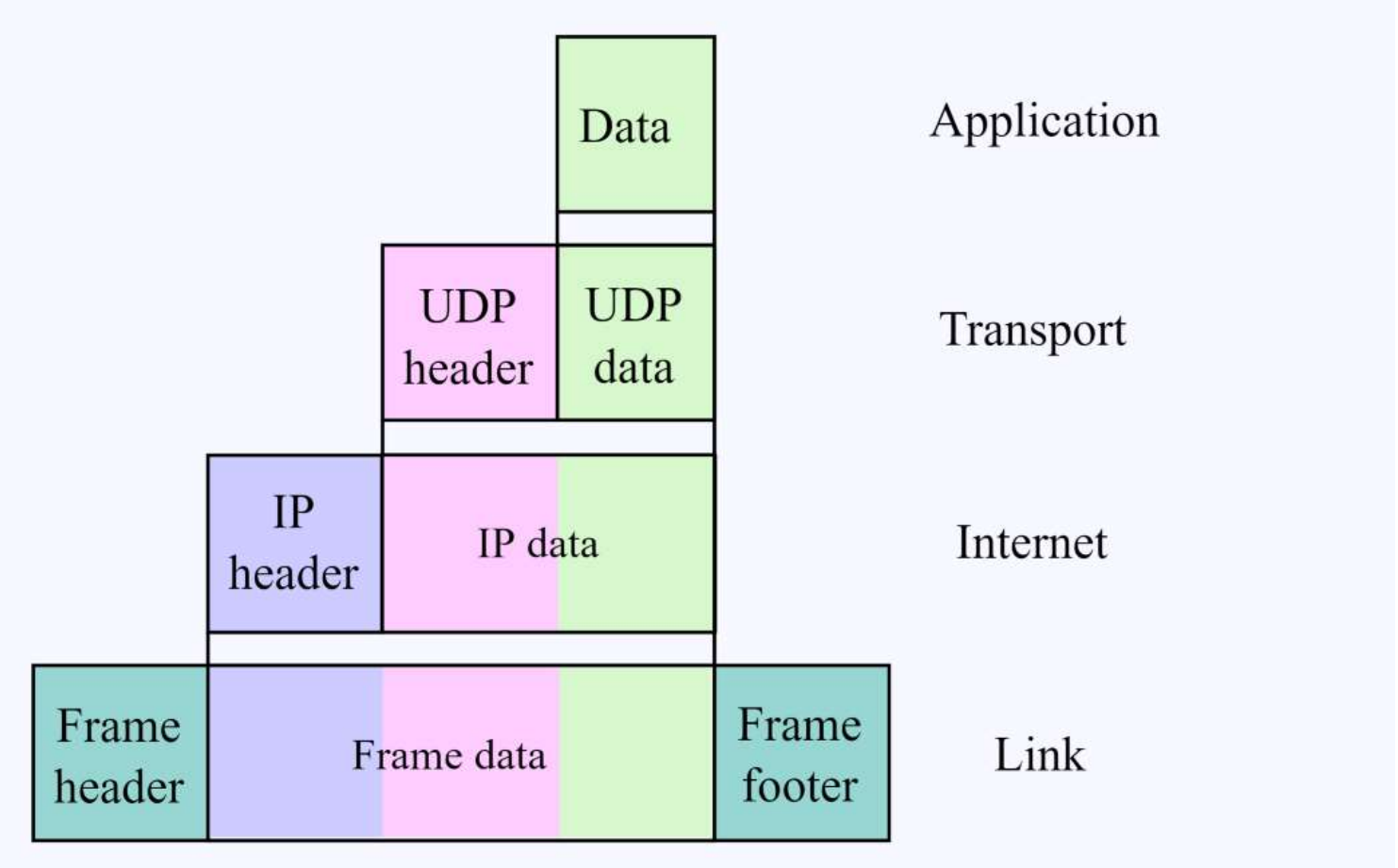
IPv4 und IPv6

Inhalt

Internet Protokoll Allgemein

- Baut auf Link Layer auf
- Übermittelt Daten in Form von Paketen
- Sender- und Empfängergerät werden über zugewiesene Adressen ermittelt
- Übertragung ist nicht verlässlich (connectionless protocol). Dies wird von TCP geregelt.

