

下一代互联网体系结构研究 现状和发展趋势

关于Cyberspace

- **Internet 互联网**
 - 人类共享的物质和精神宝库
- **Sensor net 物联网**
 - 潜质无穷的智慧和淘宝高地
- **Platform net 平台网**
 - 基于数据链的实时控制互联平台
- **Deepspace net 深空网**
 - 基于星际链路的天地空综合环境

定义

- 是连接各种信息技术基础设施的网络，包括因特网、各种电信网、各种计算机系统、及各类关键工业中的各种嵌入式处理器和控制器。在使用该术语时还应该涉及信息虚拟环境，以及人和人间的相互影响。

What is Cyberspace?

National Security Presidential Directive 54/Homeland Security Presidential Directive 23 (NSPD-54/HSPD-23) defines cyberspace as the interdependent network of information technology infrastructures, and includes the Internet, telecommunications networks, computer systems, and embedded processors and controllers in critical industries. Common usage of the term also refers to the virtual environment of information and interactions between people.

对Cyberspace基本特征的理解

- 从狭义的信息拓展到广义的信息
 - 信号→信息→认知→决策→社会效应
- 从狭义的网络拓展到广义的网络
 - 因特网+传感网+平台网+深空网
- 从狭义的领域拓展到广义的领域
 - 时域+空域+频域+能域+训练有素的人

Tussle in Cyberspace

- 今天，互联网所设计的角色有用户、商业**ISP**、专用网、政府、知识产权拥有者、内容提供者，这些类型的角色又因其政策不同而表现出不同的行为特性，例如用户就分好用户和垃圾信息发布者等，因而呈现受控扭斗的特性。
 - **ISP**希望使用防火墙等手段限制用户的访问范围，而用户则使用隧道和源路由等技术来躲避这种限制；
 - **ISP**限制用户使用的**IP**地址数量，而用户使用**NAT**和代理来对抗。

Tussle in Cyberspace

- 扭斗可能导致双赢的结果，也可能需要各方的妥协（否则谁也不能达到目标）。
- 扭斗总是动态进化的，因为各方总是想通过改进现状来获得更大的利益，从而引发其它方的响应以达到新的平衡。
 - 没有设计是技术中立的，选择包含或不包含什么功能，定义哪些接口和协议等都会有某些倾向性；设计既是争论的结果，更是争论的开始。
 - 没有设计是价值中立的，某些功能有利于服务提供者，另一些功能有利于服务使用者，因此是否应当有利于弱者？₆

Tussle tolerant design

- 互联网中的扭斗现象是由于这些角色之间的政策差别与利益冲突所造成的，因此需要网络体系结构的设计要有多多样性，以缓解不同时间地点的不同应用背景中的扭斗现象。
 - 设计的模块化：将扭斗限制在一定范围之内，减少对无关部分的影响；
 - 设计的可选择性：允许冲突的各方选择自己需要的功能。

弱语义与进化

- 现有的互联网弱语义传输模型是互联网及其对不同技术和实现具有容忍性和灵活性的关键，提供了实现的灵活性和对协议功能进化的可能性。
- 系统的进化导致系统的稳定 — 优胜劣汰
 - 效率的提高（系统的语义变得精确和极小）
 - 进步的停止（逐渐丧失灵活性和可进化性）
 - 在体系结构的设计中要为关键的功能保留semantic escape paths
 - 在生态学中也强调保留物种多样性的重要性，它对人类的长期生存与进化至关重要。

互联网面临的挑战

- 互联网已成为重要的基础设施之一。
- 互联网及其应用水平已经成为衡量一个国家基本国力和经济竞争力的重要标志之一。随着超高速光通信、无线移动通信、高性能低成本计算和软件等技术的迅速发展，以及互联网创新应用的不断涌现，人们对互联网的规模、功能和性能等方面的需求越来越高。
- 网络地址不足，难以更大规模扩展；
- 网络安全漏洞多，可信度不高；
- 网络服务质量控制能力弱，不能保障高质量的网络服务；
- 网络带宽和性能不能满足用户的需求；
- 传统无线移动通信与互联网属于不同技术体制，难以实现高效的移动互联网等等。

