



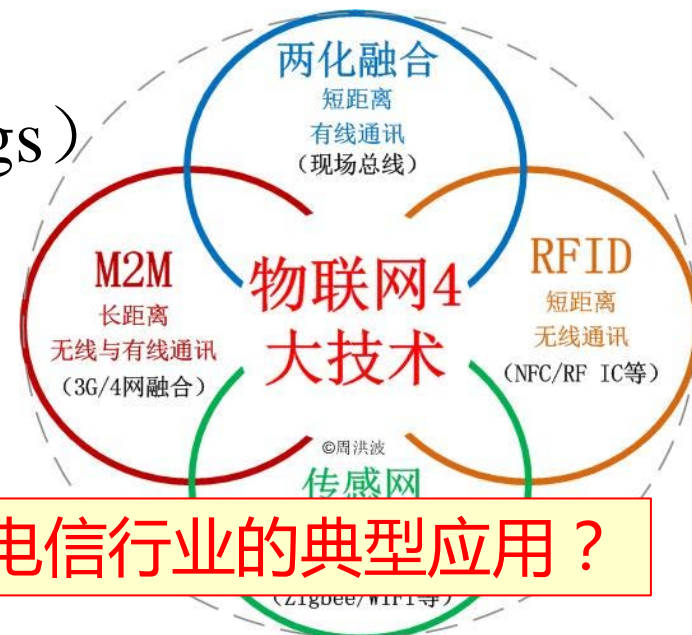
网络协议分析与实现

协议、通信协议与信令

李静林

电信行业的技术前景

- 下一代网络
 - 从2G到3G
 - 从程控交换到**软交换 (Soft Switch)**
 - **IMS (IP Multimedia Subsystem)** 与FMC (Fixed-Mobile Convergence)
- 无处不在的网络
 - 互联网与**移动互联网络**
 - 泛在网络 (Ubiquitous Network)
- 物联网 (IOT: Internet of Things)
 - **M2M (Machine to Machine)**
 - 传感网
 - 视频识别 (RFID: Radio Frequency Identification)
 - 现场总线



手机支付是物联网在电信行业的典型应用？

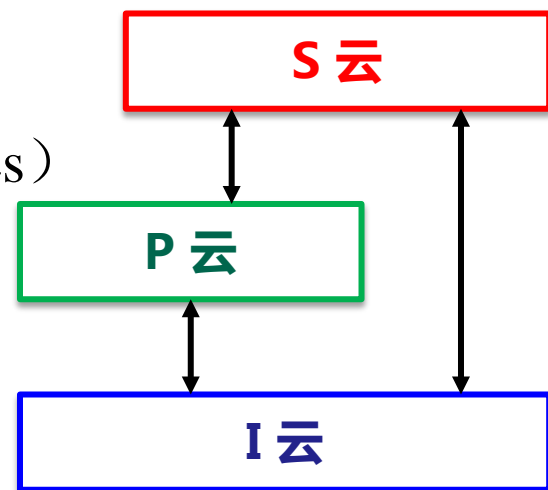
电信行业的技术前景

- 云计算 (Cloud Computing)

- 并行计算 (Parallel Computing)
- 分布式计算 (Distributed Computing)
- 网格计算 (Grid Computing)
- 效用计算 (Utility Computing)
- 网络存储 (Network Storage Technologies)
- 虚拟化 (Virtualization)
- 负载均衡 (Load Balance)

- 电信行业的“云”瓜葛

- 软件即服务 (SaaS: Software as a Service)
- 平台即服务 (PaaS: Platform as a Service)
- 基础设施即服务 (IaaS: Infrastructure as a Service)



电信系统与电信应用如何“云”化

通信协议的作用

- 下一代网络，泛在网络，物联网，云计算.....



如何透过现象看本质？

如何快速掌握新技术？

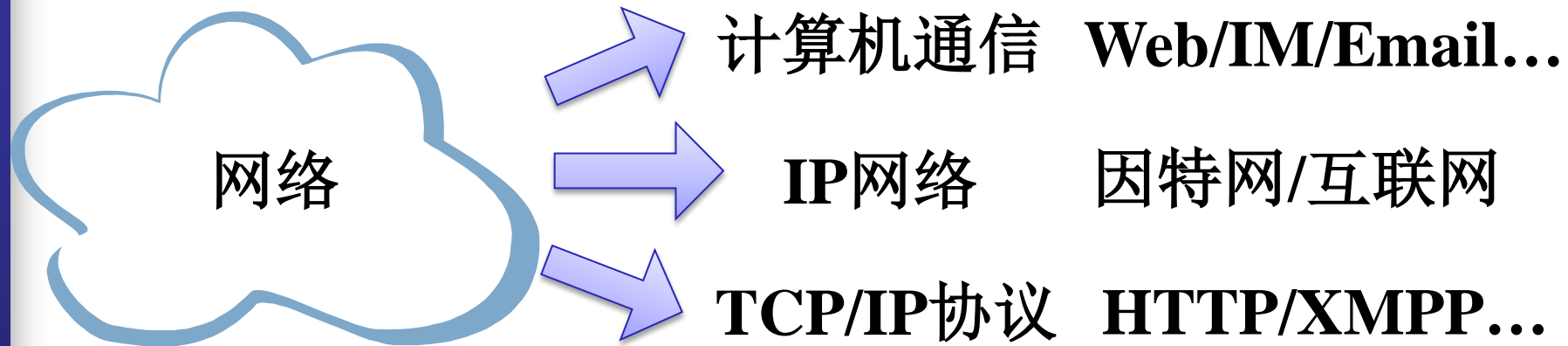
- 网络通信技术的核心 —— **通信协议**

通信协议 (Communications Protocol) 是指双方实体完成通信或服务所必须遵循的规则和约定

信令 (Signaling) 是指在电信网的两个实体之间，传输专门为建立和控制接续的信息

协议是各独立设备之间进行组织协调的基础

学过或看过的通信协议



怎么电信行业好像没有这么简单呢？

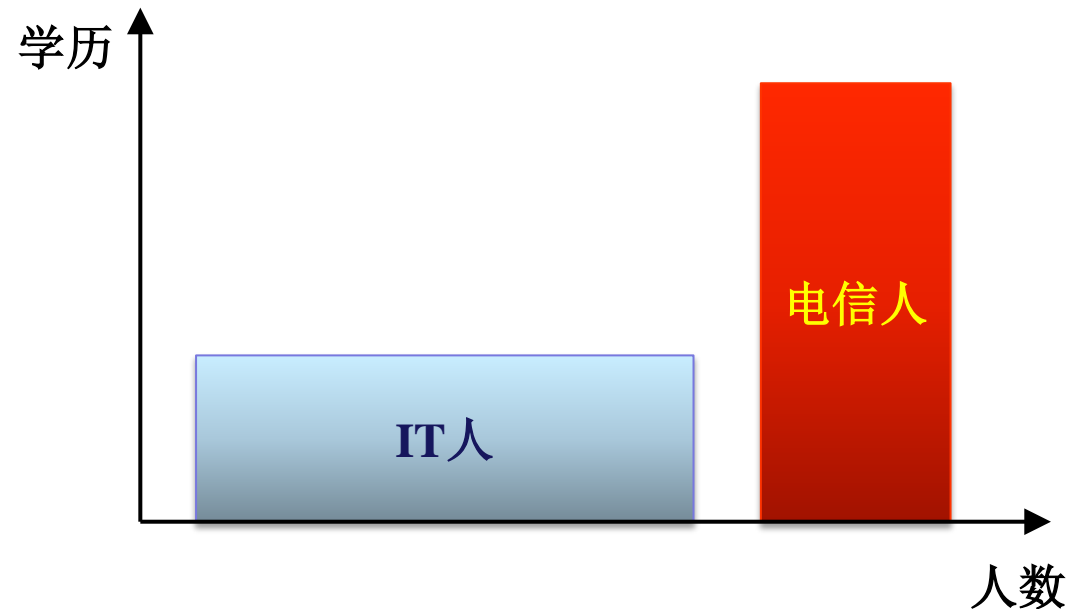
- 传统IT服务与电信服务的差别？
 - 电信服务：一般提供实时通信服务
 - 传统IT服务：一般提供非实时数据通信服务
 - 实时服务的要求：实时性、QoS ...
 - 用户接入的复杂性：有线、无线、双绞线、光纤 ...



电信人比IT人强吗？

- 传统IT行业与电信行业的差别？
- IT系统与电信系统的差别？

对电信人有什么要求？





本课程要达到的目的

- 理解**信令**与传统**通信协议**的区别
- 理解**信令协议**所完成的**通信系统控制能力**与通信系统之间“**数据**”**传送能力**的区别
- 会**学习**，会**举一反三**
- 会看：管理/设计/售前/售后/产品/...人员
 - 协议的位置与作用？
 - 能通过协议的视角理解并运用/分析通信系统
- 会用：维护人员
 - 协议分析/不同协议的差异？
 - 能通过协议分析解决电信系统中出现的问题
- 会做：开发人员
 - 协议的实现方法
 - 会开发协议栈，会使用协议栈开发新的应用

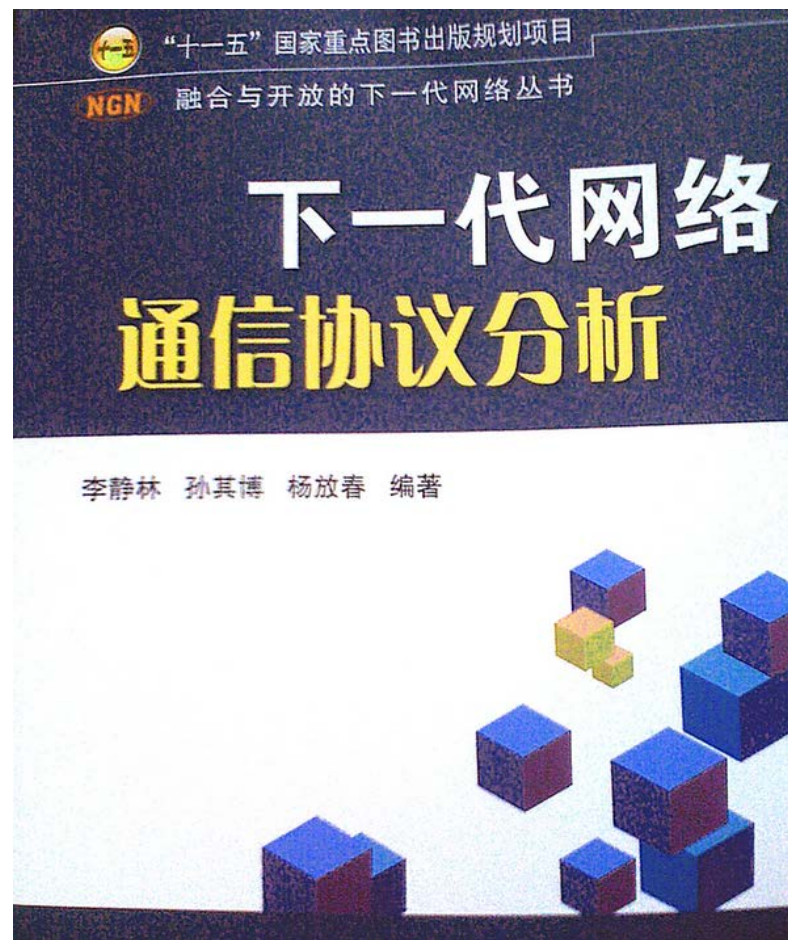
教材

下一代网络通信 协议分析

李静林，孙其博，
杨放春

北京邮电大学出版
社

ISBN 978-7-5635-
2264-4





教学方式

- 课堂教学
- 实践： 开源SIP协议栈
- 考试： 开卷

- Blog
 - <http://li-bupt.blog.sohu.com/>



协议



协议

- 协议 (Protocol) 的定义:
 - 现代汉语词典
 - 国家、政党或团体间经过谈判、协商后取得的一致意见
 - 达成～ | 遵守～ | 停战～。
 - Webster大学词典
 - The records or minutes of a diplomatic conference or congress that show officially the agreements arrived at by the negotiators
 - A set of conventions governing the treatment and especially the formatting of data in an electronic communications system
 - A detailed plan of a scientific or medical experiment, treatment, or procedure

什么是协议

- 通常意义上的协议（Protocol）指的是

- 国家、政府、政党或团体间关于某一问题经谈判、协商后取得的一致意见

- 如国家间的关贸协议，政府间合作开发协议等

双边或多边

房屋租赁协议，

- 协议中一般包含两方（甲方
- 协议中一般需要明确以下内容

特定目标及达成目标的方式方法

- 做什么，有什么要求
- 实施的方法
- 实施成果及分配
- 如何保证实施（违约处罚及免责条款等）

取得一致并共同遵守

- 以上内容都是需要双方经过谈判、协商，取得一致意见后明确下来，最后形成协议文本，双方代表签字盖章后生效



协议基本特征

- 是双边或多边（两方或多方）之间的
- 有明确具体的目标
- 有达成目标的方式方法
- 必须达成一致并共同遵守
- 结论：
 - 协议是为了达成特定的目的而对两方或多方之间的协作方式和方法进行的约束。



如何描述协议——软件外包合同

- 双边或多边
 - 项目委托方（或发包方，称为甲方）
 - 项目开发方（称为乙方）
- 具体的目标
 - 能够按时并保质的完成所外包的软件模块
- 制定达成目标的方式方法
 - 协议中一般需要明确以下内容：
 - 项目开发内容要求（功能要求、技术指标、性能要求等）
 - 实施方法（任务分工，开发进度要求，时间节点，配合方法，检验方法等）
 - 实施结果（开发经费，开发费支付方式，成果分配等）
 - 实施保证方法（违约责任及补救措施等）

达成一致并共同遵守

协议仅指的是最终盖章后的文件吗？



协议的基本内容

- 语义 (Lexeme/Semantic)
 - 协议所要表达的核心含义
 - 准确的表达协议目标的含义和协议双方需要为此而进行的动作的含义
 - 保证协议双方对协议将要达成的目标和达成目标的方式方法具有一致的认识
- 语法 (Grammar/Syntax)
 - 语义能够正确表达的规范
 - 语义的描述规则和详细的格式规范
 - 是协议双方所制定的这种语义能够被双方正确理解的保证
- 时序 (Sequence)
 - 语义被正确表达的时间点和先后顺序
 - 时序是语义被正确解析的保证
 - 时间顺序的错误将使协议动作本来所表达的语义造成错误的理解



通信协议



通信协议

- 什么是通信（Communication）

- 现代汉语词典

- 利用电波、光波等信号传送文字、图像等

- Webster大学词典

- A *process* by which *information is exchanged* between *individuals* through a common system of symbols, signs, or behavior.