Internet Protokoll Allgemein



Geschichte

- 1974: IEEE veröffentlicht „A Protocol for Packet Network Intercommunication“ in welchem das Übermitteln von Daten in Paketen über mehrere Zwischenstationen beschrieben wird. Komplett geregelt durch TCP
- 1977 (IEN 2): TCP soll nur als end-to-end Protokoll dienen, Routing und Packaging wird vom darunterliegenden Internet Protokoll übernommen.
- 1978 (IEN 26): IP Header nutzt ein Bit um neue Versionen des Protokolls zu unterscheiden

Geschichte

- 1978 (IEN 28): IPv2, Änderungen am Header, unter anderem 4 Bit Versionsnummer
- 1978 (IEN 41): erste Version von IPv4, ließ einige Felder undefiniert
- 1978 (IEN 54): heutige Version von IPv4
- 1979 (IEN 119): IPv5, das Internet Stream Protocol, gedacht für VoIP und ähnliche, setzte sich nie durch
- 1995/1998/2017: IPv6, wird heute neben IPv4 genutzt, verbreitete sich aber nur langsam (16,2% aller Netzwerke, September 2013)

IPv4

- 4. Version des Internet Protocols
- 32-Bit Adressen
  - Maximal ca. 4.3 Milliarden Adressen in einem Netz
- BSP: 192.168.216.9
- Jeweils 4 Zahlenblöcke mit Wert von 0 -255

IPv4-Adresse

- Eine IPv4 Adresse besteht aus einem:
  - Netzanteil
    - Identifiziert ein Teilnetz
  - Hostanteil
    - Identifiziert Gerät innerhalb eines Teilnetzes
- Aufteilung des Netz- und Hostanteil durch Subnetzmaske

IPv4-Adresse

- Die Bits der Subnetzmaske, welche 1 sind legen den Netzanteil fest

Subnetzmaske: Die ersten 3 Zahlenblöcke
Netzwerkkennung: 192.168.178.0
Netzwerk-ID: 192.168.178.
Host-ID: 125
Zum Netzwerk gehören: 192.168.178.1 – 192.168.178.254

IPv4-Adresse

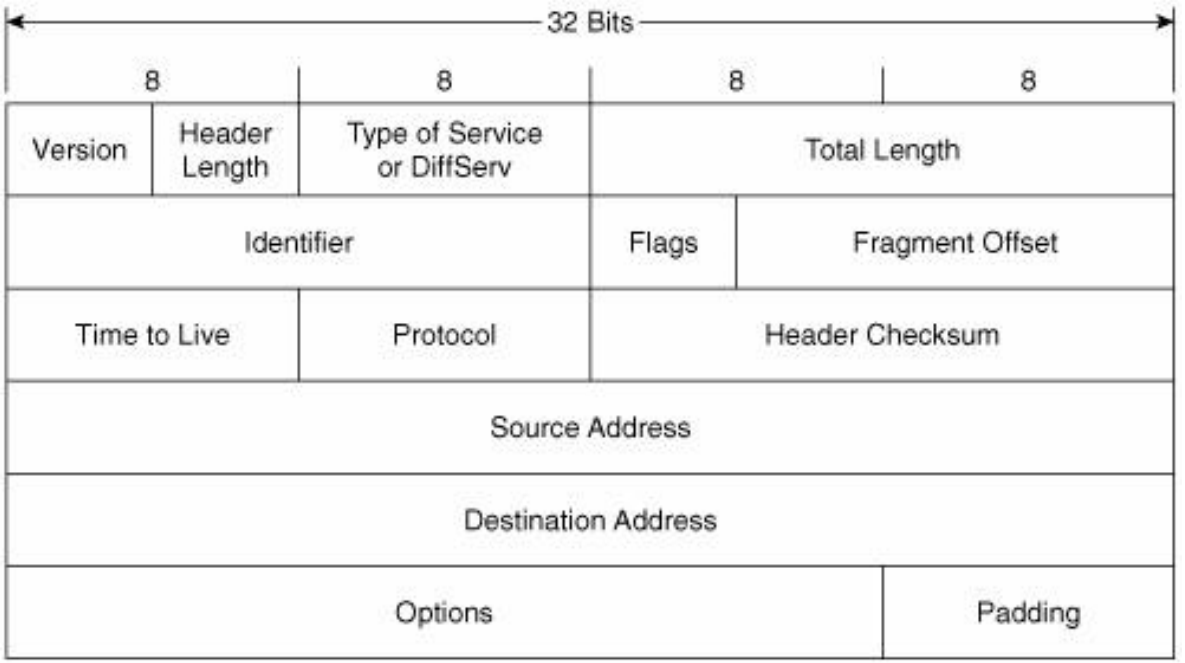
- Geräte die sich ein einem Teilnetz befinden können so mit einander kommunizieren
- In einem Teilnetz darf kein Hostanteil mehrmals vergeben werden
- Für die Kommunikation von mehreren Teilnetzen ist ein Router notwendig
- Für jedes Gerät vergibt der Administrator den Hostanteil
- Im Internet vergibt die Internet Assigned Numbers Authority die Netzanteile

