

未来互联网发展趋势及关键技术

北京邮电大学 网络与交换技术国家重点实验室

2009年12月



贝拉克·奥巴马的2009年



智慧地球

- 智能感知
- 信息通信
- 软件与应用

网络军备竞赛

- 网络安全
- 网络管理
- 网络体系结构

绿色科技

- 节能减排
- 清洁能源
- 网络虚拟化

主要内容

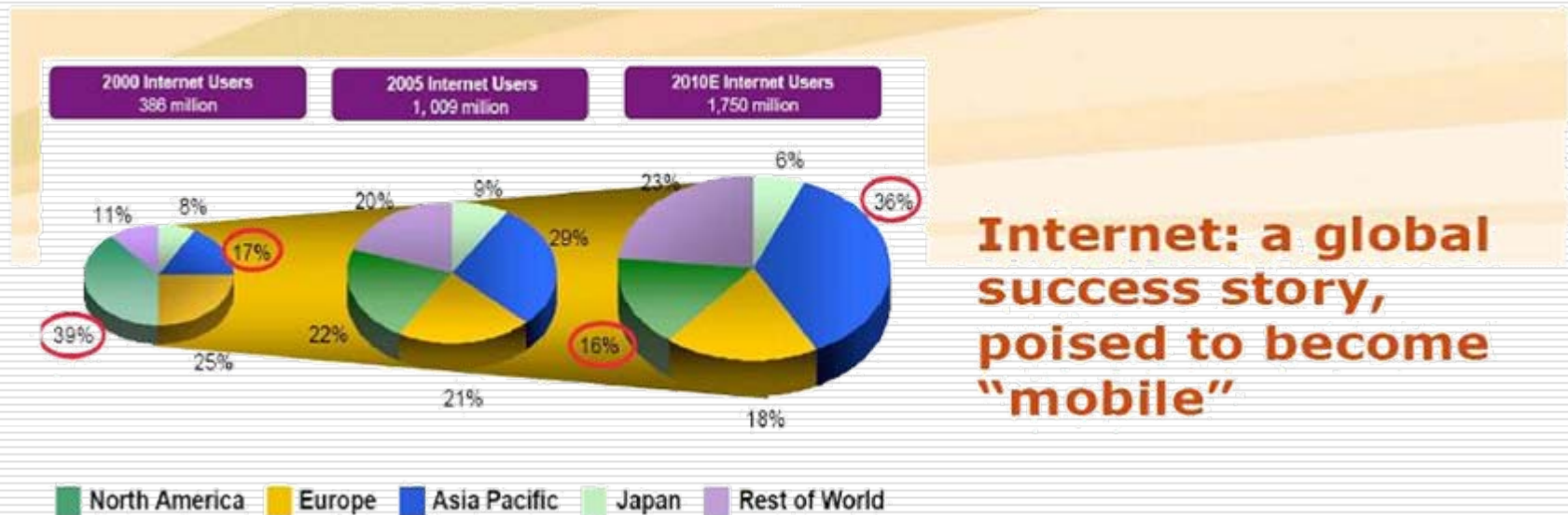


互联网发展趋势

未来互联网体系结构研究

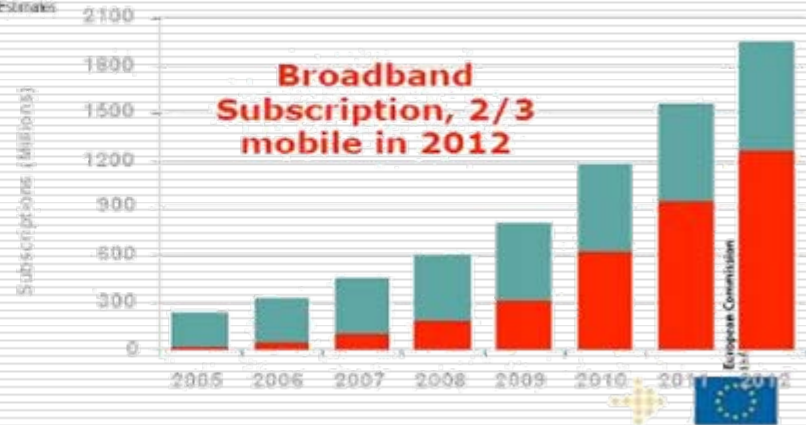
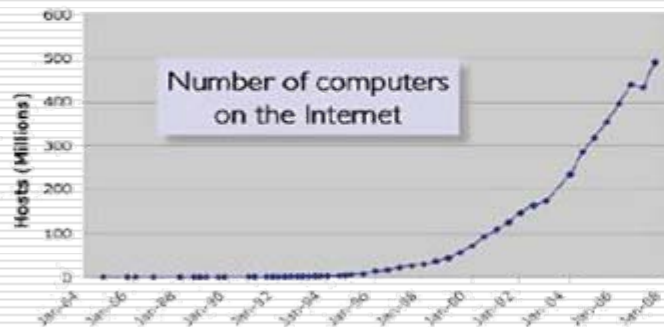
未来互联网关键技术研究

互联网发展趋势



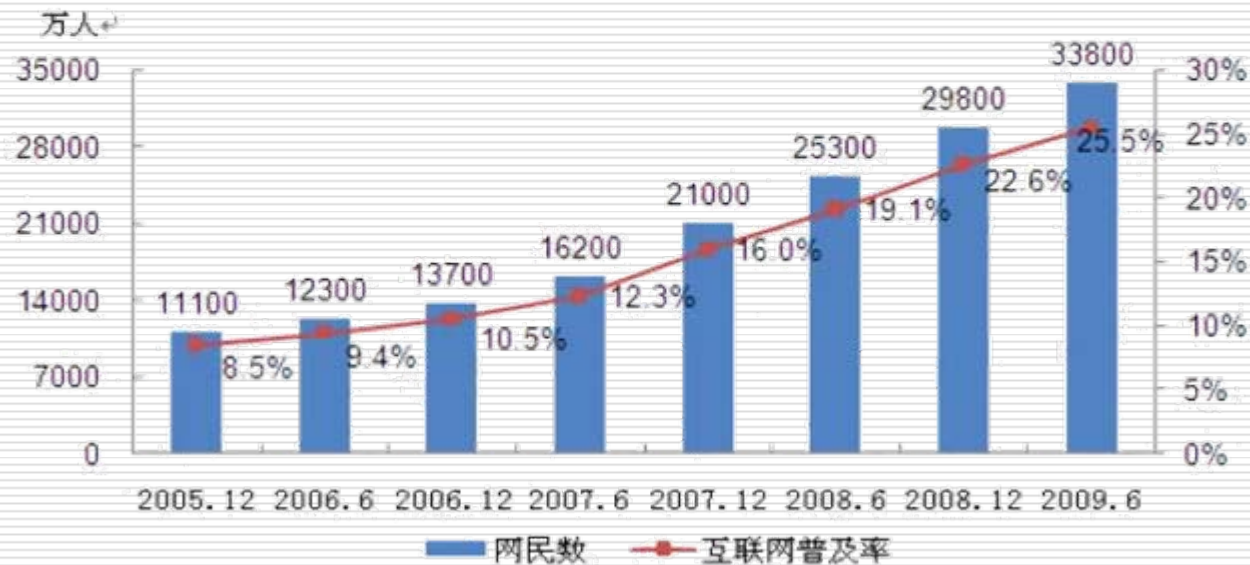
Internet: a global success story, poised to become "mobile"

Source: World Bank, CIA Factbook (2005), Jupiter Research (2006), PWC (2005), Computer Industry Almanac (2005) and Internal Estimates



互联网发展趋势

- 中国互联网络信息中心（CNNIC）统计数据显示，截至2009年6月30日，中国网民规模达到3.38亿人，普及率达到25.5%，低于发达国家70%的普及率。
- 中国网民规模依然保持快速增长之势，宽带网民规模达到3.2亿人，占网民总数的94.3%，但是宽带接入速度远远落后于互联网发达国家。



移动互联网

- 2008年12月31日，温家宝总理主持召开国务院常务会议，同意启动第三代移动通信牌照发放工作，2009年是中国3G正式商用元年。
- 中国互联网络信息中心（CNNIC）调查数据显示，截至2009年8月底，中国移动互联网用户规模超过1.55亿，手机上网用户为1.81亿。手机上网用户整体呈现稳定增长的趋势。



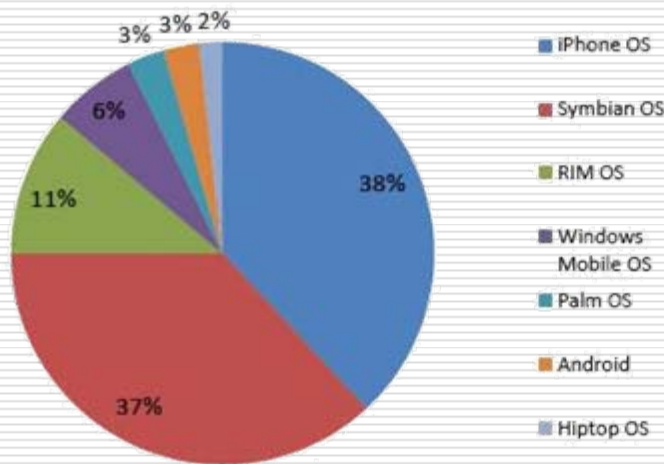
移动互联网

Top Worldwide Smartphones

Rank	Handset Models	Share of Smart Phone Traffic
1	Apple iPhone	33.0%
2	Nokia N70	7.1%
3	RIM BlackBerry 8300	4.2%
4	Nokia N80	3.5%
5	Nokia N73	3.4%
6	Nokia N95	3.3%
7	RIM BlackBerry 8100	3.2%
8	Nokia 6600	2.8%
9	Palm Centro	2.6%
10	Nokia 6120c	2.5%

□ 根据Admob公司的报告，智能手机产生的Web流量，已经占全球移动Web流量的**33%**，其中使用iPhone手机产生的流量，已经占全球智能手机移动Web流量的**33%**。

Smartphone Requests by OS: WW



□ 截至**2009年3月**，全球使用**Apple iPhone**手机访问互联网的流量上涨到了**38%**，超过了**Symbian**手机**37%**的比例，跃升到全球首位。

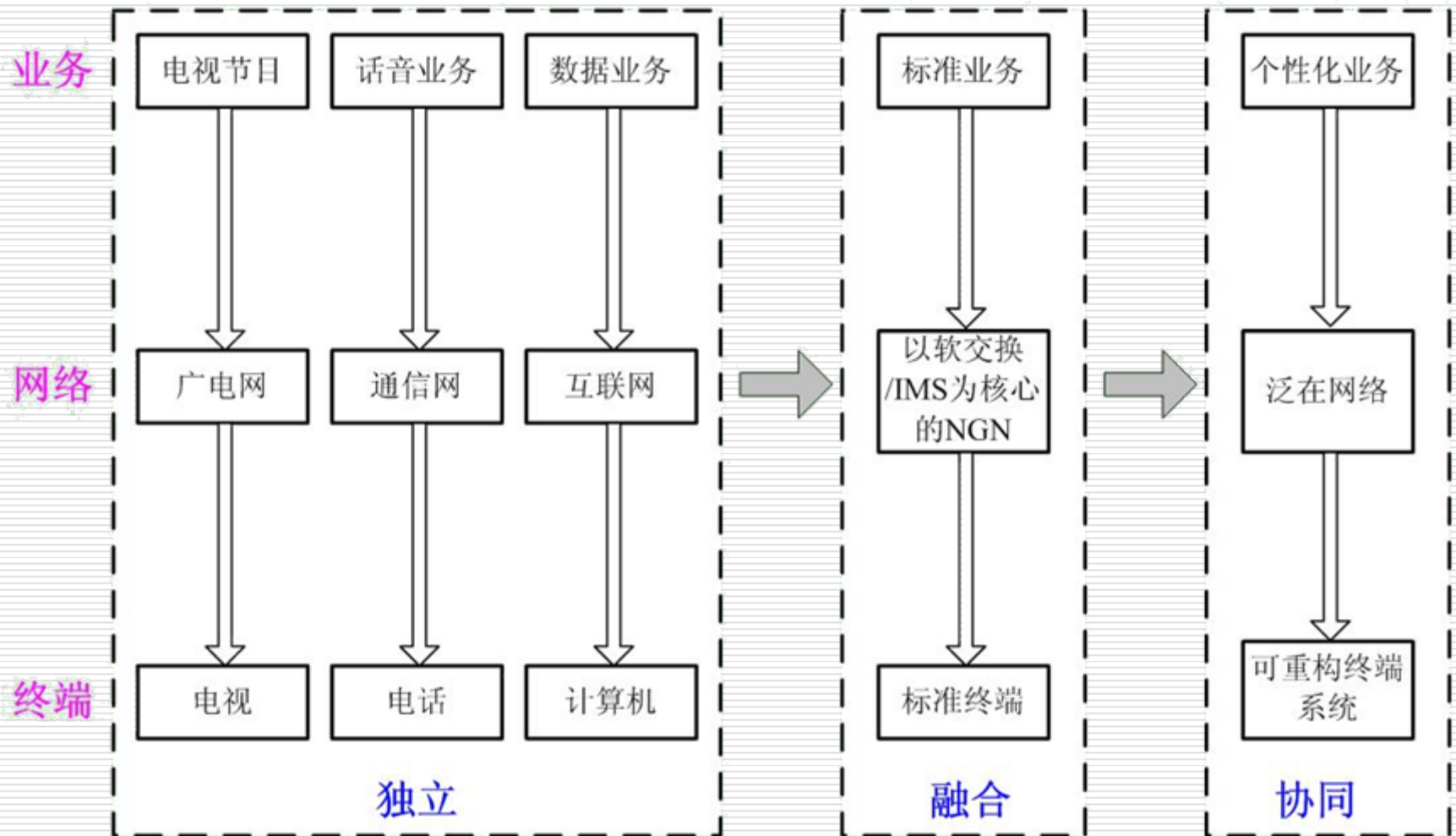
移动互联网



网络、终端和业务的发展

- 网络、终端和业务三者之间关系的发展变化经历了**独立**、**融合**和**协同**三个阶段。
 - 阶段一：各种网络之间是独立的，特定网络只能部署特定的业务，用户只能使用特定终端访问特定的业务。
 - 阶段二：网络、终端和业务之间广泛的融合，采用以软交换/IMS为核心的下一代网络（NGN），实现了PSTN、移动通信网络、IP网络等各种网络之间的融合与互通，提供独立于底层网络的标准业务。
 - 阶段三：基于泛在网络的协同思想，利用无处不在的各种有线和无线网络的差异性和互补性，将异构网络中分离的、局部的资源与能力进行联合的、有序的整合，为用户提供个性化的泛在网络服务。

网络、终端和业务的发展



IBM – 智慧地球

智慧的地球：下一代领导人议程

IBM 总裁兼首席执行官彭明盛讲话稿
外国关系理事会，纽约市，2008 年 11 月 6 日

Smart Planet

地球将获得更透彻的感应和度量、
更全面的互联互通、更深入的智能洞察

世界所想，我们所能



三大信息技术
1、感应技术
2、互联网
3、计算和软件

智慧引领转变

金融危机、气候变暖、恐怖主义、能源紧张、环境污染……日益融为一体使我们面临各种全球问题。但幸运的是，有一股新的力量的兴起，正在赋予人们能力去越来越智慧地解决这些问题。

三大信息科技动力，推进世界智慧进程

科技的发展使人类历史上第一次出现了几乎任何系统都可以实现数字量化和互联的事实，并且在此基础上我们能够做出更加智慧的判断和处理。

首先，各种创新的感应科技开始被嵌入各种物体和设施中，从而令物质世界被极大程度的数据化。

第二，随着网络的高度发达，人、数据和各种事物都将以不同方式联入网络。

第三，先进的技术和超级计算机则可以对这些堆积如山的数据进行整理、加工和分析，将生硬的数据转化成实实在在的洞察，并帮助人们做出正确的行动决策。

智能系统如何构成



智慧的银行

全新的市场环境与挑战，向中国的银行提出了三大课题：如何合规管理，规避各类金融风险；如何满足客户需求，提高行业盈利水平；如何深化 IT 建设，并支持业务发展？



智慧的医疗

如何令医疗水平大幅进步，进而呵护全人类的健康。



智慧的城市

如何让城市成为人类理想中的宜居家园。

[立即观看《基因地理工程：我们自身的历史》](#)



