IP Version 6

Felix von Leitner CCC Berlin

felix@ccc.de

Dezember 2000

Zusammenfassung

IPv6 ist die nächste Version des Internet Protokolls. Wie weit ist die Standardisierung? Welche Vor- und Nachteile gibt es? Warum haben wir es noch nicht alle?

Agenda

- 1. Was ist IPv6? Was ist neu?
- 2. Wozu brauche ich es?
- 3. Wieso haben wir es noch nicht?
- 4. Wie ist der Adressraum aufgeteilt?
- 5. Quality of Service

Was ist IPv6?

IPv6 ist der "Nachfolger" des Internet Protokolls.

Das Ausgangsmotiv war die Vergrößerung der Adressraumes, aber IPv6 adressiert auch die anderen Probleme, die sich Anfang der 90er Jahre abzeichneten.

IPv6 ist ursprünglich 1995 in den RFCs 1883ff (aktuell RFC 2460ff) spezifiziert worden.

Was ist denn da anders?

1. Für den Enduser

- Adress-Autokonfiguration ("DHCP eingebaut")
- Multicast
- IPsec (Verschlüsselung und Authentisierung)
- Mobile IP (Laptop zieht mit IP-Adresse um)
- Quality of Service

2. Für den Admin

- Address Renumbering
- Multihoming (verschiedene IPs und Routen zum selben Interface)
- Address Scopes (host, link, site,...)

Was ist denn da anders?

3. Für alle

- Bessere Routing-Effizienz durch Flowlabel
- Deutlich vereinfachter Header (u.a. 64-bit Alignment)
- Und natürlich die größeren Adressen: 128 statt 32 Bits
- Resource Discovery auf allen Ebenen

4. Nachteile

- Sehr komplex; viel Halbwissen, wenig Kompetenz
- Unerwartete Detailprobleme; viele Nachbesserungen
- Große User-Space Inkompatibilitäten
- Schrottige Ad-Hoc Protokolle müssen überdacht werden (FTP, DNS)

Wer hat überhaupt ein Interesse an IPv6?

- 1. Ein paar Experten-Enduser
- 2. Hacker
- 3. Visionäre
- 4. Leute, die gerade oder demnächst Infrastruktur anschaffen wenn ihnen jemand von IPv6 erzählt hat!

Wer hat kein Interesse an IPv6?

- 1. Die Masse der Enduser (nie gehört)
- 2. Die Masse der Software-Entwickler (sind schon mit IPv4 überfordert)
- 3. Die Masse der ISPs (dito)
- 4. Router- und Firewallhersteller (verkauft sich noch nicht)
- 5. VPN-Anbieter (wer braucht VPN, wenn IPsec eingebaut ist?)
- 6. Entscheidungsträger der Industrie (Windows hat es nicht, also brauchen wir es nicht)

Treibende Kräfte hinter IPv6

1. KabelTV-Netzbetreiber

- Hat dicke Leitungen innerhalb einer Stadt
- Möchte Video, Radio und Internet anbieten
- Protokoll abhängig vom Frequenzbereich
- Wie macht er Pay-Per-View?
- Wie wird der Traffic geroutet?
- Massive Mehrkosten für Internet-Infrastruktur

In der Praxis: keine treibende Kraft.

Treibende Kräfte hinter IPv6

- 2. Telephonie-Equipmenthersteller ("Nokia", "Siemens")
 - Sieht Trend zu IPv6
 - Teile des Angebots würden durch Router ersetzt
 - Muß also bald Router anbieten
 - Massive K\u00e4ufe von IPv6-Routing Know-How (z.B. Telebit)

In der Praxis: Router sind viel billiger als Telephonie-Infrastruktur. Die Hersteller schöpfen also ab, solange sie können, und tun nicht den ersten Schritt.

Treibende Kräfte hinter IPv6

- 3. Mobilfunknetzbetreiber ("E-Plus")
 - 10000e Zellen, mit Glasfaser vernetzt
 - Möchte Telephon und Internet anbieten
 - Protokoll abhängig von Streckenteil
 - Internet über digitale "Leitung"?
 - Kann Zellen nicht halbjährlich upgraden
 - Massive Mehrkosten für Internet-Infrastruktur

In der Praxis: IPv6 ist mal auf einer Strategiesitzung erwähnt worden.

