

网络技术的创新支撑了互联网向前发展

Cisco.com

http 互联网的发展演变:

Sustained
Growth

2000

2004

1995

1975

互联网改变了我们工作,生活,娱乐和学习的方式。
而网络技术的创新也改变了互联网的未来。

无线局域网的应用:

将无线局域网延伸到移动的车船上

Cisco.com

2003年底，在瑞典和丹麦之间的一条铁路上实现了全程互联网接入

2004年5月17日德国汉莎航空从慕尼黑飞往洛杉矶的空客A340-300航班提供了WLAN (Wi-Fi)服务

2004年加拿大PointShot公司在美国北加州地区的两条铁路上开展WLAN互联网接入服务

2004年中国铁通也在进行类似的实验

.....

New
Top E

Stock Quotes

International News

Shiv Kutty

Make Appointment
Get Calendar

Cisco Confidential

3. 终端技术改变互联网的受众市场

Cisco.com



3a. 终端技术改变家庭网络

Cisco.com

- #1 US Home Networking with 50%+
- #1 WW Wireless LAN SOHO
- #1 WW SOHO Router
- #1 WW Broadband Gateway



家居管理
Home
Management



游戏、娱乐
Entertainment



个人通信
Communication



个人计算
Personal Computing

Sources: Dell Oro, IDC, Synergy
and NPD TechWorld

3b. 家庭网关改变家庭网络

Wireless Home: All Things Networked



对互联网的期望

Cisco.com

- 今天的互联网承载了太多太多的期望：

人与人的通信：有窄带的语音通信（宽带的视频通信）

点到点，PSTN—电信电话网

人与机器的通信：今天最普遍的是有多少带宽就吃掉多少带宽的网上应用

机器与机器的通信：比如极高速（10G）的网格计算，数据中心灾难备份等

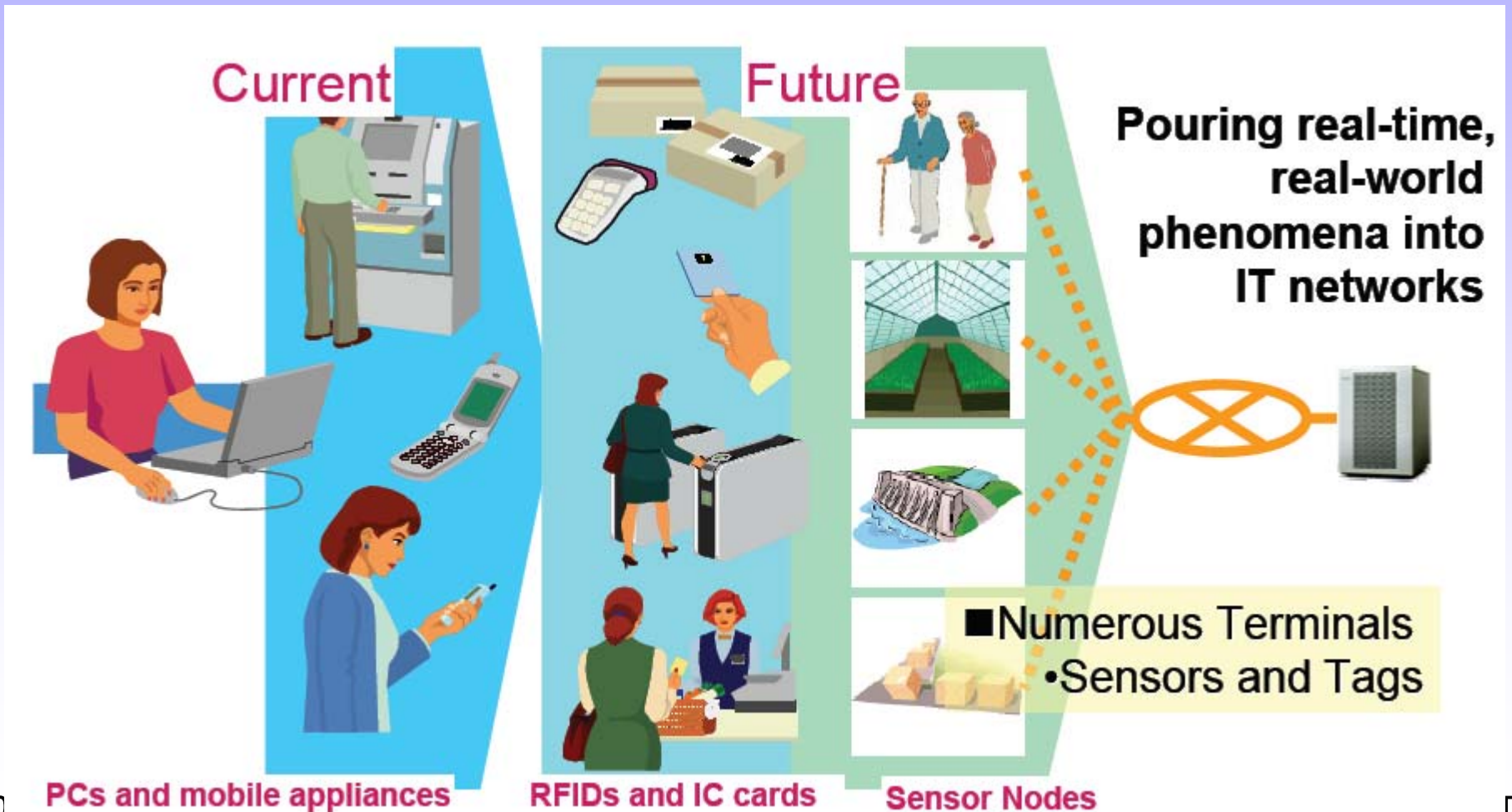
实时的与非实时的

有线的与无线的（固定的与移动的）

- 技术的创新是又一个辉煌十年的基石！

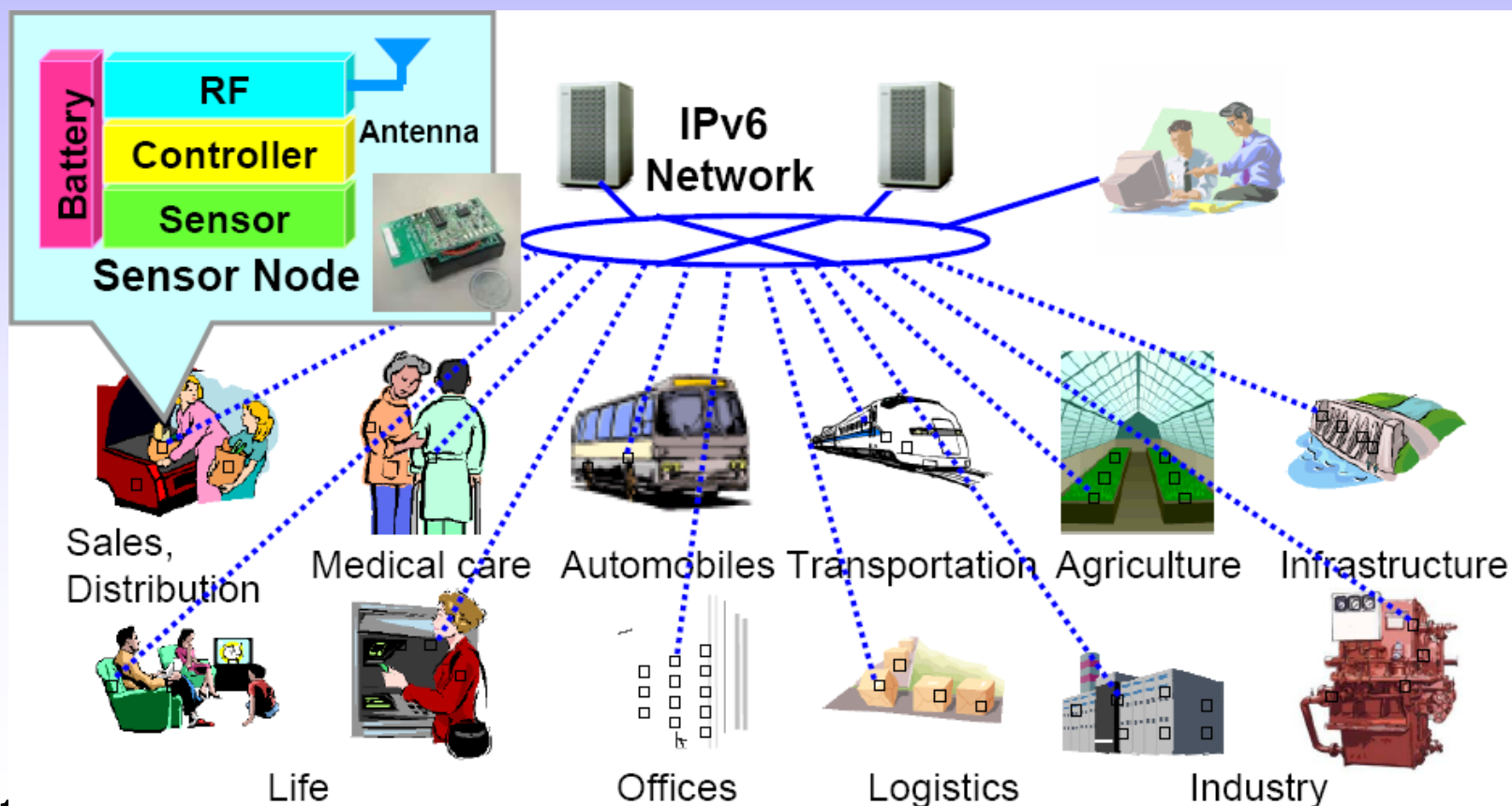
信息技术革命的下一步: 机对机/传感器网

在IPv6平台上的大量传感器和电子标签



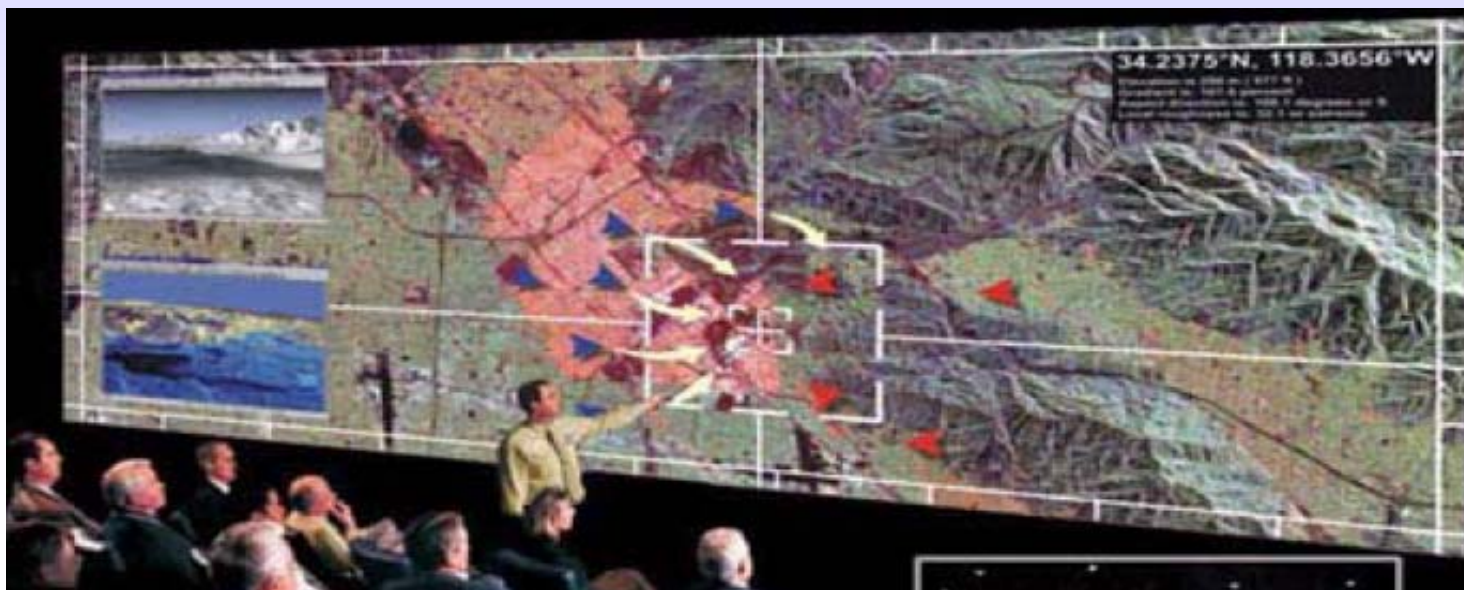
传感器网的应用领域

- ◆ 传感器结点将真实世界信息连接到全球网络



传感器网和网络中心战

- ◆ 状态知识
- ◆ 公共作战图像
- ◆ 远程接入本地数据仓库
- ◆ 分布数据库的人工智能数据发掘
- ◆ 空间数据分析
- ◆ 推论辅助工具组

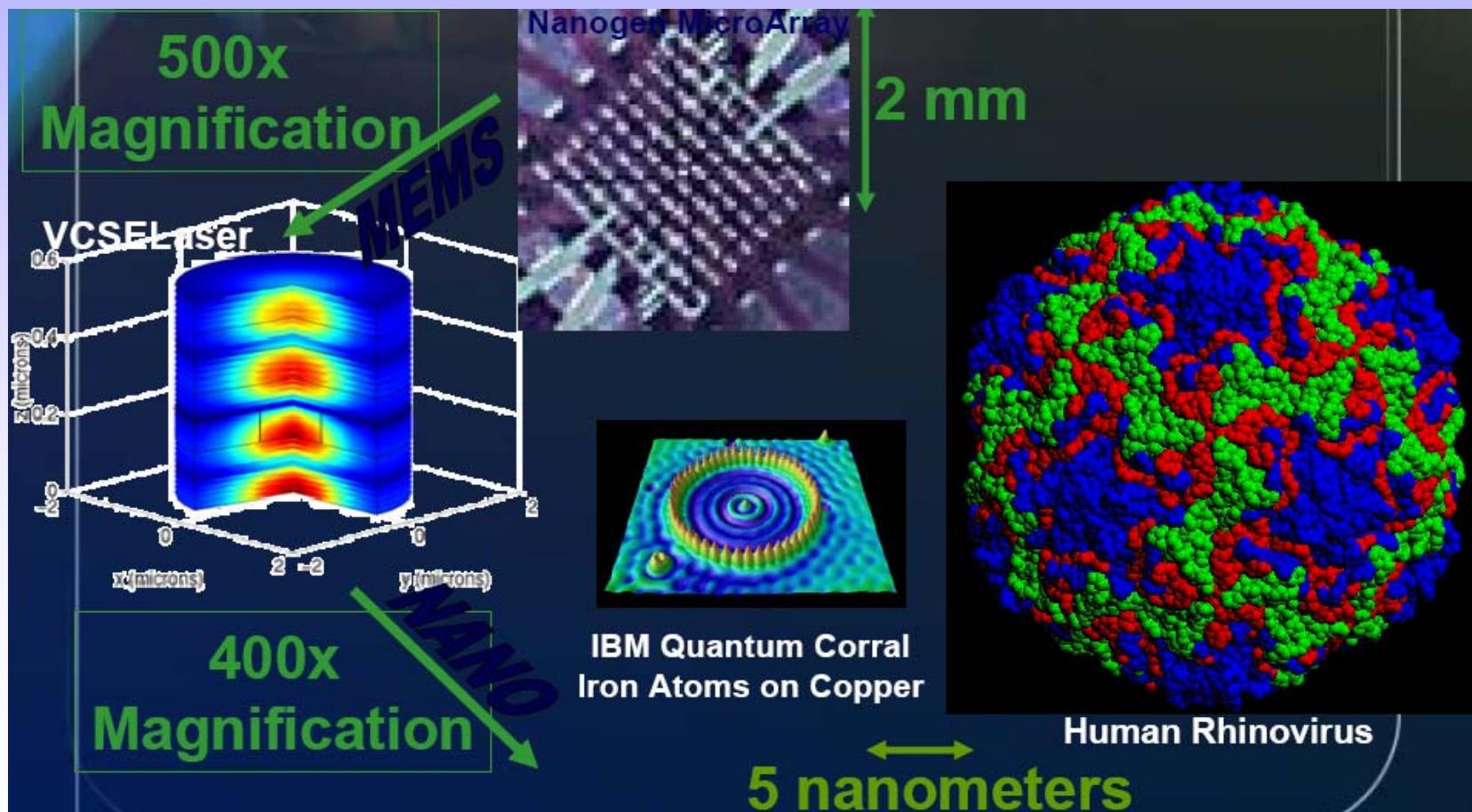


随着人体变成联机在线 数字医学将要浮现

- ◆ 新传感器—视频吞咽丸
电池, 光源, 和视频照相机
影像传输
- ◆ 下一步—联机在线!
无线互联网传输
关键代谢和物理变量
模型 –成打的处理器和 60传感器
/ 执行器 在我们的车内
- ◆ 个人医学
结合
遗传密码
数字影像
人体数据流
使用强有力的人工智能数据挖掘

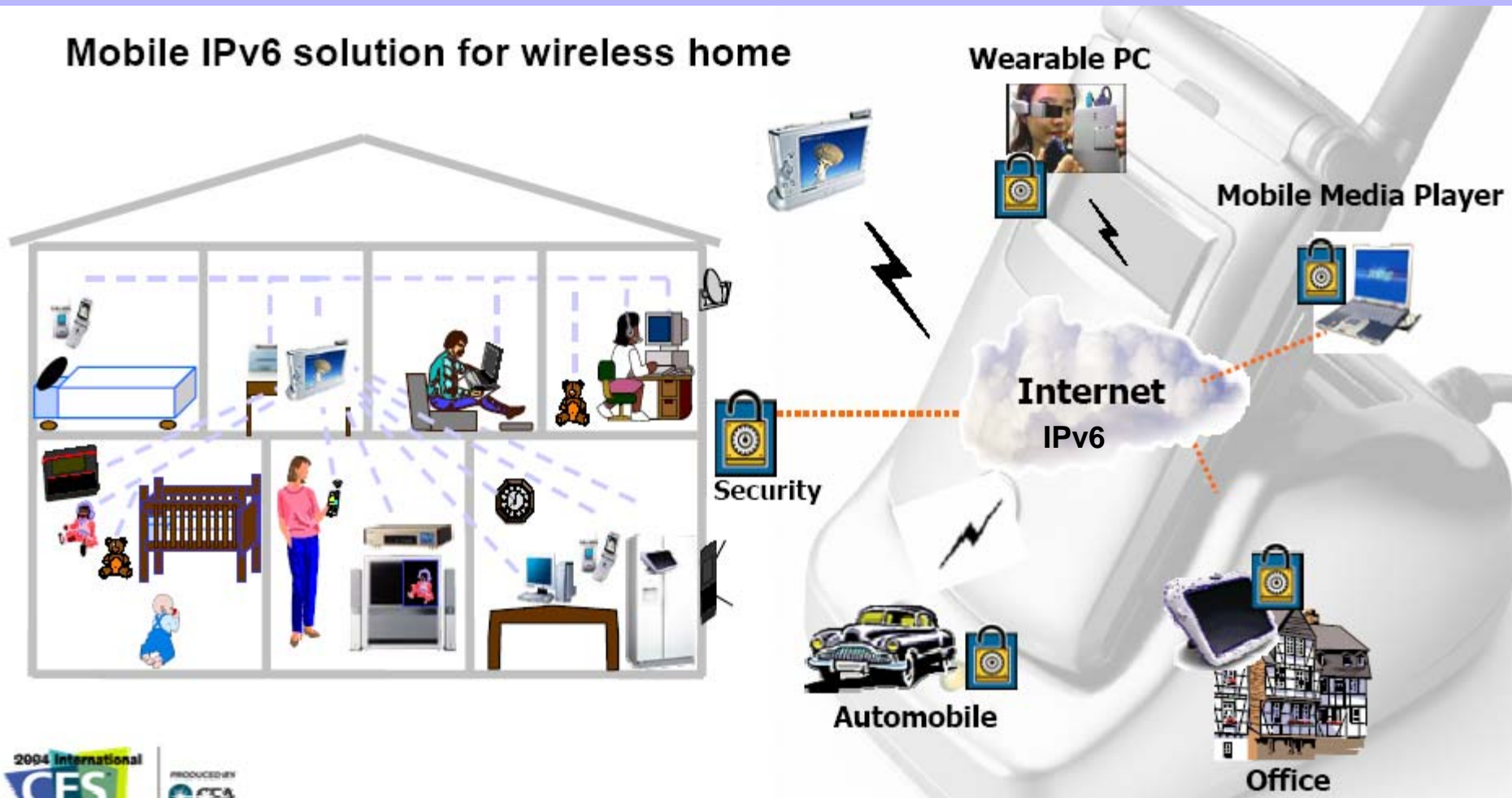


在下一个十年纳米生物信息工程 将实现传感器网络革命



IPv6无线家庭网络

