

《计算机网络原理》

课程编号：40240513

讲课教师：吴建平 徐明伟 尹霞

本科生必修课

计算机科学与技术系

主要教学内容和学时分配

第一章	引言	3
第二章	计算机网络的体系结构	6
第三章	数据通信的基本原理	3
第四章	物理层	3
第五章	数据链路层	6
第六章	局域网与介质访问控制层	6
第七章	网络层	9
第八章	传送层	3
第九章	应用层	3
第十章	网络安全	3
机动		3
共计		48

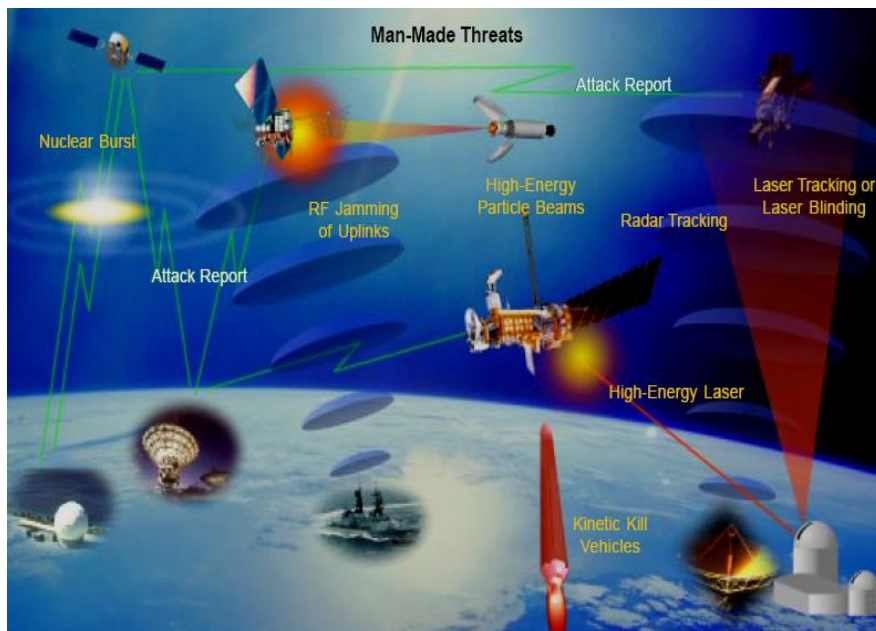
第一章 引言

主要内容

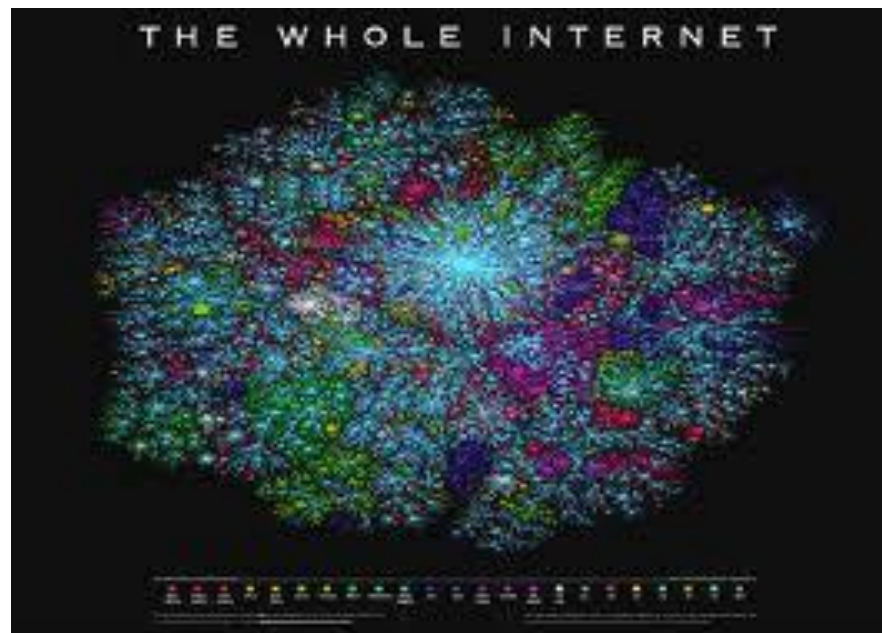
- 1.1 计算机网络的诞生和发展
- 1.2 计算机网络的发展历史
 - 1.2.1 计算机网络的形成
 - 1.2.2 七十年代的计算机网络
 - 1.2.3 八十年代的计算机网络
 - 1.2.4 九十年代的计算机网络
 - 1.2.5 2000年以后的计算机网络
 - 1.2.6 互联网的起源和发展历史
 - 1.2.7 中国计算机网络的发展历史
- 1.3 计算机网络的定义
- 1.4 计算机网络体系结构
- 1.5 IPv6下一代互联网和网络空间安全

人类20世纪后期的两项最重大战略工程

■ 星球大战计划：太空空间



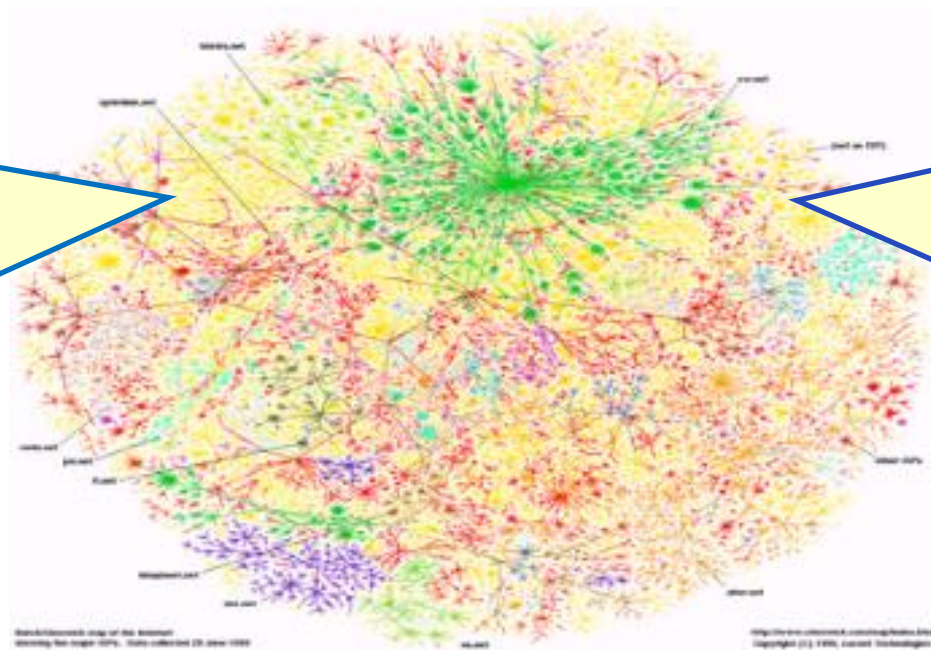
■ 互联网计划：网络空间



互联网已经发展成为人类的网络空间



互联网1969年
诞生。经过50
多年发展，已
成为人类社会
的重要基础设
施，和国家
的重要战略资源

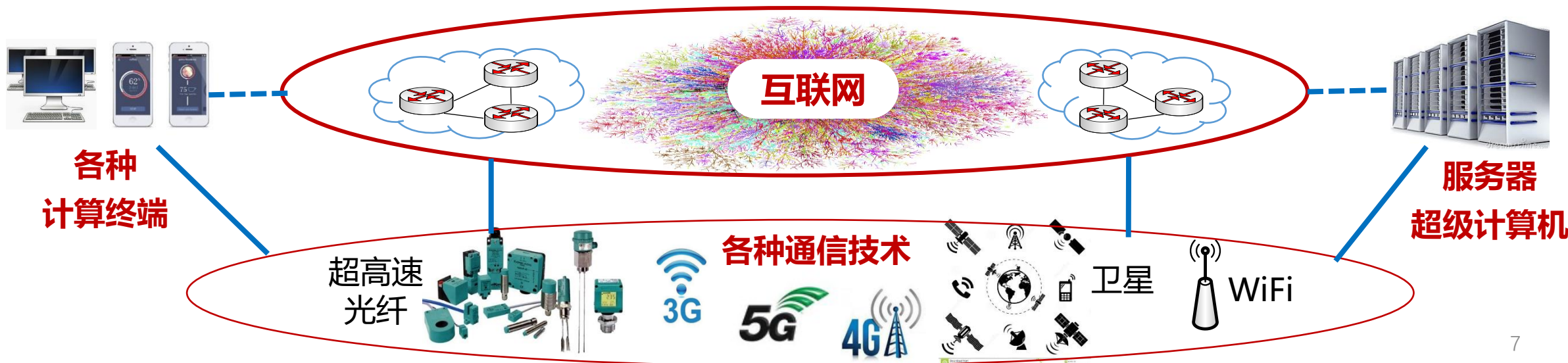


已经发展成为
继陆、海、空
和太空之后的
人类第五疆域：
网络空间
(Cyberspace)

互联网已成为“网络空间”最重要基础设施



.....