Treibende Kräfte hinter IPv6

4. Routerhersteller ("Cisco")

- Haben IPv6 aktiv mitdefiniert
- IPv6 hat bei IPv4 optionale Features als Zwang
- Haben seit Jahren Lösungen im Keller, wollen sich aber den Markt nicht kaputt machen
- Haben damit gerechnet, daß IPv6 auf sich warten lassen würde
- Weiteres Zögern könnte IPv6 ganz töten, daher gibt es erste zögerliche Markteinführungsversuche

In der Praxis: Eher treibend als eine Kraft.

Treibende Kräfte hinter IPv6

5. IP-Backbone-Betreiber

- Hat dicke Leitungen zwischen Städten
- Möchte mit KabelTV-Netzbetreiber Telco arbeitslos machen
- Kann alle Content-Typen parallel fahren!
- Telephonie, Fernsehen verursachen keine Mehrkosten

In der Praxis: Hat keine Nachfrage, könnte aber ab morgen IPv6 fahren.

Treibende Kräfte hinter IPv6

6. Telcos

- Hat überall dicke Leitungen
- Sprachvolumen abnehmend
- Datenvolumen stark steigend
- Existenzangst! Muß IP anbieten!
- Pro Dienst andere Infrastruktur?!

In der Praxis: Hat erfolgreich interne Tests durchgeführt. Ob IPv4 oder IPv6 ist egal. Er steigt um, wenn die IPv6-Infrastruktur billiger ist als IPv4.

Wieso haben wir kein IPv6?

1. KabelTV-Netzbetreiber

kein Know-How, kein Geld und mit anderen Problemen beschäftigt

2. Telcos

- Kein Geld (UMTS, DSL) und keinen direkten Kostenvorteil
- Angst vor Komplett-Umbau

3. Mobilfunknetzbetreiber

- Kein Geld (UMTS), Streß mit Banken
- haben alte Zellen noch nicht abgeschrieben
- Nächste Hardware muß länger halten

Wieso haben wir kein IPv6?

4. IP-Backbone-Betreiber

- Warten auf Kundennachfrage
- Upgraden periodisch alle Router

5. ISPs

- Kein Geld, kein Know-How
- Angst vor Komplett-Umbau

Frühere Rationale

1995: IPng requirements. RFC 1752.

- Große Routingtabellen.
- Konkret: keine Class B Netze mehr
- Prinzipiell gleich lassen, aber Erfahrungen nutzen
- Goodies integrieren:
 - 1. Autoconfiguration
 - 2. Security
 - 3. Real-Time Flows

Was ist geschehen?

- CIDR (Classless Inter-Domain Routing)
 - 1. Neue IPs topologisch vergeben
 - 2. Subnets variabler Prefixgröße (Class B zu groß, Class C zu klein)
- Network Address Translation, Firewalls
- IETF: genügend IP-Adressen bis nach 2010
- Routingtabellen von 90k auf 60k, jetzt wieder 70k
- Multicast, Traffic Flows, IPsec, DHCP gibt es jetzt auch für IPv4.

Heutige Rationale

- IP überall: Data, Voice, Audio, Video
- Ist das einzige, das bei UMTS Sinn macht
- 1 Mrd Autos in 2010 mit GPS und Gelben Seiten
- PDAs!
- IP-"Entwicklungsländer": China, Indien, Rußland
- Internet in jeder Schule
- Kabelmodem, xDSL, Wireless: 1 LAN / Familie!

Nutzen für Router

1. Viel einfacherer Header!

- Feste Headerlänge (optionale Header als Piggyback)
- Keine Checksummen (machen Transport und/oder Link Layer)
- Keine Fragmentierung im Router (Path MTU Discovery Pflicht)
- Flow Label, Traffic Class (QoS)
- TTL heißt jetzt "Hop Limit"
- Keine Flags
- 2. Adressen, Größe und optionale Header sind 64-bit aligned
- 3. Internet verdoppelt sich schneller als Hardware-Leistung

Nutzen für den Einzeluser

- Autokonfiguration (Notebooks!)
- IPsec
- QoS?
- MobileIP
- (noch) Hack Value

Nachteile für den Einzeluser

- Patches sind bestenfalls β -Qualität
- Lieferumfang: AIX, *BSD, Linux.
- Angekündigt: Tru64, Solaris, Windows
- Kein IPv6-Netscape!
- NTT-Backbone Traffic-Statistik: #1: ssh, #2: ping
- Keine DNS-Infrastruktur
- Meistens IPv6 nur über (manuelle) Tunnel

Was gibt es überhaupt so für Applikationen?