- 柯林斯高阶英语词典

- Communication is the transfer of information that are used to convey a message, especially by means of electricity or radio waves.

通信的目的是为了传递信息

语言是不是通信？



通信的历史

- 人类最基础的通信手段
 - 语言、图画、书信
 - 视觉、听觉、空气、泥板、竹简、丝绸、纸张等
- 第一次通信技术革命：通信**承载介质**的革命
 - 电报、电话、广播
 - 有线、无线、模拟
- 第二次通信技术革命：通信**传输技术**的革命
 - PCM编码，数字化
 - 程控电话、卫星通信、光纤通信
- 第三次通信技术革命：**互联网**
 - ARPANET
 - WWW
 - 对人类的影响无法估量



通信协议

- 通信协议（Communication Protocol）
 - 在通信过程中，为了保证通信过程的正确进行而制定的协商规则
 - 英汉双解计算机词典
 - 一组语义和语法规则，决定功能部件在通信时如何进行工作
 - 通信双方之间交换信息的格式和相对定时 [同步] 的一种规范



通信协议

- 通信协议首先是一种“协议”
 - 其必须具有协议的基本特征：
 - 双边或多边
 - 有明确的目标
 - 达成目标的方式与方法（表达明确的语义，具有准确的语法和时序）
 - 达成一致并共同遵守
- 通信协议是协议在通信系统中的具体应用
 - 达成通信协议的双边或多边是通信系统
 - 目的是完成通信系统之间的协作（主要是进行信息传输）
 - 达成目的的方式和方法则是在通信系统间传递一组具有特定语义和语法规则的数据
- 通信协议可以认为是通信系统之间就如何进行信息传递而达成的“协议”。

注意：任何信息



通信协议的历史

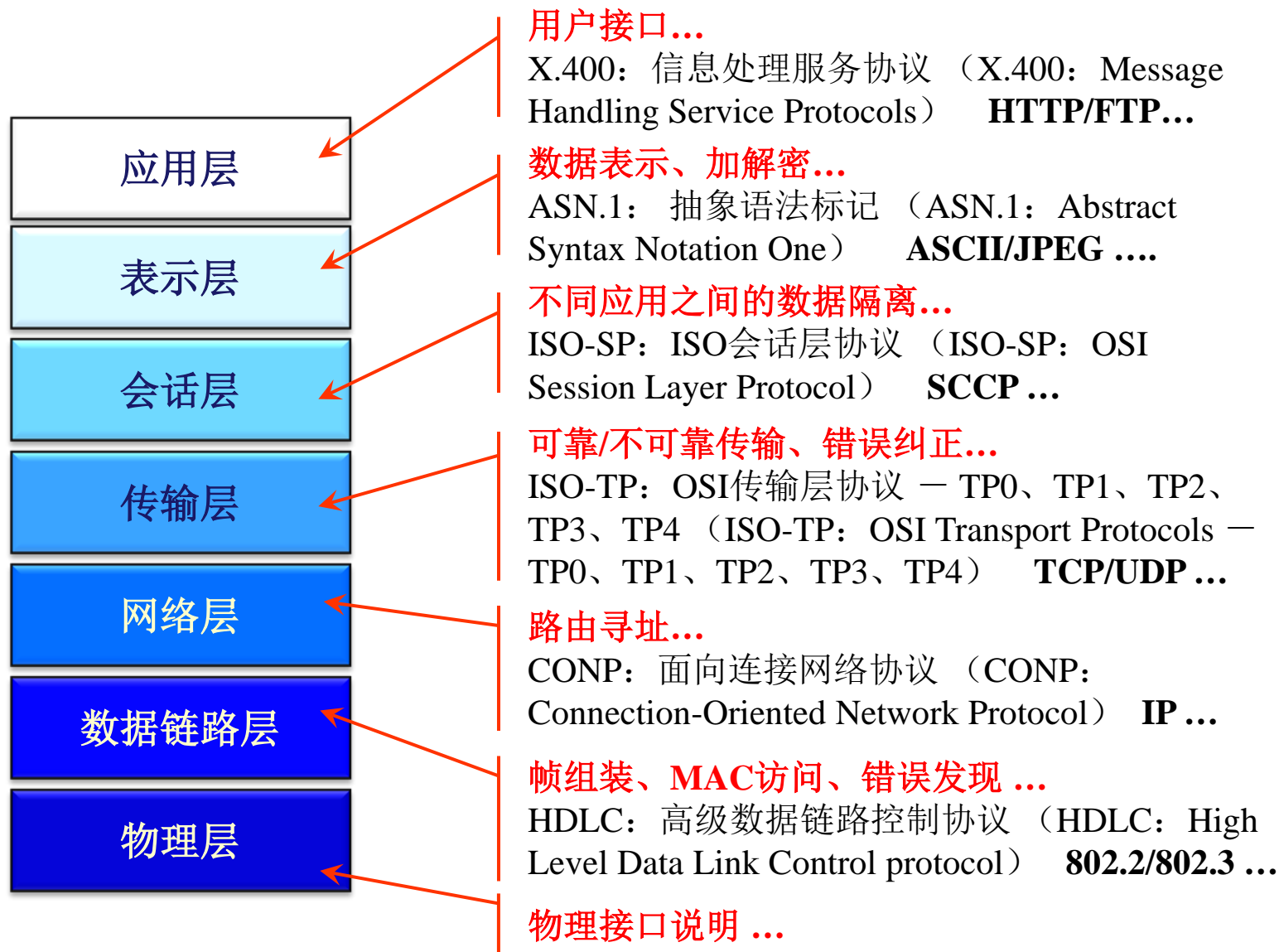
- 公元前1200年，特洛伊战争
 - 阿伽门农 - 希腊神亚古尔
 - 木马屠城
 - 火光点燃=战争胜利
- 公元前781年，烽火戏诸侯
 - 周幽王 - 褒姒
 - 烽火点燃=外族入侵
- 1837年，莫尔斯电报
 - 莫尔斯码
 - 点、短划和间隔的不同排列=不同的字符
 - 电脉冲，机械式或可见信号
- 1937年，瑞维斯基PCM编码
 - 脉冲编码调制——模数转换/数模转换
 - 采样点，PCM_u, PCMA = 语音信号



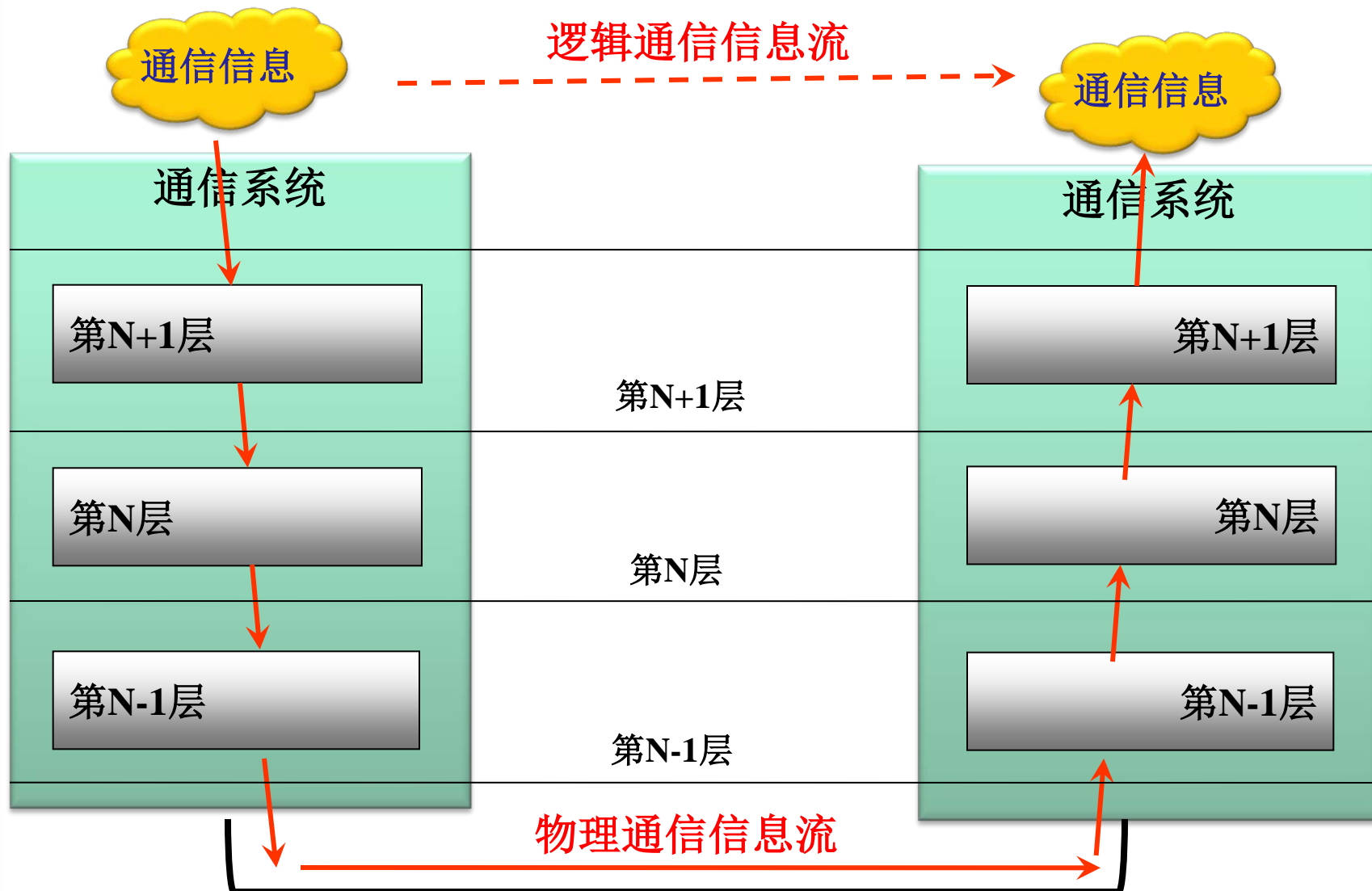
通信系统分层与通信协议



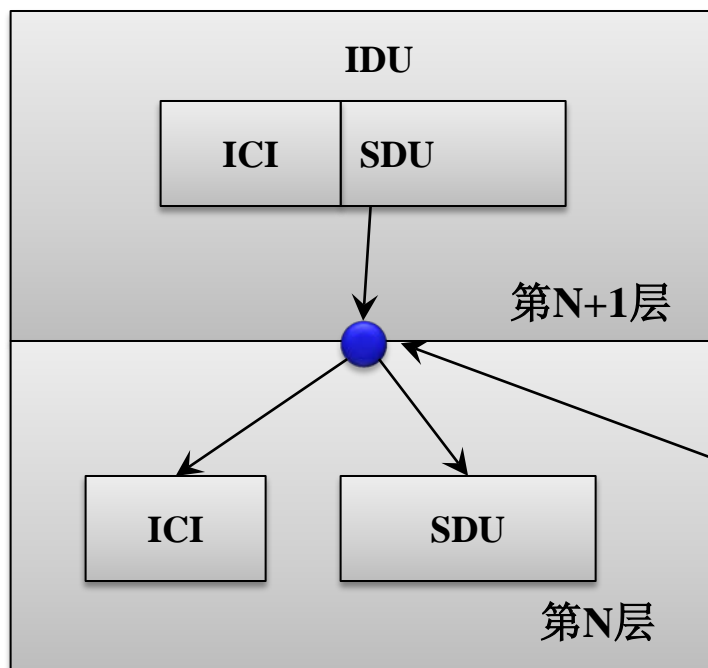
OSI网络模型分层与协议



通信系统分层



通信系统分层模型



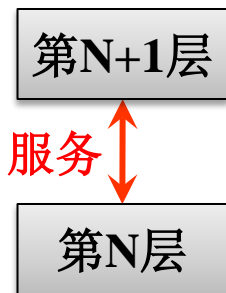
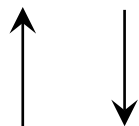
- SAP: 业务接入点
- IDU: 接口数据单元
- SDU: 服务数据单元
- ICI: 接口控制信息

