



第七章 新一代交换控制技术

袁 泉

yuanquan@foxmail.com

2023年5月22日



提要

- 下一代交换网**NGN**
针对通信系统的融合与开放
 - 软交换
 - IMS
- 软件定义网络**SDN**
针对**IP**网络的有效控制与开放
 - SDN概念
 - OpenFlow
 -



下一代交换网NGN

软交换、IP多媒体子系统（IMS）



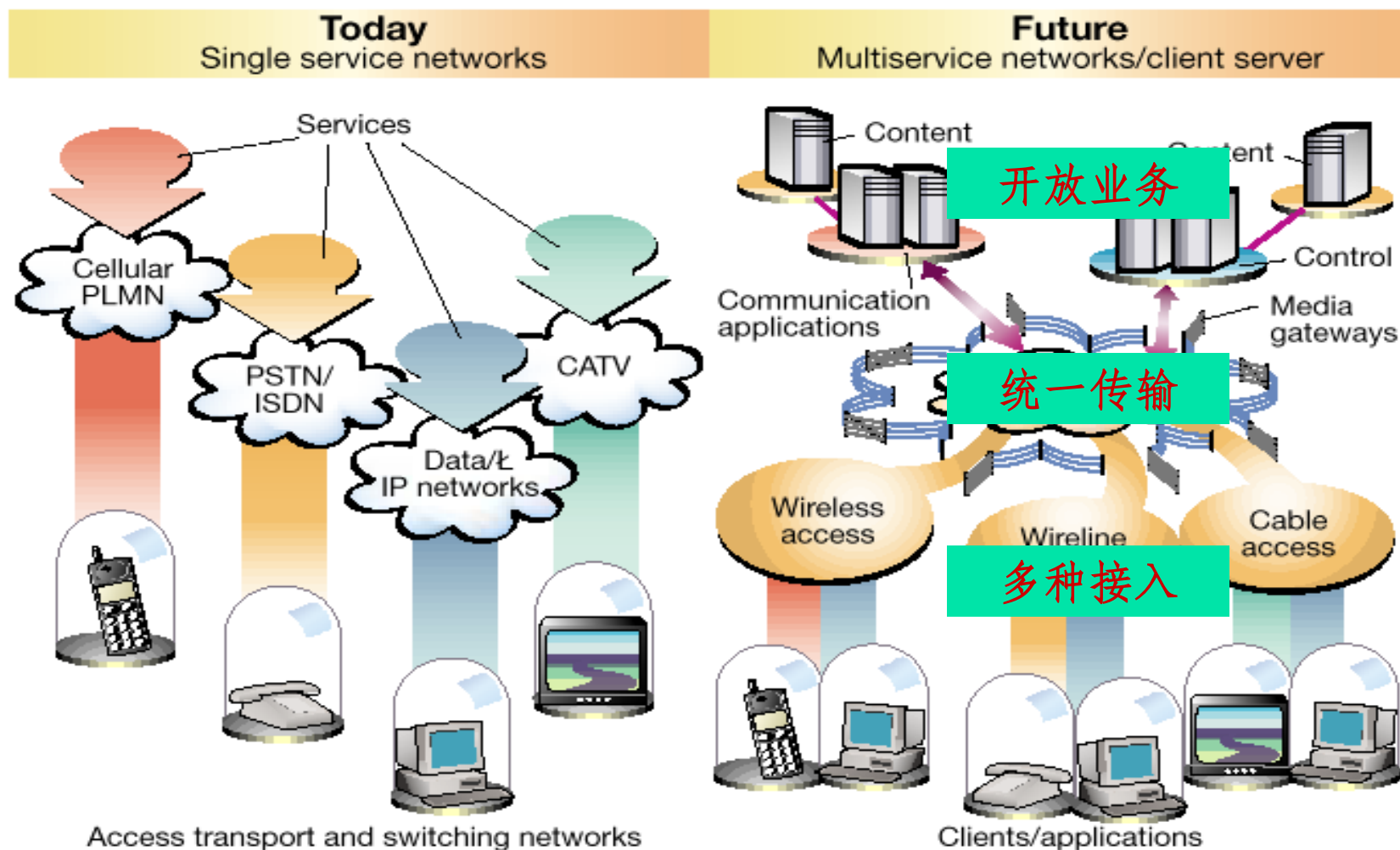
下一代网络NGN定义

- 2004年2月，ITU-T在新颁布的《Y.NGN-overview》建议草案中给出了下一代网络的初步定义：

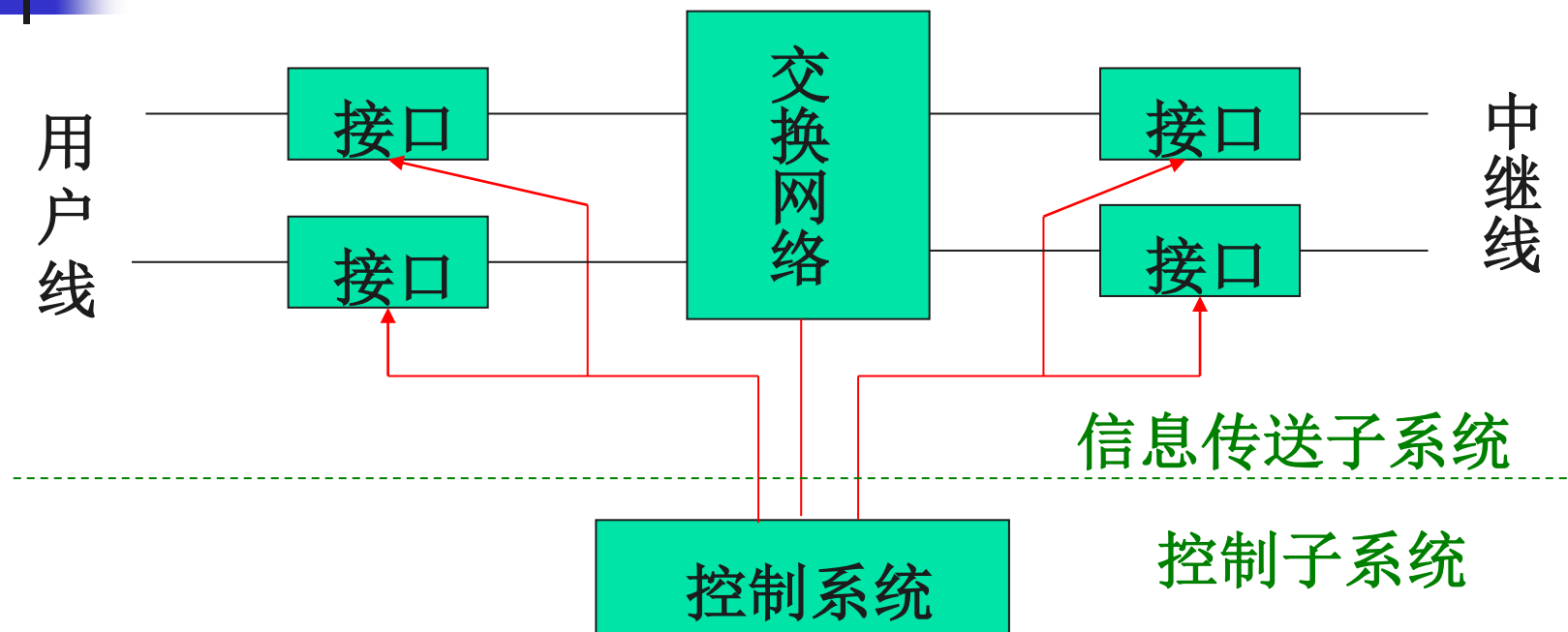
NGN是一个**分组网络**，它提供包括电信业务在内的多种业务，能够利用多种带宽和具有QoS能力的传送技术，实现**业务功能与底层传送技术的分离**；它提供用户对不同业务提供商网络的自由接入，并支持通用移动性，实现用户对业务使用的一致性和统一性。

