

IPv6 – La Internet de nueva generación

Latif Ladid

IPv6 ayuda a los arquitectos de redes a volver a visitar asuntos fundamentales relacionados con IP, tales como falta de direcciones IP, seguridad, calidad de servicio, movilidad, multidifusión, y gestión de redes.

En 1977, el Dr. Vint Cerf – Vicepresidente Superior de Arquitectura e Ingeniería de Internet en MCI WorldCom, y un pionero de Internet reconocido como ser el padre de la Internet – afirmó en un tono seguro que “32 bits debe ser espacio suficiente para direcciones en la Internet.” Hoy, como presidente honorario de IPv6 Forum, la fuerte voz del Dr. Cerf pide la adopción inmediata de IPv6, para poder “llevar la Internet donde ninguna red ha ido antes.”

El autor describe como Ericsson Telebit, por su segura estrategia pionera en lo que se refiere a la tecnología y la comercialización de IPv6, ha facilitado la creación de IPv6 Forum, tratando así las limitaciones críticas de la Internet actual – seguridad, calidad de servicio y espacio de direcciones – y construyendo robustas bases para la Internet de nueva generación.

Introducción

Ahora que ha pasado el efecto del cambio de milenio podrían pensar los arquitectos de redes que ha llegado el momento de descansar un poco. Pero no hay reposo para los fatigados. En efecto, ahora tenemos que prestar atención a IPv4. Sin embargo, un simple examen de las opciones puede ser confuso, porque los operadores no se enfrentan con la misma fecha tope definitiva de medianoche que les ejerce presión para hacer el cambio a IPv6, y porque hay tantas maneras de hacer la transición de IPv4. Y a esto hay que añadir todo el humo y el ruido que rodea el asunto de IPv6, y es fácil ver por qué algunos operadores de redes se arrastran los pies.

Por difícil que sea la decisión de desplazarse, es sin embargo necesario tomarla. A pesar de un estricto racionamiento, se está agotando rápidamente el espacio de direcciones de IPv4 a me-

didada de que se añaden más nodos y redes a una estructura de encaminamiento Internet que ya está sobrecargada. IPv4 puede apoyar en teoría tanto como cuatro mil millones de direcciones únicas. Pero la asignación actual de espacio ha bloqueado casi un 75 % de estas direcciones – al principio se había asignado a un número limitado de entidades, tales como MIT y AT&T, direcciones IP Clase A a cada una (hoy controla cada una más de 16 millones de direcciones). Como consecuencia, las compañías que solicitan direcciones IP hoy deben arreglárselas con una fracción de las direcciones de Clase C restante.

IPv6 tiene 128 bits de espacio de direcciones, como contraste a IPv4 (que tiene 32 bits de espacio de direcciones), lo que empuja hacia adelante el límite teórico de nodos únicos IPv6 a más o menos $3.4 \cdot 10^{38}$ ó cerca de 340 mil mil millones de direcciones únicas. Planteado de otra forma, si cada persona en la tierra tuviera una red IPv6 en la que tuviera tanto como 18.000.000.000.000.000.000 nodos, se encontraría sin usar casi todo el espacio de direcciones de IPv6.

El protocolo Internet (IP) tiene sus raíces en las redes militares precoces de la década de 1970. Pero IP ha hecho una conquista incontenible de las redes del mundo durante la última década. IP se ha establecido hoy como el vehículo básico para nuestro sistema global de comercio electrónico, permitiendo una amplia gama de aplicaciones de computación de cliente / servidor y semejante a semejante. A pesar de que la historia de éxito de IP tardó años en desplegarse, son muchas las personas que trabajan en la comunidad de las redes que todavía expresan asombro de que ocurrió en sí, teniendo en cuenta la solidez de las fuerzas opositoras: OSI, SNA, DECnet, NetWare, etc. Pero lo que tal vez es aún más asombroso es la comprensión naciente de la industria de que ha llegado la hora de hacer planes para la jubilación de la versión actual – IPv4.

IPv6 representa un paquete grande de capacidades, de las cuales el poner la dirección es el componente más visible. El asunto de poner la dirección recibe mucha atención, pero es sólo uno de los muchos asuntos importantes que han abordado los diseñadores de IPv6. Otras capacidades han sido desarrolladas también en respuesta directa a requisitos comerciales críticos de arquitecturas de redes adaptables, mejoramiento de la seguridad e integridad de datos, calidad de servicio (QoS) integrada, configuración automática, computación móvil, multidifusión de datos, y agregación de encaminador de red más eficaz al nivel de principal global.

Cuestión de tiempo

En la conferencia anual de 1999 del Grupo de Interés Especial sobre Comunicación de Datos de la Asociación de Maquinaria de Computación (SIGCOMM99), Sandy Fraser, Científico Jefe de

CUADRO A, ABREVIATURAS

CIDR	Classless interdomain routing	IPv6	IP versión 6
DHCP	Dynamic host configuration protocol	ISP	Internet service provider
DS	Differentiated services	MOSPF	Multicast open shortest path first
DVMRP	Distance vector multicast routing protocol	NAT	Network address translation
GPRS	General packet radio service	PDA	Personal digital assistant
ICANN	Internet Corporation for Assigned Names and Numbers	QoS	Quality of service
IETF	Internet Engineering Task Force	RSVP	Resource reservation protocol
IP	Internet protocol	TC	Traffic class
IPng	IP de próxima generación	UMTS	Universal mobile telecommunications system
IPSEC	Mecanismo de seguridad IP	WAN	Wide area network
IPv4	IP versión 4	Y2K	Año 2000

AT&T, expresó inquietud por la arquitectura de la Internet. ¿Es ésta adaptable? ¿Por qué no nos hemos desplazado todavía de IPv4 a IPv6? ¿Se ha osificado la alabada Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet (IETF)?