互联网面临的挑战

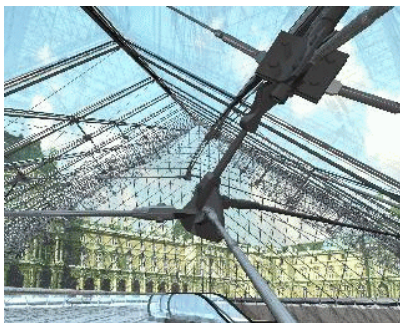
- 基于IPv6的新一代互联网络的轮廓已经逐渐清晰，成熟的IPv6互联设备可用，大规模IPv6网络也正在迅速发展。
- 但是互联网络面临的基础理论问题并不会随着IPv6网络的应用而自然得到解决，相反，随着信息社会和正在逐渐形成的全球化知识经济形态对互联网络不断提出新的要求，更需要人们对现有的互联网络体系结构的基础理论进行新的思考和研究。

两种技术路线

- “演进性”路线，即在现有**IPv4**协议的互联网上不断“改良”和“完善”网络，最终平滑过渡到**IPv6**的互联网；
- “革命性”路线，以美国**FIND/GENI**项目为代表，即重新设计新的互联网体系结构，满足未来互联网的发展需要。

国际下一代互联网体系结构研究现状

- 1996年10月，美国政府宣布启动“下一代互联网”研究计划
- 全球下一代互联网试验网的主干网逐渐形成，规模不断扩大，包括美国的Internet2、欧洲的GEANT2、亚洲的APAN以及跨欧亚的TEIN2等



NewArch

- 2000年，美国启动了[NewArch](#)项目，其目标是“为未来的10到20年开发和评价一种加强的Internet体系结构”。
- NewArch项目研究了互联网变化的需求，并对一些关键的体系结构问题和思想进行了探索，形成了一系列的报告。但其具体实现方案中仍然沿用了现有互联网技术，仅在应用层进行了功能性验证。

GENI

- 2005年NSF出资3亿美元提出全球网络创新环境([GENI](#))计划，目的是构建一个全新的、安全的、能够连接所有设备的互联网，以促进互联网的发展，并刺激科技创新，促进经济增长。
- GENI由两部分组成：
 - 研究计划：重点研究创造新的核心功能，包括要超越现有的数据报、分组和电路交换框架，设计新的命名、寻址和身份识别体系结构，设计内置的网络安全机制和新的网络管理机制，使下一代互联网具有高度安全性和可管理性；
 - 实验设施：重点研究能够提供包括传感器和无线移动通信设备在内的多种接入技术，并能够部署和验证新的体系结构。

GENI

- **GENI**的设计思想中引入了切片化、虚拟化和可编程，按照需要支持的业务类型虚拟地将网络节点设备划分资源和处理能力。
- **GENI**项目的发展遵循一种结构化的自适应的螺旋式的过程，包括规划、设计、实现、集成和应用。
- **2009年1月，GENI**实现了新的原始的端到端的工作模型的开发、整合和试运行。下一阶段，建立真正的大规模的虚拟实验环境，加强国际合作是其重点。

FIND

- 未来互联网设计项目(**FIND**)是由NSF的“网络系统和技术研究计划”(NeTS)于2005年提出的一个长期计划。**FIND**在网络体系结构各个方面的研究和设计都尽量做到不受到以往的研究思路的影响和束缚，即“Clean Slate Process”。
- **FIND**的目标是设计一种全新的满足未来15年社会需求的下一代互联网，其核心功能应安全、健壮、可管理、集成新的网络技术以及新的网络体系结构理论。
- **FIND**计划初拟分成3个阶段：第1阶段(2006到2008年)关注基础研究，解决互联网安全、命名及路由等基础问题；第2阶段(2009到2011年)提出可能不只一个的网络体系结构方案；第3阶段(2012到2014年)在**GENI**等实验床上测试和论证。
- 2009年4月，**FIND**发布了新的专家评估报告，建议继续**FIND**项目，并在网络安全、网络管理和项目总体集成方面投入更多研究精力。