网络结构需要改变

垂直解耦
水平融合



程控交换机的基本结构



贡献： 用软件实现对交换的控制

存在问题：

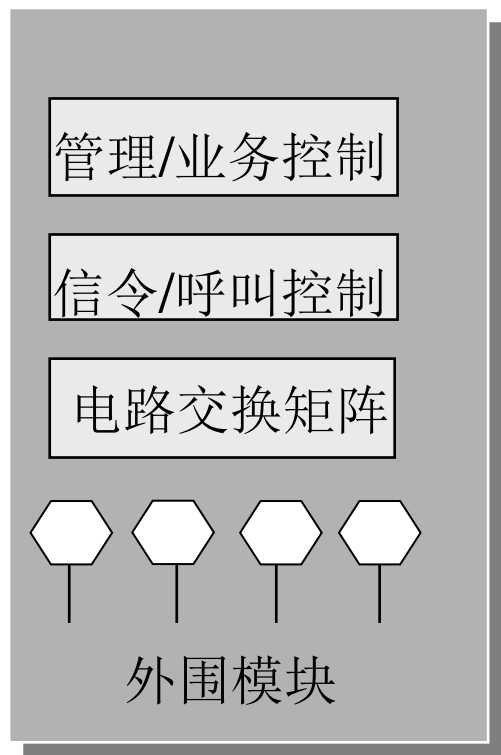
新业务需要升级
全部交换机软件

新业务功能开发复杂
新业务实施灵活性差

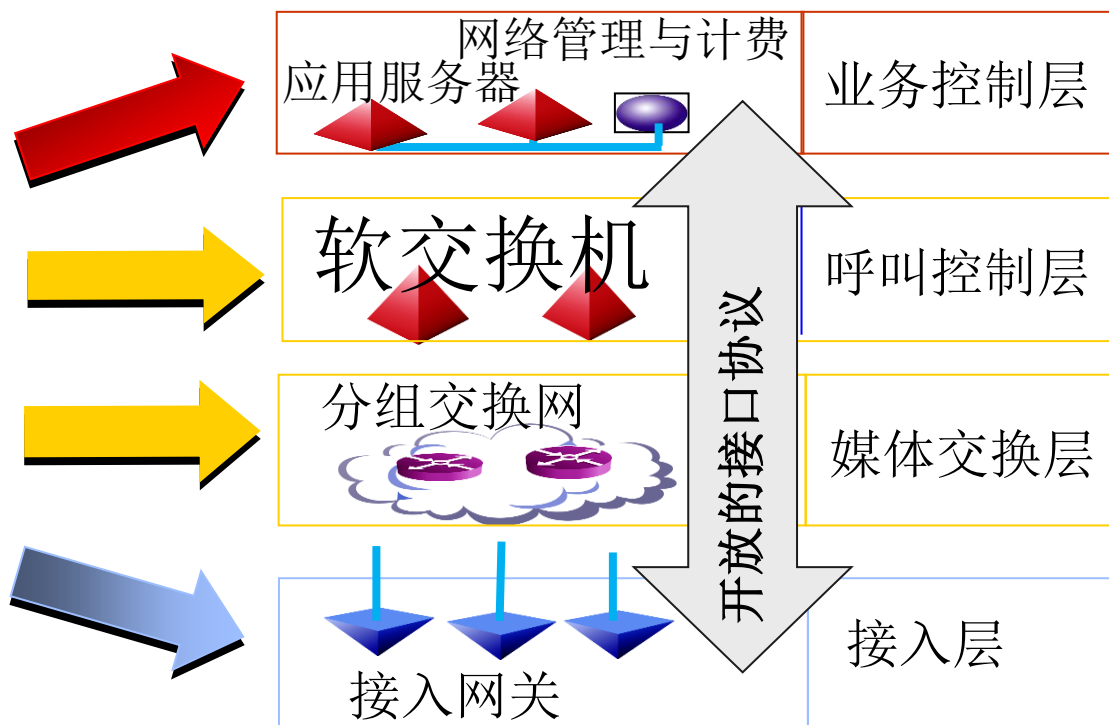
新业务标准统一困难
扩展接入能力局限性大（协议，终端）

软交换概念

传统电路交换机体系结构



软交换体系结构



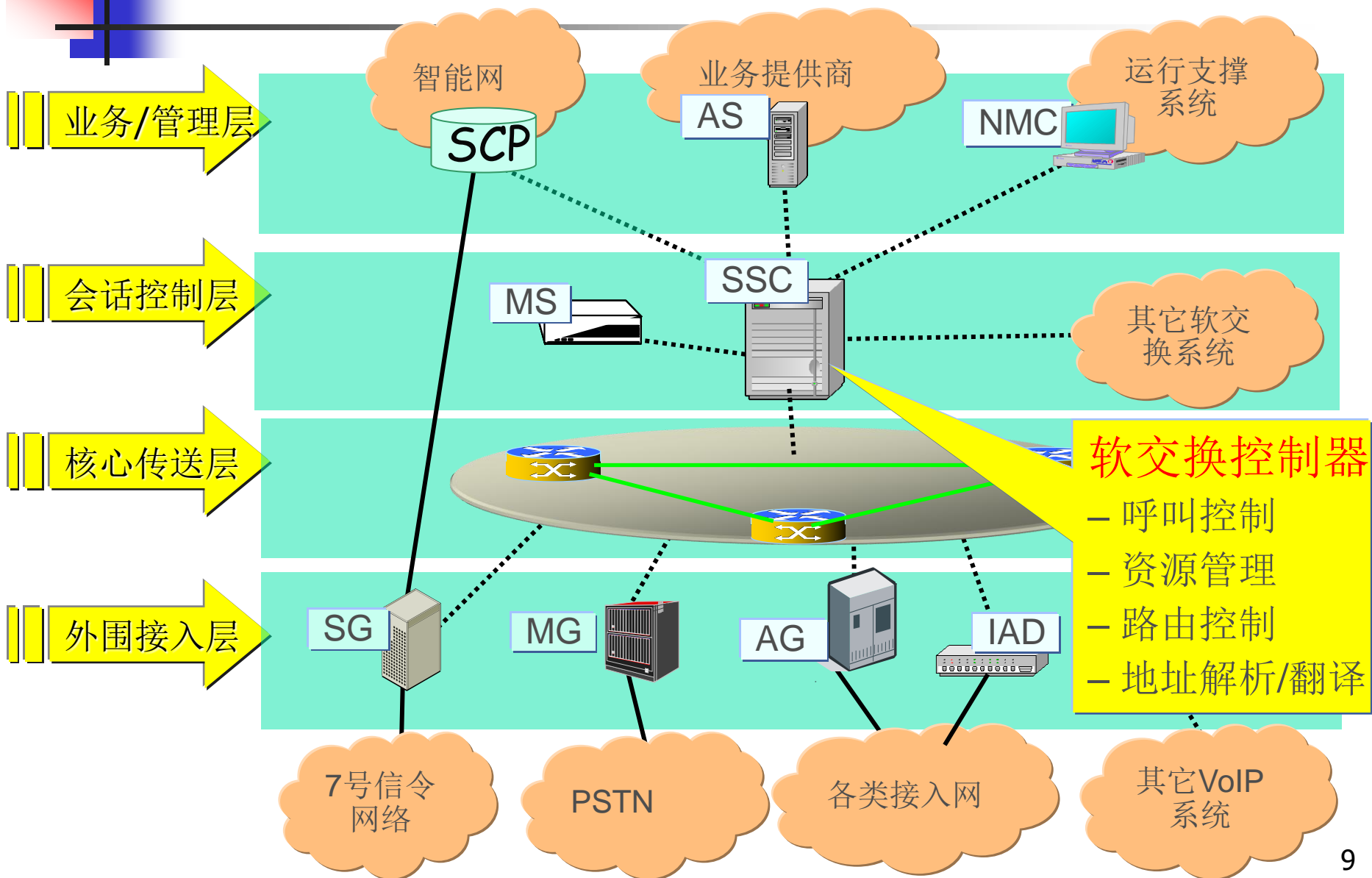
软交换既体现网络体系的概念，又是一个具体的设备



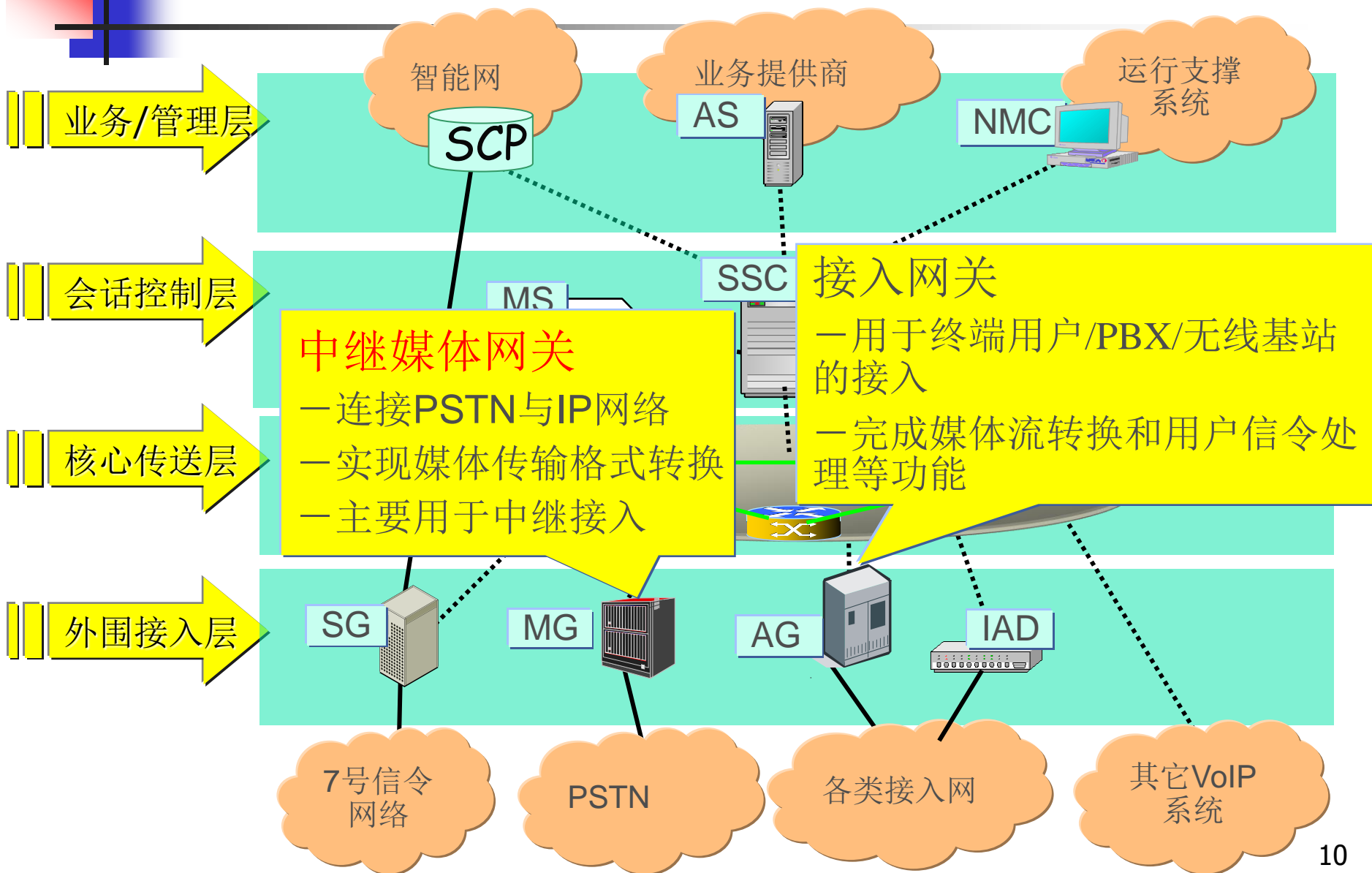
软交换机（软交换控制器）定义

- 下一代分组网络的核心设备之一
- 独立于传送网络，主要完成呼叫控制、资源分配、协议处理、路由、认证、计费等功能
- 同时可以向用户提供现有电路交换机所能提供的所有业务，并向第三方提供可编程能力