IP-Paket

- Grundelement der Internet-Datenkommunikation
- Besteht aus:
  - Kopfdaten (Header)
  - Nutzdaten

IPv4 Header

- In den Kopfdaten befinden sich protokoll- relevante Informationen eines IP-Pakets



Header – Version

- Version (4 Bit):
  - Beschreibt die IP Version
  - Zurzeit sind Version 4 und 6 möglich

Header - IHL

- IP Header Length (4 Bit):
  - Länge des IP-Kopfdatenbereiches
  - n * 32 Bit
  - Minimallänge: 5 * 32 Bit = 20 Byte
  - Zeigt an wo Nutzdaten beginnen

Header – Type of Service

- TOS (8 Bit):
  - Wird zu Priorisierung von IP-Datenpaketen genutzt
  - Seit September 2001:
    - Bits 0-5: DSCP (Differentiated Services Code Point)
      - Bis zu 64 Abstufungen möglich
    - Bits 6-7: ECN (Explicit Congestion Notification – IP-Staukontrolle)
      - Router kann damit eine drohende Überlast melden

Header – Total Length

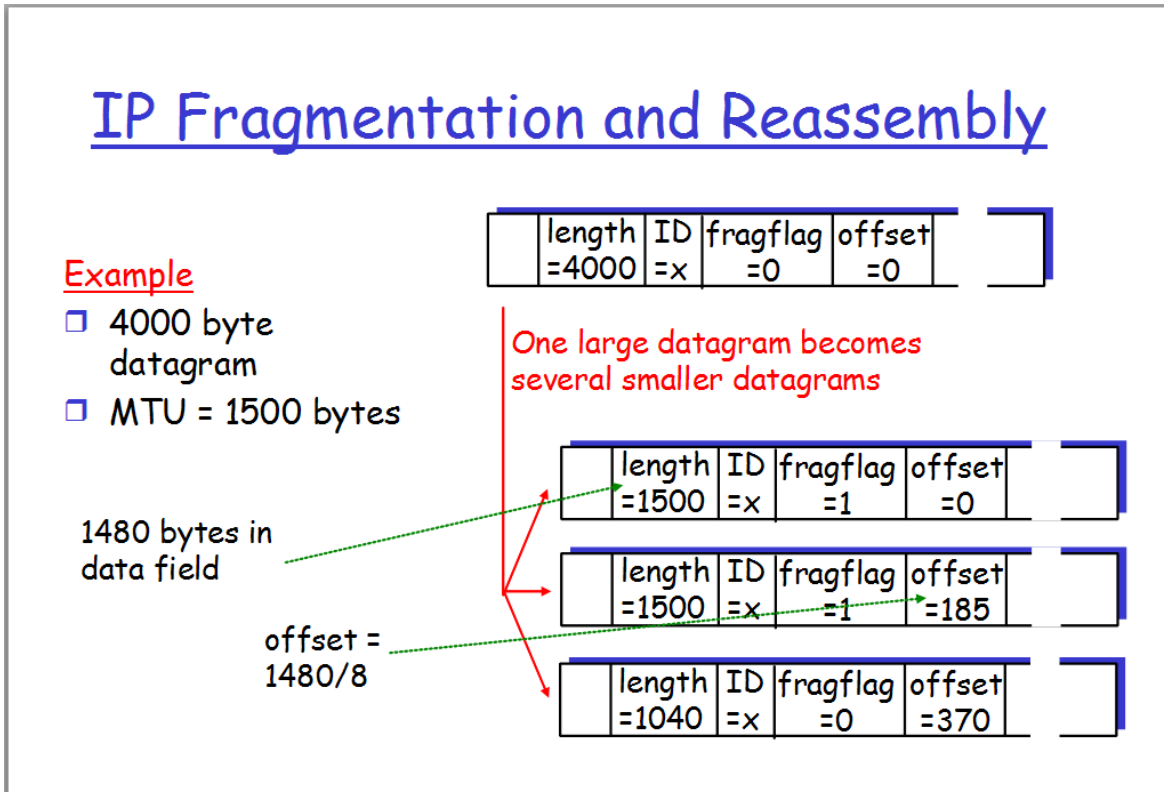
- Total Length (16 Bit):
  - Gibt Länge des gesamten Pakets an
  - Maximale Länge von 64 KiB