Uno de los problemas que rodea el debate IPv6 es que no hay ninguna fecha específica para la cual se habrán acabado todas las direcciones IPv4. Los optimistas afirman que a IPv4 le queda todavía unas cuantas buenas décadas. Los pesimistas avisan que sólo le quedan unos pocos años. A pesar de todo hay un gran empuje hacia adelante para IPv6. Naciones como China y Japón – que no recibieron mucho espacio de direcciones en IPv4 – son proponentes principales, como lo son las industrias nacientes. Los proveedores de telefonía digital móvil de próxima generación y los vendedores de electrodomésticos conectados en redes hacen observar que necesitarán direcciones IP para millones de aparatos.

También hay movimiento por parte de la IETF, cuyo grupo de trabajo de protocolo Internet de próxima generación (IPng) sigue estudiando mucho las especificaciones IPv6 y el IPv6 Forum recientemente formado fomenta el nuevo protocolo IP, para construir la nueva Internet.

¡Hacia adelante!

Dice Vint Cerf, "La mayor parte de las personas que hacen aplicaciones no saben cómo es el espacio de direcciones IP. Si alguien debería prestar atención a esto, deberían ser los ISP, la mayoría de los cuales se dedican a aprovechar las casillas NAT (traducción de dirección de red) a corto plazo."

Los gestores de redes que piensan que el marco de tiempo de largo plazo les permite aplazar sus decisiones IPv6 deben pensar otra vez. No es demasiado temprano para empezar a planificar, instalar, y probar redes IPv6. Al preparar para la transición ahora en vez de más tarde, pueden formar éstos una sólida base de conocimientos y evitar el tipo de respuesta caótica que caracterizó a tantos de los esfuerzos de programación del año 2000 (Y2K).

Direcciones y encaminamiento

IPv6 ayuda a resolver varios de los problemas que se encuentran actualmente dentro de y entre empresas. En la escala global, permitirá IPv6 a los diseñadores de principal Internet de crear una jerarquía de encaminamiento global flexible y expansible. El principal Internet (que es donde se juntan las empresas importantes y las redes ISP) depende del mantenimiento de un sistema jerárquico de direcciones que es de tipo similar al de sistemas de teléfonos nacionales e internacionales. Por ejemplo, los centros de conmutación grandes de oficinas centrales necesitan sólo un código de área nacional de tres dígitos para

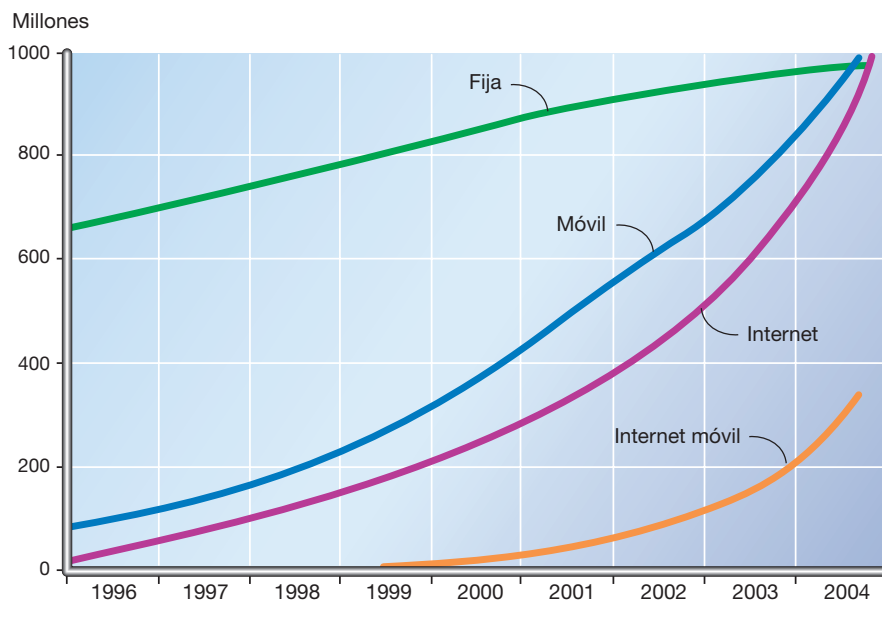


Figura 1
A la luz del crecimiento pronosticado (abonados) de telefonía fija y móvil y la Internet móvil, no es demasiado temprano para que los operadores de redes empiecen a planificar, instalar y probar redes IPv6.

CUADRO B, EL IPV6 FORUM

Misión

El IPv6 Forum es un consorcio mundial de 70 vendedores Internet en cabeza y redes de investigación y educación. La misión del IPv6 Forum es

- de fomentar IPv6 mejorando de forma dramática el conocimiento del mercado y los usuarios sobre IPv6 por la creación de una Internet de próxima generación que es robusta y segura; y
- de permitir el acceso mundial equitativo a conocimientos y tecnología, incluyendo así una responsabilidad moral al mundo.

Objetivos

Los objetivos del IPv6 Forum para alcanzar estos objetivos son

- de establecer un foro internacional abierto de conocimientos técnicos de IPv6;
- de compartir los conocimientos y la experiencia de IPv6 entre los miembros;
- de fomentar nuevas aplicaciones y soluciones globales basadas en IPv6;
- de fomentar implementaciones interoperables de normas IPv6;
- de cooperar con esfuerzos para alcanzar una calidad de servicio de punto a punto; y
- de resolver asuntos que obstruyen la instalación de IPv6.

Apoyo

"La visión de Ericsson de IPv6 es clara en términos comerciales y de tecnología: permite la ejecución y los ofrecimientos de servicios ordenados por la

infraestructura móvil (GPRS, UMTS), redes de banda ancha, electrónica de consumo y terminales, y la interoperabilidad y la gestión de éstos. Por lo que Ericsson ofrece su pleno apoyo al IPv6 Forum."