Mobile IPv6 solution for wireless home



IPv6家庭网络

Home theater
DVD Dolby AC-3 Sound,
HD Digital Video

Online game
Internet Network Game
Online Game Community

Multimedia album
Multimedia CD-ROM
Digital Audio Video

DVD Dolby Surround
the movie theater e

You can enjoy video
your home and then

You can edit video clips or still images taken by digital
camcorders or digital cameras and store them using your
PC and a CD recorder.

娱乐

Information on demand

Mobile Information
Online Shopping

Download

New Driver Program

You can receive favorite info
or living at any time and pla

You can download a new feature of a home network appliance
via Internet so that product features will automatically be upgraded.

信息

Video chatting

Video E-mail Service
Video Meeting Room

Data communication

Communication
IEEE1394

Web camera make it easy f
for business or casual vide

Using a wireless LAN, you can share multimedia data with any of
your digital home appliances anywhere or any time.

通信

Remote control

Remote Control
Home Appliance

You can control all of your
you're away from home us
terminal.

Remote metering

Home Management



You can make your home more energy efficient by remotely metering
electricity, gas and water usage and rates using the Internet.

Security

Protection against disasters

Gas

We guarantee hon
confirmation while
recognition system

We protect your ho
unforeseeable accide
monitoring your u

Monitoring

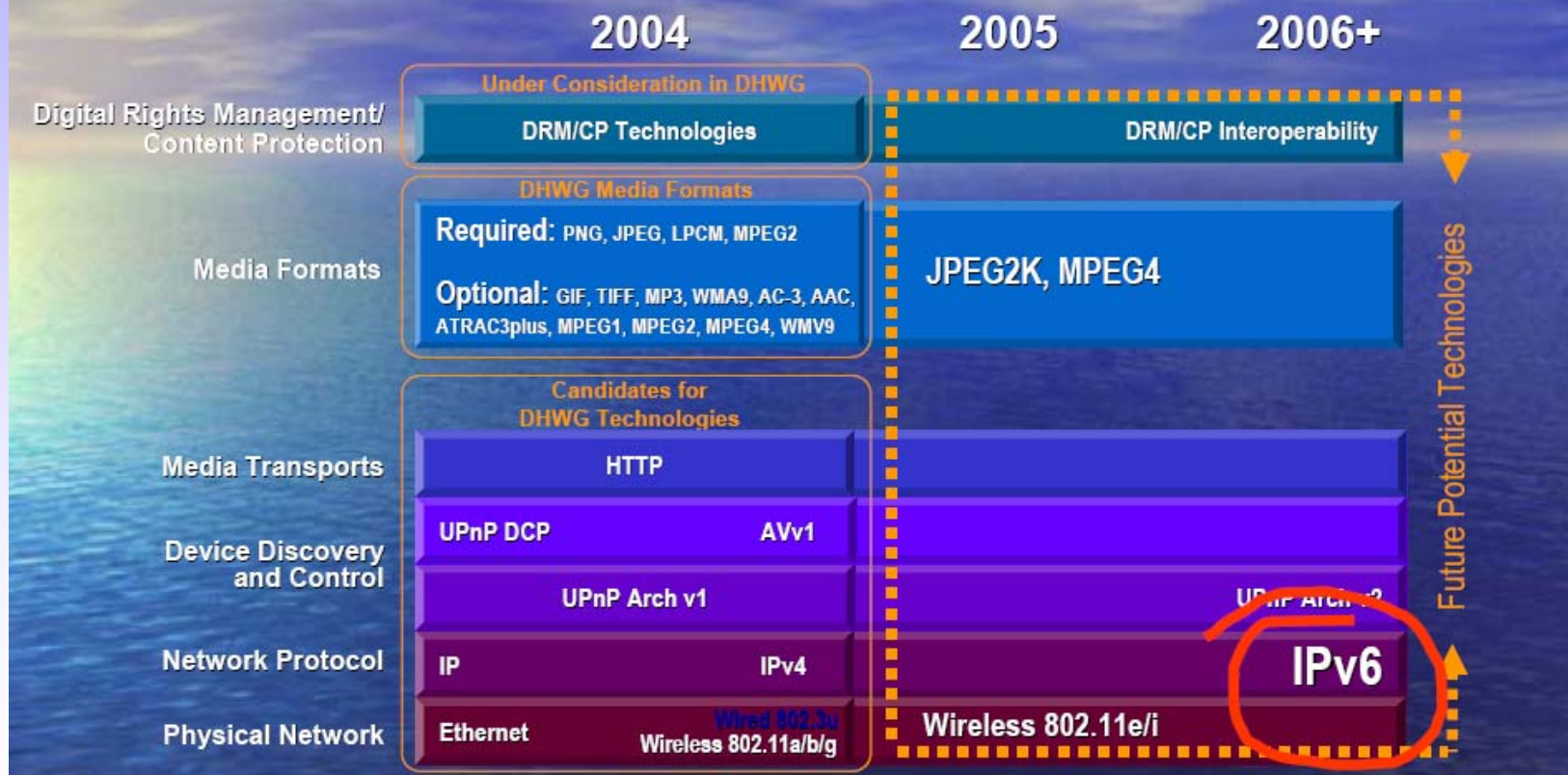
Remote Monitoring Service

You can monitor your children's safety and where abouts
both inside and outside of your home using Web cameras.