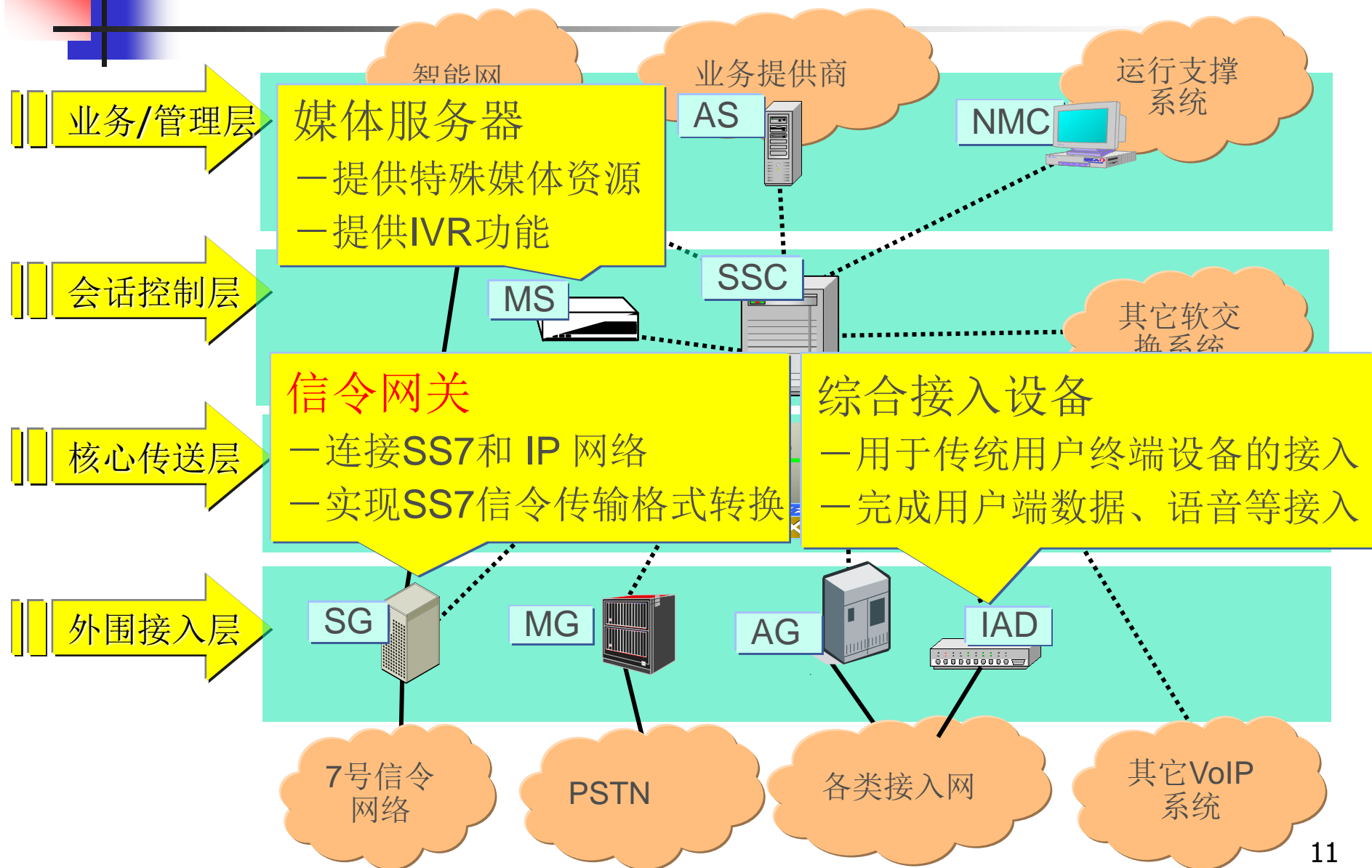
软交换系统组成



软交换系统组成



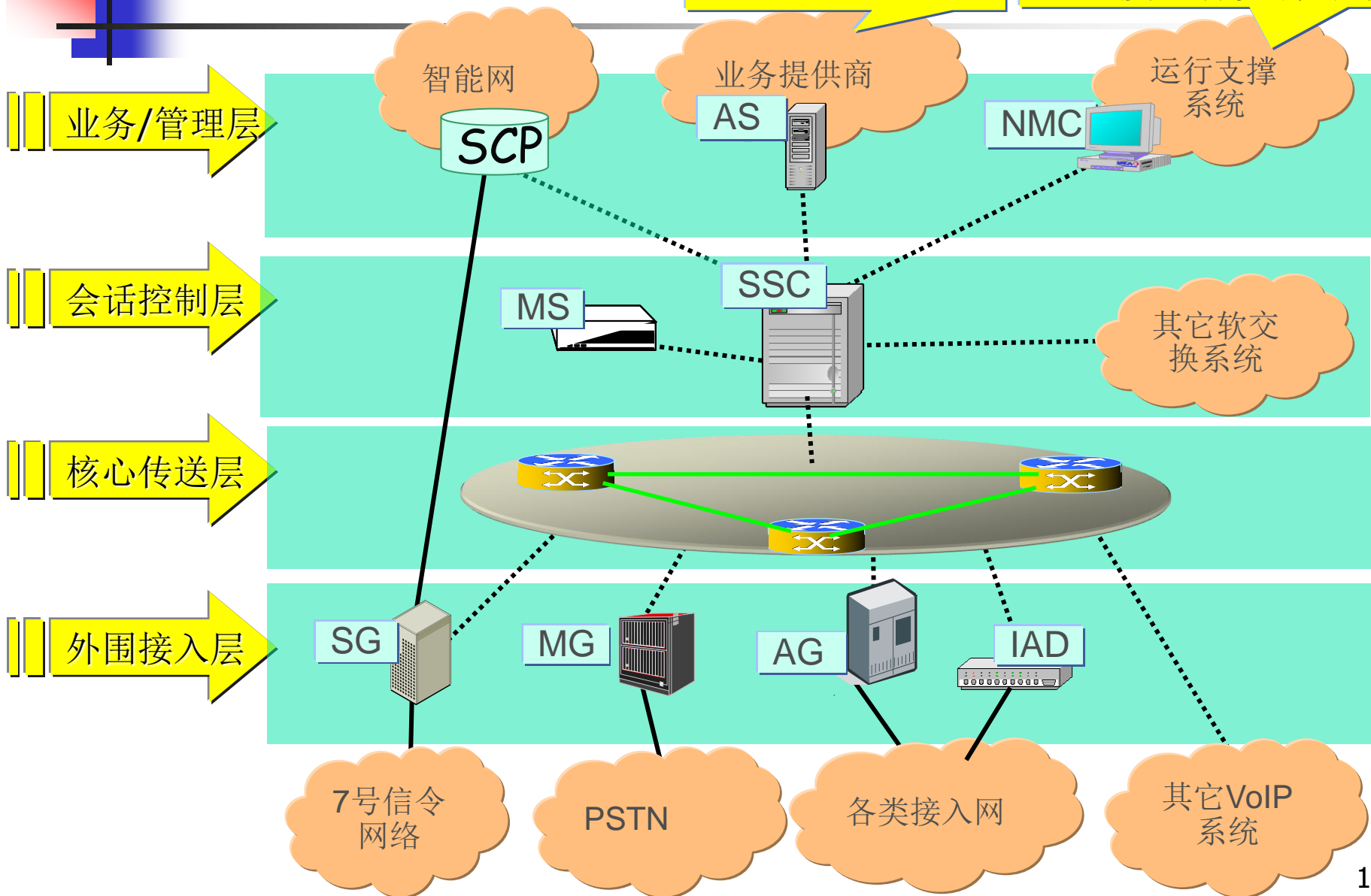
软交换系统组成



软交换系统组成

应用服务器
提供业务执行，
管理，开发环境

系统管理中心
—提供系统管理功能
—连接运行支撑系统

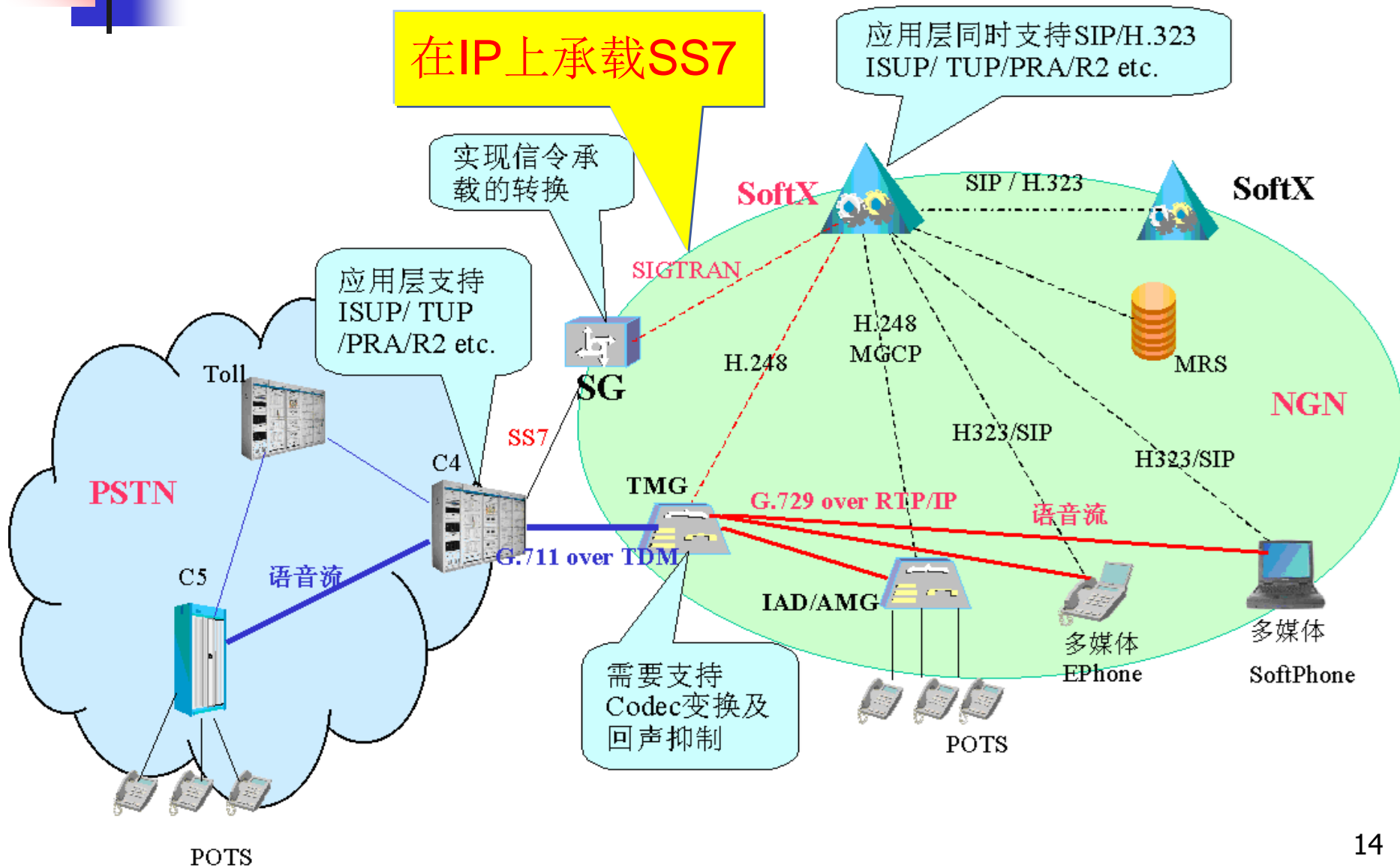


以软交换为核心的NGN

分层体系架构
业务驱动网络
基于分组交换
融合异构网络



软交换控制下的业务建立过程举例





下一代交换网NGN

软交换、IP多媒体子系统（IMS）



IMS (IP Multimedia Subsystem)

问题:

- 1) 3G数据通信只是互联网上网服务 (IMS提出时期)
- 2) 融合业务的需求越来越大
- 3) 电信网与互联网的理念不同

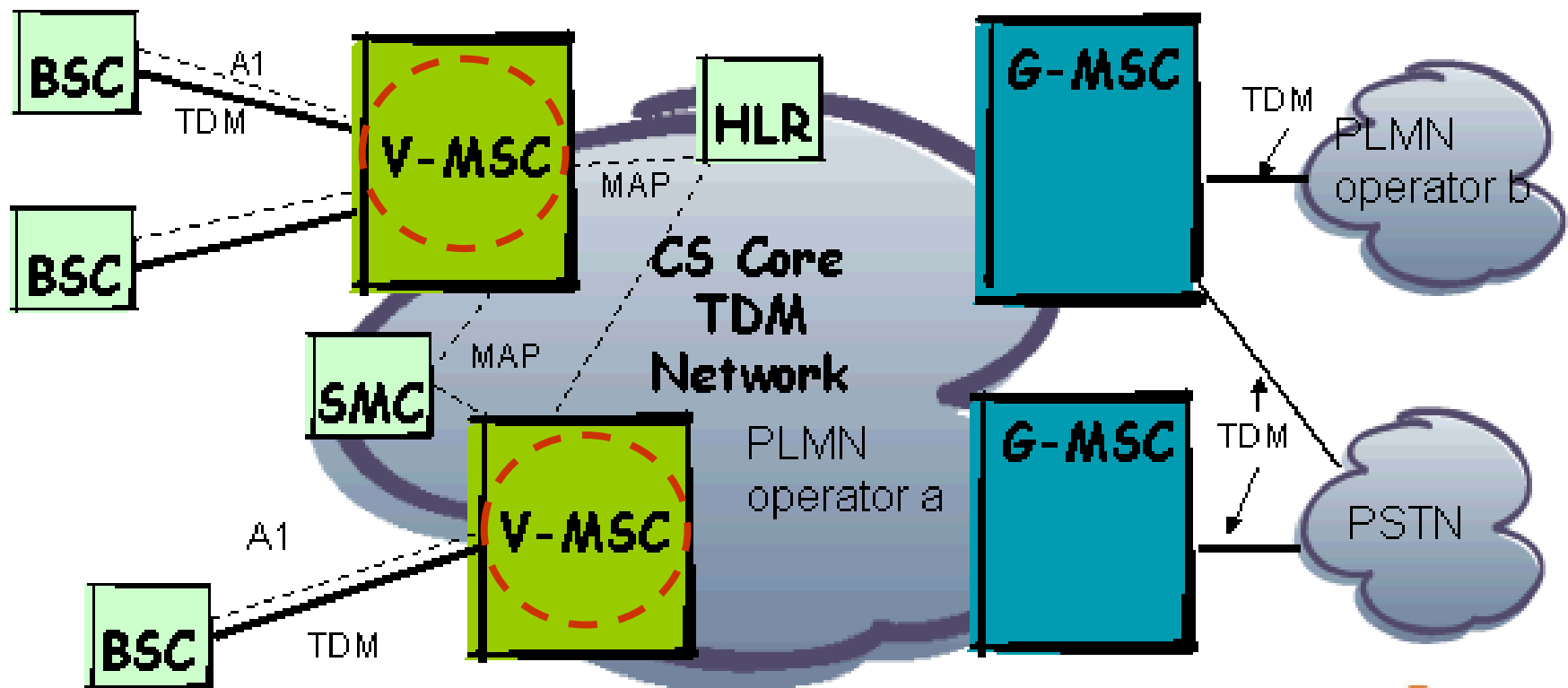
思路: IP+更精细的控制层→IMS

- 1) 电信级的QoS保证: 沿用信令机制
- 2) 对业务灵活计费: 需要在IP网络设置控制层
- 3) 支持第三方业务: 开放式业务提供架构
- 4) 固定移动融合 (FMC)

IMS特点:

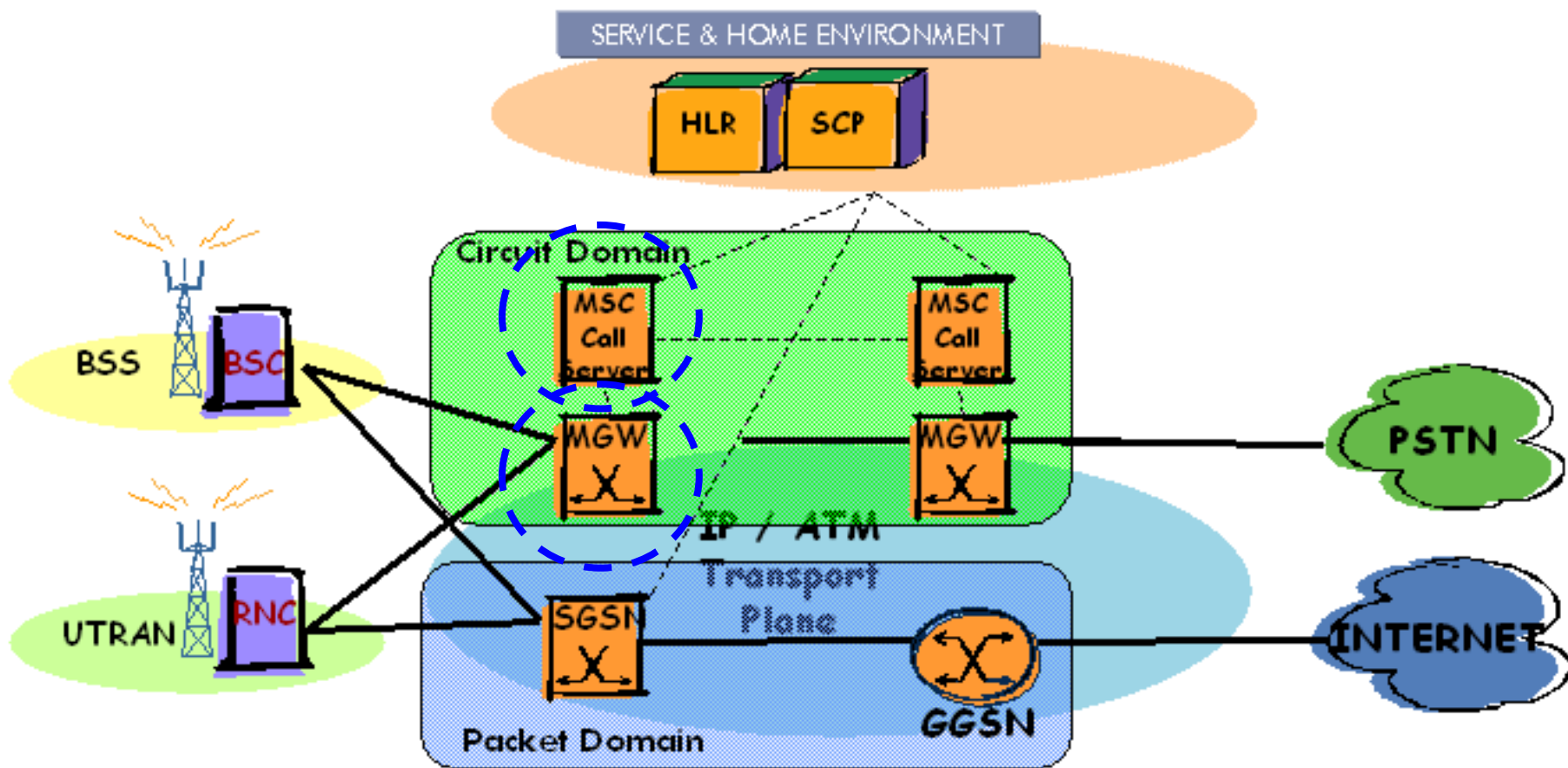
- 1) SIP——易与互联网互通
- 2) 借鉴移动网络“归属/拜访原理”、设置HSS——支持移动性
- 3) 借鉴软交换控制承载分离思想、设置CSCF (呼叫会话控制功能) 等实体——开放体系架构
- 4) Parlay/OSA——业务开放

2G移动网络的控制



3G移动通信网络的控制（R4）

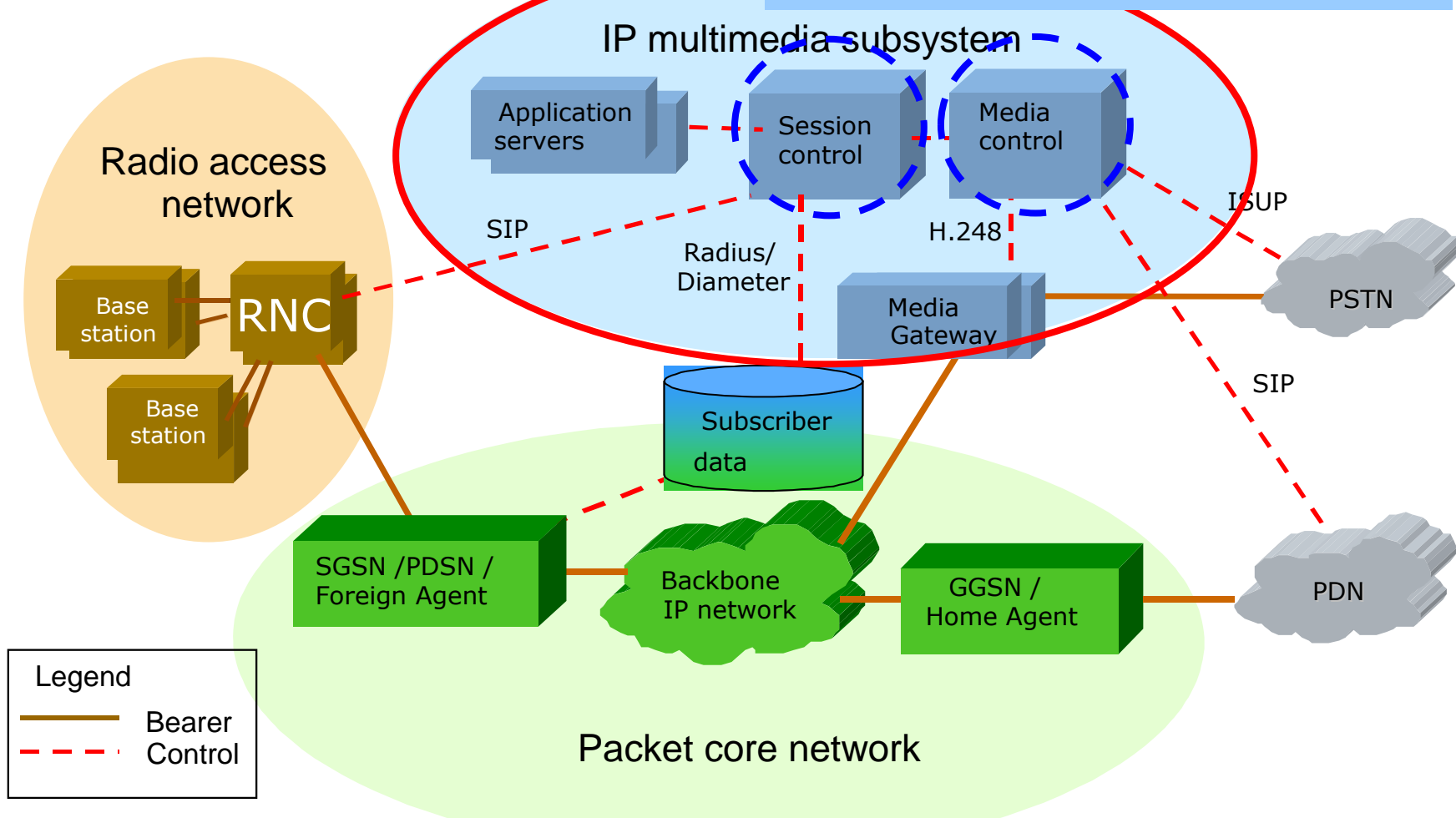
业务处理与呼叫控制相分离：SCP、MSC Server



呼叫控制与承载相分离：MSC Server、GW（IP/ATM）

3G移动通信网络的控制（R5）

呼叫控制与媒体控制相分离



呼叫控制与承载相分离

业务处理与呼叫控制相分离

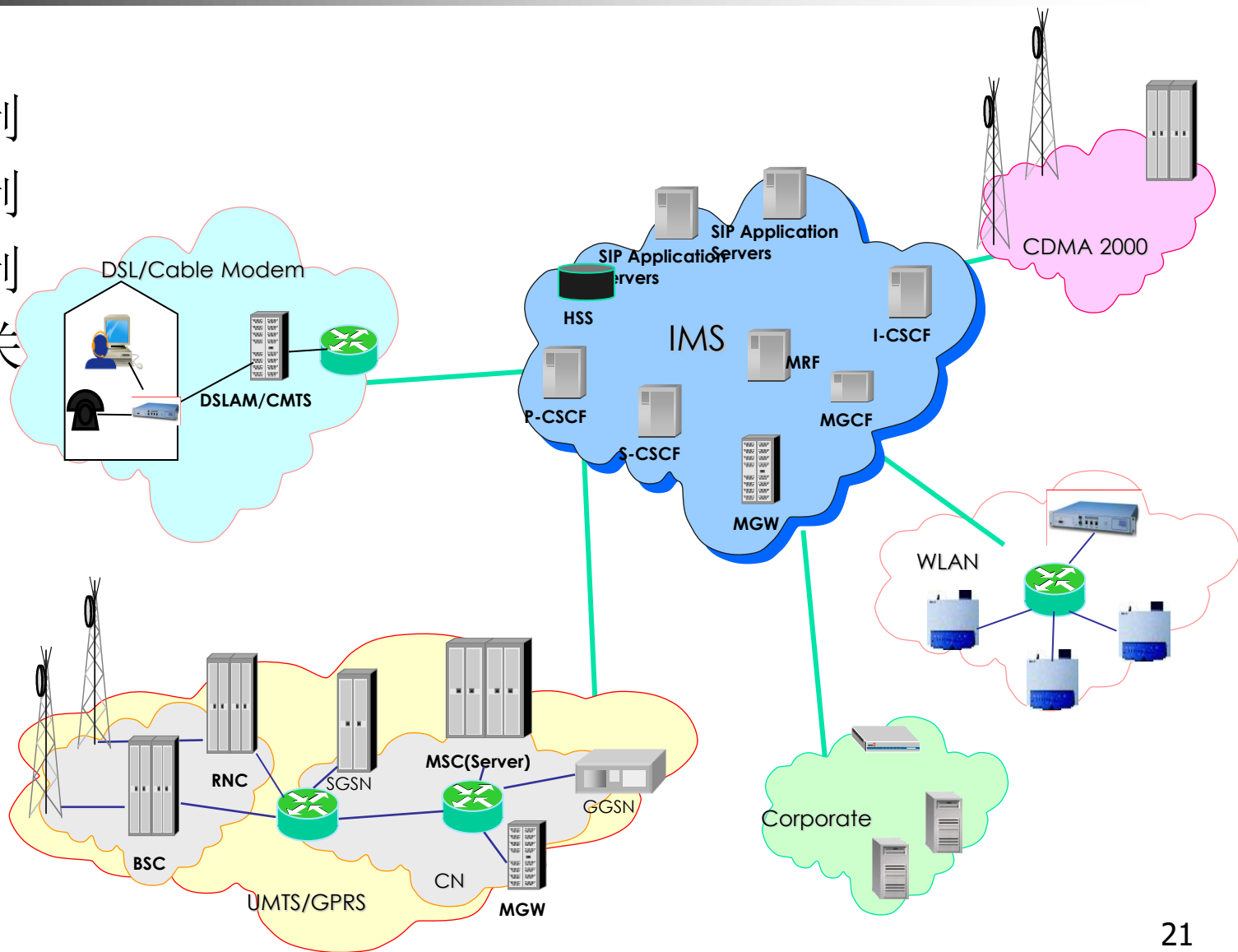


IMS概念

- IP Multimedia Subsystem是由3GPP定义的
 - 用于多媒体业务的控制和整合
 - IMS是在R5版本发布的 (2002年)
- IMS以IETF协议为基础
 - SIP, SDP, COPs和Diameter
 - ITU-T: H.248、SIP-I (SIP协议的扩展)
 - OMA (Open Mobile Alliance): IMS业务 (PoC业务等)
- IMS具有开放的体系结构, 支持电路交换和分组交换网络上的一系列基于IP的业务, 支持无线和固定的接入

