下一代互联网和教育信息化

李星

CERNET国家网络中心副主任

历史

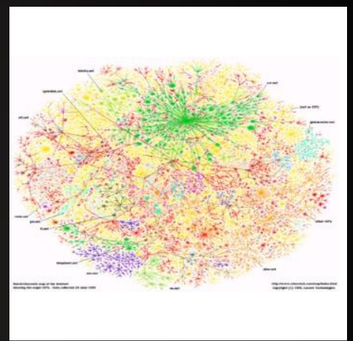
1969
ARPANET (47)

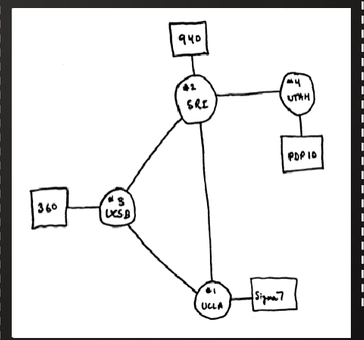
1986
NSFNET (30)

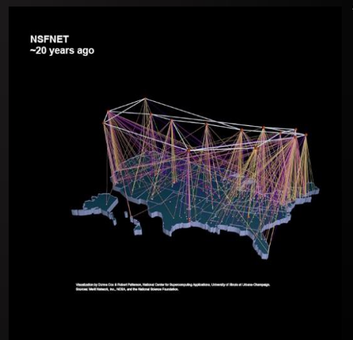
1995
互联网商业化 (21)

2011
IPv4地址耗尽 (5)

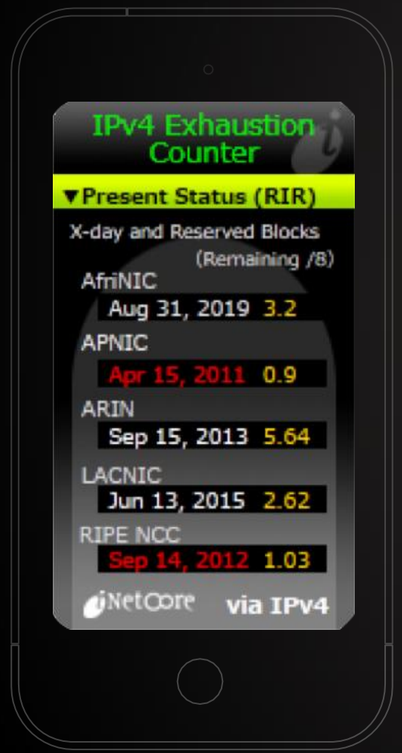
2013
斯诺登事件 (3)

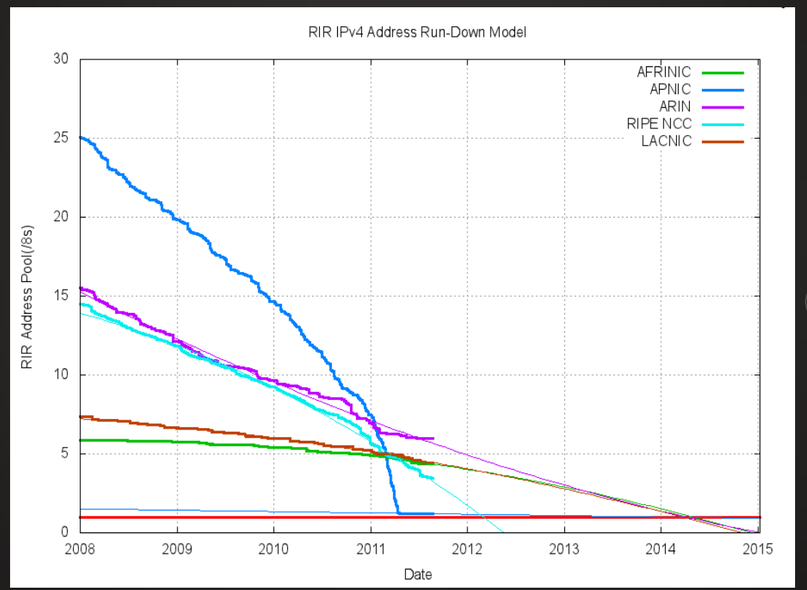






IPv4地址耗尽时间表





地址分配第三阶段

一次性1024个IPv4地址

地址交易

每个地址$12

中国互联网普及率


中国网民规模和互联网普及率
万人
100000
75000
50000
25000
0
50%
40%
30%
20%
10%
0%
36.2%
38.3%
39.9%
42.1%
44.1%
45.8%
46.9%
47.9%
48.8%
48500
51310
53760
56400
59056
61758
63200
64875
66769
2011.6
2011.12
2012.6
2012.12
2013.6
2013.12
2014.6
2014.12
2015.6
网民数
互联网普及率
来源：CNNIC 中国互联网络发展状况统计调查
2015.6


中国IPv4地址数量
万个
40000
30000
20000
10000
0
25045
27764
33163
33044
33047
33053
33062
33031
33041
33199
33554
2010.6
2010.12
2011.6
2011.12
2012.6
2012.12
2013.6
2013.12
2014.6
2014.12
2015.6
来源：CNNIC 中国互联网络发展状况统计调查
2015.6

NAT44 vs. IPv6

NAT44优点

可以减少IP地址的消耗，并带来一定的安全性。

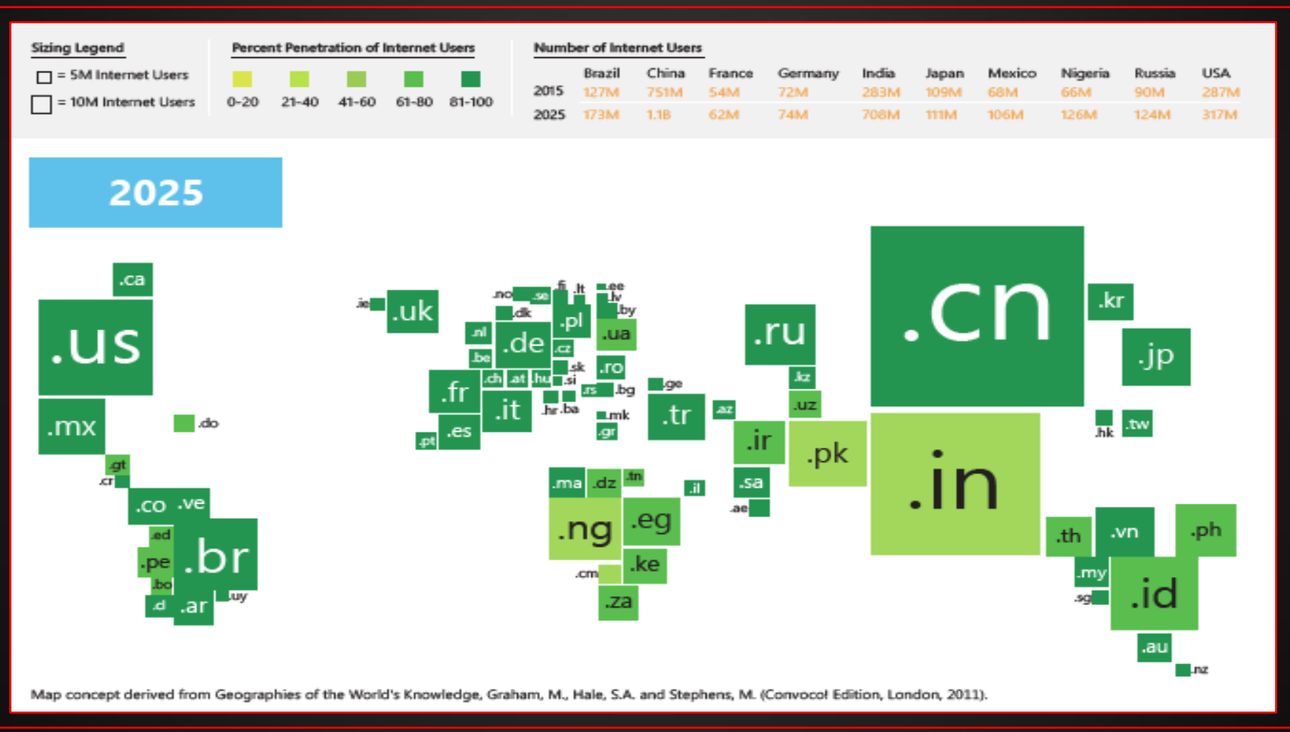
NAT44缺点

- 单向性，破坏了IP的端到端模式。 降低了网络
- 性能，增加了网络的时延，在网络很 大的时候
- ，会成为通信的瓶颈。 一旦NAT网关遭受攻击
- ，整个网络就会瘫痪，增 加了安全风险。 两个使用NAT的内部网络合并时需要重新编址。
- 当一个网络中存在多个NAT设备时，这些设备的
- 同步和协调变得非常困难。

IPv6增大的地址空间

- 128 位
- (2128 = 40,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456)
- 每人可分配到 5.67*1028 =56,713亿亿亿个固定IP(全球以60亿人计)
- 每人每秒可分配到1.80*1019=1,798亿亿个固定IP(假設每人活100岁)
- 以地球表面积 511,263,971,197,900平方米來算，每平方米有 665,570,793,348,866,943,898,599 個地址可用
- 足以分配給地球上每一粒沙子一个固定IP

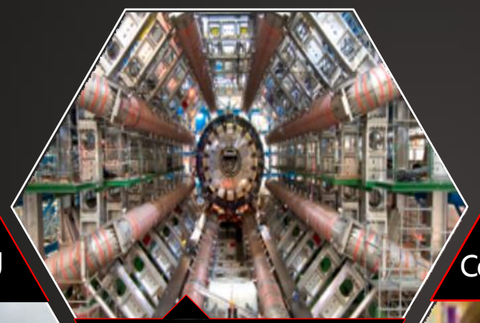
2025预测


Sizing Legend
= 5M Internet Users
= 10M Internet Users
Percent Penetration of Internet Users
0-20
21-40
41-60
61-80
81-100
Number of Internet Users
Brazil China France Germany India Japan Mexico Nigeria Russia USA
2015 127M 751M 54M 72M 283M 109M 68M 66M 90M 287M
2025 173M 1.1B 62M 74M 708M 111M 106M 126M 124M 317M
2025
.ca
.us
.mx
.do
.gt
.cr
.co
.ve
.ec
.pe
.br
.bo
.cl
.ar
.uy
.is
.uk
.no
.se
.fi
.lt
.ee
.lv
.by
.dk
.nl
.pl
.ua
.de
.cz
.be
.sk
.ro
.ch
.at
.hu
.si
.rs
.bg
.fr
.it
.hr
.ba
.mk
.gr
.pt
.es
.ge
.tr
.az
.ru
.kz
.uz
.ir
.pk
.sa
.ae
.cn
.kr
.jp
.hk
.tw
.in
.ma
.dz
.tn
.il
.ng
.eg
.ke
.cm
.za
.th
.vn
.ph
.my
.sg
.id
.au
.nz
Map concept derived from Geographies of the World's Knowledge, Graham, M., Hale, S.A. and Stephens, M. (Convocol Edition, London, 2011).