您能做什么？

最近，IBM 总裁兼 CEO Sam Palmisano 向企业领导及政府要员阐述了一系列可以令地球更智能的可能性。

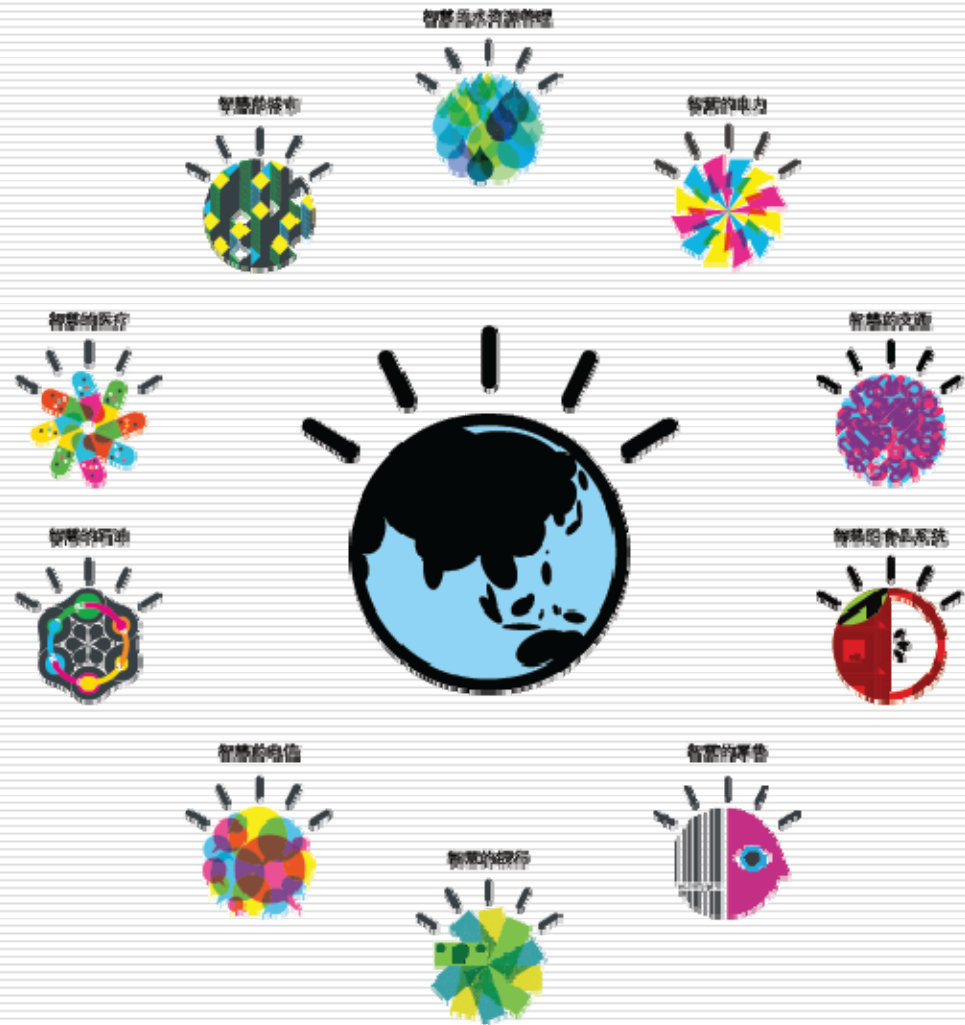
[→ 阅读他的讲话](#)

[观看他在美国对外关系委员会上的演讲视频（英文）](#)

IBM – Smart Planet

智慧地球的应用场景

- 智慧的水资源管理
- 智慧的电力
- 智慧的交通
- 智慧的食品系统
- 智慧的零售
- 智慧的银行
- 智慧的电信
- 智慧的石油
- 智慧的医疗
- 智慧的城市



智慧的交通



- 现有的城市交通管理基本是自发进行的，每个驾驶者根据自己的判断选择行车路线，交通信号标志仅仅起到静态的、有限的指导作用。这导致城市道路资源未能得到最高效率的运用，由此产生不必要的交通拥堵甚至瘫痪。
- 智慧的城市交通基础设施可以将整个城市内的车辆和道路信息实时收集起来，并通过超级计算中心动态地计算出最优的交通指挥方案和车行路线。



智慧的电网



- 现有的电力输送网络缺少动态调度，从而导致电力输送效率低下。
- 据美国能源部的统计，使用传统电网，大量上网电力被消耗在输送途中。



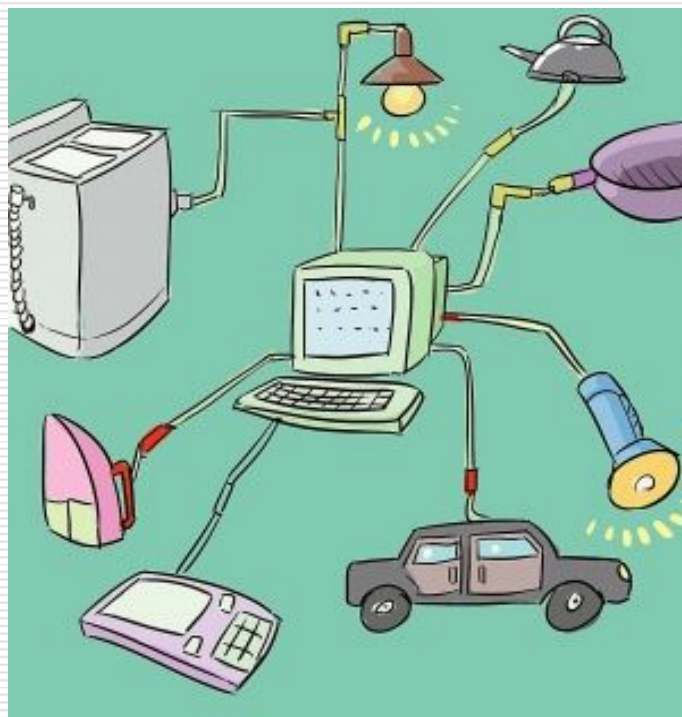
- 智慧的电网通过先进信息系统与电网的整合，把过去静态的、低效的电力输送网络转变为动态可调整的智能网络，对能源系统进行实时监测，根据不同时段的用电需求，将电力按最优方案予以分配。

“十五年周期定律”

- IBM前首席执行官郭士纳提出一个重要的观点：**计算模式每隔15年发生一次变革。**
 - 1965年前后发生的变革以大型机为标志；
 - 1980年前后以个人计算机的普及为标志；
 - 1995年前后发生了互联网革命（互联网革命一定程度上是由美国“信息高速公路”战略所催熟。 ）。
- 每一次这样的技术变革都引起企业间、产业间甚至国家间竞争格局的重大动荡和变化。
- **2010年前后？物联网？（智慧地球、网络军备竞赛）**

物联网

- 物联网是利用无所不在的网络技术建立起来的，是继计算机、互联网与移动通信网之后的又一次信息产业浪潮，是一个全新的技术领域。
- 现在的互联网主要实现的是人和人（**Person to Person**）之间的通讯，物联网包括人和机器的通讯，机器和机器（**M2M, Machine to Machine**）的通讯，包括传感器、控制器等。



物联网

- “**物联网**”（IoT, The Internet of Things）的概念是在**1999**年提出的，简言之，物联网就是“物物相连的互联网”。
- 这有两层意思：第一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络；第二，其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通讯。
- 物联网是指通过射频识别（RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通讯，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

物联网发展历程

- **1995年**，微软创始人比尔·盖茨在其《未来之路》一书中已提及物联网概念。
- **1999年**，在美国召开的移动计算和网络国际会议就提出，“传感网是下一个世纪人类面临的又一个发展机遇”。
- **2003年**，美国《技术评论》提出传感网络技术将是未来改变人们生活的十大技术之首。
- **2005年**，在突尼斯举行的信息社会世界峰会（**WSIS**）上，国际电信联盟（**ITU**）发布了《**ITU互联网报告2005：物联网**》，正式提出了“物联网”的概念。
- **2009年1月28日**，**IBM**首席执行官彭明盛向美国总统奥巴马提出“智慧地球”的构想，得到积极回应，并提升到国家级发展战略，物联网是“智慧地球”不可或缺的一部分。
-

比尔·盖茨——“未来之屋”

- 位于西雅图麦迪那区，“前临水、后倚山，招财纳库”——风水之地，耗资约1亿美元，花费7年时间建造。
- 设有气象感知器，电脑可根据各项气象指标，控制室内的温度和通风情况。
- 室内所有照明、温湿度、音响、防盗等系统都可以根据需要通过电脑进行调节。
- 地板中的传感器能在**15厘米**内跟踪到人的足迹，在感应到人来时会自动打开照明系统，在离去时自动关闭。
- 传感器根据树木需水情况，实现及时、全自动浇灌。
-



感知中国



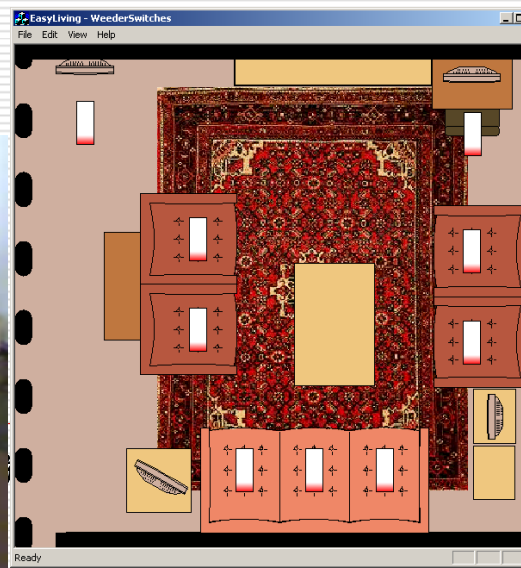
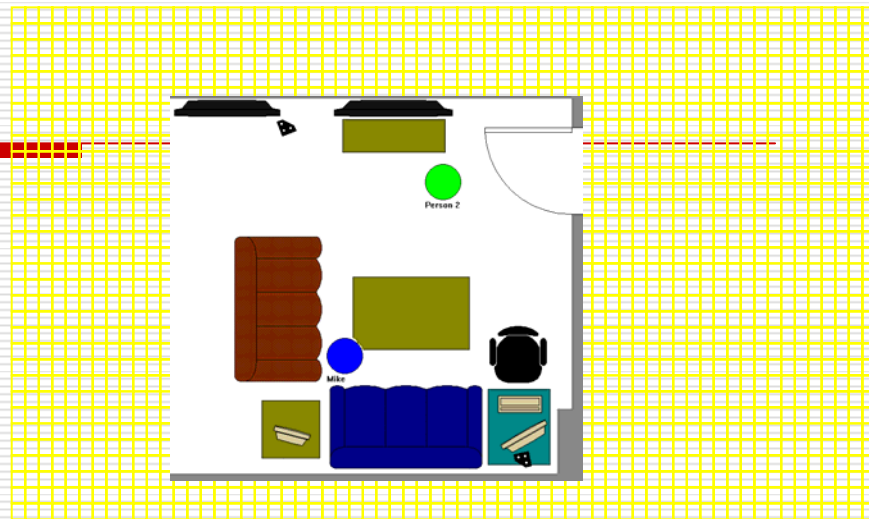
- **2009年8月7日**，国务院总理温家宝视察中科院嘉兴无线传感网工程中心无锡研发分中心，提出“在传感网发展中，要早一点谋划未来，早一点攻破核心技术”，并且明确要求尽快建立中国的传感信息中心，或者叫“感知中国”中心。
- **2009年9月11日**，“传感器网络标准工作组成立大会暨‘感知中国’高峰论坛”在北京举行，会议提出传感网发展相关政策。

物联网与TD-SCDMA网络融合

- 2009年8月24日，中国移动总裁王建宙访台期间解释了物联网的概念。
- 2009年11月12日，为促进物联网与TD-SCDMA网络融合、加快建设国家“感知中国”中心示范区，中国移动与无锡市政府签署战略合作协议。根据协议，中国移动将在无锡成立中国移动物联网研究院，重点开展TD-SCDMA与物联网融合的技术研究与应用开发；同时还将在无锡建设物联网数据中心，以支撑物联网相关业务的落地运营。广泛开展示范项目合作，在工业、农业、公共服务等各个领域开展形式多样的应用示范工程建设，包括环境监测、要地防入侵、智能交通、智能电网、智能家居等，由点到面，推动物联网产业链的健康成长，促进物联网产业的商业化和规模化发展。

Microsoft: EasyLiving

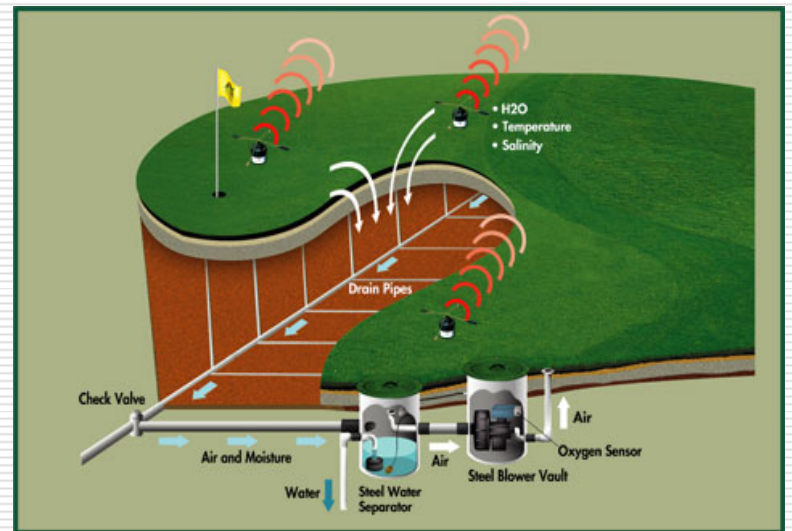
- 应用举例 - 残疾人护理
- 视力残疾
 - 通过PDA或麦克风通信
 - 获知周围信息: 谁, 哪儿, 什么
- 行动残疾
 - 虚拟现实, 减少你的必须活动量
 - 监视紧急事件发生



