

物联网架构与技术 IOT-5-2

第 5 章 物联网的网络层

北京交通大学计算机学院网络管理研究中心 刘峰
fliu@bjtu.edu.cn

2023年月11月6日

主要内容

一、互联网

二、无线宽带网络

三、无线低速网络

*四、新型网路体系架构技术

*五、自动化网络管理技术

六、小结

四、新型网路体系架构技术

- 1、SDN技术与产生背景
- 2、SDN特性与设计思想
- 3、SDN的核心技术：**OpenFlow**
- 4、SDN应用现状与技术发展趋势

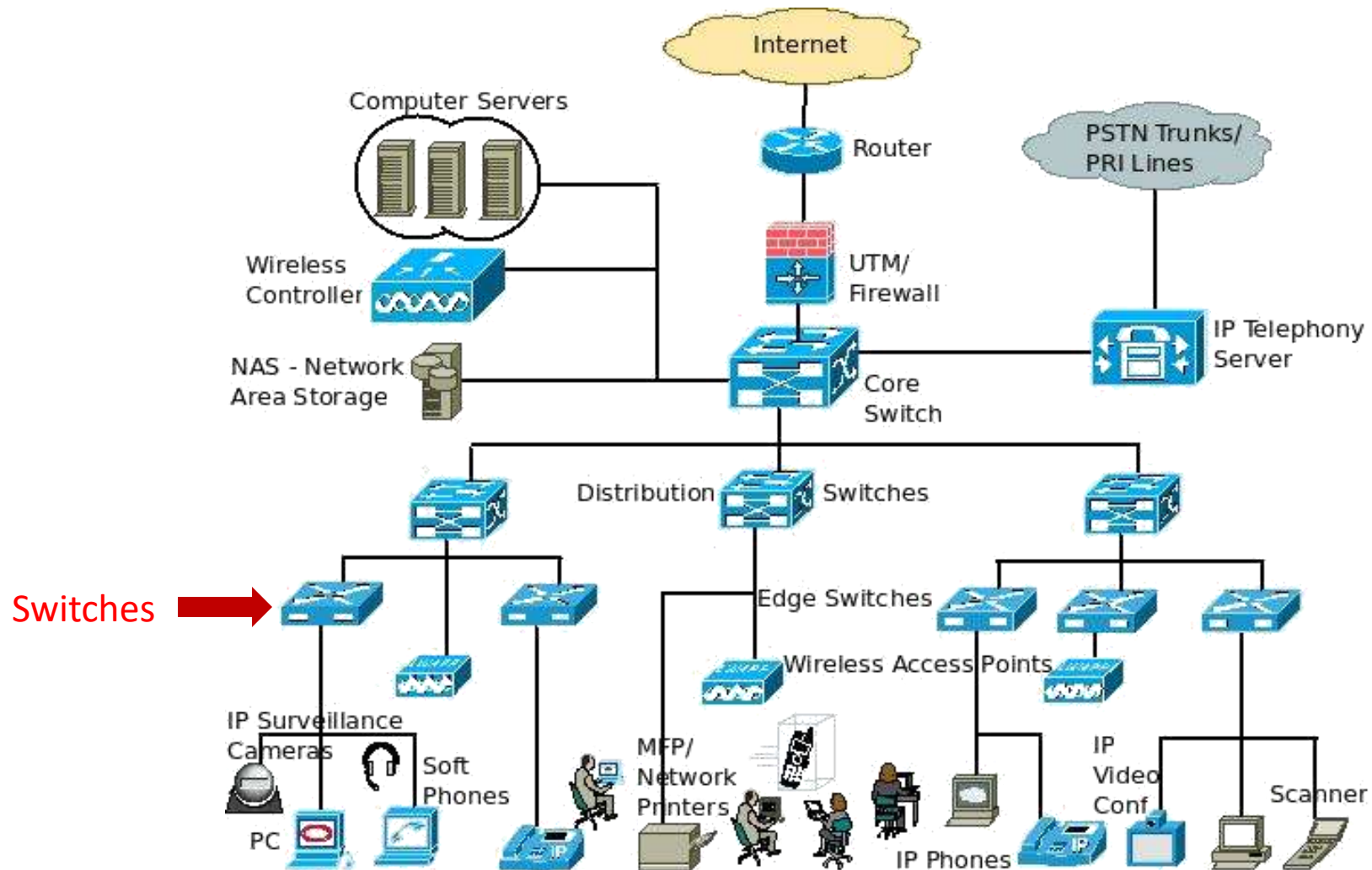
1、SDN技术与产生背景

产生背景（应用需求）

传统的网络设备（交换机、路由器）的固件是由设备制造商锁定和控制，所以大家希望将网络控制与物理网络拓扑分离，从而摆脱硬件对网络架构的限制。

这样企业便可以像升级、安装软件一样对网络架构进行修改，满足企业对整个网站架构进行调整、扩容或升级。而底层的交换机、路由器等硬件则无需替换，节省大量的成本的同时，网络架构迭代周期将大大缩短。