1. Die Debugging-Basics: ping6, traceroute6, tcpdump, lsof, strace

2. FTP: lukemftp, ncftp, troll-ftpd, fftpd, fget

Nutzen für Administratoren

- Autokonfiguration, auch Router finden sich gegenseitig
- Renumbering!!! (schmerzlos den ISP wechseln)
- Link und Site Local IP Nummern
- Quality of Service
- Scope-Feld bei Multicast
- Anycast für Ausfallsicherheit

Nachteile für Administratoren

- Kein Know-How da
- Es gibt keine Schulungen
- Selten Shrink-Wrap Tools, man muß selber patchen und kompilieren (Es gibt Ausnahmen, z.B. *BSD)
- Keine Zeit für "Spielchen"

Nutzen für den ISP

- Router haben IPv6 bald eingebaut
- Keine Helpdesk-Anfragen wegen falschen Einstellungen
- Weniger Streß mit IP-Raum

Das sind alles (nur) langfristige Vorteile!

Nachteile für den ISP

Kurzfristig hat der ISP nur Nachteile:

- Neue Router kosten Geld
- Windows kommt nicht mit IPv6-Support
- Parallelbetrieb zu IPv4 ist unnötig teuer
- Kein Know-How am Markt
- Router-Firmwares nur unter NDA/Aufpreis/...
- DNS kommt nicht hinterher

Nutzen für den Backbone-Provider

- Potential für viel effizienteres Routing
- Kleinere Routing-Tabellen durch Renumbering

Nachteile für den Backbone-Provider

- Das Routing tut zwar inzwischen zuverlässig, aber: keine *proven technology* (jedenfalls nicht so proven wie IPv4)
- Manchmal Interoperabilitätsprobleme bei arkaneren Features
- Router (bislang) nicht in Hardware, d.h. sogar deutlich langsamer als IPv4

Details

• Keine Broadcast-Adressen mehr (Funktionalität über Multicast)

- Prefixe reserviert für:
 - 1. IPX
 - 2. NSAP (OSI)
 - 3. Site-Local
 - 4. Link-Local

• Initial: 85% des Adressraums sind reserviert

Provider Based Unicast Addresses

3	n bits	$\mid m$ bits	o bits	p bits	rest
010	reg	prov	subsc	subnet	intf

reg Registry ID (z.B. RIPE)

prov Provider ID (z.B. Snafu)

subsc Subscriber ID (z.B. CCC Berlin)

subnet Subnet ID (1-n Subnetze pro Link)

intf Interface ID (z.B. FUCKUP)

Ähnlich der heutigen CIDR Adressvergabe in IPv4.

Local-Use Addresses

10 bits	$\mid n$ bits	rest
11111111010	0	Interface ID

- Lokale Unicast-Adressen
- Für lokale "plug-and-play" Kommunikation
- Für Bootstrapping

Site-Local Addresses

10 bits	$\mid n$ bits	$\mid m$ bits	rest
1111111011	0	Subnetz	Interface

- Interface z.B. MAC-Adresse
- Subnetz+Interface mit anderem Prefix=globale IP
- Kein NAT oder Renumbering, wenn man ins Internet geht!

Embedded IPv4 Addresses

80 bits	$16 \mathrm{bits}$	32 bits
0	0	IPv4

Für IPv6 Hosts in IPv4 Routing-Infrastruktur

80 bits	$16 \ bits$	32 bits
0	FFFF	IPv4

Zur Darstellung von IPv4-only Nodes

Anycast

• Sehen aus wie Unicast-Adressen

- Werden zur nächsten Instanz geroutet
- Prima für Dienst-Autoconfiguration

Nachteil: funktioniert noch nicht.