Top challenges we face

Globalization

Lifelong Learning



Distributed Science

Changing Competitive Landscape

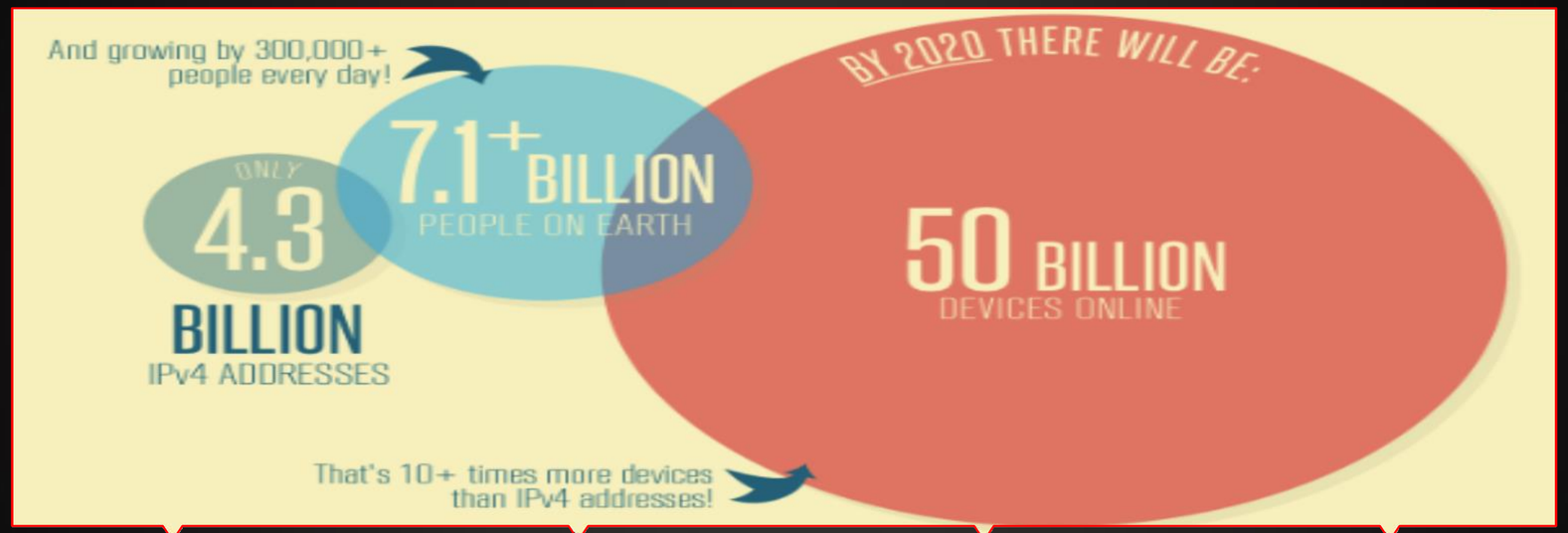
Education Costs

Risk Management

国家重大发展战略


金融互联网
能源互联网
工业互联网
互联网+ ？
互联网/下一代互联网/
未来互联网/未来网络
云计算
物联网
智慧城市
三网融合
大数据

地址需求



互联网普及率

- CNNIC ： 50%
- 发达国家：80%

移动互联网

- 3G/4G/5G
- WLAN
- 微信（信令爆炸）

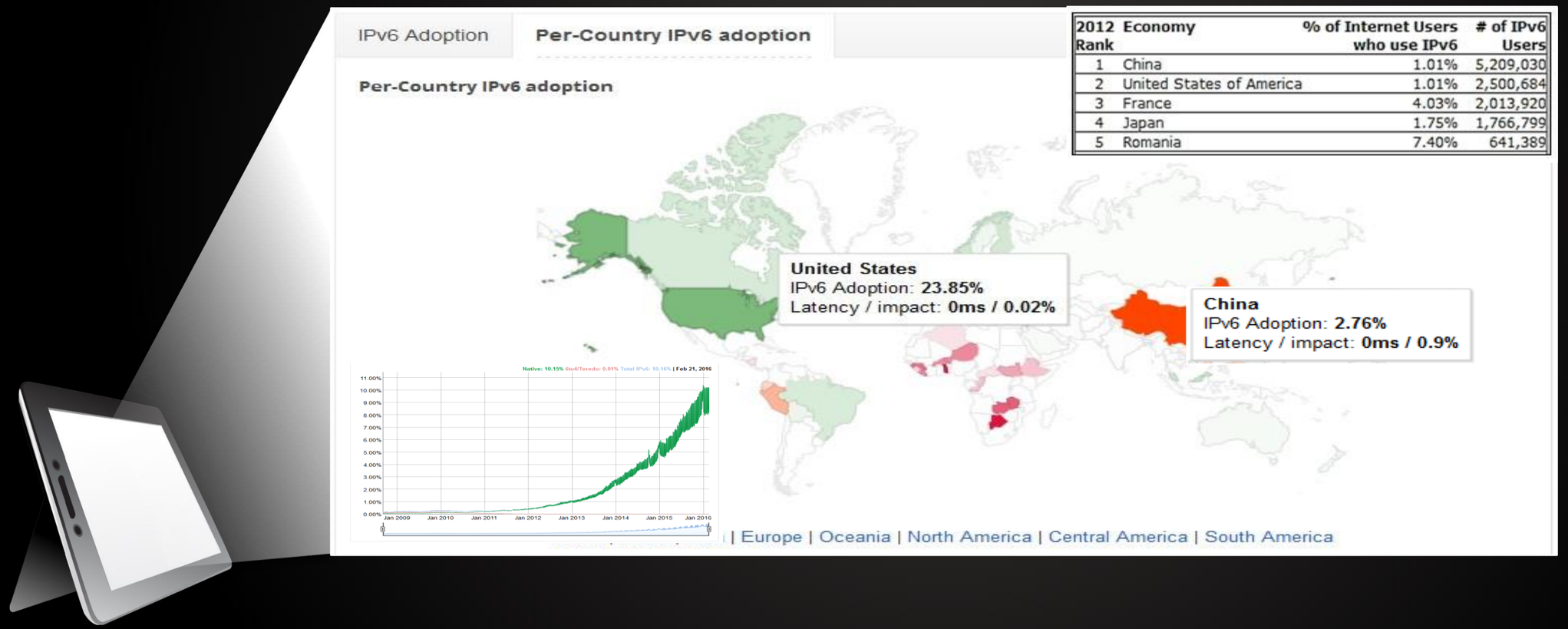
云计算

- 不能用私有地址

物联网

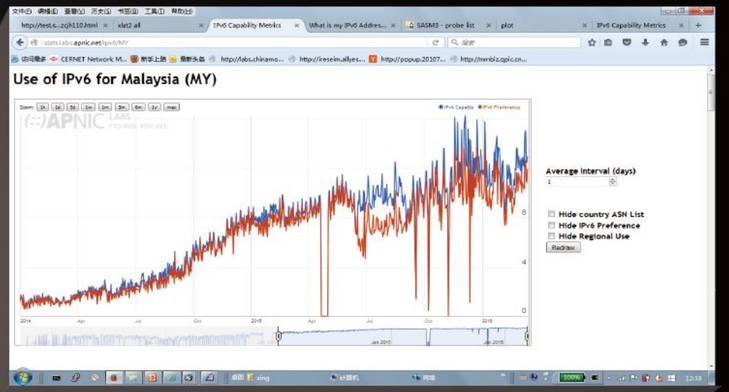
- 100亿电灯泡

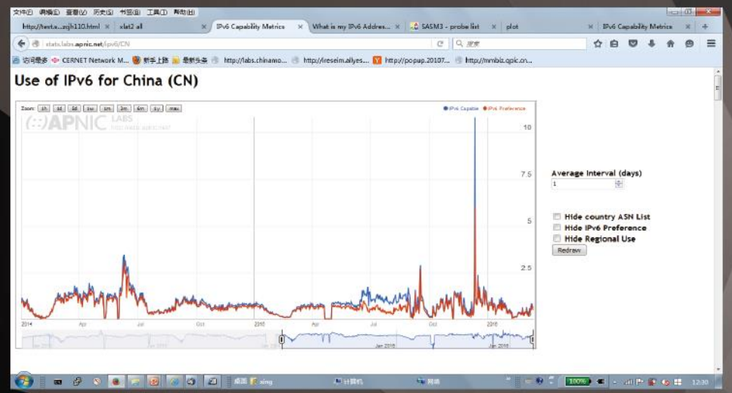
2016年初全球IPv6部署情况

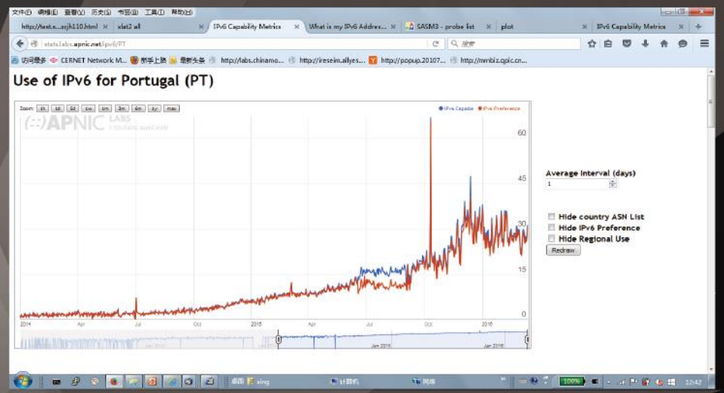


2012 Rank	Economy	% of Internet Users who use IPv6	# of IPv6 Users
1	China	1.01%	5,209,030
2	United States of America	1.01%	2,500,684
3	France	4.03%	2,013,920
4	Japan	1.75%	1,766,799
5	Romania	7.40%	641,389


Use of IPv6 for United States of America (US)
Average Interval (days)
Hide country ASN List
Hide IPv6 Preference
Hide Regional Use
Redraw


Use of IPv6 for Malaysia (MY)
Average Interval (days)
Hide country ASN List
Hide IPv6 Preference
Hide Regional Use
Redraw

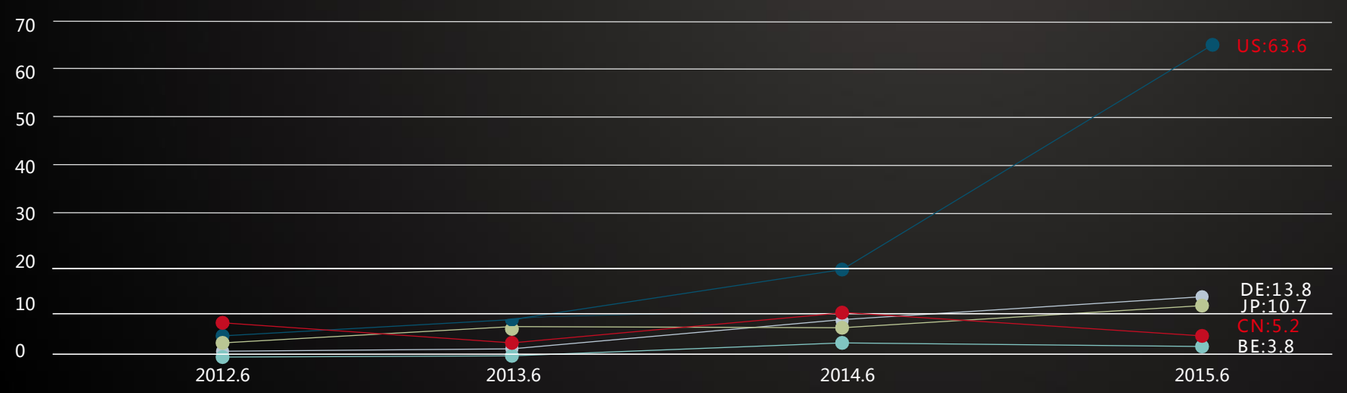

Use of IPv6 for China (CN)
Average Interval (days)
Hide country ASN List
Hide IPv6 Preference
Hide Regional Use
Redraw


Use of IPv6 for Portugal (PT)
Average Interval (days)
Hide country ASN List
Hide IPv6 Preference
Hide Regional Use
Redraw

起个大早，赶个晚集

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

2012年以来主要国家IPv6用户数发展情况（单位：百万）



2013年后美国IPv6用户快速增长

分析和思考


中国
私有地址，
围墙花园
中心式架构，
GFW管理控制
管理为主， 稳定第一， 传统运营商主导
赶时髦躁动：
IPv6, SDN竞争
短期效益KPI，
ICP和ISP互相推诿
本国经济
体系结构
安全支撑
技术文化
战略规划
利益链条
竞争舞台
公有地址，
端对端
分布式架构，
端对端管理控制
面向商业， 创新需求主导，
工程师驱动
分层结构：
IPv6，SDN互补
长期目标和信念，
ICP和ISP自身驱动
国际化
美国

Open Internet

开放的协议
（Open protocol）

开放的实现
（Open implementation）

开放的系统
（Open system）

Open Process

Voluntary adoption of technology

bottom-up innovation

Great people

Collaboration where needed

Competition where possible

ISP: Comcast

Topics: Service Provider Strategies | Technology Trends

Comcast says it is ready to tackle the IPv4 to IPv6 transition

September 24, 2015 | By Sean Buckley

SHARE

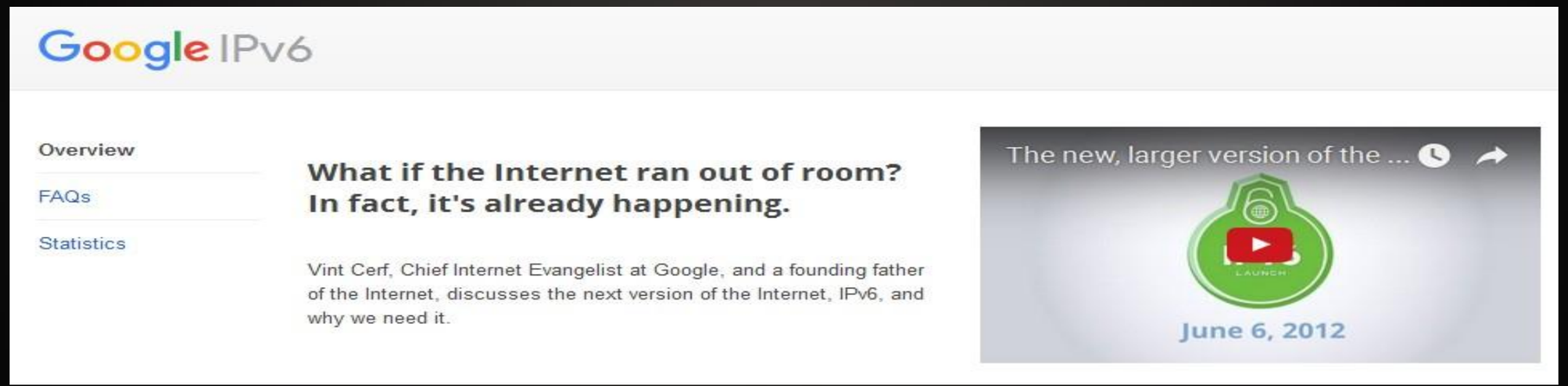
Email

Comcast (NASDAQ: CMCSA) is aware that the last of the IPv4 addresses have been doled out by the American Registry of Internet Numbers (ARIN), but the cable MSO says it is ready to make the move to IPv6 addressing.

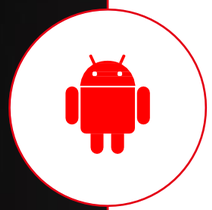
John Brzozowski, fellow and chief IPv6 architect for Comcast, said in a blog post that the service provider has spent 10 years preparing its network to deal with the IPv4 to IPv6 transition.

"We are well on the way to enabling all of our Internet properties with IPv6, and last year we became the first major U.S. ISP to deploy "dual-stack" connectivity (so named because it supports both IPv4 and IPv6 connections) throughout 100 percent of our network," Brzozowski said in a blog post. "As a result, we are well prepared to support the imminent and necessary migration to the newer, better standard."