FIRE

- 2007年，欧盟在其第七框架(FP7)中设立了未来互联网研究和试验(**FIRE**)项目。主要研究内容包括：网络体系结构和协议的新设计；未来互联网日益增长的规模、复杂性、移动性、安全性和通透性的解决方案；在物理和虚拟网络上的大规模测试环境中验证上述属性。
- **FIRE**和**GENI**有着很多的相似之处。它们都关注如何搭建试验环境为理论研究提供证据支持。**FIRE**也希望通过螺旋式的部署方案，突破地理限制，建立全球性的大规模试验环境；
- **FIRE**同样采用虚拟化思想，该技术将独立存在的资源和设施联系起来；**FIRE**同样也具有联盟和跨学科等特点。

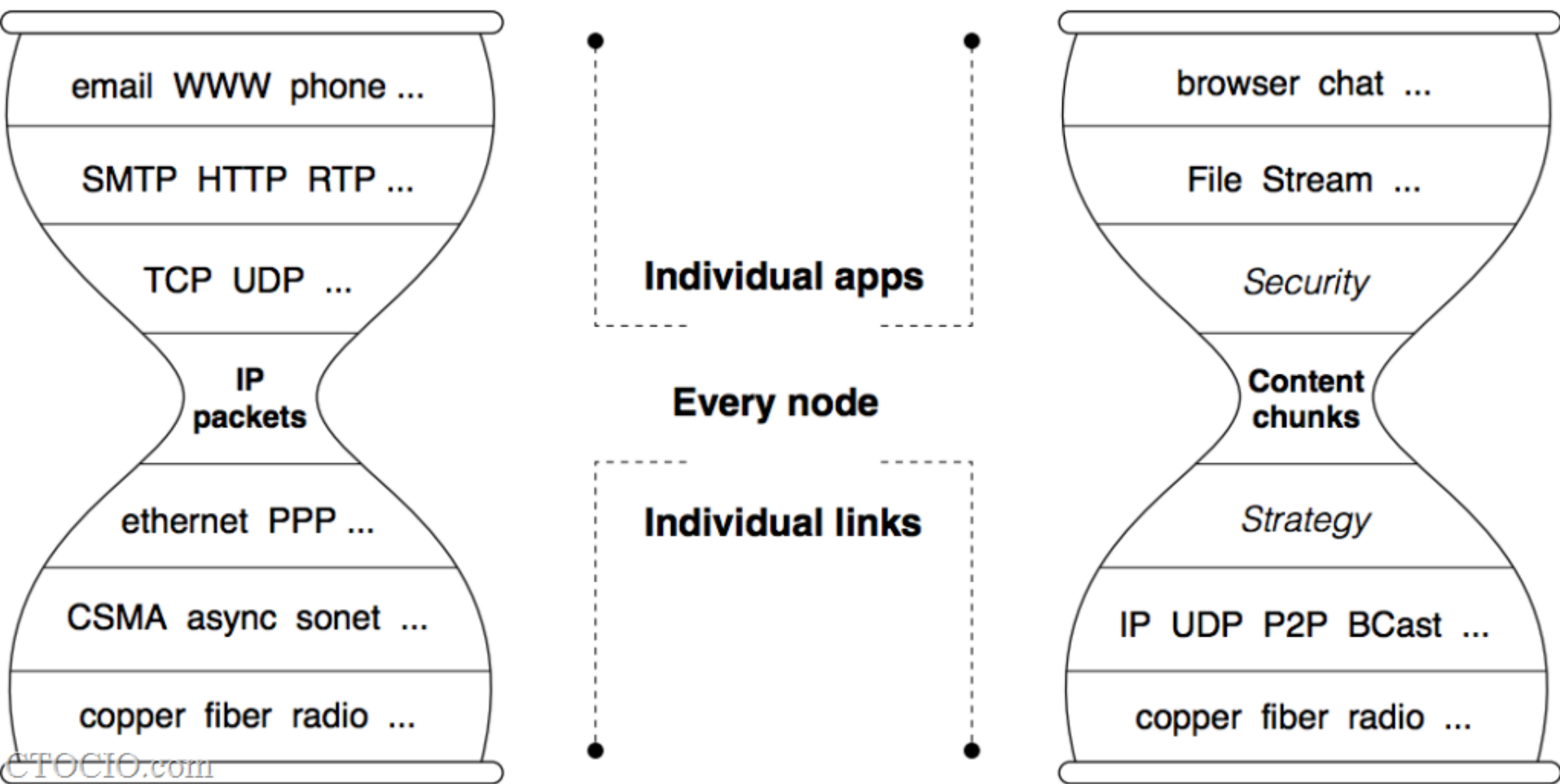
FIA

- 2010年美国NSF设立了未来互联网体系结构([FIA](#))计划，目标是设计和验证下一代互联网的全面的新型的体系结构，为期3年的研究范围包括：网络设计、性能评价、大规模原型实现、端用户应用试验等。
- FIA资助了4个项目，分别致力于未来网络体系结构研究和设计的不同方向，同时也为集成架构方面有所考虑，为建立综合的可信的未来网络体系结构努力。
- 4个项目分别是：NDN、MobilityFirst、NEBULA、XIA。

Named Data Networking

- [NDN](#)项目致力于使互联网支持不考虑内容存储所在的物理位置，直接提供面向内容的功能。