Limitations of Current Networks

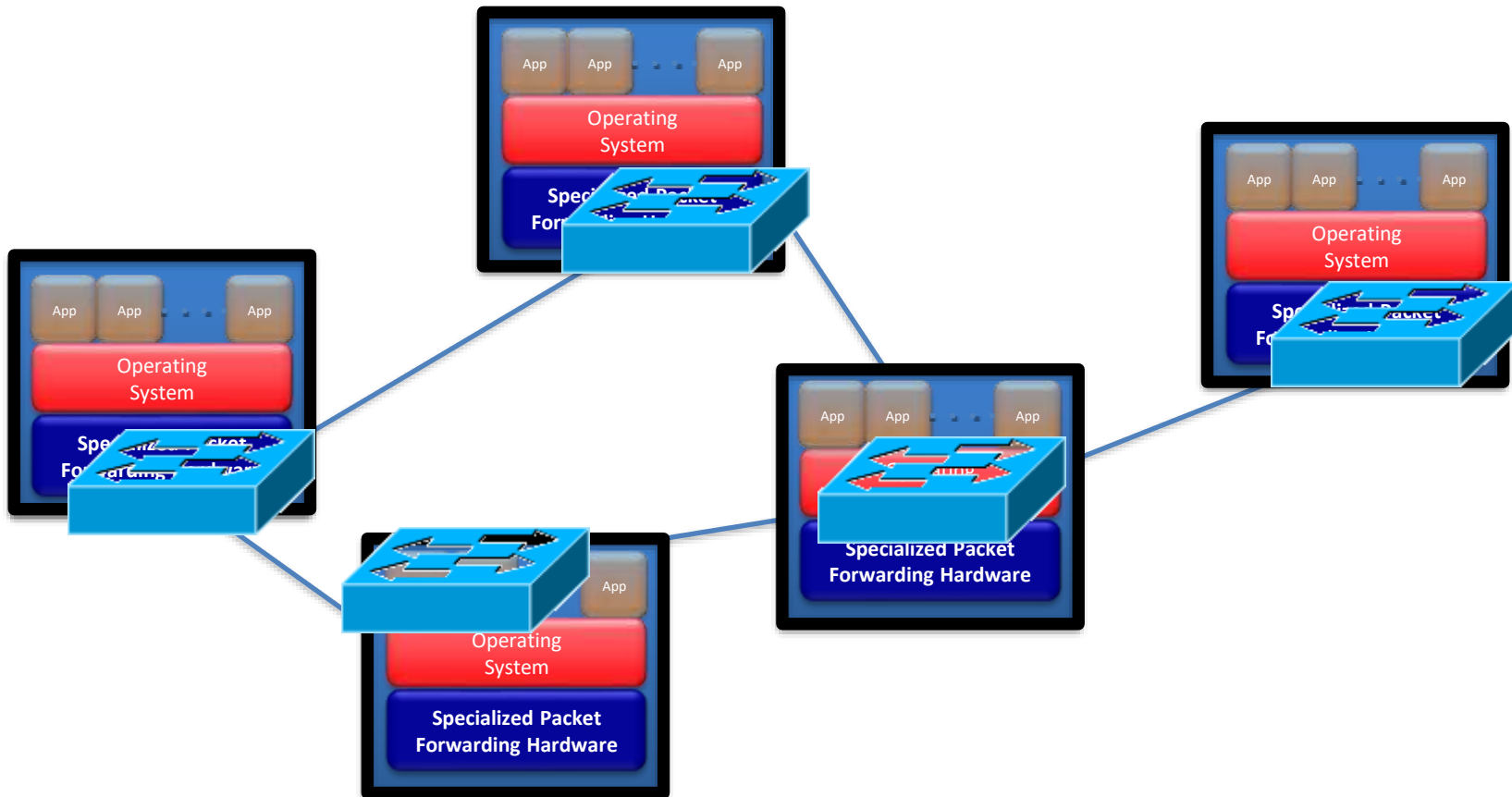


Limitations of Current Networks

- **Enterprise networks are difficult to manage**
- **“New control requirements have arisen”:**
 - Greater scale
 - Migration of VMS
- **How to easily configure huge networks?**

Limitations of Current Networks

- Old ways to configure a network



Limitations of Current Networks

- **No control plane abstraction for the whole network!**
- **It's like old times – when there was no OS...**



Wilkes with the EDSAC, 1949

SDN技术

- SDN（Software Defined Network, 软件定义网络）是一种新兴的控制与转发分离并直接可编程的网络架构。
- 传统网络设备紧耦合的网络架构被拆分成应用、控制、转发三层分离的架构。控制功能被转移到了服务器，上层应用、底层转发设施被抽象成多个逻辑实体。