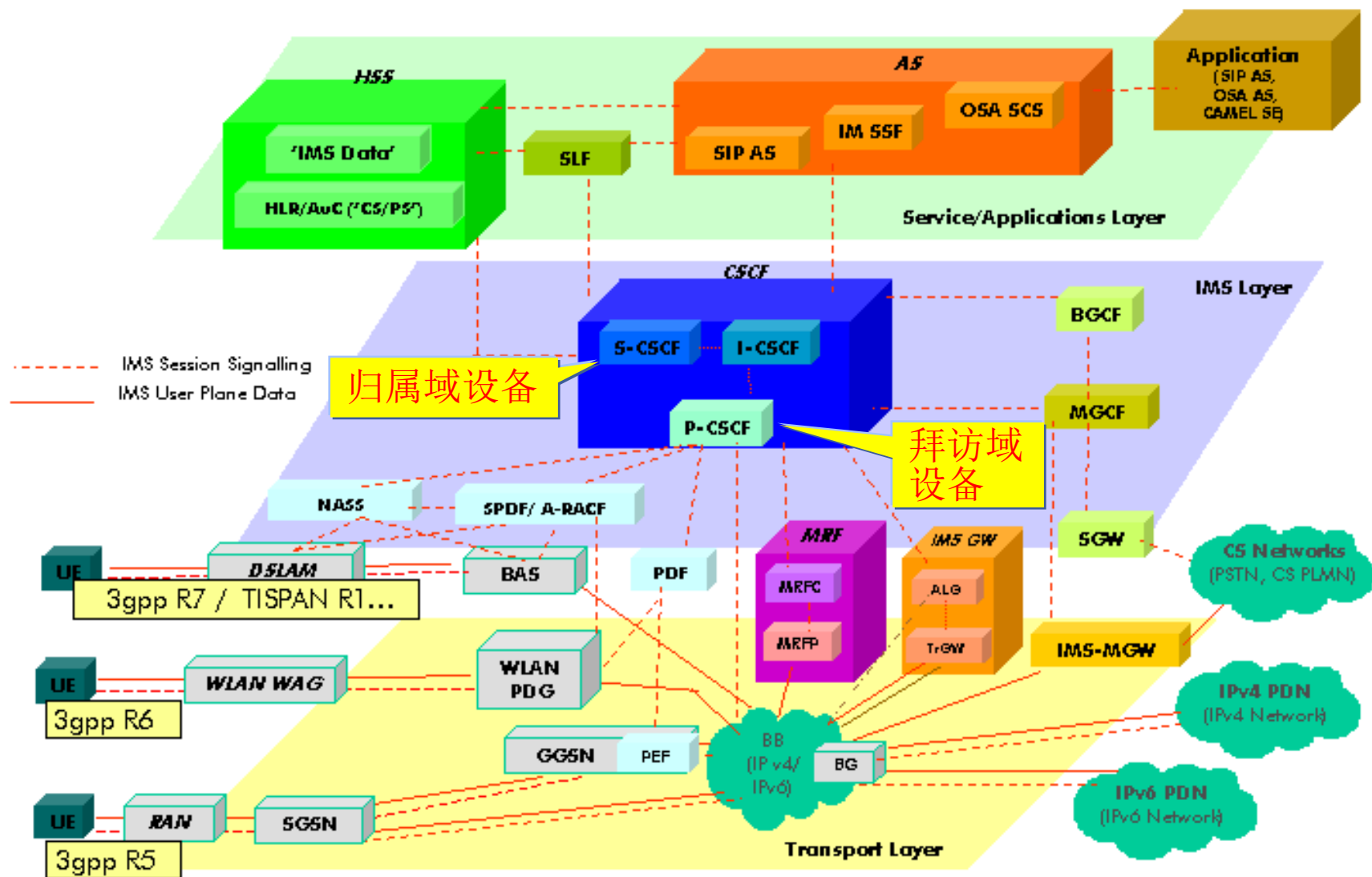
IMS能做什么

- 业务控制
- 呼叫控制
- 媒体控制
- 接入无关



3GPP IMS网络架构

- ① 最大限度重用互联网技术和协议
- ② 继承移动通信特有的网络技术
- ③ 充分借鉴了软交换网络技术





软交换与IMS技术的比较

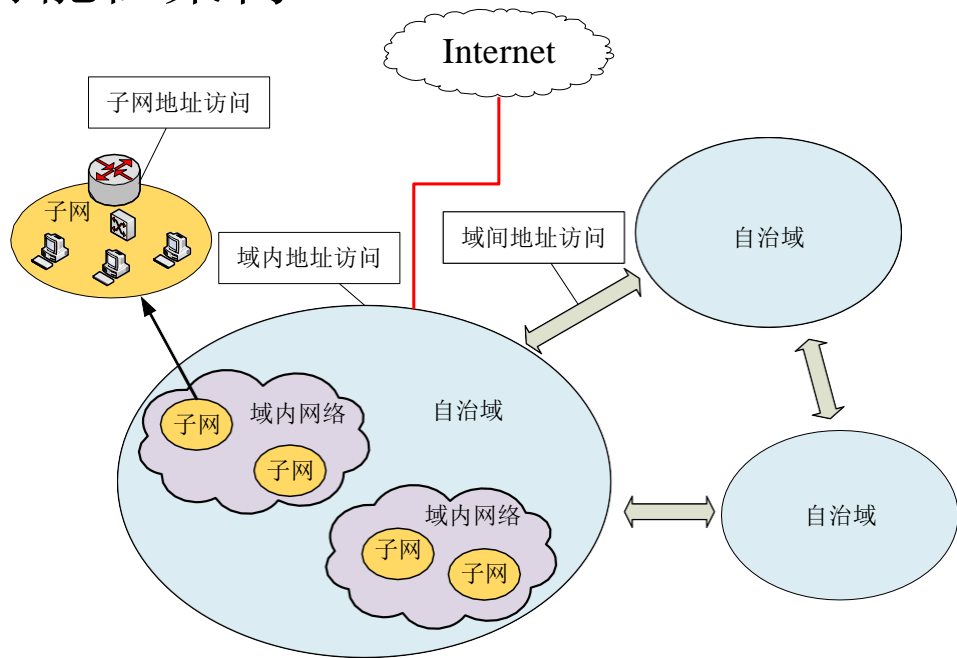
- 软交换与IMS是两种下一代网络交换技术
- 软交换和IMS实现的目标一致：构建一个基于分组的、层次分明的、控制和承载分离的、开放的下一代交换网络
- 软交换技术提出得比较早，对电话语音业务、IP接入、非IP接入以及与PSTN、VoIP互通等方面考虑较多，但对移动性管理、多媒体和增值业务的提供却考虑不多，故缺乏比较整体的标准。因此，目前的软交换只是下一代交换网络的初级阶段技术
- IMS是3GPP在R5版本核心网络结构上引入的一个多媒体子系统。其最初的出发点是为了在移动网上以最大的灵活性提供IP多媒体业务而设计的一个业务体系框架。后来，由于其良好的开放性和全分布式架构，能做到控制与业务分离、与接入无关和支持移动性管理，而得到了ETSI、ITU-T等NGN相关标准化组织的认可，并作为研究下一代网络的基础



软件定义网络SDN

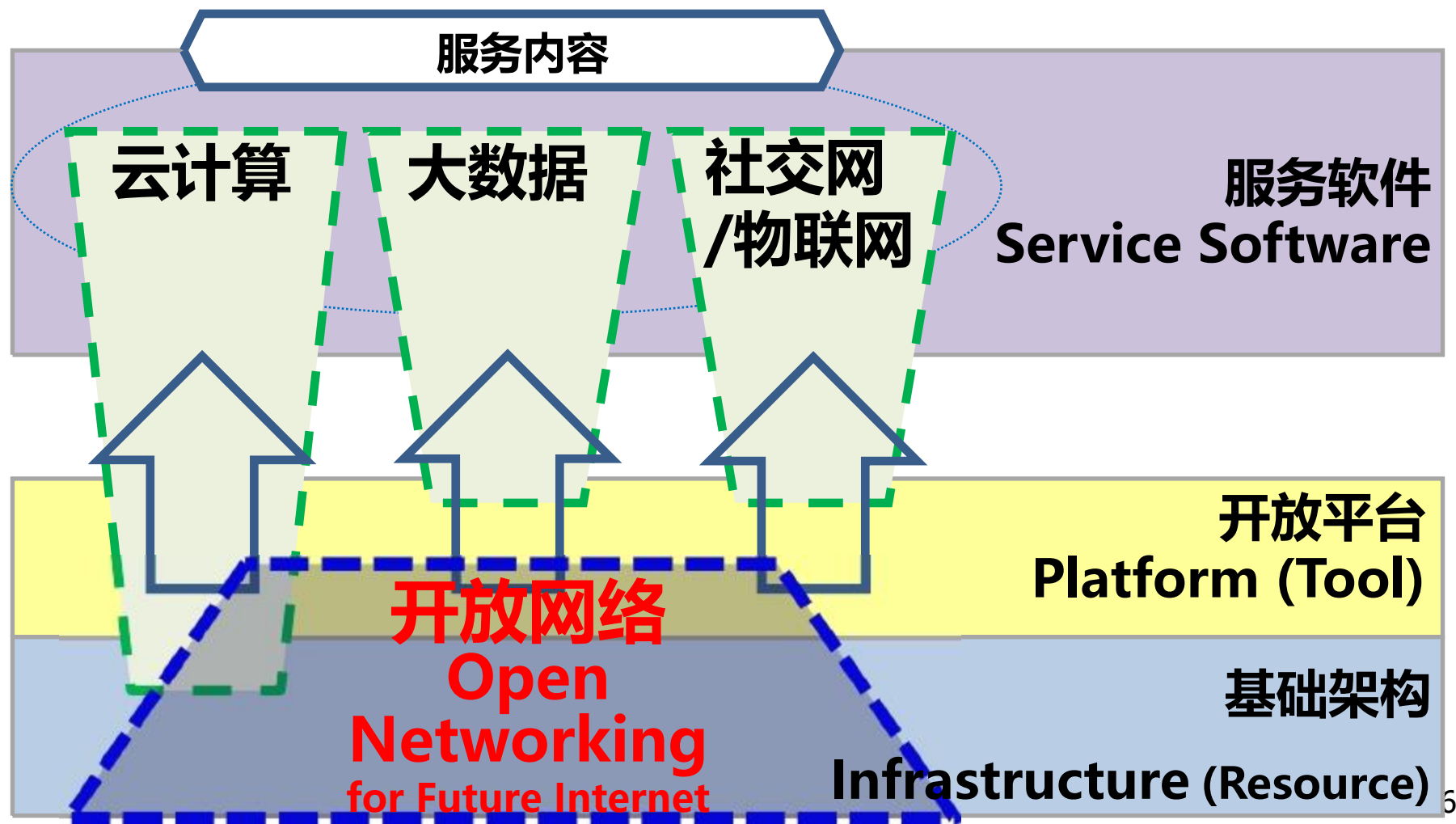
产生背景

- 互联网从小型局域网络到空前庞大复杂的全球级网络
- **问题**：网络规模持续扩张、网络设备不断增加，超出设计承受能力，网络维护变得举步维艰
- **探讨**：未来网络的可能性架构



产生背景

传统网络架构封闭保守，**网络创新缓慢、配置繁琐、效率低下**



产生背景

2006年，美国斯坦福大学启动了一个名叫**Clean Slate**的研究课题，目的非常明确且宏大，就是“重塑互联网”

2007年，斯坦福大学博士生 **Martin Casado** 等人提出了关于网络安全与管理项目 **Ethane**。该项目试图通过一个集中式控制器，将安全控制策略下发到各个网络设备中，从而实现对整个网络安全控制