互联网发展对人类社会的重大影响和作用



习近平总书记用“四个前所未有”深刻阐述了互联网发展的重大影响和作用。

- 给生产力和生产关系带来的变革是前所未有的
- 给世界政治经济格局带来的深刻调整是前所未有的
- 给国家主权和国家安全带来的冲击是前所未有的
- 给不同文化和价值观念交流交融交锋产生的影响也是前所未有的

计算机网络的发展历史 (1)

1.2.1 计算机网络的形成

多终端系统；多机系统；

两极结构的计算机网：ARPANET

1.2.2 七十年代的计算机网络

X.25公用数据网；各公司的计算机网

1.2.3 八十年代的计算机网络

标准化：OSI体系结构，ISO、CCITT、IEEE

局域网技术：

1.2.4 九十年代的计算机网络

Internet；Web；Java；新一代高速计算机网络技术

1.2.5 二十一世纪（2000年以后）的计算机网络

基于IPv6的下一代互联网

计算机网络的发展历史 (2)

1.2.6 互联网的起源和发展历史

1969	ARPANET产生
1979	TCP/IP成熟
1980~1983	ARPANET采用TCP/IP协议
1983	BSD UNIX内含TCP/IP
1986	NSFNET连接6个超级计算中心
1988~1989	NSFNET 56Kbps
1989~1990	NSFNET T1, 1.544Mbps
1991~1993	NSFNET 45Mbps
1995.4	开始商业化, 多主干网结构出现: ANS, MCI, Uunet, Sprint
2004.1	全球主要学术网宣布开通IPv6服务

计算机网络的发展历史 (3)

1.2.7 中国计算机网络的发展历史

七十年代末开始，八十年代

- 1 计算机局域网进入中国
- 2 研究OSI网络体系结构的计算机网络
- 3 自主开发X.25低速广域网，在北京亚运会应用

九十年代

- 1 局域网Novell, TCP/IP
- 2 X.25广域网及其应用
- 3 国民经济信息化高潮的到来，“金”字工程
- 4 互联网Internet进入中国，逐步大规模发展

计算机网络的发展历史 (4)

互联网在中国的发展

- 1988 中国第一个电子邮件发到Internet
- 1990 ~ 1993 清华大学通过 X.25开通校内国际电子邮件服务
- 1994 中科院高能所提供提供电子邮件服务, 64K, 日本 NCFC全功能接入国际互联网, 64K, Sprint
- 1995 CERNET全功能接入国际互联网, 128K, Sprint
Chinanet全功能接入国际互联网, 64K + 64K, Sprint
- 1996 ChinaGBN全功能接入国际互联网, 64K, Sprint
- 2003 启动中国下一代互联网示范工程CNGI
- 2008 CNGI (一期) 项目验收
- 2014 中央网信办成立
- 2021 我国网民规模达9.89亿, 互联网普及率达70.4%

中国互联网20年十大事件

1. 1994年，中国全功能接入国际互联网（中科院、清华、北大）
2. 1995年至1996年，CERNET和CHINANET相继开通。
3. 1996年，国务院发布第195号令规范网络管理。
4. 人民网等多家国家重点新闻网站相继上线。
5. 中华网、新浪、网易和搜狐等在海外上市。
6. 2001年，中国互联网协会成立。
7. 2003年，国务院正式启动“中国下一代互联网示范工程CNGI”
8. 2008年，中国网民总人数跃居世界第一
9. 腾讯市值突破1000亿美元，我国互联网企业国际影响力上升
10. 2014年，中央网络安全和信息化领导小组成立