SDN优势

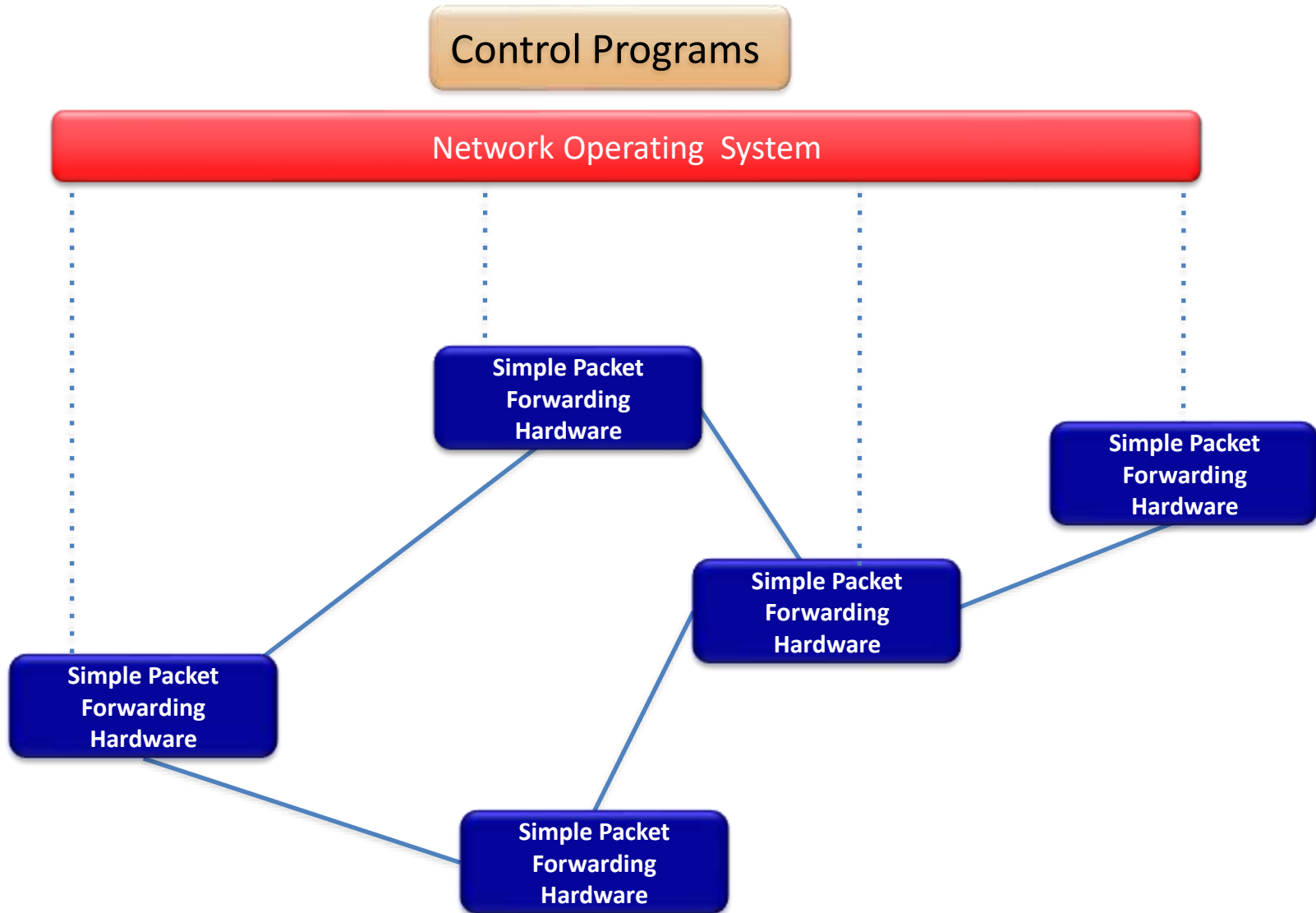
- 传统IT架构中的网络，根据业务需求部署上线以后，如果业务需求发生变动，重新修改相应网络设备（[路由器](#)、[交换机](#)、[防火墙](#)）上的配置是一件非常繁琐的事情。在互联网/移动互联网瞬息万变的业务环境下，网络的高稳定与高性能还不足以满足业务需求，灵活性和敏捷性反而更为关键。
- SDN所做的是将网络设备上的控制权分离出来，由集中的控制器管理，无须依赖底层网络设备（[路由器](#)、[交换机](#)、[防火墙](#)），屏蔽了来自底层网络设备的差异。而控制权是完全开放的，用户可以自定义任何想实现的网络路由和传输规则策略，从而更加灵活和智能。