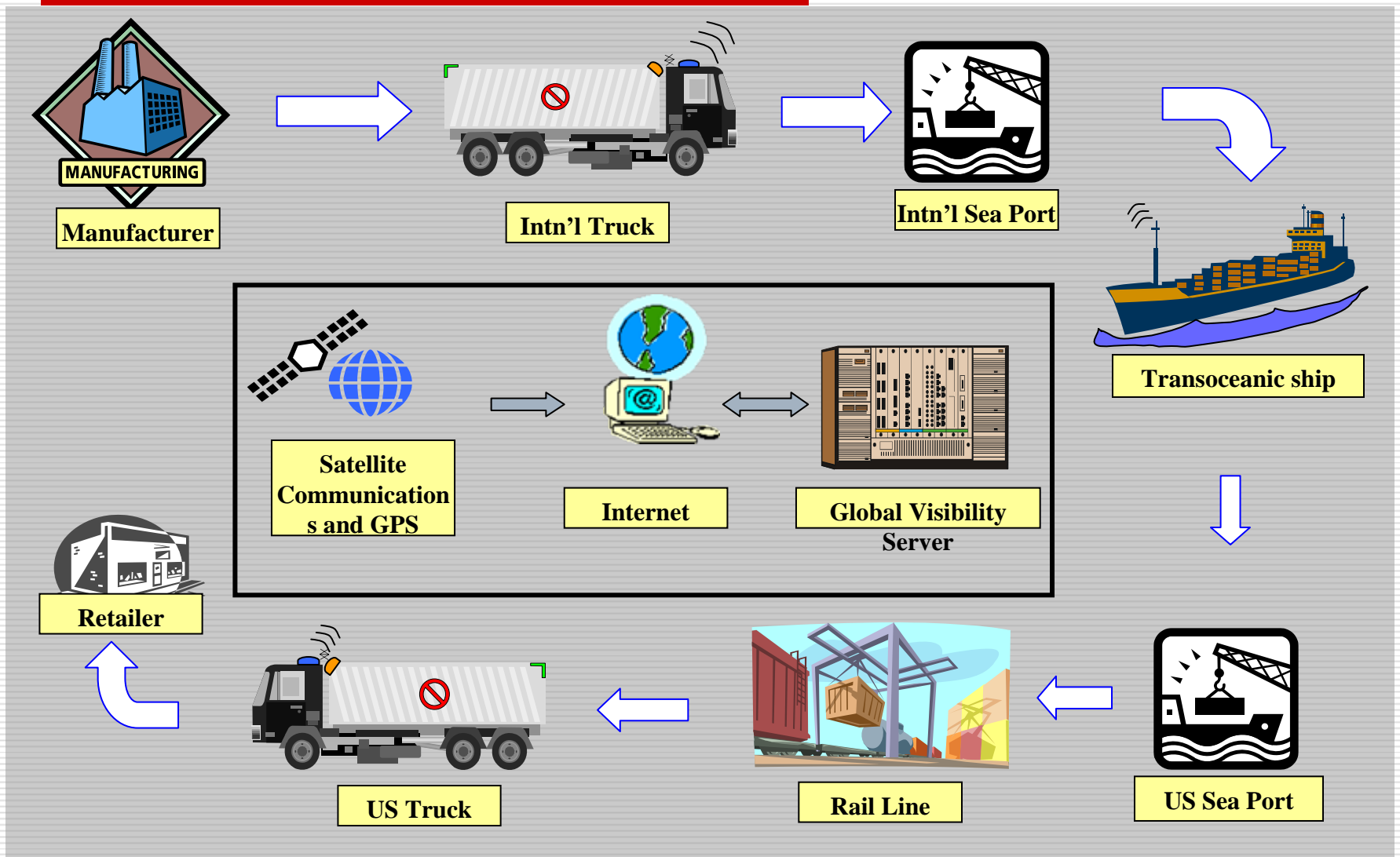
Actuators

现代化高尔夫球场

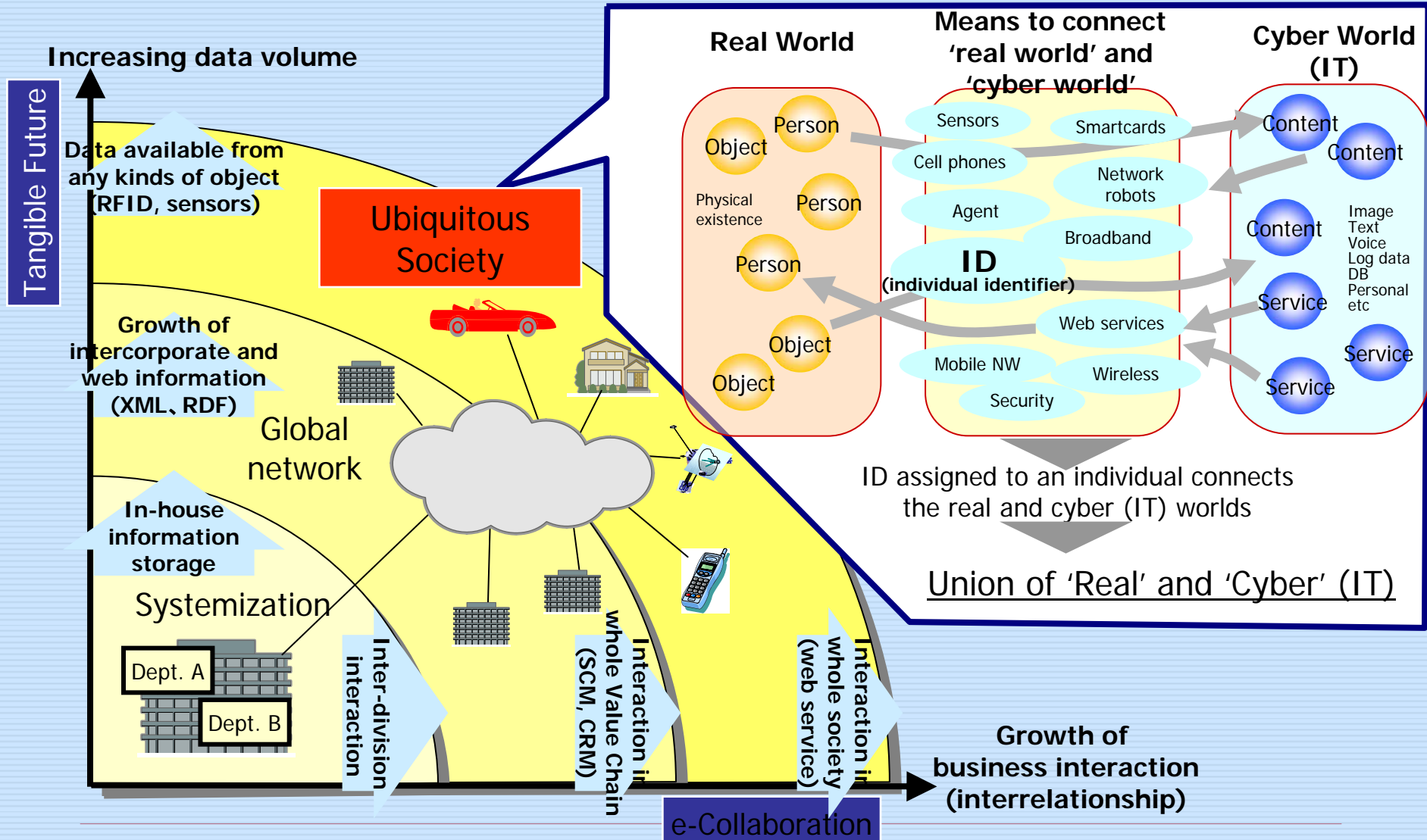
- 监测草皮土壤的温度、湿度和盐度；
- 自动控制地下曝气处理系统调节草根的水分、通风情况以及养料供给；
- 节点埋在草皮土壤下4英寸至8英寸深；
- 每个节点之间的距离大约是100至400米；
- 每30分钟采集并传输一次数据。



现代化物流系统



泛在信息社会 (Ubiquitous Society)



主要内容

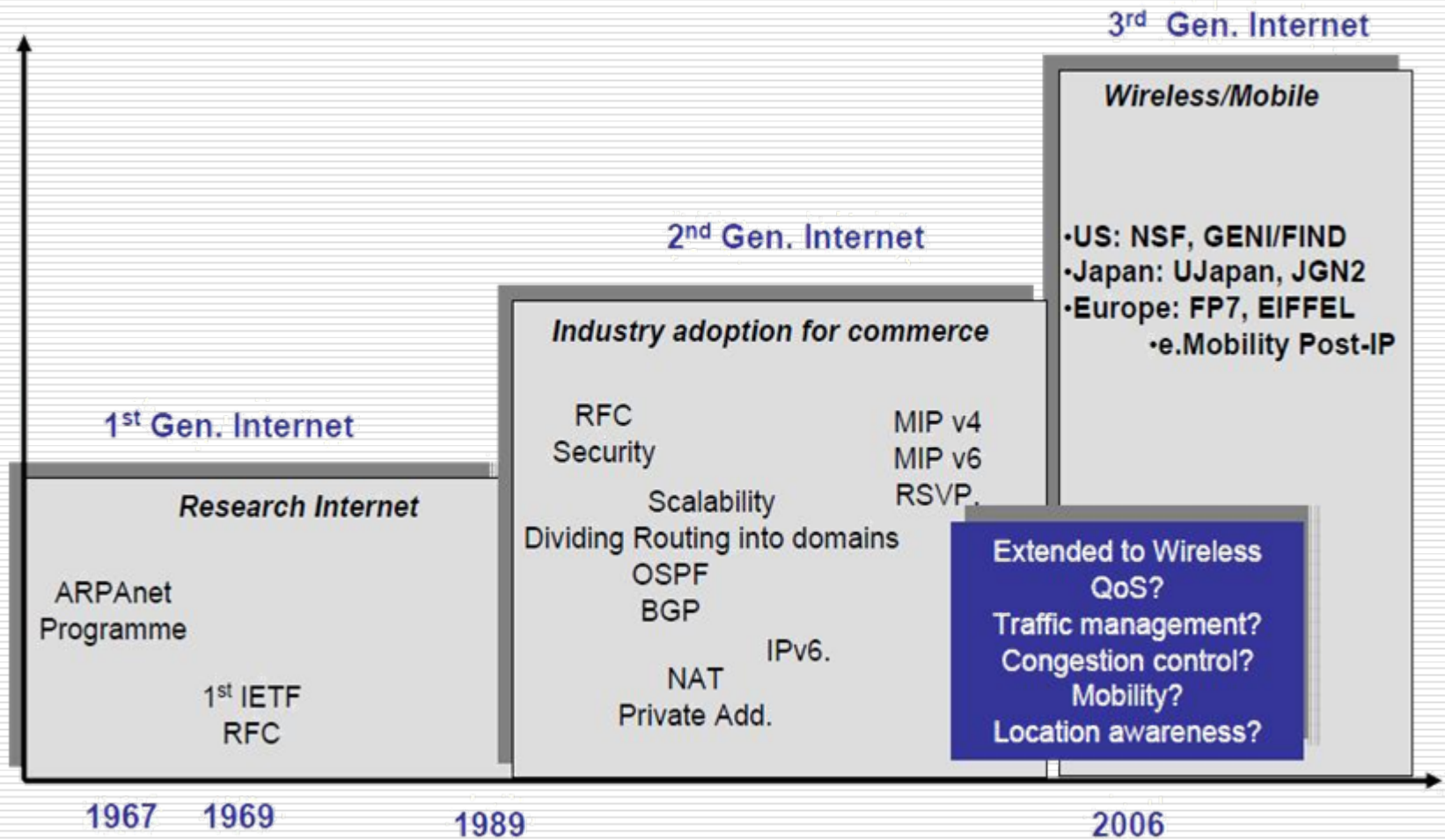


互联网发展趋势

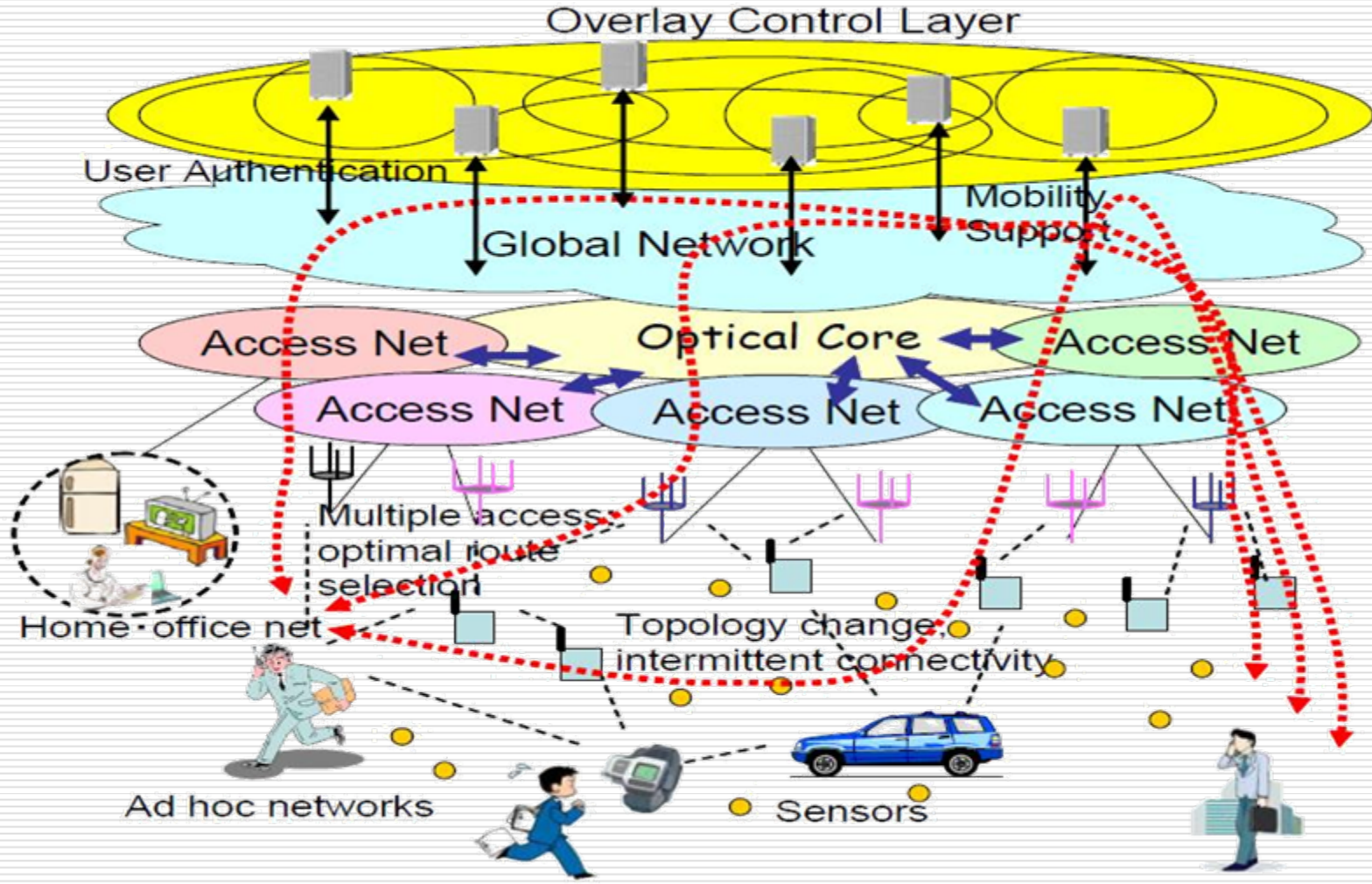
未来互联网体系结构研究

未来互联网关键技术研究

互联网体系结构发展趋势

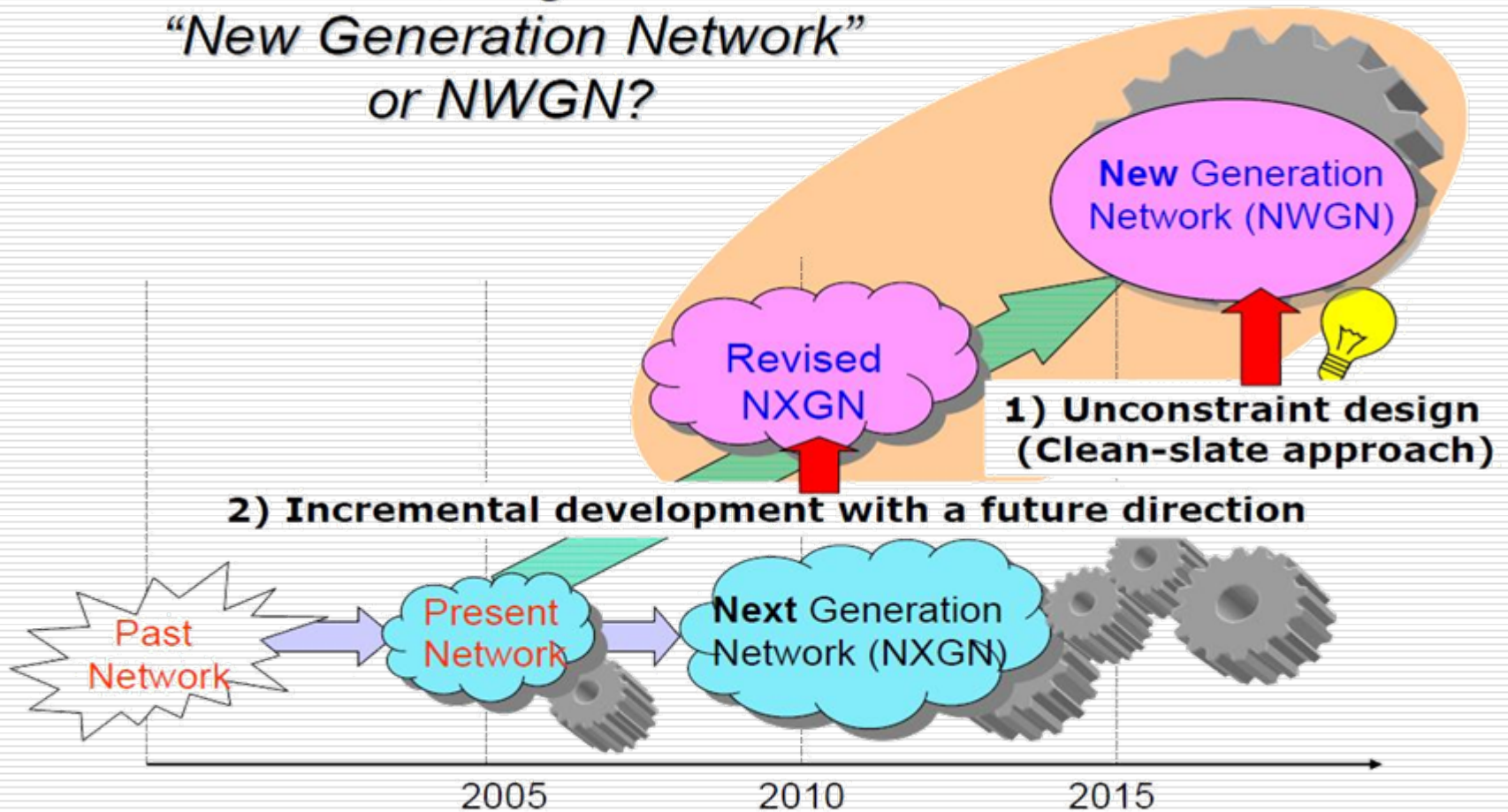


互联网体系结构发展趋势

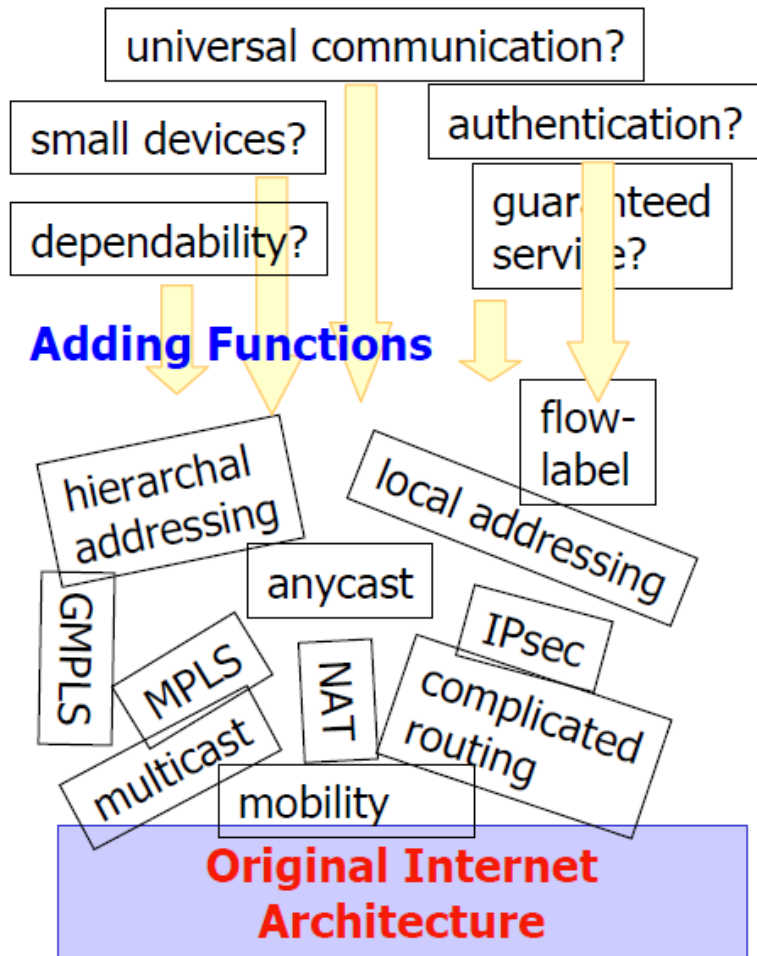


互联网体系结构发展趋势

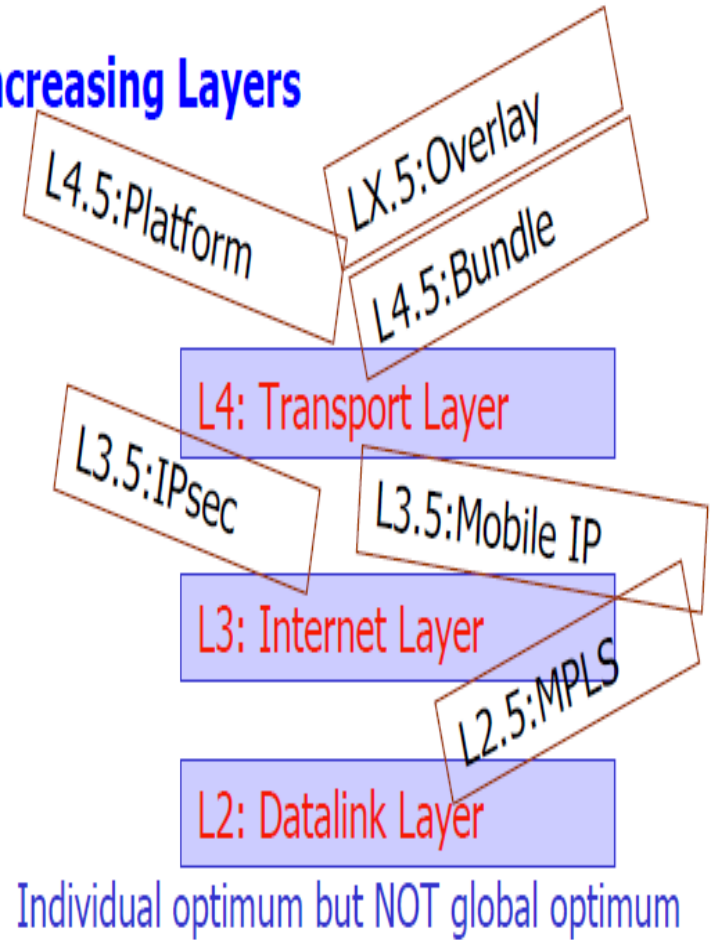
How to get to
“New Generation Network”
or NWGN?



