

# IPv6-protokolla

- enemmän osoitteita
  - 16 tavua osoitteelle=> osoitteita paljon!
- virtaviivaistettu
  - nopeampi käsittely reitittimissä => tehokkaampi
- uusia piirteitä
  - erilaisten sovellusten tarpeet huomioon
  - turvauspiirteet

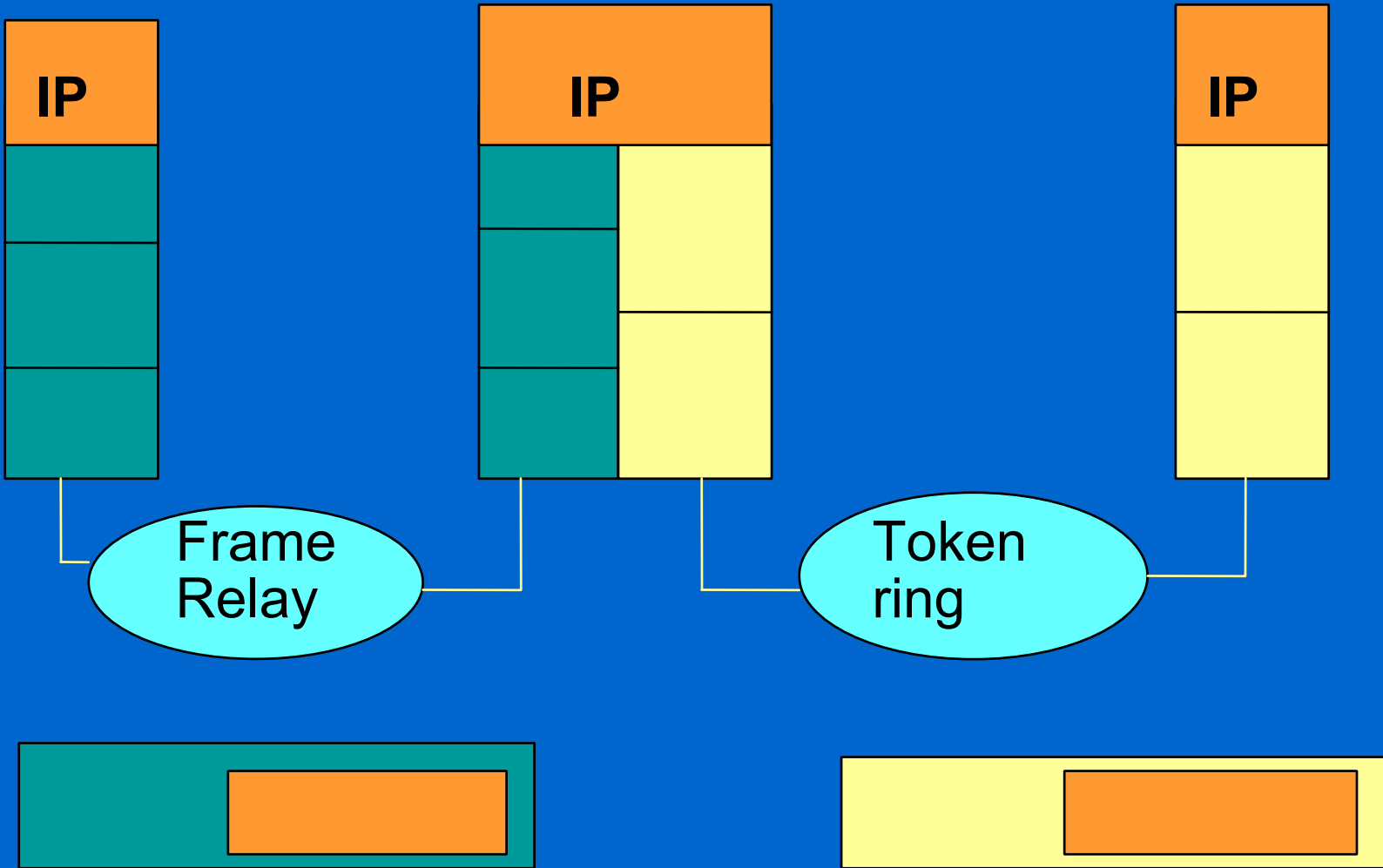
# Internet

- Yhdistää hyvin erilaiset verkot yhteentoimivaksi kokonaisuudeksi
  - kaikkien käytettävä samaa **IP-protokollaa**
  - kaikkien käytettävä samaa **IP-osoitustapaa**
- verkkojen tarvitsee osata vain kuljettaa dataa lähettäjältä vastaanottajalle
  - samantekevää kuinka sen tekee
  - verkko=> 'linkkiyhteys' tai tunneli