2、SDN特性与设计思想

SDN的设计思想

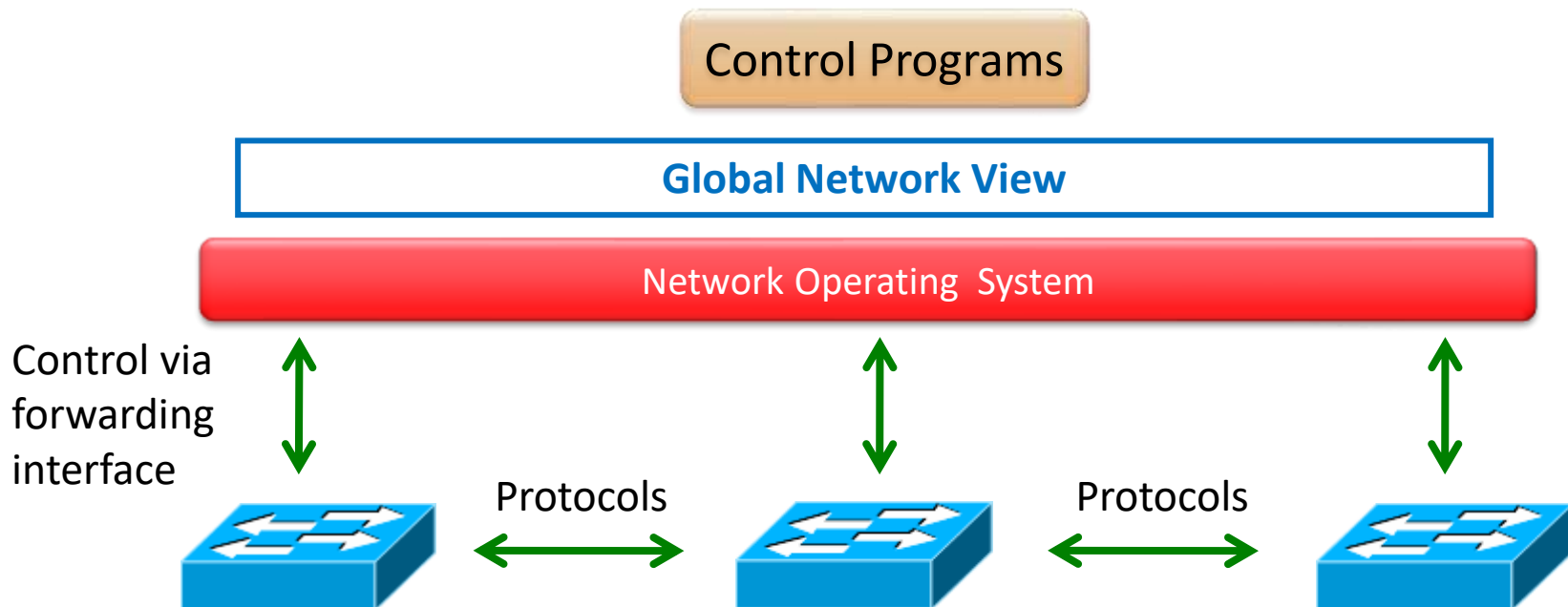
- 由美国斯坦福大学clean slate研究组提出的一种新型网络创新架构。
- SDN 技术就相当于把每人家里路由器的管理设置系统和路由器剥离开。以前我们每台路由器都有自己的管理系统，而有了SDN之后，一个管理系统可用在所有品牌的路由器上。如果说现在的网络系统是功能机，系统和硬件出厂时就被捆绑在一起，那么SDN就是Android系统，可以在很多智能手机上安装、升级，同时还能安装更多更强大的手机App（SDN应用层部署）。

Idea: An OS for Networks



Idea: An OS for Networks

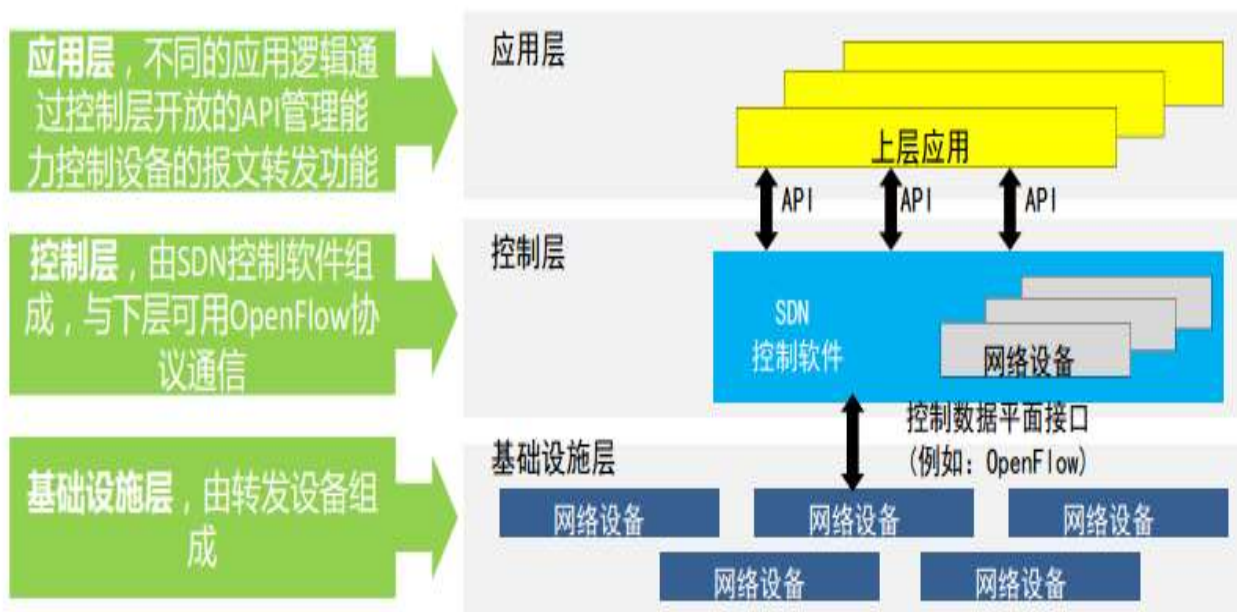
- “NOX: Towards an Operating System for Networks”
Software-Defined Networking (SDN)



Software Defined Networking

- ➔ • **No longer designing distributed control protocols**
- **Much easier to write, verify, maintain, ...**
 - An interface for programming
- **NOS serves as fundamental control block**
 - With a global view of network