互联网体系结构发展趋势



Increasing Layers



互联网体系结构发展趋势

Capacity for Quality

1. KISS (Keep It Simple, Stupid)
 - Crystal synthesis (select, integrate, simplify)
 - Common layer (layer degeneracy)
 - End-to-end (original Internet)

2. Reality Connection

- ID-Locator separation
- Bi-directional authentication
- Traceability

Reliable Network Space

3. Sustainable Evolution

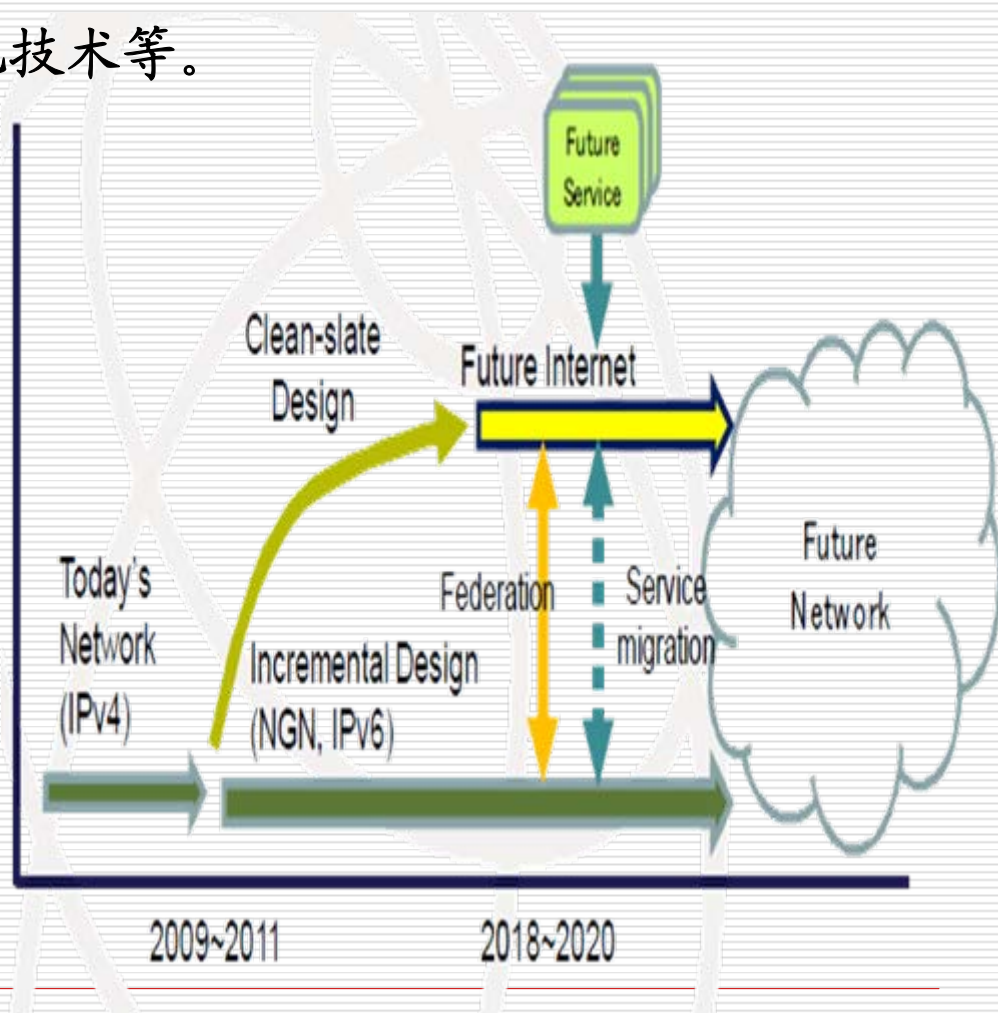
- Self-* properties (emergent)
- Autonomic distributed control
- Scalable
- Social Selection

For Future Diverse Society

□ ITU-T在网络体系结构方面的主要工作包括：
未来网络愿景、网络虚拟化技术等。

□ ITU-T 未来网络 (FN ,
Future Network)

- 未来网络能够提供革命性服务、能力和设施，很难利用现有网络技术实现；
- 采用 **Clean-slate** 设计方法；
- 若干种新型网络架构，包括自组织网络、重叠网、主动网络、上下文感知网络等；
- 不向后兼容现有网络。



美国 PlanetLab

PlanetLab是针对未来互联网的开放式试验平台，目标是在真实网络中试验，促使技术进步。

PlanetLab的显著特点:

- 增加新的层重叠到互联网体系中。
- 以互联网作为传输层的虚拟网。
- 业务切片，可在此平台进行各自的分片研究。

PlanetLab长期目标:

- 孵化下一代互联网
- 重叠于现有互联网之上部署新网
- 使面向业务的网络成为标准
- 计算作为本地化的网络资源



截止目前PlanetLab平台已分布在40多个国家的474个站点，总计950个节点。

美国——GENI/FIND

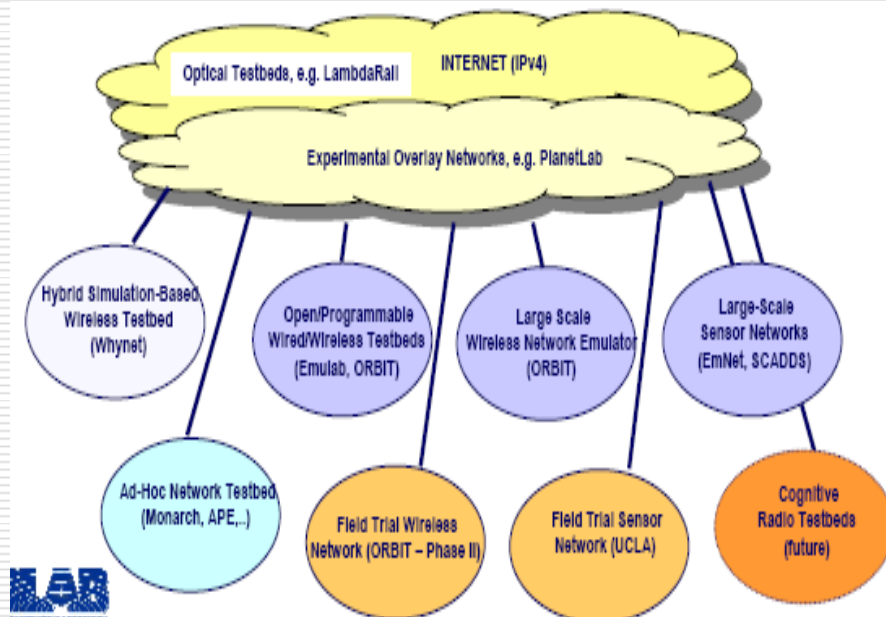
GENI使命： 创造新的网络和分布系统体系----“下一代Internet”，或者“新的改进的Internet”。

GENI吸收现有各种试验网（ORBIT、PlanetLab、WHYNET、Emulab、X-Bone、DETER等）成熟的思路和能力。

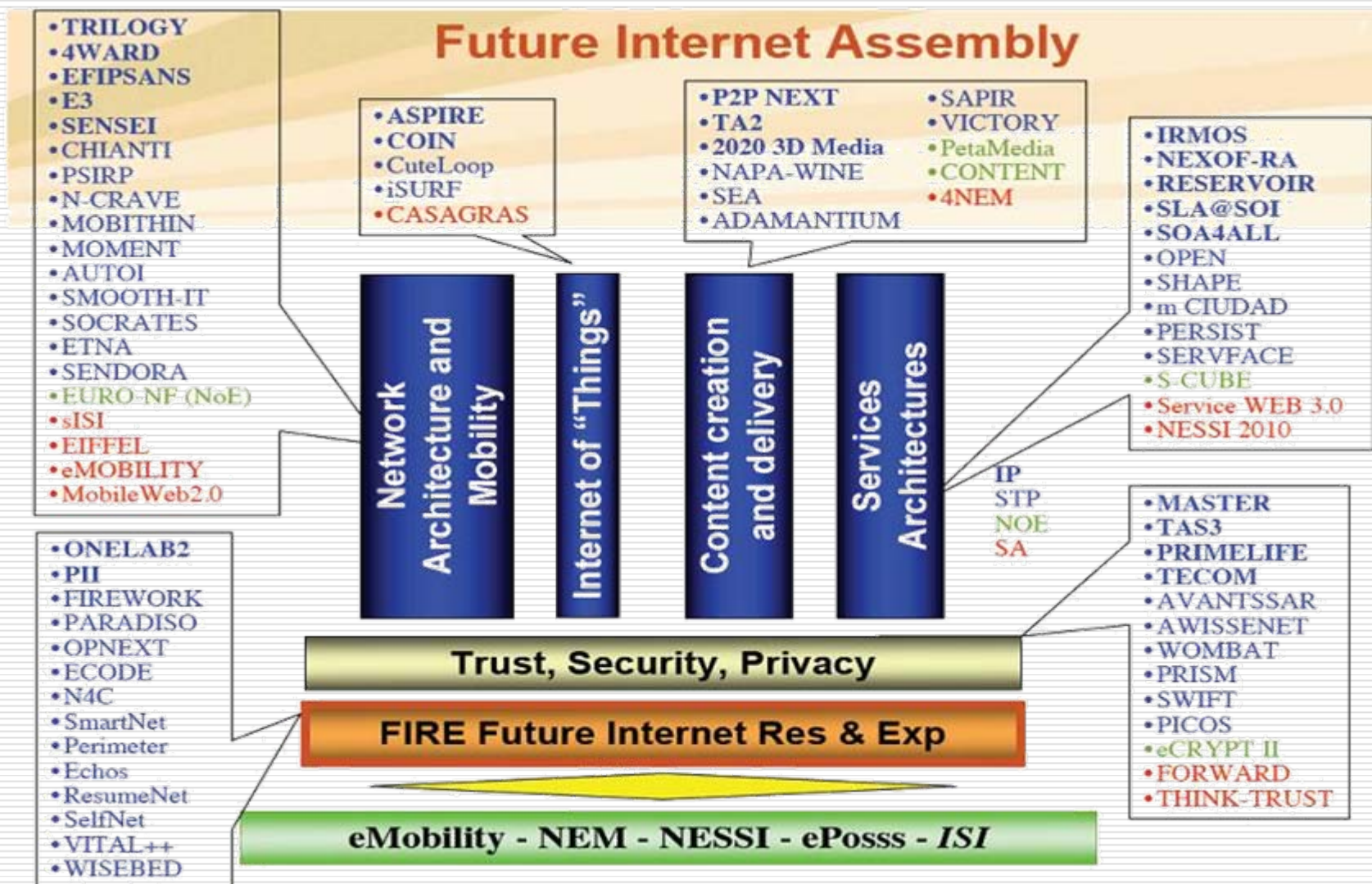
GENI核心理念：

- **可编程性：** 可下载软件到兼容节点；
- **虚拟化**和其他形式的**资源共享：** 允许多用户同时共享基础设施；
- **联合：** 不同部分的GENI属于不同的组织；
- **基于分片的实验：** GENI的资源分布在不同的平台和地域。

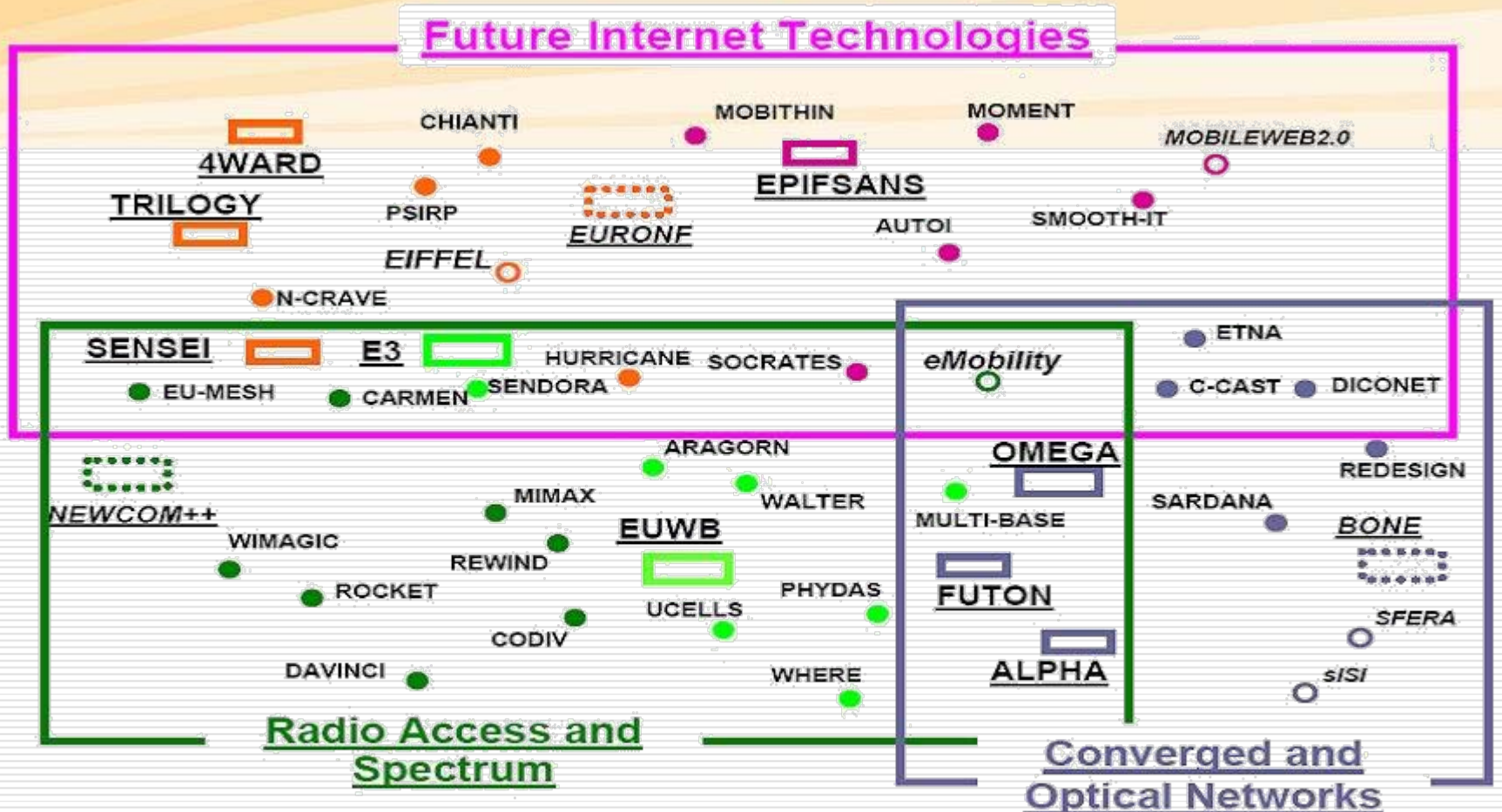
FIND更偏重于未来互联网体系框架研究。FIND设定应用、能力和技术3大研究主线。FIND已被NetSE取代，作为一个组成部分继续相关研究工作。



欧盟Future Internet项目



欧盟——FP7未来网络技术主要项目



注: STREP – Specific Targeted Research Project; IP – Integrated Project; SSA – Specific Support Action