host

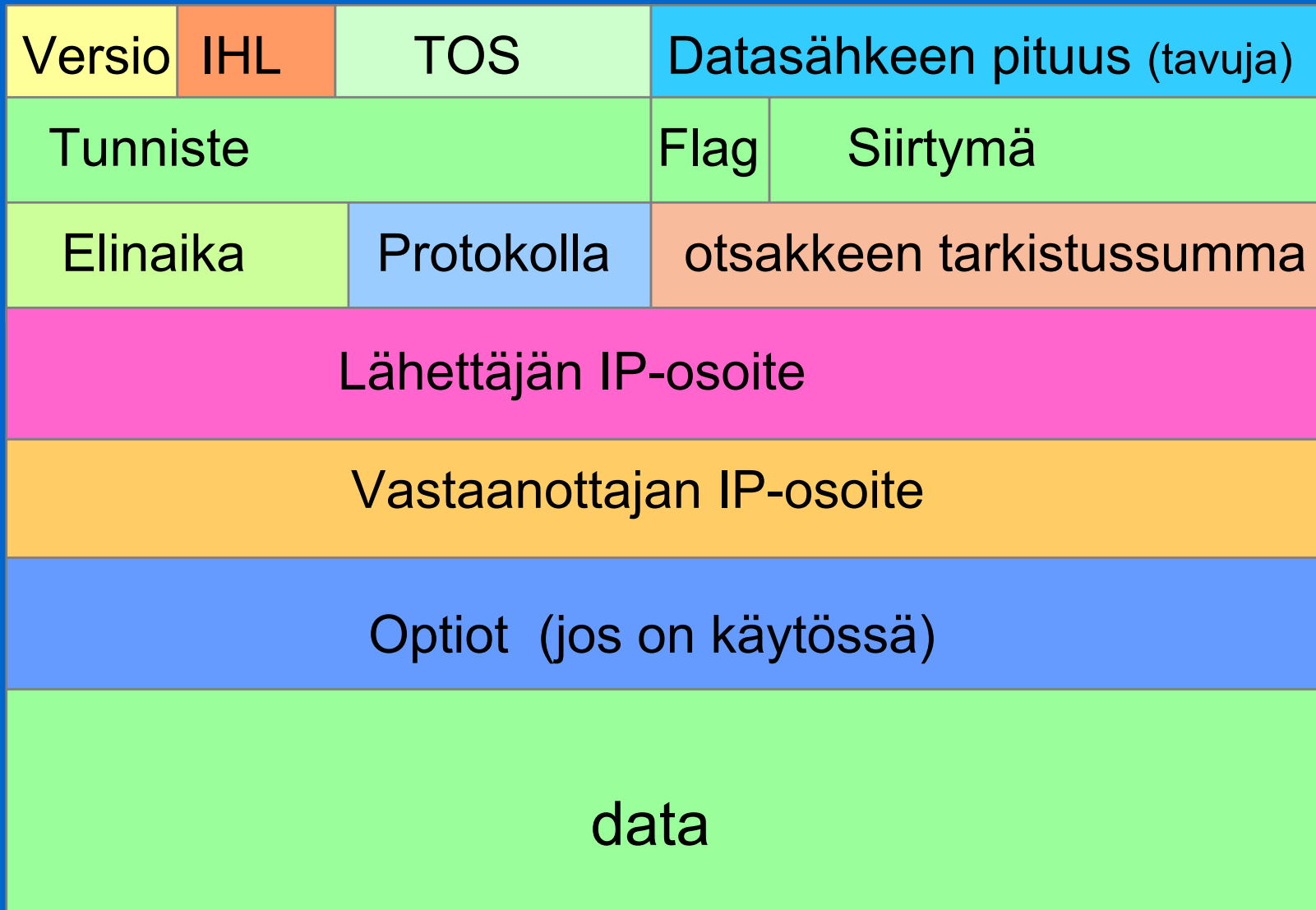
router

host



# Internetin verkkokerros

- Internet
  - on kokoelma ‘itsenäisiä’ aliverkkoja eli autonomisia järjestelmiä (AS, Autonomous Subsystem)
  - joita yhdistävät runkolinjat
- IP-protokolla
  - verkkotason protokolla, joka pitää Internetin koossa
  - tavoite: **kuljettaa paketti (datagram) lähteestä kohteeseen yli kaikkien tarpeellisten verkkojen**



## IPv4 - datasähke

# IP-osoitteet

- jokaisella verkon isäntäkoneella ja reitittimellä on oma yksikäsitteinen osoite muotoa
  - verkon numero
  - isäntäkoneen numero
- IPv4:n osoite on 32-bittinen
  - luokallinen reititys (A-, B- ja C-luokan osoitteet)
  - **CIDR** (Classless Interdomain Routing)
    - verkko-osan pituus vaihtelee : a.b.c.d/'pituus bitteinä'
    - **200.23.16.0/20**

# IP-osoitteiden jako

- **ICANN** (The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
- the non-profit corporation that was formed to assume responsibility for the **IP address space allocation**, protocol parameter assignment, domain name system management, and root server system management functions previously performed under U.S. Government contract by IANA and other entities
- **Alueellinen jako**
  - **APNIC** Aasia + Tyynen valtameren alueet
  - **ARIN** Amerikka + Etelä-Afrikka
  - **RIPE NCC** Eurooppa + lähialueet
    - näiden alla Internet-palvelujen tarjoajat (ISP Internet Service Provider)

# Osoitteiden antaminen koneille

- Manuaalisesti
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
  - DHCP-palvelin antaa asiakkaalle dynaamisesti osoitteen
    - lähiverkoissa, PPP-yhteyksissä, liikkuville asemille





## IP-osoitteiden luokkamuodot

# IP-osoitteiden luokkajako

- A-luokka: 126 verkkoa, 16 miljoonaa konetta/verkko
- B-luokka: 16382 verkkoa, 65528 konetta/verkko
- C-luokka:noin 2 miljoonaa verkkoa, kussakin korkeintaan 254 konetta
- D-luokka: monilähetysosoite
- E-luokka: varattu tulevaan käyttöön
  
- Luokkajako osoittautui epäonnistuneeksi:
  - C-luokassa koneita liian vähän => useita eri verkkoja
  - B-luokassa koneita liian paljon => hukkakäyttöä, B-osoitteet olivat loppua

# Erikoisosoitteet

- 0 tarkoittaa omaa verkkoa tai omaa isäntäkonetta
  - **0.0.0.0**
    - oma isäntäkone ('minä itse'), käytetään konetta käynnistettäessä
  - **0.a.b.c = 00 ... 000 | isäntäkoneen osoite**
    - isäntäkone omassa verkossa
- yleislähetykset
  - **255.255.255.255**
    - yleislähetys omassa verkossa, paketteja ei lähetetä toiseen verkkoon
  - **A.255.255.255, B.B.255.255, C.C.C.255,**
    - Yleislähetys A-, B- ja C-tyypin verkkoon

- 
- 

## • osoite testausta varten

- 127.xx.yy.zz

- paketteja ei lähetetä, käsitellään vastaanotettuina
- verkko 127 varattu tätä varten