SDN的特性



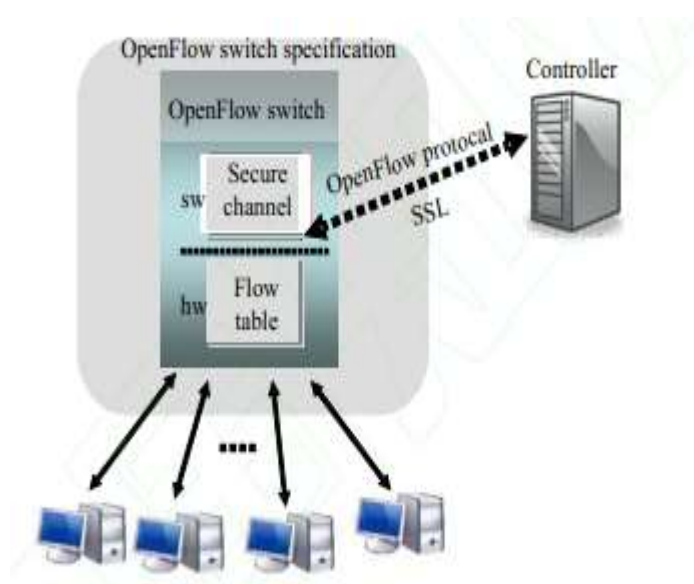
1、控制转发分离：支持第三方控制面设备通过OpenFlow等开放式的协议远程控制通用硬件的交换/路由功能。

2、控制平面集中化：提高路由管理灵活性，加快业务开通速度，简化运维。

3、转发平面通用化：多种交换、路由功能共享通用硬件设备。

4、控制器软件可编程：可通过软件编程方式满足客户化定制需求。

3、SDN的核心技术： OpenFlow



OpenFlow起源

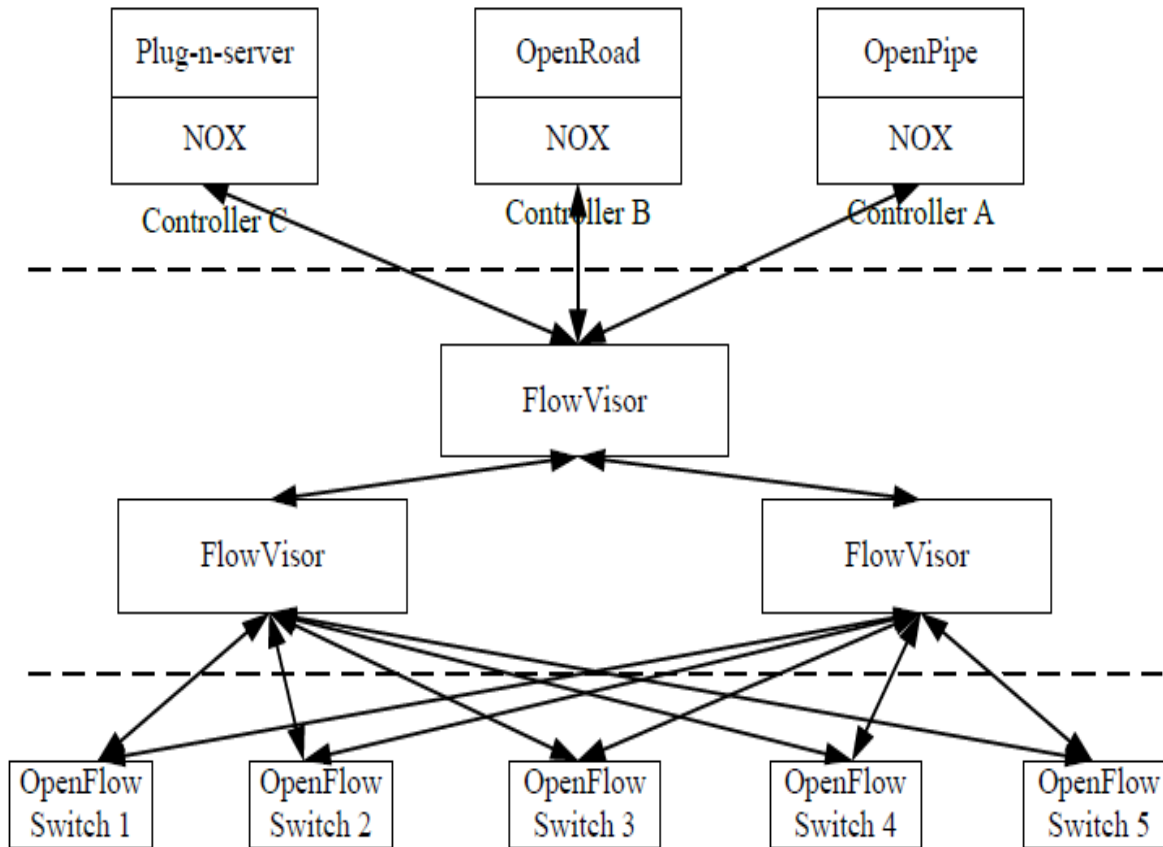
OpenFlow由斯坦福大学和加州大学伯克利分校领导的大学联盟所发起，他们的初衷是让研究人员可将企业级以太网交换机作为定制构件用于大学的网络实验。

OpenFlow的核心思想很简单，就是将原本完全由交换机/路由器控制的数据包转发过程，转化为由OpenFlow交换机（OpenFlow Switch）和控制服务器（Controller）分别完成的独立过程。