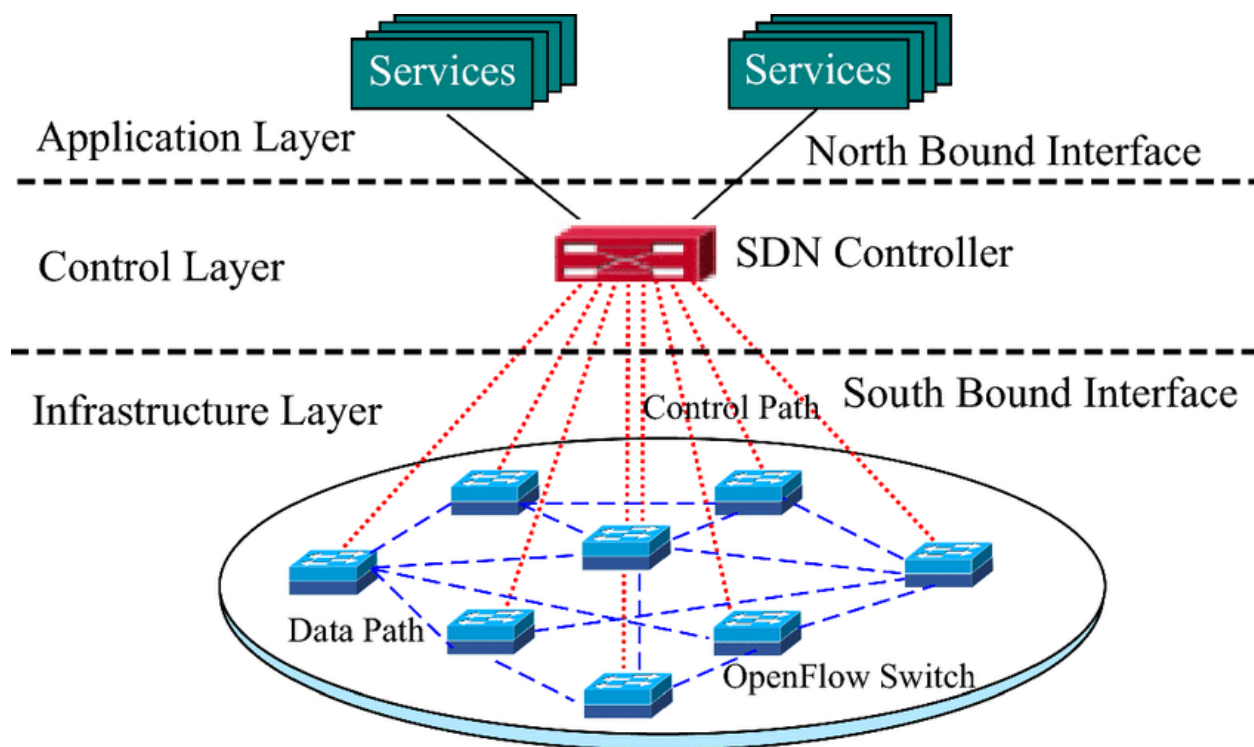


2008年，**Clean Slate**课题的负责人，斯坦福大学教授 **Nick McKeown** 及其团队，受到 **Ethane** 项目启发，提出 **OpenFlow** 的概念，并发表文章《**OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks**》



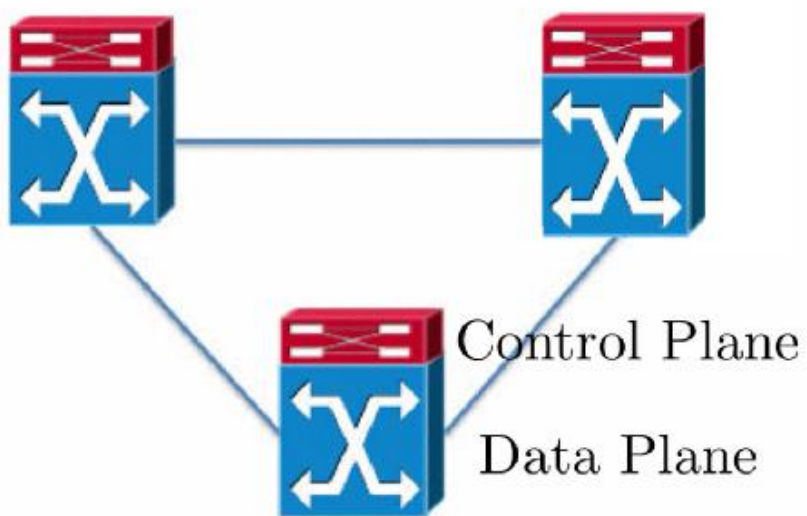
产生背景

2009年，基于OpenFlow，Nick McKeown教授正式提出了SDN（Software Defined Network，软件定义网络）。同年，SDN概念成功入围Technology Review年度十大前沿技术，获得了行业的广泛关注和重视；12月份，OpenFlow规范的1.0版本正式发布