—Jan Uddenfeldt, Vicepresidente Superior y Director Técnico de LM Ericsson

"IPv6 se encuentra aquí y ahora, por lo que debemos llevar a la Internet donde nunca antes ha ido otra red."

—Dr. Vint Cerf, Presidente de la Fuerza de Tareas de la Sociedad de Internet y "padre" de la Internet

"Nosotros hemos sabido desde hace unos años que IPv4 estaba en camino a sus límites, y la IETF ha estado trabajando con IPv6 desde 1994. Ahora se ha llegado a un acuerdo sobre las normas básicas y están siendo implementadas, y llega la hora de moverse hacia adelante."

—Dr. Brian E. Carpenter, Presidente de la Junta de Arquitectura Internet de IETF, y Director de Programa en la División Internet de IBM

"Los nobles objetivos de IPv6 Forum serán de fomentar esta nueva tecnología en una base mundial, compartiendo conocimientos, experiencia e interoperabilidad, y creando bases comunes para la nueva Internet del próximo milenio."

— Latif Ladid, Presidente de IPv6 Forum y Vicepresidente de Ericsson Telebit.

encaminar una llamada telefónica de larga distancia a la central local correcta.

El sistema actual IPv4 usa también una jerarquía avanzada para ordenar el tráfico a redes que están conectadas al principal Internet. Sin una jerarquía de direcciones, estarían obligados los encaminadores de principal a almacenar información de tablas de rutas sobre la accesibilidad de cada red en el mundo. Por supuesto que, dado el número actual de subredes IP en el mundo, y el crecimiento de la Internet, no es factible la tarea de poner al día y gestionar tal tabla de rutas. Los encaminadores de principal pueden usar prefijos de dirección IP, gracias a la jerarquía de direcciones, para determinar cómo se debería encaminar el tráfico por el principal. Durante los últimos años ha empezado a usar IPv4 una técnica que se llama encaminamiento entre dominio sin clase (CIDR), que usa máscaras de bit para asignar una parte variable de la dirección IPv4 de 32 bit a una red, subred, o anfitrión. CIDR permite la "agregación de ruta" a distintos niveles de la jerarquía Internet. De esta manera los encaminadores de principal pueden almacenar una sola entrada de tabla de ruta que se puede usar para llegar a muchas redes de nivel más bajo.

Un inconveniente de CIDR es que no garantiza una jerarquía eficaz y adaptable. Para evitar de mantener una entrada separada para cada ruta individual, se deben juntar (o "resumir") las rutas a niveles más bajos de la jerarquía de encaminamiento (que tienen prefijos más largos) a menos rutas y que sean menos específicas a niveles más altos de la jerarquía de encaminamiento. La herencia de asignaciones de direcciones IPv4 que comenzaron antes de CIDR y

la jerarquía actual proveedora de acceso no facilitan frecuentemente la posibilidad de resumir. La falta de uniformidad en el sistema jerárquico actual, junto con la necesidad de racionamiento de direcciones IPv4, complica mucho la colocación de direcciones y el encaminamiento Internet. Estos asuntos afectan a los proveedores de servicio de alto nivel y, por consiguiente, a usuarios finales individuales. Además, la renumeración de sitios IPv4 (por ejemplo, cuando un usuario cambia de un ISP a otro, o cuando se mantiene y se mejora una dirección o cuando se agregan rutas) es innecesariamente complicada, y de esta manera más cara comparando con IPv6.

Arquitectura de transición

No hay forma de evitar el hecho de que IPv6 tendrá que interoperar con – o pasar por túnel a través de – IPv4. Las buenas noticias son que IPv6 no crea dependencias de orden: los arquitectos de redes pueden hacer adiciones a sus anfitriones primero y después a los encaminadores, o a sus encaminadores primero y después a los anfitriones. También pueden hacer adiciones a algunos anfitriones, a algunos encaminadores, y dejar el resto sin hacer nada. La pregunta, "¿cuál de los tres mecanismos principales de interoperabilidad predominará? (túneles, traductores, o stacks dobles)," sigue abierta.

Nodos que saben

IPv6 de punto a punto necesitará tunelización a través de redes IPv4 hasta que los proveedores de servicios construyan principales IPv6 y ofrezcan servicios IPv6. Esto se lleva a cabo encapsulando un paquete IPv6 a la carga útil de un paquete IPv4. Un nodo IPv6 origina los paquetes IPv6, que son encapsulados en IPv4 y enviados por la red IPv4. El nodo al final del túnel desconecta el paquete IPv4, exponiendo el paquete IPv6 para entrega al nodo de destinación.

Estrategias de transición

Las estrategias de transición de IPv6 varían. En algunos casos se pueden hacer adiciones a redes enteras para crear pequeños depósitos de apoyo IPv6 rodeados por océanos de IPv4. En estos casos, los nodos en las redes IPv6 no necesariamente tendrán que apoyar a IPv4. Sin embargo, y para apoyar la interoperabilidad externa, los aparatos en los límites de la red deben apoyar a IPv4. Los nodos internos IPv6 pueden comunicar directamente el uno con el otro, por medio de túneles via encaminadores IP dobles, con otras redes IPv6.