- **NDN**网络将通信的模式从关注于“在哪”，例如地址、服务器、端系统，到关注于“是什么”，即用户和应用关注的内容。
- **NDN**通过命名数据而不是它们的位置地址，把数据作为基础实体。
- 项目重点研究建立**NDN**网络面临的技术挑战，包括路由可扩展性、快速转发、信任模型、网络安全、内容保护和隐私，以及新的支持这一设计的基础通信原理。

NDN与TCP/IP类似的七层结构



MobilityFirst

- **MobilityFirst**项目则致力于对无缝的平滑的移动性的支持，它以支持移动节点间的通信为主，而不再是把对移动性的支持当成互联网连接中的一种特殊情况。
- 这一体系结构使用“全面延迟容忍网络”(GDTN)来提供通信稳定性，关注于移动性和可扩展性的平衡，以及充分利用网络资源来实现移动端点间的有效通信。
- 主要的技术包括分布式的命名服务和延迟容忍的路由和传输等。

NEBULA

- **NEBULA**项目的名字是拉丁文“云”的意思，它是一个体系结构，其中云计算数据中心是主要的数据存储和计算核心。在这一未来的模型中，数据中心被高速的、可靠的、安全的骨干网络连接在一起。
- 该项目致力于建立一个以云计算为中心的体系结构。

NEBULA由三个重点领域构成

(1)NEBULA内核(简称NCore): 通过具有超高可靠性的下一代核心路由系统在企业数据中心之间进行互联;

(2)NEBULA数据平面(简称NDP): 采用了创新的网络出处的方法建立网络路径, 利用加密机制建立可控制策略的NEBULA路由路径, 提供灵活的访问控制和攻击防御;