1.3 计算机网络的定义

1.3.1 计算机网络的定义

定义：一批独立自治的计算机系统的互连集合体。

说明：独立自治的计算机系统, 互连的手段是各种各样的在协议 Protocol 的支持下工作进行

1.3.2 计算机网络和计算机通信网络

计算机通信网络：重点研究计算机之间的通信问题

计算机网络：重点研究从用户的角度和整体上使用网络

1.3.3 计算机网络和分布式系统

分布式系统是一种具有高度内聚性 (Cohesiveness) 和透明性 (Transparency) 的计算机网络发展趋势是计算机网络与分布式系统逐渐统一

1.4 计算机网络体系结构

习总书记关于互联网的重要讲话

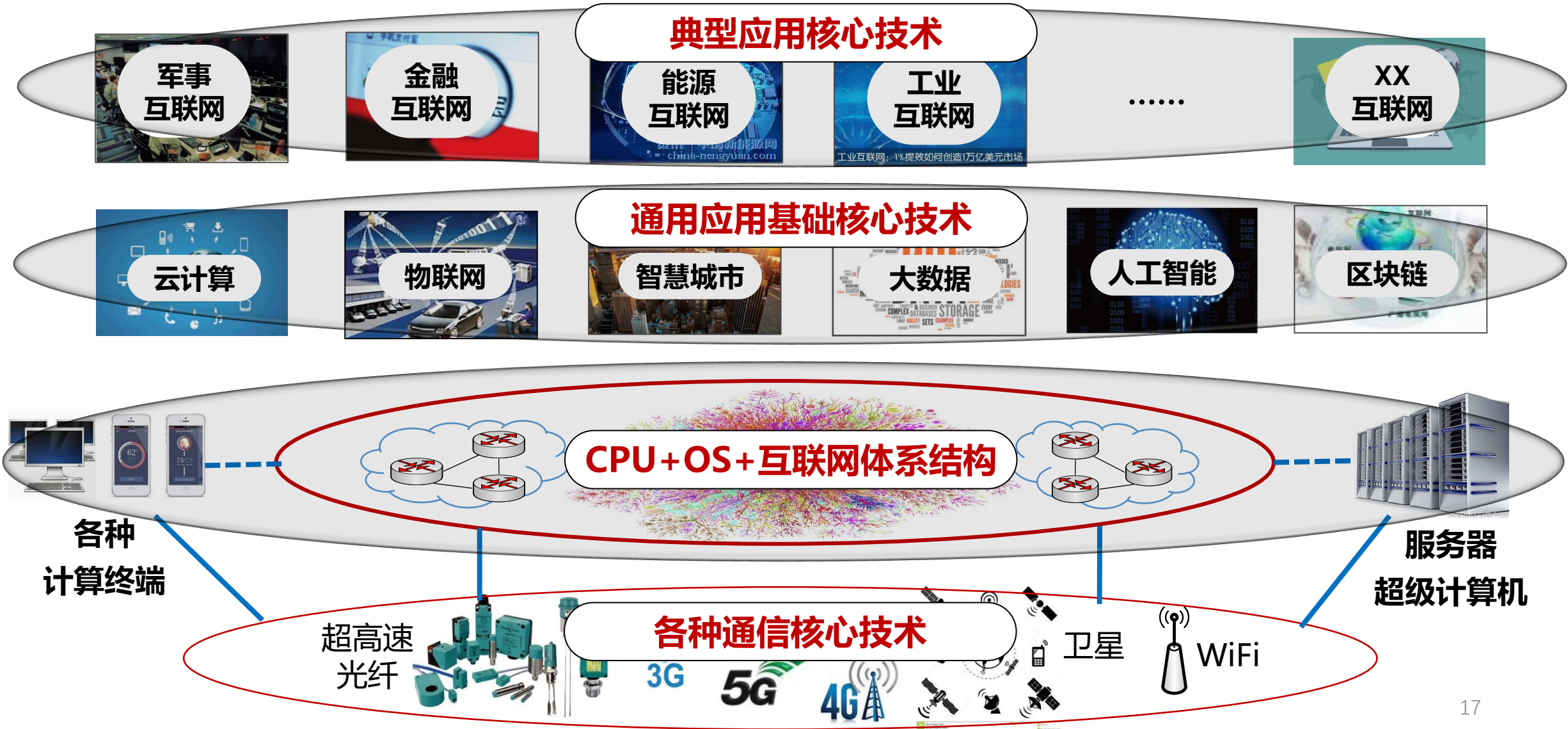


**2016年4月19日习近平总书记
在“网络安全和信息化工作座谈会”上
发表重要讲话**

■ 尽快在核心技术上取得突破

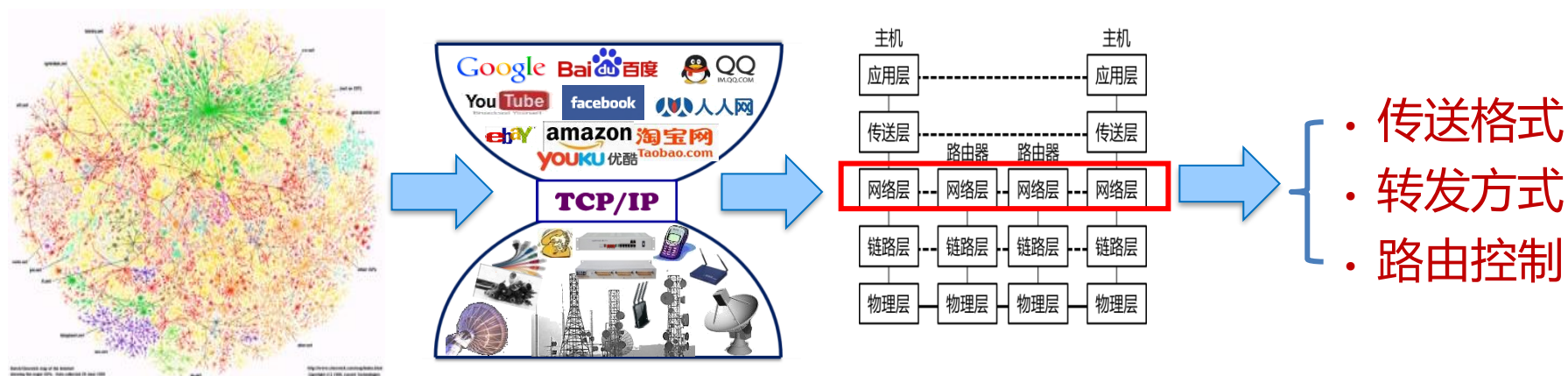
- 互联网核心技术是我们最大的“命门”，核心技术受制于人是我们最大的隐患
- 核心技术要取得突破，就要有决心、恒心、重心。
- 什么时候核心技术？一是基础技术、通用技术、二是非对称技术、“杀手锏”技术。三是前沿技术、颠覆性技术。
- 核心技术的根源问题是基础研究问题，基础研究搞不好，应用技术就会成为无源之水、无本之木。

CPU+OS+互联网体系结构是“网络空间技术体系”的核心



互联网核心技术：互联网体系结构

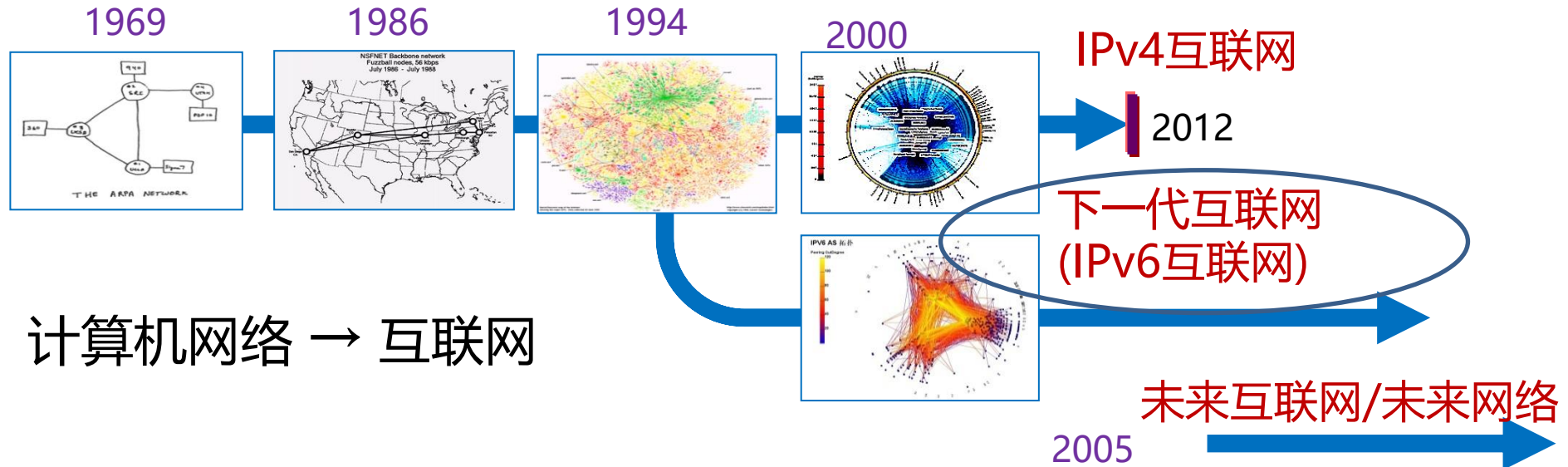
研究互联网各部分功能组成及其相互关系
网络层承上启下，保证全网通达，是体系结构的核心



难点

在传送格式和转发方式相对稳定的情况下，路由控制必须不断满足应用发展需求（复杂多变量）达到全网最优

互联网体系结构在发展中演进和创新



计算机网络 → 互联网

重大技术挑战

扩展性
安全性
高性能
移动性
实时性
管理性

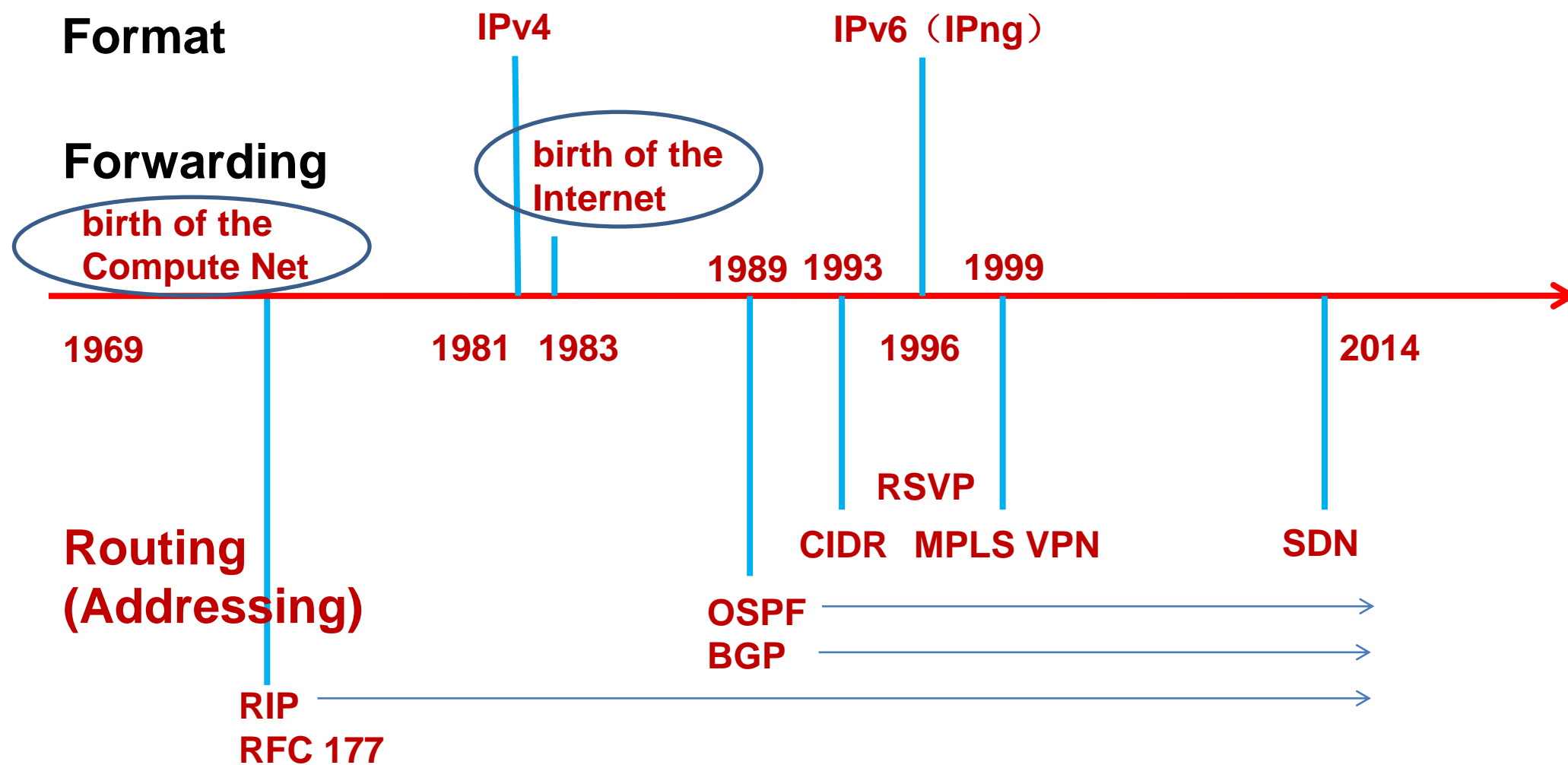
解决重大技术挑战

传送格式: IPv4 → IPv6
转发方式: 无连接存储转发
路由控制: 体系结构创新技术

主要研究内容

示范工程 (规模试验)
遵循梅尔卡夫定律
核心装备 (路由性能)
突破摩尔定律限制
创新技术 (路由控制)
复杂多变量求全局路由最优

互联网体系结构的演进和创新历程



互联网体系结构的力量

- 不是为任何特殊应用而设计的网络：只传递数据包
 - 像明信片
- 可以运行在任何通信技术之上
- 允许在网络边缘创新
 - 不为增加任何新的应用和服务而改变网络
- 必须足够可扩展
 - 1-10 million since 1983
- 为新协议、新技术和新应用开放

