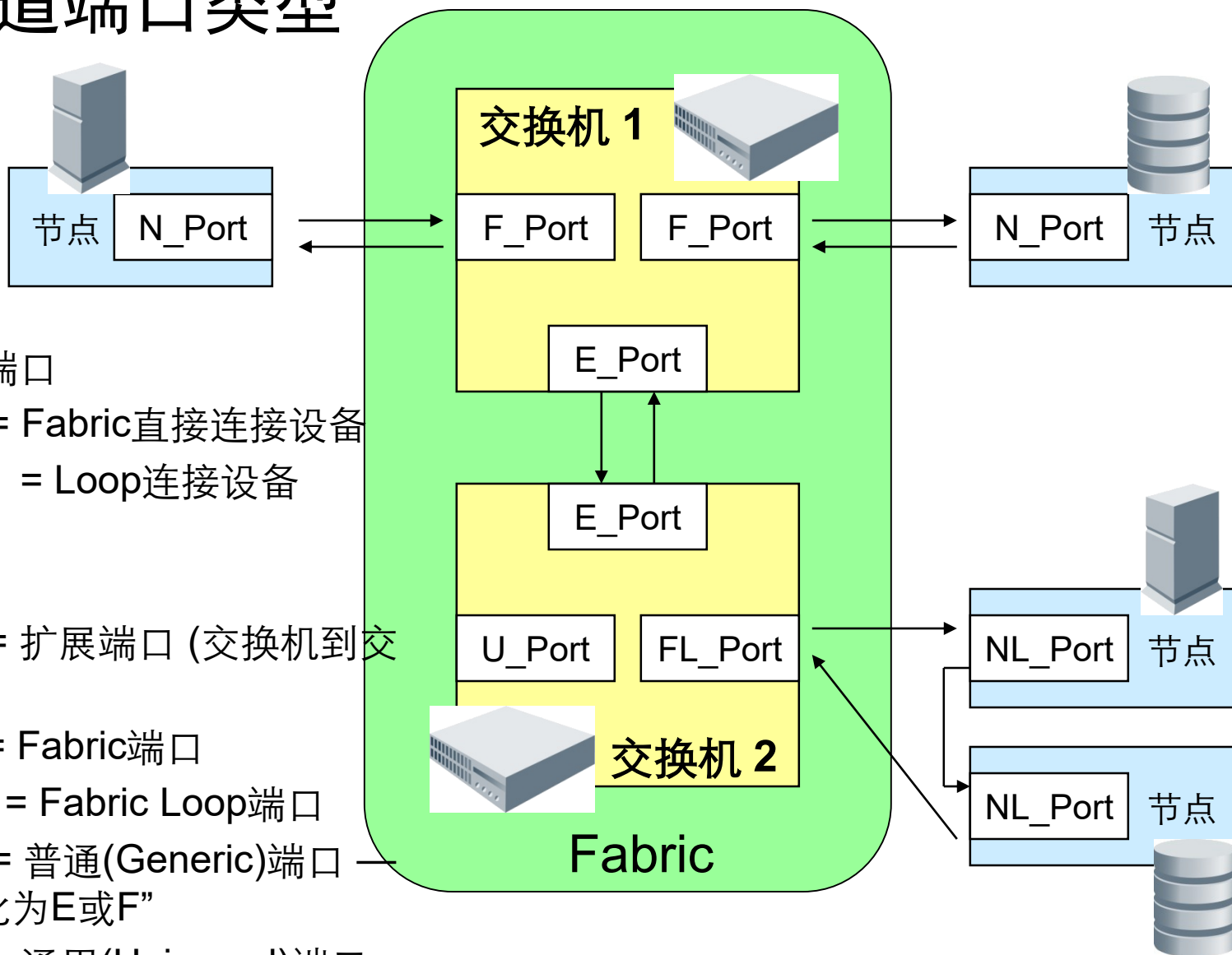
最多支持1千6百万个设备  
(光纤通道交换机)



由于常用的是**光纤交换机**，因此一般提到的端口都是交换机上的端口。光纤交换机上的端口种类很多，在协议中也有定义。

光纤通道解除了**工作站对每一端口的管理工作**，每一端口只需管理自己到Fabric简单的点对点连接，其他的Fabric功能由光纤通道交换机来完成。

# 光纤通道端口类型



## 设备 (节点)端口

- ✓ N\_Port = Fabric直接连接设备
- ✓ NL\_Port = Loop连接设备

## 交换机端口

- ✓ E\_Port = 扩展端口 (交换机到交换机)
- ✓ F\_Port = Fabric端口
- ✓ FL\_Port = Fabric Loop端口
- ✓ G\_Port = 普通(Generic)端口 — 可以转化为E或F”
- ✓ U\_Port = 通用(Universal)端口 (用于描述自动端口检测的术语)

## ■ 节点（主机或存储设备）上的端口

- N\_Port: 节点(主机或存储设备)上使用的端口类型
- NL\_Port: Node Loop Port: 具有N端口和L端口的双重功能, 该端口支持交换式**光纤网登录**和**环仲裁**。

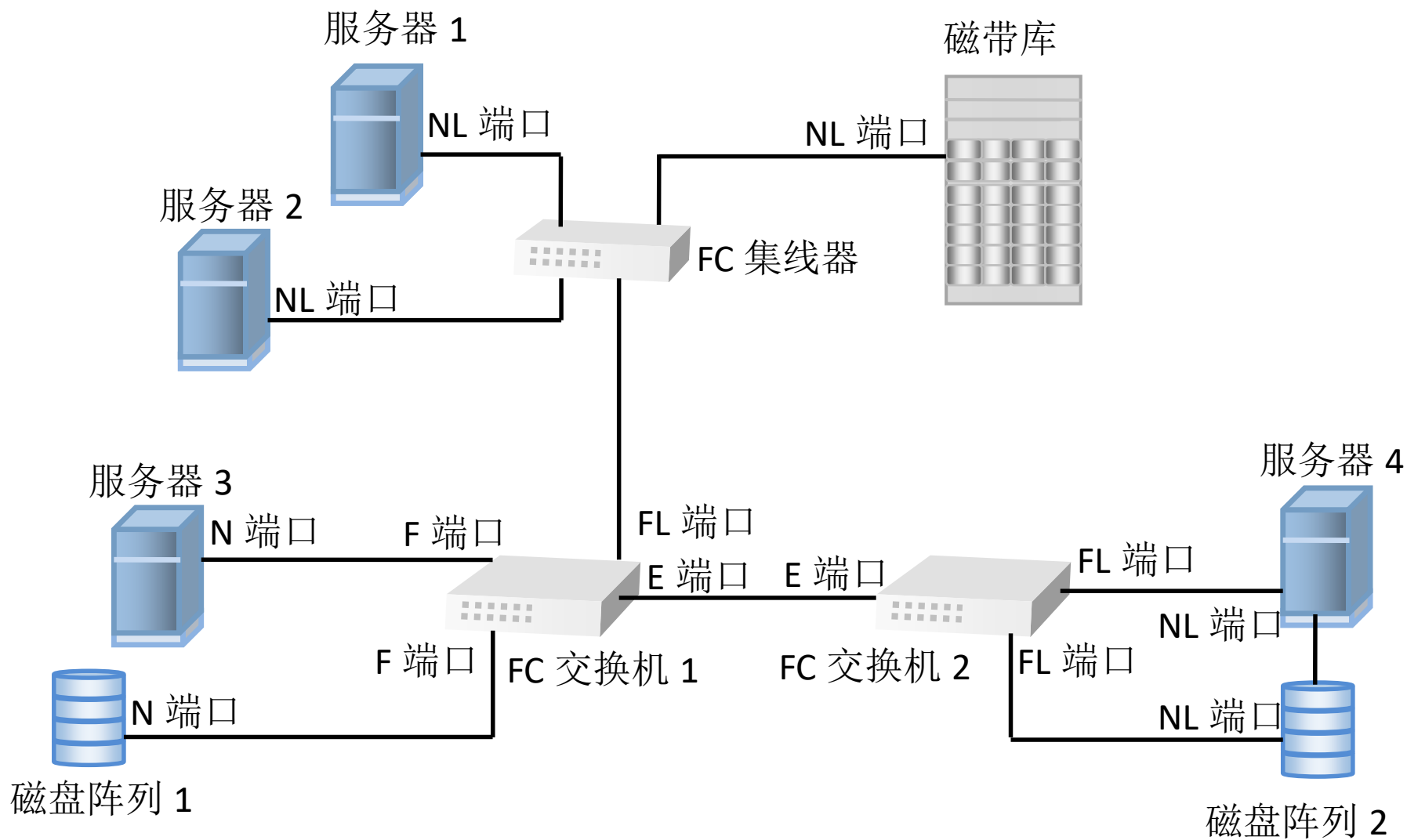
## ■ 交换或路由设备上的端口

- F\_Port: 提供一个到单个N-Port的点-to-点的连接
- FL\_Port: 光纤通道交换机上连接开放仲裁环结构的中介端口。用于光纤通道仲裁环路的操作
- E\_Port: 扩展端口(Expansion Port), 用于连接另一台交换机或路由器上的E\_Port

