



IPv6

DAS NETZWERKPROTOKOLL DER ZUKUNFT

Eigenschaften, Anwendungen, technologisches Potenzial

Das Netzwerkprotokoll IPv6 wird meist im Zusammenhang mit der drohenden IP-Adressenknappheit erwähnt. Die mit dem zurzeit vorherrschenden Internetprotokoll IPv4 verfügbaren IP-Adressen sind bereits zu circa drei Viertel vergeben. Experten warnen, dass die Reserven eventuell schon zwischen 2009 und 2013 aufgebraucht werden. Daher bereiten sich die zuständigen Registries (regionale Vergabestellen für IP-Adressen) auf den Tag X vor und empfehlen Internet Service Providern (ISP), die Migration zu IPv6 anzugehen. Dieses Protokoll stellt einen unvorstellbar großen Adressraum zur Verfügung, womit das Problem der IP-Adressenknappheit ein für allemal erledigt sein dürfte. Das ist jedoch nicht alles, was IPv6 zu bieten hat – vielleicht ist es noch nicht einmal das Wichtigste. Die US Regierung jedenfalls, deren Netze bis August 2008 komplett auf IPv6 migriert sein sollen, sieht aufgrund integrierter Sicherheitsmechanismen und zusätzlicher Funktionalitäten in IPv6 das intelligentere Gesamtpaket. Das vorliegende White Paper stellt das neue Internetprotokoll IPv6 vor und erläutert, welche Auswirkungen es auf den Netzwerkdruck hat. Die aktuelle SEH Printserver-Serie „PS“ ermöglicht das Drucken in IPv6-Netzen.

JÖRG HECKE

Produktmanager

MARGARETE KEULEN

Marketing Communications Manager

Version 1.0

Januar 2007

© SEH Computertechnik GmbH

INHALT

1. DIE SITUATION HEUTE	3
2. ADRESSRAUM BEI IPv6	4
3. VEREINFACHTES NETZWERKMANAGEMENT MIT IPv6	5
3.1. Reduzierter IPv6 Header	5
3.2. Verbesserung des Quality of Service (Qos)	6
3.3. Verbesserung von Multicast	6
3.4. Autokonfiguration	6
3.5. DHCPv6	6
3.6. Ad-hoc Netzwerke	7
3.7. Integrierte Sicherheitsmechanismen	7
4. DIE EVOLUTION VON IPv6 UND DER ÜBERGANG VON IPv4 ZU IPv6	8
5. IPv6-FÄHIGE NETZWERKLÖSUNGEN VON SEH	9
6. ZUSAMMENFASSUNG	10
7. LITERATUR	11
8. INTERNET	11

1. DIE SITUATION HEUTE: IPv4 DIENT LANGSAM, ABER SICHER AUS

Die Internet-Protokolle legen fest, wie Computer und andere Geräte in einem Netz miteinander kommunizieren. Die heute verbreitete und gebräuchliche vierte Version des Internet-Protokolls (IPv4) wurde 1981 definiert, um weltweit alle Computer zu vernetzen. Sie fungierte seitdem als Treiber für die Expansion des Internets. Doch mittlerweile stößt IPv4 an seine Grenzen und wird auf absehbare Zeit als Plattform für neue Technologien ausgedient haben. Ein wichtiges Stichwort ist in diesem Zusammenhang die Knappheit von IP-Adressen: Die 32-Bit-Kodierung von IPv4 ergibt etwas über vier Milliarden IP-Adressen. Das ist zwar ein sehr großer Adressraum, jedoch hat die IANA (Internet Assigned Numbers Authority) in den Anfangsjahren mehrere riesige Adressbereiche (A-Klasse-Netze) vergeben. Das größte Stück vom Kuchen bekamen die USA, und auch Europa ist gut versorgt. In diesen Gebieten ist die Adressknappheit daher auch noch kein drängendes Thema. Für die Nachzügler allerdings, besonders die aufstrebenden Wirtschaftsnationen im asiatischen Raum sowie in Afrika und Lateinamerika, wird es mitunter schon kritisch.