## • Monilähetysosoitteita

- 224.0.0.1 kaikki tämän aliverkon koneet

- 224.0.0.2 kaikki tämän aliverkon reitittimet

# C-osoitteiden käyttö

- verkon kasvu => ongelmia
  - kun tarvittiin lisää osoitteita => piti ottaa uusi verkko-osoite => yritykselle useita eri verkkoja
    - nimien/osoitteiden hallinta, reititys
    - konfiguraatiohallinta
      - koneen vaihto verkosta toiseen

# Aliverkko-osoitteiden käyttö (subnets)

- aliverkot B-osoitteiden avulla
  - ulospäin verkko yhtenäinen, mutta sisäisesti jaettu **aliverkkoihin**
    - B-luokka => osa koneosoitteen biteistä aliverkon osoitteelle
  - verkonhallinta voi itse päättää aliverkko-osoitteiden jakamisesta

# CIDR (Classless Inter Domain Routing)

- IP-osoitteiden riittävyys!
  - C-osoitteita paljon, mutta koneosoitteita vain 256
  - B-osoitteessa koneosoitteita riittävästi, mutta B-osoitteita vain 65536!
    - 100000 verkkoa jo 1996!
    - useassa B-verkossa alle 50 konetta
- reititystaulujen koon kasvaminen
  - reitittimien tunnettava kaikki verkot
  - => laskennan monimutkaisuus,
  - => tietojenvaihto vie paljon resursseja

# CIDR-idea

- varataan C-osoitteet peräkkäisinä lohkoina
  - esim. 2000 osoitetta => varataan 8 peräkkäistä C-verkkoa ( $= 8 * 258 = 2048$ )
- jaetaan osoitteet neljään osaan, kukin osa varataan yhdelle maanosalle
- (Eurooppa, Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, Aasia+Pasific)
  - kullekin noin 32 miljoonaa osoitetta
  - 320 miljoona jää vielä varastoon
- reititetään myös maanosien mukaan
  - osoitteet: 194.0.0.0 - 195.255.255.255 Eurooppaan



# Paketin reititys

- Reititys verkko-osoitteen perusteella
  - Kun paketti saapuu reitittimeen, sen kohdeosoitteen verkko-osoite etsitään reititystaulusta ja nähdään, minne porttiin paketti tulee lähettää

## Muihin verkkoihin

Verkko-osoite, 0	portti
------------------	--------

## Omaan (omiin) verkkoihin

Oma verkko, host	portti
------------------	--------

- 
- 
- kun paketti saapuu, sen kohdeosoite etsitään reititystaulusta
  - jos etäverkko => seuraavalle reitittimelle
  - jos sama verkko => kohdekoneelle
- jos ei löydy reittitaulusta, ohjataan reitittimelle, joka tietää enemmän

- 
- 
- Osoitteen luokka kertoi verkko-osoitteen bitit ja koneosoitteen bitit
- CIDR => verkko-osoitteen koko vaihtelee
- CIDR:n käyttö vaatii **maskin**, joka kertoo, mitkä bitit kuuluvat verkko-osoitteeseen ja mitkä koneosoitteeseen
- samoin aliverkko-osoitteita käytettäessä tarvitaan aliverkkomaski

# Esimerkki CIDR:n käytöstä

- varataan osoitteet
  - Turun yliopisto 2048 osoitetta
    - 194.24.0.0 - 194.24.7.255 ja maski 255.255.248.0
  - Helsingin yliopisto 4096 osoitetta
    - 194.24.16.0 - 194.24.31.255 ja maski 255.255.240.0
  - Tampereen yliopisto 1024 osoitetta
    - 194.24.8.0 - 194.24.11.255 ja maski 255.255.252.0
- talletetaan reititystauluihin
  - jokaisesta osoitteen alku eli kantaosoite ja maski
- saapuva paketti esim. 194.24.17.4
  - AND-operaatio ensin Turun maskilla
  - jos tuloksena Turun kantaosoite, menossa Turkuun
  - muuten yritetään muita

# Reititys aliverkko-osoitteita käytettäessä

- Reititystaulussa
  - (muu\_verkko, 0)
  - (oma\_verkko, muu\_aliverkko, 0)
  - (oma\_verkko, oma\_aliverkko, kone)
- kukin reititin tietää
  - oman aliverkkonsa koneet,
  - kuinka päästä muihin aliverkkoihin/verkkoihin
- aliverkon maski
  - kertoo mitkä bitit ovat koneosoitetta, mitkä aliverkko-osoitetta

# aliverkkomaski

111111111111111111111111111111111111110000000000000



## Reitittimen reititystaulussa:

verkko1,0

ulosmeno a

.....

verkkon,0

ulosmeno l

0, aliverkkoi, 0

ulosmeno u

.....

0, aliverkkok, 0

ulosmeno v

0, tämä aliverkko, kone1

ulosmeno k

.....

0, tämä aliverkko, konen

ulosmeno m

# Aliverkkomaskin käyttö

- maskin avulla osoitteesta poistetaan koneosoite
  - AND-operaatio
- etsitään verkko-osoite reititystaulusta
- esim.

paketin kohdeosoite: 130.50.15.6

maski: 11 ...1 11111100 00000000

osoite: 00001111 00000110

AND: 00001100 00000000

tuloksena verkko-osoite: 130.50.12.0

# IPv6

- CIDR on 'kikkailua', ei ratkaise IP:n perusongelmia
- tavoitteita:
  - biljoonia osoitteita
  - pienempiä reititystauluja
  - yksinkertaisempia protokollia
  - turvallisuutta
  - mukaan palvelutyypit: (tosiaikainen), monilähetys
  - liikkuvien koneiden osoitteet
  - jatkokehitys ja nykyisten protokollien toimivuus