## ■ 通用类型端口

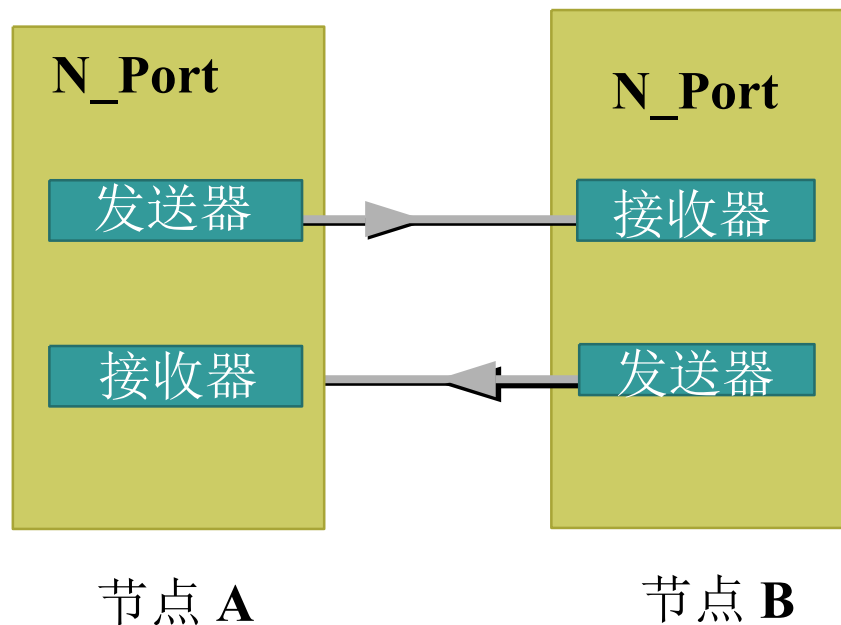
- G\_Port: 一个通用光纤端口, 可当E\_Port或F\_Port端口使用。这个通用端口运行模式在端口初始化时决定。当与一个N\_Port端口连接时, 这个通用端口就是F\_Port, 当与E\_Port端口连接时, 这个端口就是E\_Port。一般用在交换设备上





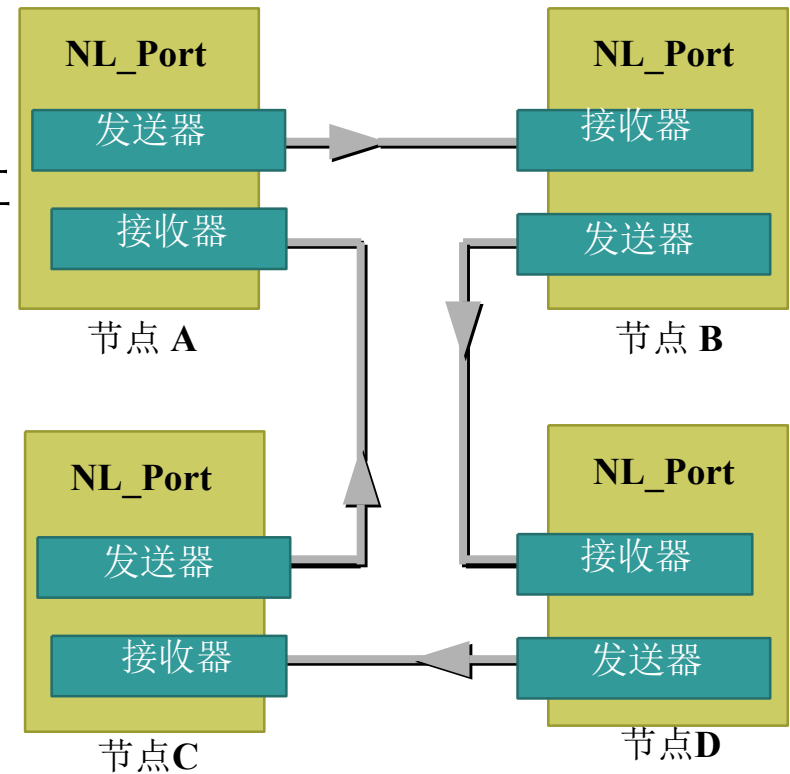
# 点到点(Point-to-Point)

- ‘N’端口光纤通道设备之间的专用连接
- 所有链路带宽都分派给两个节点之间的通信
- 适用于小规模存储设备的方案，不具备共享功能



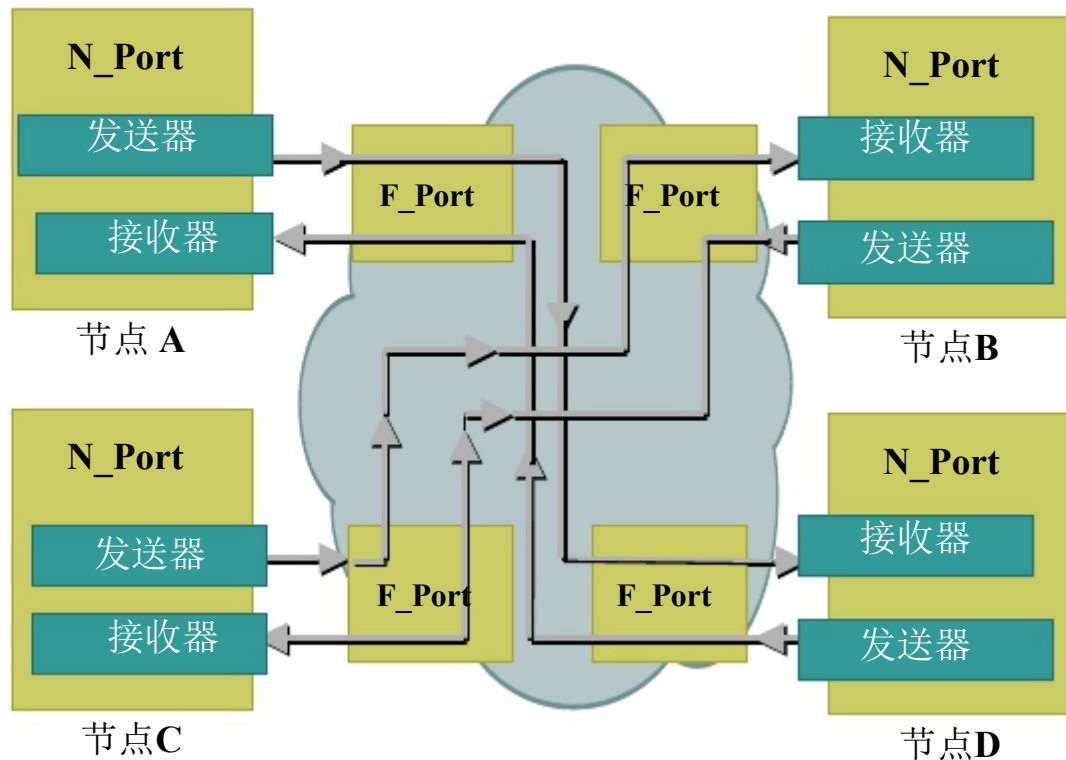
# 仲裁环 (FC-AL)

- 每个节点的**TX**端口连接到邻近节点的 **RX**端口，直到形成闭环为止
- 最大带宽由环路上所有节点中共享
- 环路上最多**126**个节点
- 操作顺序:
  - 环路控制仲裁
  - 打开到目标设备的通道
  - 传送数据
  - 关闭
- 环路上的节点数直接影响性能



# 交换机 (Fabric)

- 每个端口可达32Gbps带宽
- 添加新设备可以增加总的带宽
- 高达**1600**多万可能的地址
- 支持zoning分区功能



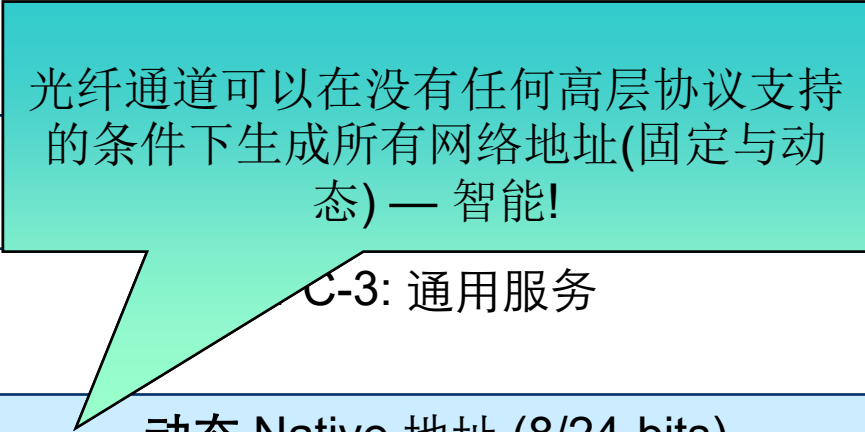
## (2) 光纤通道地址

### ■ 固定地址

每个光纤通道可识别设备都**拥有一个固定光纤通道地址**。这与每块以太网卡所拥有的MAC地址相似。这个固化的地址全球唯一、不可改变，其他设备可以通过这一地址对其进行访问。

### ■ 动态地址

为支持高层编址，光纤通道定义了**24位动态标识地址用于Fabric环境**（可将此看做一个可以多次变更的住址）。每个N\_Port都拥有一个在Fabric域内唯一的24位 N\_Port标识。N\_Ports既可以通过协议获得其预设定的N\_Port标识，也可在由Fabric在设备登录时动态分配。