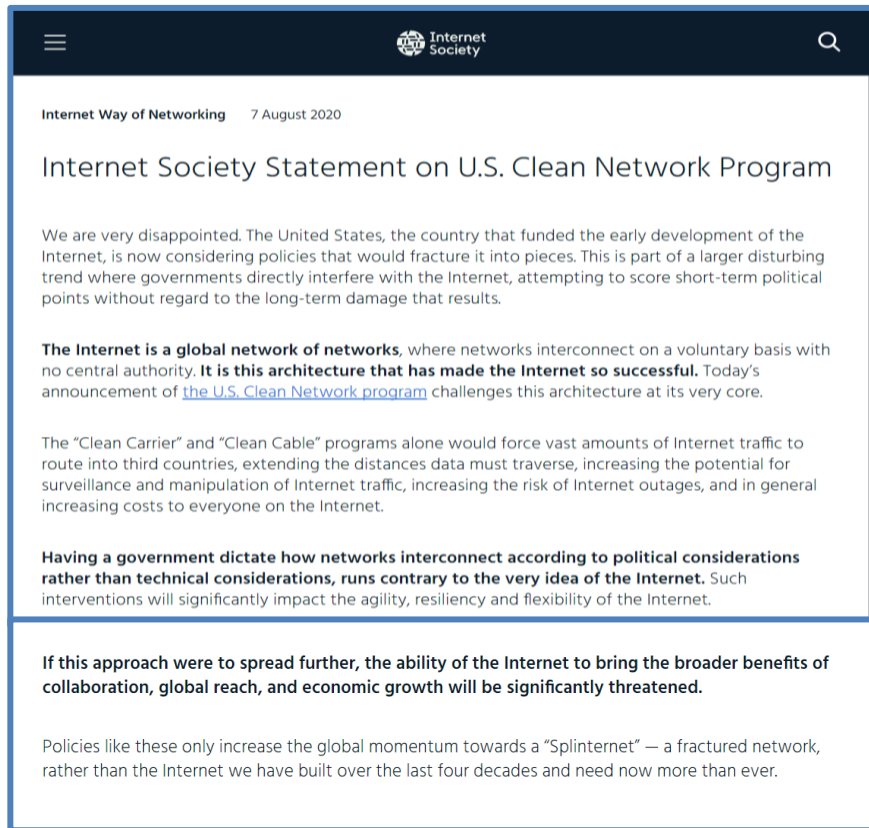


IETF：互联网核心技术开发和标准组织



- **使命：保证互联网平稳发展**
- **领导层：IAB (Internet Architecture Board)**
- **主要技术领域：**
 - 应用和实时领域；通用领域；互联网领域；运行和管理领域
 - 路由领域；安全领域；传送领域
- **活跃专门工作组：**
 - 近100个活跃的专门工作组
- **IETF标准：8000多RFC标准，中国牵头100个**

国际互联网学会ISOC就美国“净网”发布声明： 违背互联网的初衷，威胁全球发展（2020.8.7）



- 我们非常失望。 美国是资助互联网早期发展的国家，然而现在正在考虑会将互联网割裂成碎片的一系列政策。一个更加令人堪忧的趋势是，政府为试图短期赢得政治得分，而直接出手干预互联网，不考虑其所导致的长期损害，而“净网”计划正是这一趋势的部分表现。
- 互联网是一个全球性互联的网络，体现在网络基于自发原则相互连接，没有中心权威。正是这种架构成就了互联网。今天宣布的美国“净网”计划挑战了这个架构的最核心。
- 仅“清洁运营商 Clean Carrier”和“清洁电缆 Clean Cable”计划就会迫使大量网络流量进入第三方国家，延长了数据必须穿越的距离，增加了监视和操纵网络流量的潜在可能，加大了互联网中断的风险，并普遍增加了每个人上网的成本。
- 一个政府出于政治考虑而不是技术考虑来决定网络如何相互连接，这违背了互联网最初理念。这些干预措施将极大影响互联网的机动性、韧性和适应性。
- 如果此举措进一步扩散蔓延，互联网为人类带来更广泛合作互利、全球覆盖和经济增长的能力将受到严重威胁。
- 这样的政策只会增加走向“碎片网（Splinternet）”的全球势头 —— 一个支离破碎的网络，而不是那个我们在过去40年中所构建的，现在比以往任何时候都更加需要的互联网。

国际互联网学会：美政府对TikTok和微信的禁令是对互联网的直接攻击（2020.9.18）

 Internet Society

The InternetWhat we're doingWhat you can doResourcesAbout UsNewsMember

Internet Way of Networking18 September 2020



Internet Society: U.S. Administration ban of TikTok and WeChat is a direct attack on the Internet

The U.S. Administration's move to ban TikTok and WeChat for U.S. app stores is a direct attack on the Internet. It is an extreme measure that fundamentally undermines the foundation of the Internet. It's especially a threat [to the principles of openness and accessibility](#) as well as its decentralized management. **The Internet has no center. This type of top-down intervention is worrisome because – similar to efforts in China – it tries to impose a centralized management style that runs counter to how [the Internet actually works](#).**

This total ban goes contrary to the United States' commitment to an open Internet. If the Administration wanted to support an open Internet, it would have avoided this route; rather, it would have first tried to understand how such actions may affect the Internet and [conducted an impact assessment](#). An Internet impact assessment is needed for any policy or regulation that could affect the Internet to make sure our actions don't break the foundation that makes it work for everyone. **At a time where society is increasingly reliant on the connectivity and opportunity that an open Internet enables, this move is counterproductive.**

- 美国政府禁止TikTok和微信进入美国应用商店的举措，是对互联网的直接攻击。这种极端行为从根本上破坏了互联网的基础，对互联网的开放性和可访问性原则以及去中心化的管理方式产生了威胁。互联网没有中心，这种自上而下的干预令人担忧。
- 这一全面禁令违背了美国对开放互联网的承诺。如果美国政府想要支持开放的互联网，应避免走这条路。相反地，应先尝试了解这一行为可能对互联网产生何种影响，并进行影响评估。任何可能影响互联网的政策或法规都需要进行互联网影响评估，以确保我们的行为不会破坏互联网为所有人服务的根基。
- 人类社会越来越依赖于开放互联网所带来的互联互通和机遇。在这一时代背景下，美国政府的这一举措无疑将适得其反。