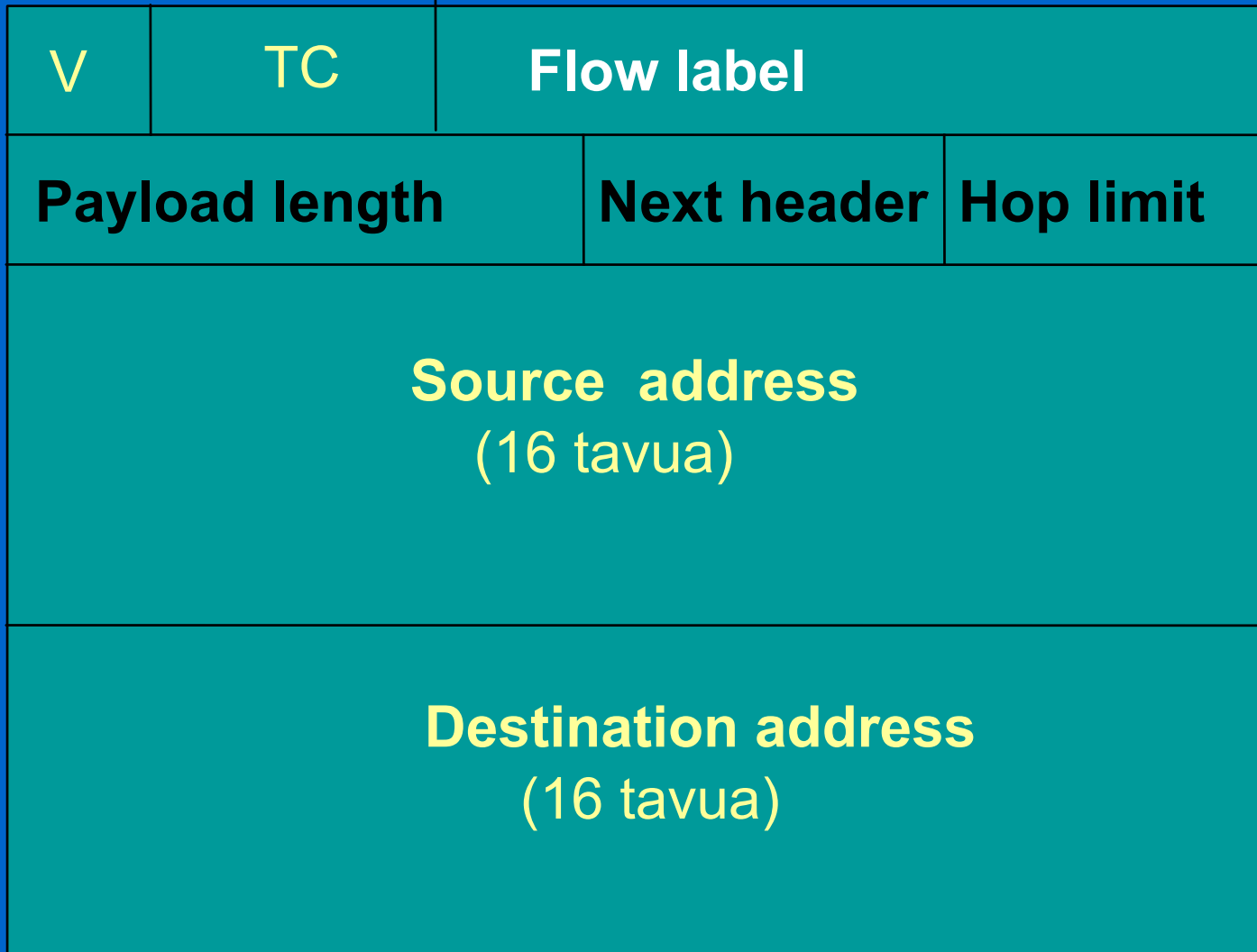


# IPv6

- 16 tavun osoitteet (= 128 bittiä)
  - => 'rajaton' määrä osoitteita
- yksinkertaisempi otsake-kenttä
  - kiinteä kehys, jossa vain 7 kenttää
- valinnaisten piirteiden käsittely
  - monet ennen pakolliset nyt valinnaisia
  - opitioiden uusi esitystapa => nopeampi käsittely
- turvaus
  - todentaminen
  - yksityisyys

- palvelutyypit otettu paremmin huomioon
  - multimedia
- yhteensopiva Internetin protokollien kanssa
  - osoitteiden koko
  - ei ole yhteensopiva IPv4:n kanssa

# IPv6-otsake



# Otsakekentät

- **Versio (version)**
  - aina 6 IPv6:lle ja 4 Ipv4:lle
- **Liikenneluokka (traffic class) (tai prioriteetti (priority))**
  - 0-7 ruuhkatilanteessa voi hidastaa
  - 8-15 tosiaikapaketteja (video/audio)
  - isompi numero, tärkeämpi paketti
- **vuonimiö (flow label)**
  - pseudoyhteys, jolla tietyt ominaisuudet ja vaatimukset (esim. viive, viipeen vaihtelu jne)
  - vuot muodostetaan etukäteen ja niille annetaan tunnus: lähdeosoite ja vuonumero

- 
- 
- **kuorman pituus (payload length)**
  - paketin koko (ilman otsaketta)
- **seurava otsake (next header)**
  - otsikon laajentaminen
  - 6 otsikon laajennusosaa
  - viimeisessä kertoo kuljetusprotokollan (TCP, UDP)
- **hyppyraja (hop limit)**
  - hyppylaskuri, vähenee joka hypyllä
- **source address, destination address**
  - 16 tavun osoitteita

# IPv6: osoiteavaruus

- jaettu osiin
  - osa IPv4-osoitteille
- palveluntuottajapohjainen osa
  - Internet-palvelujen tuottajille oma osuus osoitteista
  - noin 16 miljoonaa tuottajaa
- maantieteellinen osa
  - vastaa nykyistä Internetiä

- 
- 
- Monilähetysosoitteet (multicast)
  - lippukentän bitti: pysyvä vai tilapäinen ryhmä
  - scope-kenttä rajoittaa monilähetyksen
    - linkkiin
    - solmuun
    - yritykseen
    - planeettaan
- anycast
  - osoitteena ryhmä,
  - riittää lähettää jollekin ryhmän jäsenelle