OSI模型	以太网和TCP/IP	光纤通道
应用层	应用层 (i.e. POP3, SMTP, DNS, DHCP, FTP, WWW 协议)	高层协议 (ULP)
表示层		 <p>光纤通道可以在没有任何高层协议支持 的条件下生成所有网络地址(固定与动 态) — 智能!</p>
会话层		
传输层	TCP / UDP	FC-3: 通用服务
网络层	动态 IP 地址 10.77.77.77	动态 Native 地址 (8/24-bits) 固定 World-Wide Name (64-bits)
数据链路层	固定 MAC 地址 x '00-00-0E-21-17-6B'	
物理层	物理接口	FC-1: 8b/10b 编码
		FC-0:物理接口

以太网和TCP/IP	光纤通道
应用层 (如: SMTP、DNS、 DHCP、FTP、 WWW 协议)	高层协议 (ULP)
TCP / UDP	FC-4: ULP Mapping
动态 IP 地址 10.77.17.28	FC-3: 通用服务
固定 MAC 地址 x '00-00-0D-15-37-6A'	动态 Native 地址 (8/24-bits) 固定 World-Wide Name (64-bits)
物理接口	FC-1: 8b/10b 编码
	FC-0:物理接口

## ■ 1) 固定地址

- 在FC环境中的每个设备都会分配一个64比特的唯一标识符，称为**万维网名称**（World Wide Name, WWN）。
- 光纤通道环境使用两种类型WWN：
  - ✓ 万维网节点名称（World Wide Node Name, WWNN）
  - ✓ 万维网端口名称（World Wide Port Name, WWPN）

**WWN被烧录进硬件中或通过软件分配**。几种SAN上的配置定义都使用WWN作为存储设备和HBA的标识。

FC环境中的**名字服务器**保存着WWN和动态创建的节点FC地址之间的关联。

下图展示了用于节点和端口的WWN的结构。



1	0	0	0	8	1	6	4	5	0	C	9	2	1	B	1
保留12比特				公司ID 24比特						公司指定 24比特					

## WWNN结构

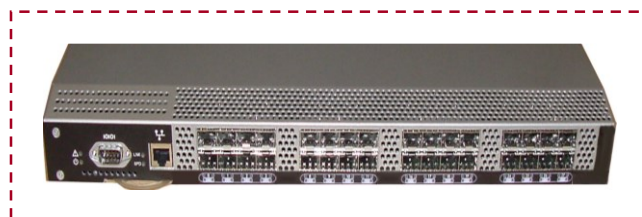
2	0	0	8	0	0	0	5	1	E	0	0	6	0	2	0
端口定义				公司ID 24比特						公司指定24比特					

## WWPN结构

# WWN Node Name Format - WWNN

Single hexadecimal  
digit selected by the  
vendor

(Brocade uses a 1)



Node

10:00:00:05:1e:00:60:02

FC Standard  
reserved

OUI<sup>1</sup> assigned  
by IEEE

Assigned by  
the vendor

Brocade switches  
are also identified  
by 00:60:69

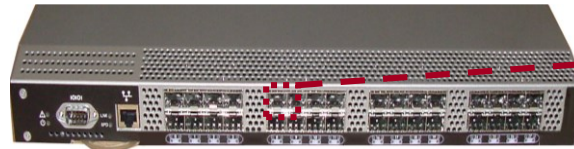
This format applies to:

- Switches
- Storage
- HBAs

厂商ID可以在以下地址查询：  
<http://standards.ieee.org/regauth/oui/oui.txt>

# WWN Port Name Format - WWPN

Single hexadecimal digit  
selected by the vendor  
(Brocade uses a 2)



Port 8

20:08:00:05:1e:00:60:02

Set by the vendor  
to uniquely identify  
a port on a device  
or switch

OUI assigned  
by IEEE  
公司ID 24比特

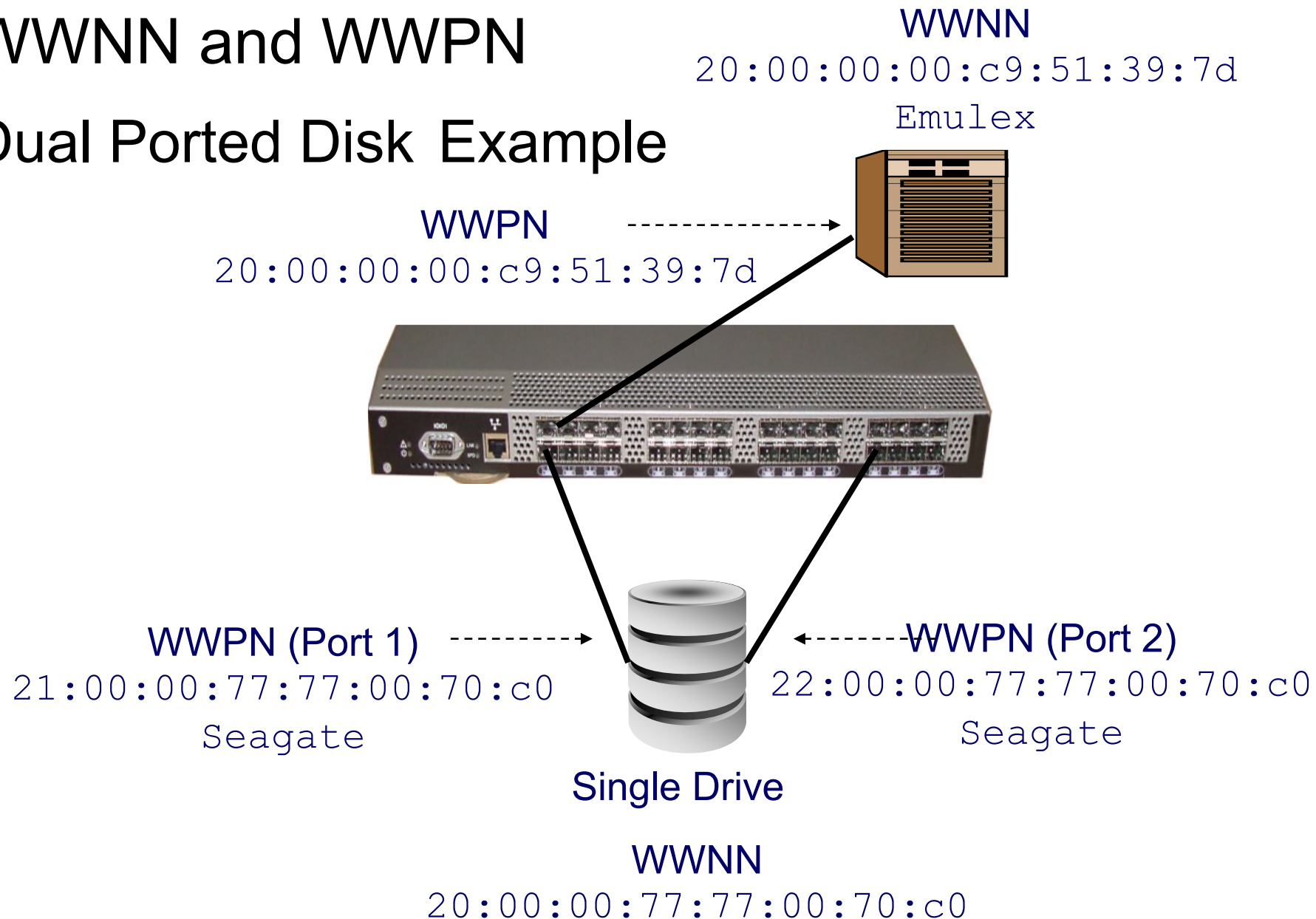
Assigned by  
the vendor  
公司指定 24比特

This format applies to:

- Switches
- Storage
- HBAs

# WWNN and WWPN

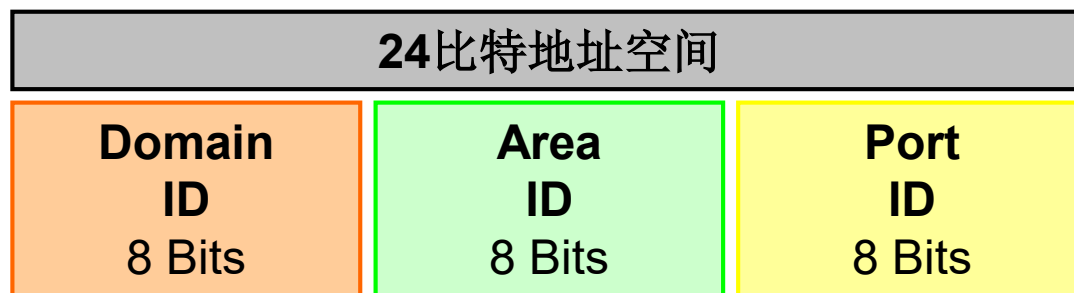
## Dual Ported Disk Example



## ■ 2) 动态地址 (8/24-位)

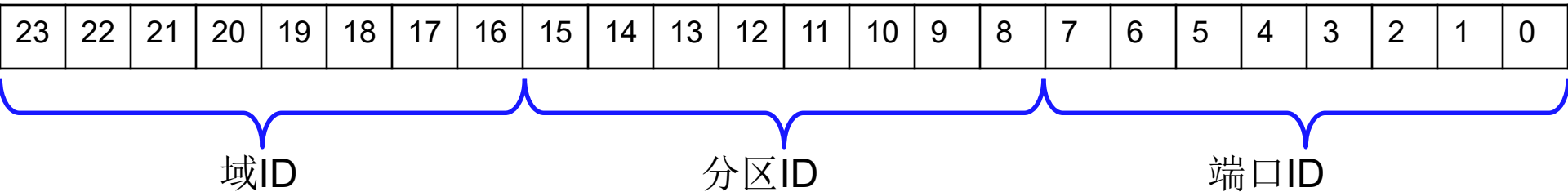
- 光纤网络传输时，若把两个WWN地址放到传送帧的帧头，为指明目标地址和源地址，就需要**占用16字节**的数据位，占用位数很多。所以64位的方式寻址会影响到路由的性能。
- 光纤通道网络采用了另外一种寻址方案——**用基于交换光纤网络中的光纤端口来寻址**。基于交换光纤网络中的每个端口有它独有的**24位动态地址**。用这24位地址方案，得到了一个较小的帧头，能加速路由的处理。
- 当然这24位的地址必须通过某种方式连接到与World Wide Name相关联的64位的地址。