1.5 互联网的发展趋势：

IPv6下一代互联网和网络空间安全

下一代互联网：国家重大战略需求

背景

- 本世纪初，发达国家相继启动下一代互联网计划，试图保持互联网优势抢占未来网络空间控制权

需求

- 我国互联网地址严重短缺，更加急迫发展IPv6互联网（下一代互联网）
- 力争抓住互联网技术改朝换代的历史机遇，实现跨越式发展

难点

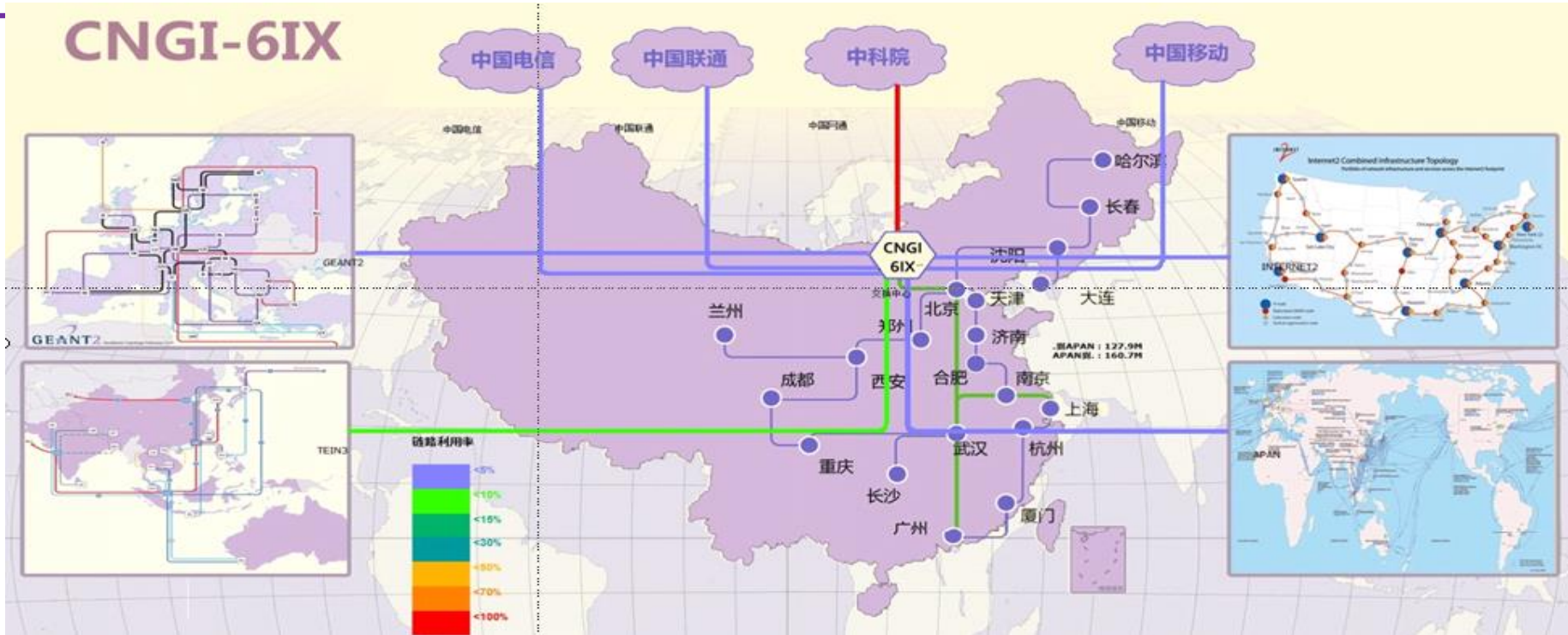
- 国际上缺乏IPv6大规模组网的工程技术和经验
- IPv6海量地址空间寻址带来新的理论和技术挑战

国家启动中国下一代互联网示范工程

<div>国家发展和改革委员会 科技部 工业和信息化部 教育部 中国科学院 国家自然科学基金委员会 文件</div> <div>张维忠、马继强、吴国中、王旭东、 程凤平、江耀敏、曹国建、李全忠 署 发 (马凯、姜伟新已阅)</div> <div>发改高技〔2003〕782号</div> <div>关于推动我国下一代互联网发展有关工作的请示</div> <div>国务院： 20世纪90年代以来，互联网取得了巨大成就，已成为现代社会最重要的信息基础设施之一，广泛渗透到国民经济和社会各领域。对经济和社会发展的作用日益加大，同时也成为影响国家安全和国防的重要因素。当前，美国、加拿大、欧盟、日本等发达国家纷纷启动下一代互联网研究计划，将国家通信网作为核心网，在军事、科技、工业、教育、医疗、金融、政府、商业、娱乐、媒体、交通、能源、农业、环保、公共安全等领域，开展大规模应用，以谋求更大的国际竞争力。</div> <div>— 3 —</div>	<div>一代互联网研究计划，将国家通信网作为核心网，在军事、科技、工业、教育、医疗、金融、政府、商业、娱乐、媒体、交通、能源、农业、环保、公共安全等领域，开展大规模应用，以谋求更大的国际竞争力。</div> <div>— 3 —</div>	<div>代互联网研究计划，将国家通信网作为核心网，在军事、科技、工业、教育、医疗、金融、政府、商业、娱乐、媒体、交通、能源、农业、环保、公共安全等领域，开展大规模应用，以谋求更大的国际竞争力。</div> <div>— 3 —</div>	<div>代互联网研究计划，将国家通信网作为核心网，在军事、科技、工业、教育、医疗、金融、政府、商业、娱乐、媒体、交通、能源、农业、环保、公共安全等领域，开展大规模应用，以谋求更大的国际竞争力。</div> <div>— 3 —</div>
--	---	--	--

在57位院士建议下，2003年国家启动中国下一代互联网示范工程CNGI

中国下一代互联网示范工程CNGI



- 2003年国务院批准，发改委、教育部、科技部、工信部、自然基金委、科学院和工程院等八部委组织
- 2008年12月，完成第一期目标，现开始试商用
 - 建成了全球最大的IPv6示范网络
 - 攻克了一批关键技术，开发了一批重大应用

我国发展下一代互联网路线图和时间表

- 2003 ~ 2010：准备阶段（技术试验与试商用）
 - 启动中国下一代互联网示范工程CNGI
 - 政府引导，进行技术、人才、产业准备
 - 首先在高校开展试商用，为大规模商用做准备
- 2011 ~ 2015：过渡阶段（开始大规模商用）
 - 政府引导全社会向IPv6过渡，IPv4与IPv6共存
 - 新建网络必须为IPv6，并实现与IPv4的互通
- 2016 ~ 2020：完成过渡阶段
 - 政府引导全面普及IPv6
 - 抓住发展机遇，使中国成为互联网技术强国

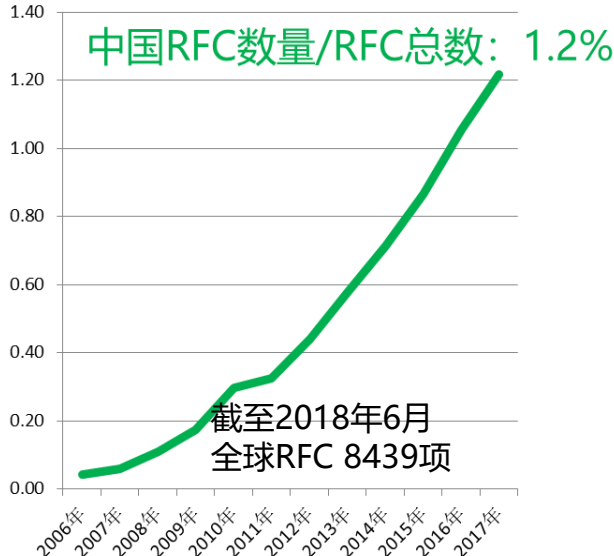
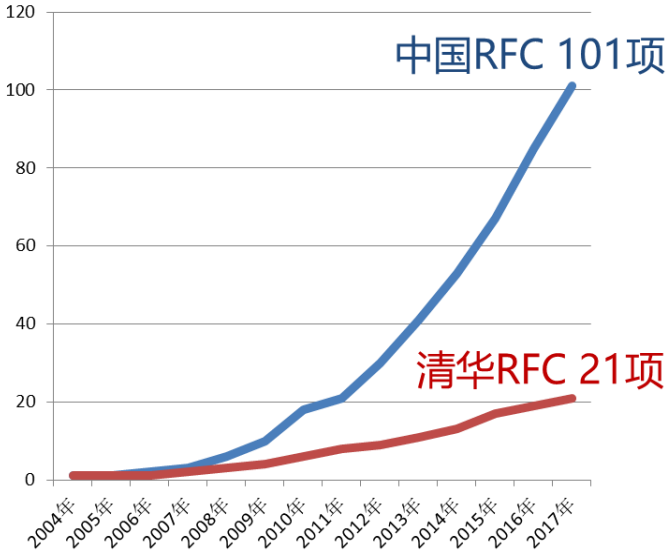
下一代互联网核心技术的创新实践

- **取得了四方面的技术创新成果**
 - 建成全球最大的纯IPv6示范网络
 - 主要采用国产IPv6核心路由器组建大规模网络
 - IPv4向IPv6过渡技术及其规模应用
 - 真实IPv6源地址验证技术及其规模应用
- **在参与国际互联网技术创新和标准化方面取得了重要突破，树立了自信心**
- **深深体会到互联网体系结构核心技术是创新的重点，需要国家持续支持：基础研究、技术攻关**
 - IETF是跟踪、学习、赶超和创新互联网核心技术的组织
- **总结：IPv6下一代互联网给核心技术创新和发展带来历史性机遇和挑战**