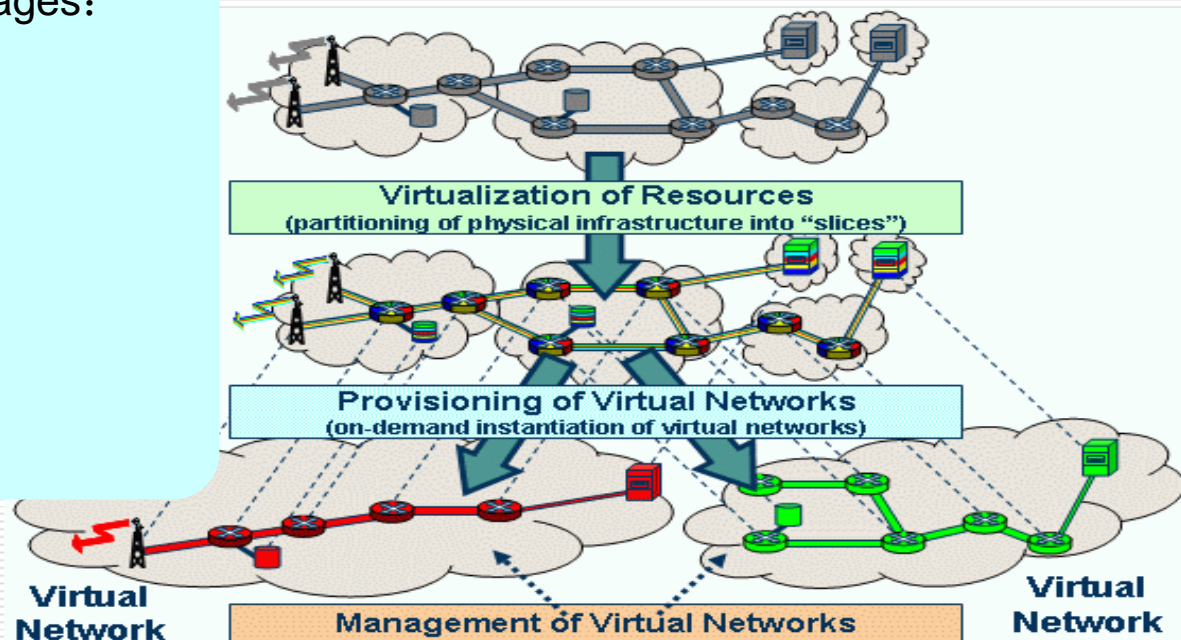
欧盟通过4WARD对可靠的和无处不在的协作网络进行研究；
促使网络和应用更简化和更快捷。

4WARD技术目标：

- 克服现有互联网的缺点
- 研究异构网络共存互联协同工作的网络架构
- 提出下一代互联网整体解决方案

4WARD正在开展6个Work Packages:

- WP1: 商业创新、管理和发布
- WP2: 新型架构原理和内容
- WP3: 虚拟网络
- WP4: 网络内部管理
- WP5: 通用路径管理
- WP6: 信息联网



TRILOGY: An Architecture for Change

TRILOGY认为互联网的网络功能可以分为两大类：

- (1) 建立和管理一个可扩展的，动态的，自主和弹性的网络（Reachability）；
- (2) 允许多方用户依据其不同的需求共享网络（Resource Control）。

TRILOGY技术目标：

- 1 为未来网络开发统一的网络控制架构；
- 2 针对互联网解决方案的关键控制技术：Reachability和Resource Control，进行开发和评价；
- 3 针对网络控制架构与关键技术解决方案进行商业和社会评估，包括内部和外部战略评价。



日本——AKARI

2006年启动AKARI新一代网络研究项目

目标在2015年前研究出全新的网络架构

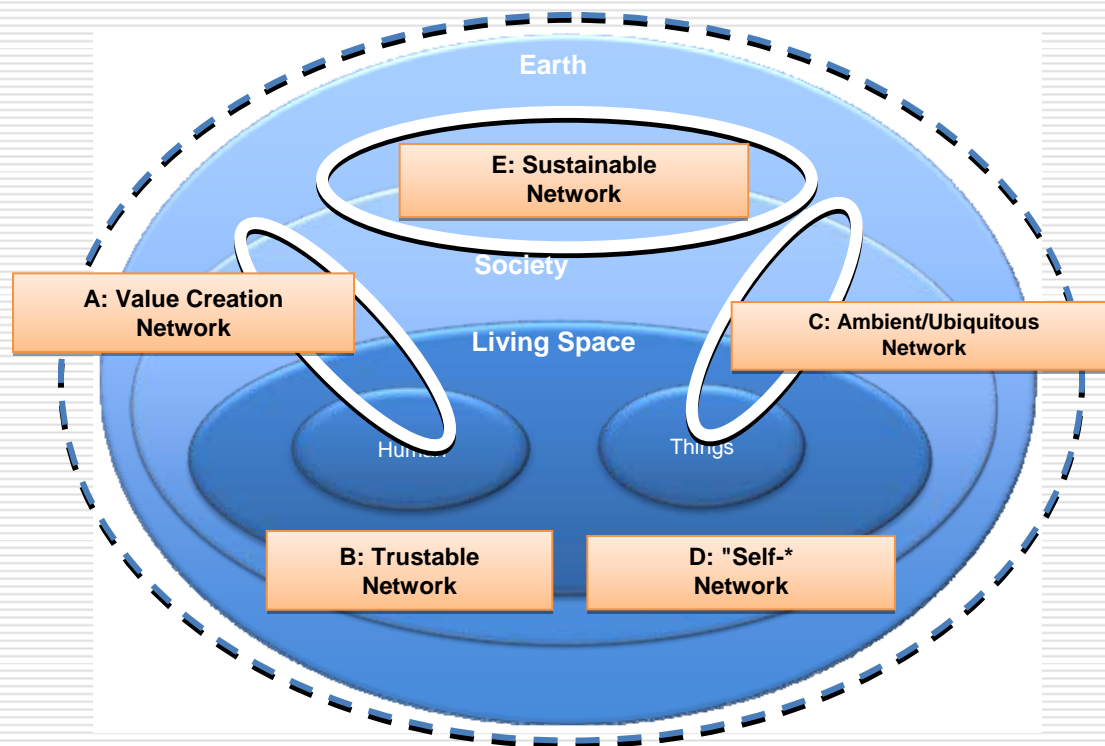
AKARI所遵循的设计原则:

KISS: keep it simple stupid

- ✓透明
- ✓通用分层
- ✓端到端

AKARI主要研究内容:

- 重叠网
- 网络虚拟技术
- 网络层次简化技术
- 新型网络模型
- QoS路由
- IP协议简化



主要内容



互联网发展趋势

未来互联网体系结构研究

未来互联网关键技术研究

互联网发展面临的问题

互联网发展面临的主要问题

演进型网络体系结构

革命型网络体系结构

节能减排

地址资源短缺

移动性管理

路由可扩展性

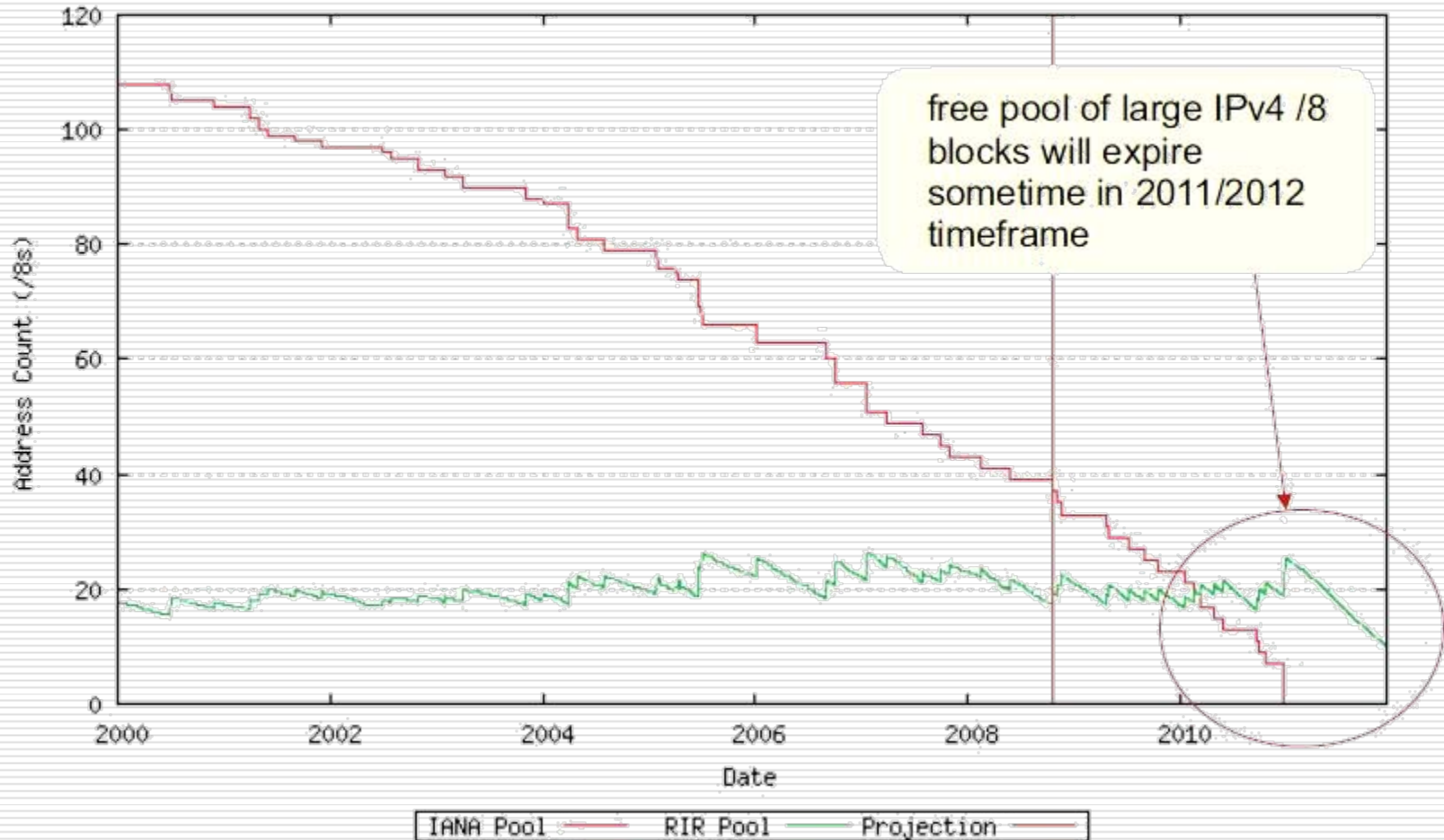
网络可控可管

安全问题

未来互联网关键技术研究

- IPv4-IPv6过渡技术
- 身份与位置分离技术
- 移动性管理 (**IP Mobility**)
- 自主网络 (**Autonomic Network**)
- 节能减排 (**Green ICT**)

全球IPv4地址即将耗尽



□ <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/index.html>

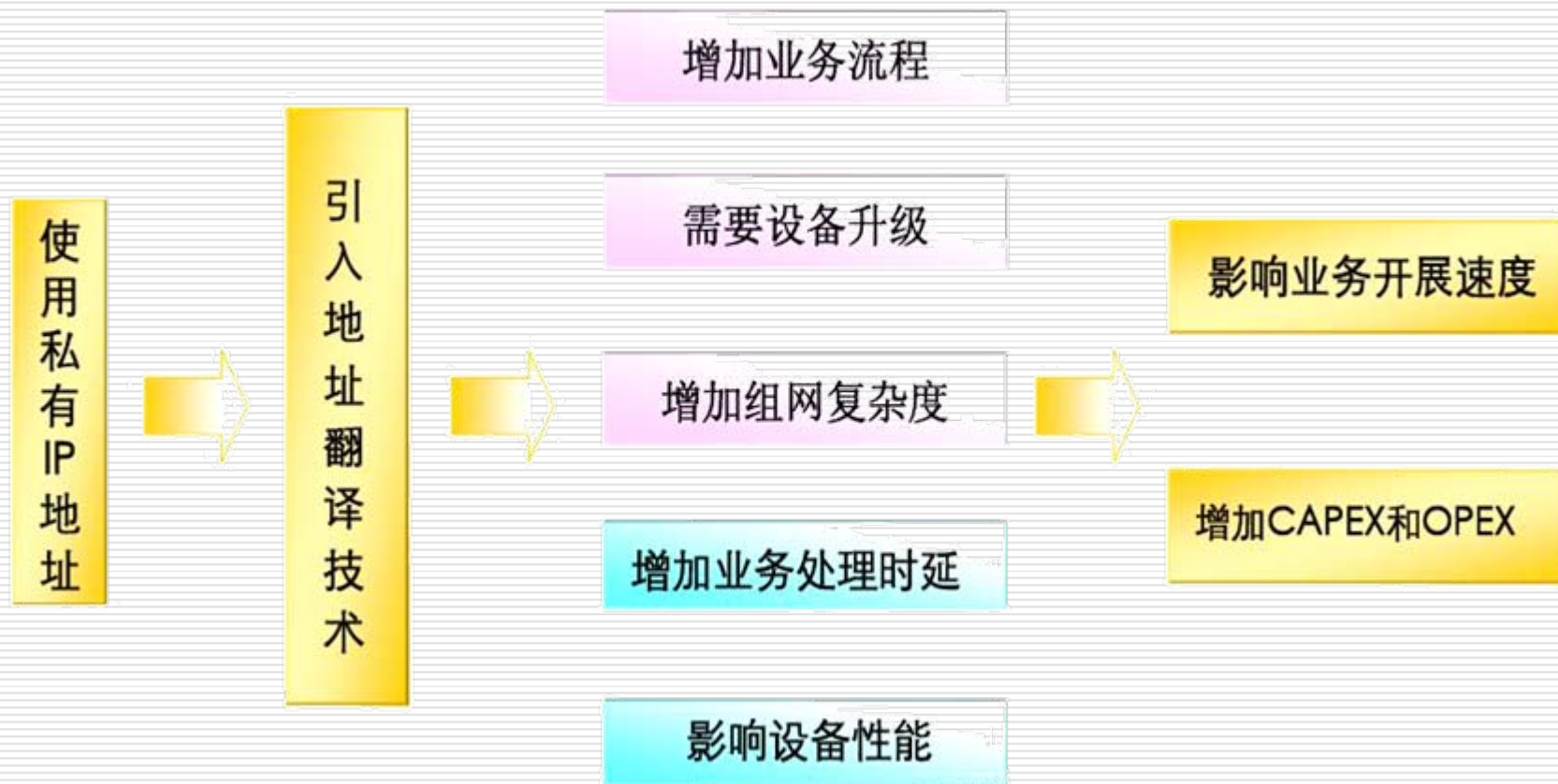
IPv4-IPv6过渡

- IPv4地址还有1年多就要耗尽了，虽然近年来IPv6增长很快，但是IPv6的规模目前依然还很小。
- 据APNIC统计，截至2009年9月：
 - 全球IPv6 BGP路由表条目数约2000条，而IPv4 BGP路由表条目已达300000条，IPv6路由条目与IPv4相比，仅约0.6%；
 - IPv6网络自治域（AS）数目约750个，而IPv4网络AS数目约25000，与IPv4相比，IPv6网络AS数目仅约3%；在欧洲，运行IPv6的“AS的比例仅为2.5%；
 - 在互联网交换点（欧洲有五分之一的交换点支持IPv6），IPv6/v4之比小于0.1的%（不包括“隧道”）。

IPv4-IPv6过渡

- 从上世纪**90**年代初，人们就发现随着商用化的进展，**IPv4**地址（**32**比特长度）短缺将是互联网面临的重大挑战之一！
- 为此提出了两种基本技术思路：一种是使用地址长度更大的（**128**比特）下一代IP协议 - **IPv6**，“一劳永逸”地解决互联网地址短缺问题；另一种是利用**地址复用技术**，提高地址资源的利用率，典型复用技术如网络地址/端口翻译（**NAT**）、动态地址分配和无类域间路由等。
- **IPv6**和**NAT**技术都能够解决互联网地址短缺问题，二者的核心区别在于是否坚持了互联网“端到端透明性”的核心设计理念。
- “**端到端透明性**”指将与通信相关的部分（IP网络）与高层应用分离，用户可以利用计算机和手机等终端的智能性产生各种信息和应用，网络只是简单传递信息而不做任何修改和控制，最大限度保证网络的开放性。
- **IETF**认为**NAT**有害于互联网的发展。解决互联网地址短缺的“正统”方案是**IPv6**，而不是**NAT**。

IPv4 NAT



IPv4-IPv6过渡

- IETF对待NAT技术态度的变化，大致分为3个阶段：
 - 阶段一：NAT有害论，坚决排斥阶段（1992～2002）。IETF认为NAT破坏互联网端到端的透明性，IPv6才是唯一的“王道”。虽然在这段时间市场上已经出现了大量的NAT，但认为做NAT会推迟IPv6的应用。
 - 阶段二：NAT无害论，勉强接受阶段（2003～2007）。市场上70%以上的企业都应用了NAT，甚至发展出了很多类型的NAT，多级NAT以及一些NAT的穿越技术。IETF意识到，即使不喜欢NAT，也需要对其进行标准化工作，否则情况只会变得更糟。
 - 阶段三：NAT有用论，（2007～）。随着IPv6在全球的部署缓慢，IETF终于承认NAT无害，而且认为即使是在IPv6时代，也是需要NAT的，即NAT66。于是，电信级的NAT，NAT66等成了2009年IETF的热点讨论问题。

IPv4-IPv6过渡

□ IPv6 NAT是必要的主要原因包括:

(1) 重编号, 一个用户换ISP重编号的解决方案, **NAT**技术目前是最好的, **IETF**推荐的**PI**技术不敢真正使用 (主要是路由扩展性问题) 。

(2) **Multihoming**, **NAT**技术目前是最好的。

(3) 内部拓扑的隐藏, 其他一些技术可以做到, **NAT**也可以。

□ **IETF**公开强调: 以上 (1) 和 (2) 两个问题是使用**IPv6 NAT**的核心, 出现以上**2**个问题的核心在于**IPv6**仍然用地址来标识**Interface**, **IPv6**的**ID/Locator**不分离、应用和主机没有名字造成的。

IP地址的“二义性”

