



IPv6

Die Zukunft des Internets

Heinz Gnehm

16. November 2011



Inhalt

- Entwicklung
- Problem und Lösung
- Technik
 - Adressierung
 - Paketformat
- Übergang und Zukunft



Entwicklung [i]

- Die Netzwerkprotokolle von TCP/IP entstanden ab 1970 für das ARPANET
- TCP/IP sollte in der Lage sein, verschiedene Netzwerke zu verbinden und ein Netz von Netzen zu bilden (-> Internet)
- Es entstanden nacheinander TCP v1, TCP v2 sowie schliesslich die beiden separaten Protokolle TCP v3 und IP v3



Entwicklung [ii]

- IPv4 wurde 1981 in RFC 791 festgelegt
- Das Internet ist seither exponentiell gewachsen
- IPv4 stösst an seine Grenzen
 - Begrenzter Adressraum
 - Kompliziertes Routing
- IPv5 war als Erweiterung für Streaming gedacht, wurde aber nie realisiert



Entwicklung [iii]

- 1995 begann die IETF mit der Arbeit an IPv6 (ursprünglich IPng genannt)
- Das neue IP-Adressformat wurde 1998 in RFC 2373 festgelegt
- Im Dezember 1998 wurde mit RFC 2460 das Paketformat von IPv6 als Nachfolger von IPv4 vorgestellt



IPv4 - das Problem

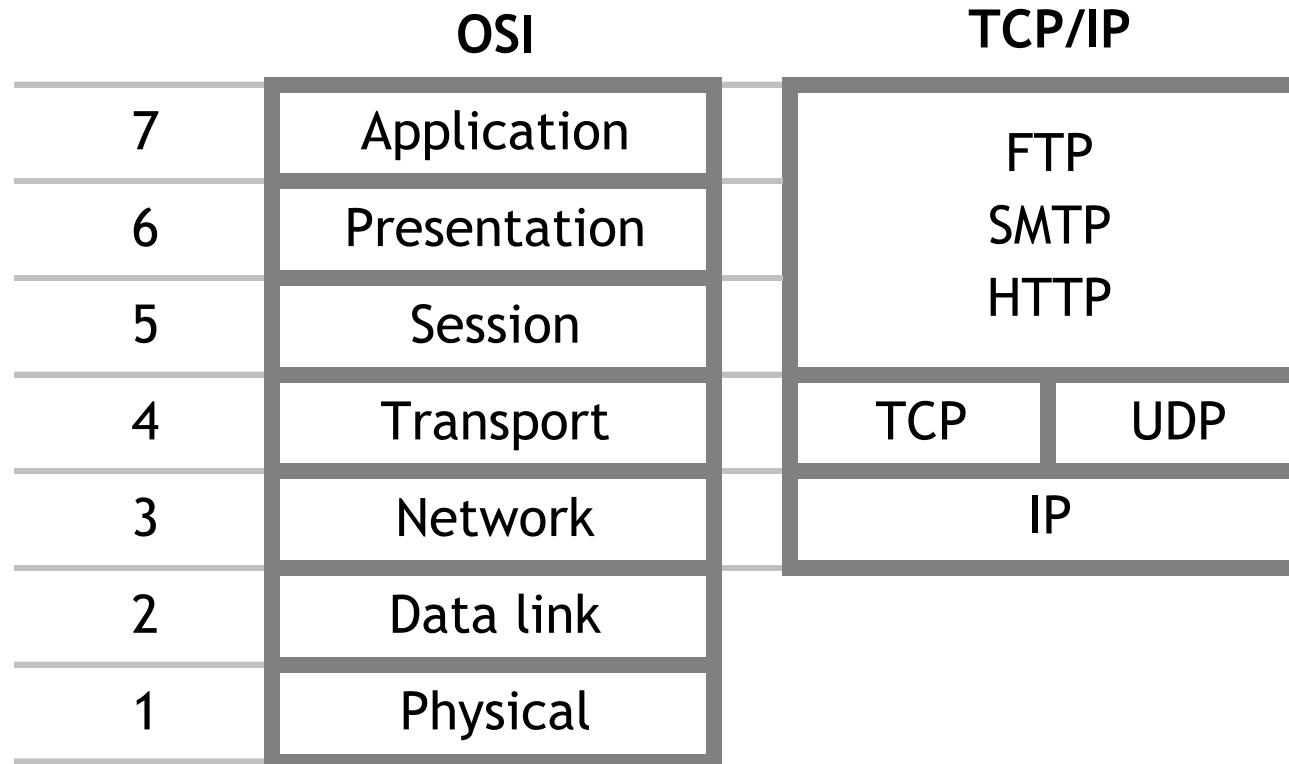
- **Begrenzter Adressraum**
 - $4 \times 8 \text{ Bit} = 4 \times 256 = 4 \text{ Milliarden IP-Adressen}$
 - Ineffiziente Einteilung in A-, B- und C-Adressen
 - «Network Address Translation (NAT)»
- Immer grössere Routingtabellen
- Komplizierte Konfiguration
- Keine «Quality of Service (QoS)»
- Keine eingebaute Sicherheit