带动我国国际互联网标准取得重要突破

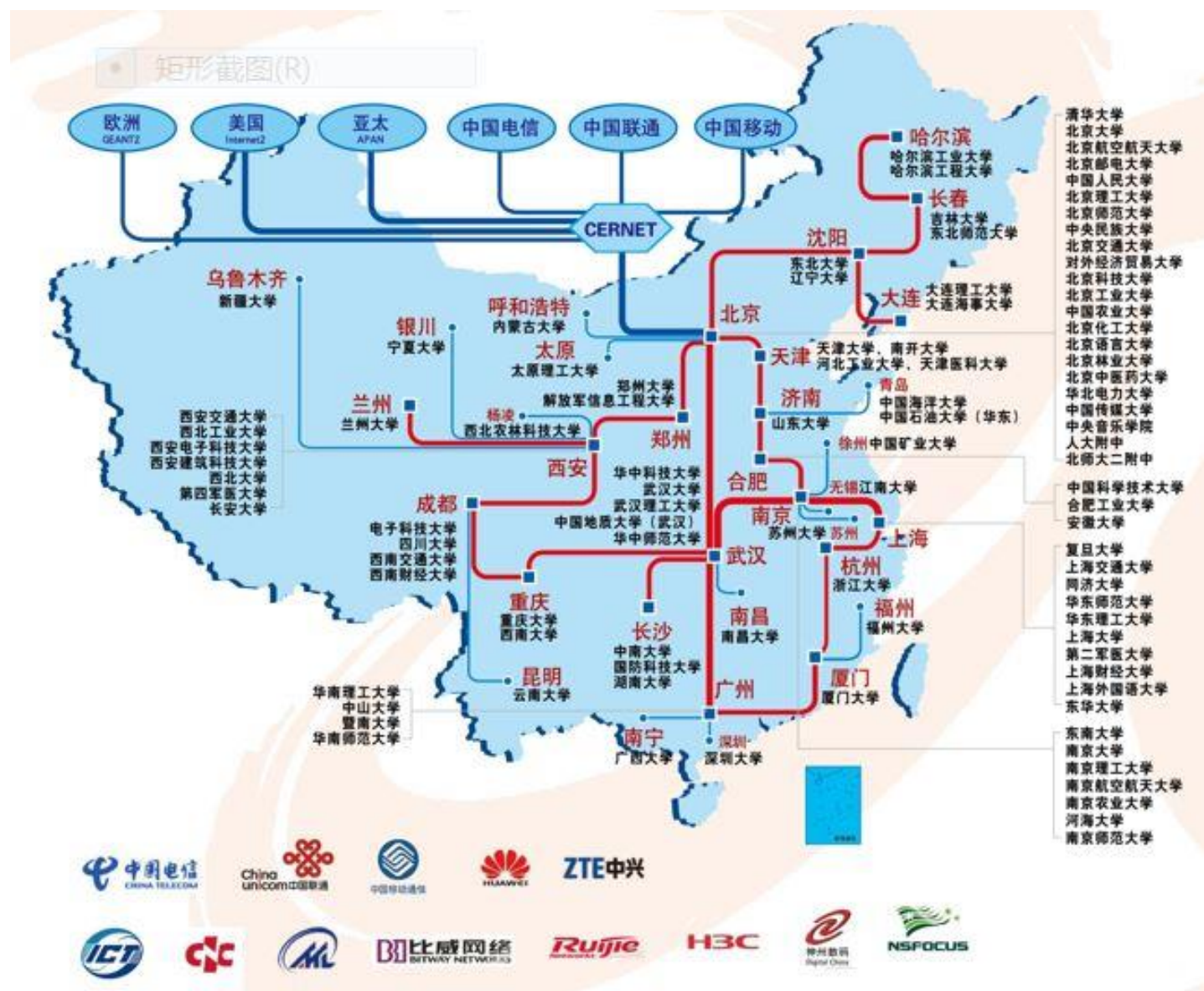
清华RFC 21项

- 1. rfc1922
- 2. rfc4925
- 3. rfc5565
- 4. rfc5747
- 5. rfc7040
- 6. rfc7283
- 7. rfc7341
- 8. rfc7596
- 9. rfc7618
- 10. rfc6052
- 11. rfc6144
- 12. rfc6145
- 13. rfc6219
- 14. rfc6791
- 15. rfc7597
- 16. rfc7598
- 17. rfc7599
- 18. rfc5210
- 19. rfc7039
- 20. rfc7513
- 21. rfc7915



第一者所在单位	RFC数量	Proposed Standard	Informational	Experimental
华为公司	58	40	16	2
清华大学	21	14	5	2
CNNIC	6	3	2	1
中国移动	5	3	2	
中国电信	5	4	1	
上海交通大学	2	2		
中兴公司	2	2		
华三公司	2		2	
合计	101	68	28	5

下一代互联网技术和产业协同创新平台



国外对CNGI项目给予关注和评价

Planning Guide/Roadmap Toward IPv6 Adoption within the U.S. Government

Version 1.0

May 2009



CNGI的目标是通过实现IPv6来明显转变互联网空间的比例。CNGI的IPv6试验网在2008年北京奥运会上具有突出表现。

Executive Summary

The purpose of this document is to provide U.S. Government agency leaders with practical and actionable guidance on how to successfully integrate Internet Protocol version 6 (IPv6) throughout their enterprise. This guidance builds upon the Office of Management and Budget's previous requirement for agencies to prove IPv6 capability through core network infrastructure testing by June 30, 2008 (M-05-22) by providing:

1. Definition of the "To Be IPv6 State" of Federal IPv6 transition.
2. Overview of how to leverage Enterprise Architecture (EA) and Capital Planning and Investment Control (CPIC) to drive IPv6 transition.
3. Practical guidance and common milestones that agencies can use to facilitate deployment of IPv6-enabled network services in support of their core mission applications. Note: many custom mission applications that run on internal-only networks do not need to transition to IPv6.
4. Description of how IPv6 transition impacts other Federal initiatives, such as Trusted Internet Connections (TIC) and Homeland Security Presidential Directive (HSPD) -12.
5. Clear Positioning of IPv6 as an integrating framework and organizing principle for the next generation of Federal IT Infrastructure.

Our Business Situation

Action is needed by the U.S. Government in order to retain our nation's technical and market leadership in the Internet sector and to expand and improve services for America's citizens. There has already been significant progress by foreign governments in attempting to reap the advantages of early IPv6 deployment, including:

- China's Next Generation Internet project (CNGI), which is a five-year plan with the objective of cornering a significant proportion of the Internet space by implementing IPv6 early. China showcased CNGI and its IPv6 network infrastructure at the 2008 Olympics in Beijing, networking everything from security cameras and taxis, to the Olympic events cameras by using IPv6;
- The European Commission's i2010 initiative, an action plan to see IPv6 widely deployed in Europe by 2010.¹

"IPv6 is a global undertaking and opportunity enabled by national and local strategies."

Latif Ladid,
IPv6 Forum President

当时在国内外产生了重要影响



TCP/IP发明人(互联网之父)
Vinton G. Cerf

观点

“互联网之父”建议深入研究安全问题

CERNET2目前已经和即将进入IETF国际标准的两项成果：**SAVA和IPv4 over IPv6**，对全球互联网的发展做出了很大贡献。

Vint Cerf博士参观中国教育科研网下一代互联网项目(CNGI-CERNET2)时表

建议中国基于安全和无线服务上做互联网研究。
Vint Cerf 博士认为,CERNET2 目

已经和即将进入IETF国际标准的两项成果:SAVA (基于真实IPv6 源地系统结构)和“IPv4 over IPv6”对全球互联网的发展做出了很大贡献。

他说,对于互联网安全而言,真实地址认证是很好的解决方案。现阶段互联网很容易被攻击,原因在于现阶段

段的网络上没有对源地址进行认证。”另外,对两代网过渡技术,他认为“IPv4 over IPv6”是很好的创新,像一把钥匙,悄悄地打开了门,但没有增加用户的麻烦。

他还应对CNGI-CERNET2的后续研究工作提出建议。他说:第一是安全问题,CERNET2中的真实源地址认证技术是在网络上建立信任机制很好的措施,要继续深入。第二,希望CERNET2支持更灵活多样的服务,尤其是无线服务。如果在TCP/IP协议上加入身份认证ID,将大大提高这方面的能力。

计算机世界
CHINA COMPUTERWORLD

新闻·国内

文化新闻

人民日报

2007年3月2

短短数年跃入世界前列——

“互联网之父”盛赞我下一代互联网研究

本报北京3月1日讯 记者杨健报道:“中国在下一代互联网研究方面的进步给我留下了非常深刻的印象。短短数年中,你们取得了别的国家需要很长时间才能取得的成绩。”“互联网之父”温顿·瑟夫今天这样评价我国下一代互联网研究的进展。