- IP地址的“二义性”：身份属性 + 位置属性
- IP地址的这两种属性本身是矛盾的：
 - 身份属性要求按管理域分配，而位置属性则要求按拓扑分配；
 - 身份属性要求始终保持不变，而位置属性可能随着主机的移动而改变，即位置属性不唯一。



身份与位置分离技术

□ 解决IP地址“二义性”的思路

- 将IP地址的身份属性与位置属性分离

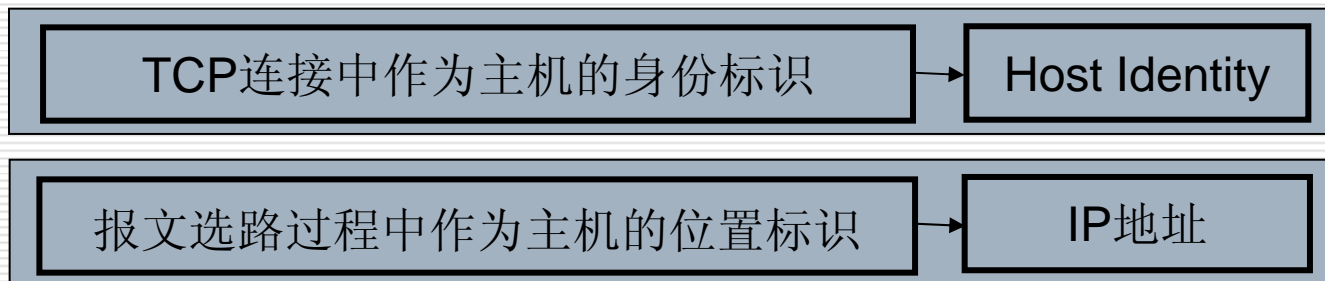
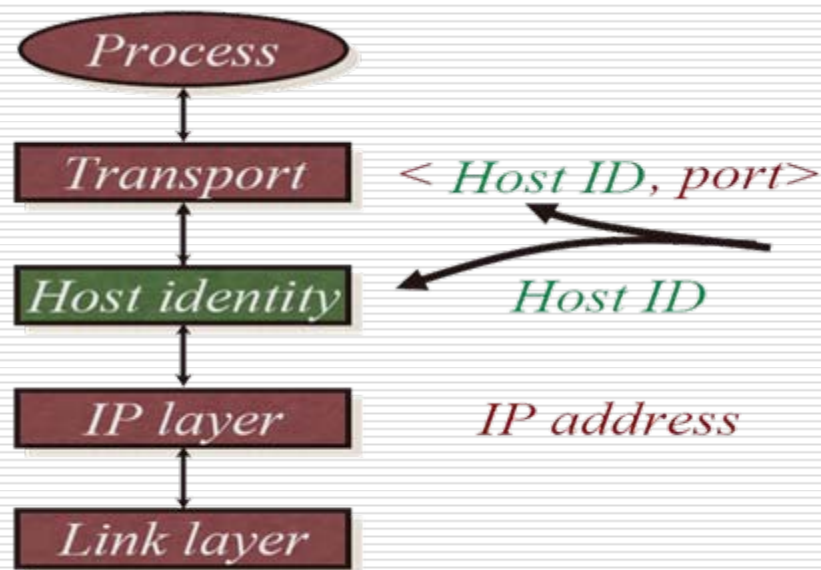
□ 研究现状

- 目前，已经提出的解决方案包括：HIP、LISP、SHIM6、APT、CRIO、IVIP、GSE等等。

HIP (Host Identity Protocol) ——终端侧

□ 解决思路：在传统TCP/IP协议栈网络层与传输层之间增加一个身份表示层，把IP地址的身份标识属性独立出来。

□ 在HIP中Host Identity标识终端身份，而IP地址标识终端位置。



HIP (Host Identity Protocol) ——终端侧

□ HIP主要解决了以下问题:

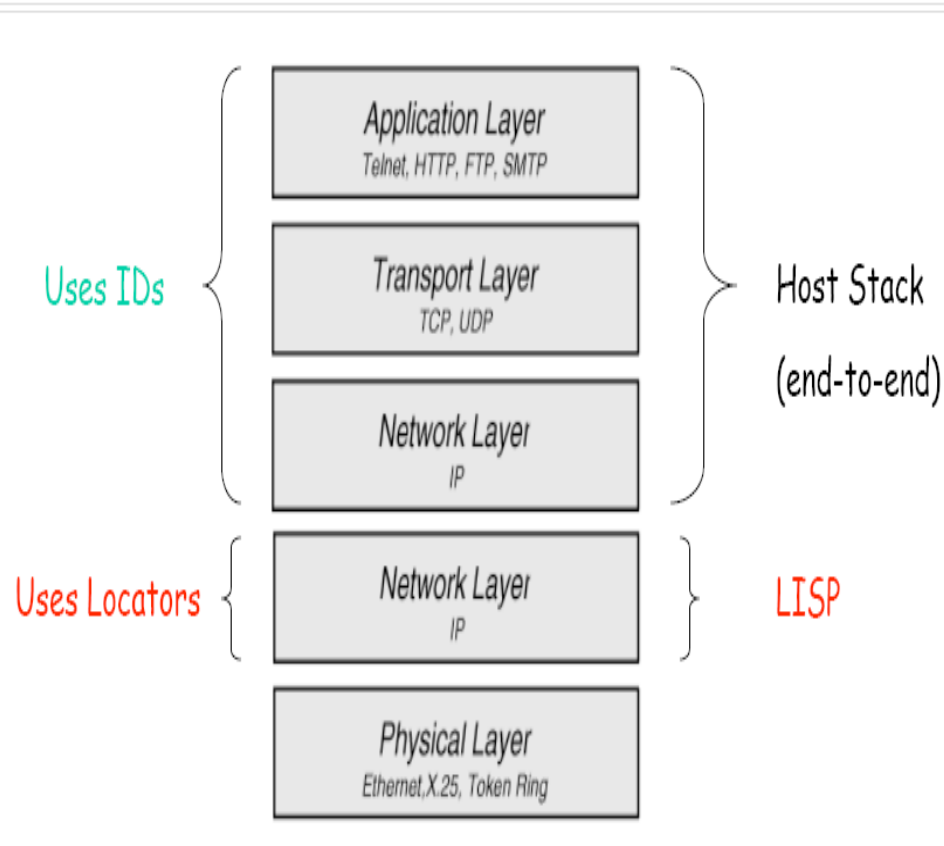
- 身份属性与位置属性的分离
- 支持终端的移动性
- 支持多家乡 (Multihoming)
- 提供了安全性
- 解决了端到端通信的问题

□ HIP的Host Identity标识为128bits的扁平化加密数字，不利于人们的理解。

LISP——网络侧

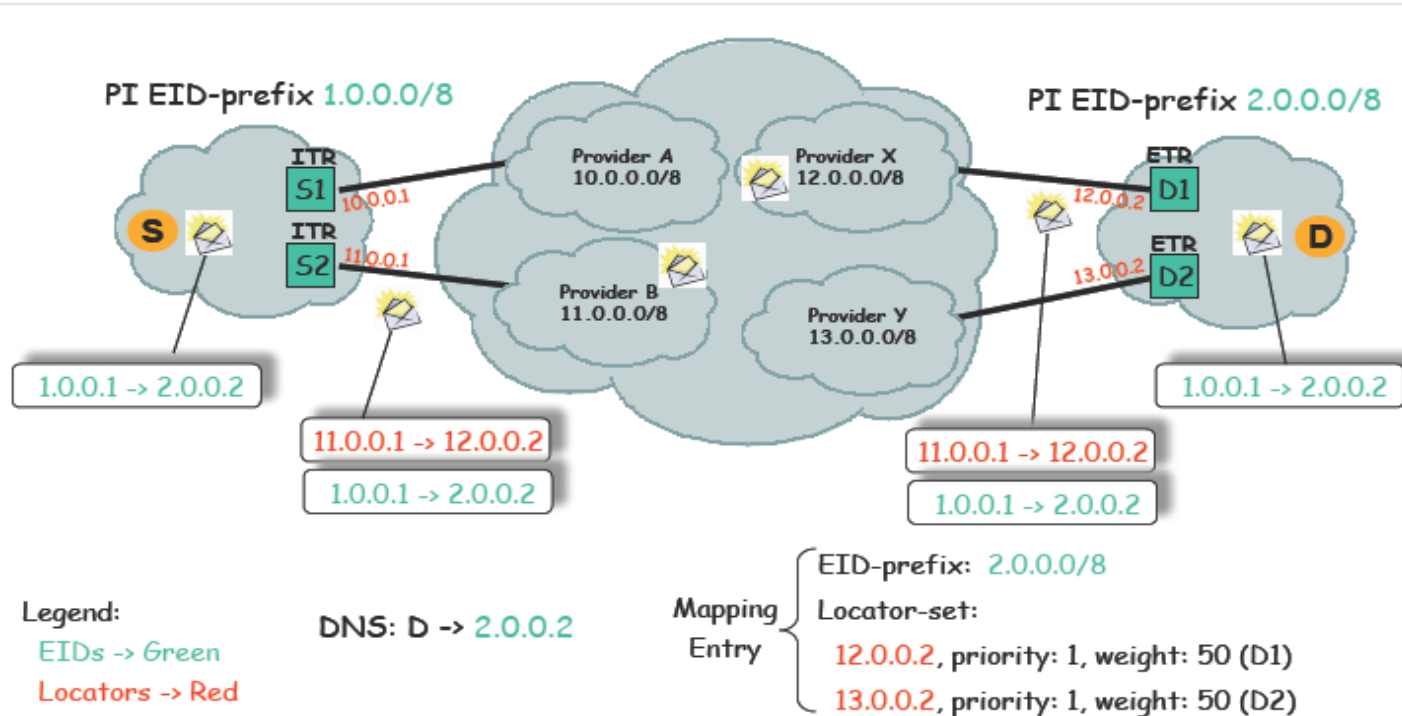
□ LISP: Locator Identifier Separation Protocol)

□ LISP是另一种基于ID/LOC分离的架构，思想是把IP地址的身份属性与位置属性有条件的分离，即在边缘网络内部，EID同时兼任身份属性和位置属性，但报文需要通过公网时，则EID只能充当身份标识，而边缘ITR的分配的特定Locator充当其公网中的位置标识。



LISP——网络侧

- LISP实现思想：用户网络分配一个EID前缀和一个全局Locator，然后在网络边缘做映射，把边缘用户网络的链路和拓扑变化状态控制在小范围内而不影响整个网络，解决路由可扩展性问题。
- LISP实际上是将路由系统的压力分担到了边缘的映射系统中。



LISP——网络侧

□ LISP主要解决了以下问题:

- 身份属性与位置属性的分离
- 多家乡问题 (Multihoming)
- 路由可扩展性问题

截至2009年12月9日10时11分, Internet核心路由规模达到310972条, 核心路由表规模持续呈超线性增长。



移动性管理（IP Mobility）

□ IP地址“二义性”

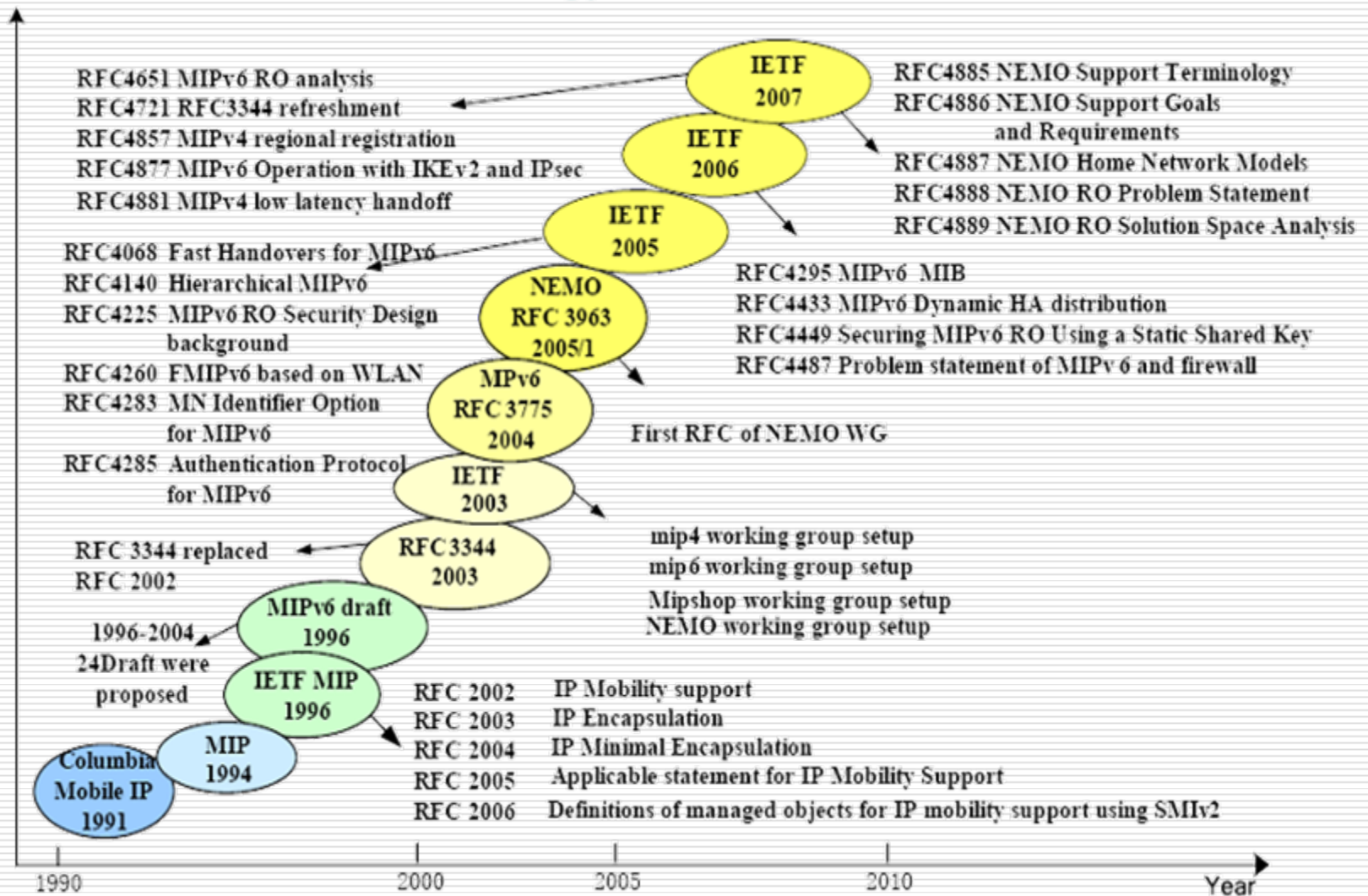
□ 主机移动性解决方案

- 终端侧：移动IPv4协议 / 移动IPv6协议 / DSMIPv6
- 网络侧：代理移动IPv6协议（Proxy MIPv6）

□ 子网移动性解决方案

- NEMOv6（NEtwork MObility）

IP Mobility标准进展



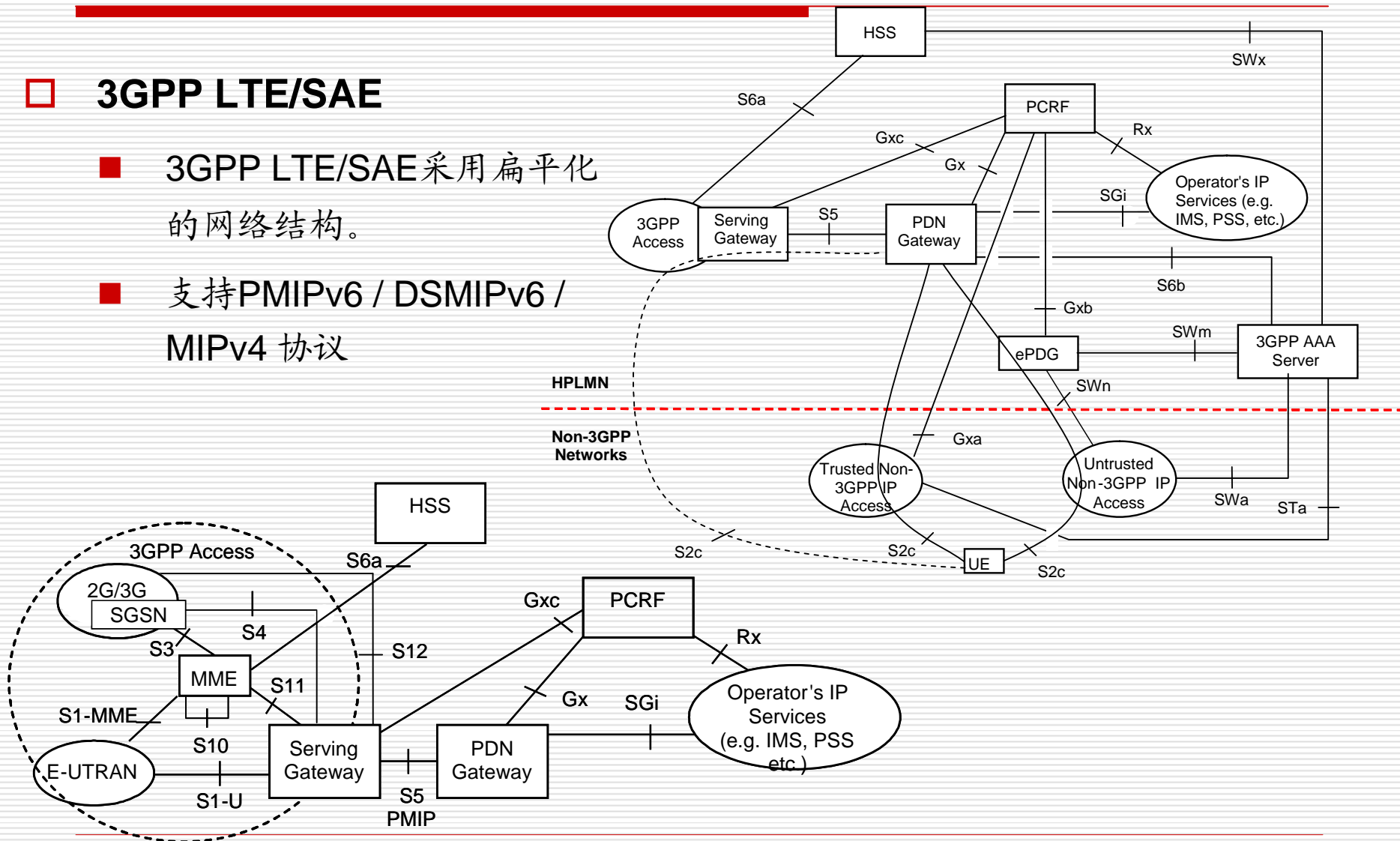
IP Mobility标准进展

- **MIP4** (Mobility for IPv4)
- **MEXT** (Mobility EXTensions for IPv6)
 - **MIP6** (**M**obility for IPv6)
 - **NEMO** (**N**etwork **M**obility)
 - **MONAMI6** (**M**obile **N**odes and **M**ultiple **I**nterfaces in IPv6)
- **NETLMM** (Network-based Localized Mobility Management)
- **NetEXT** (Network-Based Mobility Extensions)
- **MIPSHOP** (MIPv6 Signaling and Handoff Optimization)
- **Multimob** (Multicast Mobility)
-