IPv6 - die Lösung

- Viel grösserer Adressraum
 - global eindeutige Adressen
 - NAT ist nicht mehr nötig
- Einfacheres Paketformat
- Automatische Netzwerkkonfiguration
- Vorgeschriebene Sicherheit durch IPSec
- Erweiterbarkeit durch «Header Extensions»

Technik - TCP/IP





Technik - Adressierung [i]

■ IPv4

- 4 Blöcke zu je 8 Bits -> 32 Bits
- 10.58.163.239

■ IPv6

- 8 Blöcke zu je 16 Bits -> 128 Bits
- 2001:0000:5ef5:79fb:0cee:2067:f5cf:d7dd
= **2001:0:5ef5:79fb:cee:2067:f5cf:d7dd**
- fe80:0000:0000:0000:0cee:2067:f5cf:d7dd%12
= **fe80::cee:2067:f5cf:d7dd%12**



Technik - Adressierung [ii]

| | | |
|-----------------------|-----------|----------------------|
| 2xxx:xxxx:xxxx | xxxx | xxxx:xxxx:xxxx:xxxx |
| Global Routing Prefix | Subnet ID | Interface Identifier |

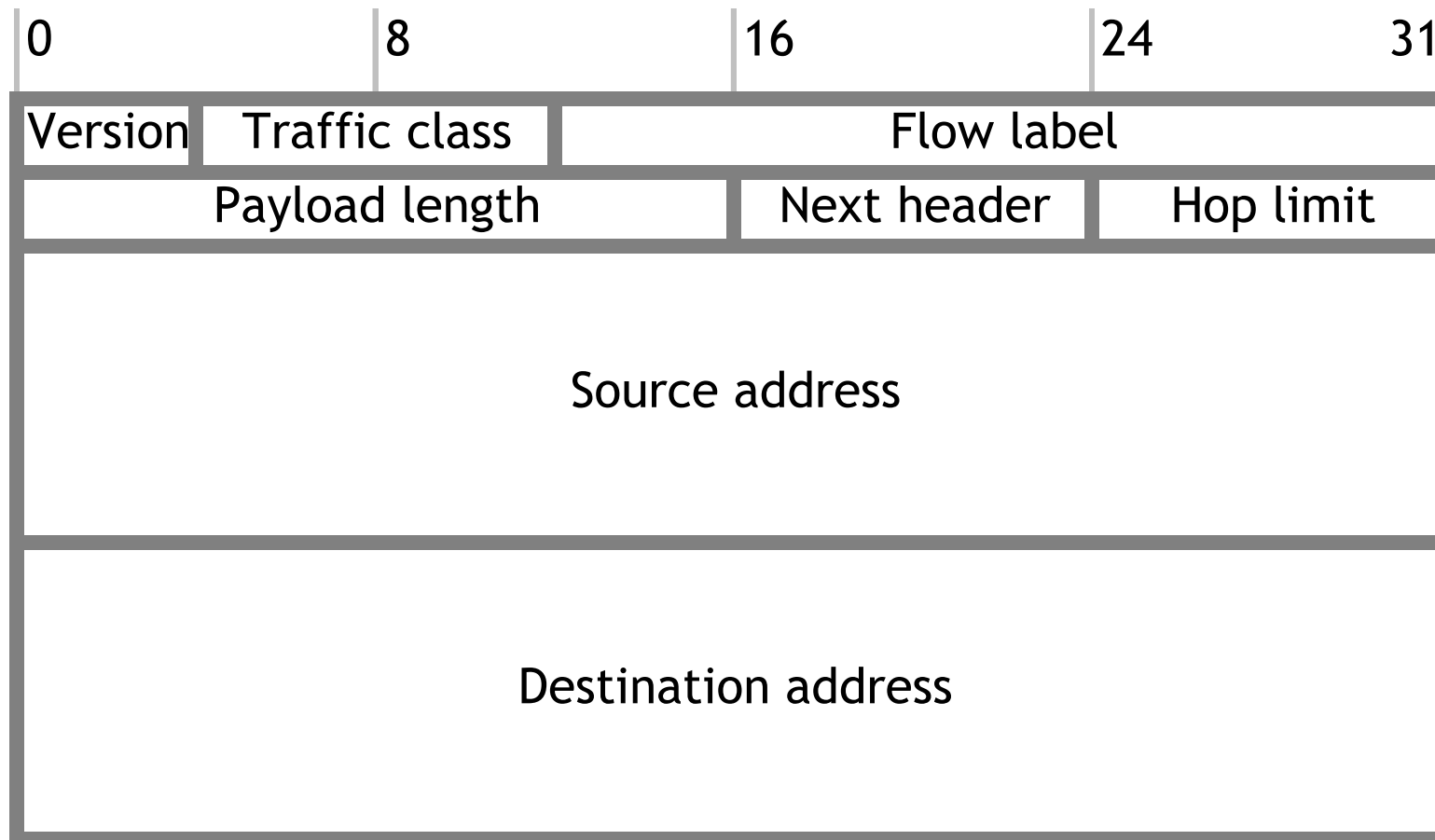
- Präfix mit 32 oder 48 Bits für den Netzwerkanbieter (Internet-Provider)
- Subnetzadressierung bis zu 64 Bits
- Die restlichen 64 Bits sind für das Endgerät reserviert