温顿·瑟夫是在受聘担任清华大学名誉教授的仪式上说这番话的。他因为设计了互联网TCP/IP协议和互联网基础体系结构,被誉为“互联网之父”。

温顿·瑟夫在详细参观了解中国下一代互联网

国家的同行相比,CERNET2的研究也是很超前的。中国下一代互联网研究已经走在了世界前列。CERNET2项目成员积极参与下一代互联网国际标准的制定,有两项成果已经或即将成为国际标准,温顿·瑟夫对此十分赞赏。

谈到真实源地址认证,温顿·瑟夫建议在网络通信协议中加入身份认证的编号,这种“实名制”的运用,将大大提高下一代互联网支持无线服务的能力。

示范工程主干网CERNET2之后,对CERNET2的工作给予高度评价。他认为,使与日本等

中国在下一代互联网研究方面的进步给我留下了非常深刻的印象。短短数年,你们取得别的国家需要很长时间才能取得的成绩。即使与日本等先进国家的同行比,CERNET2的研究也是很超前的,中国下一代互联网研究已经走在世界的前列。

国家部署加快下一代互联网发展

温家宝主持召开国务院常务会议

研究部署加快发展我国下一代互联网产业

新华社北京12月23日电 国务院总理温家宝23日主持召开国务院常务会议，研究部署加快发展我国下一代互联网产业。

会议指出，抓住新形势下技术变革和产业发展的历史机遇，在现有互联网基础上进行创新，发展地址资源足够丰富、先进节能、安全可信，具有良好可扩展性和成熟商业模式的下一代互联网，对于加强信息化建设，全面提高我国互联网产业发展水平，具有重要意义。目前，全球互联网根域名服务器已实现对国际互联网协议第6版的支持。我国已在基于国际互联网协议第6版的下一代互联网基础理论研究、关键技术研发及设备产业化、技术试验、应用示范、安全保障、标准制定、人才培养等方面取得了阶段性进展，后续规模化商用和发展已

具备良好基础。

会议明确了今后一个时期我国发展下一代互联网的路线图和主要目标。2013年年底以前，开展国际互联网协议第6版网络小规模商用试点，形成成熟的商业模式和技术演进路线；2014年至2015年，开展大规模部署和商用，实现国际互联网协议第4版与第6版主流业务互通。在此过程中，形成一批具有较强国际影响力的下一代互联网研究机构和骨干企业，全面增强互联网产业对消费、投资、出口和就业的拉动作用，增强对信息产业、高技术服务业、经济社会发展的辐射带动作用。

会议确定了以下重点任务：（一）加强资源共建共享，建设宽带、融合、安全、泛在的下一代国家信息基础设施，推动网站系统升级改造。（二）重点研发下一代互

网关键芯片、设备、软件和系统，加快产业化及现网装备。（三）推动下一代互联网商用进程，促进新型业务研发、现网试验和在线应用。建设基于国际互联网协议第6版的三网融合基础业务平台，加快发展融合类业务应用。支持物联网、云计算、移动互联网发展。（四）加强网络与信息安全保障，强化网络地址及域名系统的规划和管理，全面提升下一代互联网安全性和可信性。（五）完善技术和产业标准体系，加强关键理论和核心技术研究。

会议要求加强部门间协调配合，建立健全推进产业发展的体制机制。通过加大财政投入，引导和鼓励社会资金投入。鼓励产学研结合，提升创新能力。加强知识产权保护，优化市场环境。深化国际合作，用好国际优势资源。

会议还研究了其他事项。

- 2010年下一代互联网列入“国家战略性新兴产业”
- 2011年12月国务院常务会部署下一代互联网产业

国家发布“十二五”发展建议

国家发展和改革委员会办公厅文件

发改办高技[2012]291号

国家发展改革委办公厅关于组织实施 2012年下一代互联网技术研发、 产业化和规模商用专项的通知

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团发展改革委，国务院各部委、直属机构办公厅（室），有关中央管理企业：

为贯彻落实国务院关于加强我国下一代互联网发展的工作部署，2012年国家发展改革委将组织实施下一代互联网技术研发、产业化及规模商用专项。现就有关事项通知如下：

一、专项目标

通过2012年专项的组织实施和带动，我国下一代互联网发展要实现以下目标：

（一）网络建设与用户规模：骨干网和约10M城域网支持IPv6；制定大规模公众网络由IPv4向IPv6平滑演进过渡方案，实现IPv4和IPv6网页浏览业务互通；IPv6宽带接入用户数超过800万。

（二）业务应用与终端：国内具有重要影响力的100家商业网站支持IPv6，推动部分政府机关及企事业单位网站、城市政府网站支持IPv6，电信运营企业新开展的业务基本支持IPv6，新建上网固定终端和移动终端基本支持IPv6。

（三）技术突破与产业带动：加快IPv4向IPv6平滑演进、新型网络体系架构及技术的研发、论证和试验，掌握核心关键技术，建立较为完善的标准体系，网络单位信息流量综合能耗年均下降3%以上，网络设备制造产业万元产值增加值能耗年均下降3%以上。

二、支持重点和要求

（一）电信运营企业公众网络IPv6升级改造及规模商用

要求：（1）由三大电信运营企业统一组织，分别选择部分试点城市，改造公众城域网，提供IPv6宽带接入服务，实现不少于300万IPv6宽带接入用户；（2）接入网具备同时分配IPv4和IPv6地址的能力，能够承载IPv6流量（包括DNS流量）；（3）城域网同时承载IPv4和IPv6的流量，提供IPv4和IPv6访问通道；（4）固定网络关键网元设备（包括宽带接入服务器、交换机、路由器、家庭网关、DSLAM、PON

国家发展和改革委员会办公厅 工业和信息化部办公厅 教育部办公厅 科学技术部办公厅 中国科学院办公厅 中国工程院办公厅 国家自然科学基金委员会办公室 文件

发改办高技[2012]705号

关于印发下一代互联网 “十二五”发展建设的意见的通知

各省、自治区、直辖市人民政府办公厅，国务院各部委、各直属机构办公厅（室），各中央管理企业：

根据党中央、国务院关于加强我国下一代互联网发展的精神，按照《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》和《国务院关于加强战略性新兴产业发展的决定》的统一部署，为加快推进我国下一代互联网发展，国家发展改革委、工业和信息化部、教育部、科学技术部、中国科学院、中国工程院、国家自然科学基金委员会研究制定了《关于下一代互联网“十二五”发展建设的意见》（以下简称《意见》）。

经国务院同意，现印发你们，请按照《意见》中提出的我国发展下一代互联网的指导思想、基本原则、发展目标、产业发展路线图和时间表等内容，研究制定相关措施，切实做好贯彻落实工作。

