

-
-
-

IPv6-protokolla

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

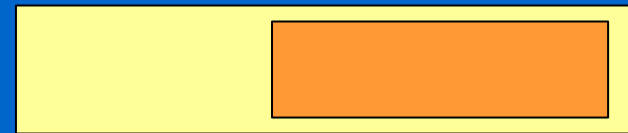
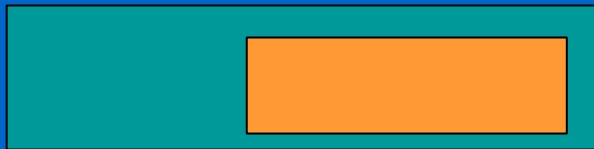
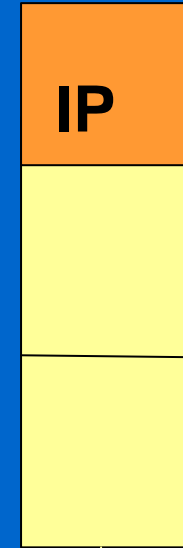
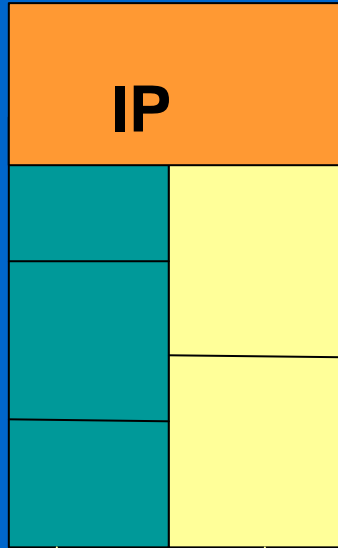
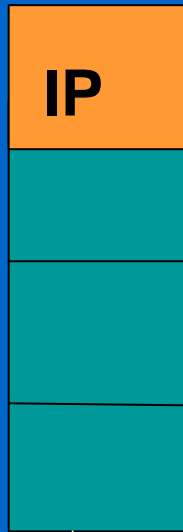
Internet

- **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 yhdistää runkolinjat

- **IP-protokolla**

- verkkotason protokolla, joka pitää Internetin koossa
- tavoite: **kuljettaa paketti (datagram) lähteestä kohteeseen yli kaikkien tarpeellisten verkkojen**

•
•
•

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
 - ? 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 miljoonaa 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 reititystaulusta, ohjataan reitittimelle, joka tietää enemmän

-
-
-

- ? **Osoitteen luokka kertoo 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** 255.255.255.0

? **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

1111111111111111111111111111111111111000000000000



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**

? => '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

-
-
-

? palvelutyyppejä otettu paremmin huomioon

? multimedia

? yhteensopiva Internetin protokollien kanssa

? osoitteiden koko

? ei ole yhteensopiva IPv4:n kanssa

IPv6-otsake

„V = version, P = Priority

V	P	Flow label		
Payload length		Next header	Hop limit	
Source address (16 tavua)				
Destination address (16 tavua)				

-
-
-

Otsakekentät

? **Versio** (version)

? aina 6 IPv6:lle ja 4 IPv4:lle

? **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: lähde- ja kohdeosoite 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

-
-
-

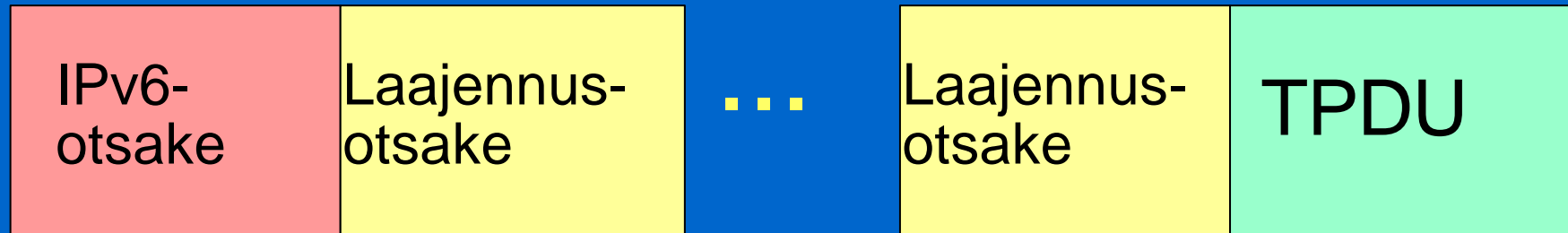
IPv4:n kentistä puuttuvat

? **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)
- ? **turvaton 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

? ruuhkavalvomaton 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 Iliikenne, jota käyttäjä ei dottele (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 + 24-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