(3)NEBULA虚拟可扩展网络技术(NVENT): 提供访问多应用选择服务的控制平台, 以及实现对网络冗余、网络一致性、策略路由等网络属性的控制。

XIA

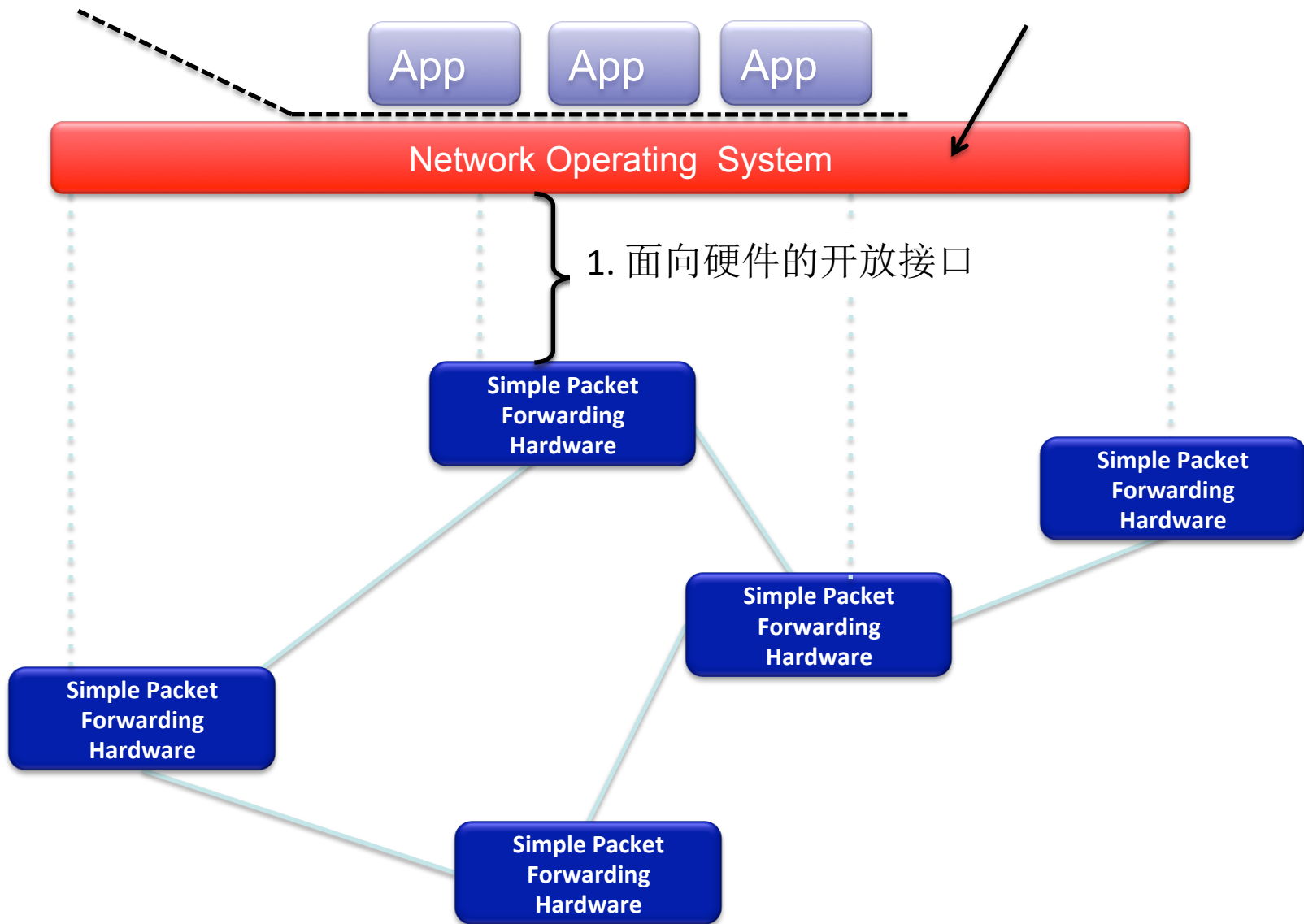
- XIA项目致力于构建一种未来互联网体系结构，具有以下特点：可信、支持长期更新的多种使用模型、支持长期的技术革新、支持不同网络组成角色间的明晰的接口。
- **XIA**体系结构的核心是**XIP**协议，该协议支持不同类别目标直接的通信。
- **XIA**目标主要指内容、服务和端系统**3**种情况。协议簇将保留**TCP/IP**协议族的细腰特性，即在中间采用互操作协议定义最简单基础的功能。