Maximum Transmission Unit

- MTU
  - Beschreibt maximale Paketgröße
  - Bei Ethernet beträgt MTU 1500 Bytes
    - Daher mit IPv4 Pakete meistens so lang

IP Fragmentierung

- Vorgang zu Aufteilung eines IP-Datenpakets auf mehrere physikalische Datenblöcke, falls Gesamtlänge des Datenpakets größer als Maximum Transmission Unit ist



Header - Identification

- Identification (16 Bit)
  - Eindeutige Kennung eines Paketes
  - Mit diesem Feld und der Source Adress kann Empfänger die Zusammengehörigkeit von Fragmenten erkennen

Header - Flags

- Flags (3 Bit):
  - Bit 0:
    - Reserviert, muss 0 sein
  - Bit 1
    - Wenn 1, darf Paket nicht fragmentiert werden
  - Bit 2
    - Wenn 1, zeigt an das Fragmente folgen, wenn 0, ist es letztes Fragment

Header – Fragment Offset

- Fragment Offset (13 Bit)
  - Nummer, welche besagt ab welcher Position innerhalb eines Paketes das Fragment anfängt

Header - TTL

- Time to Live (8 Bit):
  - Gibt die Lebensdauer des Paketes an
  - Bei jeder Station wird der Wert um eins verringert
  - Wenn Wert 0, wird Paket verworfen
    - Beugt vor das Pakete endlos in Schleife umhergehen

Header - Protocol

- Protocol (8 Bit):
  - Bezeichnet Folgeprotokoll
    - z.B ob das IP Paket ein TCP-Paket oder UDP Paket enthält

Header Source/Destination Adress

- Source Adress (32 Bit):
  - Enthält Quelladresse des IP-Pakets
- Destination Address
  - Enthält Zieladresse des IP-Pakets

Header - Options/Padding

- Optionale Zusatzinformationen:
- Strict Routing
  - Gibt gesamten Pfand an den das Paket durchlaufen muss
- Free Routing
  - Gibt Liste von Routen, die nicht verfehlt werden dürfen
- Record Routing
  - Zeichnet die gesamte Route auf

Header - Options/Padding

- Time Stamp
  - Zeitstempel
- Security
  - Bezeichnet wie geheim das Paket ist

Broadcasting

- Bei einem Broadcast werden Pakete von einem Punkt aus an alle Teilnehmer in einem Lokalen Netzwerk gesendet
- Sinnvoll wenn IP-Adresse des Empfängers nicht bekannt ist
- BSP: Wake on LAN, DHCP, Videospiele

Broadcasting

- Directed Broadcast
  - Ziel sind alle Teilnehmer in bestimmtem Netz
    - BSP: 192.168.0.255
- Limited Broadcast

  Ziel IP-Adresse: 255.255.255.255
    - Daher liegt Ziel immer im lokalen Netz

IPv6

- Neueste Version des Protokolls
- Hauptunterschied: Längere Adresse (128 Bit)
- Standard seit 1998
- Aktuellste Spezifikation: 2017