Daher wird die Migration zu IPv6 besonders im asiatischen Raum bereits auf Hochtouren betrieben. Beispiele für aktuelle Installationen sind das *China Next Generation Internet CNGI* und der NTT Backbone in Japan. NTT ist der erste Provider überhaupt, der IPv6-basierte Dienste in umfassendem Maße anbietet. Viele Länder in Asien und Europa haben bereits den Einsatz von IPv6 in bestimmten Regierungs- und Industrie-Umgebungen angeordnet. Dieser Trend wird anhalten, da immer mehr Länder an die Grenzen von IPv4 stoßen. Zu den Vorreitern gehören akademische Institutionen, Forschung und Entwicklung, militärische und geheimdienstliche Organisationen sowie verschiedene Unternehmen. In Deutschland beschleunigt sich zurzeit der Vormarsch von IPv6: Bereits 35 Prozent der über 180 Carrier und Internet Service Providers (ISP), die über den größten deutschen Internet-Austauschknoten *Deutsche Commercial Internet Exchange (DE-CIX)* ihre Datennetze verbinden, unterstützen das neue Protokoll. Die Nachfrage nach IPv6-fähigen Produkten auf dem Markt ist zwar noch verhalten, doch gehen Experten wie Frank Orlowski, Director Business Development bei DE-CIX, davon aus, dass sich dies in den nächsten drei bis fünf Jahren stark ändern wird. (Stand: November 2006)

2. ADRESSRAUM BEI IPV6: RAUM FÜR VIELE ANWENDUNGEN UND ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN

IPv6 basiert auf einer 128-Bit-Kodierung, was einen unvorstellbar großen Adressraum von 3.4×10^{38} IP-Adressen ergibt. Bisher werden hauptsächlich Computer, Drucker, PDAs und ähnliche Geräte aus dem Computermarkt über IP-Adressen ins Netz eingebunden. Wenn man davon ausgeht, dass künftig beispielsweise auch Anwendungen aus dem Markt für Home Entertainment (Audio/Video-Applikationen, Spiele, Internet-TV etc.) oder Intelligent Home-Anwendungen wie die Steuerung von Kühlschränken, Heizungsanlagen, Beleuchtung, Jalousien etc. über Netzanschluss hinzu kommen, so wird der Bedarf an IP-Adressen weit über das hinaus gehen, was IPv4 noch bereitstellen kann. Mit IPv6 dagegen ließen sich pro Quadratmeter Erdoberfläche $6,5 \times 10^{23}$ IP-Adressen vergeben, womit das Problem der IP-Adressenknappheit ein für alle Mal ad acta gelegt sein dürfte.

Beispiel für IPv4-Adresse (dezimale Notation):

207.142.131.235

Beispiel für IPv6-Adresse (hexadezimale Notation):

2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7344

Besonders interessant ist das Internetprotokoll der zweiten Generation, wenn es um Zukunftstechnologien wie Mobile IP geht: Damit ist es möglich, überall auf der Welt unter der gleichen IP-Adresse erreichbar zu sein. Und auch Verschlüsselungstechniken wie IPsec (IP Security) kann IPv6 wirksam unterstützen – nicht zuletzt, weil durch die Garantie von genügend einmalig zu vergebenden IP-Adressen die Grundidee der Peer-to-Peer-Verbindungen im Internet und in Netzwerken wieder verwirklicht werden kann. Allerdings muss man vom heutigen Standpunkt aus darauf hinweisen, dass hier noch in weiten Teilen Entwicklungsbedarf herrscht: Noch ist nicht alles einfach umzusetzen, was an Potenzial in IPv6 steckt.