安全

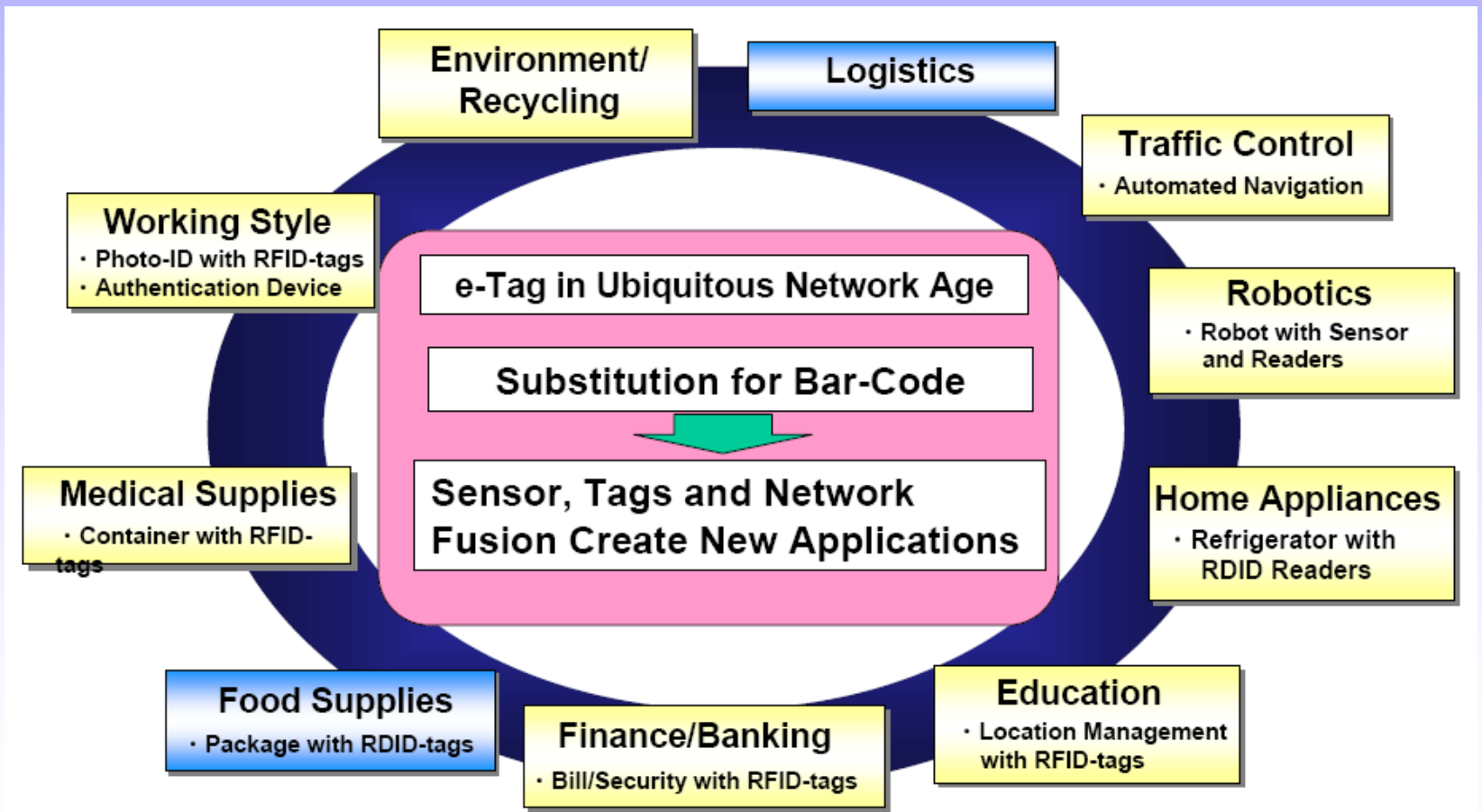
数字家庭工作组

Digital Home Working Group Schedule

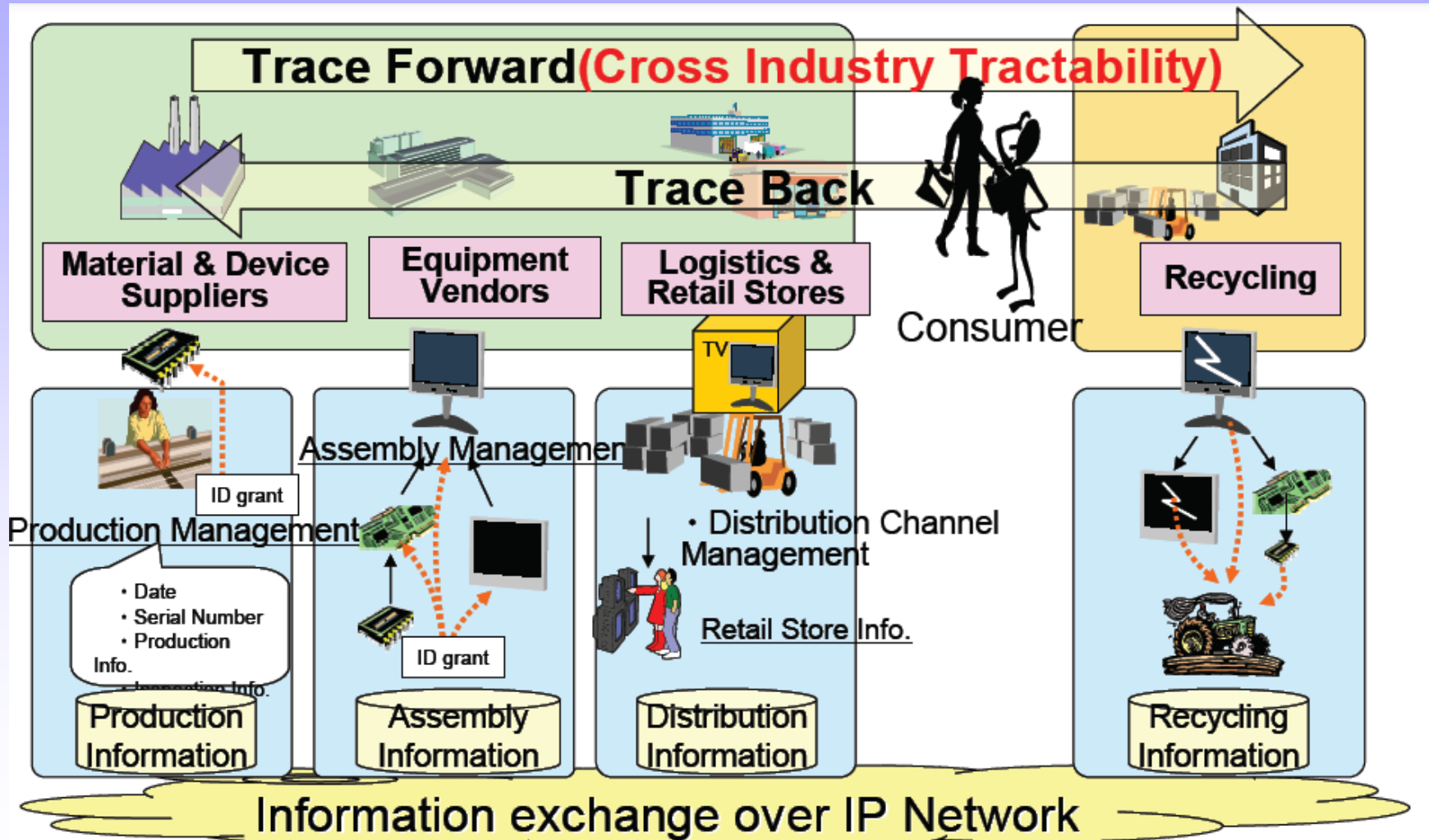


DHWG 原理: 开放, 公平, 互操作

RFID + 网络的应用

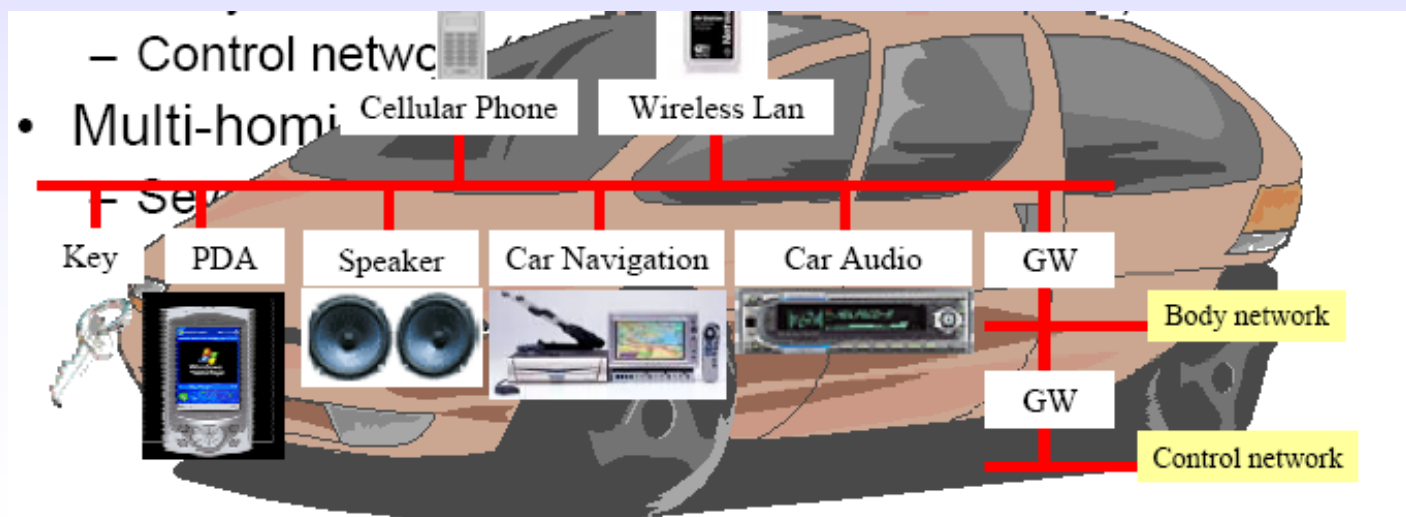


使用射频标签 RFID 和网络设施 实现可追溯性



汽车内嵌入式IPv6互联网

- ◆ ~ 70 个计算机
- ◆ 3 个子网：
 - 多媒体网（车内音响，导航系统）
 - 身体网络（灯光，窗）
 - 控制网络（发动机，刹车）
- ◆ 多引导



物联网：The Internet of things

- ◆ 1999年提出：把所有物品通过射频识别等信息传感设备与互联网连接起来，实现智能化识别和管理。
- ◆ ITUT2005图景：当司机出现操作失误时汽车会自动报警；公文包会提醒主人忘带了什么东西；衣服会“告诉”洗衣机对颜色和水温的要求等等。
- ◆ 把感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中，然后将“物联网”与现有的互联网整合起来
- ◆ 存在能力超级强大的中心计算机群，能够对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制
- ◆ 因而人类可以以更加精细和动态的方式管理生产和生活，达到“智慧”状态，提高资源利用率和生产力水平，改善人与自然间的关系。
- ◆ 人们的日常生活将发生翻天覆地的变化。
- ◆ 然而，不谈什么隐私权和辐射问题，单把所有物品都植入识别芯片这一点现在看来还不太现实。人们正走向“物联网”时代，但这个过程可能需要很长很长的时间。