Multicast Addresses

8	4	4	112
11111111	Flags	Scope	Group ID

Die ersten drei Bits der Flags sind reserviert, das 4. ist bei transienten (d.h. nicht von IANA/ICANN vergebenen) Group-IDs gesetzt.

Scope geht von Node-Local bis Global.

Routing Header

- Optionale Routing-Header listen Zwischenhops
- Vergleichbar mit IPv4 "loose source routing"
- Rückroute geht rückwärts über die gelisteten Hops
- Provider-Selektion
- Mobility

Quality of Service

"Fähigkeit des Netzwerkes, einigen Anwendungen besseren oder speziellen Service anzubieten"

Das heißt: konsistente und vorhersagbare Performance:

- Bandbreite
- Verzögerung
- Jitter
- Packet Loss

Folgen von QoS im Internet?

Microsoft kauft die ganze Bandbreite?

Nicht die Anbindung entscheidet über die Performance, sondern der Geldbeutel für den Backbone? Strato, Puretec und AOL abgeklemmt?

Mehr Backbone-Priorität ist billiger als SAP zu optimieren?

Kein IRC, während der CEO seine Videokonferenz hält?

Amazon.com kann sich bunte Bilder leisten, lob.de nicht?

Alles Quatsch!

Tatsächliche Folgen von QoS im Internet!

- Router haben schon Schwierigkeiten, nur die Routing-Tabelle zu speichern!
 Kein Platz für Priorität pro ISP.
- Konzepte: Int-Serv vs. Diff-Serv
- Integrated Services (RFC 1633)
 - Garantierter, deterministischer Service für einzelne Verbindungen
 - Router muß State führen!
 - Muß so teuer sein, daß sich IRCer das nicht leisten können. Sonst: QoS ==
 DoS.

In der Praxis: Protokolle zum Anmelden von Flows sind definiert, Labortests funktionieren, aber Scope=Internet ist illusorisch.

QoS: Differentiated Services (RFC 2475)

- Resource-Reservierung für **Traffic-Klassen**
- Router muß keinen State führen.
- "Traffic Shaping"

In der Praxis: Traffic Shaping ist proven technology. Das Umsetzen auf IPv6 ist trivial. Es halten sich nicht viele Leute damit auf.

QoS: Int-Serv

- Ende-zu-Ende QoS
- Garantierte Bandbreite
- Beschränkte Verzögerung
- Signalling mit RSVP (RFC 2205)
 - Findet Route
 - sammelt Netzwerkdaten
 - reserviert Resourcen
- Geht nur, wenn alle Router auf dem Weg zustimmen!

QoS: Warum IPv6?

- IPv4. Router erkennt Flow anhand von
 - 1. Absender IP
 - 2. Empfänger IP
 - 3. IP Protokoll
 - 4. Layer 4 Port
- IPv6. Router erkennt Flow anhand von
 - 1. Flow Label

Heutige IPv4-Router machen das (leider) in Hardware, d.h. hinreichend schnell. Daher kein zwingender Bedarf für IPv6.

Coole Goodies

• IPv6-Ethernetemulation über IPv4 (routebar!). Einzige Voraussetzung an die Infrastruktur: IPv4 Multicast ist aktiviert.

- "Standleitungen". Route, Queue-Länge fest, Jitter und packet loss garantiert niedrig. (ISDN über ein IP!)
- Mit IPsec-Tunnel: VPN eingebaut!
- Man kann mit IPv6 eine ATM-Emulation betreiben

Der Pferdefuß

- Noch beta (andererseits: noch hack value)
- Man kriegt beim JOIN einen Tunnel
- Kein ISP in Deutschland hat IPv6-PPP
- Einziger Backbone mit nativem IPv6: NTT

Ich habe Linux installiert und...

- insmod ipv6
- Debian hat es eingebaut (mit Userland-Basics)
- Router-Adressvergabe: radvd
- BIND9 oder djbdns mit meinen Patches installieren
- Kein IPsec/QoS/MobileIP
- Sehr eingeschränktes Routing
- Immerhin: pppd kann inzwischen IPv6

Ich habe BSD installiert und...

• ...fertig. NetBSD, OpenBSD und FreeBSD kommen mit vollem IPv6-Support.