OpenFlow要解决的问题

现代大规模的网络环境十分复杂，给管理带来较大的难度。特别对于企业网络来说，管控需求繁多，应用、资源多样化，安全性、扩展性要求都特别高。因此，网络管理始终是研究的热点问题。对于传统网络来说，交换机等设备提供的可观测性和控制性都十分有限。一方面管理员难以实时获取足够的网络统计信息，另一方面控制手段十分单一，依赖于静态的 **policy** 部署。而基于软件定义网络，这两方面的问题几乎迎刃而解。

OpenFlow网络架构

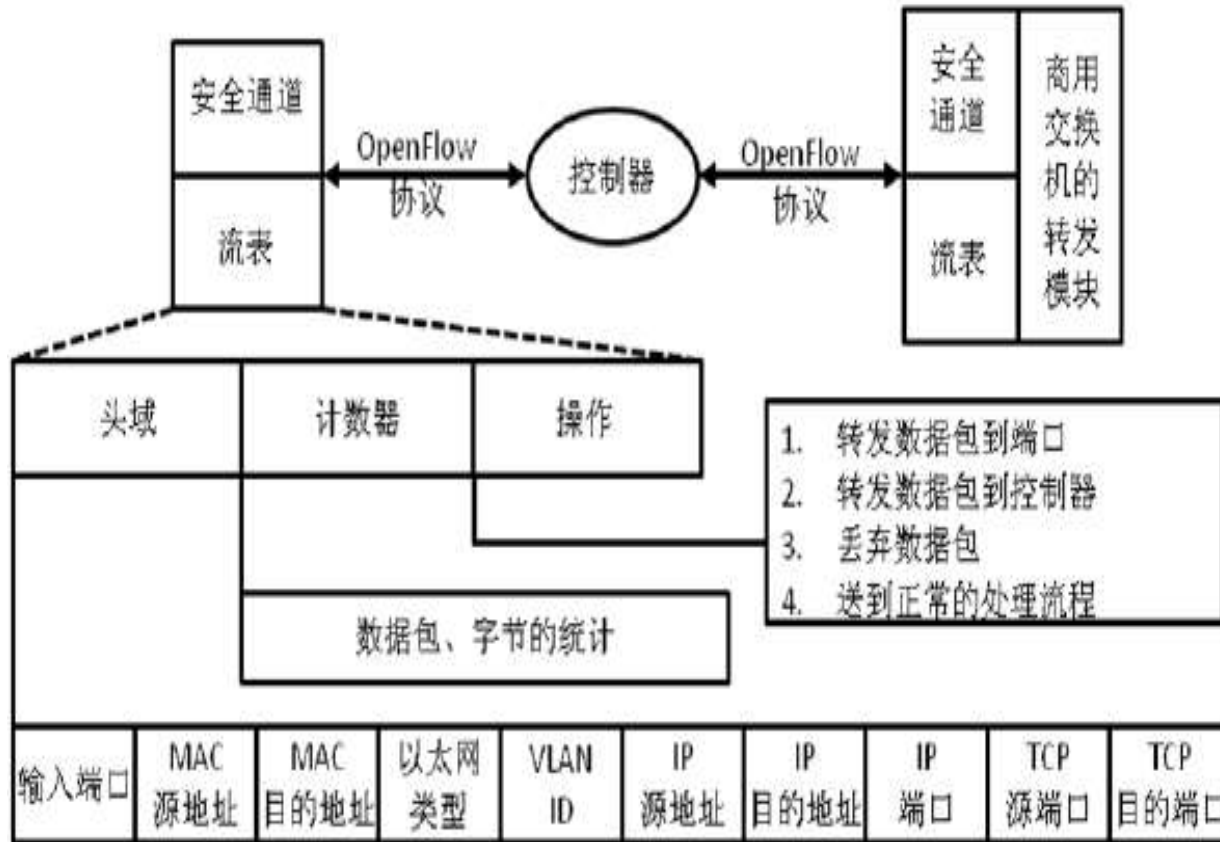


OpenFlow交换机进行数据层的转发;

FlowVisor对网络进行虚拟化;