物联网原理

- ◆ 物联网是在计算机互联网的基础上，利用RFID、无线数据通信等技术，构造一个覆盖世界上万事万物的“Internet of Things”。
- ◆ 在这个网络中，物品(商品)能够彼此进行“交流”，而无需人的干预。其实质是利用射频自动识别(RFID)技术，通过计算机互联网实现物品(商品)的自动识别和信息的互联与共享。
- ◆ 而RFID，正是能够让物品“开口说话”的一种技术。在“物联网”的构想中，RFID标签中存储着规范而具有互用性的信息，通过无线数据通信网络把它们自动采集到中央信息系统，实现物品(商品)的识别，进而通过开放性的计算机网络实现信息交换和共享，实现对物品的“透明”管理。
- ◆ “物联网”概念的问世，打破了之前的传统思维。过去的思路一直是**将物理基础设施和IT基础设施分开**：一方面是机场、公路、建筑物，而另一方面是数据中心，个人电脑、宽带等。
- ◆ “物联网”时代，钢筋混凝土、电缆将与芯片、宽带整合为统一的基础设施，在此意义上，基础设施更像是一块新的地球工地，世界的运转就在它上面进行，其中包括经济管理、生产运行、社会管理乃至个人生活。

物联网发展

- ◆ 第二届国际epc与物联网高层论坛：2005年11月17日，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》，报告指出，无所不在的“物联网”通信时代即将来临，世界上所有的物体从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾都可以通过因特网主动进行交换。射频识别技术 (RFID)、传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术将到更加广泛的应用。
- ◆ 2009年2月24日消息，**IBM**大中华区首席执行官钱大群在2009 IBM论坛上公布了名为“智慧的地球”的最新策略。针对中国经济的状况，钱大群表示，中国的基础设施建设空间广阔，而且中国政府正在以巨大的控制能力、实施决心、和配套资金对必要的基础设施进行大规模建设，“智慧的地球”这一战略将会产生更大的价值
- ◆ IBM前首席执行官**郭士纳**曾提出一个重要的观点，认为计算模式**每隔15年发生一次变革**。这一判断像摩尔定律一样准确，人们把它称为“十五年周期定律”。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，而1995年前后则发生了**互联网革命**。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。而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。20世纪90年代，美国克林顿政府计划用20年时间，耗资2000亿-4000亿**美元**，建设美国国家信息基础结构，创造了巨大的经济和社会效益



Ch5. IPv6

◆ 5.1 IPv4的问题

- ❖ 互联网正在成为其**自身发展的牺牲品**，几乎每隔20s就有一台主机加入， IPv4地址耗尽：子网和CIDR不再有效
- ❖ 地址空间的不足，“**三只熊**”问题：
- ❖ 每个地址重 1Gram
 - A类16777216: 10^4Kg ;
 - B类65536: 10^2Kg ;
 - C类256: 10^0Kg



$A=10^4\text{Kg}$



$B=10^2\text{Kg}$

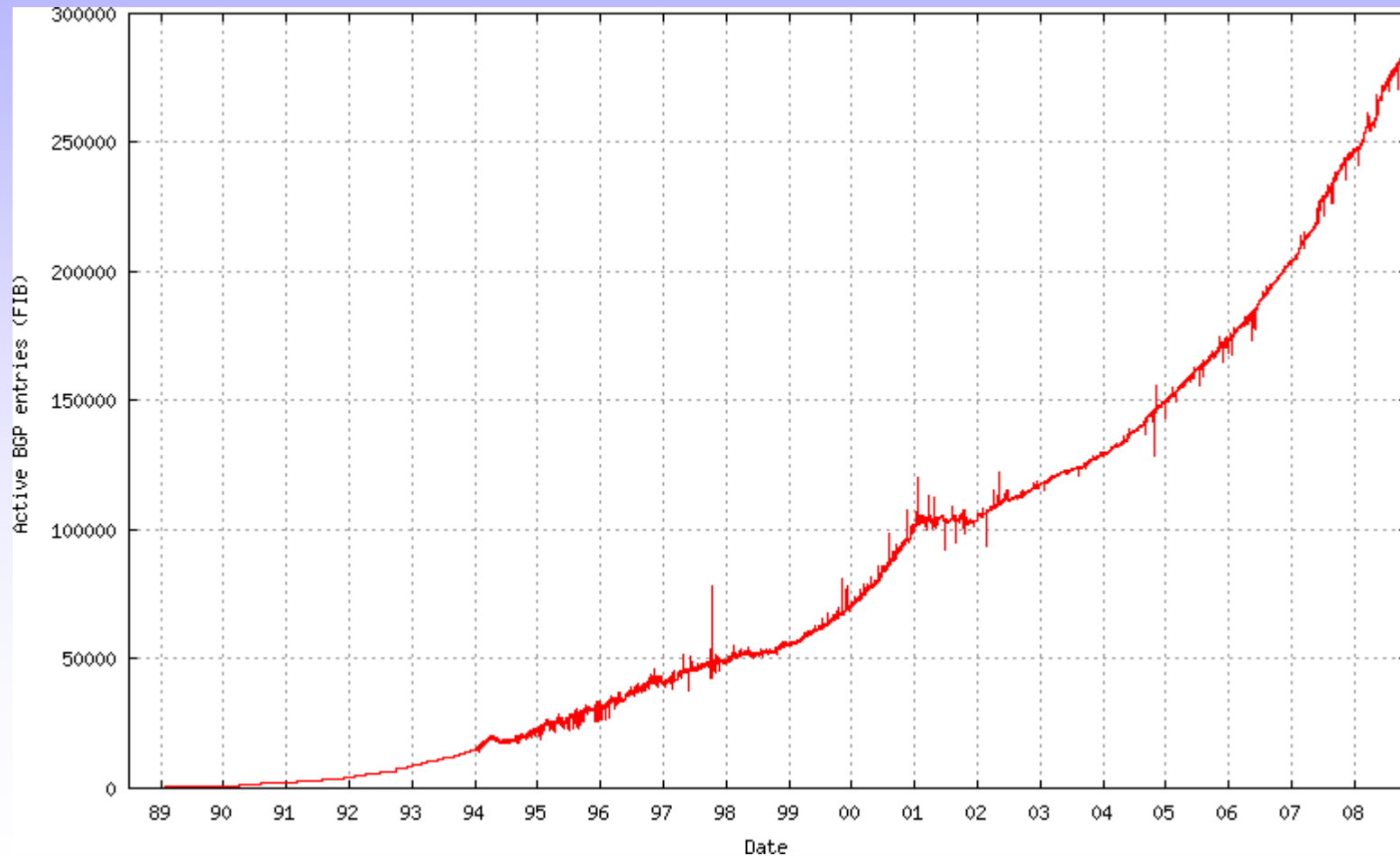



$C=10^0\text{Kg}$

BGP data obtained from *AS65000*
Report last updated at Sun Nov 2 12:10:39 2008
(UTC+1000).

Active BGP entries (FIB)

路由表剧增



- 
- ♣ 对现有路由技术的支持不够：**路由表爆炸**，IPv4头长度不固定**不利于ASIC设计**，没有利用包前后的相关性，每个包进行同样处理，MTU导致**分段和逐段**校验，路由处理慢
 - ♣ 无法提供多样的QoS：最大努力最短时间，但不保证是否进行和何时进行，IP尽力而为的FIFO对**实时**多媒体信息的处理会带来延迟、间断，无法满足多媒体传输质量的要求：**QoS**
 - ♣ **移动设备, 家电, 传感网络**和因特网的连接：HPC/PDA将占计算机总数的50%
 - ♣ **安全**支持问题



对IPv6的希望

- ◆ **关注网络的容量和性能**
- ◆ 规模路由
- ◆ 寻址
- ◆ 其它
 - ♣ 支持实时服务
 - ♣ 支持安全
 - ♣ 自动配置，如任意主机自动配置自己的IP地址和域名
 - ♣ 提高路由功能，支持移动主机

Base RFCs for IPv6

- ◆ RFC 2460: *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*
- ◆ RFC 2461: *Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)*
- ◆ RFC 2462: *IPv6 Stateless Address Configuration*
- ◆ RFC 2463: *Internet Control Message Protocol (ICMPv6), for IP Version 6 (IPv6)*
- ◆ RFC 1981: *Path MTU Discovery for IP Version 6 (IPv6)*
- ◆ RFC 2893: *Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers*

5.2 IPv6设计目标和主要特征

◆ 扩大地址空间、路由更结构层次化

- ♣ 32bits → 128 bits

- ♣ 全局unicast地址

- ♣ 网络前缀取代掩码，前缀表示子网号

◆ 报头格式大大简化，方便硬件处理

- ♣ 基本报头固定40bytes，地址是v4的4倍

- ♣ 简化路由器的操作

- ♣ 引入结构化扩展报头，取消可选项长度限制

◆ 网络管理 更加简单

- ♣ 建立一系列自动发现和自动配置功能
- ♣ 最大单元发现 (MTU discovery)
- ♣ 邻接节点发现 (neighbor discovery)
- ♣ 路由器通告 (router advertisement)
- ♣ 路由器请求 (router solicitation)
- ♣ 节点自动配置 (auto-configuration)

◆ 安全性支持

- ♣ IP security , 提供IP层的安全
- ♣ 实现认证头 (Authentication Header)
- ♣ 安全载荷封装 (Encapsulated Security Payload)

◆ QoS能力

- ♣ 流标号（flow label）, 20比特, 发送者可以要求路由器对此流进行特殊处理, R可以鉴别特殊流的所有报文

◆ 多点寻址

- ♣ 在multicast地址中增加了 范围“scope”字段, 允许将多播路由限定在正确的范围内
- ♣ 另一个“标志”字段允许区分永久性的多播地址和临时性的多播地址