# Osoitteen esitysmuoto

kahdeksan neljän heksaluvun ryhmää:

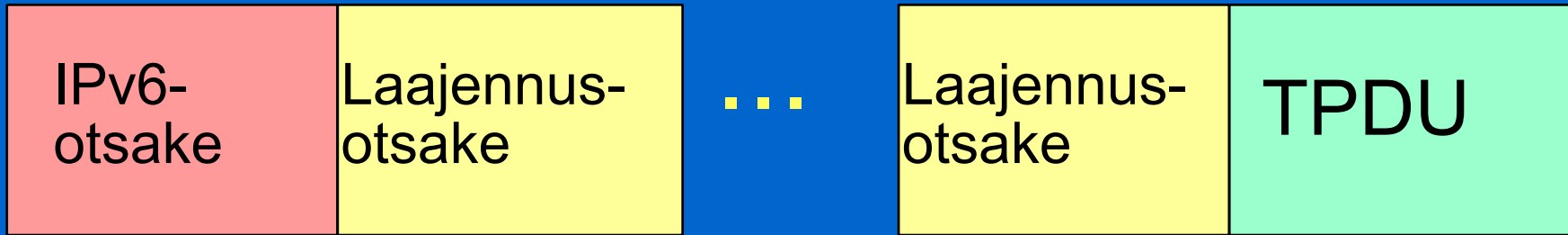
- 8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF
  - ryhmän alkunollat voi jättää pois
  - 16 nollan ryhmät voi korvata kaksoispisteellä
- => 8000::**123:4567:89AB:CDEF**
  
- **IPv4-osoitteet => ::193.31.20.46**



- osoitteita on PALJON!
- $2^{128} \Rightarrow \sim 3 \cdot 10^{38}$
- tasaisesti jaettuna noin  $7 \cdot 10^{23}$  IP-osoitetta jokaista maapallon pinnan neliometriä kohden
  - $>$  Avogadron luku =  $6.022 \cdot 10^{23}$   
= value of the number of atoms, molecules, etc. in a gram mole of any chemical substance.
- vaikka jako olisi epätasaisempi, ainakin yli 1000 IP-osoitetta neliometriä kohden

## IPv4:n kentistä puuttuvat

- paketin paloitteluun liittyvät kentät
  - kaikki kykenevät käsittelemään ainakin 576 tavun paketteja
  - lähettäjä huolehtii, että paketti on riittävän pieni
    - reititin ilmoittaa virheestä, jos se havaitsee liian suuren paketin => ohjeet pilkkoa paketti pienemmäksi
- tarkistussumma
  - ei lasketa verkkokerroksella
    - luotettavammat verkot
    - siirtoyhteyskerros laskee / kuljetuskerros laskee



**Ei yhtään, yksi tai useita  
laajennusotsikoita**

**Seuraava otsake -kenttä** (Next header Field)

- \* ilmoittaa minkä tyyppinen otsakekenttä seuraa IPv6-otsaketta
- \* seuraaja voi olla jokin laajennusotsake tai ylemmän protokollan, kuten TCP:n tai UDP:n otsake

# Laajennusotsakkeet

- Hop-By-Hop- optioiden otsake
  - tietoja reitittimille, käsitellään joka reitittimessä
- reititysotsake (Routing header)
  - **laajennettu reititys ~IPv4:n lähdereititys,**
  - **vaadittu reitti tai reitin osa**
- paloitteluotsake (Fragmentation header)
  - paloitteluun ja kokoamiseen liittyvää tietoa
- autentikointiotsake (Authentication header)
  - **paketin ehyys ja autentikointi (= taattu lähettäjän identiteetti)**
- turvatus kuorman otsake (Encapsulating Security Payload header)
  - **pakettien salakirjoitus**
- kohdeoptioiden otsake (Destination Options header)
  - paketin vastaanottajille tarkoitettua tietoa

# Otsakkeiden järjestys

- Standardin otsakkeet myös annetaan edellä esitetyssä järjestyksessä
  - Poikkeuksena ovat kohdeoptioiden otsakkeet
    - Optiot voidaan tarkoittaa myös usealle kohteelle. Tällöin annetaan ensimmäinen osoite kohdeosoitteen kentässä ja muiden kohteiden lista reititysotsakkeessa.
    - Tällainen kohdeoptioiden otsake esiintyy heti hop-by-hop-otsakkeen jälkeen.
    - Jos otsakkeen tiedot on tarkoitettu vain paketin viimeiselle vastaanottajalle, niin annetaan viimeisenä laajennuksena.

# IPv6:n prioriteetit

- ruuhkavalvottu liikenne (esim. TCP)
  - viive saa jossain määrin vaihdella
  - pakettien järjestys saa muuttua
- ruuhkavalvottoman liikenne
  - tosiaikavideo tai audio
  - vakionopeus ja vakioviive => tasainen pakettivirta
- prioriteetti suhteessa muihin saman lähteen paketteihin
- prioriteetti suhteessa saman liikennetyypin paketteihin
  - ruuhkavalvotun ja valvomattoman liikenteen välillä ei ole määritelty prioriteettia

# Ruuhkavalvottu liikenne

## ❖ Prioriteetit 0- 7

- 0 määrittelemätön liikenne (uncharacterized traffic)
- 1 täyttöliikenne (filler traffic) verkkouutiset, USENET-sanomat
- 2 liikenne, jota käyttäjä ei odottele (unattended data traffic) sähköposti
- 3 ei vielä käytössä
- 4 käyttäjän odottama massasiirto (attended bulk traffic) FTP, HTTP
- 5 ei vielä käytössä
- 6 interaktiivinen liikenne (interactive traffic) TELNET, X
- 7 verkon valvontaliikenne (Internet control traffic) SNMP, OSPF, BGP

# Ruuhkavalvomaton liikenne

## ❖ Prioriteetit 8-15

8 sopivin hävitettäväksi

esim. teräväpiirtovideo, jossa runsaasti redundanssia

.....