ICP: Google

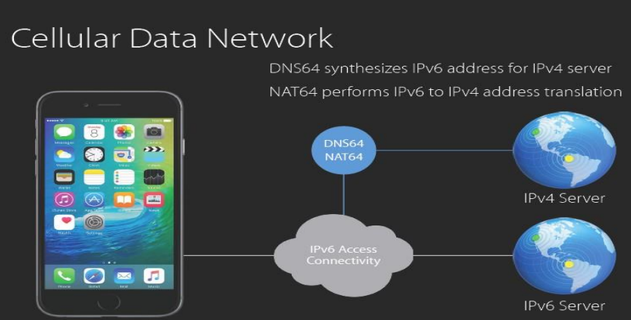

Google IPv6
Overview
FAQs
Statistics
What if the Internet ran out of room?
In fact, it's already happening.
Vint Cerf, Chief Internet Evangelist at Google, and a founding father of the Internet, discusses the next version of the Internet, IPv6, and why we need it.
The new, larger version of the ...
June 6, 2012

3G/4G: Andriod/iOS



RFC6052
RFC6145
RFC6146
RFC6147

RFC6052
RFC6145



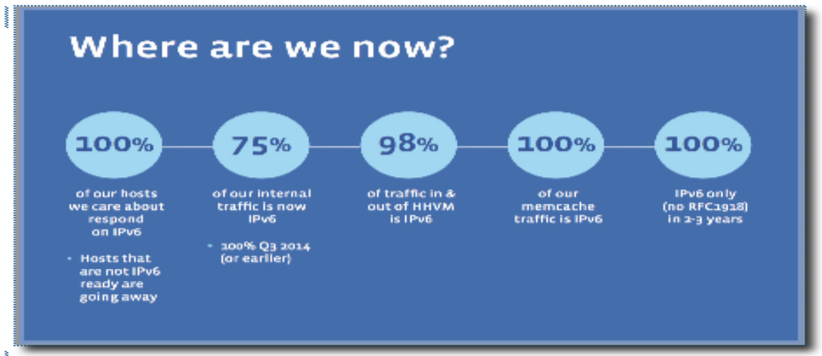
RFC6052
RFC6145
RFC6146
RFC6147

IDC: Facebook

Case Study: Facebook Moving To An IPv6-Only Internal Network

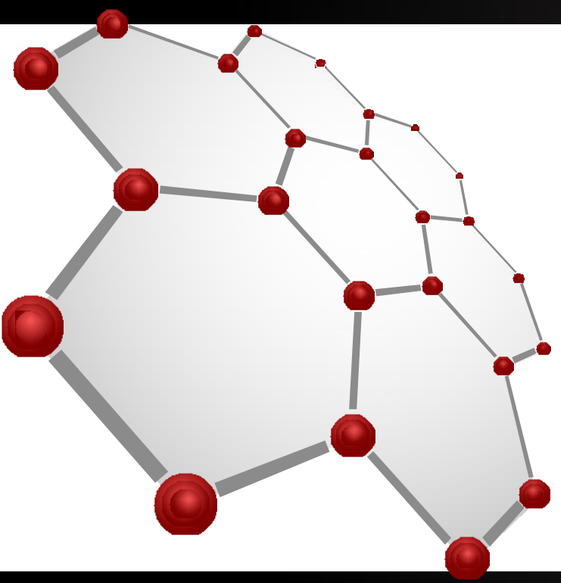
At the 2014 v6 World Congress in Paris, Facebook's Paul Saab outlined how Facebook is well on the path toward moving to an IPv6-only internal network. He makes the point that why should you deal with the headache of maintaining a dual-stack (IPv4/IPv6)? Instead just move your *internal* network to be IPv6-only and then have dual-stack devices on the edge of the network to interact with the legacy IPv4 Internet. He also walks through the challenges Facebook faced with regard to vendor equipment, software applications and also with the issue that many developers continued to write IPv4-only code. (A clever solution: simply remove IPv4 from the developer's machines!)

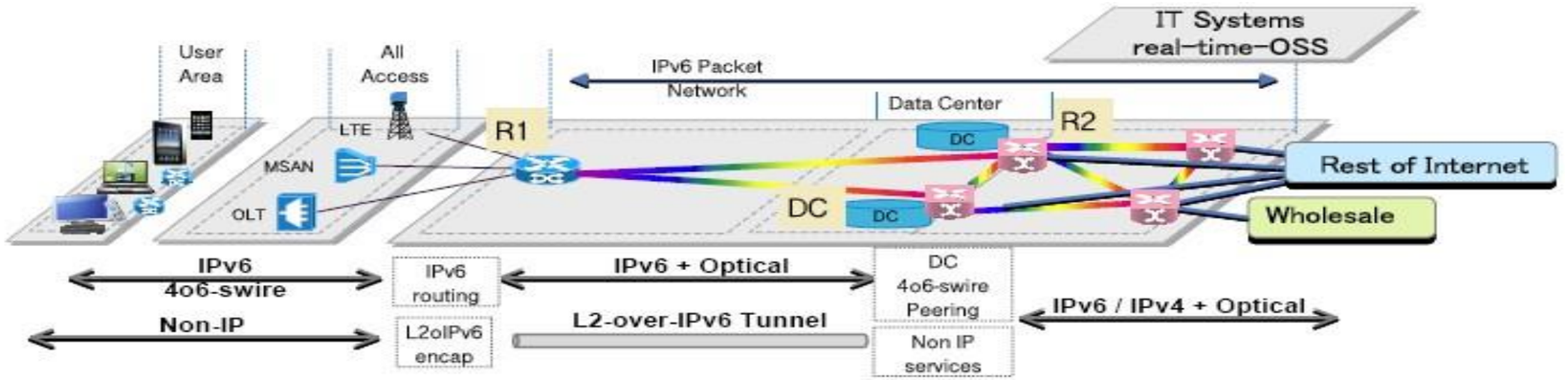
You can download a copy of the slides (and view commentary in the IPv6 Group on Facebook) to read all about the process, but here's the key summary slide 31:



NG: Terastream

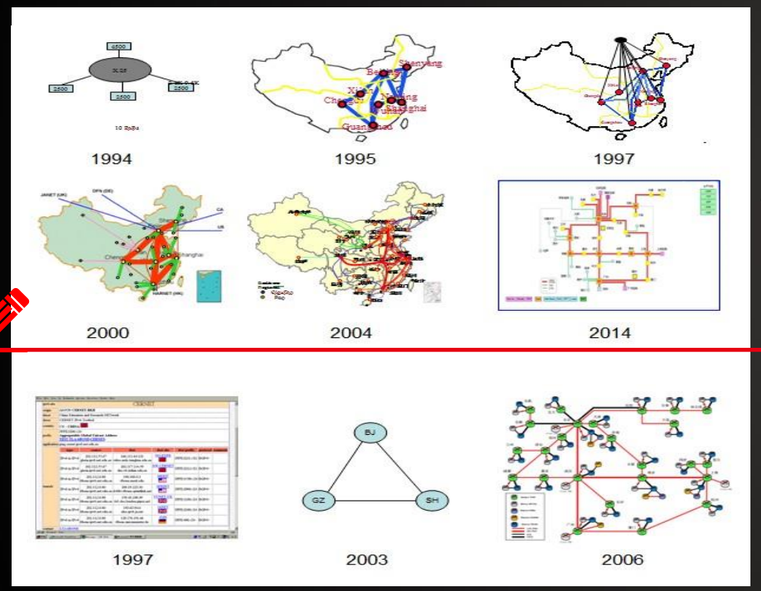
TERASTREAM-DESIGN IN A NUTSHELL

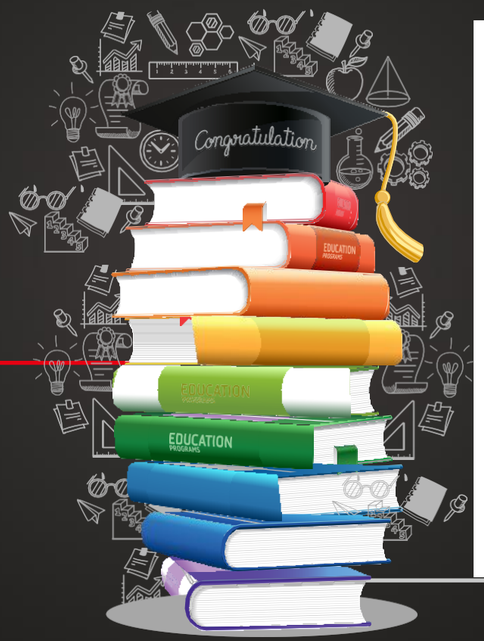


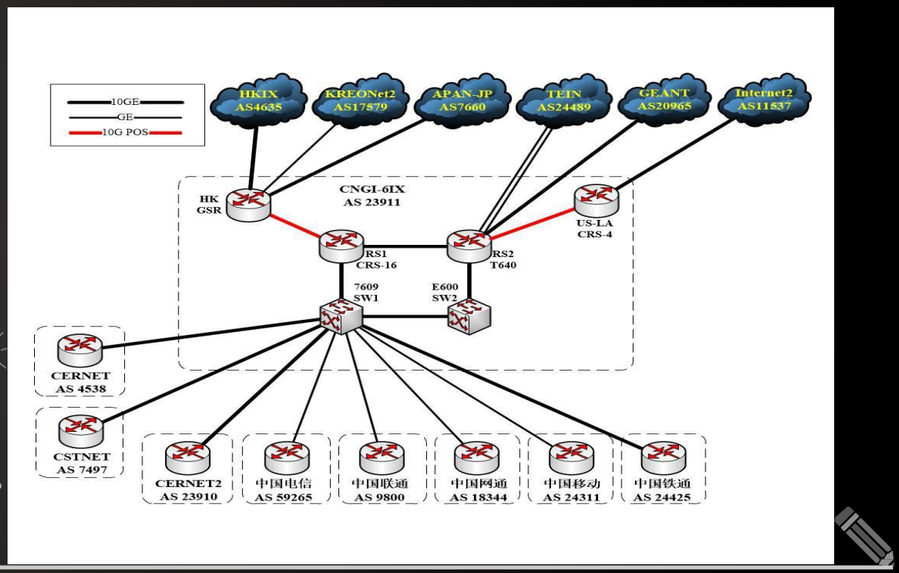


No MPLS，IPv6-only

CERNET/CERNET2







- 纯IPv6主干网
- 源地址认证
- 过渡技术演进
- 执着的精神

CNGI-CERNET2总体技术路线

一个核心

IPv6为技术核心的自主创新

八个坚持

坚持建设纯IPv6网络的基本原则

坚持国产设备为主,多个厂商设备混合组网的部署方针

坚持复杂试验和简单运行协调发展的设计理念

坚持先进性与实用性相统一的实施步骤

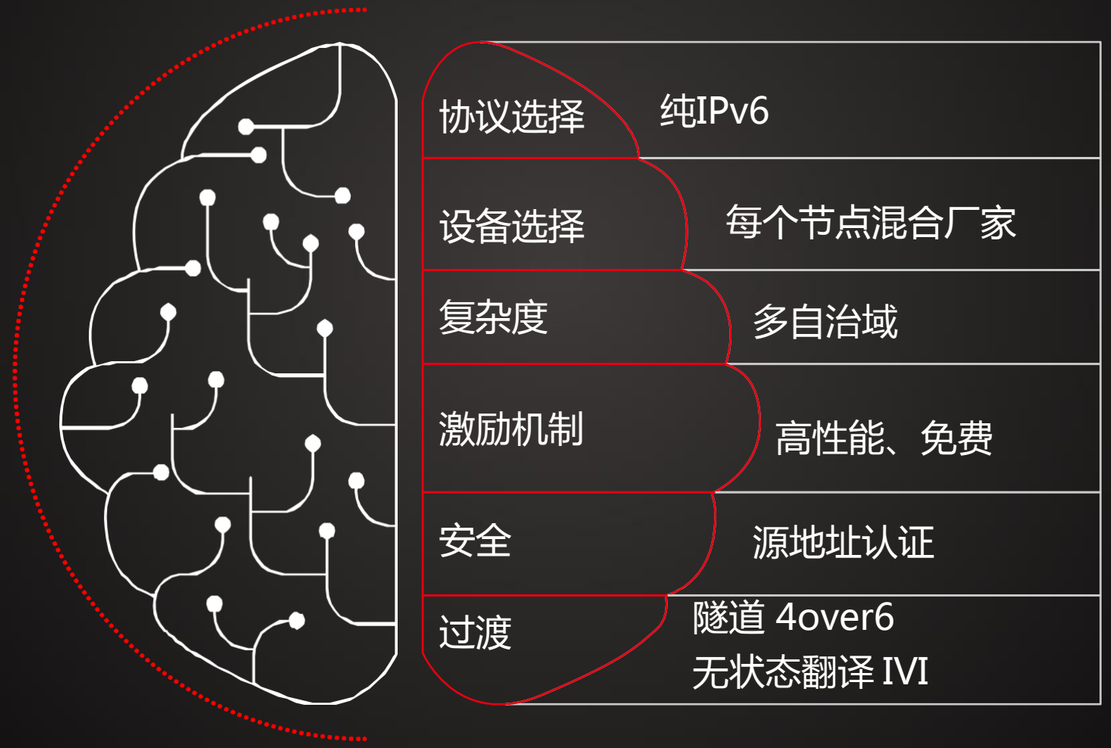
坚持以满足用户需求为出发点

坚持为新技术研究试验提供支持的发展方向

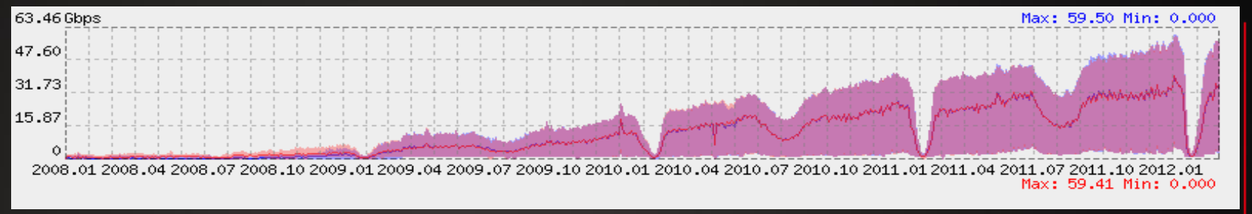
坚持走国际化道路，积极参与国际标准的制定

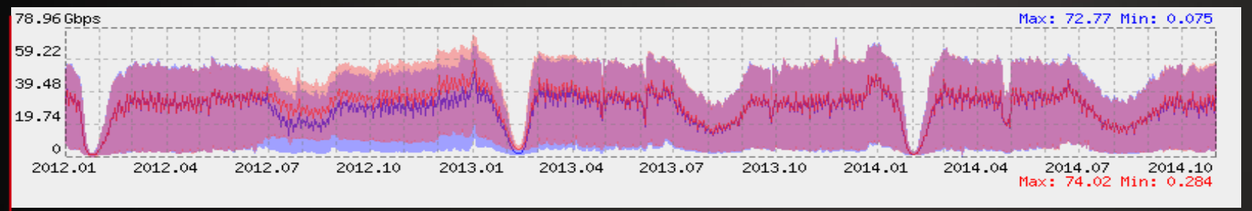
坚持以人为本、培养人才的根本任务

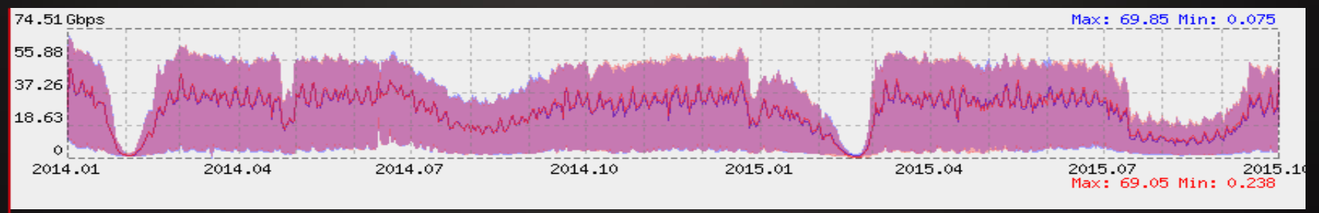
CNGI-CERNET2具体技术措施



IPv6流量统计

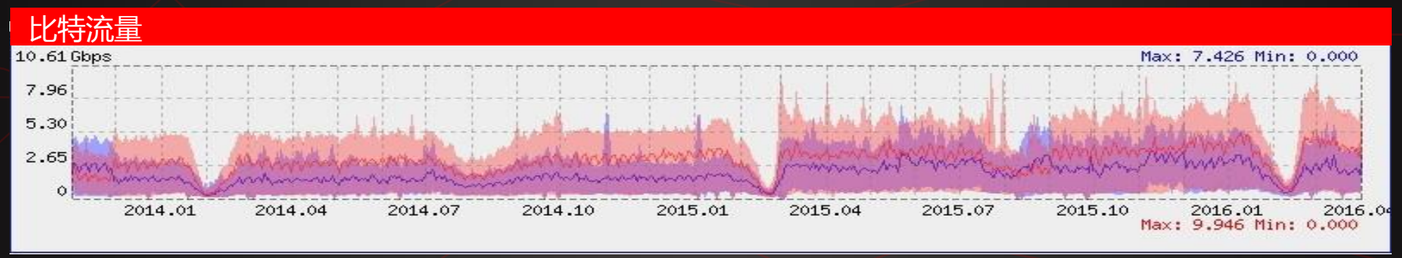

63.46 Gbps
Max: 59.50 Min: 0.000
47.60
31.73
15.87
0
2008.01 2008.04 2008.07 2008.10 2009.01 2009.04 2009.07 2009.10 2010.01 2010.04 2010.07 2010.10 2011.01 2011.04 2011.07 2011.10 2012.01
Max: 59.41 Min: 0.000


78.96 Gbps
Max: 72.77 Min: 0.075
59.22
39.48
19.74
0
2012.01 2012.04 2012.07 2012.10 2013.01 2013.04 2013.07 2013.10 2014.01 2014.04 2014.07 2014.10
Max: 74.02 Min: 0.284

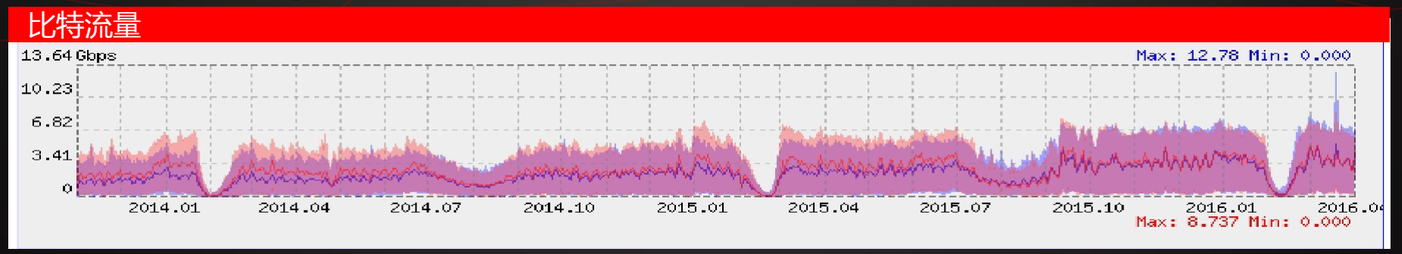

74.51 Gbps
Max: 69.85 Min: 0.075
55.88
37.26
18.63
0
2014.01 2014.04 2014.07 2014.10 2015.01 2015.04 2015.07
Max: 69.05 Min: 0.238