Software Defined Networking (SDN)

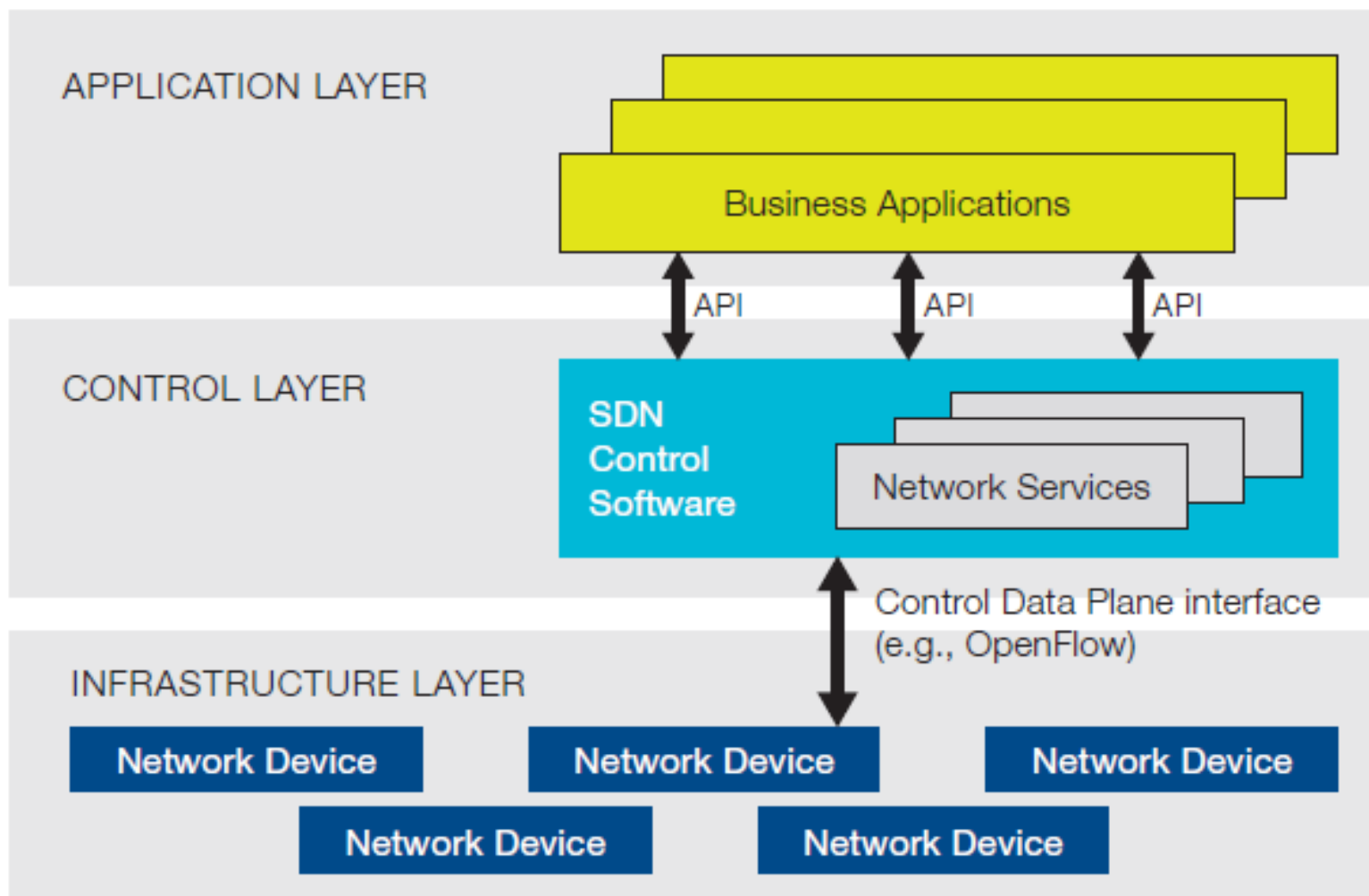
- 系统复杂：协议越来越多，代码越来越多；硬件集成度越来越高，耗电量越来越大；
- 创新周期长：概念提出，协议标准化，开发软件，优化硬件到商用部署至少**3到5年**；
- 产业生态不健康：行业门槛越来越高，少数几家网络巨头把持；
- 控制和转发的紧密耦合、系统封闭是制约网络发展的关键问题