Controller对网络进行集中控制, 实现控制层的功能

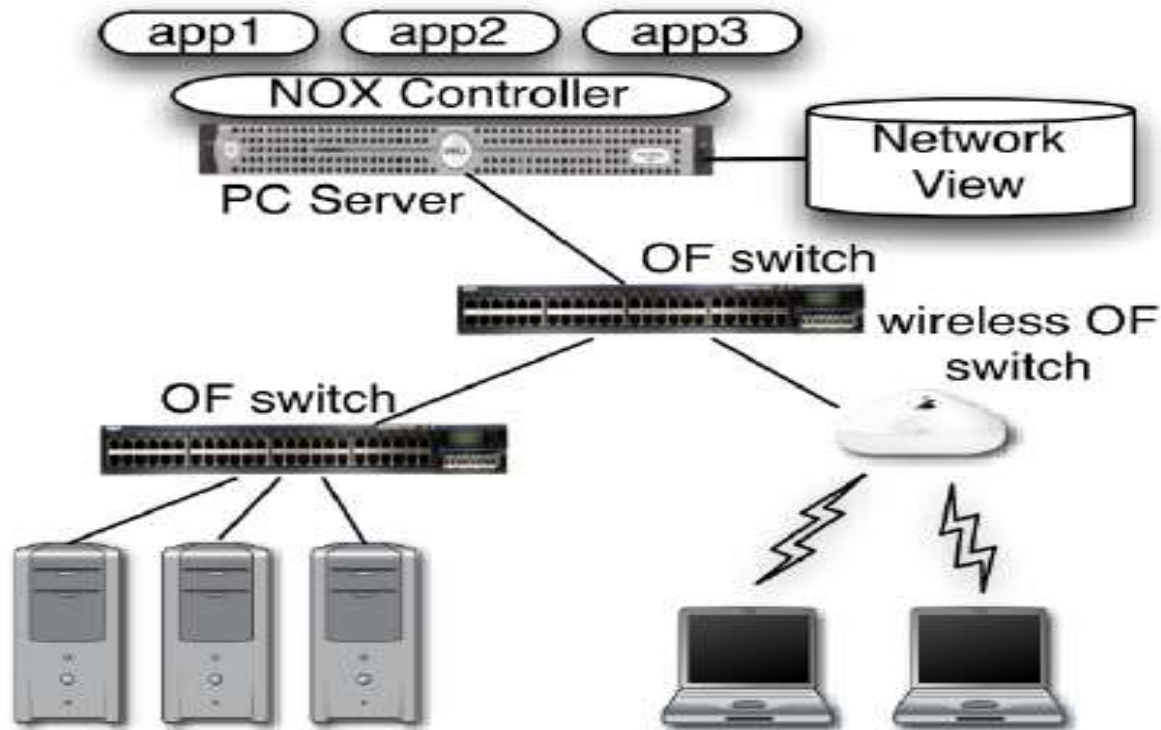
OpenFlow交换机组成



OpenFlow交换机由流表、安全通道和OpenFlow协议三部分组成

NOX参考模型

正如计算机操作系统本身并不实现复杂的各种软件功能，NOX 本身并不完成对网络管理任务，而是通过在其上运行的各种“应用”（Application）来实现具体的管理任务。



管理者和开发者可以利用高级语言来专注到这些应用的开发上，而无需花费时间在对底层细节的分析上。为了实现这一目的，NOX 需要提供尽可能通用（General）的接口，来满足各种不同的管理需求。

4、SDN应用现状与技术发展趋势

A Short History of SDN

- ~2004: Research on new management paradigms
 - RCP, 4D [Princeton, CMU,....]
 - SANE, Ethane [Stanford/Berkeley]
- 2008: Software-Defined Networking (SDN)
 - NOX Network Operating System [Nicira]
 - OpenFlow switch interface [Stanford/Nicira]
- 2011: Open Networking Foundation (~69 members)
 - **Board:** Google, Yahoo, Verizon, DT, Msoft, F'book, NTT
 - **Members:** Cisco, Juniper, HP, Dell, Broadcom, IBM,.....
- 2012: Latest Open Networking Summit
 - Almost 1000 attendees, Google: SDN used for their WAN
 - Commercialized, in production use (few places)

SDN最佳成功案例：2012谷歌建立新网

- 2012年12月，谷歌公开表示其位于北美、欧洲和亚洲/太平洋的数据中心的内部网络中已经在使用OpenFlow SDN协议，并且透露了相关成本优势。
- 为优化路由以及集中流量工程，GOOGLE部署了“商品硬件”，OpenFlow作为Quagga软件路由套件的SDN协议。
- 使用多个OpenFlow控制器(低延迟性和可靠的连接)以及集中流量工程时，该网络能够满足其要求，并于2011年年初投入生产。

Google SDN优点

- 能够利用大规模计算能力和规模，让其快速和方便地添加新应用程序；
- 模拟网络功能的能力，包括使用OpenFlow代理来模拟网络设备以测试新应用程序；
- 混合测试环境和生产网络的能力，这样测试场景可以在实时网络中检测；
- 高网络可用性以及执行“低影响升级”的能力；
- 更方便的配置，团队正在配置一个网络 and 多个架构，而不是大量网络元素，但这仍然是一个严峻的挑战；
- 快速的故障响应、高网络利用率。

在控制平面中使用高计算设备存在很大优势！

SDN技术挑战（GOOGLE）

- 谷歌团队仍然需要编写代码和决定网络的行为。
- 网络管理是一个挑战：需处理来自控制器、API的运行状态信息，以及TCP流链接的优先级队列问题。

SDN将带来一个“更强、更快、更便宜的互联网”：运营商级的OpenFlow硬件、以及SDN领域更多的创新。

SDN产业现状

- SDN已经在解决方案规划、软硬件支持等方面取得长足发展



- 2007年概念提出，斯坦福的教授Nick McKeown提出了Openflow，旨在构建实验的园区网
- 2009年12月，OpenFlow规范发布了具有里程碑意义的可用于商业化产品的1.0版本
- 2011年Open Networking Foundation (ONF) 成立，SDN产业化程度不断提升
- 2012年4月，Google在ONF Summit 2012上宣布其内部骨干网上已实现SDN全面部署
- 2012年7月23日，VMWare宣布以12.6亿美元收购SDN服务商Nicira Networks