IPv6校园网（清华大学）

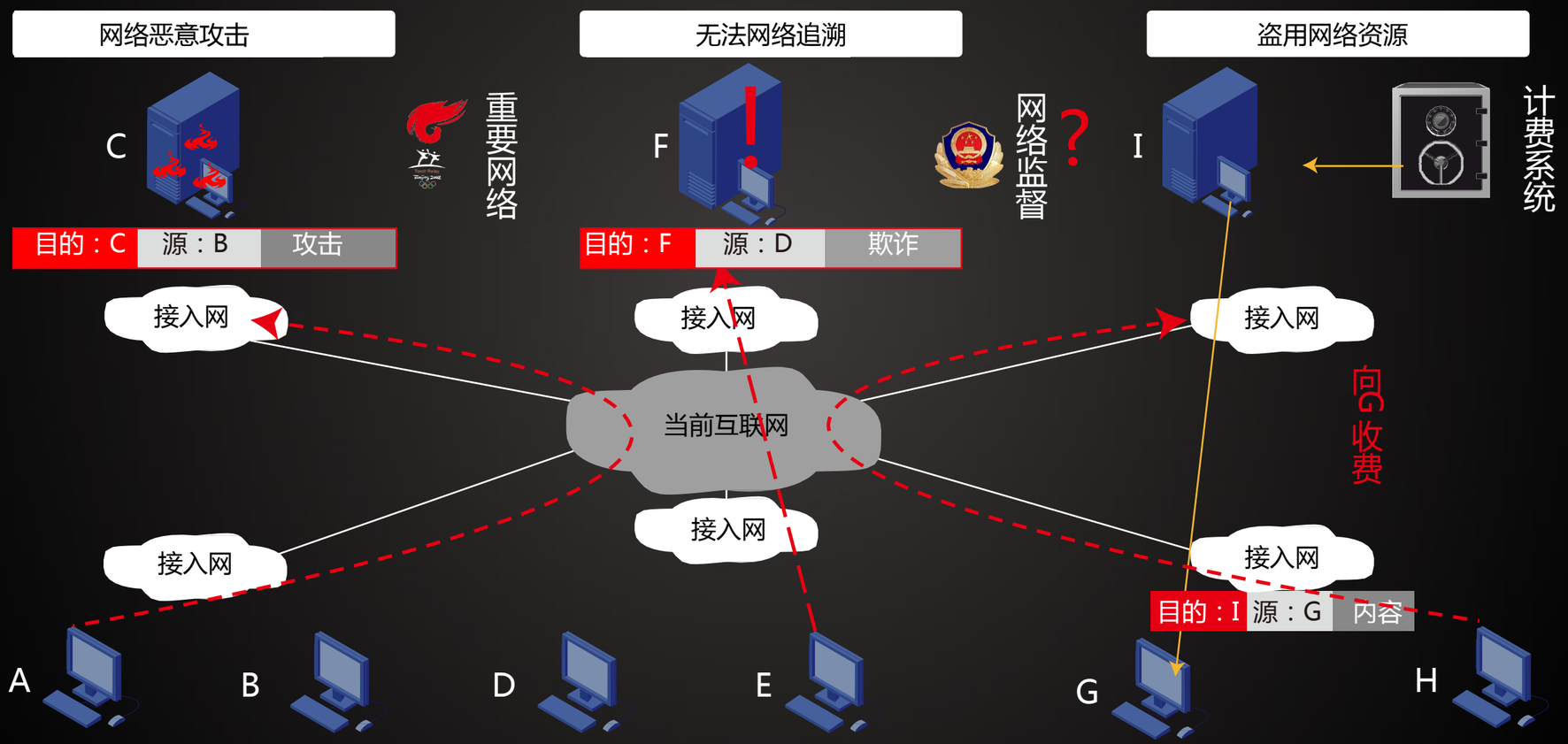
IPv4：7.9Gbps



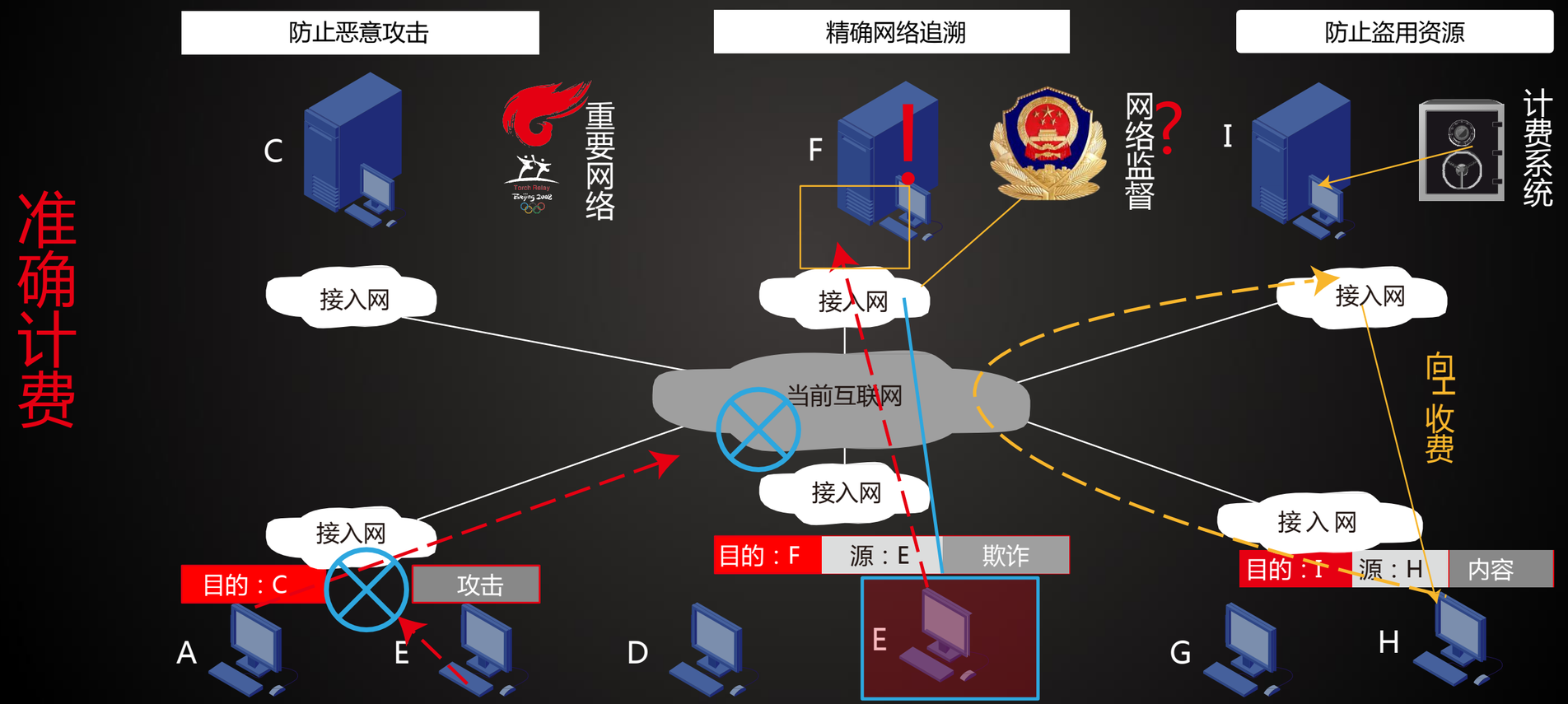
IPv6：6.8Gbps



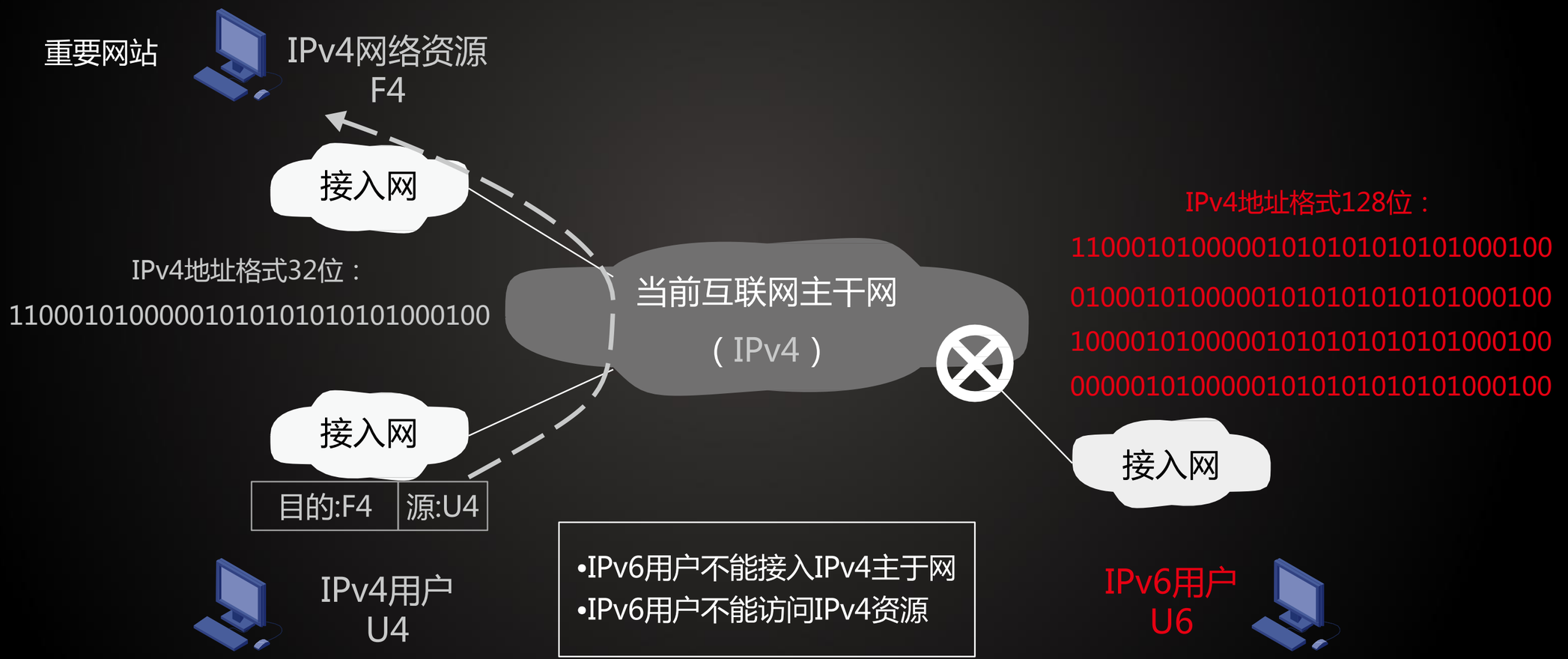
IPv6 技术创新-源地址认证（1）



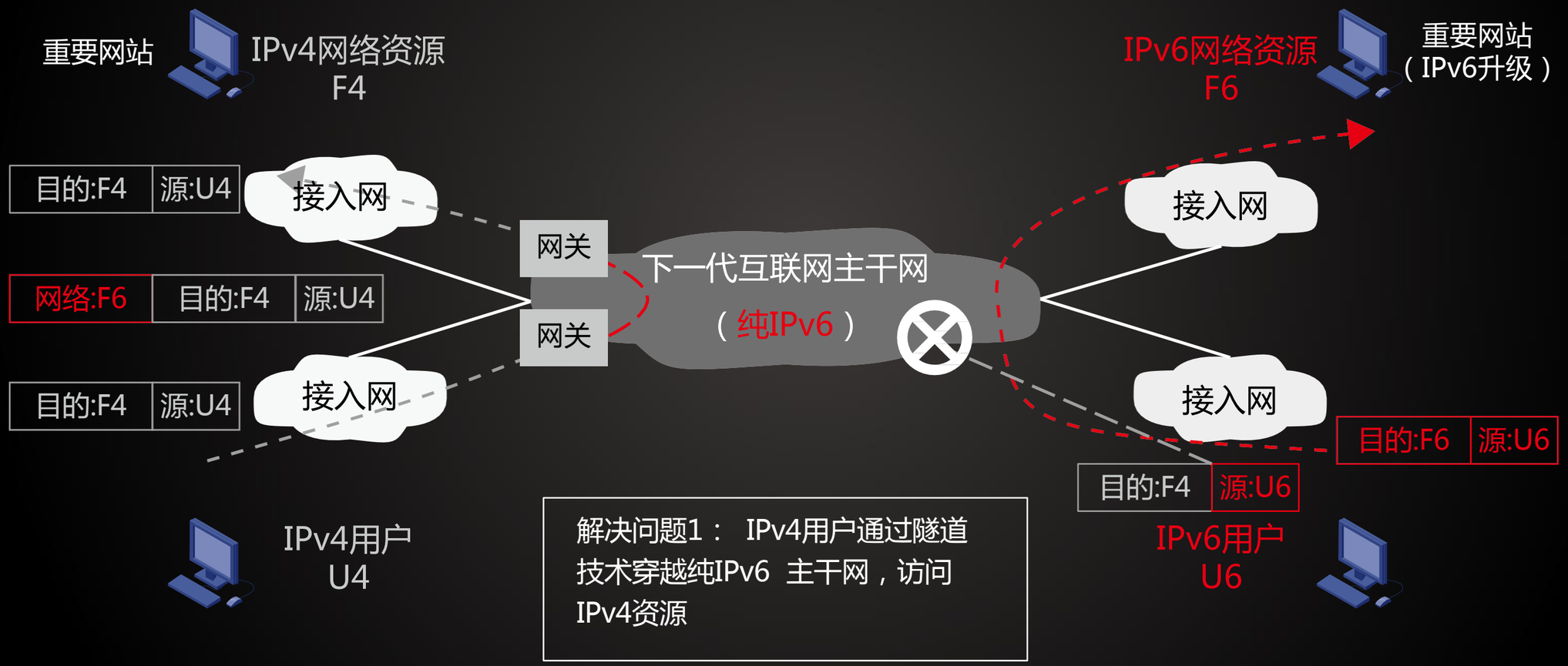
IPv6 技术创新-源地址认证（2）



IPv6 技术创新-过渡（1）

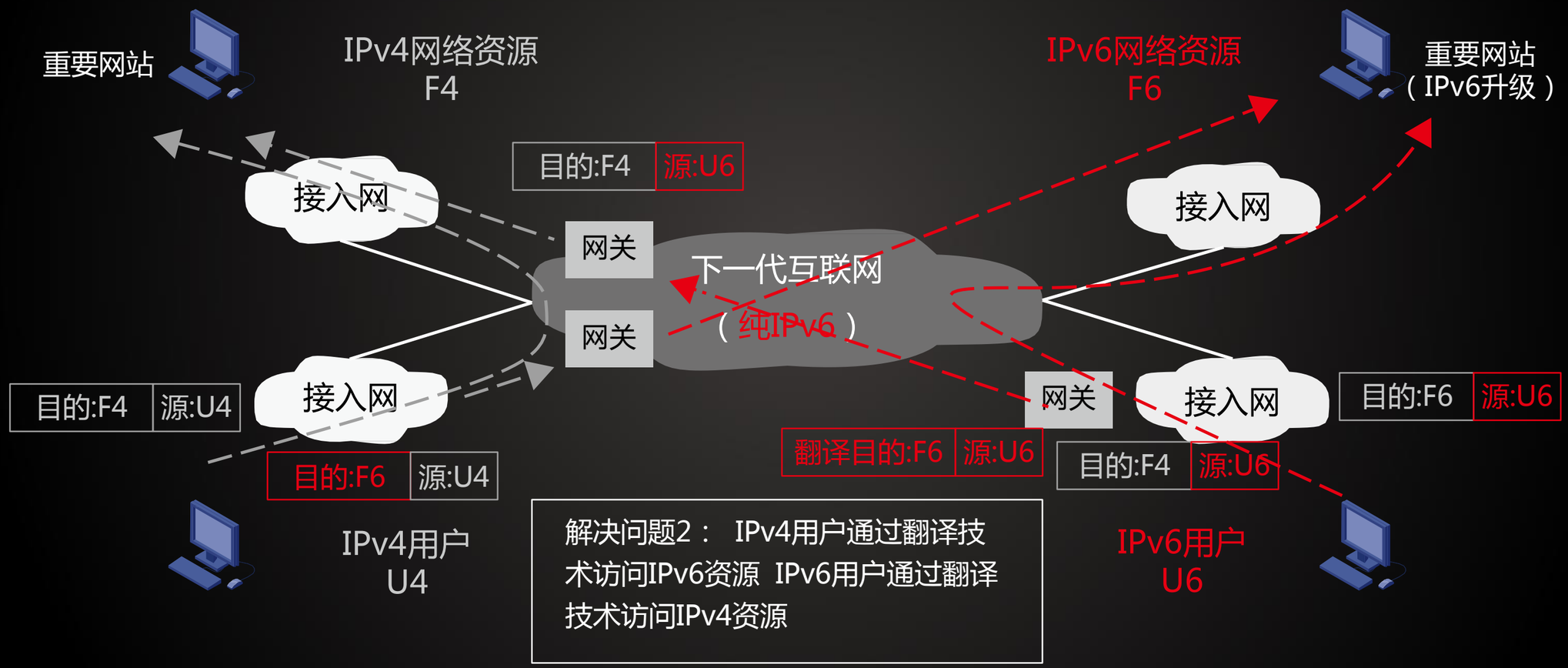


IPv6 技术创新-过渡（2）

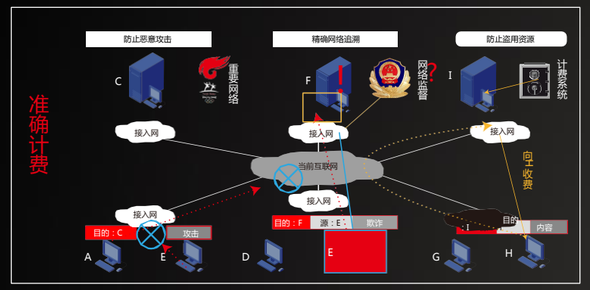


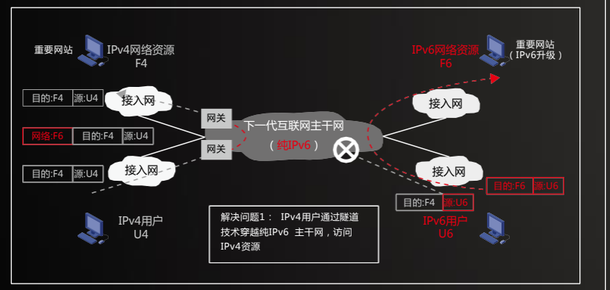
解决问题1： IPv4用户通过隧道技术穿越纯IPv6 主干网，访问IPv4资源

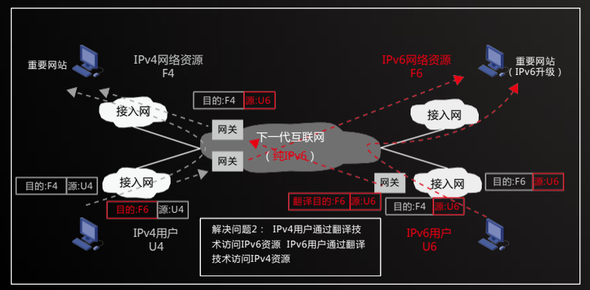
IPv6 技术创新-过渡（3）

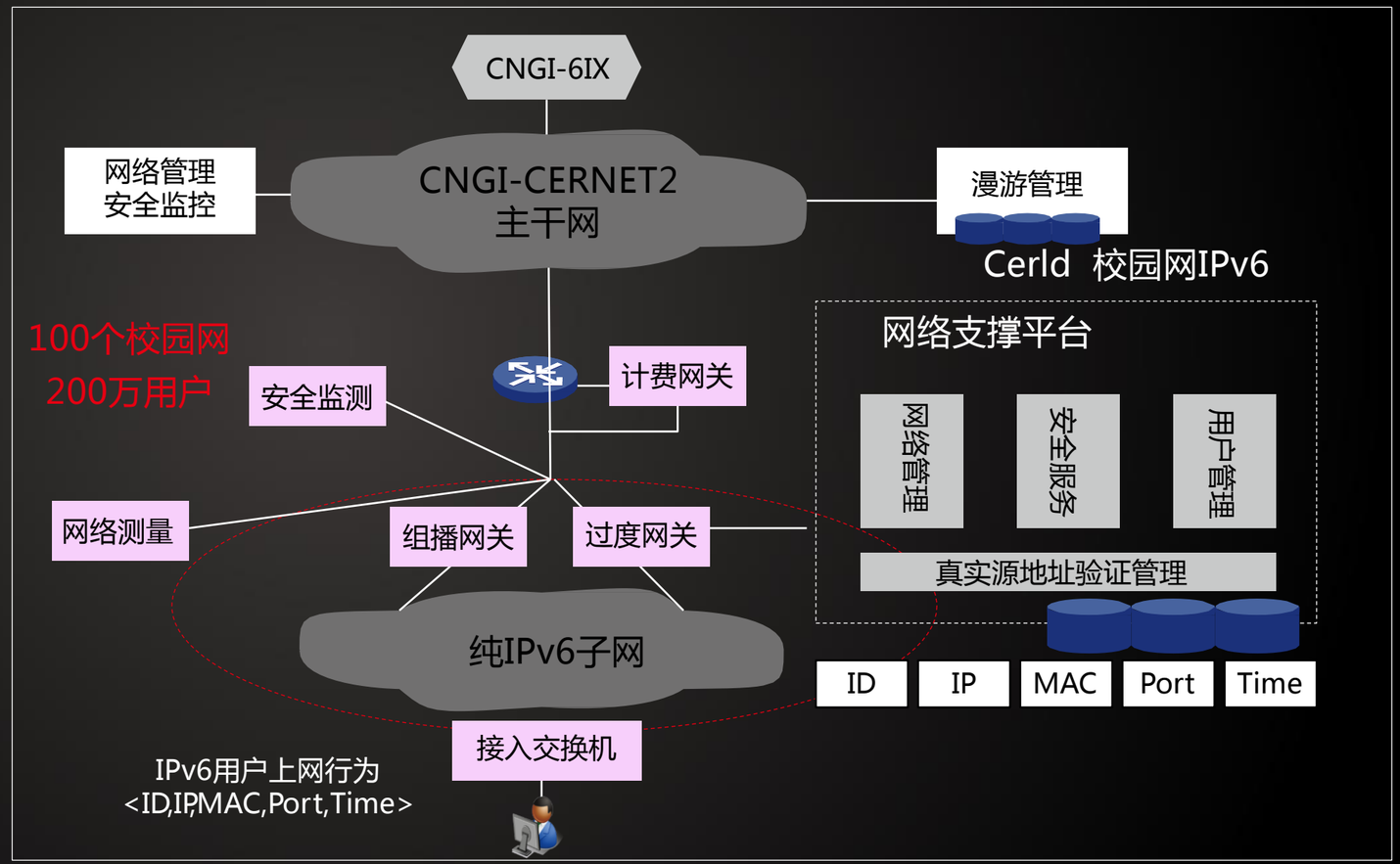


IPv6 技术创新


防止恶意攻击
精确网络追溯
防止盗用资源
准确计费
重要网络
网络监管
计费系统
接入网
当前互联网
但非收费
目的：C
攻击
目的：F
源：E
欺诈
目的：I
内容
A
E
D
G
H


重要网站
IPv4网络资源
F4
IPv6网络资源
F6
重要网站
（IPv6升级）
接入网
网关
下一代互联网主干网
（纯IPv6）
目的:F4
源:U4
网络:F6
目的:F6
源:U6
IPv4用户
U4
IPv6用户
U6
解决问题1： IPv4用户通过隧道技术穿越纯IPv6 主干网，访问IPv4资源


重要网站
IPv4网络资源
F4
IPv6网络资源
F6
重要网站
（IPv6升级）
接入网
网关
下一代互联网
（纯IPv6）
目的:F4
源:U6
目的:F6
源:U4
翻译目的:F6
IPv4用户
U4
IPv6用户
U6
解决问题2： IPv4用户通过翻译技术访问IPv6资源 IPv6用户通过翻译技术访问IPv4资源


CNGI-6IX
网络管理
安全监控
CNGI-CERNET2
主干网
漫游管理
Cerld 校园网IPv6
100个校园网
200万用户
安全监测
计费网关
网络支撑平台
网络管理
安全服务
用户管理
网络测量
组播网关
过度网关
真实源地址验证管理
纯IPv6子网
ID
IP
MAC
Port
Time
接入交换机
IPv6用户上网行为
<ID,IP,MAC,Port,Time>