O como alternativa, y al hacer adiciones a nodos individuales para apoyar a IPv4 e IPv6, pueden crear los operadores un tipo de arquitectura de "pan con pasas", con nodos indivi-

CUADRO C, IPV6 CONTRA IPV4

Fórmula moderna de IPv6

IPv6 moderniza y refuerza la disposición básica de encabezamiento del paquete IP, mejorando mucho a IPv4. En IPv6 se abandonaron algunos de los encabezamientos IPv4 y otros fueron hechos opcionales. La estructura de paquete rediseñada y simplificada compensará en parte el costo de ancho de banda en los campos de dirección más largos en IPv6. Las direcciones IPv6 de 16 byte son cuatro veces más largas que las direcciones IPv4 de 4 byte, pero gracias a poner nuevo equipo es sólo el doble de grande el tamaño total del encabezamiento IPv6. Además del formato de paquete de forma moderna, tiene IPv6 como característica un mejor apoyo para extensiones y opciones de encabezamiento, cambiando la forma en que se codifican las opciones de encabezamiento IP para permitir una expedición más eficaz. La información opcional de encabezamiento es transmitida en "encabezamientos de extensión" independientes situa-

dos después del encabezamiento IPv6 y antes del encabezamiento de capa de transporte en cada paquete. La mayor parte de los encabezamientos de extensión IPv6 no son examinados o procesados por nodos intermedios (como era el caso con IPv4). Las extensiones de encabezamiento IPv6 son ahora de longitud variable y tienen límites de longitud menos severos. IPv6 da a los diseñadores de software de red una técnica muy clara para la introducción de nuevas opciones de encabezamiento en el futuro. Los campos de opción ya han sido definidos para llevar información explícita de encaminamiento creada por el nodo de fuente. Estos campos facilitan también la autenticación, la encriptación, y el control de fragmentación. Al nivel de aplicación se encuentran disponibles extensiones de encabezamiento para aplicaciones de red especializadas de punto a punto que requieren sus propios campos de encabezamiento dentro del paquete IP.

duales enlazando directamente el uno con el otro en el mismo enlace o por medio de túneles con nodos remotos IPv6 / IPv4. Este enfoque permite que las organizaciones puedan hacer adiciones a nodos uno a la vez para obtener acceso a nodos y redes remotas IPv6. Por otro lado, también complica las cosas al exigir la configuración manual de túneles, para obtener acceso a recursos IPv6.

La infraestructura IPv6

La IETF ha hecho su parte para desarrollar protocolos IPv6. La Empresa Internet para Nombres y Números Asignados (ICANN) ha publicado el documento de principios para asignar y fijar direcciones IPv6 (se hace referencia a www.arin.net/). Desde 1996 se han conectado casi 400 redes en más de 40 países a la red IPv6 de 6 principales (Cuadro D).

¡En marcha!

Los implementadores tempranos tienen muchas opciones para construir apoyo IPv6 a sus redes. Numerosos vendedores de encaminadores apoyan IPv6, inclusive 3Com (Estados Unidos), Compaq Computer Corporation (Estados Unidos), Ericsson Telebit (Dinamarca), Hitachi Ltd. (Japón), Nokia Telecommunications (Finlandia), y Northern Telecom Ltd. (Canadá). El núcleo Linux incluye también apoyo IPv6. Microsoft ofrece actualmente una versión alfa de un stack experimental IPv6 que según se informa trabaja con Windows NT y la versión beta de Windows 2000.

Gestión de la transición

Los vendedores de redes incorporarán con el tiempo el apoyo IPv6 a todos sus productos, de la misma manera que apoyan actualmente a IPv4. Los costos de implementación serán, según varios expertos, comparables a los de instalar una nueva versión de sistema operativo. De hecho, el apoyar a IPv6 debería ahorrar dinero al final. El cambio a IPv6 no es tan costoso como el hacer una transición a NATs anidados – una situación de pesadilla en la que el ISP usa su propio espacio de direcciones NAT, pero encamina los paquetes de sus clientes dentro de un principal que usa su propio y único espacio de direcciones NAT.

El costo de hacer funcionar una red IPv6 es en conjunto menos que el de hacer funcionar una red IPv4 equivalente. Esto es porque IPv6 es más inteligente que IPv4. Por ejemplo, los nodos IPv6 pueden configurarse automáticamente con la versión correcta del protocolo de configuración de anfitrión dinámico (DHCPv6). También, y gracias a la funcionalidad de descubrimiento de vecino, un nodo IPv6 puede conectarse a cualquier red y, sin la necesidad de intervención humana, puede buscar un servidor de

autoconfiguración apátrida y ser configurado para interoperar. Estas características son ideales para un verdadero acceso instantáneo a la red. Por medio del descubrimiento de vecinos, los nodos pueden determinar de forma automática cuáles encaminadores en sus enlaces se encuentran disponibles y pueden ser alcanzados. Además se simplifica la asignación de direcciones IP al nivel de organización.

¿Cuál es entonces la mejor manera de probar las aguas de IPv6? Los implementadores tempranos pueden construir islas de conectividad IPv6 sin afectar la conectividad total de la red. Los grupos de investigación apoyan frecuentemente a IPv6 de esta manera, mientras que otros grupos podrían añadir ramas de apoyo IPv6 como sea ordenado por las necesidades. Para hacer la transición de afuera hacia adentro, las organizaciones pueden colocar encaminadores IPv6 en los bordes de la red para permitir conectividad con y a través de redes IPv6. Las organizaciones en este escenario conectan a principales IPv6 y llevan tráfico IPv4 por tunelización a través de éstos.

IPv6, ¡Sí! NAT ¡No!

No todos son defensores de IPv6, algo que no sorprende. Los antagonistas sostienen que los problemas de asignación de dirección y de encaminamiento pueden ser controlados con otros mecanismos. Uno de estos mecanismos que ha demostrado ser especialmente polémico es la translación de dirección de red. Los que apoyan a NAT afirman que es la solución completa a los problemas de dirección IPv4. Sus adversarios, por otro lado, ven a NAT como un ordenador no fiable que es activamente perjudicial a la interoperabilidad, ya que incapacita las redes verdaderas de punto a punto, un criterio para seguridad – cada datagrama que pasa por una red NAT tiene que ser convertido, lo que hace que sea imposible usar los protocolos de arquitectura de seguridad IP (IPsec) para encriptar o firmar las transmisiones de forma digital. Por otro lado, NAT hace posible ocultar redes enteras detrás de una sola dirección IP, lo que es una forma de seguridad por derecho propio.