IP Mobility标准进展

3GPP LTE/SAE

- 3GPP LTE/SAE采用扁平化的网络结构。
- 支持PMIPv6 / DSMIPv6 / MIPv4 协议



移动IP协议

- 移动IP协议是一种网络层移动性管理方案，提供对节点移动性的支持，保证移动节点在改变网络接入点时，仍然可以保持正在进行通信的连续性。

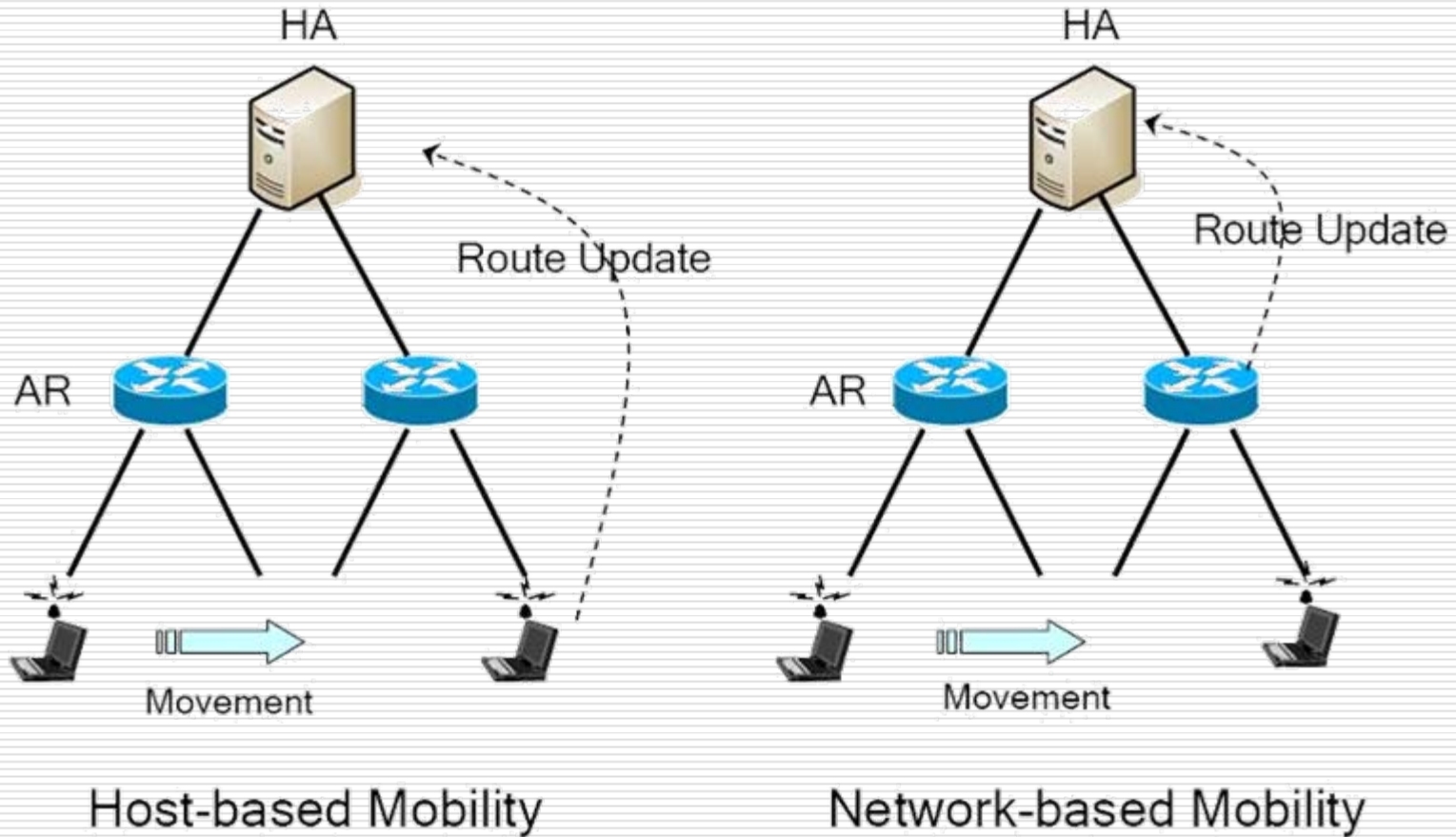
- 基本思想
 - 移动节点使用一个永久IP地址接入到网络，并进行通信。
 - 当移动节点发生运动改变网络接入点时，使用一对IP地址，实现移动过程中接入网络通信的能力。
 - 家乡地址（HoA, Home Address）- 永久地址
 - 转交地址（CoA, Care-of Address）- 临时地址
 - 隧道技术（IP-in-IP Tunneling）

MIPv4 vs. MIPv6

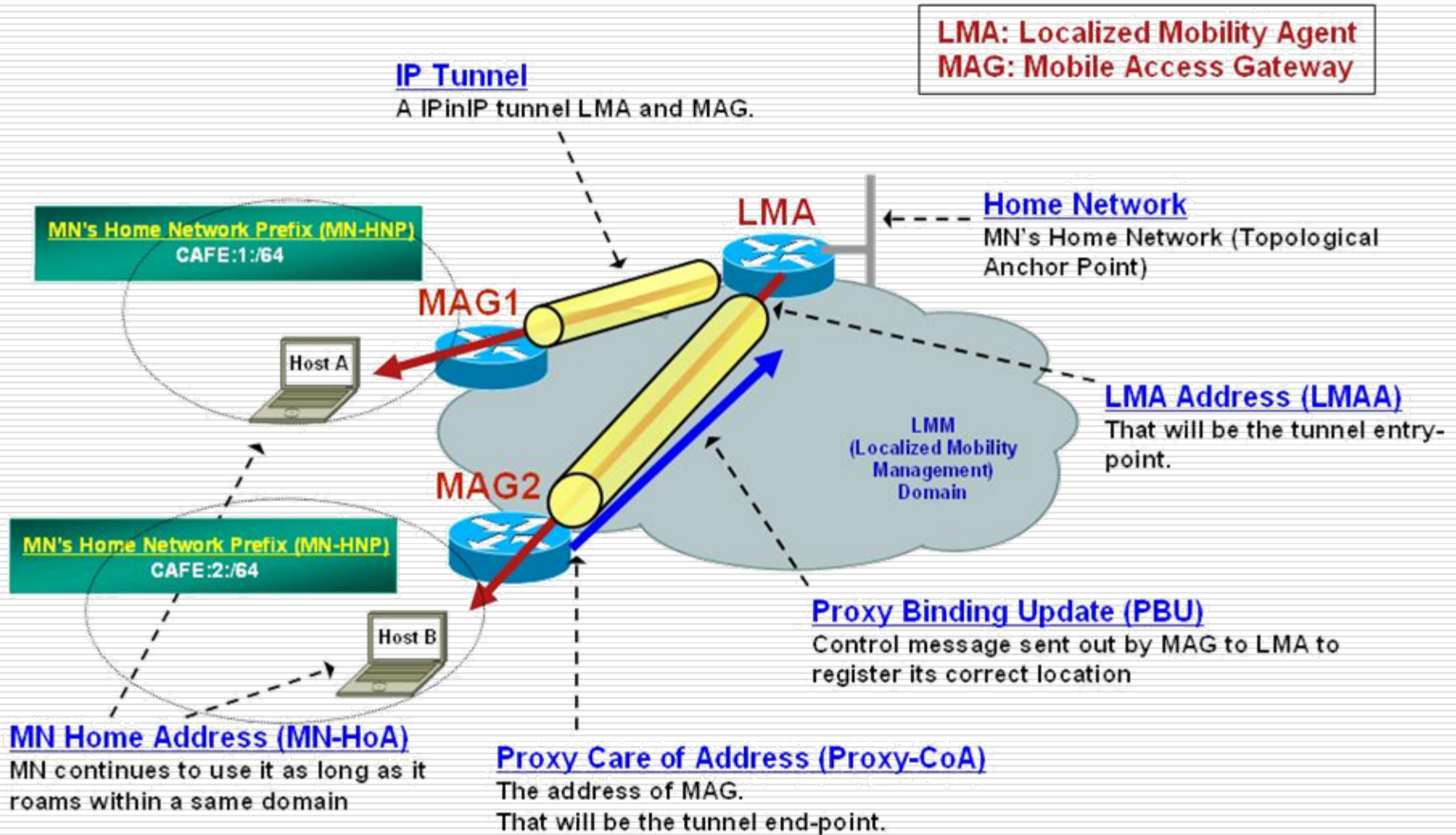
功能	MIPv4 (RFC 3344)	MIPv6 (RFC 3775)
功能实体	HA、FA、MN	HA、MN、CN
移动检测	外地代理发现	IPv6邻居发现
转交地址 获取方式	DHCP, 或手动配置	无状态地址自动配置, DHCP, 或手动配置
地址长度	32比特	128 比特
转交地址	Co-located CoA 或Foreign Agent CoA	Co-located CoA
数据包转发方式	隧道方式	隧道方式或优化路由
隧道实现方式	HA - FA, 外地代理封装	HA - MN, 移动节点解封
动态家乡代理地址发现 (DHAAD)	Directed Broadcast, MN收到所有HA的回复	Anycast Addressing, MN仅收到一个HA的回复
安全功能	无	IPSec

PMIPv6

□ PMIPv6 – Proxy Mobile IPv6

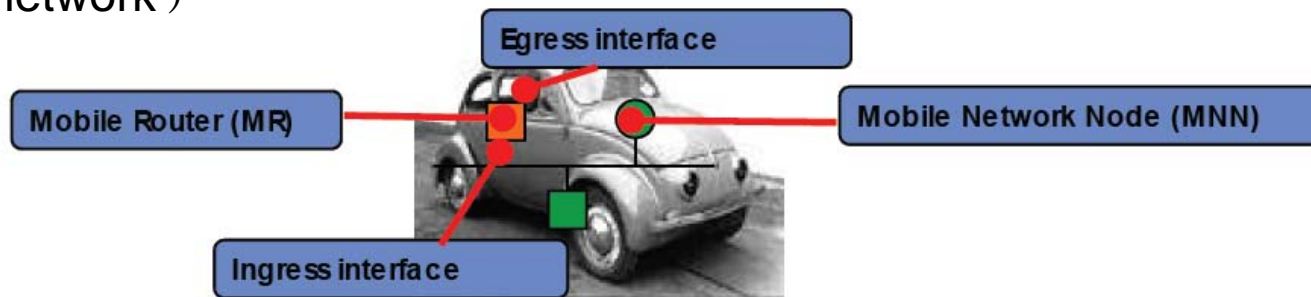


PMIPv6



NEMO (Network Mobility)

- **MR:** Mobile Router
 - Egress interface: connected to the Internet topology
 - Ingress interface: connected to the NEMO-link (within the mobile network)

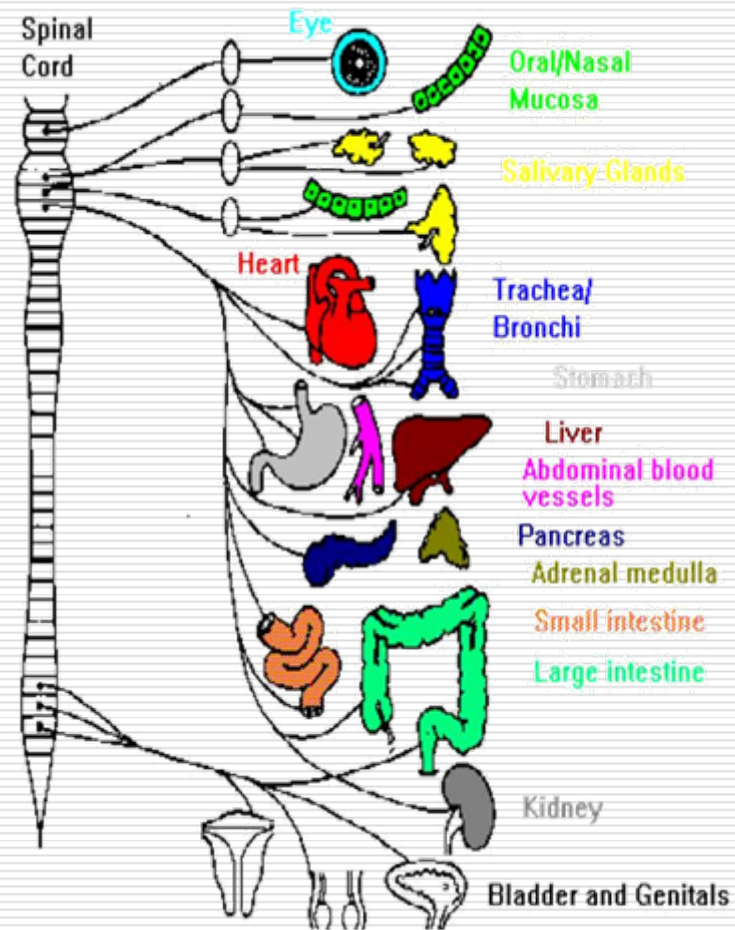
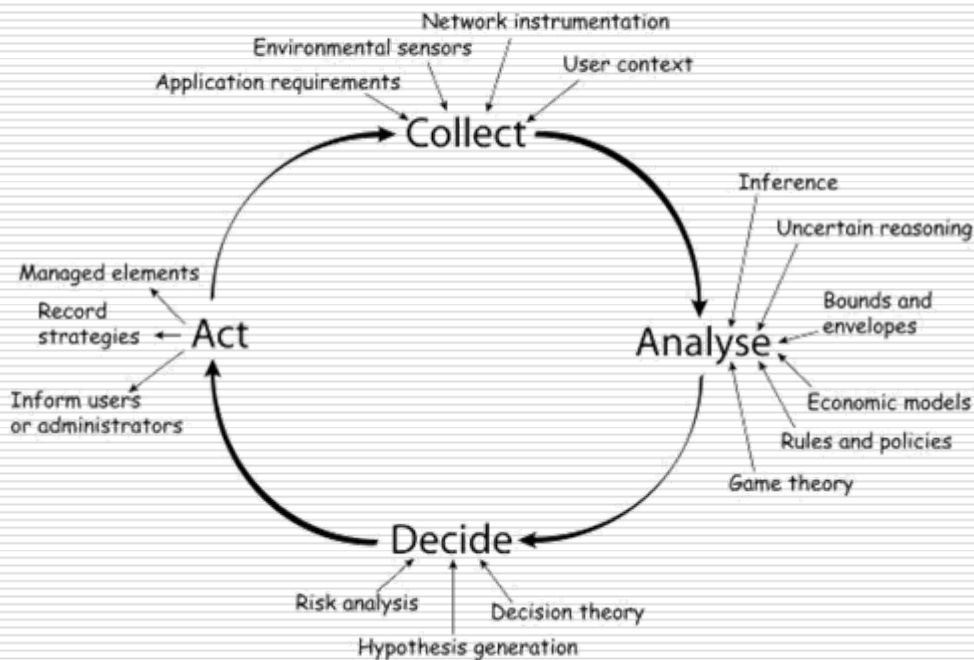


- **MNN:** Mobile Network Node
 - LFN: Local Fixed Node
 - LMN: Local Mobile Node
 - VMN: Visiting Mobile Node
- **NEMO-Prefix:** identifies all nodes in the mobile network
- **MR_HoA:** MR's egress interface on home link

自主网络 (Autonomic Network)