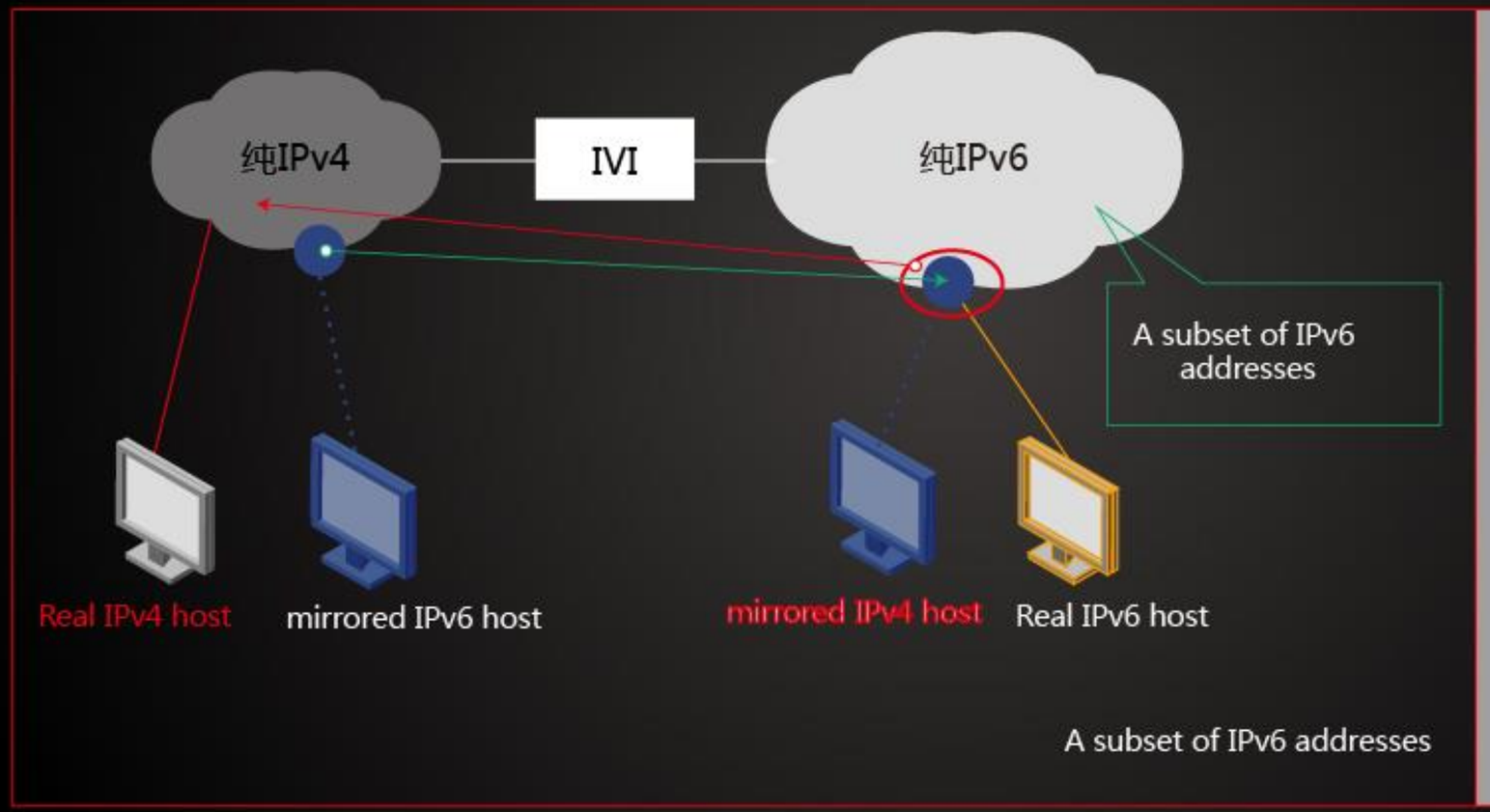
2011年胡锦涛总书记考察下一代互联网

- 胡锦涛总书记饶有兴致地听介绍、看演示，详细询问两代互联网衔接等情况。
- 胡锦涛总书记指示：IPv6网络必须与IPv4网络衔接，推广新的网络应用离不开IPv4/IPv6网络之间的衔接。必须统一标准，才能够使IPv6网络真正使用起来

2016年李克强总理考察清华大学

- IPv6能够解决地址耗尽的问题
- IPv6必须与现有互联网互联互通 在互联网
- 核心技术方面标准的突破非常重要 国内的
- 研发要更好地合作

Stateless translation (IVI)



RFC6052，2010-10

RFC6144，2011-04

RFC6145，2011-04

RFC6219，2011-05

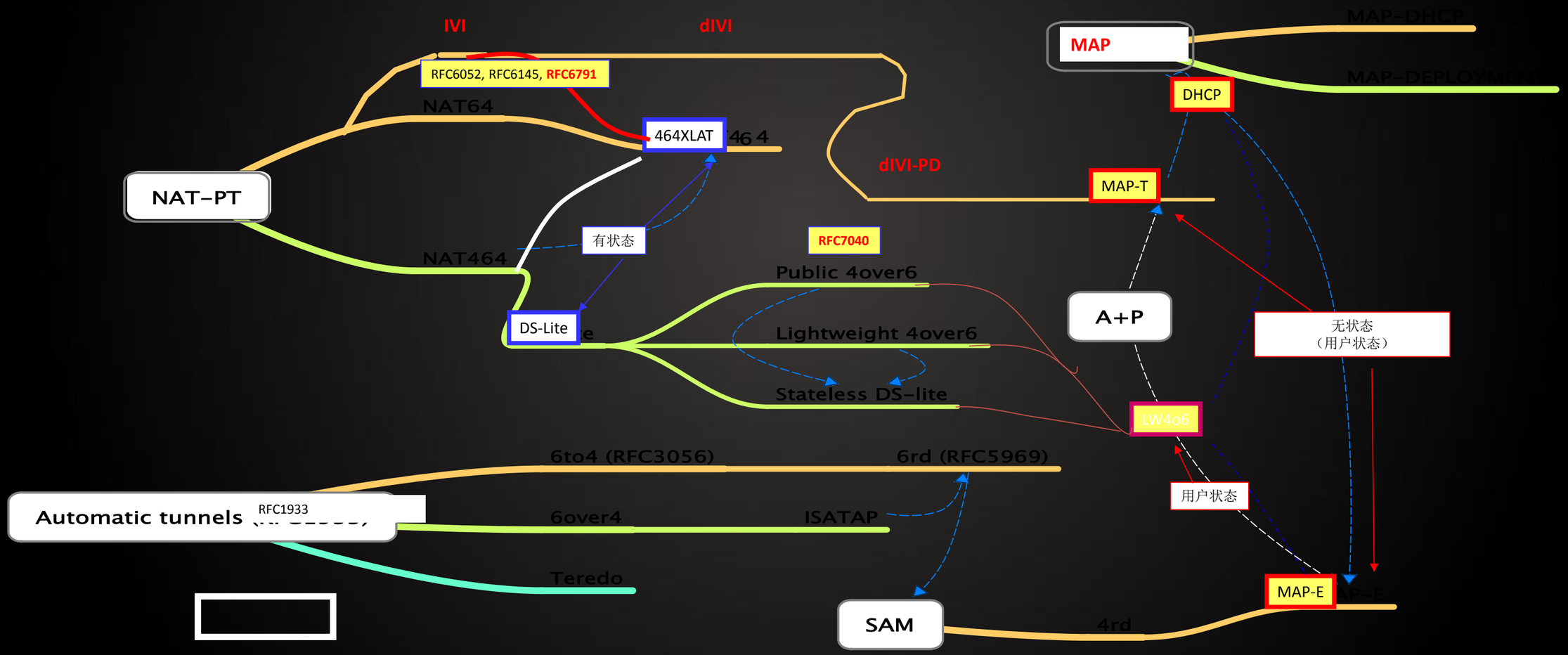
RFC6791，2012-11

RFC7597，2015-07

RFC7598，2015-07

RFC7599，2015-07

IETF过渡标准演进


IVI
dIVI
RFC6052, RFC6145, RFC6791
NAT64
464XLAT
dIVI-PD
NAT-PT
有状态
NAT464
RFC7040
Public 4over6
DS-Lite
Lightweight 4over6
Stateless DS-lite
6to4 (RFC3056)
6rd (RFC5969)
Automatic tunnels
RFC1933
6over4
ISATAP
Teredo
SAM
4rd
MAP
DHCP
MAP-T
A+P
无状态
（用户状态）
LW4o6
用户状态
MAP-E

CERNET IPv6资源

常用网站

六维空间：
http://bt.neu6.edu.cn
乐乎BT：
http://bt.shu6.edu.cn
六维空间：
http://www.edubt.cn
IPv6中国 ：
http://www.ipv6.net.cn
上交IPv6网站搜索 ：
http://search6.sjtu.edu.cn/search

Pv6 PT下载：

IPv6 BTPT介绍页：
http://www.ipv6bbs.com/bt.php
东北大学 六维空间：
http://bt.neu6.edu.cn
北京邮电大学 北邮人BT：
http://bt.byr.edu.cn
北京交通大学 晨光BT：
http://ipv6.cgbt.cn
上海大学 乐乎BT：
http://bt.shu6.edu.cn
华中科技大学 HUDBT：
http://www.kmgtp.org
华南农业大学 红满堂PT站：
http://tracker.ipv6.scau.edu.cn
上海交通大学 葡萄PT：
http://pt.sjtu.edu.cn
北京航空航天大学 未来花园BT：
http://bt.buaa6.edu.cn
北京科技大学 六维空间：
http://www.edubt.cn
北京科技大学 贴心吧BT：
http://bt.tiexinba.com

IPv6 FTP：

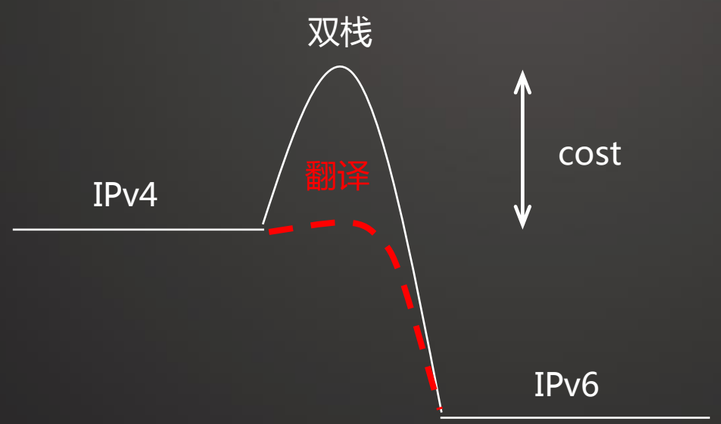
上海交通大学 渔网搜索：
http://ftpun6.sjtu.edu.cn
GooBye IPv6 FTP搜索：
http://www.goobye.net
SwiftIPV6 FTP的搜索引擎：
http://www.swift6.com

Pv6电视墙：

IPv6之家 - IPv6电视墙：
http://www.ipv6bbs.com/wall.php
清华大学：
http://iptv.tsinghua.edu.cn
北京邮电大学：
http://iptv.bupt.edu.cn
北京交通大学：
http://media6.njtu.edu.cn/video.html
上海交通大学：
http://video6.sjtu.edu.cn
西南交通大学：
http://ipv6.swjtu.edu.cn
西安交通大学：
http://202.200.142.245
中国科技大学：
http://tv6.ustc.edu.cn
华南农业大学：
http://ipv6.scau.edu.cn/wltp
大连理工大学：
http://ipv6.dlut.edu.cn/video6.htm
北京大学：
http://ipv6.pku.edu.cn
兰州大学：
http://tv.lzu.edu.cn
中国传媒大学：
http://ipv6.cuc.edu.cn/tv/tv.htm

过渡技术

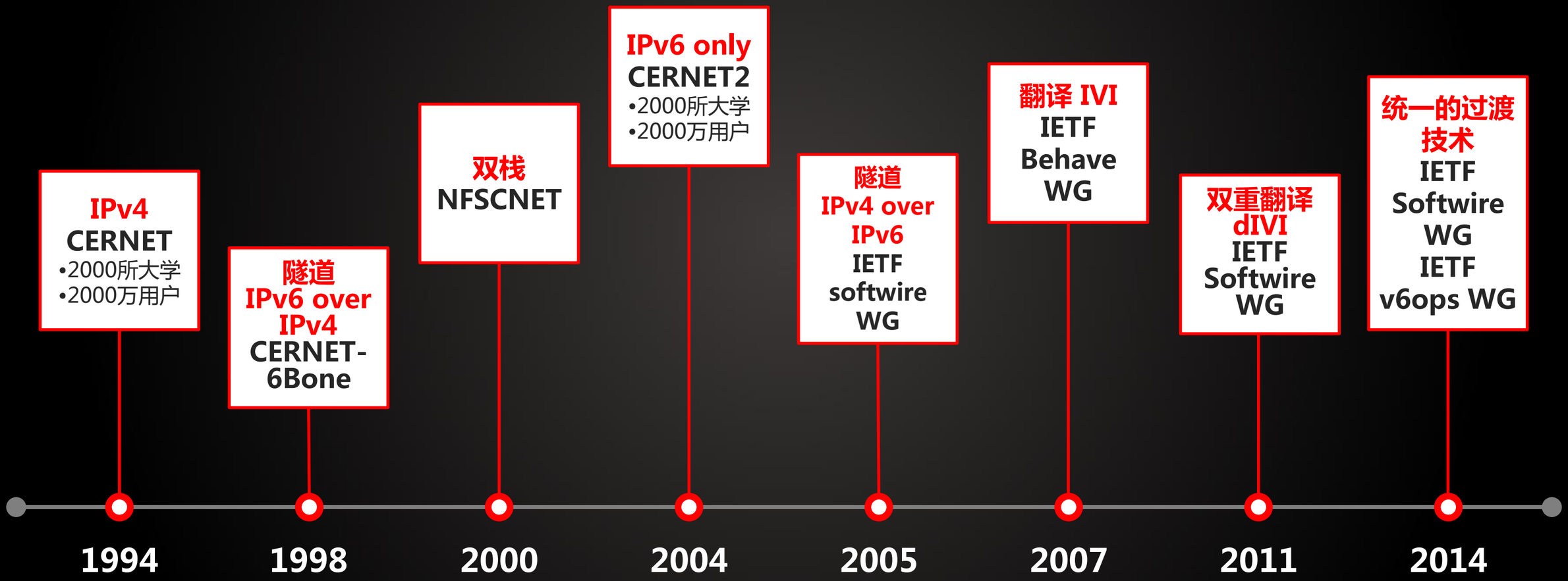
双栈	在过去15年并没有完成过渡
隧道	必须与双栈技术一起使用 隧道上运行的协议栈的性能不可能超过下层协议栈的性能
翻译	唯一能够使IPv4/IPv6互联互通的技术
双重翻译技术	整合翻译和隧道，支持平稳过渡到一次翻译技术



IPv6的杀手级应用是什么？

- 安全性
- 与IPv4互联网互联互通

CERNET IPv6 过渡经验



互联网核心技术标准举例

RFC: 791

RFC791

INTERNET PROTOCOL

DARPA INTERNET PROGRAM

PROTOCOL SPECIFICATION

September 1981

Internet Engineering Task Force (IETF)
Request for Comments: 6145
Obsoletes: 2765
Category: Standards Track
ISSN: 2070-1721

X. Li
C. Bao
CERNET Center/Tsinghua University
F. Baker
Cisco Systems
April 2011

RFC6145

IP/ICMP Translation Algorithm

Abstract

This document describes the Stateless IP/ICMP Translation Algorithm (SIIT), which translates between IPv4 and IPv6 packet headers (including ICMP headers). This document obsoletes RFC 2765.