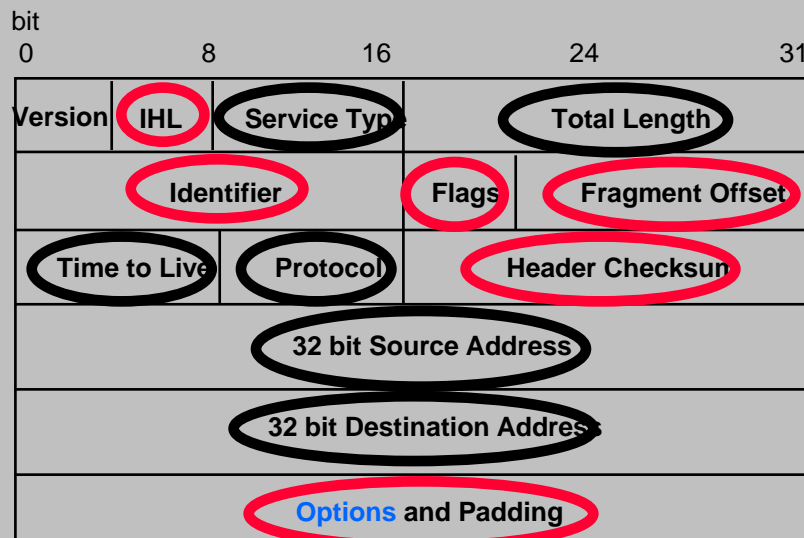
◆ 新的集群通信地址方式—anycast

- ♣ 一点到多点多播时, 把报文传播到组中（通常最近）的一个, 从而允许源路由中由节点控制数据报的传送路径

◆ 可移动性

- ♣ 信宿选项报头、路由选项报头、自动配置、安全机制、以及anycast技术, 将QoS同移动节点结合, 从而强化对移动的支持

5.3 IPv6的包头结构

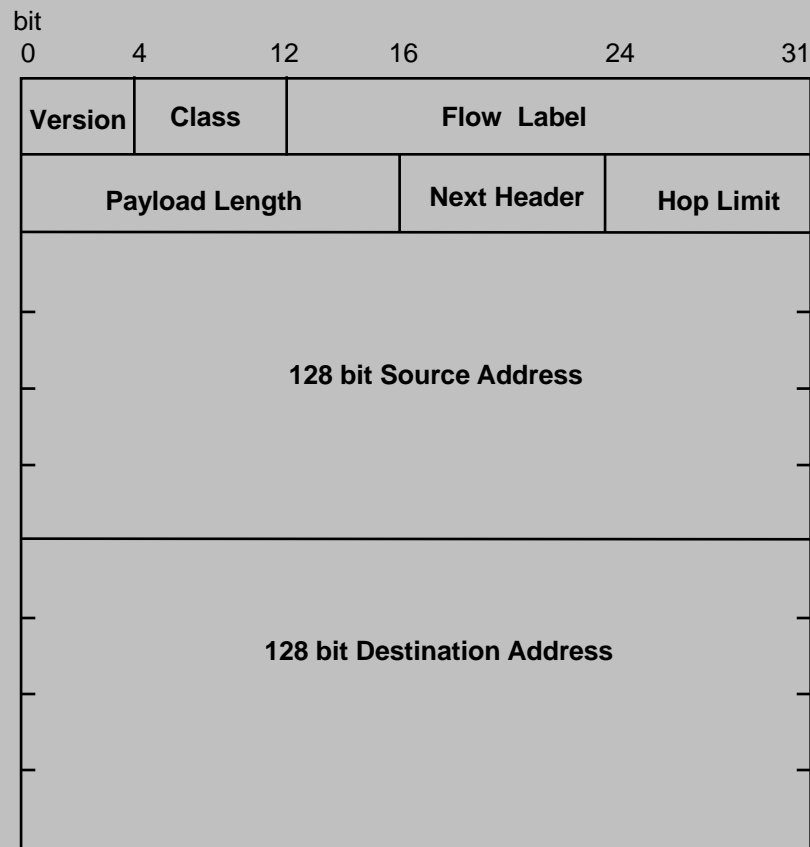


IPv4 Header

20 octets, 12 fields, including 3 flag bits
+ fixed max number of options

Changed

Removed

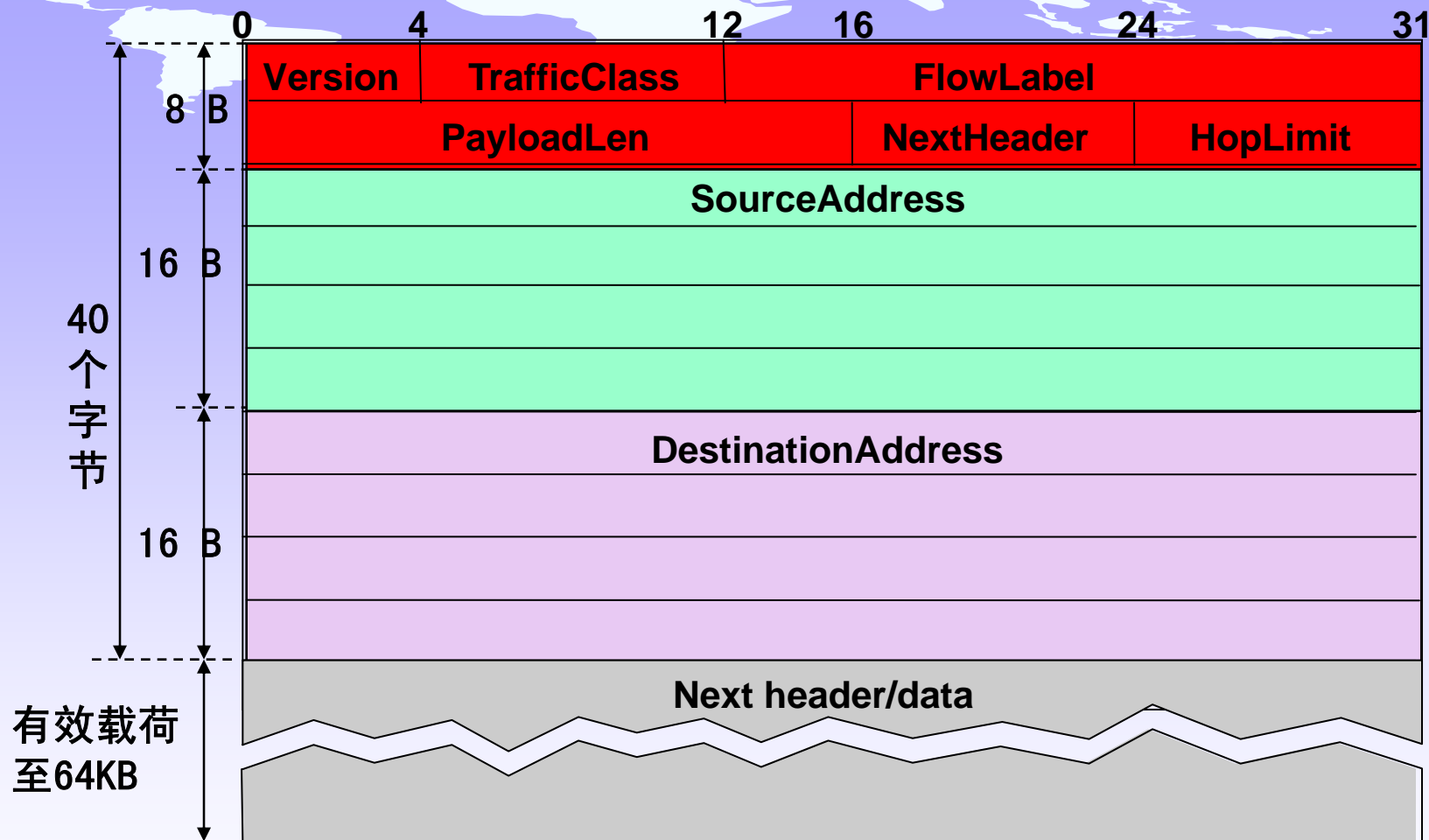


IPv6 Header

40 octets, 8 fields
+ Unlimited Chained Extension (options) Header

IPv4 = 20个字节 + 选项: 13个域 (含3个标志位); IPv6 = 40个字节: 8个域

IPv6的报文格式



- ◆ 报头仅40个字节, 且固定长度 版本号4位 (v6=6)
- ◆ 优先级4位 (一般0---7, 有优先8-15) 流量标识24位, 负载16位
- ◆ 下一报头号8位, 可跳节点数8位 (TTL)



◆ A、主要改变

- ♣ 对齐 (alignment) 已经从32bit的整数倍改为64bit整数倍 ($5 \times 64 \text{ Bits} = 320 \text{ Bits}$)
- ♣ 取消了报头长度字段, 基本报头长度固定40Bytes
- ♣ 数据报长度地段被有效载荷字段取代
- ♣ 源目地址字段增加到每个字段16个bytes
- ♣ 分片信息已经从基本报头的固定字段移到一个扩展报头中
- ♣ 生存时间TTL改为跳数极限hop-limit字段
- ♣ 业务类型改为数据流标号flow label 字段
- ♣ 协议字段改为下一个报头字段, 以指明下一个报头类型

◆ 4 bits—IP协议的版本号=6

◆ 8 bits—通信流类型

- ♣ 相关应用层填充该类型值，默认值是全0
- ♣ 某些节点可对某些比特按特定要求改变其产生、转发和接收，对不能改变的比特，节点忽略
- ♣ 上层协议不能假定信源填充的值不变，宿端收到的值可能与源端不同

◆ 20 bits—数据流标号

- ♣ 流：一条路径及其上的一些路由器，它保障一定的服务质量；或有相同源目地址的包集合，由信源给出标号
- ♣ 支持新的机制：资源预定（流：一条路径及其上的一些路由器，或有相同源目地址的包集合，它保障一定的服务质量）
- ♣ 允许路由器将每个数据报同一个给定的资源分配相联系
- ♣ 仍在实验中，两个例子：发收视频图象的两个应用程序之间可以建立一个数据流，其带宽和延时可得到保证；；ISP要求用户指明他所希望的QoS，然后指明一个数据流来限制某个计算机或应用程序所发送的流



◆ 8 bits—跳数极限

- ♣ 对应IPv4的TTL

◆ 128 bits—源/目地址

- ♣ 源/目地址分别都是 $16 \text{ Bytes} \times 8 = 128 \text{ Bits}$
- ♣ 如果扩展头中出现路由报头，宿地址可能不是最终接收站

◆ 16 bits—有效载荷长度

- ♣ 因基本报头已固定40bytes，故其长度字段不必要
- ♣ 用16bits表示有效载荷（即不报括基本报头的40bytes，但出现的任何扩展报头都计入有效载荷长度）
- ♣ 故一个IPv6数据报最多可容纳 $2^{16} = 2^6 \times 2^{10} = 64 \text{ Kbytes}$

◆ 8 bits—**下一个报头**（相当V4的**协议字段**或可选字段）

- ♣ 说明下一个报头的类型（使用RFC 1700系列相同的值），是IPv6的重大改进. 指明首部后面的数据应交付给**高层哪一个协议**
- ♣ 具有多报头的IPv6数据报的一般形式如下



 必备部分

 可选部分

下一个报头中的内容：RFC1700中的建议值

B、 RFC 1700系列中的建议值

0	HBH	Hop By Hop (IPv6), Reserved for v4	[JBP]
1	ICMP	Internet Control Message	[RFC792, JBP]
2	IGMP	Internet Group Management	[RFC1112, JBP]
3	GGP	Gateway-to-Gateway	[RFC823, MB]
4	IP	IP in IP (encasulation)	[JBP]
5	ST	Stream	[RFC1190, IEN119, JWF]
6	TCP	Transmission Control	[RFC793, JBP]
7	UCL	UCL	[PK]
8	EGP	Exterior Gateway Protocol	[RFC888, DLM1]
9	IGP	any private interior gateway	[JBP]
10	BBN-RCC-MON	BBN RCC Monitoring	[SGC]

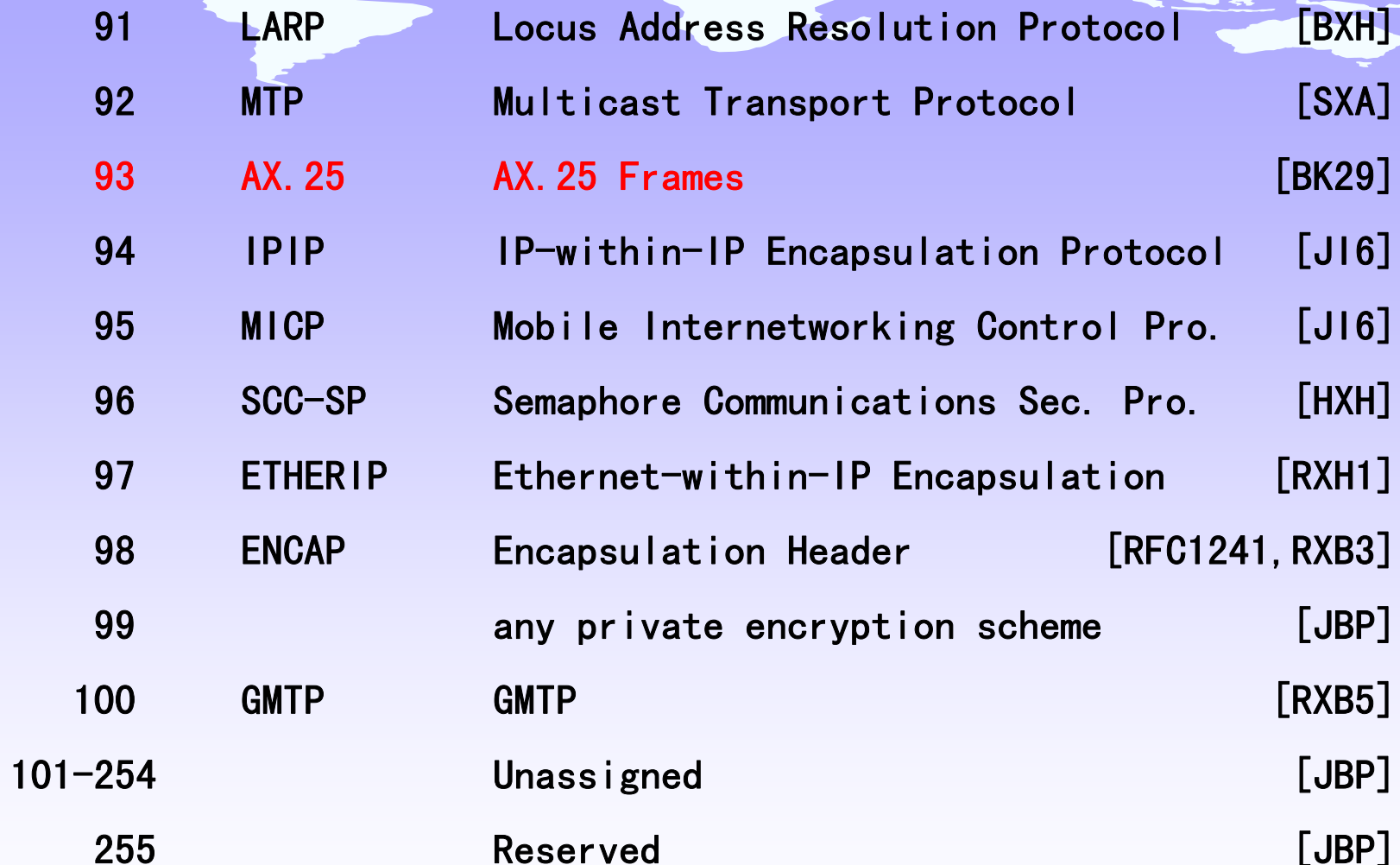
11	NVP-II	Network Voice Protocol	[RFC741, SC3]
12	PUP	PUP	[PUP, XEROX]
13	ARGUS	ARGUS	[RWS4]
14	EMCON	EMCON	[BN7]
15	XNET	Cross Net Debugger	[IEN158, JFH2]
16	CHAOS	Chaos	[NC3]
17	UDP	User Datagram	[RFC768, JBP]
18	MUX	Multiplexing	[IEN90, JBP]
19	DCN-MEAS	DCN Measurement Subsystems	[DLM1]
20	HMP	Host Monitoring	[RFC869, RH6]
21	PRM	Packet Radio Measurement	[ZSU]
22	XNS-IDP	XEROX NS IDP	[ETHERNET, XEROX]
23	TRUNK-1	Trunk-1	[BWB6]
24	TRUNK-2	Trunk-2	[BWB6]
25	LEAF-1	Leaf-1	[BWB6]