15 huonoin hävitettäväksi

esim. puhelinkeskustelu, jossa kadonneet paketit aiheuttavat äänen pätkimistä ja häiriöääniä linjalla



# Vuonimiö

- Vuo
  - peräkkäisten pakettien jono samasta lähteestä samoille vastaanottajille, jota reitittimien halutaan käsittelevän tietyllä tavalla
    - tiedostonsiirto usealla TCP-yhteydellä => yksi vuo
    - multimediakonferenssi => monta erilaista vuota
  - lähdeosoite + 20-bittinen vuotunnus identifioi vuon
    - kaikille saman vuon paketeille sama tunnus

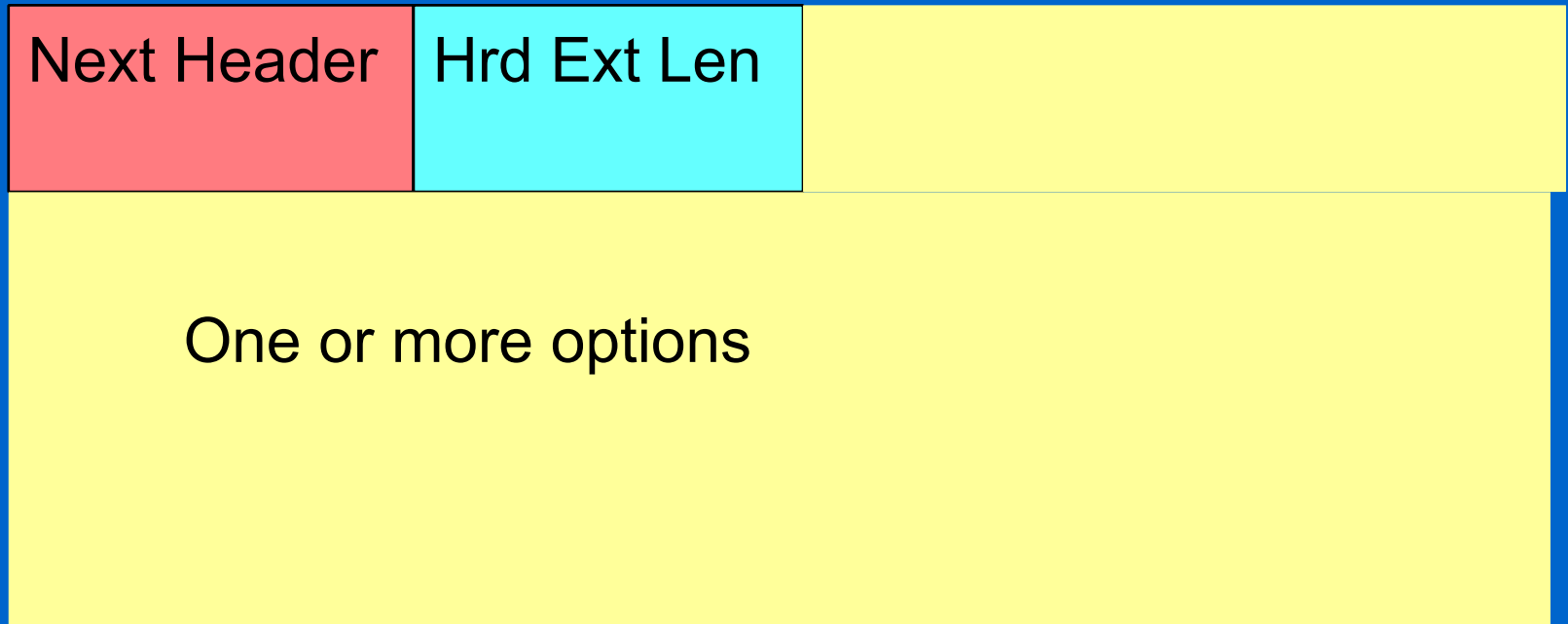
- 
- 
- Reitittimelle vuo on joukko peräkkäisiä paketteja, joita tulee käsitellä tietyllä tavalla
  - samat resurssivaraukset
  - samat turvallisuusvaatimukset
  - samat säännöt pakettien hävittämiseen
  - samat etuoikeudet jonoissa
  - samat vaatimukset aliverkon palvelunlaadulle
  - sama laskutus

- Vuonimiö on pelkkä tunniste
  - on erikseen esitettävä, mitä toimintoja kuhunkin nimiöön liittyy
    - neuvottelemalla etukäteen reitittimen kanssa valvontaprotokollaa käyttäen
    - ilmoittamalla paketteja lähetettäessä otsakkeissa halutut toiminnot
      - Hop-By-Hop -option otsakkeessa
    - voidaan pyytää tiettyä palvelunlaatua (QoS) tai tosiaikaista palvelua

# Vuonimiöiden käsittely solmuissa

- Jos ei osaa käsitellä, niin jätetään huomiotta
- jos sama vuonimiö, niin oltava myös
  - sama kohde- ja lähdeosoite
  - sama prioriteetti
  - samat hop-by-hop-optiot (jos käytössä)
  - samat reititysoptiot (jos käytössä)
- jotta reititin pystyy käsittelemään paketin pelkän vuonimiön perusteella
- lähde antaa vuotunnisteen ja pitää kirjaa niistä
  - noin 16 miljoonaa tunnistetta
  - valitaan satunnaisesti
  - sama tunniste uudelleen käyttöön vasta kun sitä ei enää käytetä