Internet Engineering Task Force (IETF)
Request for Comments: 6052
Updates: 4291
Category: Standards Track
ISSN: 2070-1721

C. Bao
CERNET Center/Tsinghua University
C. Huitema
Microsoft Corporation
M. Bagnulo
UC3M
M. Boucadair
France Telecom
X. Li
CERNET Center/Tsinghua University
October 2010

RFC6052

IPv6 Addressing of IPv4/IPv6 Translators

Abstract

This document discusses the algorithmic translation of an IPv6 address to a corresponding IPv4 address, and vice versa, using only statically configured information. It defines a well-known prefix for use in algorithmic translations, while allowing organizations to also use network-specific prefixes when appropriate. Algorithmic translation is used in IPv4/IPv6 translators, as well as other types of proxies and gateways (e.g., for DNS) used in IPv4/IPv6 scenarios.

Network Working Group
Request for Comments: 2460
Obsoletes: 1883
Category: Standards Track

S. Deering
Cisco
R. Hinden
Nokia
December 1998

RFC2460

Internet Protocol, Version 6 (IPv6)
Specification

Status of this Memo

This document specifies an Internet standards track protocol for the Internet community, and requests discussion and suggestions for improvements. Please refer to the current edition of the "Internet Official Protocol Standards" (STD 1) for the standardization state and status of this protocol. Distribution of this memo is unlimited.

Copyright Notice

Copyright (C) The Internet Society (1998). All Rights Reserved.

Abstract

This document specifies version 6 of the Internet Protocol (IPv6), also sometimes referred to as IP Next Generation or IPng.

Network Working Group
Request for Comments: 4291
Obsoletes: 3513
Category: Standards Track

R. Hinden
Nokia
S. Deering
Cisco Systems
February 2006

RFC4291

IP Version 6 Addressing Architecture

Status of This Memo

This document specifies an Internet standards track protocol for the Internet community, and requests discussion and suggestions for improvements. Please refer to the current edition of the "Internet Official Protocol Standards" (STD 1) for the standardization state and status of this protocol. Distribution of this memo is unlimited.

Copyright Notice

Copyright (C) The Internet Society (2006).

Abstract

This specification defines the addressing architecture of the IP Version 6 (IPv6) protocol. The document includes the IPv6 addressing model, text representations of IPv6 addresses, definition of IPv6 unicast addresses, anycast addresses, and multicast addresses, and an IPv6 node's required addresses.

IPv6的过渡思路

过渡

新建网络必须为IPv6

对端为IPv6

纯IPv6通信

对端为IPv4

单次翻译（正常）

双重翻译（无IPv6应用程序或有ALG问题）

封装（加密或有无损需求）

我国发展下一代互联网的路线图和时间表

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

（开展大规模商用）

· 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

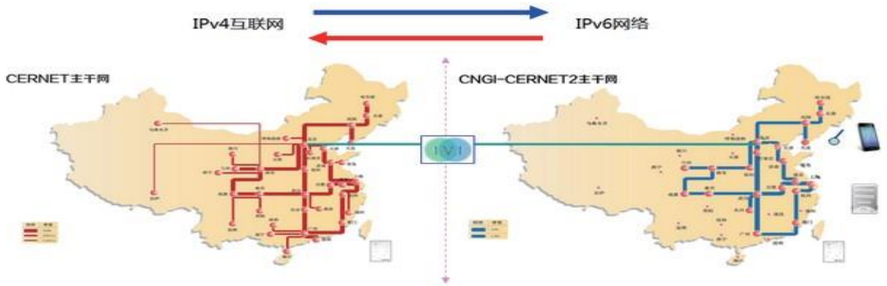
完成过渡阶段

· 政府引导全面普及IPv6

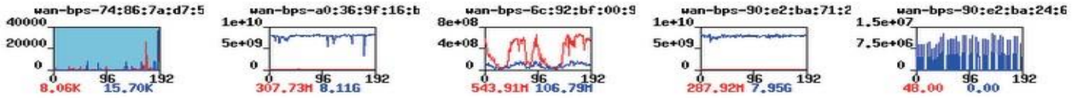
· 抓住发展机遇，是中国成为互联网技术强国

4aaS: CERNET2

IPv4/IPv6 Transition _ _ _



core list core plot

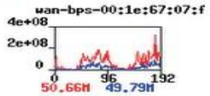


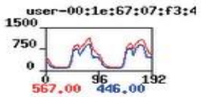
RFC4925 RFC6052 RFC6144 RFC6145 RFC6219 RFC6791 RFC7597 RFC7598 RFC7599

ISP

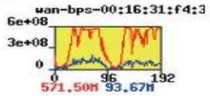
campus list campus plot
savi list savi plot
ctnet list ctnet plot

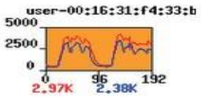
DIVI





DIVI-2





ICP

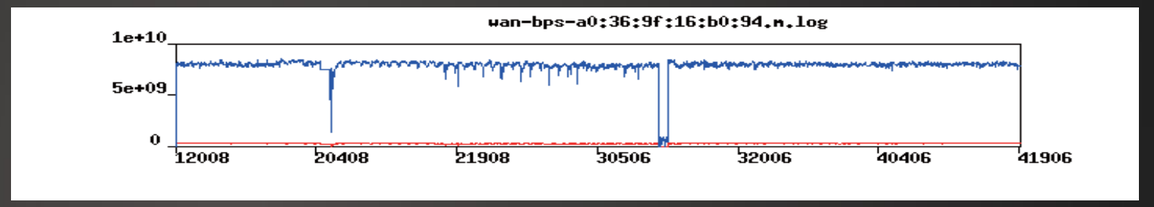
ivi.bupt.edu.cn ivi.neu6.edu.cn

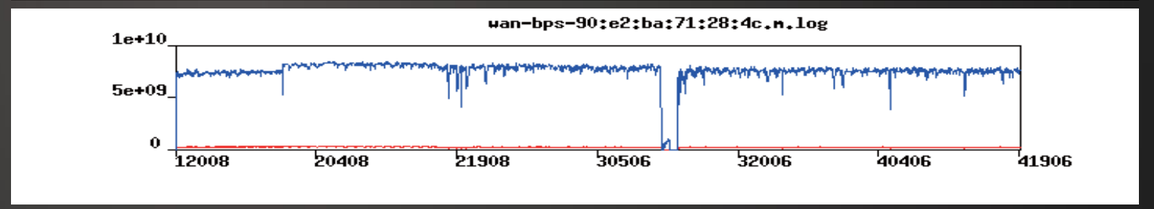
cctv1hd cctv3hd cctv5hd cctv5phd cctv6hd cctv8hd chchd btv1hd btv2hd btv6hd btv11hd hunanhd zjhd jshd dfhd ahhd hljhd lnhd szhd gdhd tjhd hbhd sdhd