Unterschiede zu IPv4

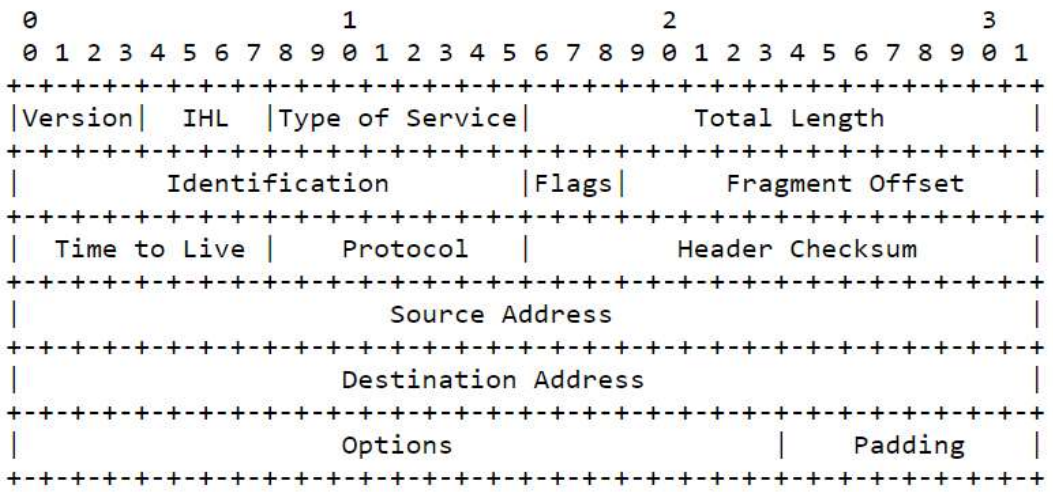
- 128 Bit statt 32 Bit Adressen
- Multicast mit mehr Optionen und verbesserten Protokollen
  - Broadcast nicht mehr nötig, da eine „All Nodes“ Option existiert
- SLAAC (Stateless address autoconfiguration): IPv6 Hosts richten ihre eigene Adresse automatisch selbst ein
- Header vereinfacht, indem selten genutzte optionale Felder in Erweiterungen verschoben wurden. Dadurch gleichzeitig mehr Optionen.

Unterschiede zu IPv4

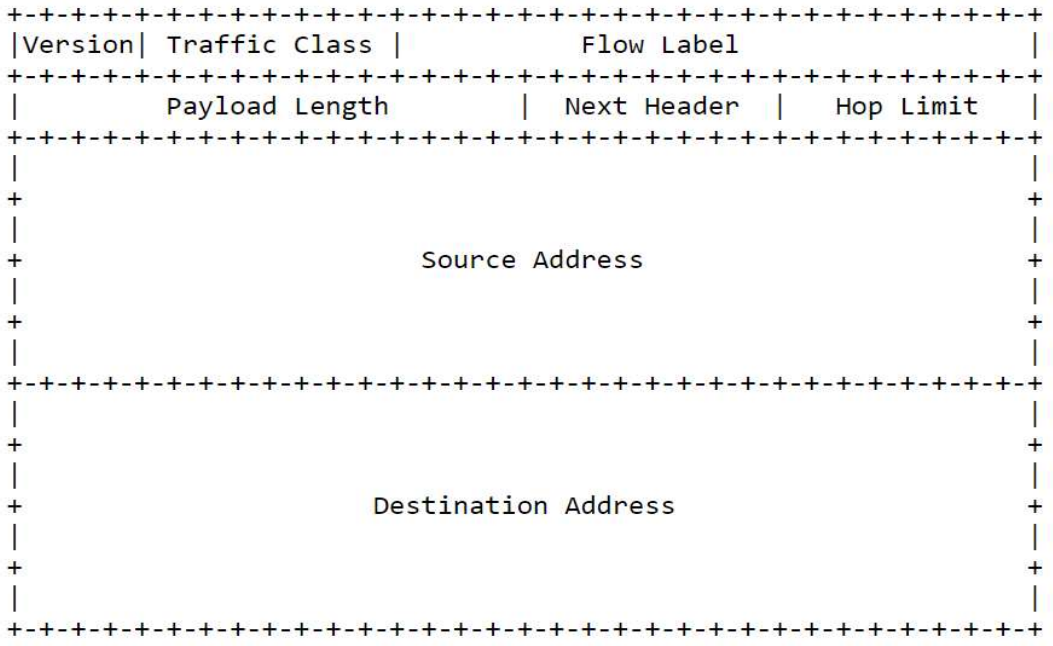
- Keine Checksum (außer UDP), Fehlerüberprüfung wird an den Endpunkten von anderen Schichten übernommen
- Bis zu 4 GB große Pakete. Erhöhte Performance in Verbindungen mit hoher MTU
- IPSec für Kryptographie
- Mobile IP: Mobile Geräte behalten immer selbe Adresse. Effizienter als IPv4