使用信息
传送服务

SAP

提供信息
传送服务

“同步”
回调 调用



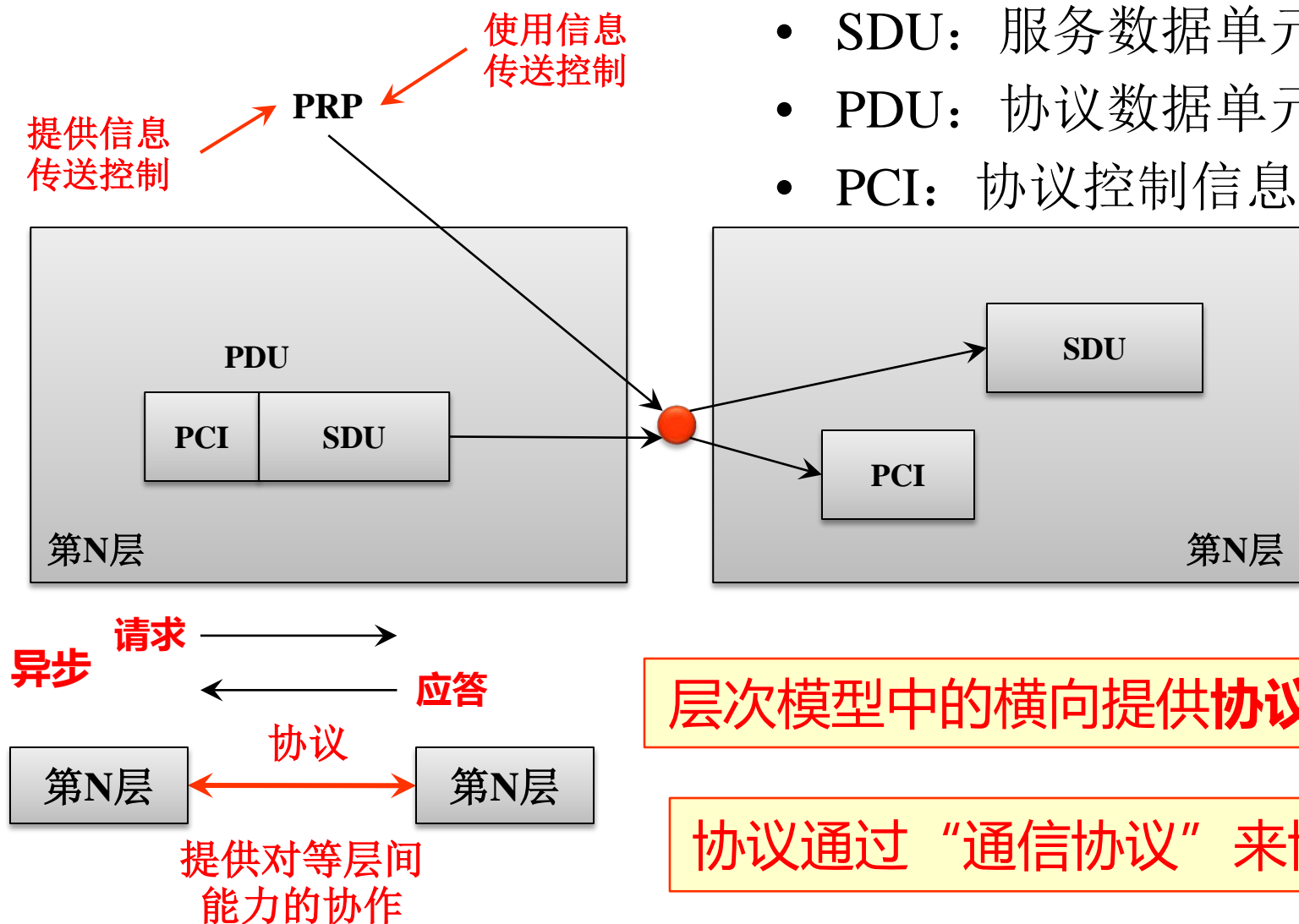
提供相邻
层间能力
的调用

层次模型中的纵向提供服务

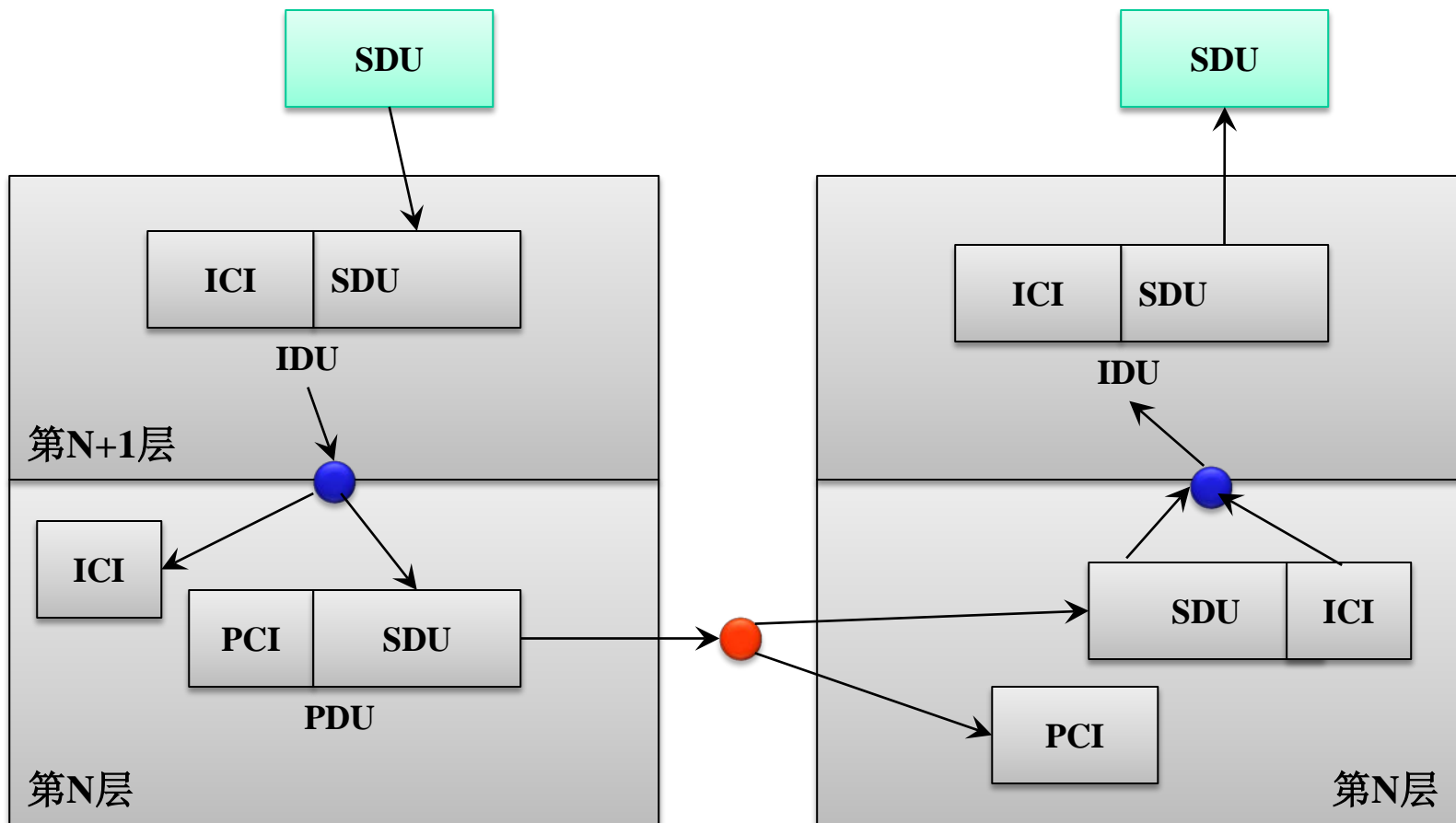
服务通过“原语”调用

通信系统分层模型

- PRP: 协议参考点
- SDU: 服务数据单元
- PDU: 协议数据单元
- PCI: 协议控制信息

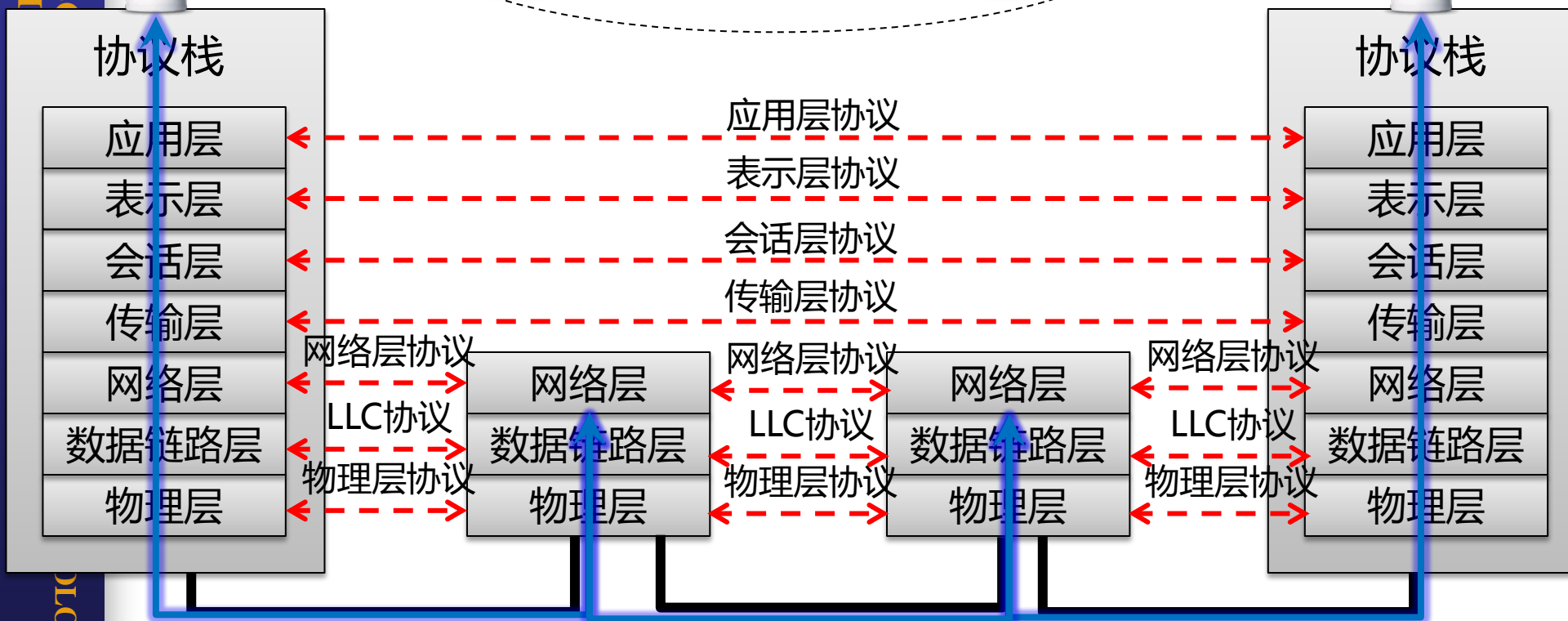


协议栈的工作原理



协议通过“通信协议”来协作

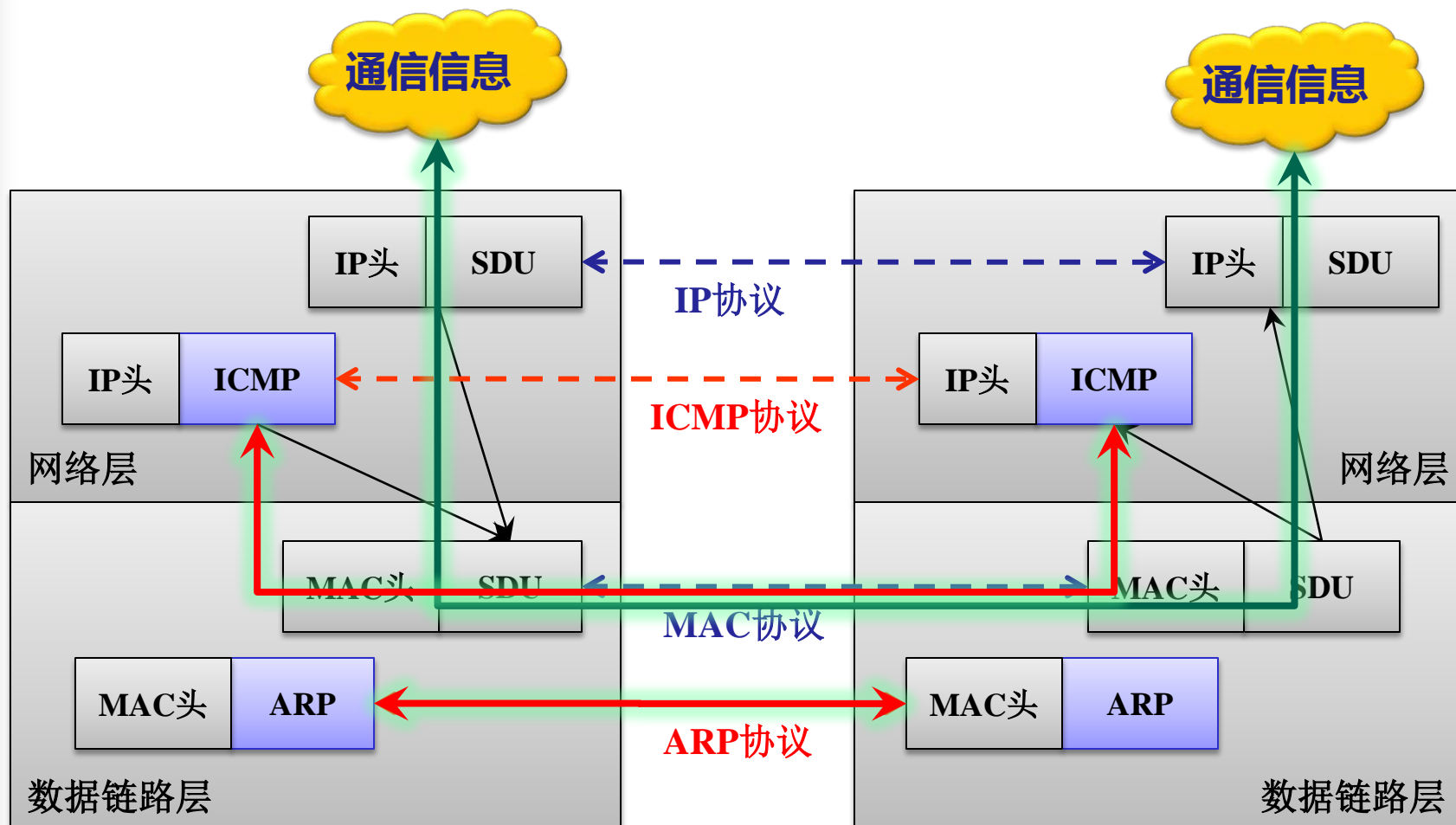
通信系统分层与协议分层



通信控制协议一般位于本层次内

第X层交换

不同协议类型的对比



通信协议的分类



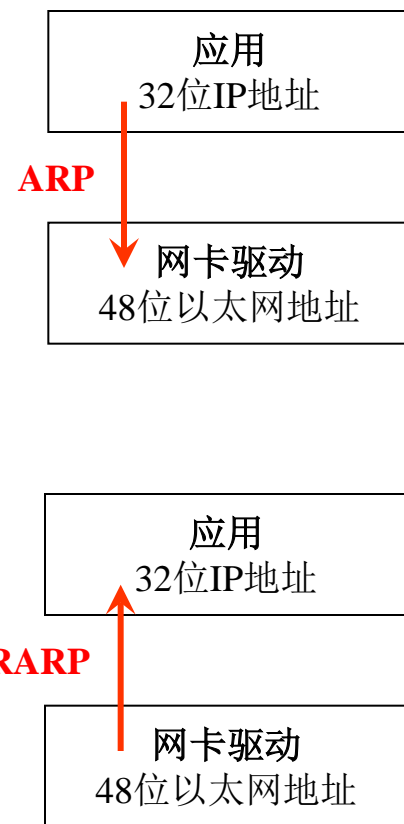
- N层的SDU内容包含N+1层的SDU
- 以传送N+1层信息为目的
- 用于“**承载**”的协议
- 如：MAC协议、IP协议
- N层SDU内容不包含N+1层的SDU
- 以传送本层信息，支持层间协作为目的
- 用于“**控制**”的协议
- 如：ARP协议、ICMP协议



通信协议分析

ARP协议的目的

- 构建ARP协议的目的
 - 完成32位IP地址与48位以太网地址之间的相互映射
 - 已知IP地址，获得其对应的MAC地址：正向地址解析
 - 已知MAC地址，获得其对应的IP地址：反向地址解析
- ARP
 - Address Resolution Protocol
 - 地址解析协议





ARP协议语义

- 语义

- 已知目的端的32位IP地址，广播查询这个IP地址由哪台服务器所拥有
 - ARP请求
- 响应请求，告知请求发起方被查询的该IP地址由指定的48位以太网地址服务器所有
 - ARP响应
- 已知目的端的48位MAC地址，查询这个MAC地址所分配的IP地址
 - RARP请求
- 响应请求，告知请求发起方被查询的MAC地址绑定的IP地址
 - RARP响应

ARP协议语法——语义能够正确表达的规范

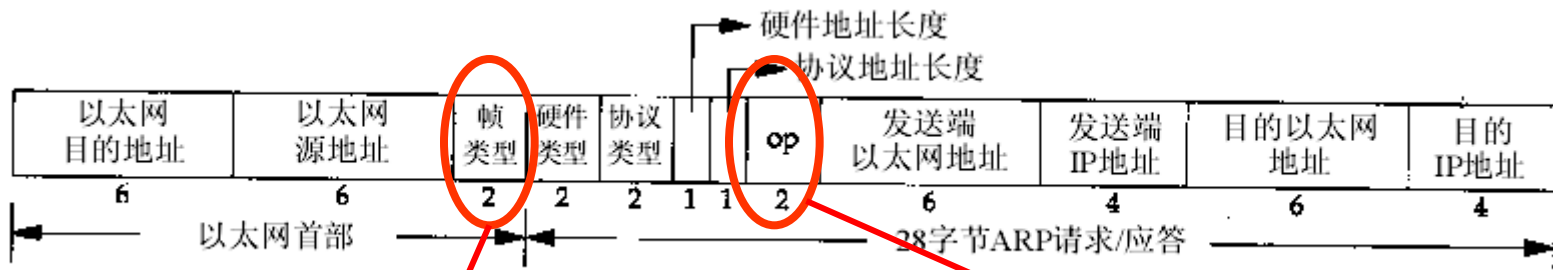
• 消息的结构定义——描述语义



该帧是ARP协议帧
还是 RARP协议帧

指示操作类型，是什么
请求和什么应答

• 消息的编解码规则——使用2进制消息



0x0806: A R P消息

0x8035: R A R P消息

1: A R P请求取值

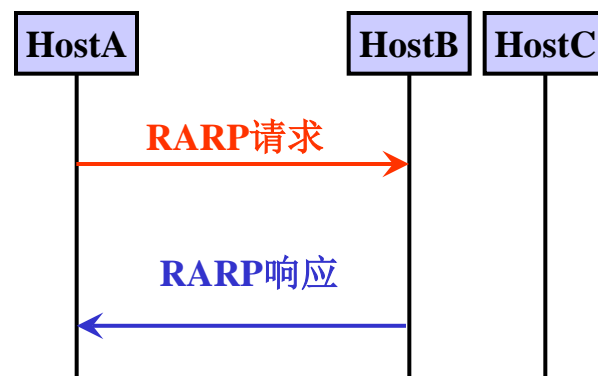
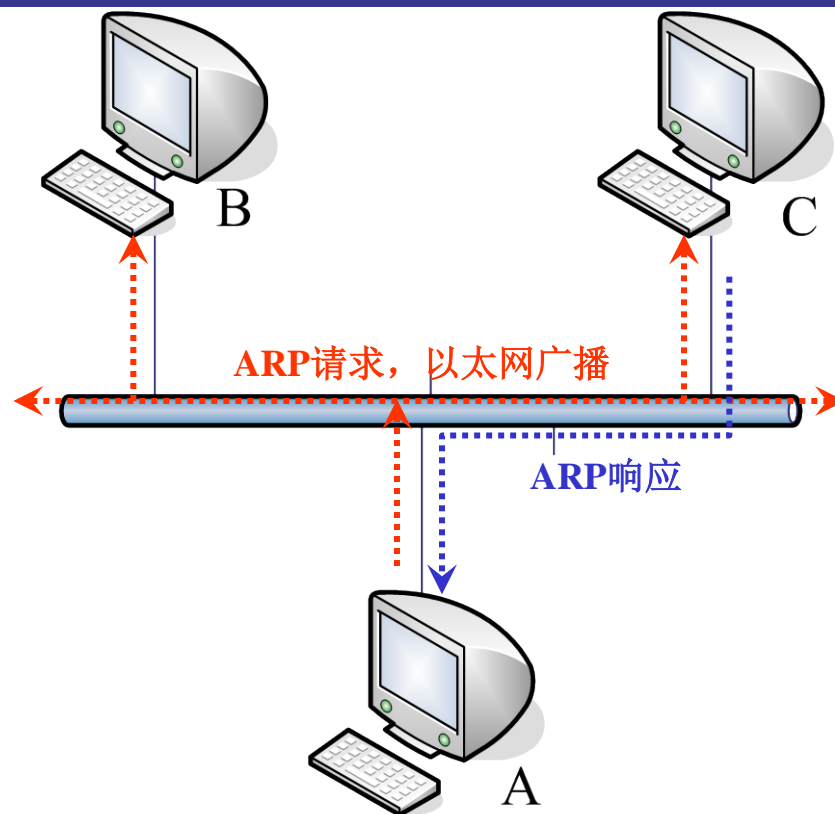
2: A R P应答取值

3: R A R P请求取值

4: R A R P应答取值

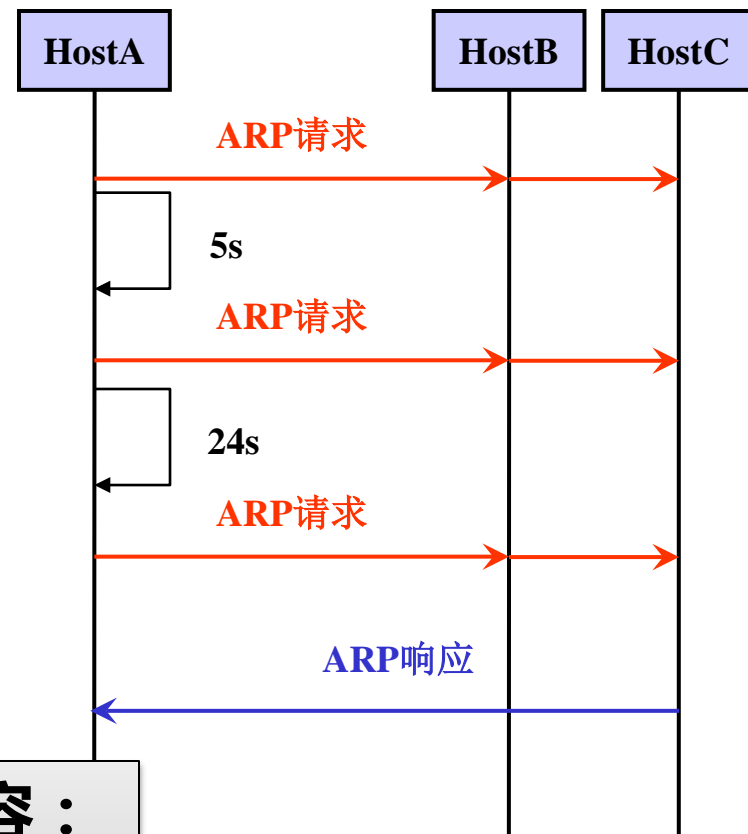
ARP协议时序