- 动态地址 (8/24-位)
- 本地生成
- 注册到光纤通道网络时动态获得
  - FC-AL = 8-位 (例如x 'E0' )  
= 126 AL\_PA地址
  - FC-SW = 24-位



N\_Port/F\_Port可用范围:  
x'01 0000'到x'EF EFFF'

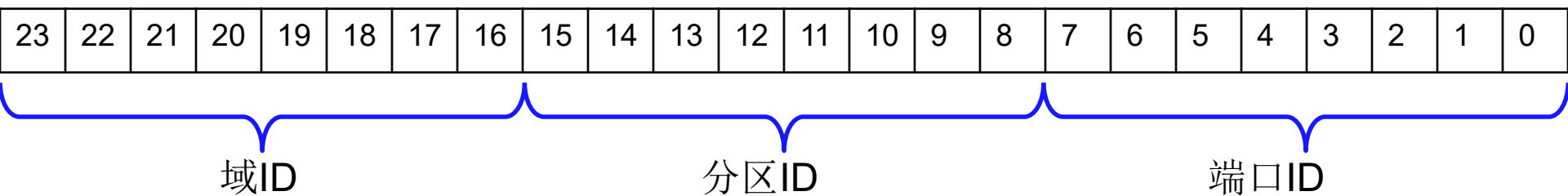
- FC地址根据fabric上的不同类型的节点端口，采用不同的格式。
- **N端口的FC地址**的第一字节包含了交换机的域ID。在256个可能的域ID中，只有239个可用，剩下的17个地址是作为特殊用途而保留的。例如**FFFFFC**保留作为名字服务器，而**FFFFFE**则保留作为fabric登录服务。
- 在一个交换fabric中的N端口最大的可能数为**239个域 × 256个分区 × 256个端口 = 15 663 104个光纤通道地址**。



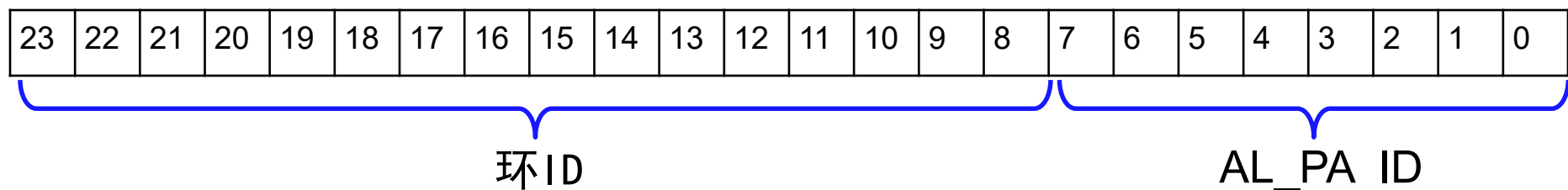
24比特的N端口FC地址

- NL端口的FC地址模型与其他端口不同。
- 在一个私有环的NL端口的FC地址，两个高位字节分配全0。
- 当一个仲裁环通过一个FL端口连接到fabric上时，它就变成了公共环。这时NL端口支持fabric登录，于是两个高位字节就被交换机设成正数值，并被称为环标识（loop identifier）。同一个环里面，所有NL端口的环标识都是一致的。
- NL端口的FC地址的最后一个字段，包括公共环和私有环，都用来标识AL\_PA。一共126个可用的AL\_PA地址，剩下的一个地址保留给交换机的FL端口。

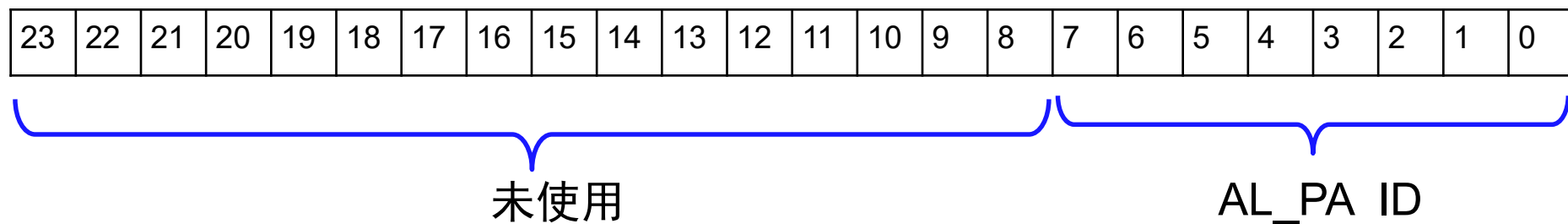




24比特N端口FC地址



NL端口、公共环



NL端口、私有环

- 3) 地址传输
- 交换机负责分配和维持端口地址。当含有某WWN的装置进入在某一个特定的端口上登录到交换机时, 交换机将会分配端口的地址到那一个端口。
- 交换机也会维护端口动态地址和与其WWN地址之间的关联。交换机的这一个功能是使用名字服务器 (NAME SERVER) 来实现的。
- 名字服务器是光纤操作系统的一个组件, 在交换机内部运行, 本质上是一个对象数据库, 能查看、添加和删除数据库中各项记录。当光纤设备连接时, 向该数据库注册它们的地址, 这是一个动态的过程。

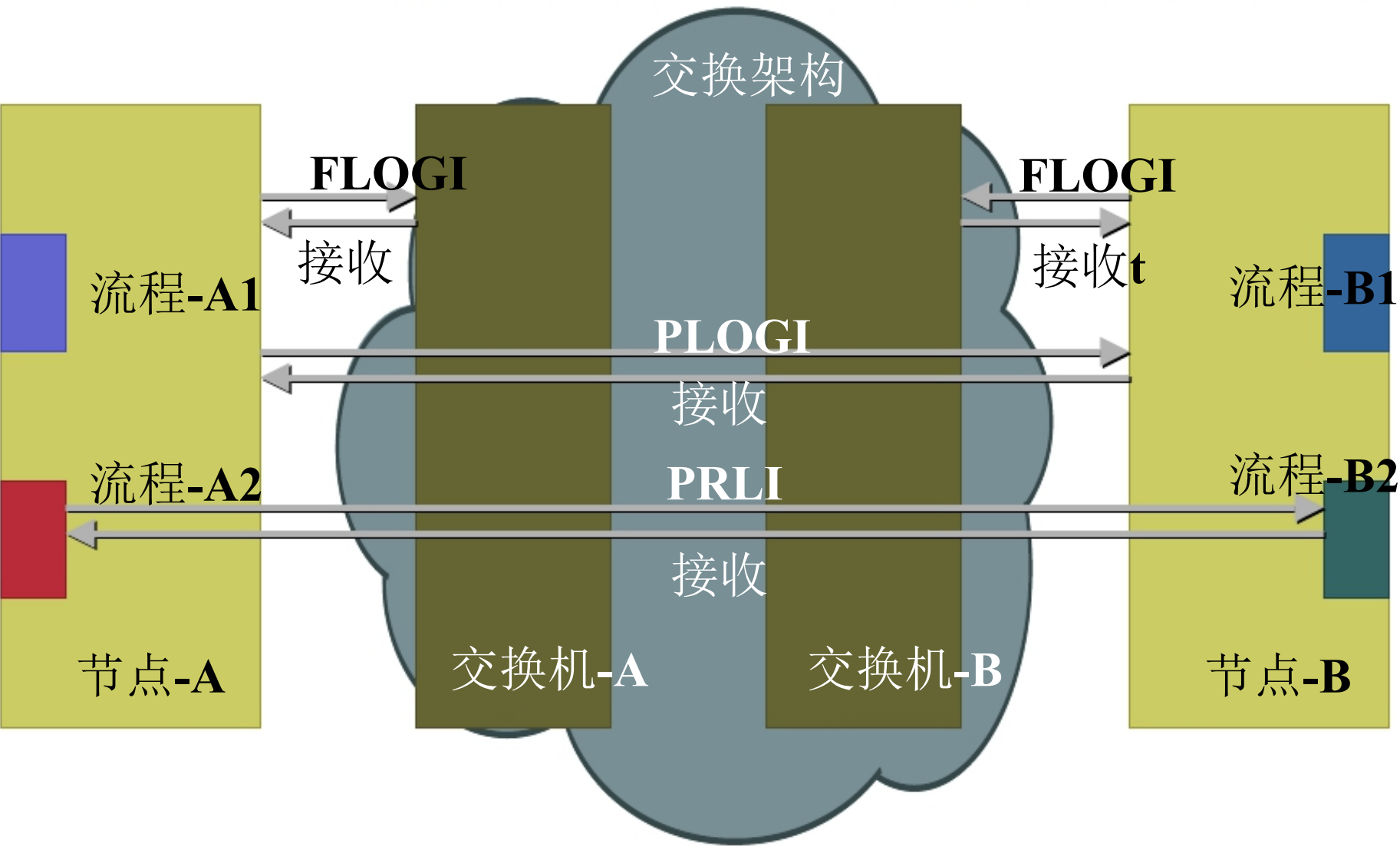
### (3) 三种登录类型

- **交换机登录** (Fabric Login, FLOGI) 在一个N端口和一个F端口之间进行。

设备先发送一个FLOGI帧，包含万维网节点名称 (WWNN) 和万维网端口名称 (WWPN) 作为参数，通过FC地址FFFFFE发送给登录服务。

然后，交换机接收登录并且返回一个Accept (ACC) 帧，包含一个分配好的FC动态地址给该设备。完成FLOGI之后，N端口将自己注册到交换机的本地名称服务器上，指明其WWNN、WWPN和分配的FC地址。