□ Autonomic的基本思想

- Control Loop
- Self-X



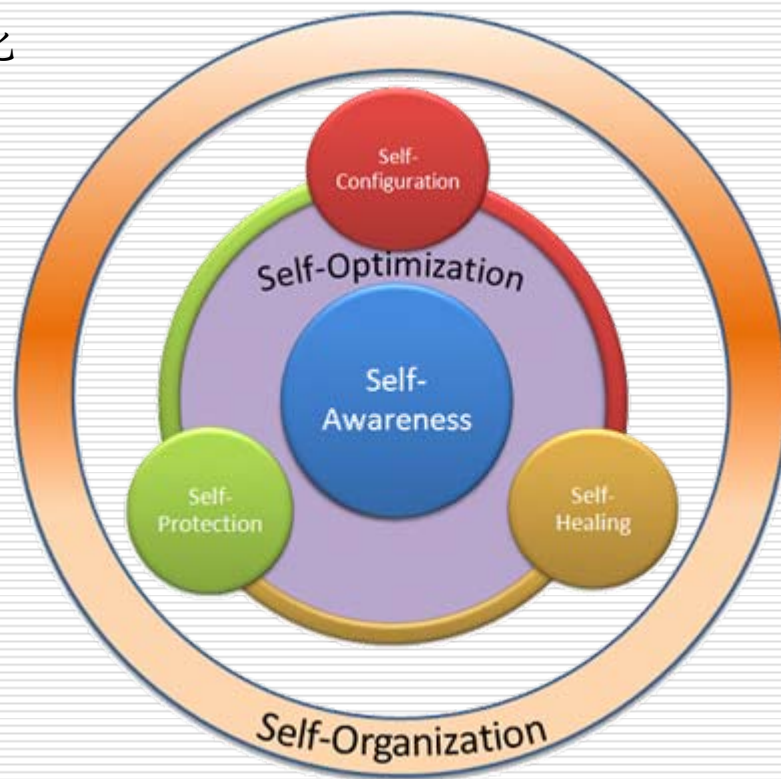
自主网络（Autonomic Network）

□ 自主网络的目标

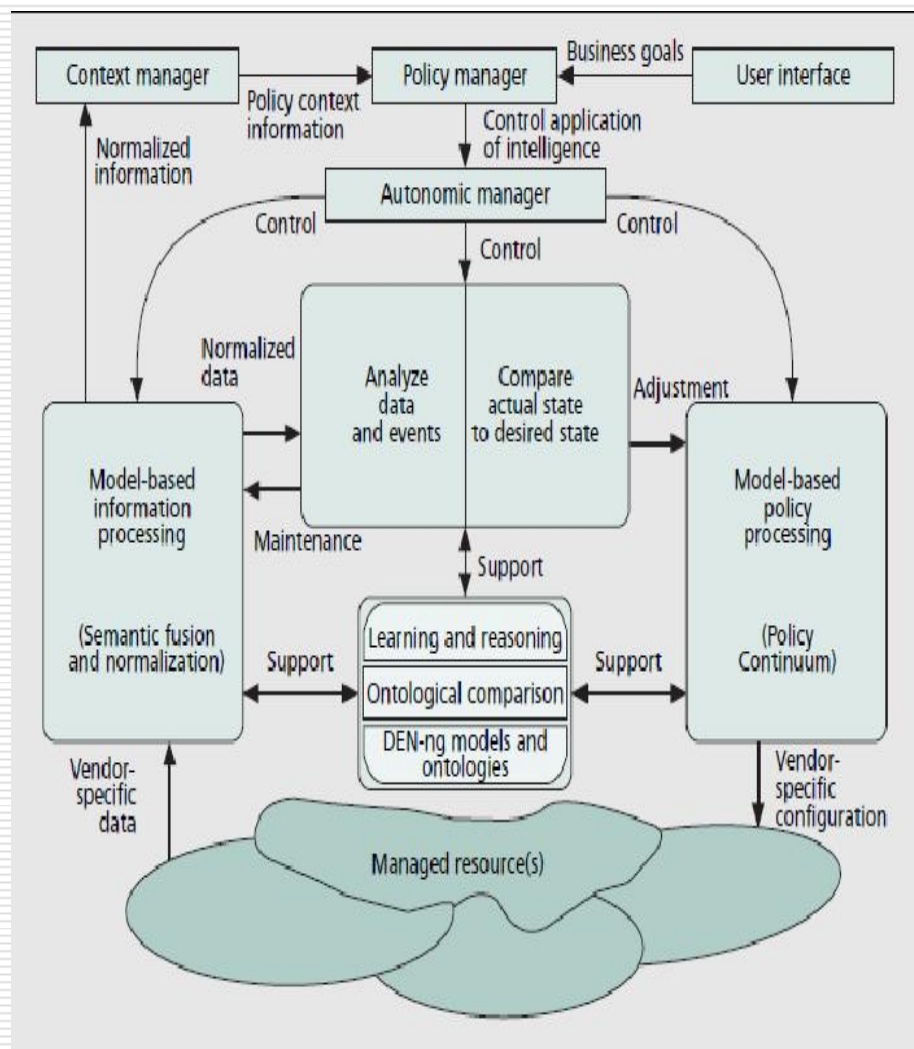
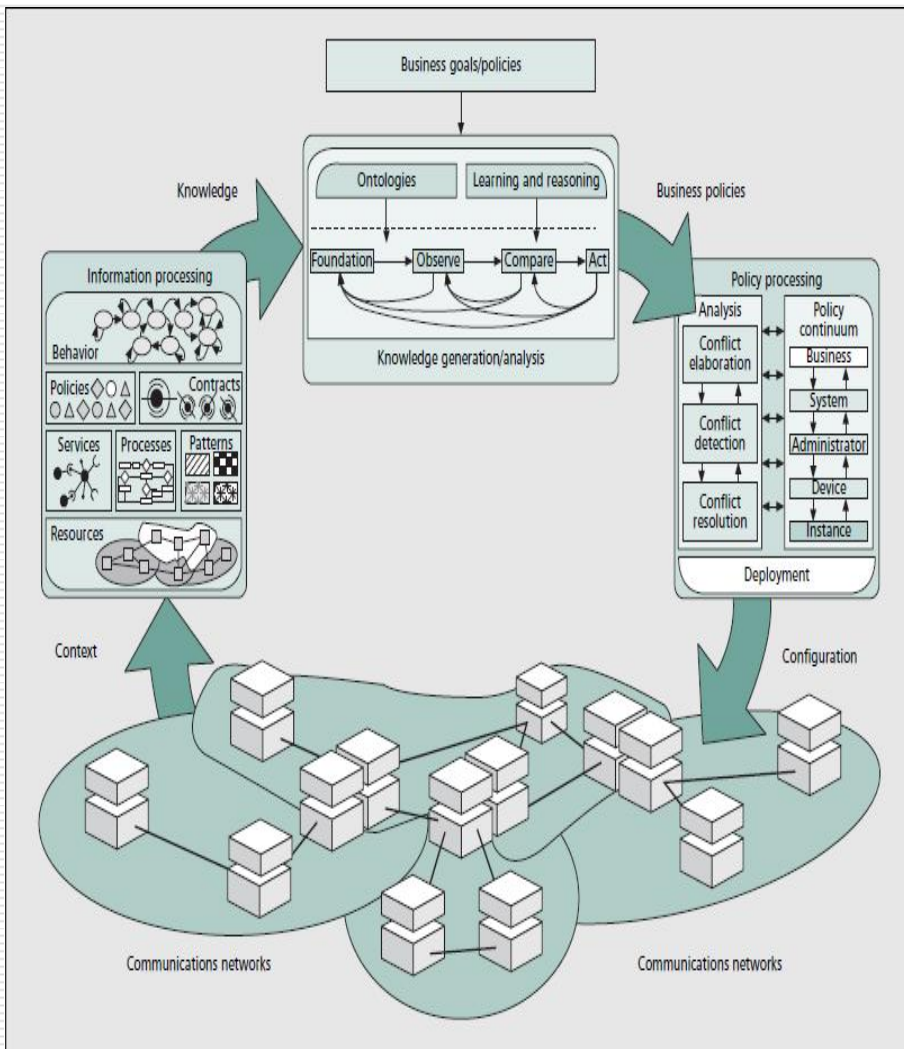
- 简化现有网络的管理复杂性
- 自动处理网络出现的未知系统变化
- 减少现有网络的人工干预和管理

□ 网络系统的自我管理特性

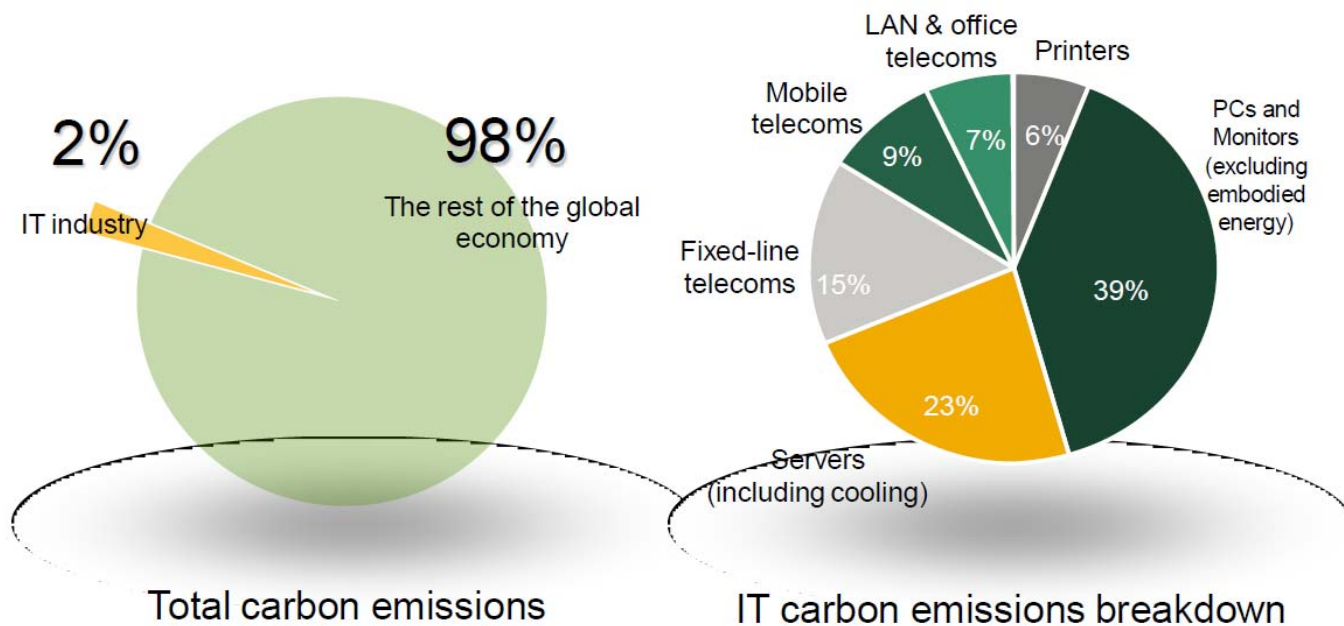
- 自感知（Self-Awareness）
- 自配置（Self-Configuring）
- 自保护（self-Protection）
- 自愈合（self-Healing）
- 自优化（Self-Optimization）
- 自组织（Self-Organization）



自主网络 (Autonomic Network)



ICT -- Worldwide Greenhouse Gas Emissions

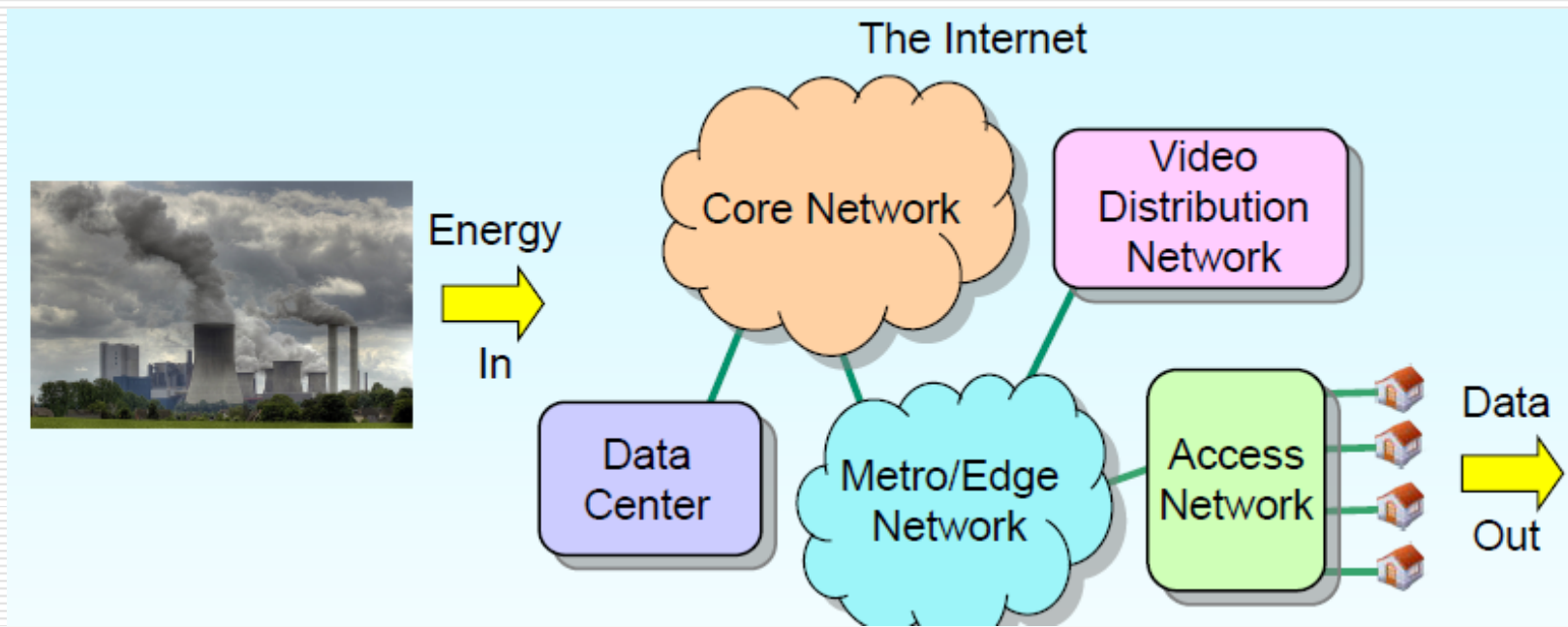


Gartner统计数据显示，ICT行业造成的二氧化碳排放量占全球二氧化碳总排放量的2%，与航空业相同。

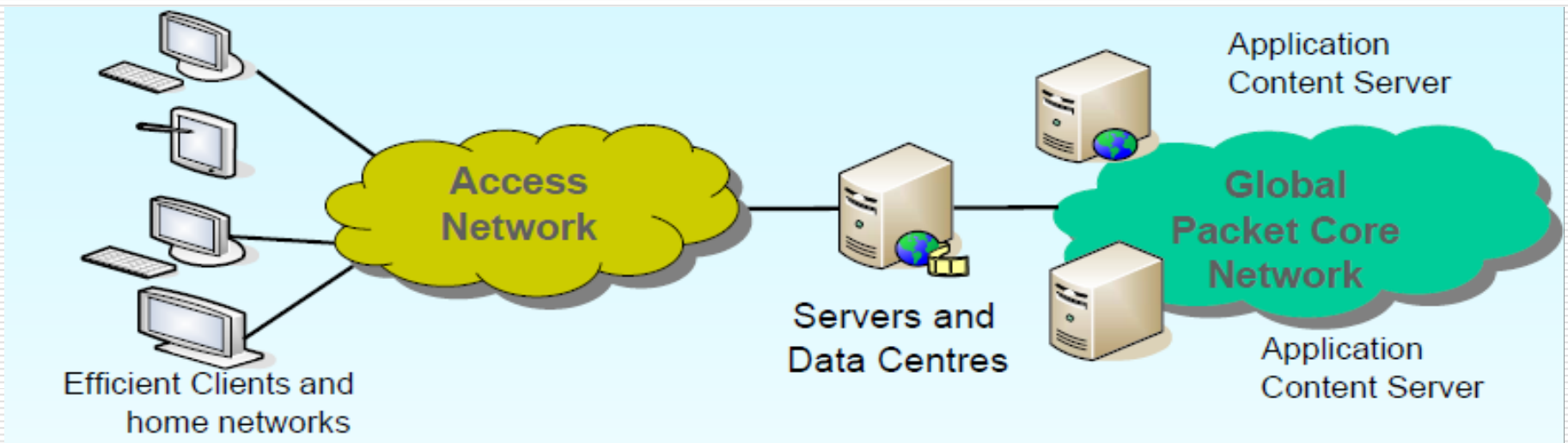
Source: Gartner – IT Vendors, Service Providers and Users Can Lighten IT's Environmental Footprint, December 2007

美国——Green Internet

- 美国自然基金委员会(NSF)、CISCO等单位支持
- 为什么要节能?
 - 运营成本 (OPEX)
 - 大量二氧化碳排出导致温室效应
 - 存在能量受限的瓶颈网络 (hotspot)



Green ICT



- 复杂PC的替代品
- 端系统的“睡眠”模式
- 自适应“唤醒”模式

- 休眠模式
- 基于通信要求的自适应
- 组件控制

- 自适应的内容
- 共享技术
- 高效能量自适应处理
- 虚拟化技术

- 能量管理
 - 光学旁路 (optical bypass)
 - 电子旁路 (electronic bypass)
- 内容分发网络

Green ICT

- 针对下一代互联网技术的“绿化”，如何减少互联网自身的**CO2**排放问题？
- 主要包括**3**个方面的议题：
 - (1) 网络技术，包括有线和无线技术，路由器和交换机，新型网络架构和分布式计算技术等；
 - (2) 应用技术，以云计算为代表的分布式计算中的数据中心、SOA，虚拟化和web service等；
 - (3) 零碳排放的试验测试和验证环境。
- 麦肯锡研究显示，到**2020**年**ICT**行业的**CO2**排放量将从目前的**2%**几乎增加一倍；同时，利用**ICT**技术的监测能力，能够为全球削减**5**倍的**CO2**排放量，降低大约**7.8**千兆（**GtCO₂e**）吨，比目前美国和中国的**CO2**排放量都大。

Q & A ?

Thanks!