Beneficios de la Internet de nueva generación

Es igual de difícil hoy de pronosticar el futuro de la Internet y el comercio electrónico como lo hubiera sido para el piloto de un biplano de la Primera Guerra Mundial de imaginarse reactores jumbo y aeropuertos modernos. Simplemente no podemos prever las muchas maneras en las que será usada la Internet del futuro o lo que será su impacto completo.

Lo que sabemos, sin embargo, es que la Internet ya está transformando el comercio, la educación y el entretenimiento – casi cada aspecto

CUADRO D, RECURSOS IVP6 EN LA RED

www.ipv6forum.com

La home page del IPv6 Forum, un consorcio de vendedores y proveedores de redes, inclusive Cisco, Compaq, Ericsson Telebit, Hewlett-Packard, IBM, MCI Worldcom, Microsoft, Sun Microsystems y otros.

www.6bone.net

6bone, que es el banco de pruebas experimental para IPv6, enlaza actualmente cerca de 400 redes en más de 40 países.

www.6ren.net

6ren es una iniciativa libre y abierta para enlazar redes de investigación y educacionales que usan IPv6.

www.arin.net

ARIN tiene la responsabilidad de asignar y administrar direcciones IPv4 en América del Norte y del Sur, el Caribe, y África al sur del Sáhara.

www.internet2.edu

Internet2 se describe como "un esfuerzo colaborativo para desarrollar tecnología Internet avanzada y aplicaciones vitales para la investigación y misiones de educación superior." Se espera que Internet2 quede involucrado en investigación y desarrollo a medida que IPv6 adquiera velocidad.

de nuestras vidas. Además sabemos que se encuentran en camino cambios aún más grandes a medida que la Internet va siendo más rápida, más robusta, y va teniendo más usos.

La mayor parte de las descripciones del futuro de la Internet se han enfocado en ancho de banda. Pero la Internet de próxima generación se trata de mucho más que redes de alta velocidad. Esencialmente se trata de aplicaciones. El asunto no es lo que puede hacer la tecnología, sino lo que nosotros podemos hacer con ella.

Caso comercial para IPv6 – la solución de calidad de punto a punto

IPv6 es crítica para la viabilidad continuada de redes internas de empresas y la Internet pública en general, dados los requisitos comerciales cada vez más crecientes para multimedia interactiva y aplicaciones de red de ancho de banda grande. A pesar de su importancia y los esfuerzos de algunas de las mentes más brillantes en la industria de las redes, ha sido atendido el nacimiento de IPv6 por un número de mitos y representaciones que pueden distraer fácilmente a propietarios de redes que se encuentran en el proceso de crear una estrategia de red con vistas al futuro. Teniendo en cuenta las gigantes implicaciones de desplazar nuestra infraestructura global de redes internas a un protocolo puesto al día, se puede esperar algo de confusión. Pero

si los mitos de IPv6 son perpetuados de forma indefinida, podría decaer la Internet con un juego de componentes de protocolo de 20 años de edad, mientras que los requisitos comerciales y de usuario final para servicios avanzados de redes se extienden de forma exponencial. Ahora es el tiempo de limpiar el aire.

Fiabilidad y adaptabilidad

Una de las diferencias más grandes entre la Internet de hoy y la nueva Internet es que nos será posible confiar en la nueva Internet; estará disponible cuando la queremos usar. Los usuarios finales estarán siempre en línea y pueden empezar a usar la Internet sin tener que pasar primero por una secuencia complicada de marcación y entrada en comunicación. De forma similar, el acceso será por todas partes – o sea que no sólo podrán conectarse los usuarios finales a la Internet de forma instantánea, sino que los sitios y las aplicaciones que quieren usar serán accesibles también – ésto no desaparecerá y volverá a aparecer a medida que varía la carga de la red.

Secreto y seguridad

Para lograr el potencial completo de la nueva Internet, los usuarios finales deben poder confiar en la información y las transacciones en línea tanto como o más que lo que confían en documentos en copia impresa. A medida que la información digital va llegando a ser un artículo importante, ésta debe ser protegida y autenticada. Lo que vemos debe ser lo mismo que lo que fue enviado y lo que recibimos. Nosotros debemos poder controlar nuestros datos y proteger nuestro secreto en el ciberespacio. Esto exige mecanismos fáciles de usar, poco costosos y universalmente disponibles para la seguridad y la autenticación. En particular, necesitamos medios libres de fallos para

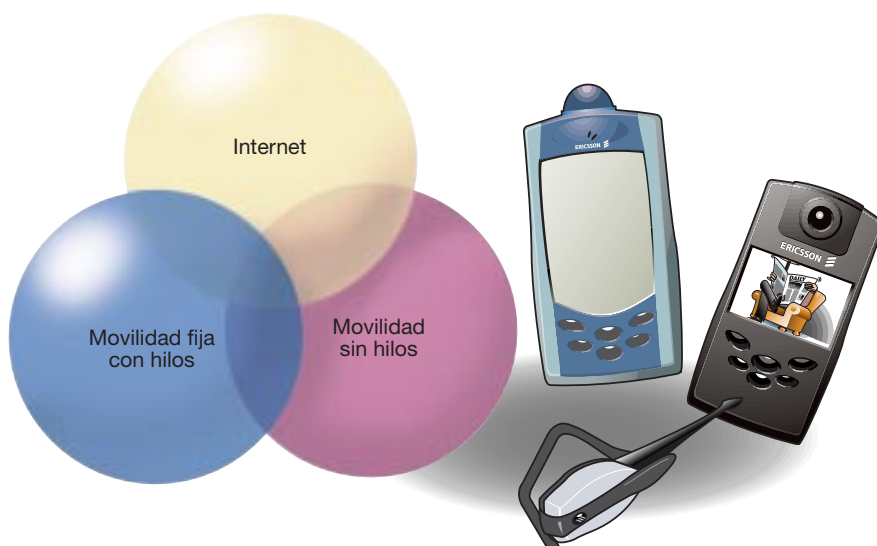
- asegurar la confidencialidad de datos enviados por la Internet;
- probar que los datos privados seguirán siendo privados;
- verificar que un mensaje fue enviado y recibido de forma correcta;
- autenticar a individuos e información en la Web;
- probar que alguien firmó un documento electrónico; y
- certificar que se llevó a cabo una transacción a un tiempo dado.