# 会话管理登录/登出



- **端口登录**（Port Login, PLOGI）在一个N端口和另一个N端口之间进行。

目的是两个N端口建立会话并交换身份和服务参数。

发起方的N端口发送一个PLOGI请求帧到目标方N端口，然后目标方N端口接收，并返回一个ACC给发起方N端口。

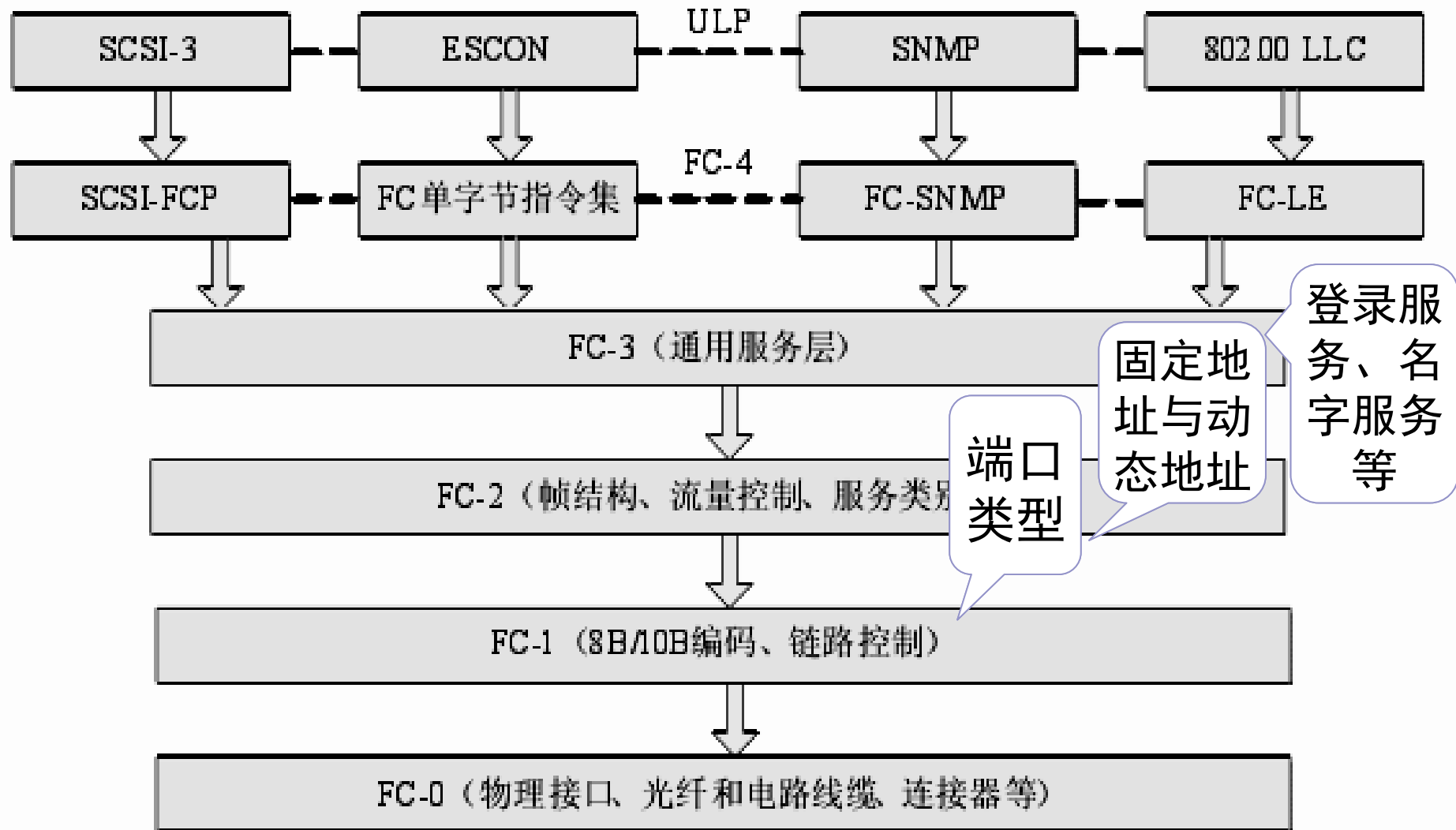
接下来N端口就会进行会话相关的服务参数的交换（如：EE\_Credit）。

- **程序注册**（Process Login, PRLI）也在N端口和另一个端口之间进行。

这种登录为了实现FC-4级别的登录，与FC-4高层协议相关的。例如SCSI，N端口交换SCSI-3相关的服务参数。N端口共享信息，包括正在使用的FC-4类型、SCSI发起方或目标方等。

交换通信进程级别的服务参数。可选

- **登出LOGO/PRL0**



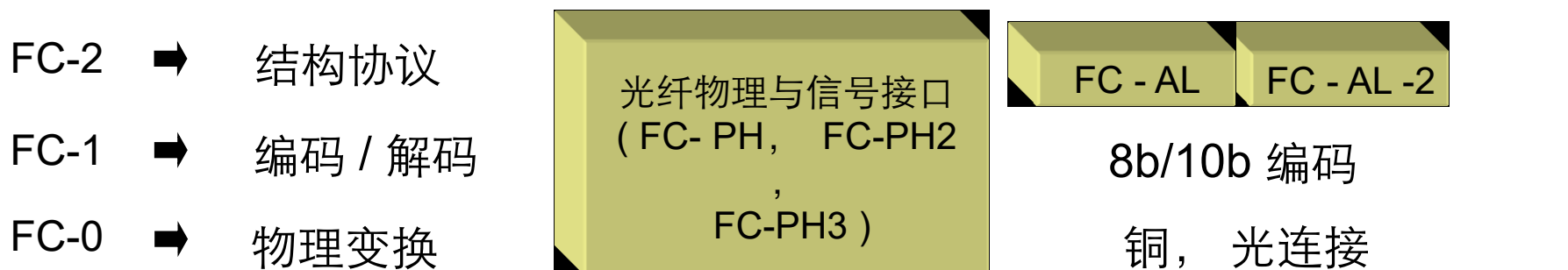
光纤通道分层体系结构图

## ■ 填空题

- 1、光纤通道协议中，动态地址共有\_\_\_\_\_比特，固定地址有\_\_\_\_\_比特。
- 2、在光纤交换机中，能实现APR协议相似功能的服务器是\_\_\_\_\_，能实现DHCP协议相似功能的服务器是\_\_\_\_\_。
- 3、能连接两个光纤交换机的端口叫\_\_\_\_\_端口。



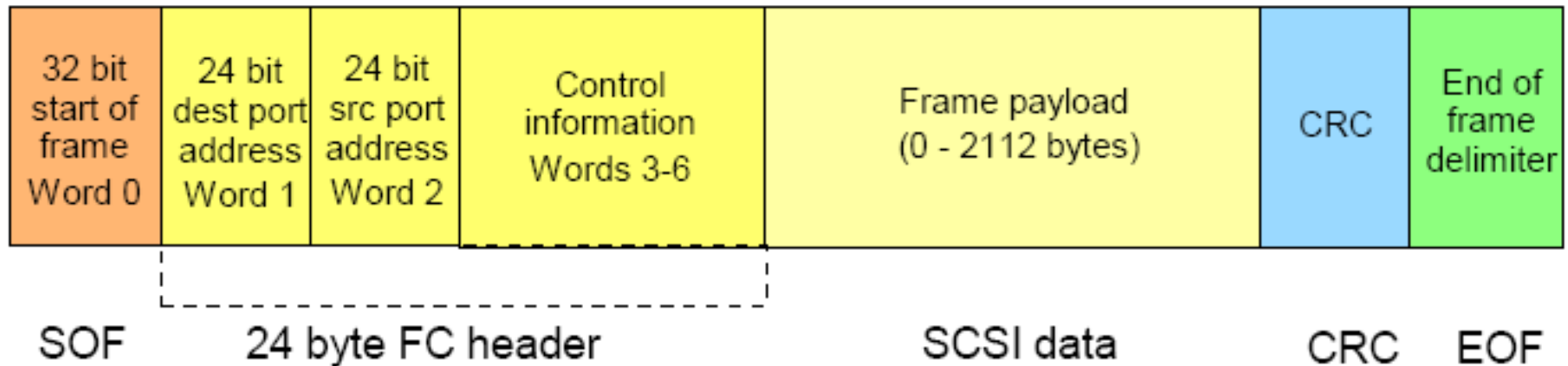
## 7、FC-4：上层协议映射



- FC-4将高层协议与底层光纤Fabric完全隔离，并且定义了高层协议过程的互操作能力。
- 这一层将高层协议映射到光纤传输层，同样也把从光纤通道接收到的帧序列映射成应用协议的信息单元，然后交给应用协议。
- 光纤平等传输网络与通道信息，并允许两种协议同时在同一物理层上进行传输。