- 时序 (Sequence): 语义被正确表达的时间点和先后顺序
- ARP消息的发送是有方向性的
 - ARP请求: 地址翻译请求方——整个局域网络广播
 - ARP响应: IP地址所有方——地址翻译请求方
 - RARP请求: 地址翻译请求方——目的方
 - RARP响应: MAC地址所有方——请求方



时序的含义

- ARP消息发送是有顺序的
 - ARP请求——ARP响应
 - 在一定时间之内没有收到ARP请求的响应，需要重发ARP请求
- ARP消息具有定时规则
 - 第一个ARP请求超时时间
 - 第二个ARP请求超时时间
 - ...



时序所需要具备的三项基本内容：

方向 (Direction)

顺序 (Sequence)

定时 (Timer)

通信协议的基本内容与分析方法

- 特定的目标
 - 完成信息系统之间特定信息的传递
- 达成特定目标的方式与方法
 - 语义
 - 传递特定信息的方法 } 一般采用自然语言定义
 - 语法
 - 协议所需要传递信息的规格说明
 - 协议所需要规范的语义的规格说明
 - 消息的定义
 - 消息的结构定义
 - 消息的编解码方式
 - 时序
 - 方向
 - 顺序
 - 定时

一般采用二进制字节编码

一般采用“请求-应答”时序

这我们都懂
老师当我们本科生呐





信令



信令

- 电话系统的发展
 - 人工交换时代
 - 模拟交换时代、程控交换时代
 - 电话交换机与交换网
 - 人工交换时代：人
 - 模拟交换时代：模拟交换机
 - 程控交换时代：程控交换机
 - 交换网
- 电话交换机到底是做什么的？
- 交换网中的电话交换机如何协同工作？



信令

- 保持用户与电路交换机之间和交换机与交换机之间协同工作的通信系统，在程控交换机中被称为**信令系统 (Signalling System)**
- **信令系统**中所交换的，用于维持信令系统之间协同工作的信息则被称为**信令 (Signalling)**



信令

- 什么是信令（**Signaling**）
 - 英汉双解计算机词典
 - 在交换站与交换系统间以及在各交换系统之间的地址、监控信号或其它交换信息的传输
 - 《程控数字交换与现代通信网》 叶敏主编
 - 信令是交换局在完成呼叫接续中的一种通信语言
- 什么是信令？
 - 主要是**电信网**领域的概念
 - **电信系统之间的**，以**相互协作为目的**的，以**控制信息**作为主要交换内容的**通信协议**



协议与信令

- 协议
 - 对网络中设备以**何种方式交换信息**的一系列规定的组合，它对信息交换的速率、传输代码、代码结构、传输控制步骤、出错控制等许多参数作出定义。
- 信令
 - 是指为使通信网中**各种设备协调运作**，在设备之间传递的有关控制信息。它用来说明各自的运行情况，提出对相关设备的接续要求。
- 电路交换系统中
 - “协议”更多指的是用于**具体信息传送**的通信协议
 - 信令则更侧重于传递电话交换机等**通信设备之间的协作信息**的通信协议。