3. VEREINFACHTES NETZWERKMANAGEMENT MIT IPv6

Die wichtigsten Eigenschaften von IPv6 betreffen vor allem das Netzwerkmanagement und die Sicherheit. Jedes Gerät, das ans Internet oder an ein Intranet angebunden ist, benötigt eine einmalige IP-Adresse. Ist der Adressraum eines Netzes ausgeschöpft, müssen Administratoren mit Hilfsmechanismen wie NAT (Network Address Translation) Abhilfe schaffen, um die Skalierbarkeit bei IPv4 zu gewährleisten. Der Preis dafür ist eine komplizierte Netzwerkadministration mit dem Nachteil, dass solche Lösungen nicht ausfallsicher sind, die Administration erschweren und insgesamt die Leistungsfähigkeit des Netzes beeinträchtigen. Eine echte Peer-to-Peer-Verbindung kann beim Einsatz solcher Hilfsmechanismen nicht mehr aufrechterhalten werden. Daraus ergeben sich Einschränkungen für die Sicherheit, die technologische Weiterentwicklung von Applikation (z. B. File Transfer Protocol/FTP, Domain Name System/DNS, Voice over IP/VoIP, Streaming Media) sowie für die Entwicklung neuer Technologien und Applikationen (z. B. Mobile IP). Viele Eigenschaften von IPv6 vereinfachen das Netzwerkmanagement erheblich:

3.1. REDUZIERTER IPv6 HEADER

In jedem IPv4-Header sind alle Optionen enthalten. Ein Router analysiert immer alle Optionen des Headers, was zeitaufwändig ist. Der IPv6-Header hat ein neues, deutlich schlankeres Format, weil sowohl die nicht unbedingt notwendigen Felder als auch die Options-Felder in einen Erweiterungskopf geschoben wurden, der hinter den IPv6-Header gesetzt ist. Die auf diese Weise reduzierten IPv6-Header-Informationen entlasten Hubs, Router und Switches deutlich, so dass IPv6 leistungsfähiger ist als IPv4. Für Hochleistungsnetze wie Gigabit Ethernet ist IPv6 genauso ausgelegt wie für Netze mit niedriger Bandbreite. Das neue Protokoll soll besonders an die neuen 64 Bit Prozessorgenerationen angepasst sein.

IPv4-Header mit längerem Basis-Header

0				1				2				3	
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0				0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0				0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0				0 1	
Version		IHL		Type of Service				Total Length					
Identification				Flags		Fragment Offset							
Time to Live		Protocol				Header Checksum							
Source Address													
Destination Address													
Options								Padding					

IPv6-Header mit schlankem Basis-Header - die Quell- und Zieladressen sind viermal länger als bei IPv4

0				1				2				3	
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0				0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0				0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0				0 1	
Version		Traffic Class		Flow Label									
Payload Length				Next Header				Hop Limit					
Source Address (128 bit)													
Destination Address (128 bit)													

3.2. VERBESSERUNG DES QUALITY OF SERVICE (QOS)

Der Erweiterungskopf des IPv6-Header bietet Raum für einen umfangreichen Paket Header. Dies erlaubt die Priorisierung von Paketklassen und von Datenverkehrsströmen im Netz. Diese Pakete werden gelenkt, indem ein Quellknoten (engl. source node) ein bestimmtes Datenpaket priorisiert und anschließend verhindert, dass zwischen dem Quell- und dem Zielknoten liegende Knoten diese Pakete prüfen. Dieses Verfahren verbessert die Netzwerk-Performance allgemein und ganz besonders im Falle von Datenverschlüsselung. Das Ergebnis ist eine Verbesserung des Quality of Service (QoS) mit IPv6 gegenüber IPv4.

3.3. VERBESSERUNG VON MULTICAST

Die Funktion Multicast (auch Gruppenabruf oder Mehrpunktverbindung) gehört bei IPv6 zu den Pflichtkomponenten und ist gegenüber IPv4 erweitert. Zur IPv6-Multicast-Adresse gehört ein Adressbereichsfeld, welches die Skalierbarkeit in IPv6-Netzen verbessert hat.