- 现在可支持的协议如下：
- 存储协议
  - 小型计算机系统接口 (Small Computer System Interface; SCSI) 命令集
  - 单字节命令编码集 (Single Byte command code set; SBCCS)
  - 高性能并行接口 (High Performance Parallel Interface; HIPPI)
  - 智能外设接口 (Intelligent Peripheral Interface; IPI)
- 网络协议
  - IP (Internet Protocol)
  - ATM计算机数据传输层 (AAL5)
  - IEEE 802.2
  - 连接封装 (FC-LW)
- 服务器集群协议
  - VI (虚拟接口)

通过**光纤协议层传输SCSI命令和数据**是光纤的主要用途，用一个专用缩写“FCP”，表示SCSI通过光纤传输，这与光纤本身的协议一样，所以称之为**光纤协议(Fibre Channel Protocol)**。这样，**对于存储设备与服务器之间的SCSI电缆就被一个光纤通道网络取代。**



## 8、FCP数据传输过程

SCSI域中的I/O操作被映射为一个FC交换。

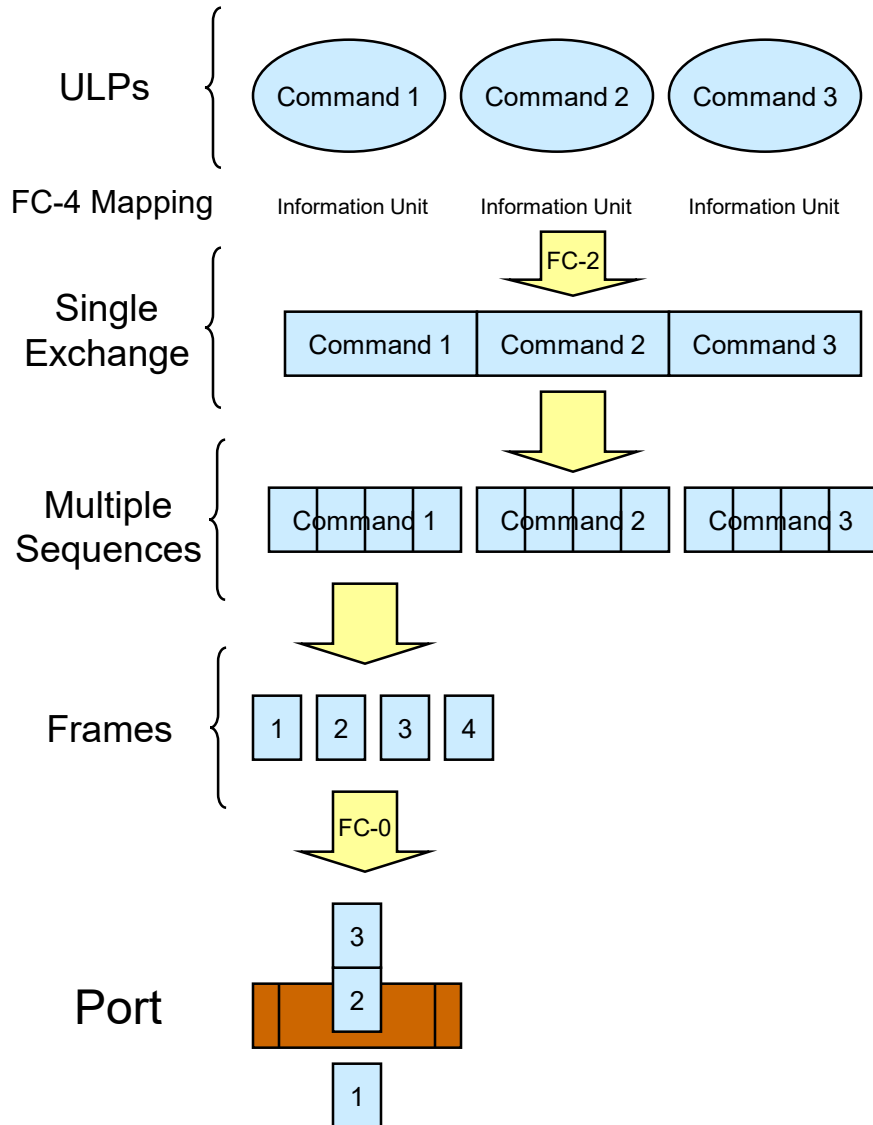
**Sequence:**

**序列**，光纤通道网络中两台设备数据交换的最小单位。由一个或多个Frame构成，最大长度128MB。（各Frame间会有2个Idle帧）。

**Exchange:**

**交换**，光纤通道网络中两个应用程序之间的一次数据交换的过程。一般由多个Sequence组成。一个携带SCSI I/O操作信息的FC交换就是一个FCP交换。

# Fibre Channel FC-2 Logical Constructs

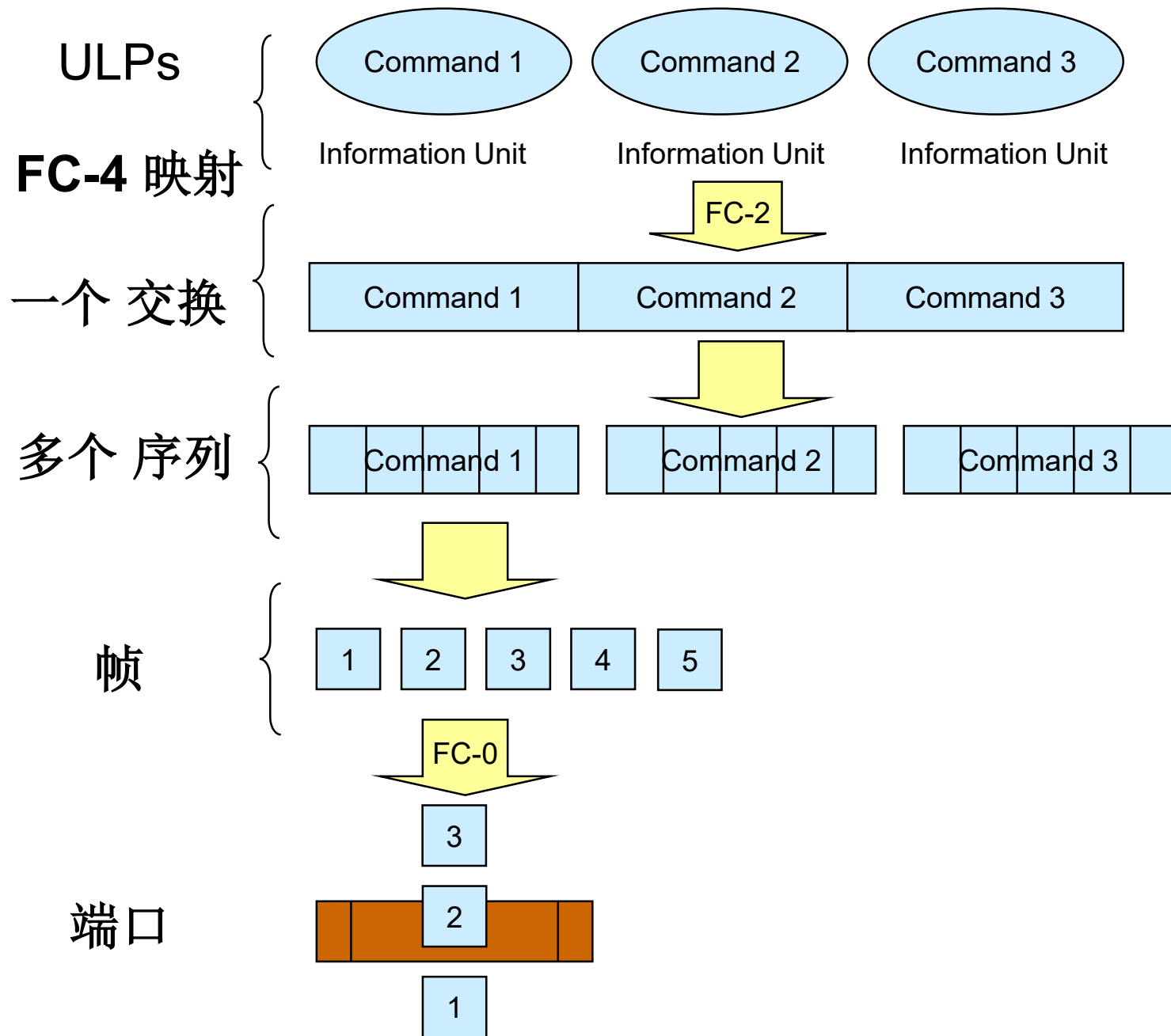


## Delivery Rules

- Every Frame must be part of a **sequence** and an **exchange**
- A **sequence** is the unit of transfer. It can hold up to  $2^{16}$  frames (that is, a block transfer of 128 MB) mapped to the ULP's information units.
- An **exchange** is a group of non-concurrent related sequences. Only one sequence is active at a time.