Calidad de servicio: velocidad y servicios diferenciados

La mayor parte de los usuarios de Internet de hoy pasan una gran parte de su tiempo en línea no haciendo otra cosa que esperar – esperar para ser conectado a un sitio web, esperando para que se carguen páginas, y esperando para bajar software. Como contraste, la próxima generación de Internet nos dará la velocidad que necesitamos.

IPv4 lleva un byte de servicios diferenciados

Figura 2
La mayor parte de las descripciones del futuro de la Internet ponen de relieve el ancho de banda. Pero la Internet de próxima generación se trata de mucho más que redes de alta velocidad – el asunto verdadero no es lo que puede hacer la tecnología, sino lo que nosotros podemos hacer con la tecnología.



(DS) e IPv6 lleva un byte de clase de tráfico equivalente (TC), destinado para el apoyo de servicios simples diferenciados. IPv4 e IPv6 pueden apoyar cada uno el protocolo de reservación de recursos (RSVP) para implementaciones QoS más complejas. El formato de paquete IPv6 contiene un nuevo campo de identificación de flujo de tráfico de 24 bit que será de gran valor para los vendedores que implementan funciones de red de calidad de servicio. Aun cuando estos productos se encuentran todavía en la fase de la planificación, IPv6 sienta las bases, permitiendo que se haga disponible una amplia gama de funciones QoS (inclusive reservación de ancho de banda y límites de retardo) de una manera abierta e interoperable. Un beneficio adicional para QoS en IPv6 es que se puede usar una etiqueta de flujo (asignada dentro del encabezamiento de IPv6) para distinguir flujos de tráfico para obtener un encaminamiento optimizado. Además se puede usar la etiqueta de flujo para identificar flujos aun cuando la carga útil está encriptada (por ejemplo cuando los números de puertas están ocultados).

La red puede identificar corrientes de paquetes que necesitan manejo especial, gracias a las tarjetas de flujo IPv6. El encaminamiento basado en flujo puede dar a las redes internas algunas de las características determinativas asociadas con la tecnología de conmutación orientada en conexiones y circuitos virtuales. Por ejemplo, a video desktop o corrientes de audio se les puede asignar una etiqueta de flujo que indica a los encaminadores que se necesita una cantidad controlada de tiempo de espera de punto a punto. Las etiquetas de flujo se pueden usar también para dar a flujos de tráfico un nivel específico de seguridad, retardo de propagación (por ejemplo, transmisión por satélite), o costo. El trabajo experimental con implementaciones IPv4 QoS no estandarizadas ha mostrado ya que es factible llevar corrientes de video y audio por las topologías de redes internas en trama sin un exceso de degradación. IPv6 prepara el terreno para una aplicación de producción de este tipo.

Acceso que se encuentra por todas partes

Hoy, cuando entramos a un hogar o una oficina, vemos típicamente uno o más ordenadores. Se puede imaginar de entrar a un hogar y ver docenas o hasta cientos de ordenadores, PDAs, y otros dispositivos – todos conectados a la Internet. Se puede imaginar un mundo en el que casi cualquier cosa con un valor que sobrepasa los 10 ó 20 USD – ya sea un refrigerador, una camisa, o una bicicleta – contenga una pequeña tarjeta inteligente que puede comunicarse por medio de un enlace sin hilos a la Internet. La conectividad será igual de común que el aire en este tipo de mundo – nuestros relojes, árboles, hasta nuestros perros transmitirán datos. Un reloj de pulsera podría servir de buscapersonas. Sensores en árboles alrededor de una casa podrían contar

a nosotros – o a un sistema de aspersión – que es necesario regar los árboles. El collar de un perro nos podría contar dónde se encuentra. Y lo mejor de todo, las llaves del automóvil que se han extraviado podrán contar a la Internet dónde se encuentran.

Movilidad

IPv4 tiene dificultades en gestionar ordenadores móviles, por varios motivos:

- Los ordenadores móviles necesitan usar una dirección de expedición en cada punto de conexión nuevo a la Internet – y con IPv4 no es siempre fácil obtener esta dirección.
- Se necesitan buenos elementos de autenticación, que por lo general no se instalan en nodos IPv4, para informar a cualquier agente en la infraestructura de encaminamiento sobre la nueva localización del nodo móvil.
- En IPv4 puede ser difícil para los nodos móviles de determinar si o no están conectados a la misma red.
- Los nodos móviles en IPv4 no pueden por lo general informar a sus asociados de comunicación sobre un cambio de localización.

Varios aspectos del diseño del protocolo IPv6 son directamente beneficiosos a, y van más allá de sólo dar apoyo de marcación para, la computación móvil. Un procesamiento mejorado de opciones de destinación, la autoconfiguración, los encabezamientos de encaminamiento, la encapsulación, la seguridad, y las direcciones de difusión a cualquiera contribuyen al diseño lógico de movilidad de IPv6. Tanto es así, de hecho, que una red europea de satélites está ya introduciendo IPv6 como su protocolo principal de comunicación. La ventaja de movilidad de IPv6 puede ser puesta de relieve aún más por la adición de gestión de etiqueta de flujo, lo que da a los nodos móviles una calidad de servicio aún mejor.