3.4. AUTOKONFIGURATION

IPv6 besitzt mit der Autokonfiguration eine Funktion, die das Netzwerkmanagement erheblich vereinfacht: Sie macht IPv6-fähige Netzgeräte zu Plug & Play-Lösungen, die sich vollautomatisch selbst eine IP-Adresse zuweisen, sobald sie ans Netz angeschlossen werden. Im Fall einer solchen statischen Adress-Konfiguration (d. h. ohne Verwendung von DHCP) geben sich Hosts in einer Verbindung selbst die notwendigen IPv6-Adressen für diese Verbindung (so genannte „link-lokale Adressen“). Oder sie konfigurieren sich mit Adressen, welche von Präfixen abgeleitet sind, die wiederum von lokalen Routern bekannt gegeben werden, denn IPv6-fähige Geräte können selbst nach Routern suchen und diese als Gateways verwenden. Selbst wenn kein Router vorhanden ist, können Hosts in derselben Verbindung sich mittels link-lokaler Adressen selbst konfigurieren und miteinander kommunizieren. Dazu ist keine manuelle Konfiguration notwendig.

Diese Funktion erleichtert auch eine Umnummerierung (engl. renumbering) zum Beispiel wenn ein Netzwerk den Provider wechselt. Bei IPv4 müssen Administratoren in solch einem Fall die IP-Adresse aller Netzwerkgeräte manuell umkonfigurieren. Bei großen Netzwerken wäre das praktisch gar nicht durchführbar. Administratoren greifen dann meist auf Hilfsmechanismen zurück, die allerdings die Performance des Netzwerks beeinträchtigen. Bei IPv6 dagegen muss lediglich der neue Adressbereich einmal am Router eingestellt werden – und die Autokonfiguration übernimmt den Rest automatisch. Dies alles entlastet Administratoren erheblich.

3.5. DHCPv6

Auch in IPv6-Netzen werden Netzwerkgeräte nicht nur über IP-Adressen, sondern auch via Hostnamen kommunizieren. Bei IPv6 wird allerdings nicht automatisch nach DNS-Servern gesucht. Als Lösung wurde DHCPv6 entwickelt, welches die gleichen Funktionen im IPv6-Netz übernimmt wie DHCPv4 in IPv4-Netzen. DHCPv6 übernimmt die automatische Konfiguration von IP-Adressen, überträgt weitere Parameter wie die DNS Resolution-Adressen, und überträgt die Präfixe an Router („prefix delegation“), was z. B. beim Renumbering wichtig ist. Dazu kommen weitere Optionen wie beispielsweise NTP Konfigurationsinformationen. Auch der Sicherheitsaspekt ist bei DHCPv6 erweitert, zum Beispiel können Administratoren festlegen, wer vom DHCP-Server welche Informationen (IP-Adressen, DNS etc.) bekommt.

3.6. AD-HOC NETZWERKE

Die Autokonfiguration und die Funktion Neighbor Discovery, zwei Schlüsseltechnologien für Mobilität, bilden bei IPv6 gemeinsam die Basis zum Ad-hoc Networking. Darunter versteht man den spontanen Aufbau eines Netzes ohne Aufwand für die User. In einem mobilen Ad-hoc Netz (mobile ad-hoc network/MANET) auf der Basis von IPv6 kommunizieren IPv6-Knotenpunkte in mobilen Einheiten wie beispielsweise Automobilen, Booten und Flugzeugen miteinander sogar unabhängig vom Internet. Ein solches MANET benötigt auch keine Infrastruktur in Form von Basisstationen und Access Points. User können sich einfach, spontan und schnell zu einem Netz zusammenschließen und ebenso einfach von einem MANET in ein anderes wechseln. Diese Anwendung ist besonders interessant für den Einsatz von Nahfunktechnologie und für militärische Ausrüstungen.

3.7. INTEGRIERTE SICHERHEITSMECHANISMEN

Sichere Verschlüsselung und Authentifizierung gehören zur Grundausstattung von IPv6, zum Beispiel der sichere Verschlüsselungsalgorithmus MD5 oder Data Encryption Standard in Cypher Block Chaining (DES-CBC). Die Unterstützung von IPSec ist in der IPv6-Protokoll-Suite vorgeschrieben. Damit ist eine auf Standards basierende Lösung gegeben.