# Hop-by-hop -optioiden laajennusotsake

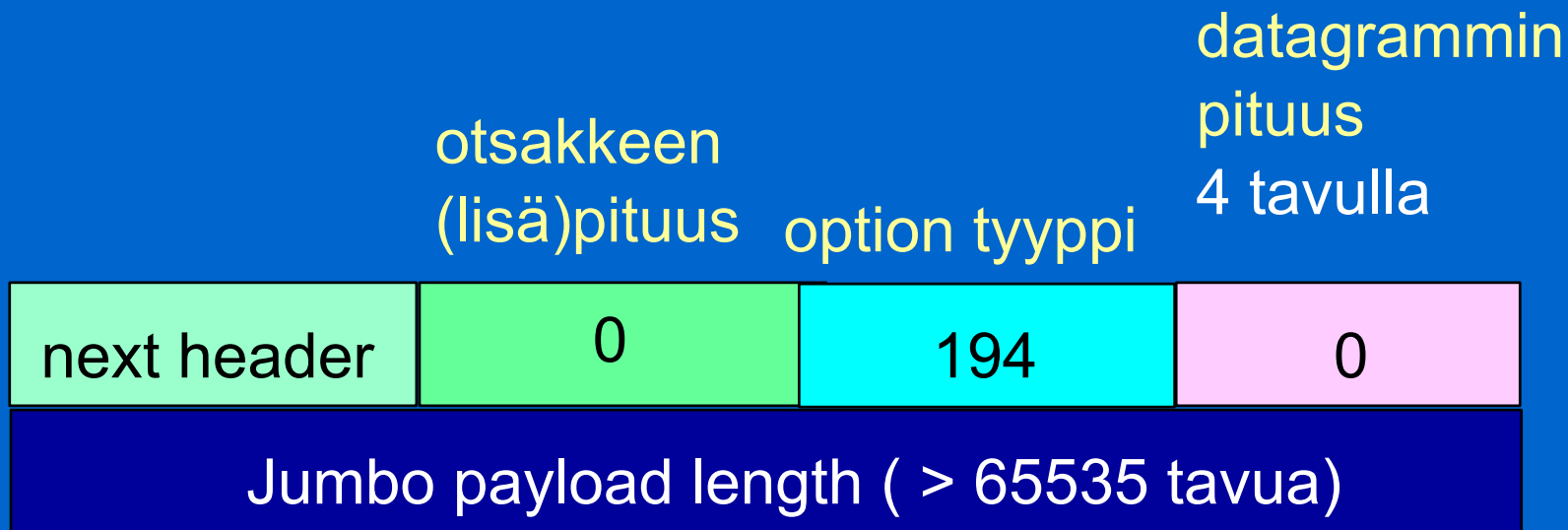


Next Header: seuraavan otsakkeen tyyppi

Header Extension Length: otsakkeen pituus 64 bitin osina ensimmäisen 64 bitin lisäksi

# jumbogrammi

- ainoa hop-to-hop- optio toistaiseksi
- suuria paketteja tarvitaan
  - supertietokoneille
  - suurien videopakettien siirrossa
  - erittäin nopeilla yhteyksillä

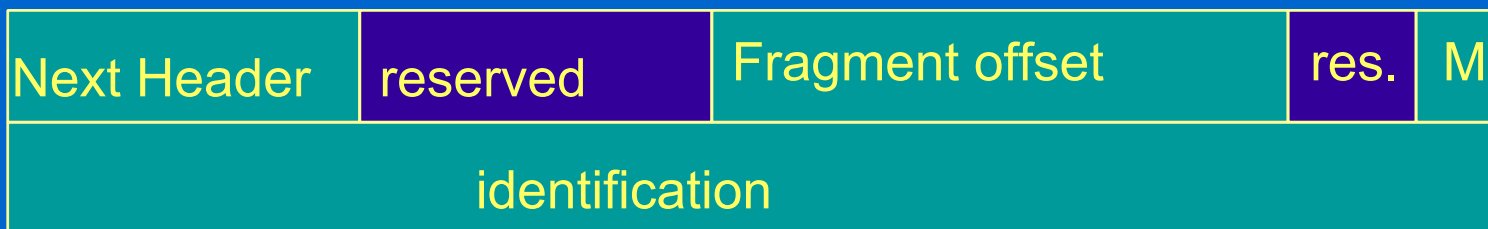


**Maksimikooksi yli 4 Gtavua**

# Paloittelu (fragmentation)

- IPv6: sanoman paloittelee lähettäjäsolmu
  - ei enää reititin
  - reititin hylkää liian suuret paketit
- **path discovery** -algoritmi:
  - lähettäjä selvittää reitillä olevan pienimmän MTU:n (Maximum data unit), jotta osaa paloitella sopiviksi osiksi
    - 576 tavun paketti on kaikkien pystyttävä välittämään

# Paloittelu-otsake



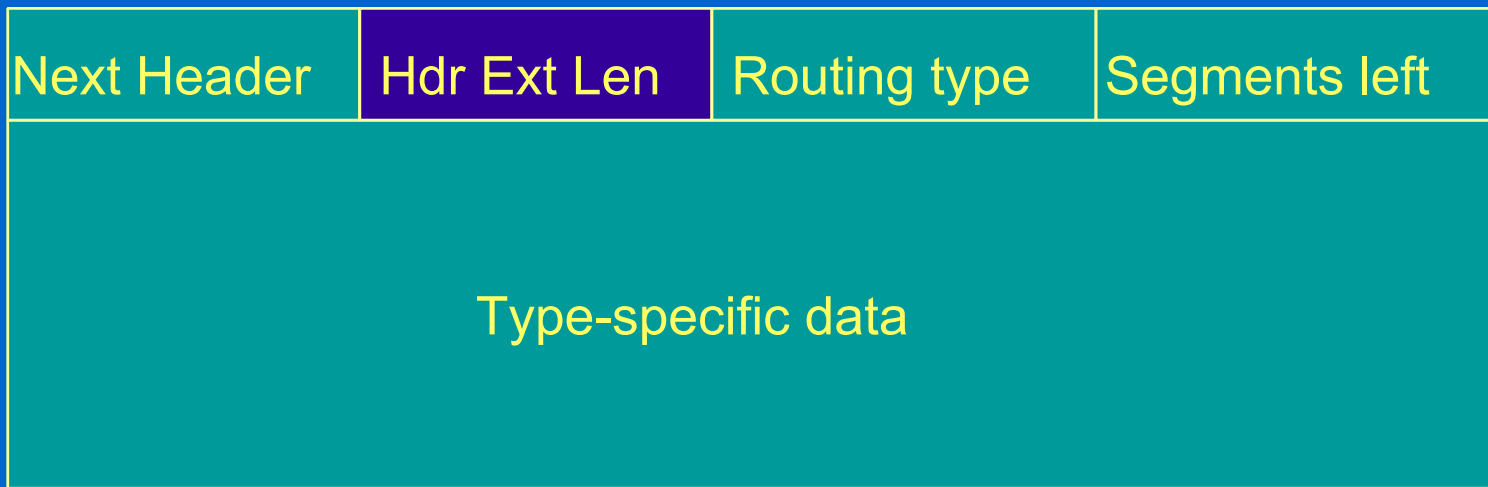
**Fragment offset** (13 bittiä): osan sijainti, yksikkönä 64 bitin osat