Multidifusión y difusión a cualquiera

Uno de los requisitos comerciales de más rápido crecimiento para redes internas es la capacidad de transmitir una corriente de video, audio, noticias, datos financieros, u otros datos sobre tiempo a un grupo de estaciones extremas funcionalmente relacionadas pero geográficamente dispersas. La mejor manera de lograr ésto es por medio de técnicas de multidifusión de capa de red. Típicamente envía un servidor una corriente de datos multimedia o sensibles al tiempo. Una red con capacidad de multidifusión puede repetir después de forma automática los paquetes del servidor y encaminarlos a cada abonado en el grupo de multidifusión usando un camino eficaz. Los encaminadores usan protocolos de multidifusión – tales como el *protocolo de encaminamiento de multidifusión de vector de distancia* (DVMRP) y el *protocolo de multidifusión abrir el camino más corto primero* (MOSPF) – para converger dinámicamente un "árbol" de distri-

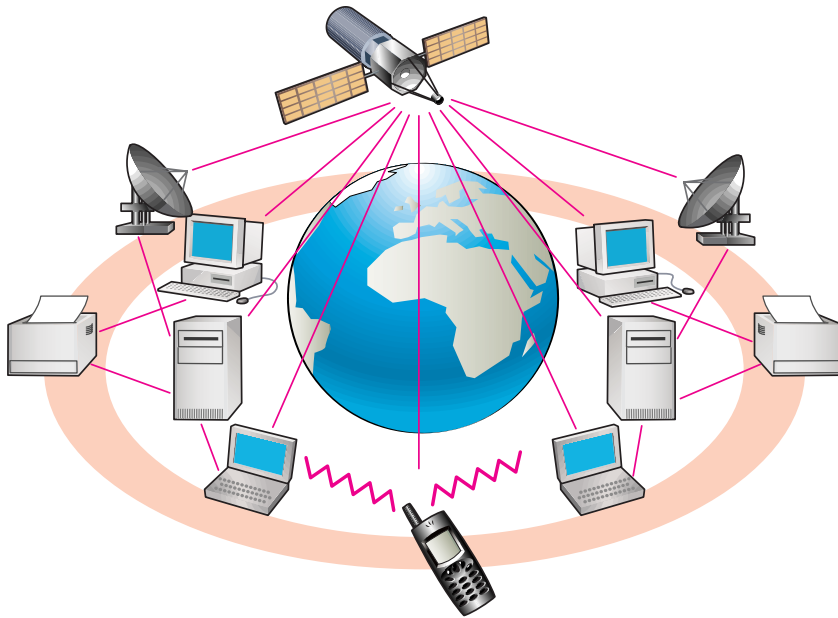


Figura 3
 IPv6 ofrece procesamiento superior de opciones de destinación, autoconfiguración, encabezamientos de encaminamiento, encapsulación, seguridad, y direcciones de difusión a cualquiera.

bución de paquetes que conecta a cada miembro del grupo con el servidor de multidifusión.

Nuevos miembros se juntan al grupo de multidifusión al enviar un mensaje de "juntar" a un encaminador cercano. El árbol de distribución se regula después para incluir la nueva ruta. Los servicios de multidifusión implican que un servidor puede enviar un solo paquete que será repetido y expedido por la red interna al grupo de multidifusión en base de lo que sea necesario. Este método es superior a soluciones de unidifusión y de difusión, porque conserva los recursos de servidor y de red. También se están desarrollando aplicaciones de multidifusión para IPv4, pero IPv6 extiende mucho las capacidades de multidifusión IP al definir un espacio de direcciones de multidifusión muy grande y un identificador de alcance que es usado para limitar el grado al que se propaga la información de encaminamiento de multidifusión por toda una empresa. La multidifusión es una característica importante de IPv6 que sustituye la característica de difusión al apoyar funciones tanto de unidifusión como de multidifusión.

CUADRO E, HITOS IMPORTANTES EN LA FORMACION DE LA INTERNET

1969 – 1985	Investigación básica de redes con paquetes
1974	Primera publicación de diseño Internet
1983	Primera instalación de importancia
1986	Primeras compañías encaminadoras
1989	WWW; enlace MCI de correo / Internet
1990	ARPANET retirado; primeros servicios comerciales (UUNet, PSINet)
1994	WWW comercial (Netscape)
1995	NSFNet retirado, principal competitivo
1998	Nuevo IANA / ICANN

Los servicios de difusión a cualquiera son otra innovación de la especificación IPv6 que no se encuentra en IPv4. La difusión a cualquiera es conceptualmente un cruce entre unidifusión y multidifusión: dos o más interfaces en un número arbitrario de nodos son designados como un grupo de difusión a cualquiera. Un paquete dirigido a la dirección de difusión a cualquiera del grupo es entregado a sólo uno de los interfaces en el grupo, típicamente el interfaz "más cercano" en el grupo según la métrica de protocolo en encaminamiento actual. Esto es en contraste a servicios de multidifusión, que entregan paquetes a cada miembro del grupo de multidifusión. Los nodos en cualquier grupo de difusión a cualquiera están configurados de forma especial para reconocer direcciones de difusión a cualquiera, que se sacan del espacio de direcciones de unidifusión.

Colaboración y conversación

La Internet de hoy es un potente medio para comunicación, sea de uno a uno, de uno a muchos, de muchos a muchos. Nuevas aplicaciones e interfaces harán que sea más fácil y más intuitivo para las personas de colaborar en el ciberespacio en el futuro. Nuevas tecnologías de medios permitirán que los usuarios puedan

- "entrar caminando" a una oficina a miles de kilómetros de distancia para participar en una reunión de negocios;
- visitar una "sala de muestras virtual" y hacer que un vendedor demuestre, por ejemplo, un modelo de computación de tres dimensiones del automóvil que están pensando comprar; o
- sentarse dentro de una pantalla de video panorámica de 360 grados y "viajar" a un concierto de rock en California, por ejemplo. Estas nuevas herramientas para colaboración permitirán a los usuarios comunicarse por *lo menos* de forma igual de eficaz en línea que como lo hacen en persona.