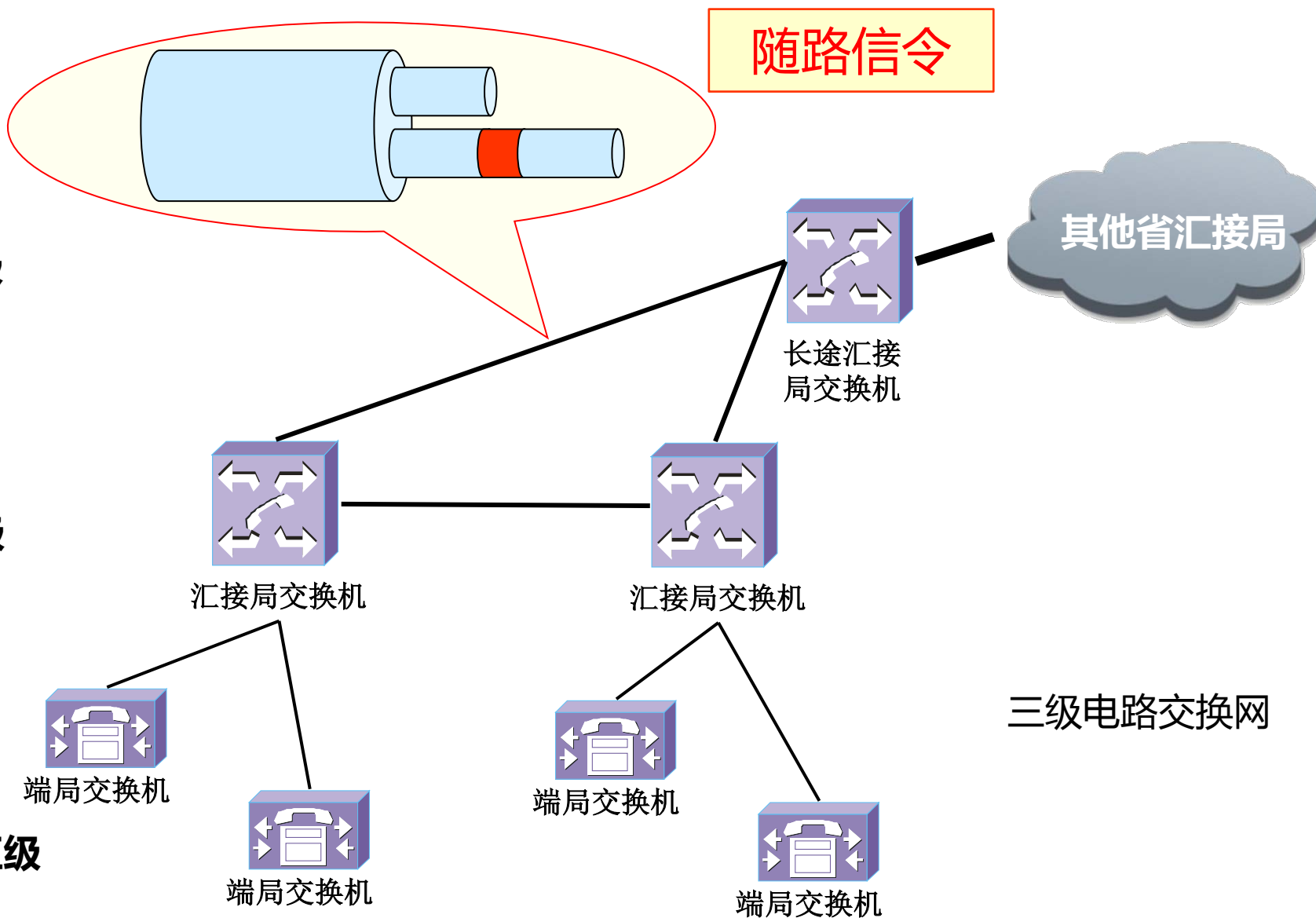
信令系统的演进

随路信令

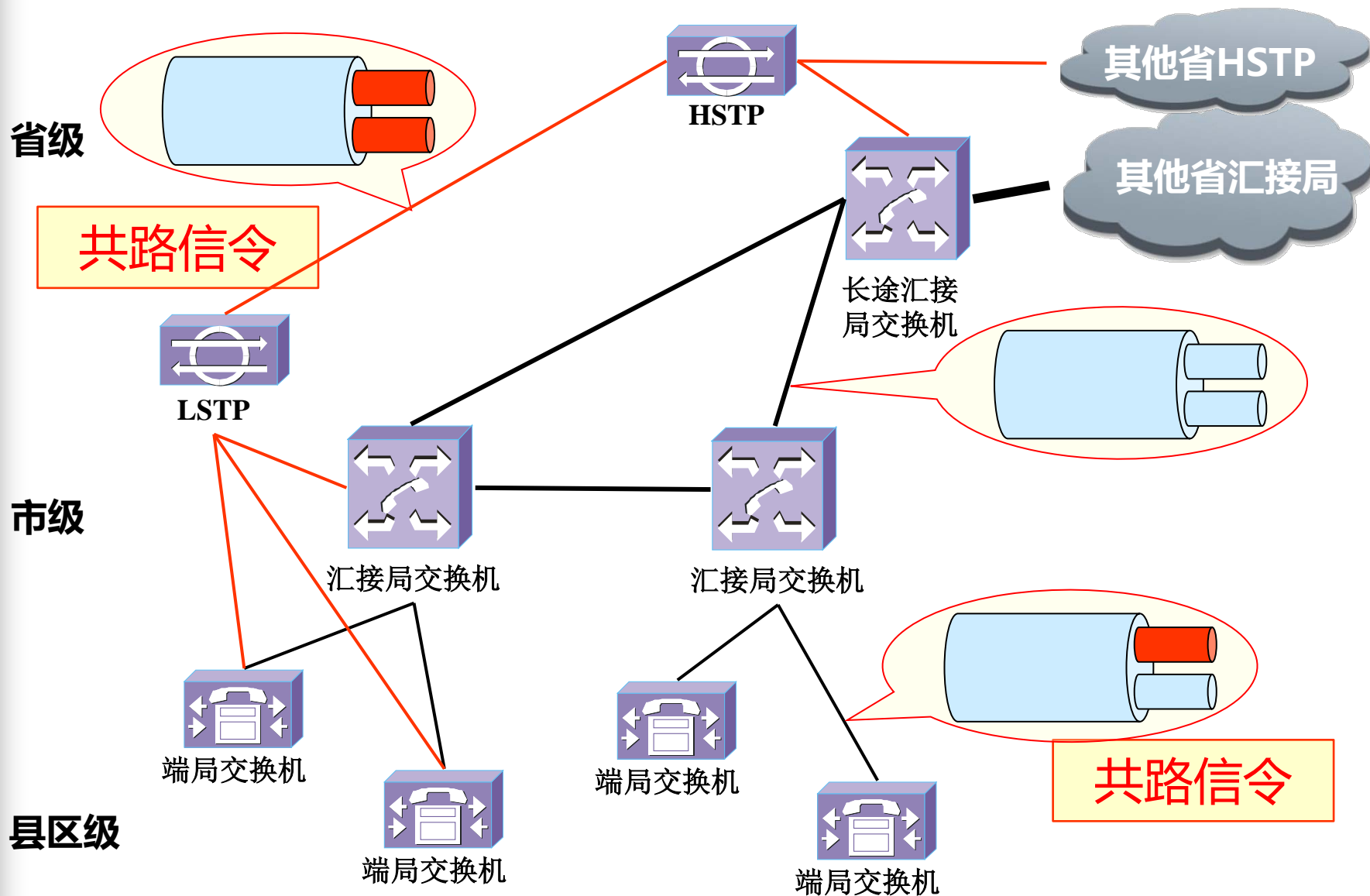
省级

市级

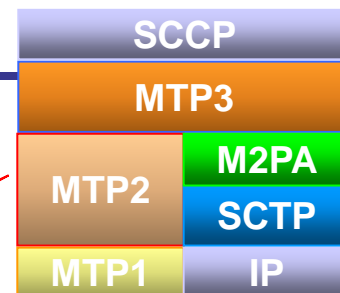
县区级



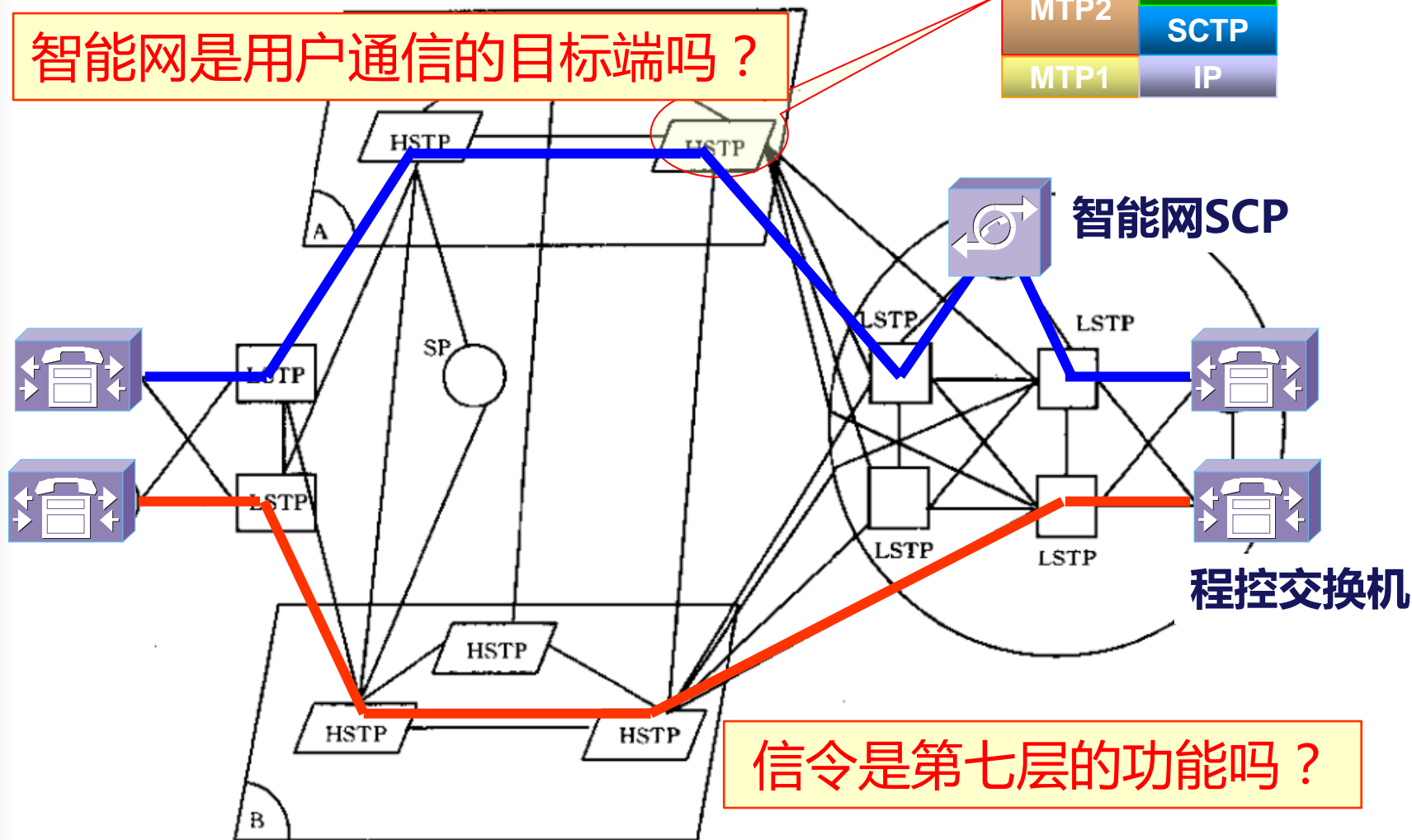
信令系统的演进



七号信令网

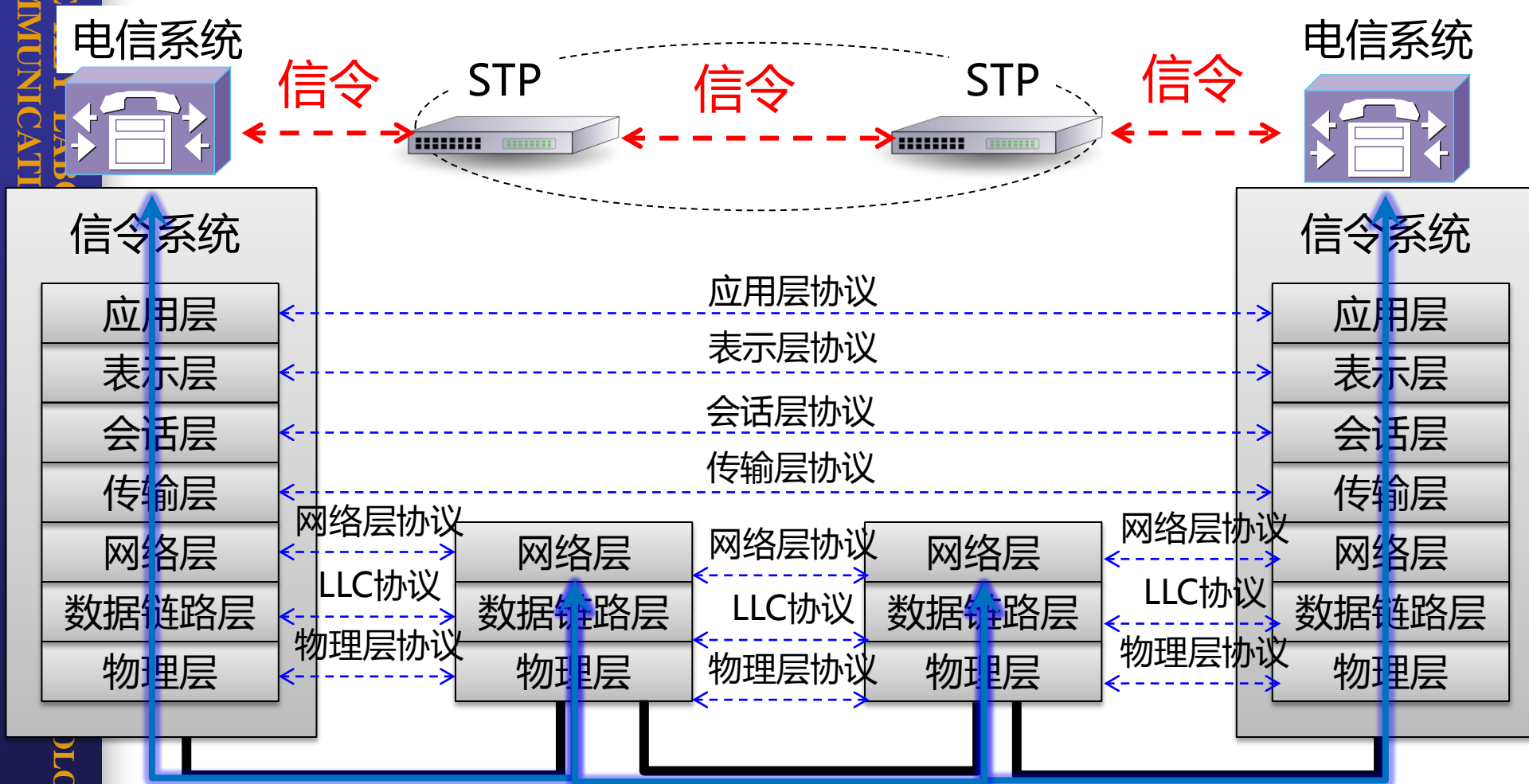


智能网是用户通信的目标端吗？



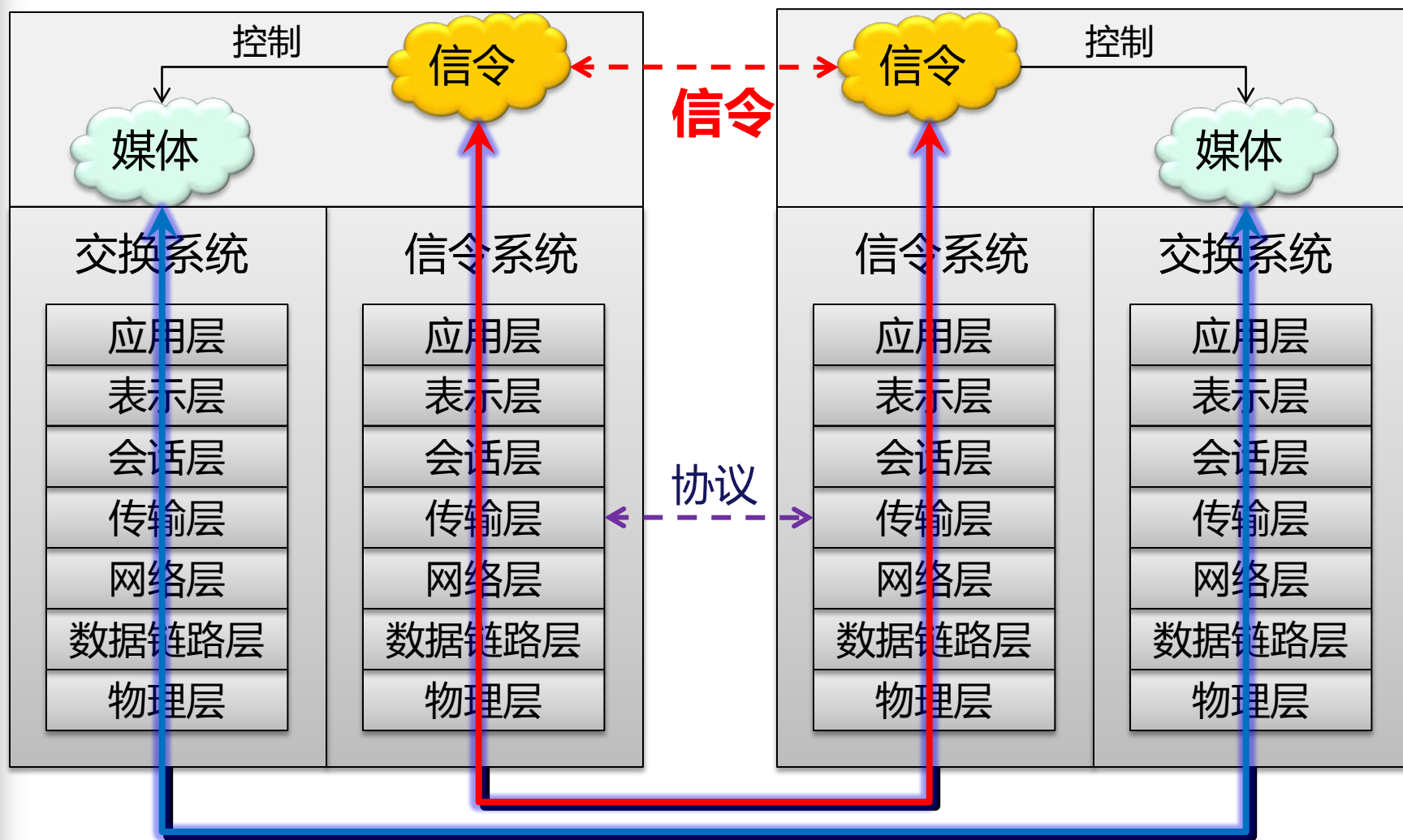
信令是第七层的功能吗？

信令的位置与作用



信令是电信系统之间的通信内容之一

协议与信令



信令系统与交换系统相对独立



应用层协议与信令的比较

- 应用层协议
 - 应用层层间协议
 - 提供用户接口
 - 提供层间协作
 - 用于上层数据传送
 - 例如：HTTP、FTP、DNS、XMPP.....
- 信令
 - 用户间协议
 - 提供用户接口
 - 提供用户间协作
 - 例如：ISUP、BICC.....



典型应用层协议——HTTP

- 超文本传输协议 (**HTTP**, *HyperText Transfer Protocol*)
- 设计HTTP最初的目的是为了提供一种发布和接收HTML页面的方法
- 语义:
 - 请求
 - GET: 要求获得Request-URI指定的资源