Technik - Paketformat IPv4

| | | | | |
|---------------------|----------|-----------------|-----------------|----|
| 0 | 8 | 16 | 24 | 31 |
| Version | Length | Type of service | Total length | |
| Identification | | Flags | Fragment offset | |
| Time to live | Protocol | | Header checksum | |
| Source address | | | | |
| Destination address | | | | |
| Options (+ padding) | | | | |



Technik - Paketformat IPv6 [i]





Technik - Paketformat IPv6 [ii]

- Ein IPv6-Header ist immer 40 Bytes lang
- Die Optionen werden mit «Next Header» als «Header Extensions» angehängt
 - Hop-by-Hop Options
 - Destination Options
 - Routing
 - Fragment
 - Authentication
 - Encapsulation Security Payload



Der Übergang

- IPv4 und IPv6 werden noch lange nebeneinander bestehen bleiben
 - Interoperabilität ist deshalb ein wichtiger Faktor
- Dual Stack
 - Heute in allen modernen Betriebssystemen standardmässig vorhanden
- Tunneling (6to4, 6in4)



Neue Probleme

- IPv6-Adressen sind global eindeutig und können einem Anwender zugewiesen werden
 - Mit den «Privacy Extensions» kann die IPv6-Adresse regelmässig gewechselt und auch kryptographisch bestimmt werden
- Vom Internet abgeschottete private Netzwerke (NATs) sind in IPv6 nicht mehr vorgesehen



Zukunft [i]

- Die Umstellung auf IPv6 wird noch Jahre in Anspruch nehmen
- Länder in Asien und Ozeanien müssen aufgrund der fehlenden IPv4-Adressen früher auf IPv6 umstellen
- Europa wird seine IPv4-Adressen erst 2012 ausgeschöpft haben, Nord- und Südamerika sowie Afrika noch später



Zukunft [ii]

- Technische Massnahmen wie CGN, CDN und ALG halten IPv4 weiterhin am Leben
- Zurzeit wird weniger als 1 % des gesamten Internet-Verkehrs über IPv6 abgewickelt
- Aber 39 % der Backbone-Netze und 50 % der Endgeräte beherrschen bereits IPv6
- Google will im Juni 2012 einen zweiten IPv6-Tag durchführen