Unterschiede zu IPv4

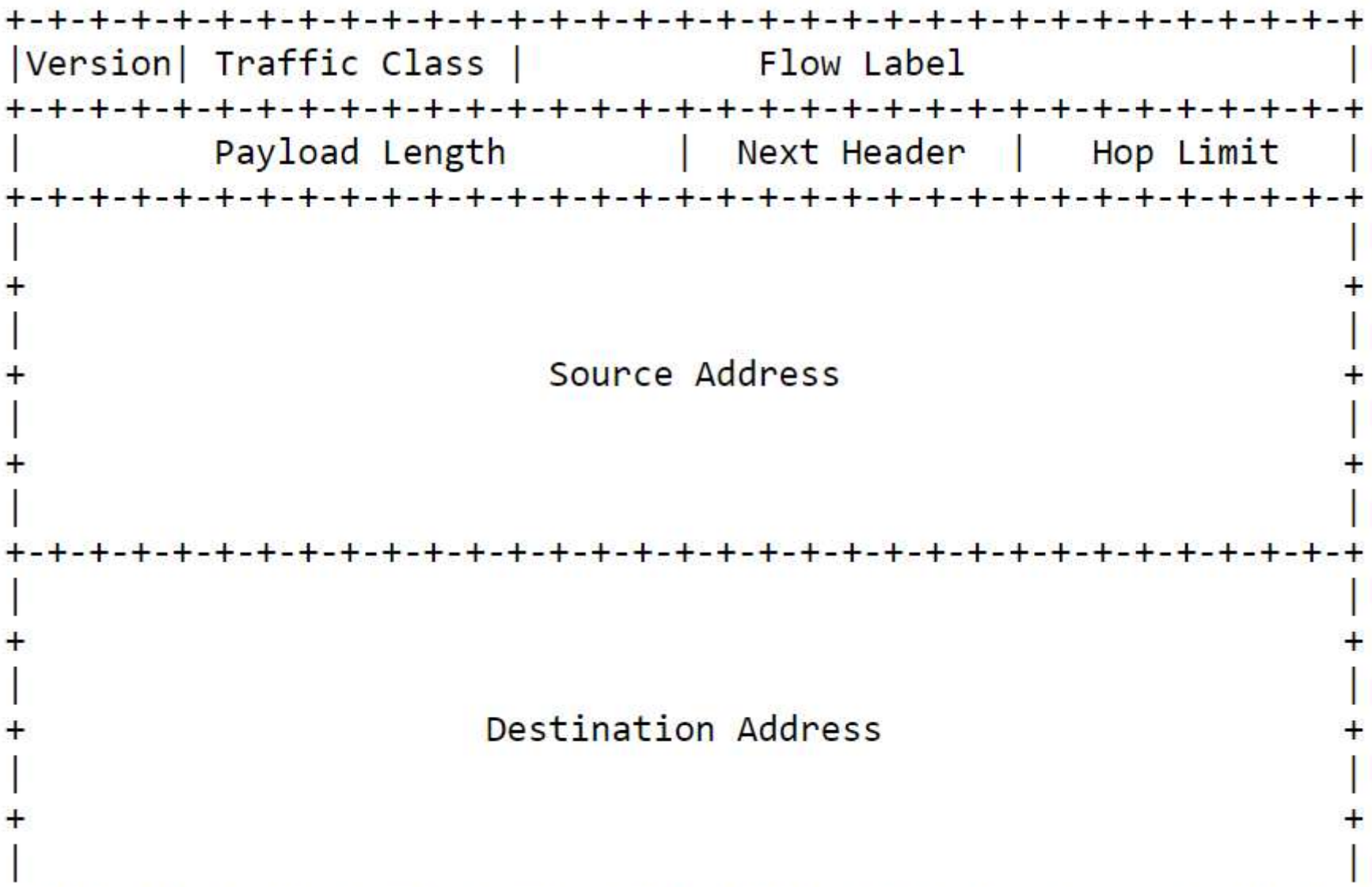
IPv4:



IPv6:



IPv6 Header


Version
Traffic Class
Flow Label
Payload Length
Next Header
Hop Limit
Source Address
Destination Address

IPv6 Header

- Traffic Class (8 Bit), 6 Bit für „Differentiated Services“:
  - Default forwarding (000000): vorgeschrieben, „Best Effort“ Weiterleitung
  - Expedited Forwarding (101110): Priorität über anderen Klassen, genutzt für Echtzeitanwendungen
  - Voice Admit (101100): wie EF, aber begrenzt die Anzahl der Verbindungen, um die Sprachqualität zu sichern

IPv6 Header

- Assured Forwarding (001010 – 100110): Ankommen der Pakete kann abgesichert werden, solange der Datenverkehr eine bestimmte Rate nicht übersteigt
- 4 Klassen (ersten 3 Bit) mit unterschiedlichen Prioritäten. Nützlich für Geräte, die nur IPv4 Precedence unterstützen
- 3 Prioritäten (letzten 3 Bit) innerhalb einer Klasse.

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Low drop prop.	001010	010010	011010	100010
Med drop prop.	001100	010100	011100	100100
High drop prop.	001110	010110	011110	100110

IPv6 Header

- Explicit Congestion Notification (2 Bit):
  - TCP/IP signalisieren Staus durch droppen der Pakete
  - Router mit ECN-Unterstützung informieren andere Router über Staus und können Paketverlust verhindern

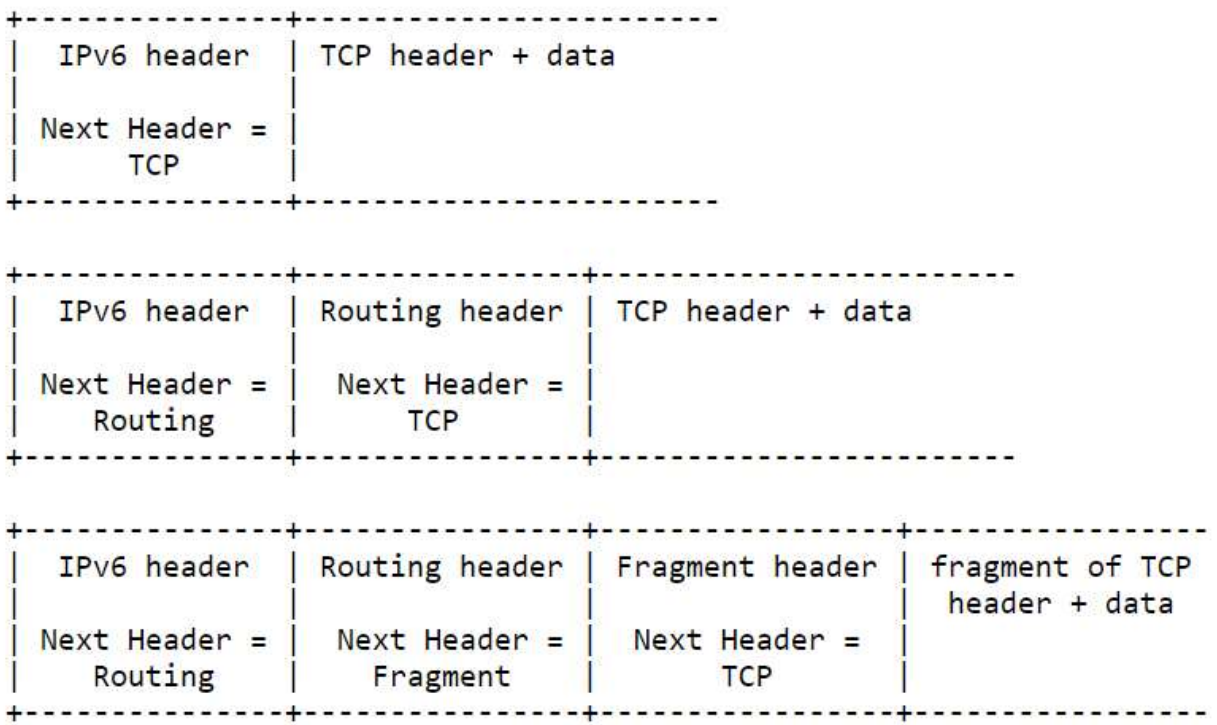
00	Router ohne ECN	/
10, 01	ECN-fähig	Kein Stau
11	ECN-fähig	Stau