 - POST: 向Request-URI资源位置提交数据, 请求处理 (例如提交表单或者上传文件)
 - PUT: 向Request-URI资源位置上传其最新内容
 - DELETE: 请求服务器删除Request-URI所标识的资源
 - 应答
 - 2xx: 请求已成功被服务器接收、理解、并接受。反馈处理结果
 - ...

HTTP协议的作用

Web浏览器



HTML

三层交换



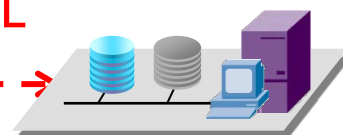
HTML

三层交换



HTML

Web服务器



应用层协议/HTTP

表示层协议

会话层协议

传输层协议

网络层协议

LLC协议

物理层协议

网络层

数据链路层

物理层

网络层协议

LLC协议

物理层协议

网络层

数据链路层

物理层

网络层协议

LLC协议

物理层协议

网络层

数据链路层

物理层

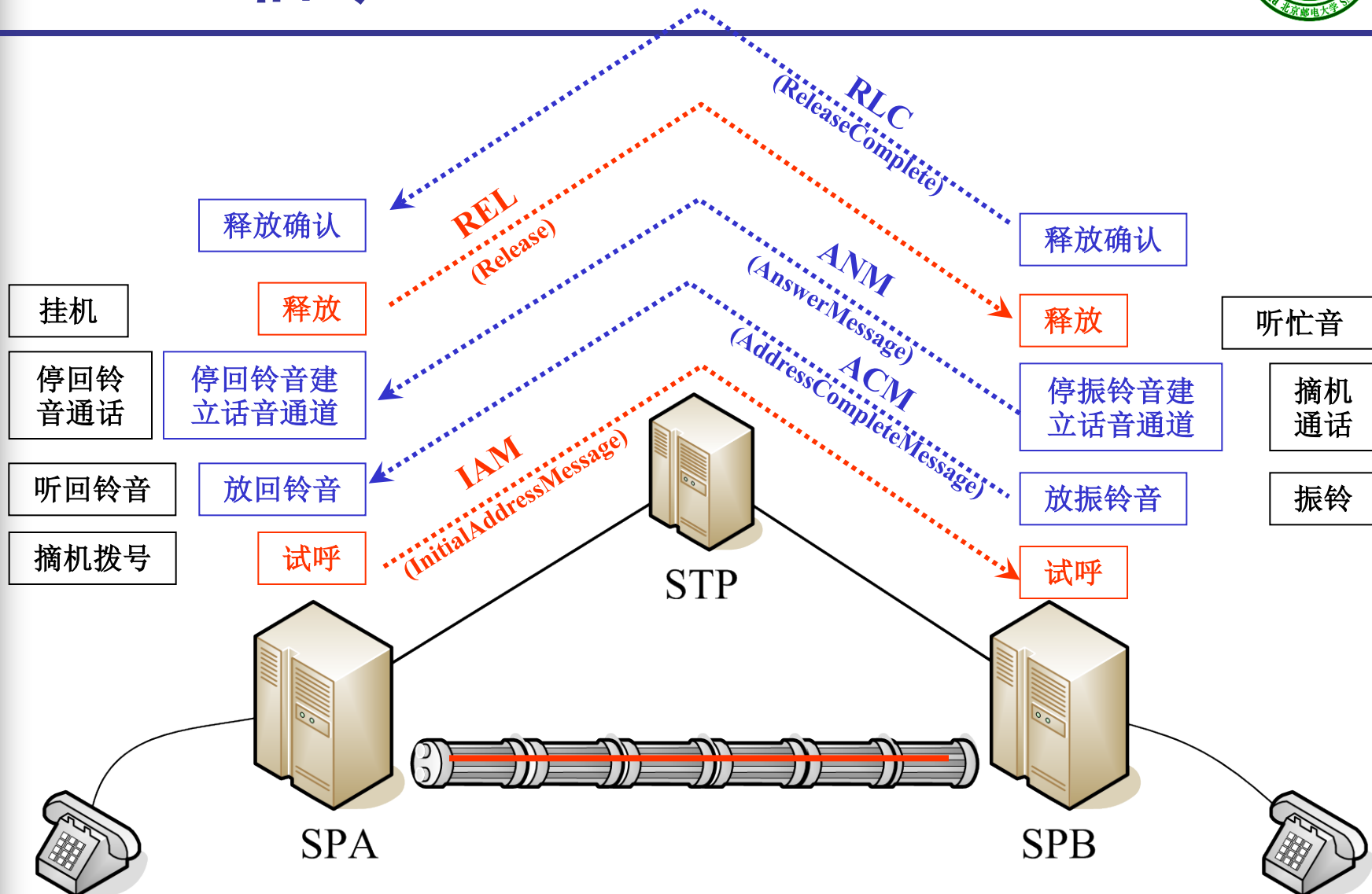
应用之间传递的是HTTP承载的HTML页面或其他文本/图片等



典型信令—ISUP信令

- ISUP信令背景
 - ISDN User Part
 - 综合业务数字网用户部分
 - ISUP提供综合业务数字网中的信令功能，用以支持基本的承载业务和附加的承载业务。
 - 对基本承载业务，ISUP的功能是建立、监视和拆除ISDN网中的64Kbit/s的电路连接。
 - 对附加承载业务，如：主叫线号码识别，呼叫转移，呼叫前转等）提供信令支持。
 - 信令设计目的：
 - 协调交换机之间的动作
 - 支持通信链路的自动交换与建立