4. DIE EVOLUTION VON IPv6 UND DER ÜBERGANG VON IPv4 ZU IPv6

Die Implementierung des neuen Protokolls kann schrittweise erfolgen, da Systeme, die IPv6 nutzen, auch IPv4 unterstützen müssen („dual stack“). Zudem hat IPv6 entwicklungsseitig noch nicht seinen endgültigen Reifegrad erreicht. Daher ist mit Veränderungen und Anpassungen in der weiteren Entwicklung zu rechnen. Heutige IPv6-fähige Lösungen sollten idealerweise in der Lage sein, solche künftigen Entwicklungen aufzunehmen, ohne die Netzwerk-Performance oder die Sicherheit allzu sehr zu beeinträchtigen.

Softwareseitig stellt sich IPv6 als ein Upgrade von IPv4 dar. Bei Hardware allerdings gilt es zu prüfen, ob die Kompatibilität aufgrund der notwendigen Rechnerkapazität immer gegeben ist. Das dreistufige IPv6 Ready Logo-Programm des IPv6 Forums bietet hier Orientierung: Das Logo Phase 1 bekommen Geräte, welche über die für IPv6 notwendigen Kernprotokolle verfügen und mit anderen IPv6-Implementierungen kompatibel sind. Das Logo Phase 2 wird künftig an Produkte vergeben, die strikte Anforderungen des IPv6 Logo Komitees erfüllen. Beim Logo Phase 3 kommt die obligatorische Implementierung von IPsec dazu.

5. IPv6-FÄHIGE NETZWERKLÖSUNGEN VON SEH: INVESTITIONSSCHUTZ FÜR DIE ZUKUNFT

Die komplette jüngste Printserverfamilie des Netzwerkdruckspezialisten SEH entspricht den Anforderungen des IPv6 Forums (Implementierung der Kernprotokolle von IPv6) und bietet darüber hinaus bereits eine Vielzahl an Druckfunktionalitäten. Dazu gehören:

- ▶ die Unterstützung der wichtigsten Druckprotokolle: LPR, IPP, Socket Printing
- ▶ die Unterstützung von Applikationen wie HTTP, HTTPs und FTP

Die IPv6-fähigen SEH-Printserver sind auch mit IPv4 voll funktionsfähig und bieten daher Investitionsschutz bei einer Migration zu IPv6. Das volle Potenzial von IPv6 kommt zum Tragen, wenn es uneingeschränkt genutzt werden wird – weltweit in allen Netzen. Dann profitiert auch der Netzwerkdruck von den Vorteilen, welche IPv6 bietet, zum Beispiel höhere Performance, Plug & Play-Netzwerkgeräte und vereinfachtes Netzwerkmanagement.

Die IPv6-fähigen SEH-Printserver im Überblick:

Modelle	Schnittstelle	Netzwerktyp	Anschlüsse
PS01a	1 seriell	10BaseT/100BaseTX	RJ45
PS03a	2 USB 2.0 HS	10BaseT/100BaseTX	RJ45
PS23a	2 USB 2.0 HS	100BaseFX	SC
PS34a	1 parallel, 1 USB 2.0 HS	10BaseT/100BaseTX	RJ45
PS34a-PoE	1 parallel, 1 USB 2.0 HS	10BaseT/100BaseTX	RJ45
PS54a-G	1 parallel, 1 USB 2.0 HS	WLAN	802.11g
PS26 für HP	EIO	10BaseT/100BaseTX/ 100BaseFX	RJ45, SC
PS104	3 parallel, 1 seriell	10BaseT/100BaseTX	RJ45
PS105	1 parallel	10BaseT/100BaseTX	RJ45
PS112	Citizen	10BaseT/100BaseTX	RJ45

6. ZUSAMMENFASSUNG

Das aktuelle Internetprotokoll IPv4 mag heute seinem ursprünglichen Zweck, weltweit alle Computer zu vernetzen, zwar noch erfüllen – doch was die nächste Wachstumswelle der Netzwerk-Technologie angeht, sind die Grenzen erreicht: Der verfügbare IP-Adressraum wird knapp, neue Technologien lassen sich auf der Basis von IPv4 nicht mehr entwickeln, die Anforderungen moderner Netzwerktechnologie machen das Netzwerkmanagement mit IPv4 immer komplizierter.