demo

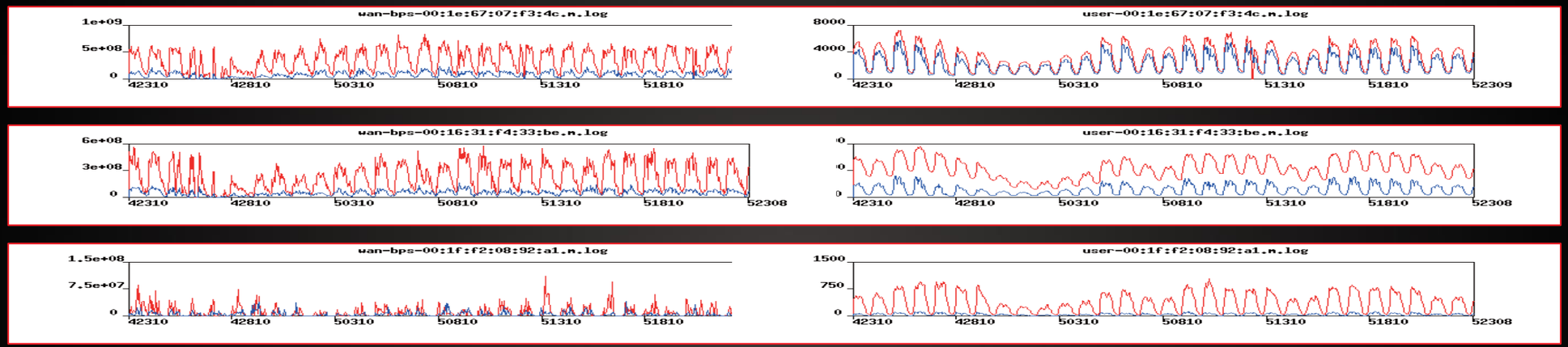
ICP模型（北京邮电大学）

- 纯IPv6服务器为IPv6和IPv4互联网用户服务
- 统一的IPv6地址控制管理和商务模型
- 节省IPv4公有地址





ISP模型（清华大学）



- 与真实源地址验证结合

案例

需求场景

场景1：上联纯v6接入，下联双栈用户

场景2：上联双栈接入，下联纯v4用户

场景3：上联纯v4接入，下联双栈 / 纯v6用户

场景4：传统IDC改造（v4服务器）

场景5：新建IDC（v6服务器）

需求应用

被访问v4/v6互联网上的资源（ISP）

v4/v6互联网上用户访问（ICP）

需求接入操作系统

所有操作系统

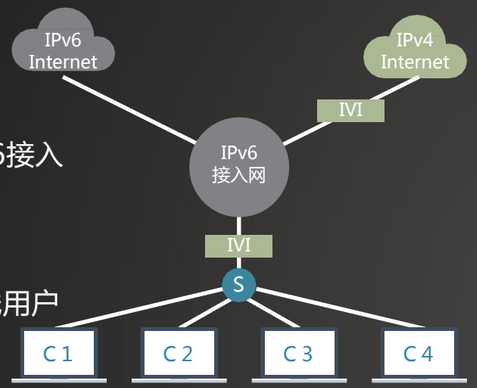
即插即用

案例（ISP）

场景 1

上联纯v6接入

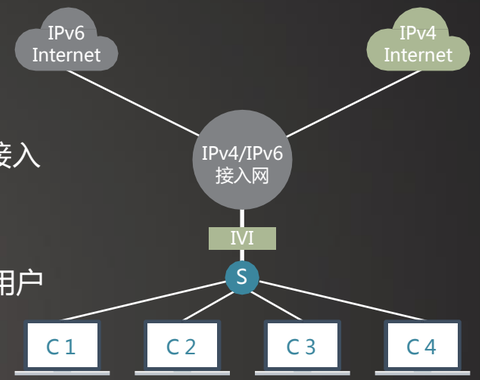
下联双栈用户



场景 2

上联双栈接入

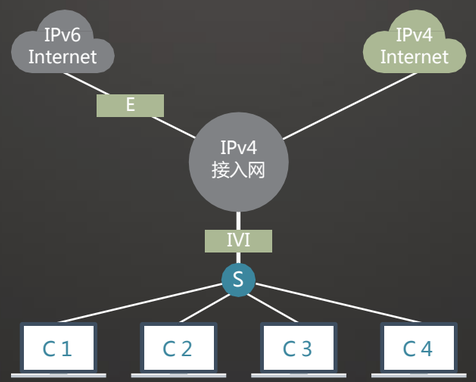
下联纯v4用户



场景 3

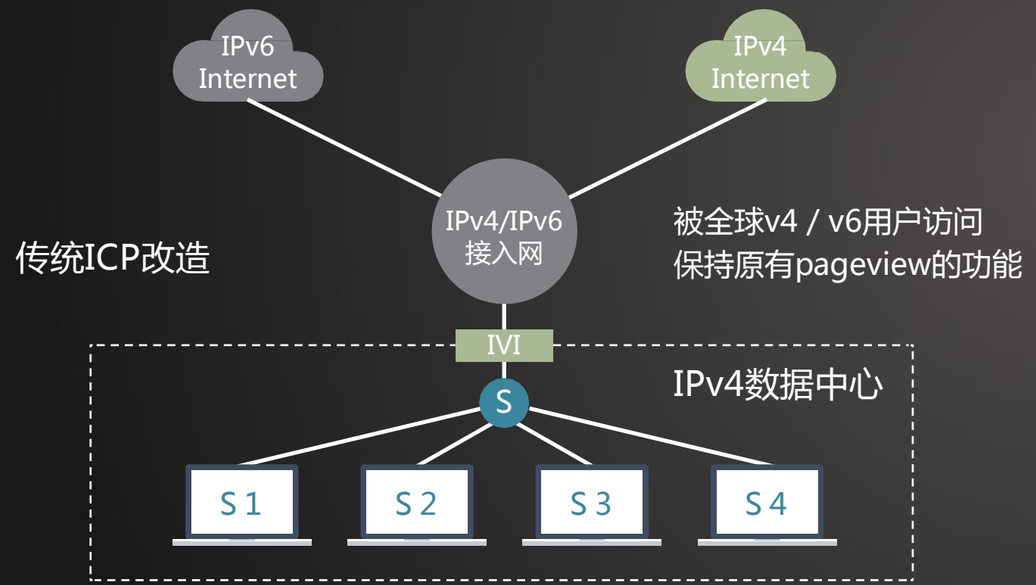
上联纯v4接入

下联双栈 / 纯v6用户



案例（ICP）

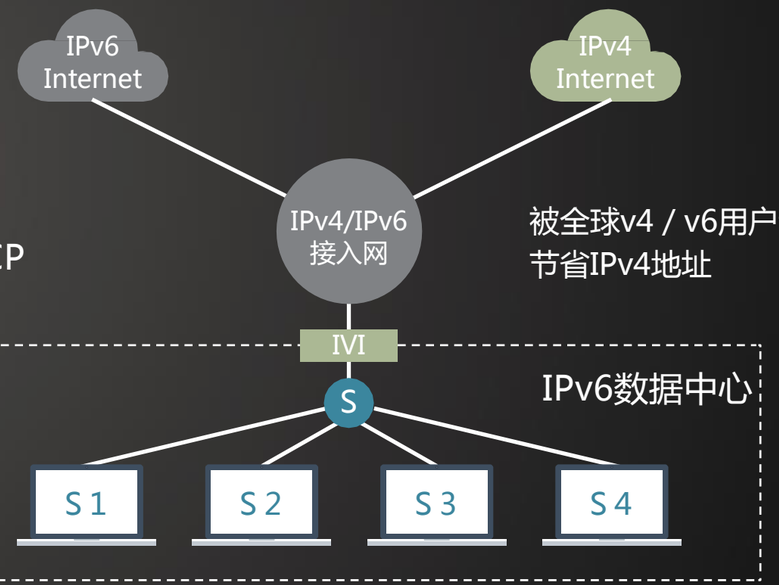
场景 4



传统ICP改造

被全球v4 / v6用户访问
保持原有pageview的功能

场景 5



新成立ICP

被全球v4 / v6用户访问
节省IPv4地址

Dual-stack via dIVI

IPv6-only via IVI

IPv4-only via IVI

下一代校园网架构

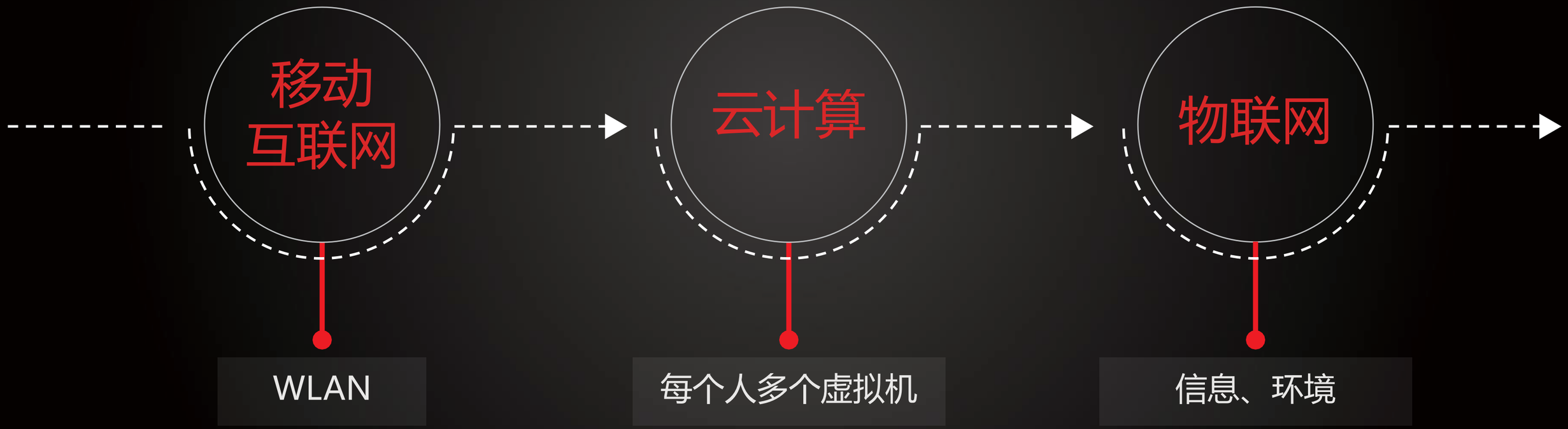
网络

- 无线 — WLAN as a Service(多SSID)
- 光纤 — 带宽即服务 (Address as a Service)
- 物联网 — 每个电灯泡一个IPv6 (IVI)地址

服务

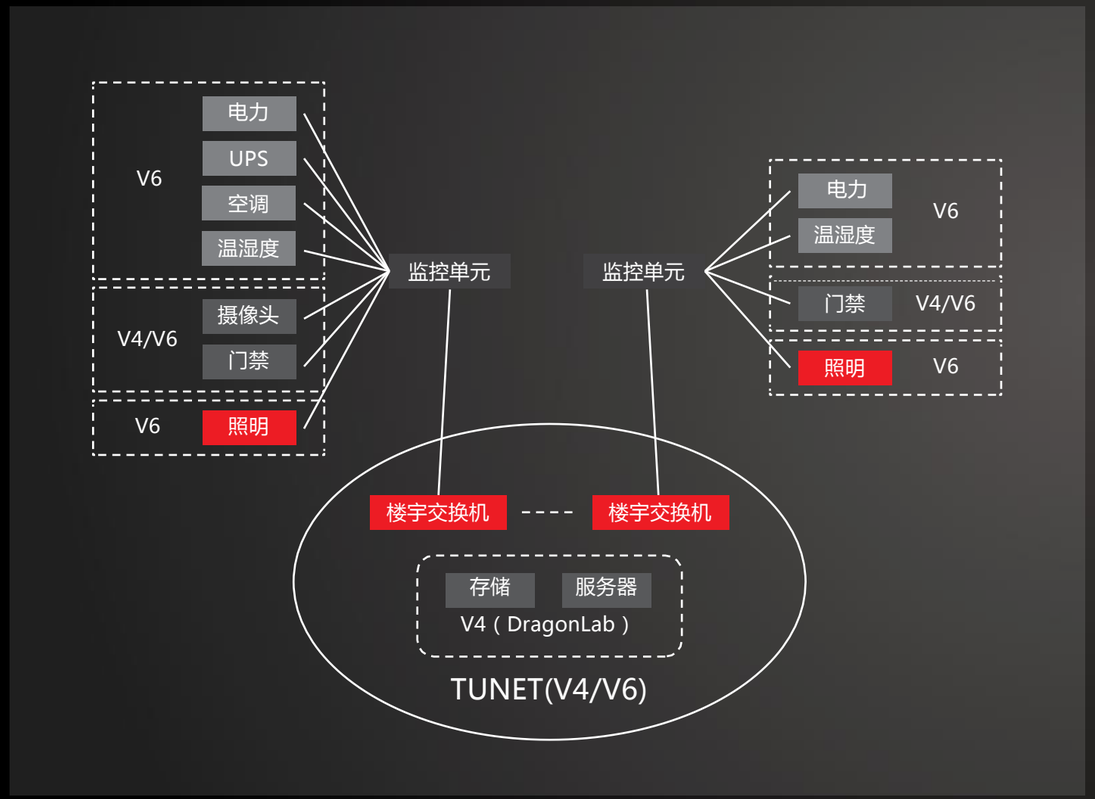
- IPv4aaS
- IPv6aaS
- VPNaaS
- VMaaS
- CachaaS
- 网管aaS
- 安全aaS
- 存储aaS
- 计费aaS
- 门户aaS

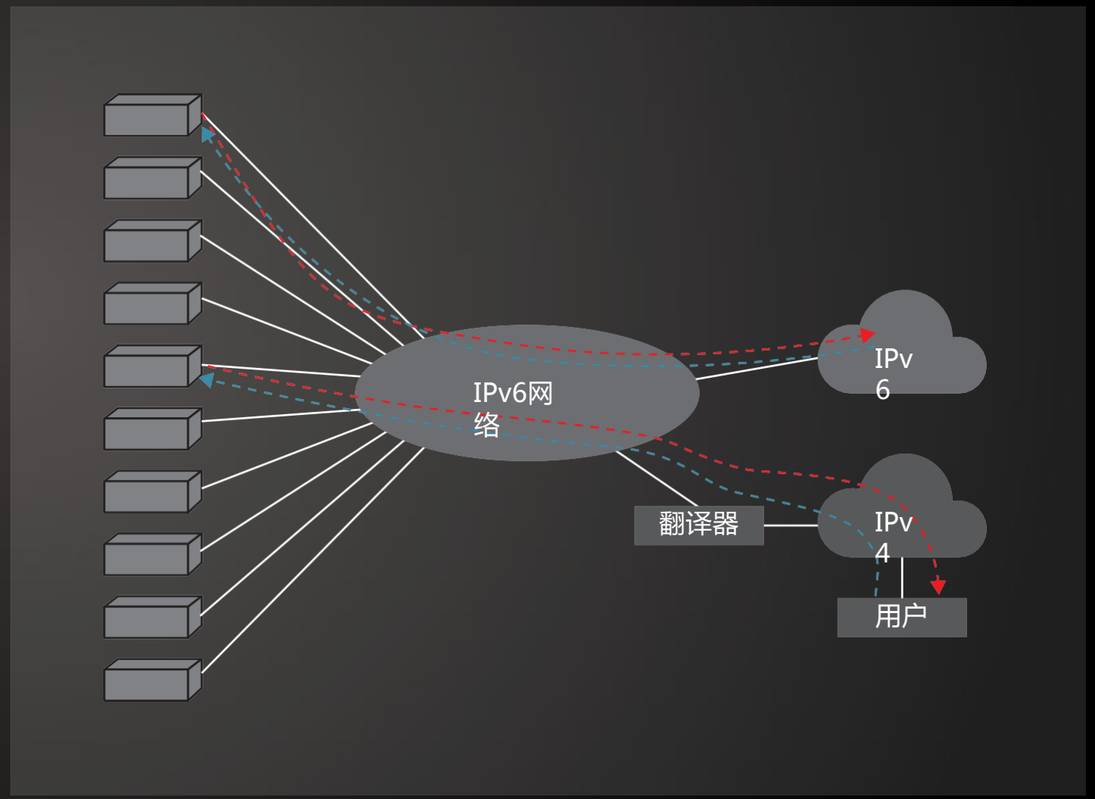
IPv6应用（1）



IPv6应用（2）

清华大学校园网机房智能远程监控





2015年赛尔网络IPv6项目

IPv6创新项目

单项资助金额	项目数（个）	比例（%）	小计	资金占比（%）
20	5	4.63	100	9.47
15	15	13.89	225	21.33
15	58	53.70	580	54.98
5	30	27.78	150	14.22
合计	108	100.00	1055	100.00

IPv6创新大赛

阶段	组别	奖项	数量
地区初赛	创意组	一等奖	8
		二等奖	16
		三等奖	25
	实践组	一等奖	8
		二等奖	18
		三等奖	24
全国决赛	创意组	一等奖	空缺
		二等奖	4
		三等奖	11
	实践组	一等奖	3
		二等奖	5
		三等奖	8

“互联网+” 重大工程

大规模纯IPv6示范网络及
过渡与安全关键技术试验

100G纯IPv6主干网

1000万以上IPv6用户

与全球IPv6/IPv4互联互通

真实源地址用户身份认证

大规模“互联网+”试验平台

互通

可信

开放

腾讯 · 华三 · 阿里


211,839,681


共赢 Open · Cooperation
Five Ways to Help


智 慧 产 业 联 盟
新 IT · 合 作 共

Internet of ……


Internet of People
1.11B people on Facebook, Mar 2013

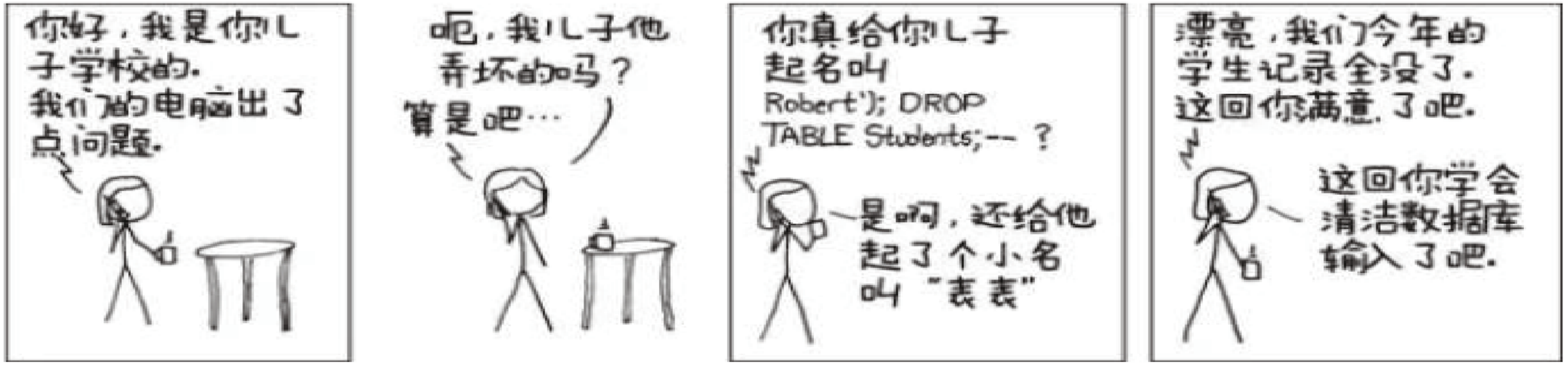

http://ww
Internet of Information
30T web pages in Google index, 2013


The Internet of
Data


The Internet of
Ideas


Internet of Places


Internet of Things
25B things by 2020


你好，我是你儿子学校的。
我们的电脑出了点问题。
呃，我儿子他弄坏的吗？
算是吧…
你真给你儿子起名叫Robert'); DROP TABLE Students;-- ？
是啊，还给他起了个小名叫"表表"
漂亮，我们今年的学生记录全没了。
这回你满意了吧。
这回你学会清洁数据库输入了吧。

Permissionless Innovation