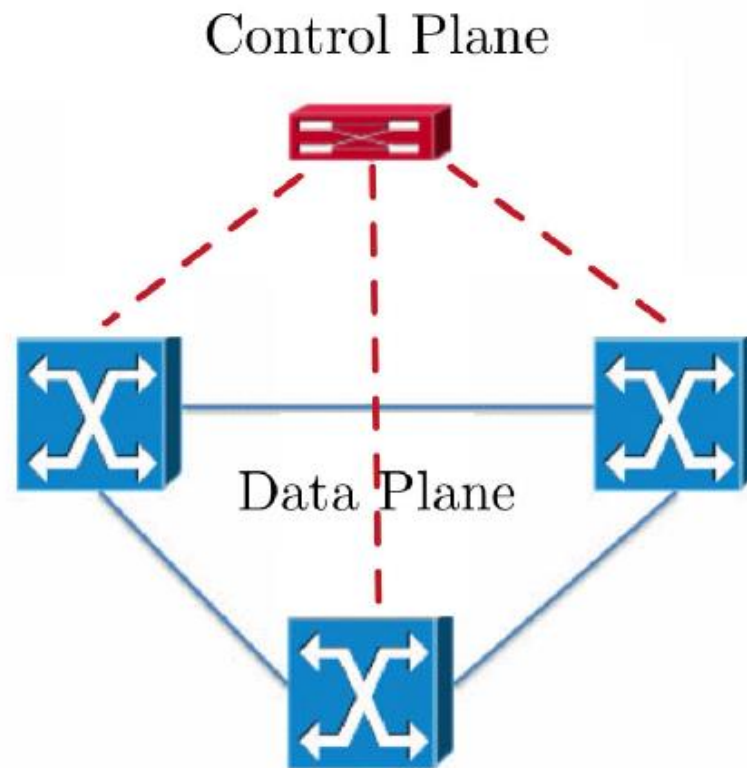


传统网络→SDN

控制与转发分离



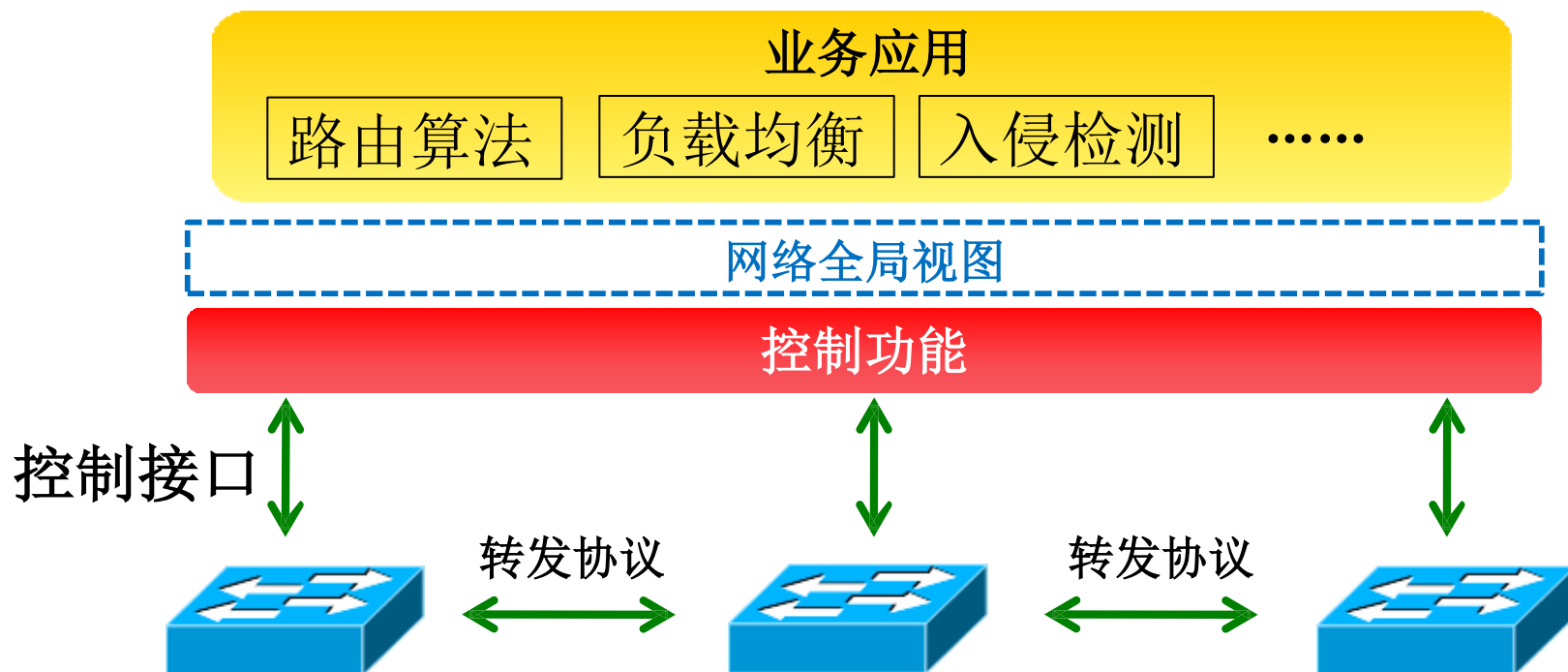
Traditional Network



SDN Network

传统网络→SDN

应用与控制分离

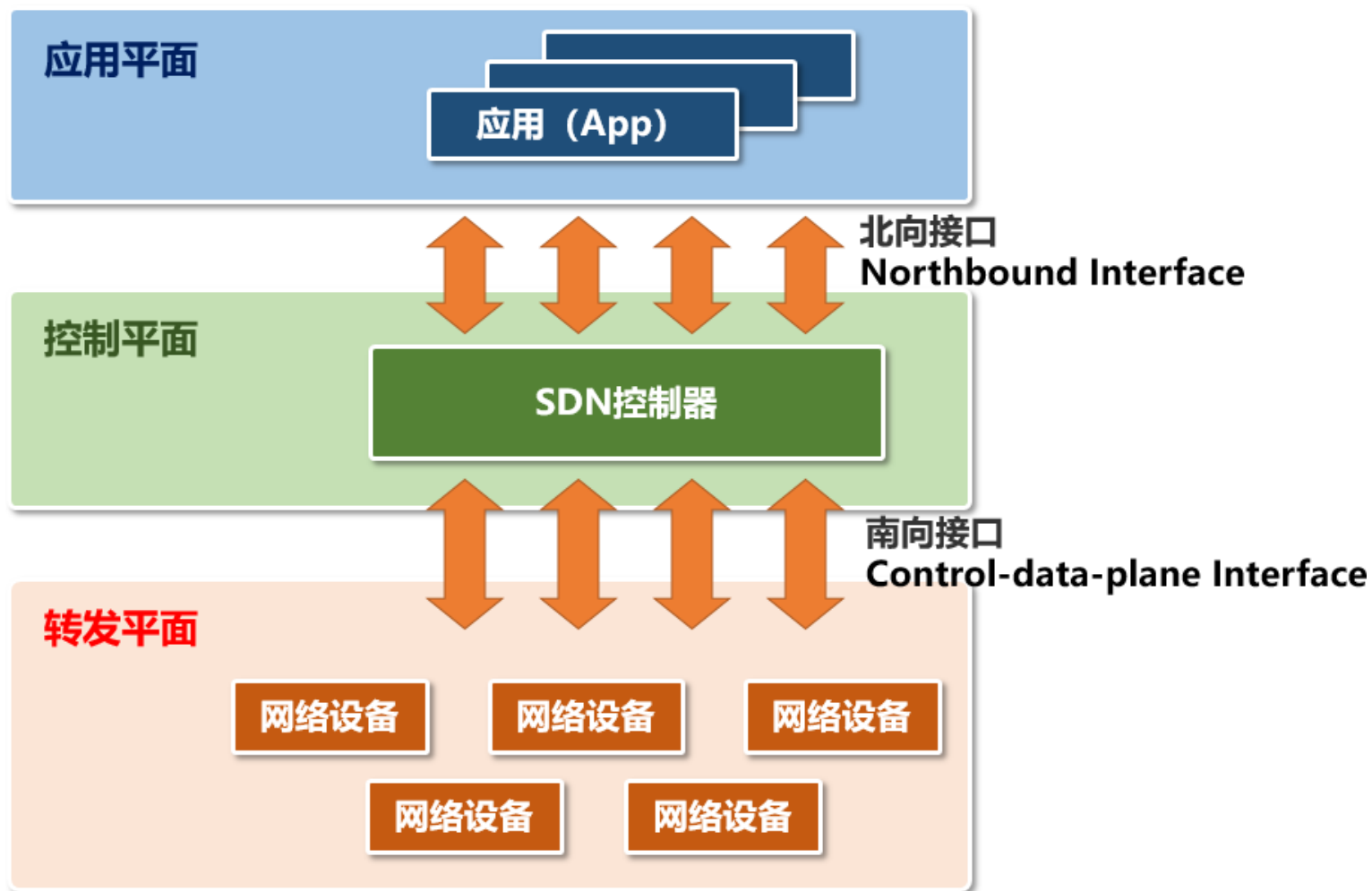




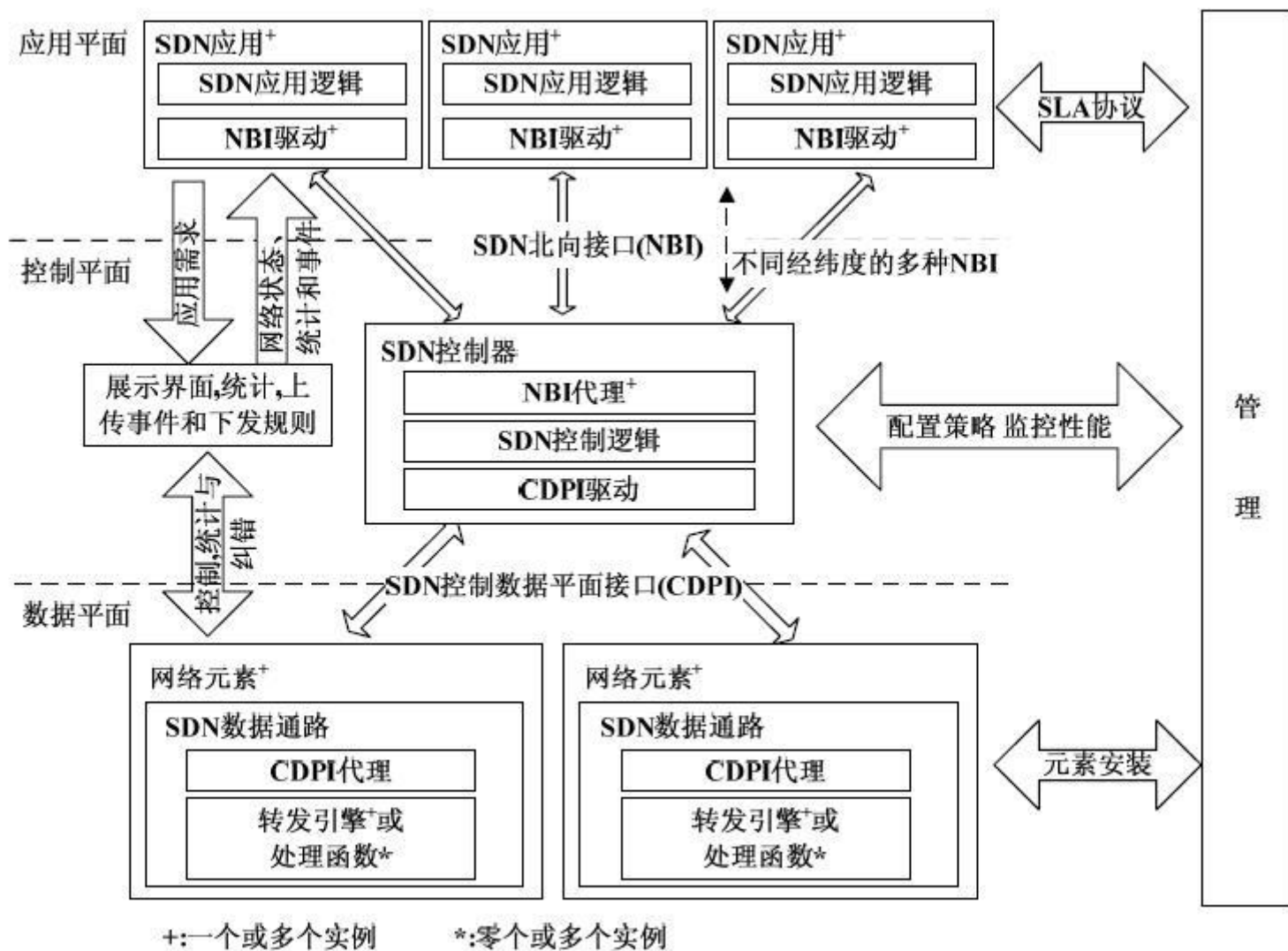
SDN的定义

- SDN是一种新兴的基于软件的网络架构及技术，其最大的特点在于具有松耦合的控制平面与数据平面、支持集中化的网络状态控制、实现底层网络设施对上层应用的透明，上层应用可以通过开放式**API**对网络进行控制
 - 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）
 - 使得网络的自动化管理和控制能力获得空前提升，能够有效解决当前网络系统所面临的资源规模扩展受限、组网灵活性差、难以快速满足业务需求等问题

SDN的体系结构：3个平面+3种接口



SDN的体系结构：3个平面+3种接口





SDN的体系结构：3个平面

■ 应用平面：

- 各类基于SDN的网络应用，通过开放式API完成对网络的控制

■ 控制平面：

- NBI代理：为第三方提供易用的北向接口，实现对网络的逻辑管理
- 控制逻辑：负责运行控制逻辑策略，维护全网视图
- CDPI驱动：控制器将全网视图抽象成网络服务，通过访问CDPI代理将转发规则发送到网络设备，具体功能包括链路发现、拓扑管理、策略指定、表项下发

■ 转发（数据）平面：转发数据包

- 各网络元素之间由不同规则形成的SDN网络数据通路形成连接
- 可以忽略控制逻辑的实现，全力关注基于表项的数据处理



SDN控制器

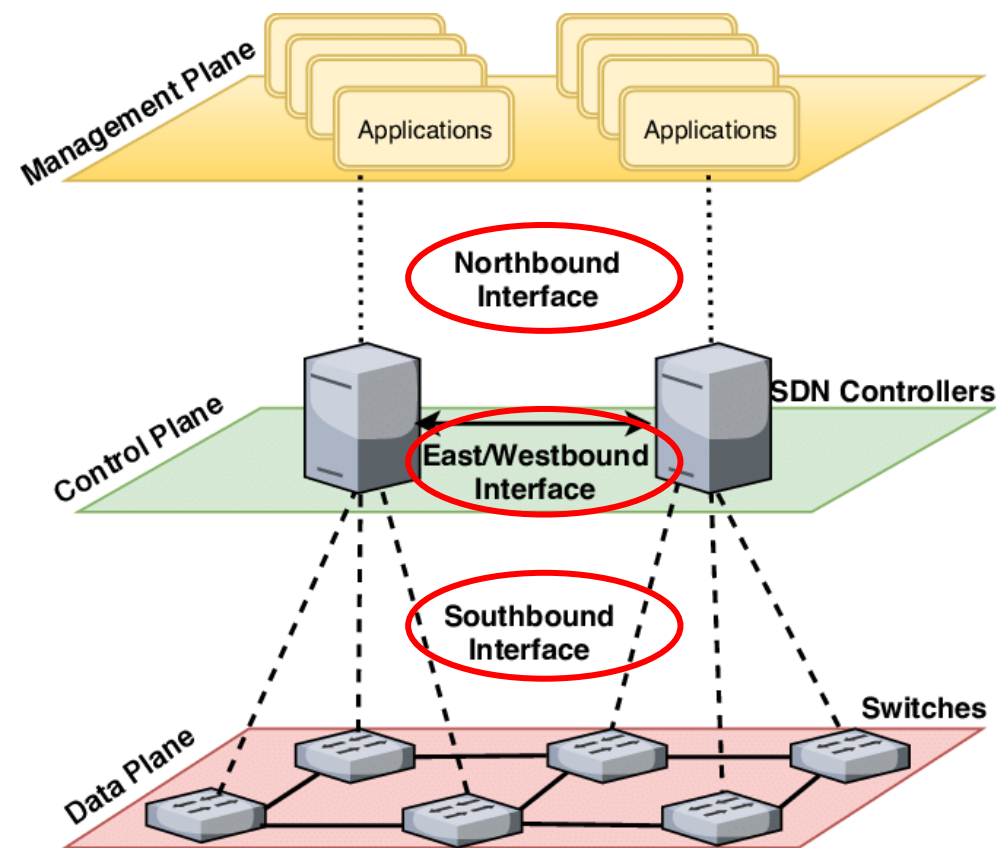
■ 商用级产品的厂商

- Virtual Application Networks SDN Controller（惠普）
- Application Policy Infrastructure Controller（思科）
- Smart OpenFlow Controller（华为）
- NorthStar and OpenContrail（Juniper）

■ 开源的控制器

- NOXRepo的NOX和POX（原始版本）
- ON.Lab的 SDN Open Network Operating System (ONOS)
- OpenContrail的OpenContrail Controller
- 斯坦福大学的Beacon和Trema

SDN的体系结构：3种接口



- 北向接口：提供给其他厂家或运营商进行接入和管理的接口
- 南向接口：管理其他厂家网管或设备的接口
- 东西向接口：SDN设备之间的接口，多个设备的控制平面之间如何协同工作



北向接口

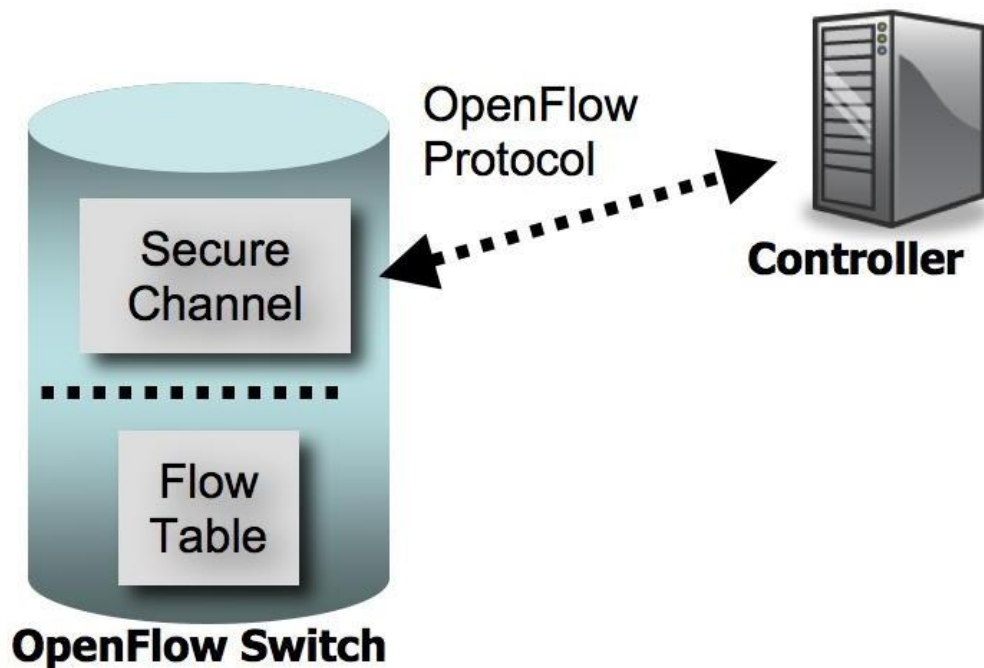
- 目标：通过控制器向上层业务应用开放的接口，使得业务应用能够便利地调用底层的网络资源和能力
- 特征：直接为业务应用服务的，因此其设计需要密切联系业务应用需求，具有多样化的特征
- 指标：开放性、便捷性、灵活性
- 功能：
 - 网络业务的开发者能以软件编程的形式调用各种网络资源
 - 上层的网络资源管理系统可以通过控制器的北向接口全局把控整个网络的资源状态，并对资源进行统一调度
- 标准：缺少业界公认的标准，主流实现方式为REST API