Als Antwort auf moderne, mobile Arbeitsplätze und aktuelle Lifestyle-Trends ist IPv6 explizit auf die Bedürfnisse neuer Märkte ausgelegt. Dazu zählen beispielsweise mobile PC-Geräte (Notebooks, PDAs etc.), netzbasierte Entertainment-Anwendungen und Gerätesteuerung (z. B. Intelligent Home, Automobil). Aufgrund seines reduzierten Headers übertrifft IPv6 die Leistungsfähigkeit von IPv4, weil es Router, Hubs und Switches entlastet. Zu den weiteren bedeutenden Vorteilen, die dieses Protokoll bietet, zählen besonders vereinfachtes Netzwerkmanagement und integrierte Sicherheitsmechanismen.

Die Entwicklung und der Einsatz von IPv6 werden hauptsächlich von den aufstrebenden asiatischen Wirtschaftsnationen sowie von Militär- und Regierungsorganisationen in Nordamerika und Europa angetrieben. Mittlerweile haben sich Organisationen und Unternehmen in 100 Ländern bereits IPv6-Adressblöcke zuteilen lassen. Der Umstand, dass die Umstellung von IPv4 auf IPv6 schrittweise erfolgen kann, erleichtert die Verbreitung des neuen Protokolls. Allerdings weisen Experten darauf hin, dass eine solche Migration entsprechende Fachkenntnisse sowie sorgfältige Planung erfordert. Sie raten daher zu einer rechtzeitigen Vorbereitung, um eine planlose Umstellung von IPv4 zu IPv6 unter Zeitdruck zu vermeiden. Es gibt heute bereits Netzwerkkomponenten, die zusätzlich zum vollen Funktionsumfang in IPv4-Netzen zum Einsatz in IPv6-Netzen bereit sind. Die neuesten SEH-Lösungen für den modernen Netzwerkdruck beispielsweise unterstützen die wichtigsten Druckprotokolle und Anwendungen für den Netzwerkdruck (z. B. FTP, HTTP, und HTTPS). Je stärker sich IPv6 verbreitet, desto deutlicher entfaltet sich das Potenzial dieses Protokolls. Wenn es weltweit in allen Netzen uneingeschränkt genutzt werden wird, kommen Vorteile wie zum Beispiel höhere Performance, Plug & Play-Netzwerkgeräte und vereinfachtes Netzwerkmanagement für alle Netzwerkanwendungen zum Tragen – auch für den Netzwerkdruck.

7. LITERATUR

- ▶ Dittler, Hans P.: IPv6. Das neue Internet-Protokoll. Technik, Anwendung, Migration; Dpunkt Verlag: 1998
- ▶ Hagen, Silvia: IPv6. Grundlagen – Funktionalität – Integration; Sunny Publishing: 2004
- ▶ Hein, Matthias und Michael Reisner: IPv6, das Migrationshandbuch; Franzis: 2003
- ▶ Huitema, Christian: IPv6 – Die neue Generation. Das neue Internet-Protokoll; Addison Wesley: 2000
- ▶ Wegener, Christoph und Wilhelm Dolle, „Sicherheitsaspekte des kommenden Internet-Protokolls – Kein Allheilmittel“, iX 11/2006, S. 142 ff.
- ▶ Wiese, Herbert: Das neue Internetprotokoll IPv6; Hanser Fachbuch: 2004

8. INTERNET

- ▶ IPv6 Forum: <http://www.ipv6.org/>
- ▶ IPv6 Ready Logo Programm: <http://www.ipv6ready.org/frames.html>
- ▶ NetBSD: <http://www.netbsd.org/Documentation/network/ipv6/>
- ▶ Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/IPv6>