26	LEAF-2	Leaf-2	[BWB6]
27	RDP	Reliable Data Protocol	[RFC908, RH6]
28	IRTP	Internet Reliable Transaction	[RFC938, TXM]
29	ISO-TP4	ISO Transport Protocol Class 4	[RFC905, RC77]
30	NETBLT	Bulk Data Transfer Protocol	[RFC969, DDC1]
31	MFE-NSP	MFE Network Services Protocol	[MFENET, BCH2]
32	MERIT-INP	MERIT Internodal Protocol	[HWB]
33	SEP	Sequential Exchange Protocol	[JC120]
34	3PC	Third Party Connect Protocol	[SAF3]
35	IDPR	Inter-Domain Policy Routing Protocol	[MXS1]
36	XTP	XTP	[GXC]
37	DDP	Datagram Delivery Protocol	[WXC]
38	IDPR-CMTP	IDPR Control Message Transport Proto	[MXS1]
39	TP++	TP++ Transport Protocol	[DXF]
40	IL	IL Transport Protocol	[DXP2]

41	SIP	Simple Internet Protocol	[SXD]
42	SDRP	Source Demand Routing Protocol	[DXE1]
43	SIP-SR	SIP Source Route	[SXD]
44	SIP-FRAG	SIP Fragment	[SXD]
45	IDRP	Inter-Domain Routing Protocol	[Sue Hares]
46	RSVP	Reservation Protocol	[Bob Braden]
47	GRE	General Routing Encapsulation	[Tony Li]
48	MHRP	Mobile Host Routing Protocol	[David Johnson]
49	BNA	BNA	[Gary Salamon]
50	SIPP-ESP	SIPP Encap Security Payload	[Steve Deering]
51	SIPP-AH	SIPP Authentication Header	[Steve Deering]
52	I-NLSP	Integrated Net Layer Security TUBA	[GLENN]
53	SWIPE	IP with Encryption	[J16]
54	NHRP	NBMA Next Hop Resolution Protocol	
58	ICMP	for IP v6	
59	empty	No next header	

60	DOH	Destination Option Header	[JBP]
61		any host internal protocol	[JBP]
62	CFTP	CFTP	[CFTP, HCF2]
63		any local network	[JBP]
64	SAT-EXPAK	SATNET and Backroom EXPAK	[SHB]
65	KRYPTOLAN	Kryptolan	[PXL1]
66	RVD	MIT Remote Virtual Disk Protocol	[MBG]
67	IPPC	Internet Pluribus Packet Core	[SHB]
68		any distributed file system	[JBP]
69	SAT-MON	SATNET Monitoring	[SHB]
70	VISA	VISA Protocol	[GXT1]
71	IPCV	Internet Packet Core Utility	[SHB]
72	CPNX	Computer Protocol Network Executive	[DXM2]
73	CPHB	Computer Protocol Heart Beat	[DXM2]
74	WSN	Wang Span Network	[VXD]
75	PVP	Packet Video Protocol	[8021]

76	BR-SAT-MON	Backroom SATNET Monitoring	[SHB]
77	SUN-ND	SUN ND PROTOCOL-Temporary	[WM3]
78	WB-MON	WIDEBAND Monitoring	[SHB]
79	WB-EXPAK	WIDEBAND EXPAK	[SHB]
80	ISO-IP	ISO Internet Protocol	[MTR]
81	VMTP	VMTP	[DRC3]
82	SECURE-VMTP	SECURE-VMTP	[DRC3]
83	VINES	VINES	[BXH]
84	TTP	TTP	[JXS]
85	NSFNET-IGP	NSFNET-IGP	[HWB]
86	DGP	Dissimilar Gateway Protocol	[DGP, ML109]
87	TCF	TCF	[GAL5]
88	IGRP	IGRP	[CISCO, GXS]
89	OSPF IGP	OSPF IGP	[RFC1583, JTM4]
90	Sprite-RPC	Sprite RPC Protocol	[SPRITE, BXW]



91	LARP	Locus Address Resolution Protocol	[BXH]
92	MTP	Multicast Transport Protocol	[SXA]
93	AX. 25	AX. 25 Frames	[BK29]
94	IPIP	IP-within-IP Encapsulation Protocol	[JI6]
95	MICP	Mobile Internetworking Control Pro.	[JI6]
96	SCC-SP	Semaphore Communications Sec. Pro.	[HXH]
97	ETHERIP	Ethernet-within-IP Encapsulation	[RXH1]
98	ENCAP	Encapsulation Header	[RFC1241, RXB3]
99		any private encryption scheme	[JBP]
100	GMTP	GMTP	[RXB5]
101-254		Unassigned	[JBP]
255		Reserved	[JBP]

5.4 报头的扩展

◆ 扩展报头概述(v4首部中的选项)

- ♣ V4路由器必须对选项一一检查，降低了处理速度
- ♣ V6把选项等效功能放在扩展首部，并将此留给两端主机处理，中间路由器**除逐跳外**，都不处理，提高了效率

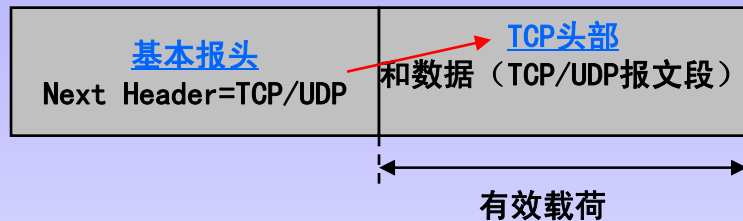
◆ 目的：协议还要支持**分段、路由选择、安全封装、目的站选项及鉴别**等功能

- ♣ 若把其放在固定报头中将是不合算的：如在局域网内发送数据报时，每个包中无用选项会占很大的比重

◆ 扩展报头放在基本报头和高层报头之间

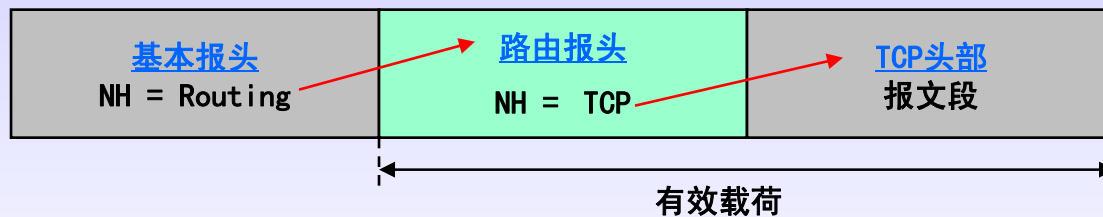
- ♣ 每一个扩展报头都由上一个报头中的下一个报头值决定
- ♣ 每一个中间路由器和最终目的站要对该值进行分析、决定处理否

携带零个、一个或多个扩展报头的IPv6包



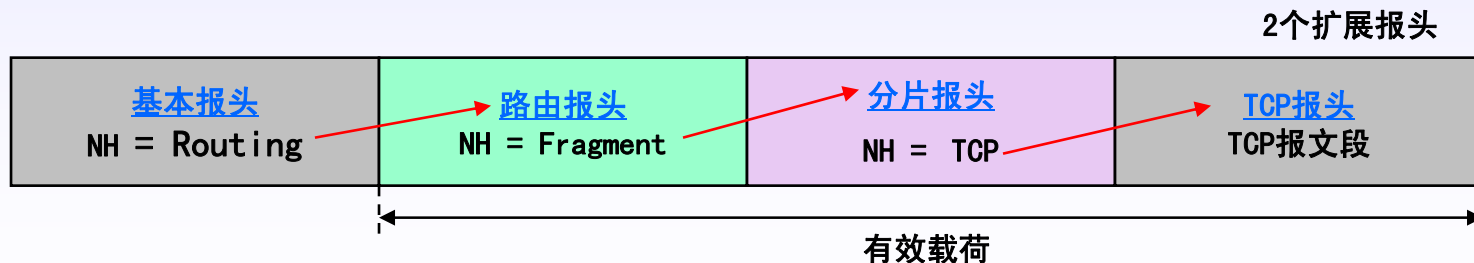
无扩展报头

A



一个扩展报头

B



2个扩展报头

C

A. 节点对IPv6包处理

◆ 中间路由节点

- ✱ 路径上的所有节点都不检查也不处理扩展报头
- ✱ 仅当IP包到达基本包头中目地址指明的节点后，才由该节点进行处理
- ✱ 但在多播情况下，每个多播节点都要处理多播包

◆ 目的节点

- ✱ 对基本报头进行多路分解
- ✱ 调用相应的功能来处理第一个扩展报头
- ✱ 每个扩展报头的内容和语法决定是否继续处理下一个报头
- ✱ 当没有扩展报头时则直接处理高层报头

例外处理－逐跳选项

- ◆ 当前一个报文段是**HBH选项头**时，扩展报头中的信息必须被路径上的每一个节点检查和处理，包括源和目节点
- ◆ HBH如果出现在IPv6报文中，则它一定紧接着另一个IPv6基本报头， $HBH = 0$
- ◆ 如果无法识别NH的值则用ICMP发送代码=1的参数出错报文，且指针指向无法识别的偏移量
- ◆ 每个扩展报头都由8的整数倍个Byte组成，以便和随后的报头对齐

目前IPv6定义的扩展报头

- ◆ **00=BHB**——**逐跳**选项报头：携带包传递路径上需要每一个节点检查的信息
- ◆ **43=RH**——路由报头：被IPv6源节点用来制定到达目的地途中必须要访问的中间节点，实现v4源路由和记录路由的功能
- ◆ **44=FH**——分段报头：IPv6**源节点**发送一个比通往目的地路径上的MTU更大的包时使用，仅在**包进入网络之前**由源节点进行。故IPv6分段是**端到端的，源分段，目组段，中间不做**
- ◆ **60=DOH**——信宿选项报头：携带仅仅需要包的目的地地址检查的信息
- ◆ **51=AH**——认证报头：提供无连接完整性和数据源认证
- ◆ **50=ESP**——封装安全载荷报头：提供机密性，也可提供无连接完整性和数据源认证
- ◆ **59=NO NH**——表明没有下一个报头

B. 扩展报头的顺序

- 1) IPv6基本报头
- 2) 逐跳选项报头
- 3) 信宿选项报头（第一个信宿节点及随后路由头中列出的信宿节点）
- 4) 路由报头
- 5) 分段报头
- 6) 认证报头
- 7) 封装安全载荷报头
- 8) 信宿选项报头（仅由包的信宿节点处理）
- 9) 高层报头（TCP/UDP...）