南向接口

- OpenFlow最初是Clean Slate计划中提出的一种用于在校园网上创建可进行网络研究实验新型网络的交换模型，该模型中使用的协议被称作OpenFlow
- OpenFlow的核心思想是控制与转发分离，SDN的概念正是在它的基础上提出的
- 现在，OpenFlow更多指的是由ONF维护的《OpenFlow交换机规范》中描述的协议标准，它被视作SDN体系架构中的事实上的南向接口标准

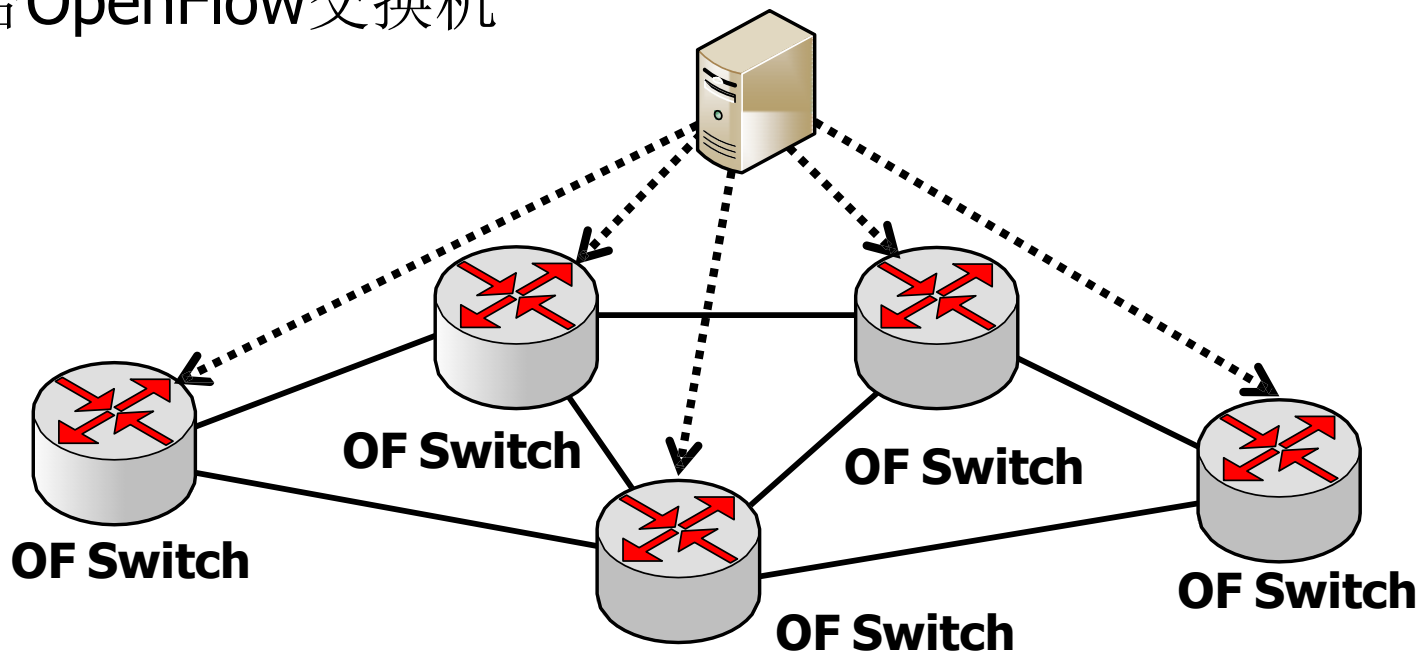
OpenFlow交换机规范v1.0.0



OpenFlow交换机由安全通道、流表、**OpenFlow**协议三个部分组成

OpenFlow交换机

- 传统的网络设备（交换机、路由器、防火墙等）的控制逻辑和转发逻辑是紧密耦合在一起的
- OpenFlow交换机只包含转发功能，只需要按照流表的规则（由控制器下发）转发数据包，而控制器可以同时控制多台OpenFlow交换机





安全通道

- 安全通道（**Secure Channel**）是连接交换机与控制器的接口。通过该接口，控制器可以配置、管理交换机，接收来自交换机的事件和发送数据包给交换机
- 控制器与交换机除了通过**TCP**建立明文连接，也可以通过**TLS**（**Transport Layer Security**）建立加密连接，确保消息的机密性和完整性，这对集中控制的**SDN**网络的安全性有着至关重要的作用



流表

- 流(Flow): 在一段时间内, 经过同一个网络的一系列具有相同属性的顺序发送的报文集合
- 流表(Flow Table): 一张转发表, 由若干条流表项组成
- 流表项(Flow Entry): 流表的最小单位, 每条流表项对应网络传输的一条流。根据OpenFlow规范, 流表项组成如下

Header Fields	Counters	Actions
---------------	----------	---------

OpenFlow交换机中可以有多多个流表, 每个流表可包含多个流表项



流表项

- 头字段：包含了用于匹配流（数据包）的字段信息，**涵盖了L2-L4的各类协议信息**
- 计数器：用于统计所匹配流的各种信息，如包数、字节数
- 动作：描述了对所匹配的数据包需要采取的操作
 - **Forward**：将数据包转发到指定端口
 - **Drop**：丢弃数据包
 - **Enqueue**（可选）：将数据包发送至队列，用于QoS控制
 - **Modifiy-Field**（可选）：修改数据包的协议字段

Header Fields

Counters

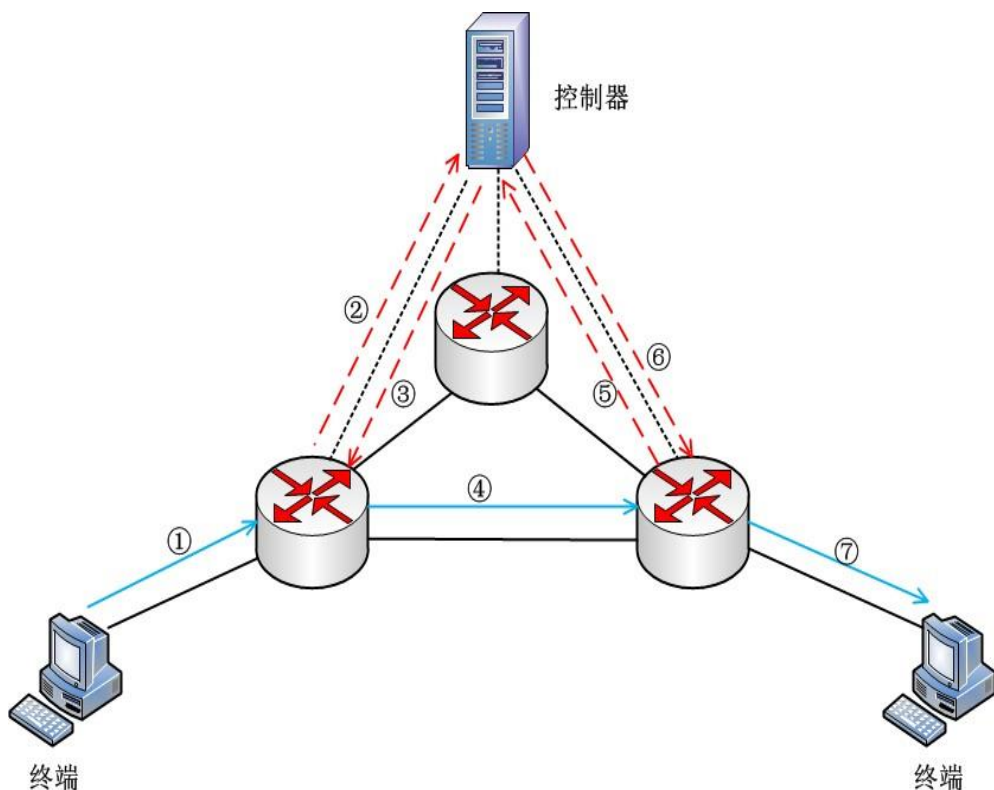
Actions



流表项-头字段的匹配域

字段	说明
Ingress Port	输入端口
Ethernet Source Address	以太网帧的发送源以太网地址
Ethernet Destination	以太网帧的目标以太网地址
Ether Type	以太网帧的类型字段
VLAN ID	VLAN标签的VLAN ID
VLAN Priority	802.1Q的PCP(Priority Code Point)
IP Source Address	IPv4头中的发送源地址（可指定子网掩码）
IP Destination Address	IPv4头中的目标地址（可指定子网掩码）
IP Protocol	IPv4头的协议字段
ToS	IPv4头的ToS字段
TCP/UDP Source Port or ICMP Type	TCP/UDP头的源端口号，或ICMP头的类型
TCP/UDP Source Port or ICMP Code	TCP/UDP头的目的端口号，或ICMP头的代码

OpenFlow协议工作流程



- ①终端向网络发送数据包
- ②OpenFlow交换机流表无匹配项，通过PacketIn事件将数据包上报给控制器
- ③控制器下发流表给交换机(或PacketOut)
- ④交换机之间数据包转发
- ⑤ OpenFlow交换机流表无匹配项，通过PacketIn事件将数据包上报给控制器
- ⑥控制器下发流表给交换机(或PacketOut)
- ⑦交换机将数据包转发给终端

Packet-out: 控制器用该消息类型向外发送匹配某条流表项的数据报文

Packet-in: 交换机向控制器发送未匹配或转发到控制器端口的报文



SDN技术对网络架构的变革

- 打破了原有的网络层次
 - 提供跨域、跨层的网络实时控制
 - 打破原有的网络分层、分域的部署限制
- 改变了现有网络的功能分布
 - 网络业务功能点的部署将更加灵活
 - 简化承载网络的功能分布
- 分层解耦为未来网络的开放可编程提供了更大的想象空间



SDN技术带来的新机遇

- 提高网络资源利用率
 - 独立出一个相对统一集中的网络控制平面，更有效地基于全局的网络视图进行网络规划，实施控制和管理
- 促进云计算业务发展
 - 网络虚拟化
- 提升端到端业务体验
 - 更好地端到端的业务保障
 - 增强网络业务承载能力
- 降低网元设备的复杂度
 - 设备硬件更趋于通用化和简单化



总结

- 下一代交换网**NGN**

针对通信系统的融合与开放

- 软交换
- IMS

业务控制

呼叫控制

IP承载

- 软件定义网络**SDN**

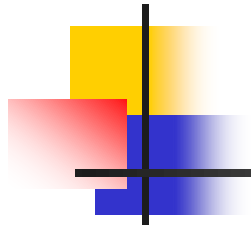
针对**IP**网络的有效控制与开放

- SDN概念
- OpenFlow
-

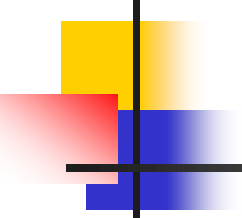
应用

控制平面

转发平面



作业



■ 作业

- 简述基于软交换的网络架构分为哪几层？每层的主要设备有什么？核心网交换方式是什么？中继媒体网关、信令网关的功能是什么？

■ 利用第七章MOOC复习



Q & A

袁 泉

yuanquan@foxmail.com

2023年5月22日