什么是SDN ---Software Defined Network 软件定义网络

3. 开放 API
2. 集中开放可扩展的网络操作系统



SDN的体系结构



SDN到底是什么？

- 控制逻辑与设备分离
- 采用集中化的网络控制方式
- 通过开放的可编程接口
- 实现网络业务的自动化和编排

SDN的优点

- **Centralized control of multi-vendor environments**
- **Reduced complexity through automation**
- **Higher rate of innovation**
- **Increased network reliability and security**
- **More granular network control**
- **Better user experience**

SDN应用

- 公有云，应该是**SDN**最大的应用场景，也是目前大型互联网公司热衷**SDN**的原因，需要支持超大规模、多租户、动态工作负载和虚拟机迁移，**SDN**可以极大减少硬件投入和运维成本。
- 私有云，公有云应用的自然延伸，目前还处于非常早期阶段，跨网络边界的虚拟数据中心，灾备和应对云突发将是今后大型企业的重要需求。

SDN应用

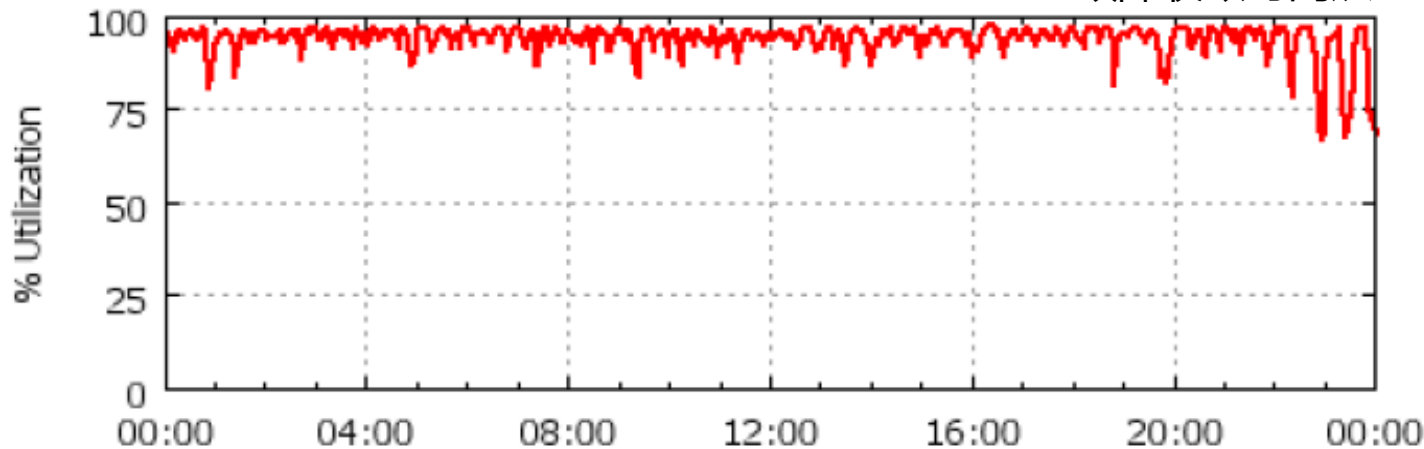
- 广域网优化：Google的应用案例，实际上很多企业如F5、Radware和Citrix NetScaler等已经有应用交付解决方案，SDN将进一步增强可编程能力。
- 网络安全和监控：SDN早期一个重要应用场景，通过SDN控制器可以灵活进行流量复制、流量过滤和流量汇集，结合DPI和IPS现有各种网络应用分析工具做网络安全和监控管理。