附件：关于下一代互联网“十二五”发展建设的意见

国家发展改革委办公厅

工业和信息化部办公厅

教育部办公厅

科技部办公厅

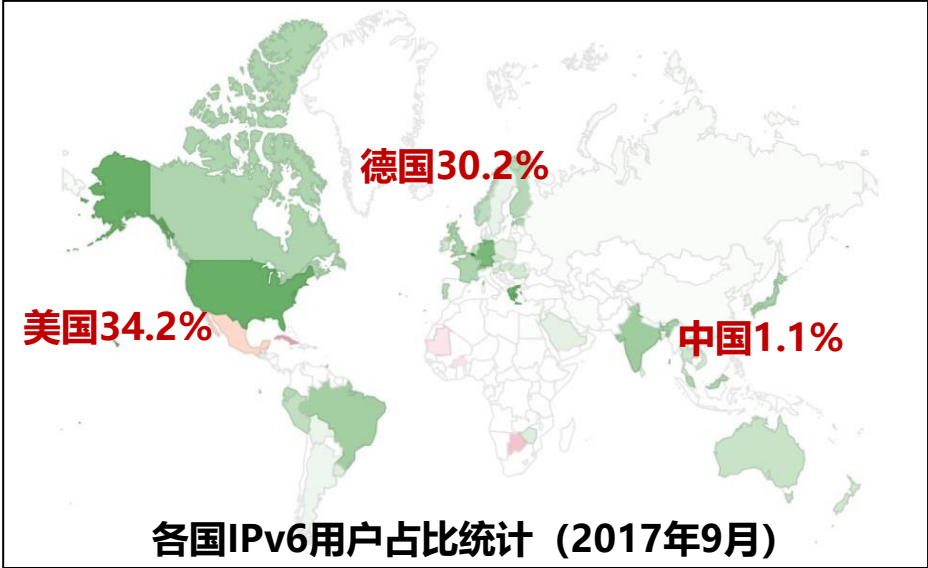
中国科学院办公厅

中国工程院办公厅

国家自然科学基金委员会办公室

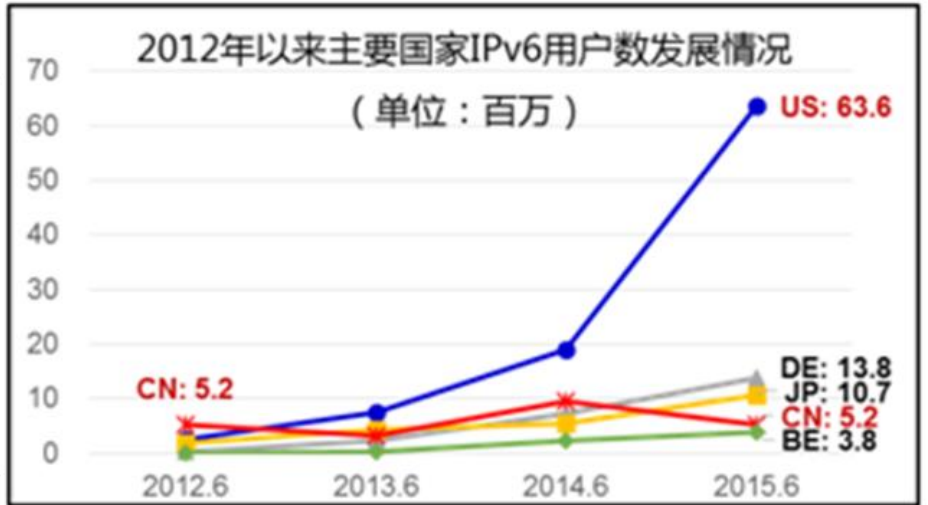
二〇一二年三月二十七日

全球IPv6快速发展 中国停滞不前



2012年IPv6用户数量全球排名

2012 Economy Rank		% of Internet Users who use IPv6	# of IPv6 Users
1	China	1.01%	5,209,030
2	United States of America	1.01%	2,500,684
3	France	4.03%	2,013,920
4	Japan	1.75%	1,766,799
5	Romania	7.40%	641,389



我国发展IPv6下一代互联网的思考

- 2003年，国家启动中国下一代互联网示范工程CNGI是非常正确、非常及时的战略决策
- 2008年，CNGI项目取得了预期的战略目标，在当时全球下一代互联网发展中处于有利地位
- 2013年以来，全球IPv6下一代互联网迅速发展，我国IPv6下一代互联网发展缓慢。主要原因：
 - 我国互联网技术应用存在差距：我国运营商长期采用私有地址转换；国外运营商坚持采用公有地址，优势明显
 - 我国互联网企业缺乏国际竞争：认识和采用互联网新技术的积极性不高
 - 我国互联网安全措施难度增大：认为IPv6不安全，不利监管
 - 我国互联网发展方向争议过多：产业、政府决策艰难

IAB发表关于支持IPv6发展的重要声明



Internet Architecture
Board

2016.11.7

[Home](#) [About](#) [Activities](#) [Documents](#) [Liaisons](#)

IAB Statement on IPv6

The Internet Architecture Board (IAB), following the lead of the Internet Engineering Task Force (IETF) and other Development Organizations (SDOs) and organizations, is seeing an increase in both dual-stack (that is, both IPv4 and IPv6) deployments, a trend that will only accelerate. Therefore, the IAB expects that the IETF will stop requiring IPv4 compatibility in new or extended protocols. Future IETF protocol work will then optimize for and depend on IPv6.

IAB希望IETF能够在新RFC标准中，停止要求新设备和新的扩展协议兼容IPv4，未来的新协议全部在IPv6基础上进行优化。

Preparation for this transition requires ensuring that many different environments are capable of operating completely on IPv6 without being dependent on IPv4 [see RFC 6540]. We recommend that all networking standards assume the use of IPv6, and be written so they do not require IPv4. We recommend that existing standards be reviewed to ensure they will work with IPv6, and use IPv6 examples. Backward connectivity to IPv4, via dual-stack or a transition technology, will be needed for some time. The key issue for SDOs is to remove any obstacles in their standards which prevent or slow down the transition in different environments.

In addition, the IETF has found it useful to add IPv6 to its external resources (e.g., Web, mail) and to also run IPv6 on its conference network since this helps our participants and contributors and also sends the message that we are serious about IPv6. That approach might be applicable to other SDOs.

We encourage the industry to develop strategies for IPv6-only operation. We welcome reports of where gaps in standards remain, requiring further developments in IPv6 or other protocols. We are also ready to provide support or assistance in bridging those gaps.



中国：《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》



中华人民共和国中央人民政府
www.gov.cn

📧 📄 📱 📺 🗣️ 简 | 繁 | EN



国务院

总理

新闻

政策

互动

服务

数据

国情

首页 > 政策 > 中央有关文件

中共中央办公厅 国务院办公厅印发《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》

2017-11-26 17:46 来源：新华社

【字体：大 中 小】 🖨️ 打印 🔗 分享 📱 移动端 +

新华社北京11月26日电 近日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》，并发出通知，要求各地区各部门结合实际认真贯彻落实。

《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》全文如下。



推动IPv6下一代互联网规模部署行动计划

- 重要意义
 - 互联网演进升级的必然趋势；技术产业创新发展的重大契机
 - 网络安全能力强化的迫切需要
- 总体要求
 - 指导思想：把握全球网络信息技术代际跃迁和网络基础设施演进升级的难得**历史机遇**，以协同推进IPv6**规模部署**为主线，以典型应用改造和特色应用创新为**主攻方向**，加快网络基础设施和应用基础设施升级步伐，积极**构建自主技术体系和产业生态**，实现互联网向IPv6演进升级，构建高速、移动、安全、泛在的新一代信息基础设施，促进互联网与经济社会深度融合，构筑未来发展新优势，为网络强国建设奠定坚实基础。
 - 基本原则
 - 统筹规划、重点突破；政府引导、企业主导；
 - 创新发展、保障安全；注重实效、惠及民生



推动IPv6下一代互联网规模部署行动计划

• 总体目标

- 用5到10年时间，形成下一代互联网自主技术体系和产业生态，建成全球最大规模的IPv6商业应用网络，实现下一代互联网在经济社会各领域深度融合应用，成为全球下一代互联网发展的重要主导力量。
- 到2018年末，市场驱动的良性发展环境基本形成，IPv6活跃用户数达到2亿，在互联网用户中的占比不低于20%
- 到2020年末，市场驱动的良性发展环境日臻完善，IPv6活跃用户数超过5亿，在互联网用户中的占比超过50%，新增网络地址不再使用私有IPv4地址
- 到2025年末，我国IPv6网络规模、用户规模、流量规模位居世界第一，网络、应用、终端全面支持IPv6，全面完成向下一代互联网的平滑演进升级，形成全球领先的下一代互联网技术产业体系。



推动IPv6下一代互联网规模部署行动计划

- 重点任务

- 加快互联网应用服务升级，不断丰富网络信源
- 开展网络基础设施改造，提升网络服务水平
- 加快应用基础设施改造，优化流量调度能力
- 强化网络安全保障，维护国家网络安全
- 突破关键前沿技术，构建自主技术产业生态

- 实施步骤

- 2017年 - 2018年重点工作：互联网应用；网络基础设施；应用基础设施；网络安全（IPv6网络安全提升计划）；关键前沿技术（下一代互联网技术创新项目）
- 2019年 - 2020年重点工作

- 保障措施

2023年IPv6规模部署和应用目标完成情况

序号	指标	2021年底	2022年底	2023年底
1	IPv6活跃用户数 (亿)	6.08	7.28	7.78
2	物联网IPv6连接数 (亿)	1.4	1.8	3
3	移动网络IPv6流量占比 (%)	35.15	48.38	60.88
4	固定网络IPv6流量占比 (%)	9.38	13.74	19.57
5	IPv6网间平均时延劣化率 (%)	----	<=0	<0
6	家庭无线路由器IPv6支持率 (%)	16	23	50.9
7	政府网站IPv6支持率 (%)	81.8	85	95
8	主要商业网站IPv6支持率 (%)		58 (TOP 100 商业网站)	75 (TOP 100 商业网站)
	移动互联网应用IPv6支持率 (%)	100	100	100
9	主要移动应用程序客户端平均IPv6流量占比 (%)	52.89	60	81.08%
10	“IPv6+” 创新应用项目数量 (个)	96	150	1500
11	IPv6国家标准数量 (项)	2	30	41

第一章结束