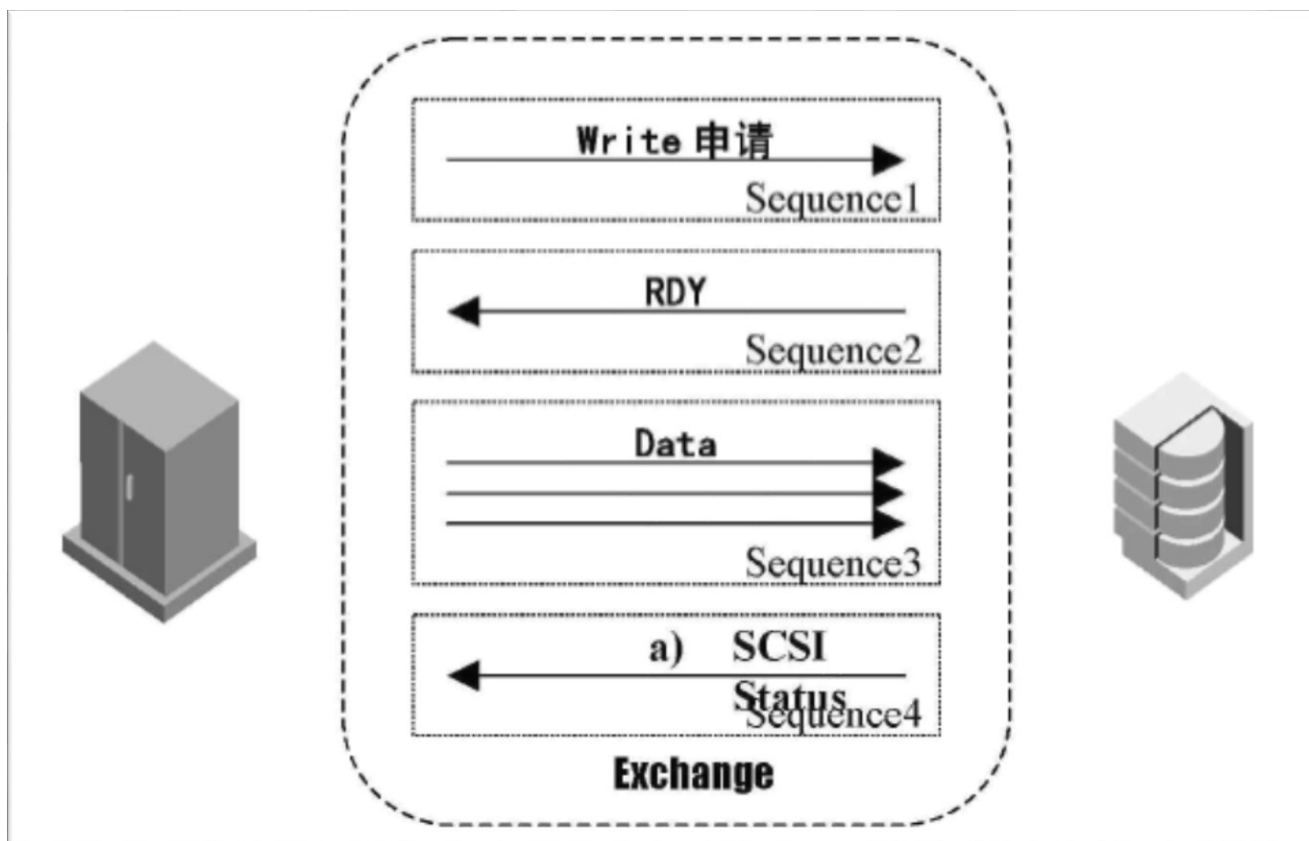
## Smart Error Recovery Rules

- 8-bit/10-bit clocking signal
- Frame CRC checksum
- Sequence is the recovery unit
- Four exchange error policies



# FCP数据传输过程

- 光纤通道网络中，数据的发起者被称作 Initiator，数据的接收方被称作 Target。当连接建立好后，数据的传输过程如下图





# ① 主机发起一个SCSI的写申请

该命令被封装在一个Frame中，放在一个Sequence中。

# ② 设备准备好

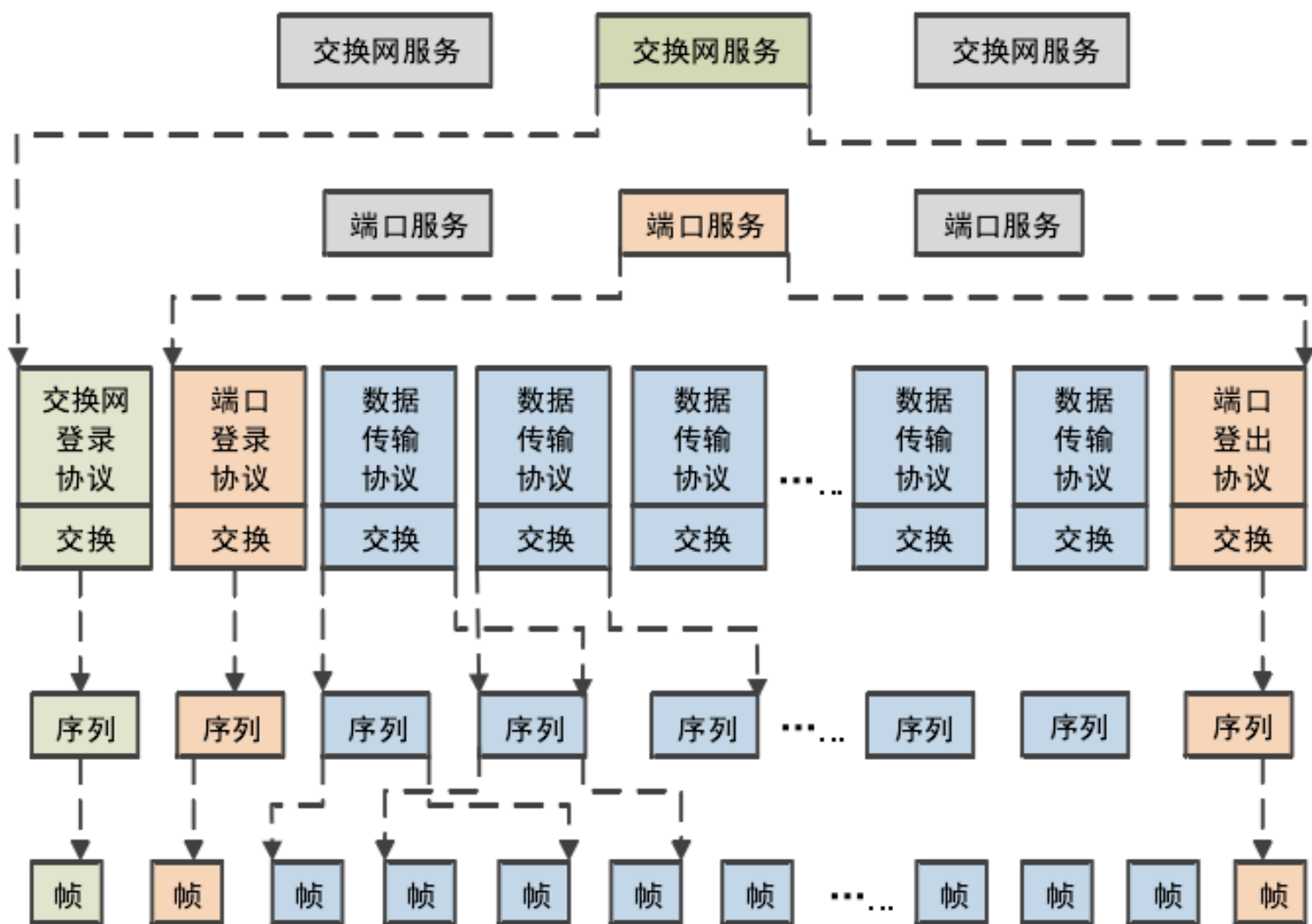
存储设备收到写申请后，给发送者一个设备准备好的SCSI的回应命令——RDY。该命令被封装在一个Frame中，用一个Sequence在网络中传递。