B4-Google-simcomm13

将分布于全球的11个数据中心用SDN技术互联
2010年试点，2012年完成全网部署



- 广域网带宽利用率提升至接近100%
- 故障收敛时间从9s减低到1s



下一代互联网体系结构研究的发展趋势

- 下一代互联网研究的重要性、复杂性、艰巨性和长期性；
- 是未来信息技术领域的重点发展方向；
- 单靠一般的技术发明和工程实践，很难找到理想的解决方案。基础理论在下一代互联网研究中具有重要的指导作用；
- 各国对下一代互联网需求的研究结果基本吻合，认识基本一致，下一代互联网的重大需求主要包括扩展性、安全性、移动性、可管理性、高性能和实时性等方面。

新一代互联网研究计划重大需求列表

IETF	GENI	FIND	FIRE	973项目
大规模路由扩展性	—	—	可扩展	扩展性
网络安全与可信	安全、高可靠	安全可信；普适感知、计算、内容、数据挖掘中的隐私保护	安全	安全性
IPv6协议应用及过渡问题	高可用、对无线通信等新技术的支持	对未来新技术的适应性	移动性和透明性、对多跳自组网的适应性	移动性
复杂网络环境下的管理	易配置、易管理、易错误定位	可管理、易使用	—	可管理
实时性流量的控制和管理	—	对应用的支持	—	高性能、实时性
—	经济增长持续性	经济增长持续性	—	—

国家重大科技基础设施建设中长期规划

2012-2030

(八)未来网络试验设施。

三网融合、云计算和物联网发展对现有互联网的可扩展性、安全性、移动性、能耗和服务质量都提出了巨大挑战,基于**TCP/IP**协议的互联网依靠增加带宽和渐进式改进已经无法满足未来发展的需求。为突破未来网络基础理论和支撑 新一代互联网实验,建设未来网络试验设施,主要包括:原创性网络设备系统,资源监控管理系统,涵盖云计算服务、 物联网应用、空间信息网络仿真、网络信息安全、高性能集成电路验证以及量子通信网络等开放式网络试验系统。该设施建成后,网络覆盖规模超过**10**个城市,支撑不少于**128**个 异构网络并行实验,将为空间网络、光网络和量子网络研究 提供必要的实验验证条件。

两种基本思路

- 一种思路是基于现有的互联网体系结构来解决面临的重大技术挑战，采用IPv6协议的大规模试验网，攻克和试验相关的关键技术；
- 另一种思路是重新设计一种全新的互联网体系结构来解决面临重大技术挑战。
- “You cannot solve problems with the same level of consciousness that created them”

--Albert Einstein

你同意吗？

- 必须承认互联网的技术精髓和成功经验，例如：分层分布式体系结构、无连接分组交换、可扩展的路由寻址、简单实用技术等，这是几十年来互联网迅速发展壮大的根源，是在互联网长期大规模技术试验的基础上逐步形成的体系结构的重要内容。
- 互联网体系结构本身具有很好的多维扩展特性。因此，在下一代互联网体系结构研究中，要尽可能继承和发扬目前互联网体系结构的技术精髓，基于IPv6下一代互联网，从基本组成、工作原理和实现机理，攻克重大技术挑战 and 开发新的革命性应用，开展下一代互联网体系结构的研究。