ISUP信令



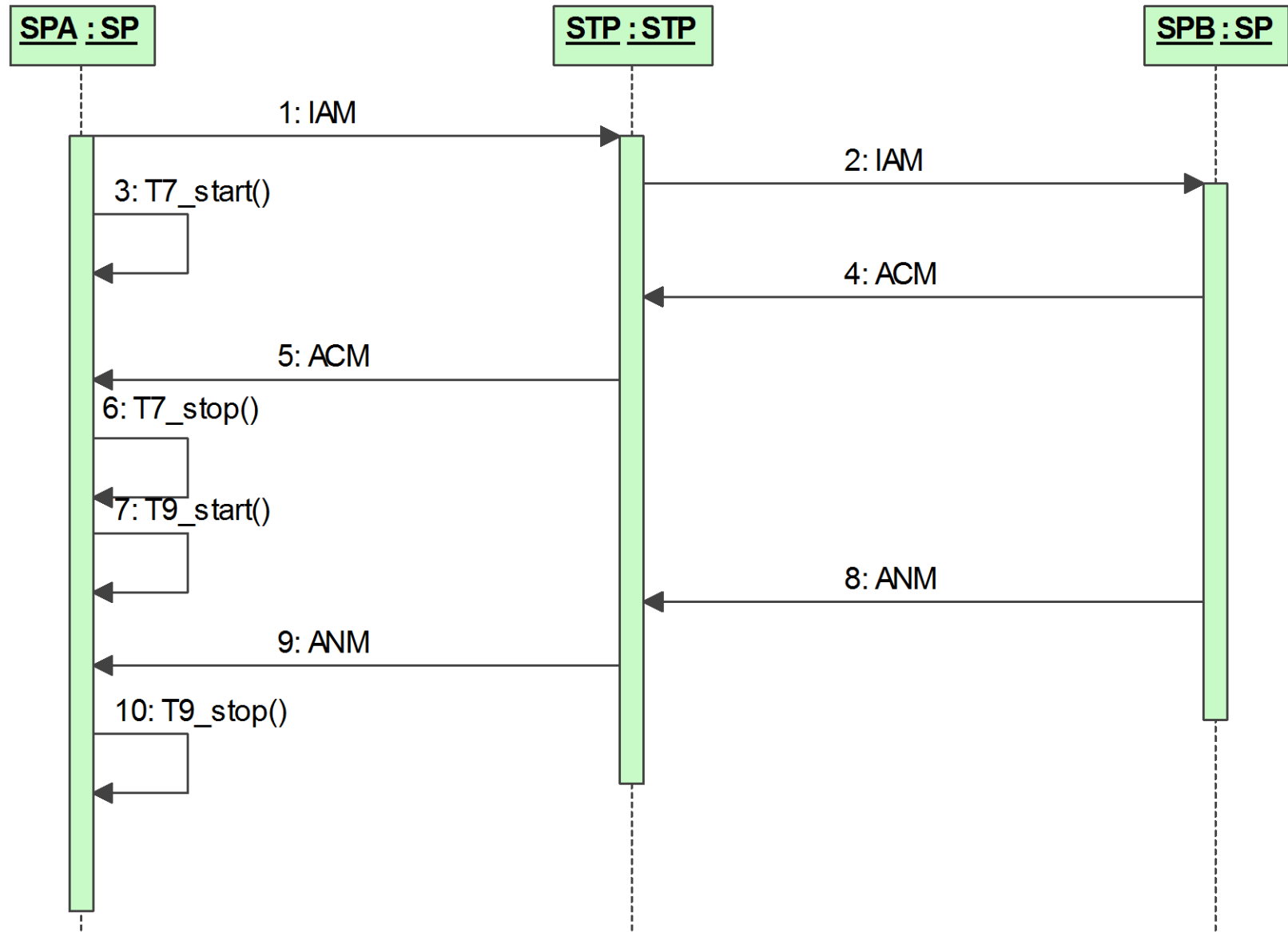


ISUP信令语义—消息定义

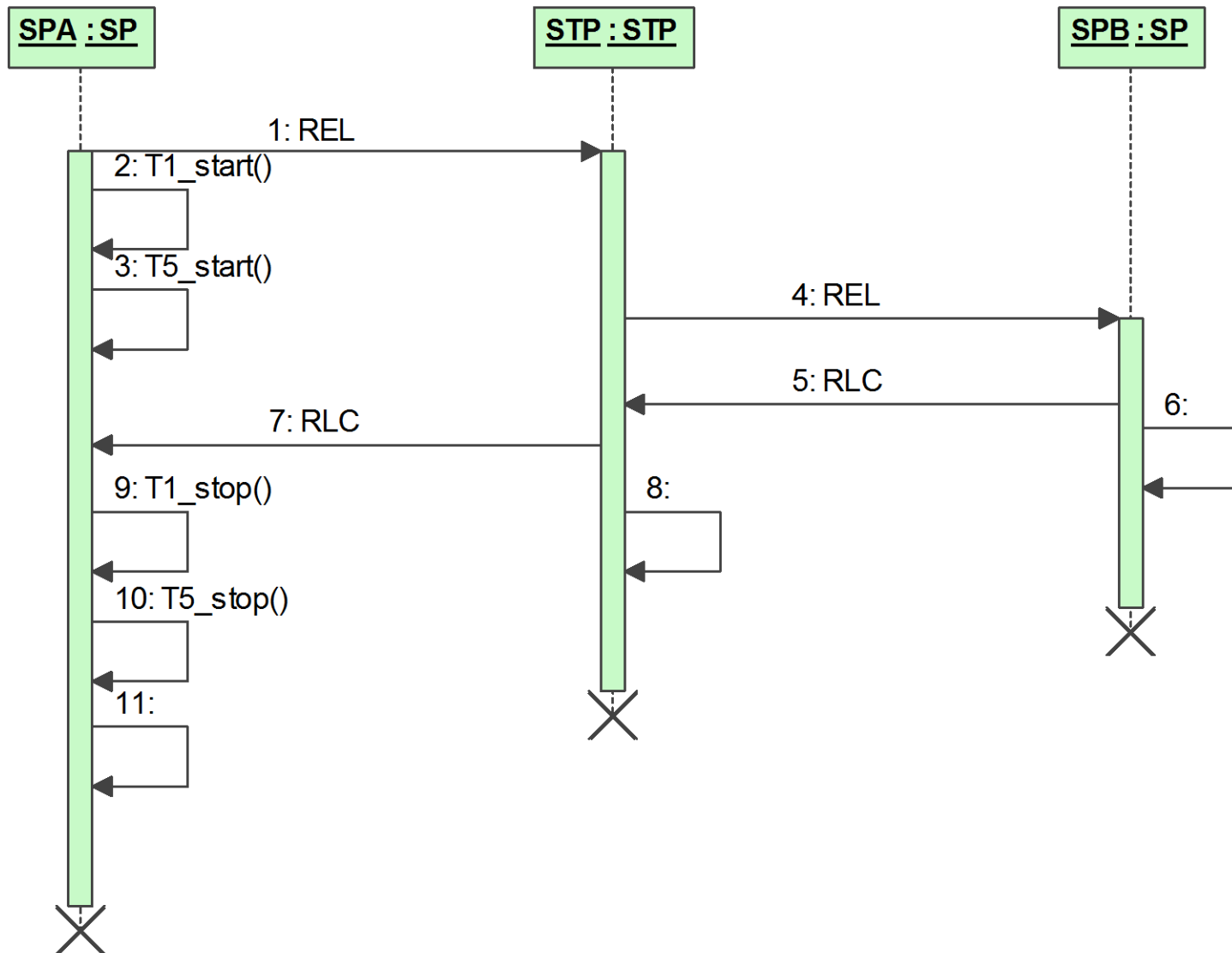
符号	名称	方向	基本功能
IAM	Initial address message 初始地址消息	前向	开始占用出局电路并同时发送号码及其他与选路和处理呼叫有关的信息；初始呼叫请求和地址信息
ACM	Address complete message 地址全消息	后向	已经接收到为该呼叫选路到被叫用户所需要的所有地址信号；地址接收完毕
ANM	Answer message 应答消息	后向	呼叫已经接续；被叫应答 1.开始向主叫用户计费 2.对国际计费，开始计算呼叫持续时长
REL	Release 释放消息	双向	电路释放请求；由于所提供的理由，电路正在释放，当收到释放完成的时候，准备好成为空闲状态；
RLC	Release complete 释放完成消息	双向	电路释放完成；响应收到的释放消息，或在电路已经变成空闲状态时，响应电路复原消息（回答REL或RSC）



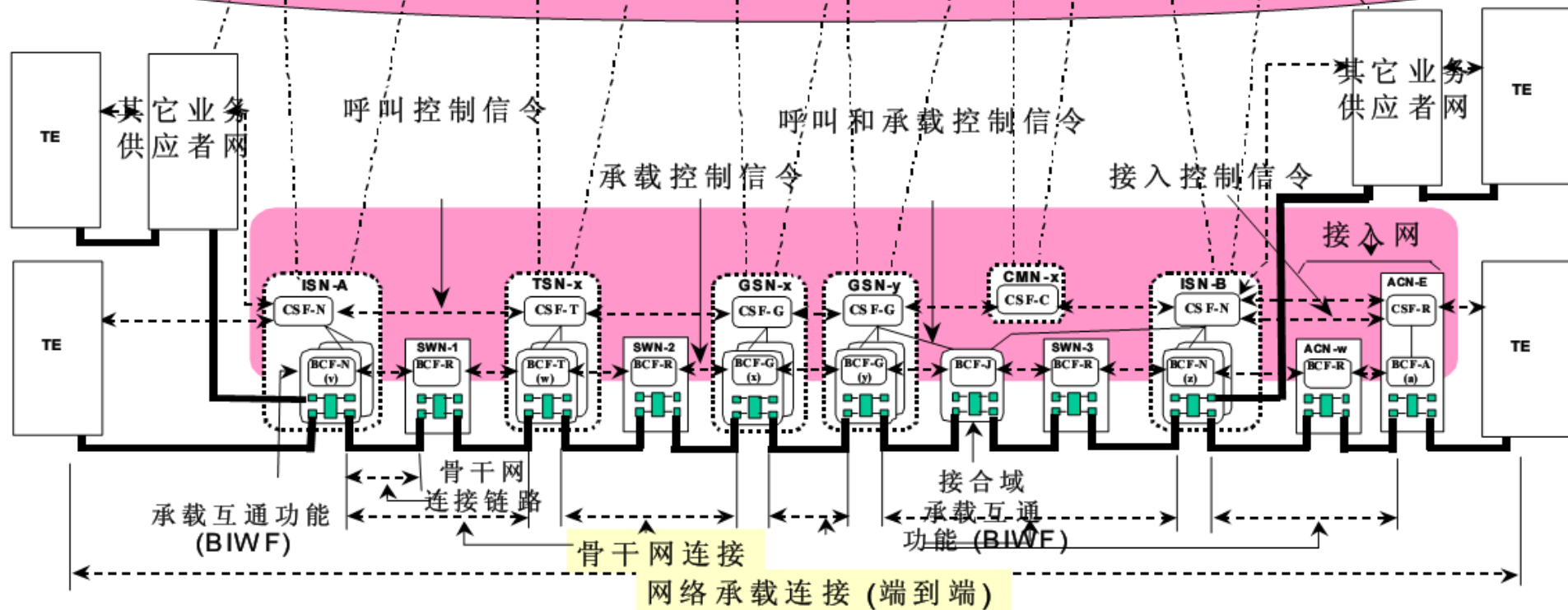
ISUP信令时序—正常呼叫建立



ISUP信令时序—正常呼叫释放



软交换网络架构 (BICC/ISUP)



信令是交换节点之间的控制命令



协议、通信协议与信令

协议→通信协议→信令协议

- 协议
 - 广泛意义上
- 通信协议
 - 广泛意义上的通信系统
 - 关注信息传递
- 信令
 - 传统电信网领域
 - 传递交换系统间的控制信息
 - 一般是对等的两方
- 下一代网络中
 - 信令概念的扩展
 - 下一代网络功能实体之间
 - 以控制信息为传递内容
 - 以控制两方协作为协议目的
 - 通信协议





如何看待应用层协议与信令趋于融合

- 通信协议完成什么功能，要看其所处的位置
 - WebService: HTTP承载SOAP
 - REST: 基于HTTP请求的语义操作资源
 - 呼叫控制: SIP控制呼叫过程
 - 媒体服务器控制: SIP协议承载MSCML

信令以应用控制为目的

应用层协议以应用数据承载为目的

不同的设计出发点会导致不同的协议设计侧重



通信网信令协议的基本要求

- 语义信息足够
 - 向信令处理设备提供足够的信息，满足交换设备通信需求
- 保证可靠传输
 - 必须保证可靠传输，否则将丢失语义
 - 承载层保证，应用层保证
- 相对短小简洁
 - 信令传送速度快
 - 对网络状况要求不高
 - 在网络状况越来越好的状况下，优先级下降
- 与承载内容无关
 - 不影响通信信息的可靠性
 - 也不受通信信息的影响



通信网信令协议的基本要求

- 复杂度低
 - 对信令设备处理能力要求低
 - 信令处理设备简单
 - 在信令处理设备计算能力越来越高的条件下，优先级下降
- 承载技术无关性
 - 跨平台，能够承载于各种传输设备之上
 - 对传输设备要求低
 - 对传输速率、带宽、传输方式等的要求低
- 处理设备无关性
 - 跨平台，能够使用多种处理平台实现
 - 以便于不同交换设备之间配合工作
- 具有一定的扩展性
 - 便于通信网发展后的扩展



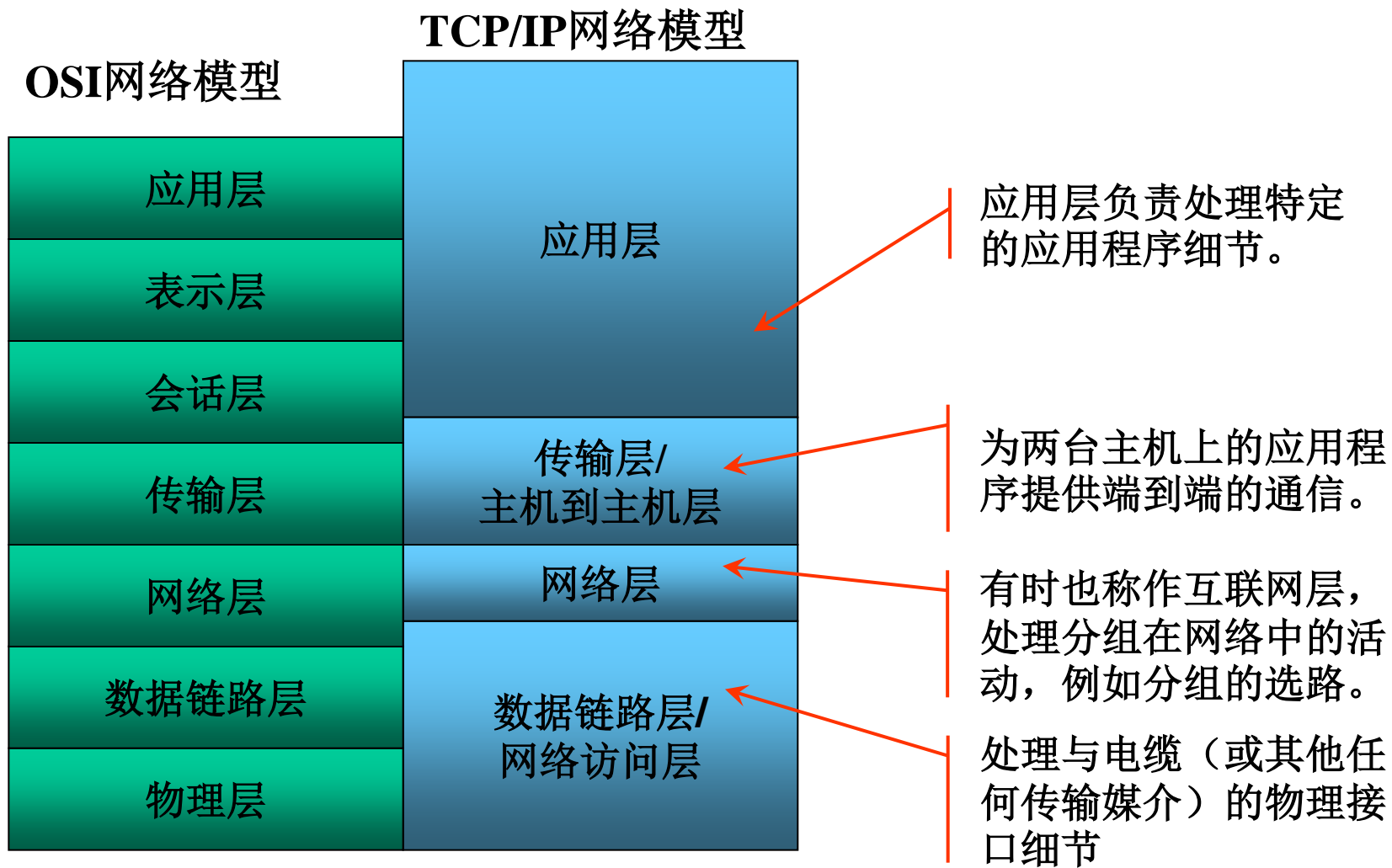
信令协议的描述方法

- 特定的目标
 - 信令协议的设计目标
- 达成特定目标的方式与方法
 - 语义
 - 传递特定信息的方法
 - 信令协议控制消息定义
 - 语法
 - 协议所需要传递信息的规格说明 = 协议所需要规范的语义的规格说明
 - 信令协议消息结构规范
 - 信令协议消息编解码规范
 - 时序
 - 消息传递方向与方式
 - 消息传送顺序
 - 消息定时