**M-lippu:** 1 = lisää palasia, 0= viimeinen pala

**Identification** (32 bittiä): koko sanoman tunniste, kaikissa osissa sama



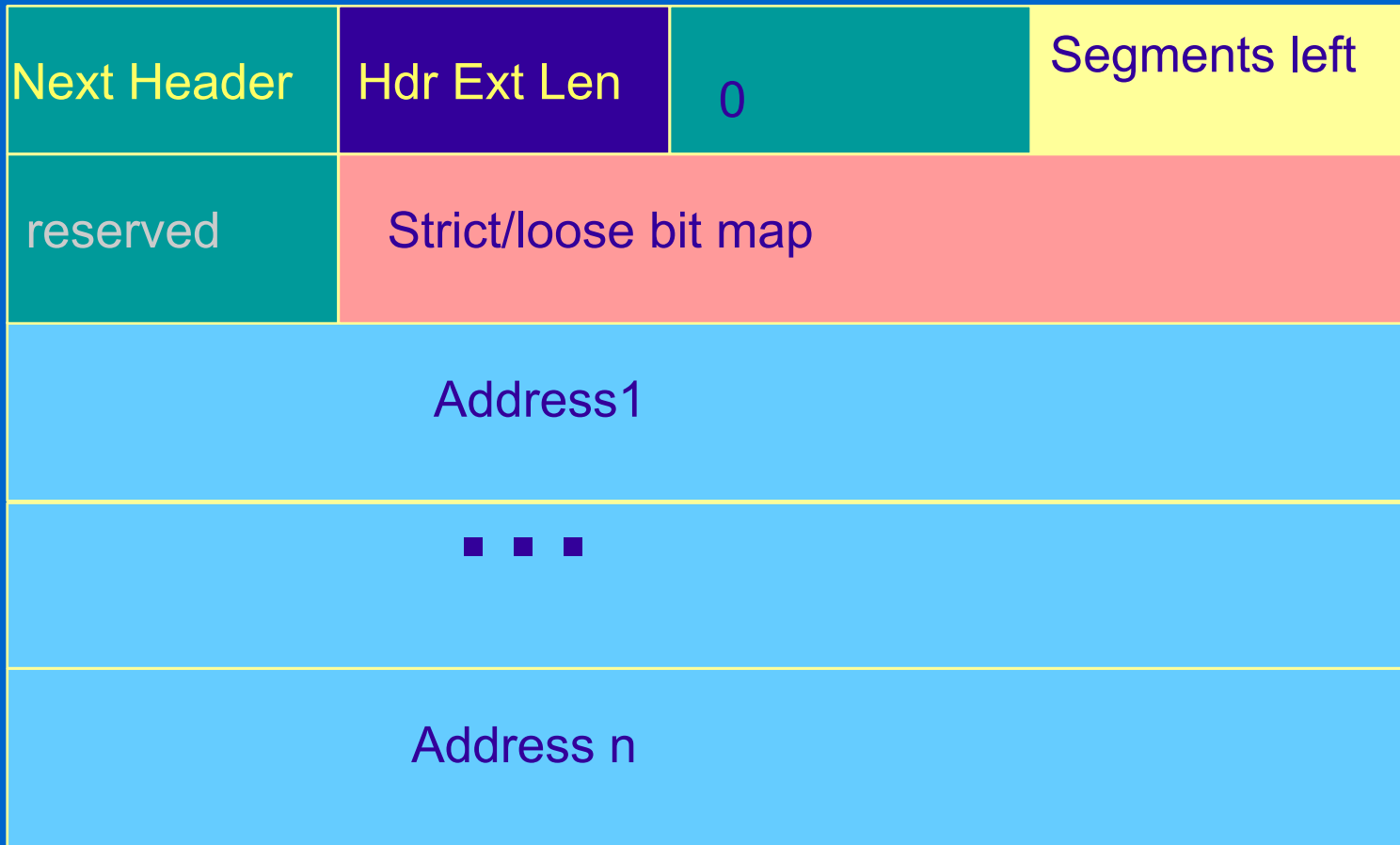
# Reititysotsake



**Routing type** (8 bittiä): reititysotsakkeen tyyppi

**Segments left** (8 bittiä): kuljettavien välisolmujen määrä

# Tyypin 0 reititysotsake



**Bit map** (23 bittiä): 1 (strict routing) = vastaava osoite on seuraava solmu, 0 (loose routing) = ei välttämättä oltava seuraava osoite

- -
- Kohteen IP-osoite on osoitelistan viimeinen,
  - IP-otsakkeessa on ensimmäisen reittilistalla olevan reitittimen osoite
    - joka vasta tutkii reititysotsikon ja saa selville, minne paketti ohjataan seuraavaksi
    - ja päivittää IP-paketin osoitteeksi seuraavan listalla olevan reitittimen
    - sekä vähentää yhdellä segments left -kenttää