IPv6 Header

- Flow Label (20 Bit):
  - Zusammen mit Sender und Empfängeradresse kann ein Flow bestimmt werden
  - Router behandelt alle Pakete eines Flows gleich
  - Weitere Daten (Extension) im Cache
- Payload Length (16 Bit):
  - Größe der Daten + Extensions (max 64 kB)
  - Wenn 0, definiert in Jumbo Payload Extension

IPv6 Header

- Next Header (8 Bit):
  - Definiert Header hinter IPv6 Header, meistens TCP oder UDP



IPv6 Header

- Time to Live / Hop Limit (8 Bit):
  - wird pro Router um eins verringert (von 255)
  - keine Weiterleitung bei 0, verhindert Schleifen
- Source Address (128 Bit)
- Destination Node (128 Bit)

IPv6 Adresse

- 128 Bit, aufgeteilt in acht Gruppen mit vier Hexadecimalzeichen (16 Bit), getrennt mit :
- Beispiel:
  2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334

  Streichen von führenden Nullen
  2001:db8:85a3:0:0:8a2e:370:7334

  Zusammenfassen mehrerer leerer Gruppen mit „::“
  2001:db8:85a3::8a2e:370:7334

IPv6 Adresse

- Aufgrund besserer Lesbarkeit, 32 hintersten Bit in IPv4 Notation:
  ::ffff:c000:0280 → ::ffff:192.0.2.128
- Netzwerk mit „/“ und Anzahl der Bits in Dezimalzahl:

  2001:db8:1234::/48

  - von: 2001:db8:1234:0000:0000:0000:0000:0000
  - bis: 2001:db8:1234:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff

IPv6 Adressvergabe

- Vergabe von der IANA an RIRs
  - Größe von /23 bis /12
- Vergabe an Local Internet Registries
  - Größe von /32 bis /19
- Vergabe an User
  - Größe von /56 bis /48

Extension headers

- Hop-by-hop options (32*x Bit): Verarbeitet von allen Knoten des Netzwerks
- Destination options (32*x Bit): Verarbeitet vom Endpunkt
- Routing (32*x Bit): Informationen wohin Pakete weitergeleitet werden sollen
- Fragment (64 Bit): Aufteilen eines Pakets
- Authentication Header und Encapsulating Security Payload: IPSec

Quellen

- https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol
- https://en.wikipedia.org/wiki/IP_address
- https://en.wikipedia.org/wiki/IPv4
- https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Stream_Protocol
- https://en.wikipedia.org/wiki/IPv6
- https://en.wikipedia.org/wiki/IPv6_packet
- https://www.ipv6.com/general/ipv6-header-deconstructed/
- http://www.postel.org/ien/pdf/ien002.pdf (Trennung von TCP und IP)
- http://www.postel.org/ien/pdf/ien054.pdf (IPv4)
- https://tools.ietf.org/html/rfc8200 (IPv6)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Differentiated_services
- https://tools.ietf.org/html/rfc2474 (Differentiated Services)
- https://tools.ietf.org/html/rfc2597 (Assured Forwarding)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Explicit_Congestion_Notification
- https://tools.ietf.org/html/rfc3168 (Explicit Congestion Notification)
- https://tools.ietf.org/html/rfc6437 (Flow Label)