El mundo de movilidad sin hilos

Imagínese poder llevar un calendario y una lista de contacto en una hoja de papel electrónico plegable de poco peso, o de poder decir al ordenador, al salir de la oficina para almorzar, "Prepáre un informe sobre las estrategias de nuestros competidores." o ¿qué le parece enviar su "persona virtual" a una reunión mientras que atiende otra – o sea, de estar en realidad en dos lugares al mismo tiempo?

Estas visiones de computación personal podrían convertirse en realidad en menos de cinco años. Compaq, Ericsson, IBM, y Hewlett-Packard están de hecho trabajando ahora en tecnologías que permitirán un mundo de computación penetrante y transparente en el que la potencia de procesamiento se encuentra incorporada en casi cada elemento fabricado, desde des-

pertadores a tazas de café. Y lo que es más, estos aparatos estarán conectados sin hilos y sin fisuras.

Después de un tiempo, a medida que va madurando la tecnología, ya no la veremos o pensaremos en ésta. Los datos van a ser más móviles y van a moverse en un número de aparatos que van de teléfonos celulares, teléfonos inteligentes y asistentes personales digitales (PDA) a libros y papel electrónico.

Una abundancia de ancho de banda sin hilos permitirá la proliferación de estos aparatos. Los eslabones débiles asociados con la transmisión de datos sin hilos serán eliminados dentro de los próximos años, gracias a nuevas tecnologías sin hilos basadas en UMTS y Bluetooth. Por ejemplo, las redes celulares de tercera generación con velocidades de transmisión (móvil) de hasta 384 bit/s estarán disponibles en Asia este año, en Europa en 2001, y en los Estados Unidos en 2002 ó 2003.

Las redes llegarán a ser completamente transparentes en el futuro no tan distante, a medida que la tecnología sin hilos 802.11 (que funciona a 11 Mbit/s y se espera que transmita datos a 54 Mbit/s) sea integrada de forma transparente a la red de área amplia (WAN). Esto permitirá que los usuarios puedan estar conectados todo el tiempo a la LAN de un campus, sin tener en cuenta su localización actual. Cuando los usuarios salen del área del campus, se hará una transferencia sin fisuras a una WAN.

El volumen del comercio en Internet podría alcanzar USD 3,2 billones para el año 2003 y representar un 10 % de la economía mundial. ¿Pero está lista la Internet? Dado que los sitios importantes de inversiones (tales como Charles Schwab & Co.) y los sitios de subastas de consumo (tales como eBay) están luchando para mantener los niveles actuales de actividad en línea, va siendo claro que la Internet y los comerciantes que la usan tienen mucho por hacer antes de que puedan manejar con éxito millones o hasta miles de millones de transacciones día y noche.

Por suerte que la ayuda se encuentra en camino, en la forma de redes redundantes (robustas) y autorregenerables, un nuevo protocolo de comunicaciones para Internet, una seguridad mejor – y además de manejar cientos de millones de clientes y miles de millones de distintos aparatos, los sitios de comercio electrónico tendrán que encargarse también de repeler los hackers y los terroristas electrónicos.

Conclusión

Con su enorme espacio de direcciones, define la solución IPv6 una arquitectura de encaminamiento global jerárquico de varios niveles. Usando prefijos de estilo CIDR, se puede asignar el espacio de direcciones IPv6 de una manera que facilita el resumen de rutas y controla la expansión de tablas de rutas en encaminado-

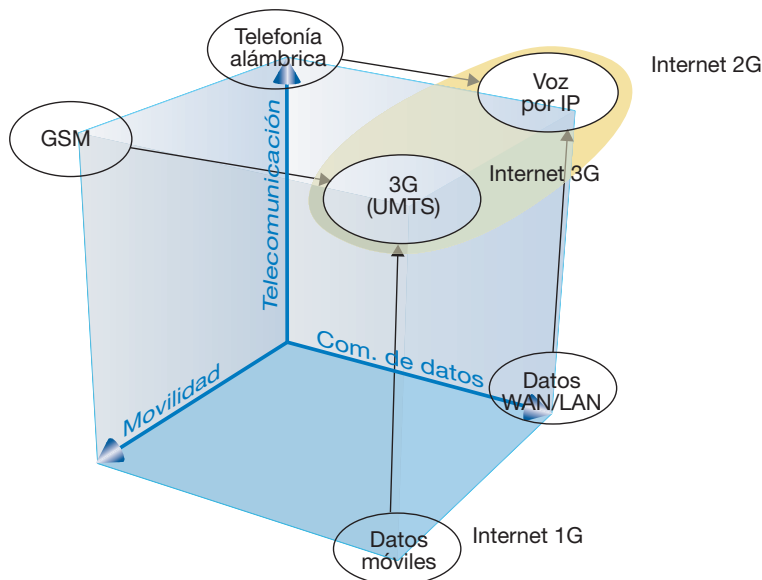


Figura 4 IPv6 es el habilitador clave en el Nuevo Mundo de las Telecomunicaciones.

res de principal. La enorme disponibilidad de direcciones IPv6 elimina la necesidad de espacios privados de direcciones. Los ISP tendrán una abundancia de direcciones para asignar a pequeñas empresas y usuarios que entran marcando número que necesitan direcciones únicas globalmente para aprovechar la Internet del todo. Usando un ejemplo de las redes de teléfonos que están llenas, se podría decir que IPv6 elimina la necesidad de tener extensiones, dando líneas de comunicación directa a cada oficina sin tener que usar operadores (automáticos o de otro tipo) para la reexpedición de llamadas.

A medida que la Internet va siendo el verdadero medio global, vamos a necesitar las innovaciones y los constantes esfuerzos de individuos para construir una red que sea capaz de apoyar una variedad de servicios de una manera robusta. El valor de una red, según la Ley de Metcalf, es igual al cuadrado del número de personas que la usan. Sobre lo que se puede pensar de esta manera: al conectarse a una red, no sólo saca provecho de sus elementos, sino que su presencia también aumenta el valor de la red para otros.