# ③ 写数据

主机收到设备准备好的消息后，开始向存储发送SCSI的写数据命令。数据被封装在多个Frame中，可能在一个或多个Sequence里。

# ④ 完成

存储返回写成功的SCSI命令。



## 9、光纤通道主要设备

### HBA、光纤交换机

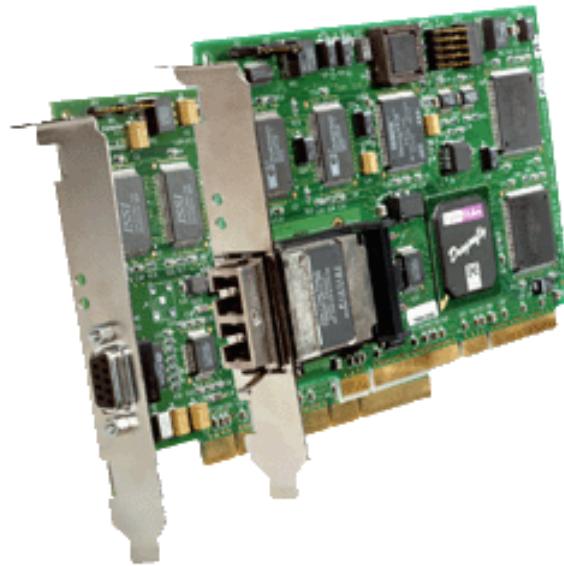
#### (1) FC HBA

HBA的全称为 Host Bus Adapter，即**主机总线适配器**，是主机内部的总线（如PCI总线）与外部I/O设备之间的桥梁。

FC HBA的作用就是实现内部通道协议PCI或Sbus与光纤通道协议之间的转换。

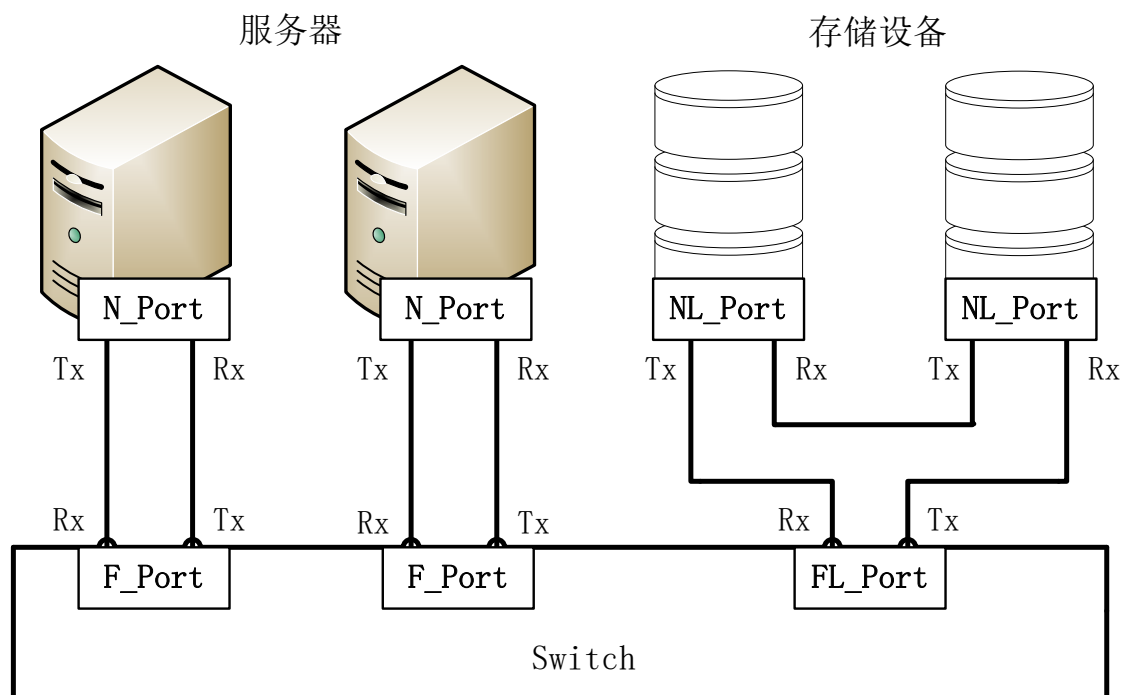
服务器或工作站只有安装了FC HBA才具有构成光纤通道网络的功能。

- HBA 卡对于主机来说只是一块存储卡，通过它可以访问到存储设备，SAN 网络的细节对于主机来说是透明的。
- 需要HBA驱动软件：对I/O进行操作，同时对正常请求进行控制；支持铜/光介质（可能是双接口卡）。
- FC HBA能提供数据打包处理、物理地址、链路连接错误检测、序列级错误检测、管理流控制、为I/O和包提供连接、操作多个请求队列、管理多个并发I/O、数据的分析和管理的功能。以太网卡只能完成前三项操作。



## (2) 光纤通道交换机

- 光纤通道交换机是一个连接**节点、设备和其他光纤通道交换机的智能设备**。
- 在物理层上，光纤通道交换机智能意味着其具有完全的**即插即用**能力。只要连接到正确的GBIC，它们就可以检测出连入设备的种类。



- FC-SW也被称作fabric连接。一个fabric是一个逻辑空间，所有节点都可以在其中互相通信。
- FC-SW通过交换端口，将数据流量从一个发送方节点直接转发到另一个目标方节点。  
Fabric所做的就是在源和目标之间进行帧的路由转发。
- FC-SW中，数据通过一个专用的路径在节点间进行传输，独享端口带宽。每个端口都有一个唯一的24比特的光纤通道地址用于通信。

如果节点B需要与节点D通信，节点首先应该单独地登录，然后通过FC-SW发送数据。这条链路被看作一条发起方和目标方之间专用的连接。

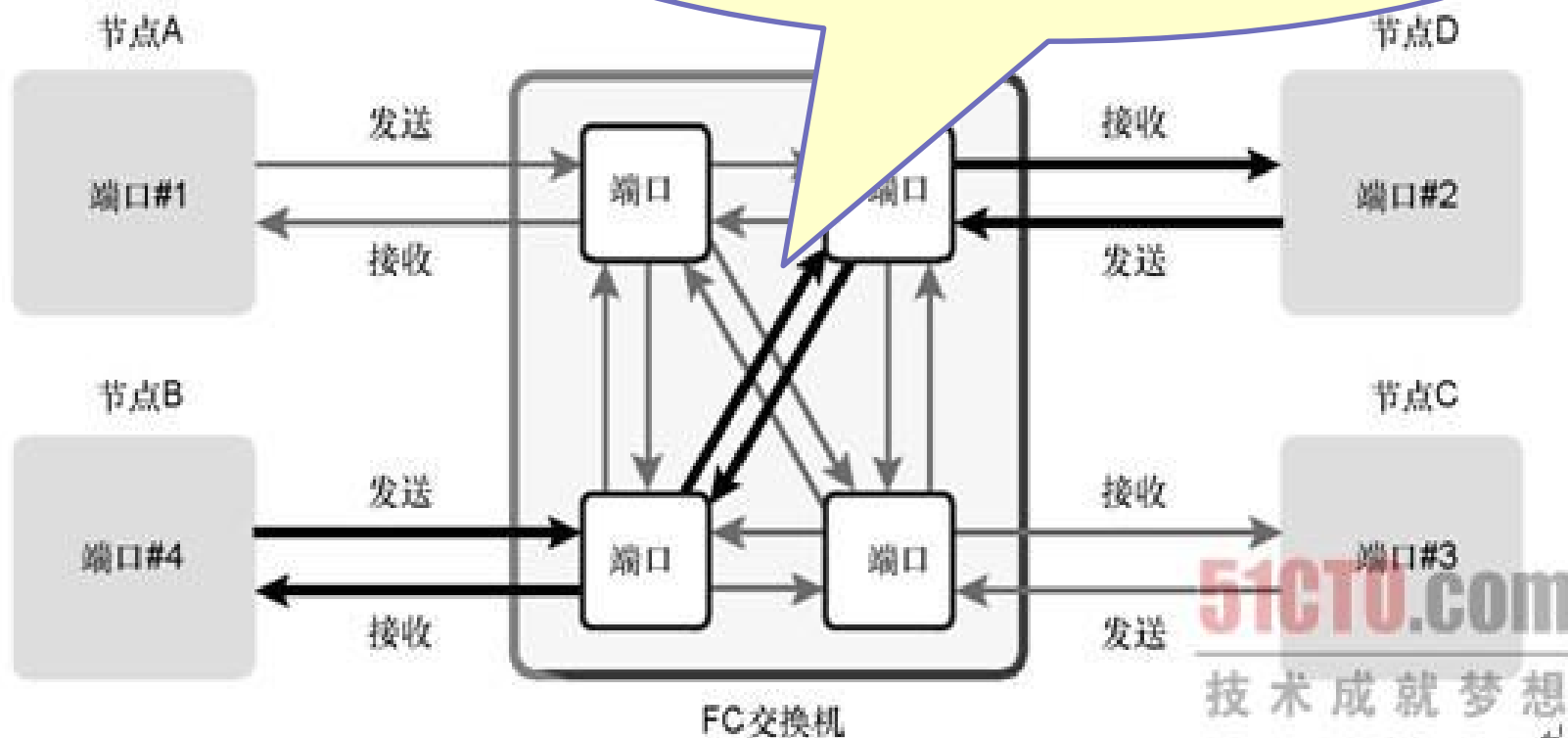


图 FC-SW拓扑上的数据传输



## FC交换机特点：

- 连接多个端口（8，16，32，64，128口）
- 支持交换Fabric和传统loop设备
- 2Gbit/s、4Gbit/s、8Gbit/s等多种传输速率，目前传输速率达到32Gbit/s
- 全双工性能
- 拓扑结构自动协调，自动配置（自恢复）
- 端到端性能监控



## ■ 作业：

- 1、什么是SAN？ SAN有什么特点？
- 2、简述光纤通道端到端的流量控制工作过程。
- 3、光纤通道中适合于各种应用需求的服务类别有哪几种？ 简述前三种的特点。
- 4、什么是N端口、NL端口、F端口、E端口？
- 5、说明N端口的FC地址构成，并分析它可共有多少个地址。
- 6、简述FCP数据传输过程。