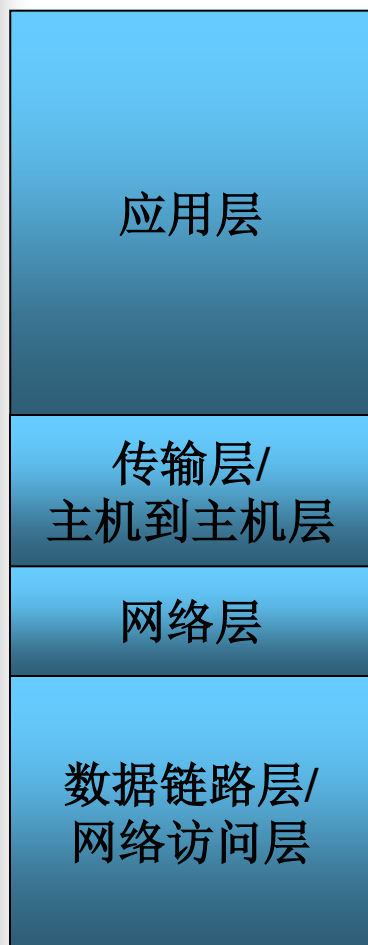
网络结构与协议栈

TCP/IP网络模型

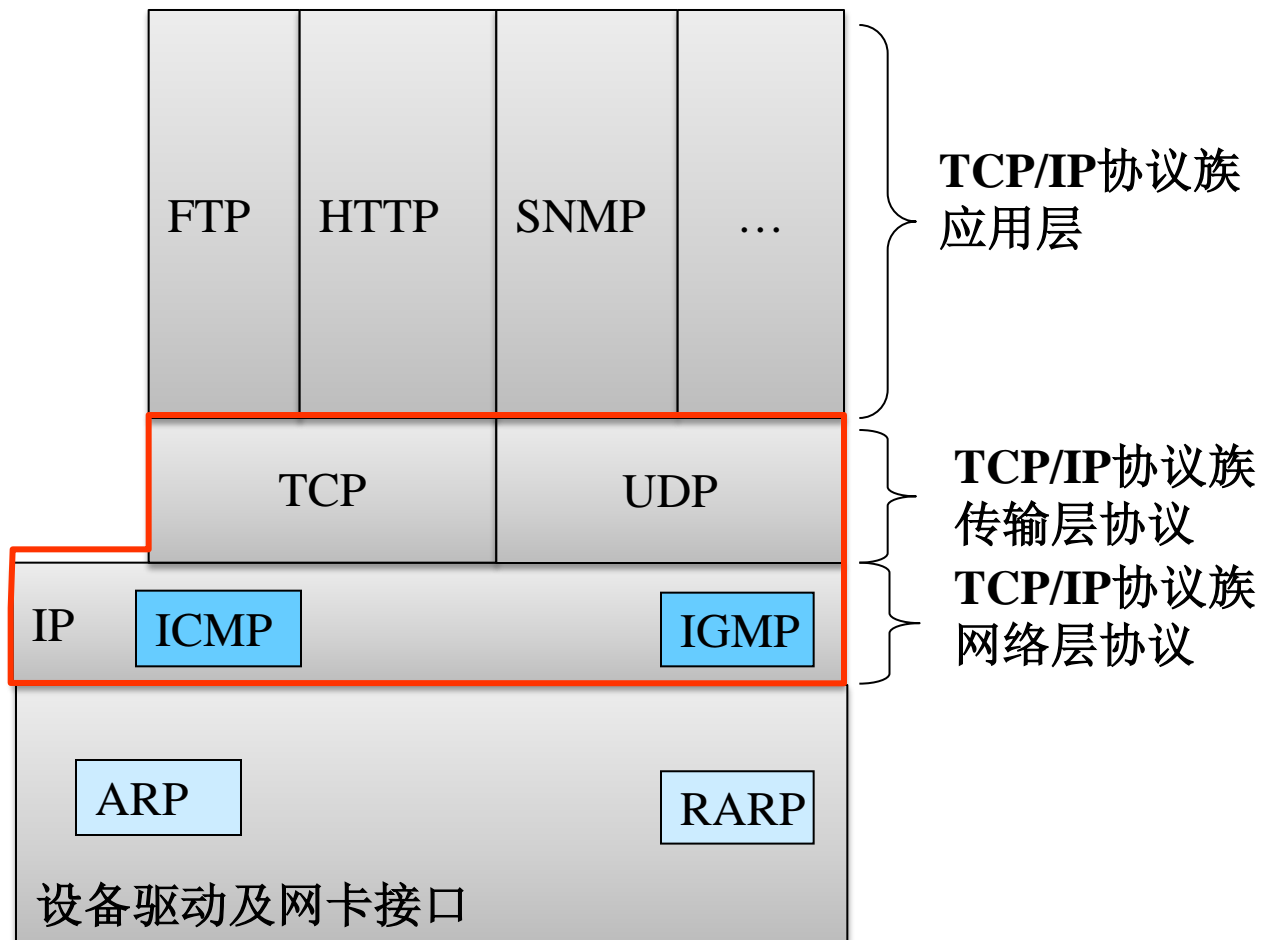


TCP/IP协议栈

TCP/IP网络模型



TCP/IP协议参考模型

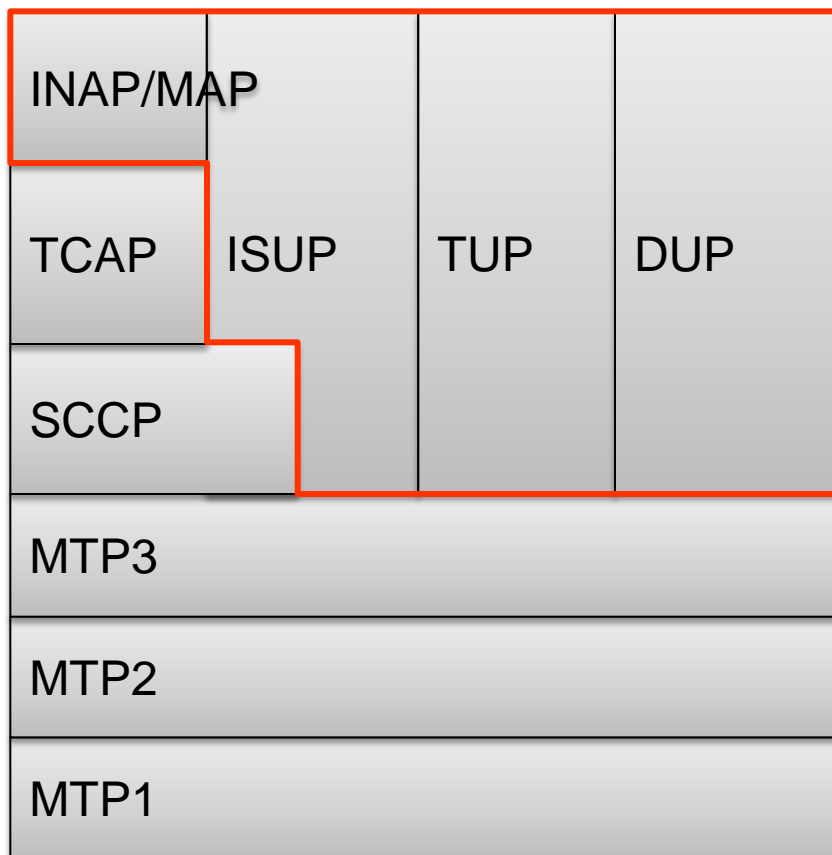


SS7协议栈

OSI参考模型



SS7协议栈



SS7协议族
应用层协议

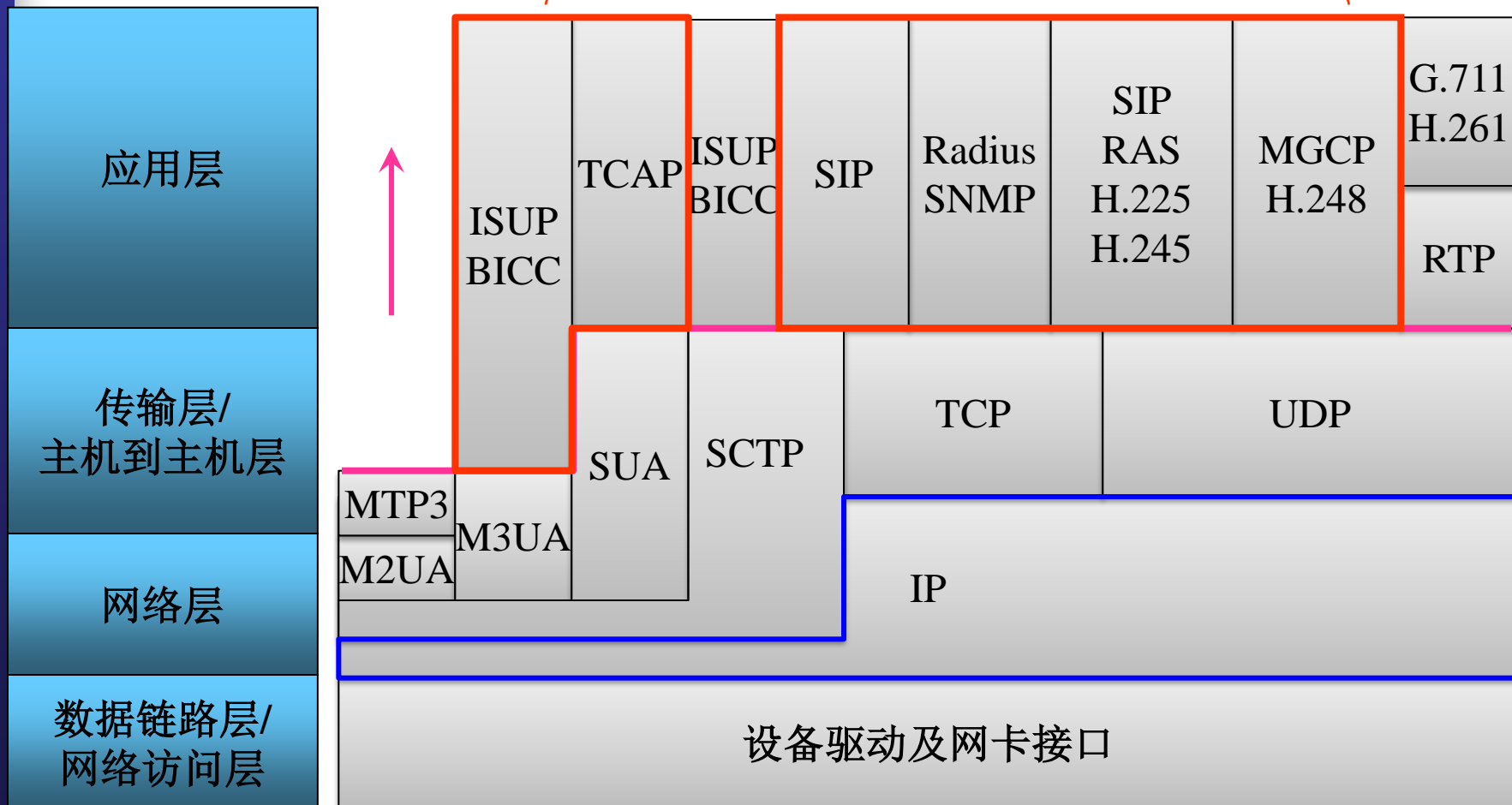


下一代网络的协议栈

TCP/IP网络模型

应用层信令协议

NGN协议栈





小结



本课程的协议分析方式

- 协议的定义
 - 要达成的目标
 - 协议的产生与发展（背景）
 - 协议要解决的核心问题（场景）
- 协议的描述
 - 达成目标的方式方法
 - 语义
 - 语法
 - 时序
- 协议的分析比较
 - 信令协议的基本要求



小结

- 什么是协议
- 什么是通信协议
- 什么是信令
- 协议的核心内容
- 信令协议的基本要求



思考题

- 协议、通信协议、信令的定义？
- 协议、通信协议、信令的相互关系？
- 协议的核心内容？