- 除信宿选项头可以出现两次（一次在路由头之前，一次在高层头之前）外
- 每个扩展报头至多只能出现一次

C. 扩展报头的选项

◆ 考虑选项的原则

- ✿ IPv6的扩展报头几乎包含了v4的选项
- ✿ 但设计者仍建议容纳其它报头不包含宿信息

◆ IPv6的两种有选项的报头：携带了一定数量的TLV (Type Length Value) 方式编码的选项

- ✿ 跳到跳选项
- ✿ 信宿选项

◆ 选项的格式如下：以8bits的选项类型开始、 8bits选项数据长度、可变长数据



选项的处理

- ◆ 必须严格按照出现的顺序来处理，接收者不能在报头中寻找特殊的选项来处理
- ◆ 选项类型字段的高2bit指明应该如何处理这个数据报

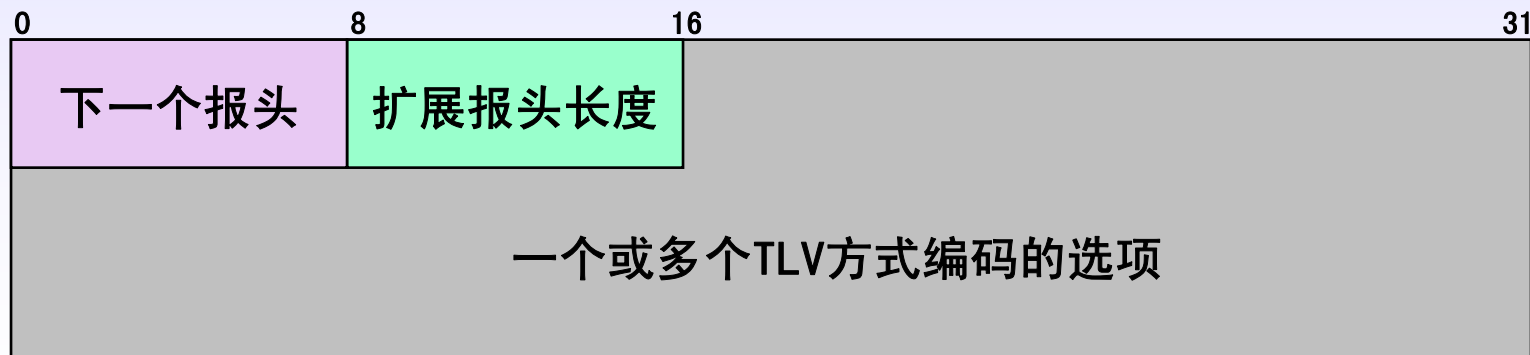
00	跳过该选项，继续处理报头
01	丢弃这个包，不发送ICMP报文
10	丢弃包，向信源发code=2的ICMP报文，说明无法识别选相类型
11	丢弃包，，如果包不是multicast宿地址，则向信源发code=2的ICMP报文，说明无法识别选相类型

第三比特含义

0	选项数据在发送过程中不能改变
1	选项数据在发送过程中可以改变

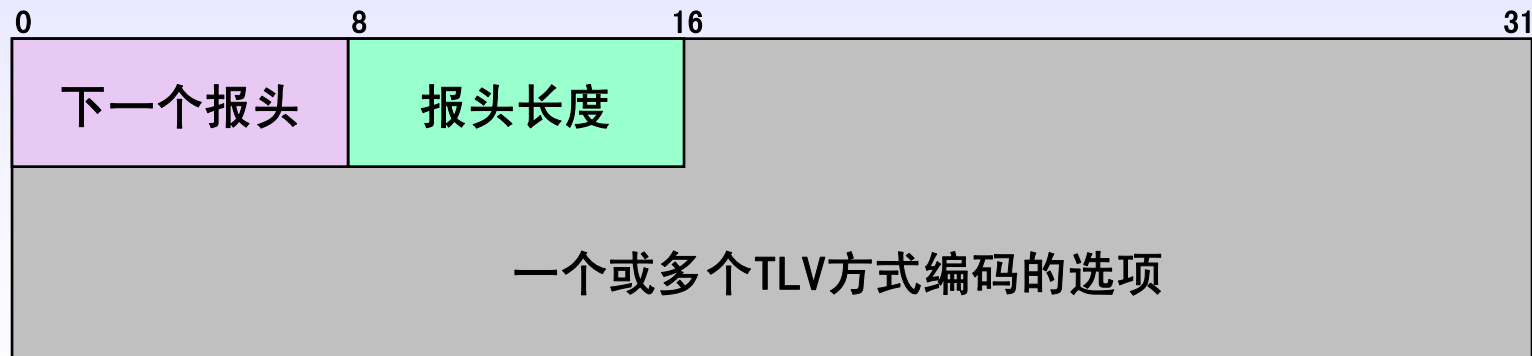
D. 逐跳选项报头

- ◆ 前面基本报头中的NH = 0
- ◆ 携带包传递路径上每个节点必须检查的可选信息
- ◆ 跳到跳选项报头格式如下：
 - ♣ 下一个报头：指明紧接其后报头的类型一同RFC1700
 - ♣ 报头长度：指明该可变长报头的长度，是8bit的整数倍，并不含最开始的8bit



E. 信宿选项报头

- ◆ 前面基本报头中的NH = 60
- ◆ 携带只被信宿节点检查的可选信息
- ◆ 跳到跳选项报头格式如下：
 - ♣ 下一个报头：指明紧接其后报头的类型一同RFC1700
 - ♣ 报头长度：指明该可变长报头的长度，是8bit的整数倍，并不含最开始的8bit



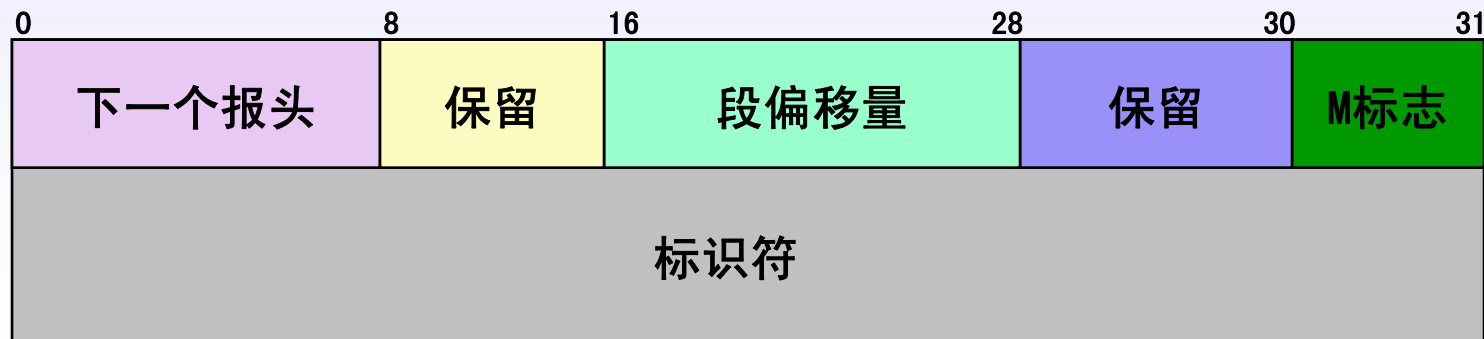
F. 路由报头

- ◆ 前面基本报头中的 $NH = 43$
- ◆ 由信源节点列出投送路径上多个要被访问的节点
- ◆ 跳到跳选项报头格式如下：
 - ♣ 下一个报头：指明紧接其后报头的类型一同RFC1700
 - ♣ 报头长度：指明该可变长报头的长度，是8bit的整数倍
 - ♣ 路由类型：特定的路由报头变量指示符
 - ♣ 剩余段：显示列出到达信宿前还要访问的中间节点数



G. 分段报头

- ◆ 前面基本报头中的 $NH = 44$
- ◆ 分段仅在信源节点，当传输一个比路径MTU大的包时进行与v4不同，途中路由器不进行分段
- ◆ 分段报头格式如下：
 - ♣ 8bit下一个报头：指明“原始包”可分段的最初报头类型，值同v4
 - ♣ 8bit保留：传输时设置为0，接受端忽略该字段
 - ♣ 13bit段偏移量：无符号整数，指示随后数据相对原始包起点的偏移
 - ♣ 2bit保留：传输时设置为0，接受端忽略该字段
 - ♣ 1bit M标志：0表示这是最后一段，1表示其后还有分段
 - ♣ 32bit 标识符：IPv6包的唯一标号



原始IPv6包的分段

- ◆ 原始IPv6包表示最初的，尺寸过大的没有分段的包
- ◆ 原始IPv6包 = 不可分段 + 可分段
 - ♣ 不可分段 = 基本报头 + 所有必须被路由器处理的扩展包，或者 = 基本报头到跳到跳选项的所有包
 - ♣ 可分段 = 任何必须被信宿节点处理的扩展报头 + 上层的报头 + 数据
 - ♣ 每个分段都以单独的分段包（Fragment Packet）传送，其长度是8 Bytes 的整数倍，最后一段除外。



分段重组的规则

- ◆ 重组只在**信宿**进行
- ◆ 一个原始包只能从具有相同源目地址和分段标识符的分段包重组得到
- ◆ 重组得到包的不可分段部分包含第一个分段包的分段报头以前的所有报头，同时进行2项改动
 - ♣ 不可分段部分的最后一个报头的NH值从第一个分段的分段报头中的NH字段中获取
 - ♣ 重组得到的包的载荷长度从不可分段部分的长度和最后一个分段的偏移量长度计算得到
 - ♣ 重组包的可分段部分由每一个分段包的分段报头后的部分构成
 - ♣ 分段报头不出现在最后得到的重组包中
 - ♣ 重组如果出错，则用ICMP返回错误报告

H. 认证报头的格式

- ◆ 8 Bits NH: 表明下一个载荷类型
- ◆ 8 Bits 载荷长度: 表明认证报文的长度
- ◆ 16 Bits 保留: 将来使用, 目前必须全0, 认证数据计算时考虑, 但接收端忽略
- ◆ 32Bits SPI: 其值任意, SPI值+信宿IP地址+安全协议, 唯一标明数据报的安全关联。1—255 的SPI值由IANA保留, 0是保留为本地特定应用程序使用的
- ◆ 32Bits序列号: 单调递增的计算器, 可为某安全关联开启**反重播**服务, 由接收端处理
- ◆ 变长认证数据: 包的完整性校验值ICV, 加上填充后是64Bits的整数倍

0	8	16	31
下一个报头	载荷长度	保留	
安全参数指标 SPI			
序列号字段			
可变长认证数据，			

认证报头的处理

◆ 同ESP一起都有传输和隧道2种模式

◆ 传输模式

- ✱ 仅仅适用于主机应用程序，除选择IP报头字段外，还对高层协议提供保护
- ✱ 认证报头被当作端到端的载荷，插在IP报头之后，在DCP/UDP/TCP/ICMP等高层协议之前。

◆ 隧道模式

- ✱ 认证报头可应用在主机或安全网关之上
- ✱ 当应用于安全网关之上时必须使用隧道模式
- ✱ 对到模式下，下层的IP报头携带最终的源目地址，而上层的IP地址可以是安全网关地址



基本报头	跳到跳报头 信宿选项报头 路由报头 分段报头	认证报头 AH	信宿报头 选项	TCP	数据
------	---------------------------------	------------	------------	-----	----