中国SDN与开放网络高峰论坛



中国SDN与开放网络高峰论坛（第一届）

2012年12月6日：北京，中国

以“未来网络的演进之路”为主题的2012中国SDN与开放网络高峰论坛在北京隆重召开，本次峰会获得国际组织ONF（开放网络基金会）的大力支持，国内三大运营商研究机构齐聚本次SDN与开放网络高峰论坛。参加大会的还有海内外运营商、设备商及业界专家学者近500余人，共同探讨SDN、开放网络等相关热点。

2013中国SDN与开放网络高峰论坛（第二届）

2013年8月29日-30日：北京，中国

将于2013年8月29-30日在北京举办，众多国内外运营商、厂商及业界专家学者将云集于此，共同探讨SDN、开放网络等相关主题。2013中国SDN与开放网络高峰论坛由中国SDN与开放网络高峰论坛组委会主办，大会组委会由中国通信标准化协会、中国互联网协会、开放数据中心联盟、云计算开放联盟、中关村云计算联盟、中关村下一代互联网产业联盟、中国电信、清华大学等支持单位共同建立。



SDN目前应用分析

可用性	• 转发性能可满足数据交换容量、性能要求
建设成本	• 目前看，两年内专门用于openflow的交换机不会普遍生产 • Openflow仍以传统设备额外支持的方式作为实现手段，因此openflow转发设备的成本应不会大幅低于现有设备，有可能还会更高 • Controller是SDN重要的组成部分，其成本比较昂贵
可维护性	• 对于拓扑发现、故障检测及倒换、各类告警须满足电信级要求 • 目前SDN的拓扑发现、OAM协议尚未完善
可扩展性	• 节点规模可扩展，能与现有网络兼容
安全性	• 能够保证不同安全级别流量的隔离

SDN目前应用范围

分域的网络架构

- SDN应仅在同一个域内有效，如运营商某省网或数据中心内部、互联网络
- 不同域之间仍通过IP网络公有协议互通

流量调优的工具

- SDN利用应用层（如云平台管理软件、网管系统）和控制层之间的API接口，实现应用对网络的动态调度
- 通过应用层与控制层接口的开发，实现基于负载情况**自动的、精细的**流量调整

定制化需求快速实现的方案

- OpenFlow协议应用于控制与转发设备之间，使控制面和转发面分离
- 定制化需求的开发仅通过OpenFlow Controller升级支持，较现有方式，无需各厂家路由器、交换机设备逐一支持，开发周期缩短

安全控制

校园网

数据中心

云计算

虚拟化

网络管理

SDN目前存在的问题

问题一： SDN成熟了吗？

- 控制层与基础设施层之间的接口（OpenFlow）缺乏拓扑发现机制，目前对隧道技术支持有限，扩展性问题未有实际验证；QoS、安全、DPI等方面还在研究中。
- 目前有关SDN更多的研究和产品是基于OpenFlow实现控制转发分离，但是SDN的根本价值在于应用层与控制层的“关联”，这部分的研究和标准化工作远不如OpenFlow成熟。

问题二： 网管增强可以替代SDN？

- 根据厂家调研，SDN所解决的场景通过改造数据网管对多厂家的支持基本都能够做到，只是改造的效果和代价有待评估。

问题三： SDN是否可以平滑演进？

- 产业界目前采用最多的是IETF比较成熟的协议像BGP、ISIS、OSPF等。

技术演进
方向上存在未知

仍存替代性方案

技术标准仍在完善

结论：标准技术仍有缺陷，产业仍未完全成熟，技术发展方向正在收敛过程中。

SDN的未来趋势

目前还是SDN的发展初期。拥有强大IT资源和顶尖人才的企业(谷歌和Facebook等)正在利用SDN的优势。主流IT企业应该稍等一段时间，SDN应用程序(管理脚本等)和最佳做法将需要几年十年才会出现。SDN技术正在迅速发展，并且需要学习曲线，而大多数网络管理者和VAR/SI通道所不具备的。

SDN将会改变网络架构、编程和管理的方式。网络将会变得更具敏捷、灵活和节约成本。然而，像很多IT创新技术一样，SDN需要一些时间来发展。

SDN：新的网络体系架构

- SDN带来的网络变化，包括提高网络资源利用率、实现网络虚拟化，促进云计算业务发展、提升端到端业务体验、降低网元设备的复杂度等。
- 同时，SDN作为一项重大的技术变革，不仅从技术上改变了网络的体系架构，同时也对通信市场格局和产业生态产生了积极的推动作用。

SDN接口开放和标准化有助创新

- SDN的分层解耦以及接口的开放和标准化，打破了原有的供需关系，为新兴厂商进入相对封闭的通信设备市场提供了更多的机会，促进了网络设备的创新。SDN开放的北向接口为上层业务应用更高效的使用网络资源奠定了基础，**激发了业务创新活力，有助于建立更加丰富的产业生态。**

小结：SDN技术优势

- SDN技术是一项全局性、颠覆性的网络变革技术，它采用IT技术的模式来改造传统的“封闭”网络，使用软件定义的方法重新定义网络能力，使得网络从静态走向动态，解决了传统网络中无法避免的一些问题，例如对需求变化的响应速度慢、无法实现网络的虚拟化以及高昂的运维成本和设备成本等，为网络发展带来新的机遇。

本章思考题

- 1、简述SDN的产生背景
- 2、简述SDN的技术特性
- *3、给出OPENFLOW的网络架构