传输模式下IPV6包认证报头的位置

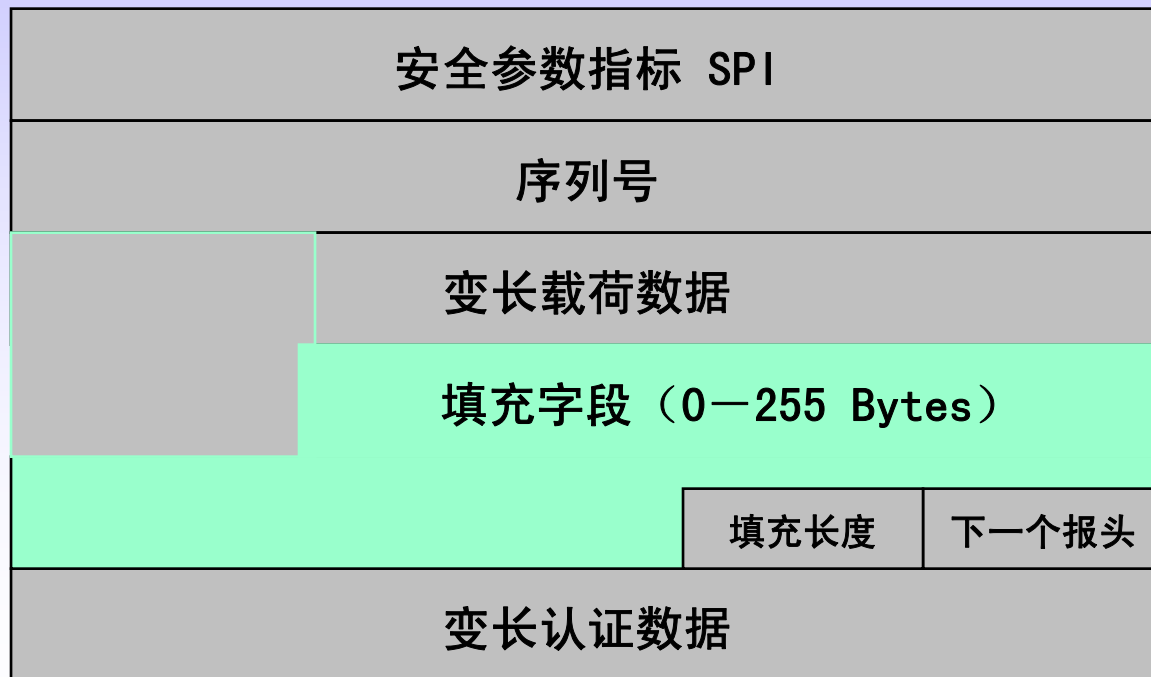
上层 基本 报头	上层扩 展报头 (如有)	认证 报头 AH	下层 基本 报头	下层扩 展报头 (如有)	TCP	数据
----------------	--------------------	----------------	----------------	--------------------	-----	----

隧道模式下IPV6包认证报头的位置

I. 封装安全载荷报头

◆ 封装安全载荷报头的格式

- ♣ 在一对通信主机之间，一对通信网关之间，或一个网关和一个主机之间保障数据的机密性



封装报头的处理


◆ 有传输和隧道2种应用模式

◆ 传输模式

- ✱ 仅仅适用于主机应用程序，仅对高层协议提供保护，而对IP报头不提供保护
- ✱ 封装安全载荷报头被当作端到端的载荷，插在IP报头之后，在DCP/UDP/TCP/ICMP等高层协议之前

◆ 隧道模式

- ✱ 封装载荷报头可应用在主机或安全网关之上
- ✱ 当应用于安全网关之上时必须使用隧道模式
- ✱ 对到模式下，下层的IP报头携带最终的源目地址，而上层的IP地址可以是安全网关地址



基本报头	跳到跳报头 信宿选项报头 路由报头 分段报头	封装安全 载荷报头 ESP	信宿报 头选项	TCP	数据	ESP 报尾	ESP 认证
------	---------------------------------	---------------------	------------	-----	----	-----------	-----------

传输模式下IPV6包封装安全载荷报头的位置

上层基本报头	上层扩展报头 (如有)	封装安全 载荷报头 ESP	下层基本报头	下层扩展报头 (如有)	TCP	数据	ESP 报尾	ESP 认证
--------	----------------	---------------------	--------	----------------	-----	----	-----------	-----------

隧道模式下IPV6包封装安全载荷报头的位置

5.5 IPv6的地址空间

◆ 4.3.0 How big is the 128 bits address space ?

◆ Increased address space

- ♣ 128 bits = 340 trillion (10^{12}) trillion trillion addresses

- ♣ $2^{128} = (2^{10})^{12.8} \geq (10^3)^{12.8} = 10^{38.4}$, 准确数目是
340, 282, 366, 920, 938, 463, 463, 374, 607, 431, 768, 211, 456 \geq
 $3.4 \times 10^{38.4}$


- ♣ 655, 570, 793, 348, 866, 943, 898, 599 addresses per m^2 of the planet's surface = $2^{128} / 511, 263, 971, 197, 990 m^2$ (地球表面积) $\approx 6.02 \times 10^{23}$ 即约**每平方米1摩尔地址**, 阿伏加德罗常数

- ♣ 而IPv4则只有每平方米**4个**地址

◆ Hierarchical address architecture

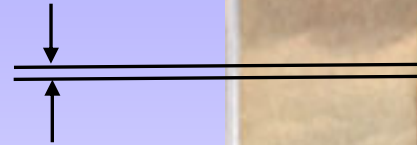
- ♣ Improved address aggregation

- ♣ Simpler address design

- 
- ◆ 在我们居住的地球上，有大陆和海洋。而海洋比陆地大得多。根据科学家计算，地球的表面积为5.1亿平方千米，海洋占据了其中的70.8%，即3.61亿平方千米，剩余的1.49亿平方千米为陆地，其面积仅为地球表面积的29.2%。也就是说，地球上的陆地还不足三分之一。所以，宇航员从太空中看到的地球，是一个蓝色的“水球”，而我们人类居住的广袤大陆实际上不过是点缀在一片汪洋中的几个“岛屿”而已。有人建议将地球改为“水球”不是没有道理。

If an IPv4 Address Weighed 1 Gram...

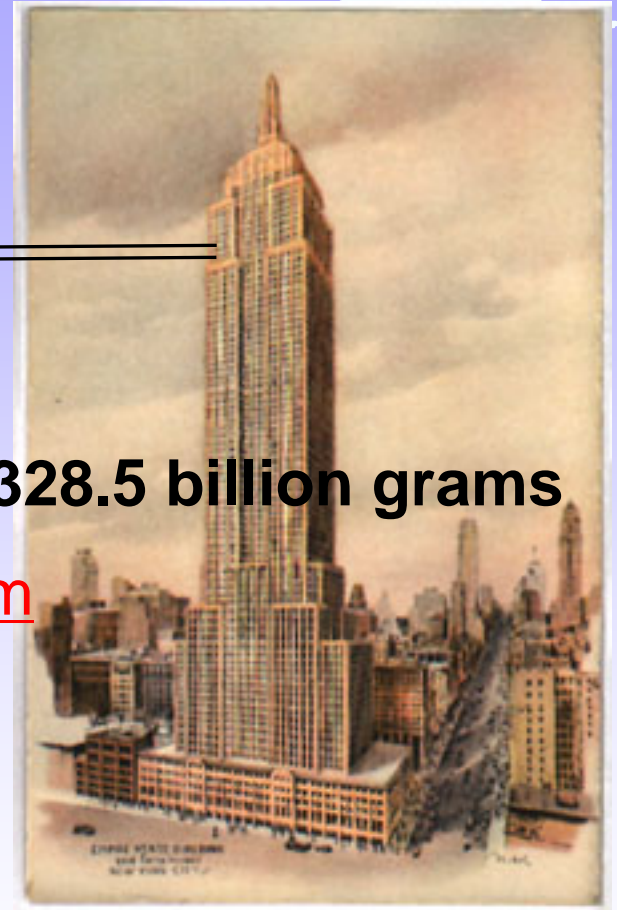
IPv4 = 1/76th weight of Empire State Building



Empire State Bldg. = 365,000 tons* = 328.5 billion grams

* <http://www.gibnet.org/heavy.htm>

$$\frac{32.85e+10}{2^{32}} = 76.48$$



If an IPv6 Address Weighed 1 Gram...

IPv6 address space =

X 56.7 billion



Earth = 6.00e+24 kg*

* <http://www.howstuffworks.com/question30.htm>

$$\frac{2^{128}}{6.00e+27} = 56,713,727,820 > 567 \text{ 亿个地球!}$$

巨大的地址空间怎样管理？

◆ 怎样管理的地址的分配

- ♣ IPv4分为网络前缀：由互联网管理机构管理，而主机后缀：由各个组织负责分配
- ♣ IPv6应位多级体系等级

◆ 怎样把一个地址映射成一条路由

- ♣ 计算效率
- ♣ 路由器必须检查每个数据报，并选择通往目的的路径，并是处理时间最小

5.6 IPv6的地址结构

◆ A. 地址的三种文本表示，以方便怎样阅读、输入和操作

- ♣ 104. 230. 140. 100. 255. 255. 255. 255. 0. 0. 17. 128. 150. 10. 255. 255
一点分十进制表示的128位v6地址
- ♣ 冒号16进制，共8个，相同字间距。上面地址为
68E6:8C64:FFFF:FFFF:0:1180:96A:FFFF
- ♣ 0压缩::表示，对连续长串0用::代替，一个地址中仅出现一次，例如：
 - ☞ 1080:0:0:0:8:800:200C:417A → 1080::8: ... ; unicast address
 - ☞ FF01:0:0:0:0:0:0:101 → FF01::101 ; multicast address
 - ☞ 0:0:0:0:0:0:0:1 → ::1 ; loopback address
 - ☞ 0:0:0:0:0:0:0:0 → :: ; undefined address
- ♣ 混合表示，x: x: x: x: x: x: d. d. d. d, x :表示16进制(16 Bits), d. 表示10进制(8 Bits)
 - ☞ 0:0:0:0:0:0:13. 1. 168. 3 或 ::13. 1. 168. 3
 - ☞ 0:0:0:0:0:FFFF:129. 144. 52. 38或 :: FFFF:129. 144. 52. 38

IPv6地址表示

- ◆ 16字节地址表示成用冒号（:）隔开的8组，每组4个16进制位，例如，

8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF

- ◆ 由于有很多“0”，有三种优化表示

- ♣ 打头的“0”可以省略，0123可以写成123；
- ♣ 一组或多组16个“0”可以被一对冒号替代，但是一对冒号只能出现一次。上面的地址可以表示成

8000::123: 4567:89AB:CDEF

- ♣ IPv4地址可以写成一对冒号和用“.”分隔的十进制数，例如

::192.31.20.46

B. 地址结构前缀的表示

◆ 类似CIDR形式

- ♣ IPv6地址/前缀长度，长度是10进制，表明地址最左端连续比特个数

- ♣ 正确表示12AB00000000CD3的60bits前缀是

- ☞ 12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60

- ☞ 12AB::CD30:0:0:0:0/60

- ☞ 12AB:0:0:CD30::/60

- ♣ 不正确的表示为

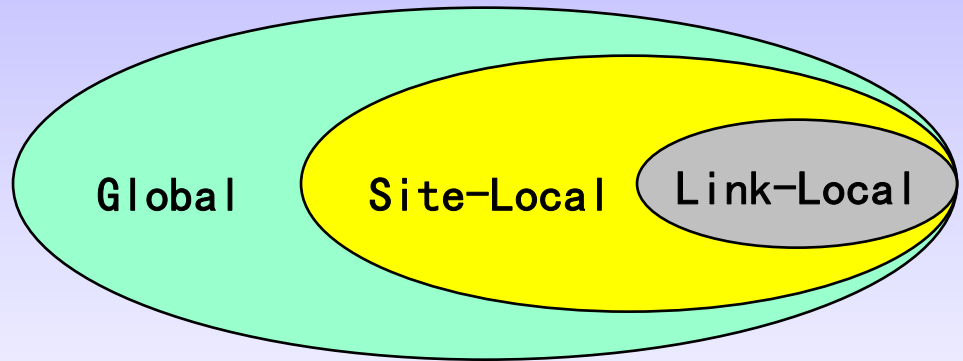
- ☞ 12AB:0:0:CD3/60 ; 可能丢失前面的0

- ☞ 12AB::CD30/60 ; 可理解为12AB:0:0:0:0:0:0:CD30

- ☞ 12AB::CD3/60 ; 可理解为12AB:0:0:0:0:0:0:0CD3

IPV6的地址模式

- ◆ 地址分配到接口：
 - ♣ 这同v4一样，没有变化
- ◆ 一个接口可有多多个地址
- ◆ 地址有范围之分
 - ♣ Link Local
 - ♣ Site Local
 - ♣ Global
- ◆ 地址有寿命
 - ♣ 有效的
 - ♣ 永久的
- ◆ 地址结构
 - ♣ 前缀+接口ID



IPv6的寻址

◆ 地址类型:

- ♣ Unicast: One to One (Global, Link local, Site local, Compatible)
- ♣ Anycast: One to Nearest (Allocated from Unicast)
- ♣ Multicast: One to Many
- ♣ Reserved

◆ 单个接口可能分配有任何单播、近播和组播地址

◆ 广播由组播代替



Thank
you!



Questions