-
-
-

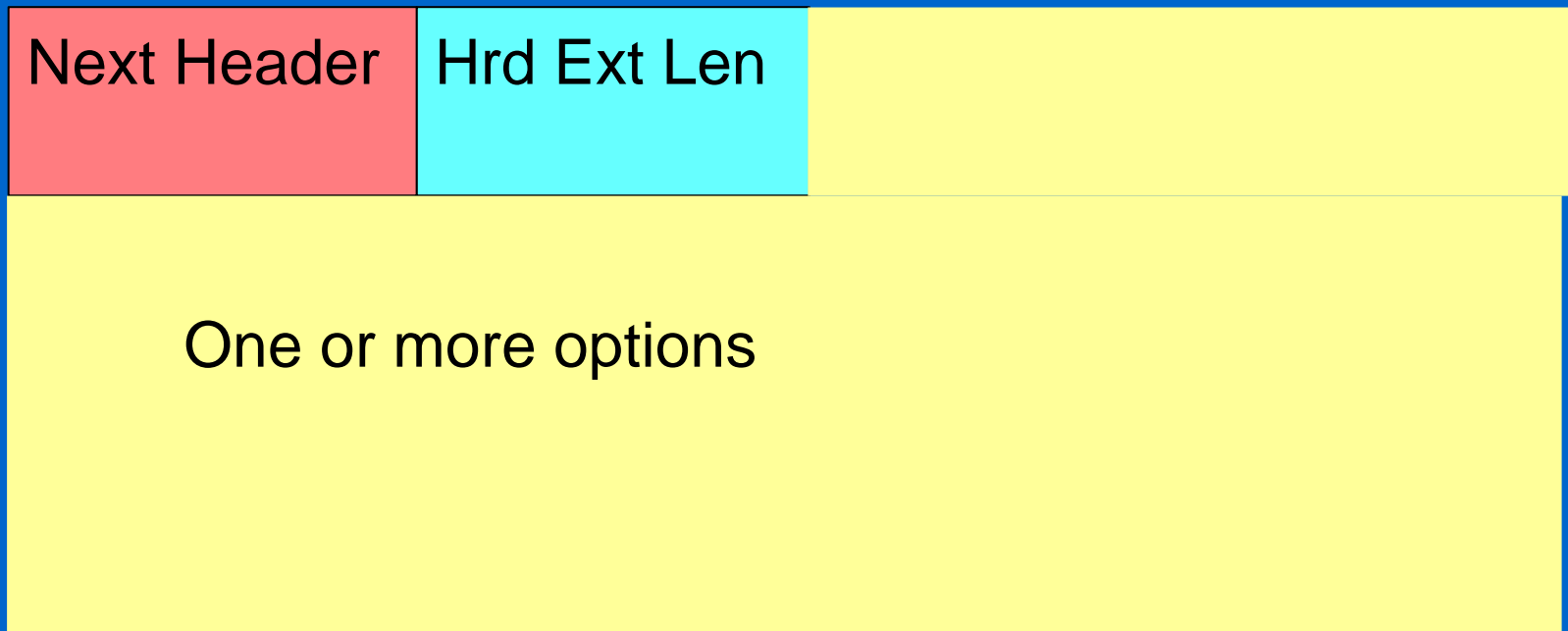
Vuonimiöiden käsittely solmuissa

- ? 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

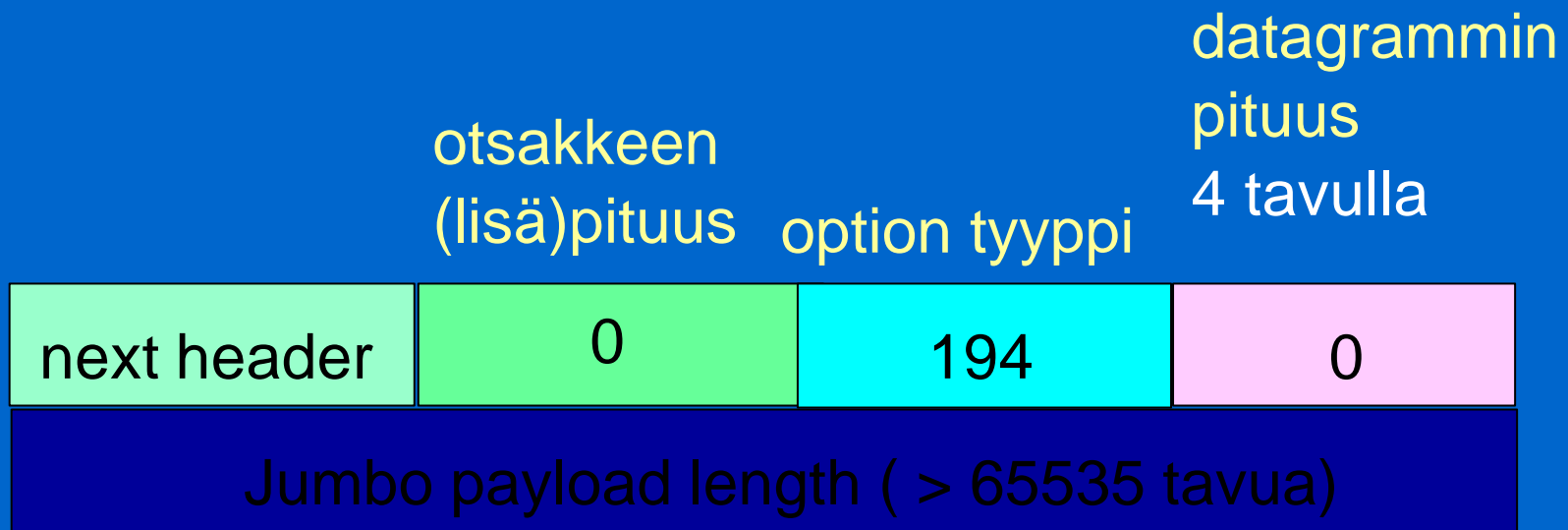
Header Extension Length: otsakkeen pituus 64 bitin osina ensimmäisen 64 bitin lisäksi

jumbogrammi

? ainoa hop-to-hop- optio toistaiseksi

? suuria paketteja tarvitaan

- ? supertietokoneille
- ? suurien videopakettien siirrossa
- ? erittäin nopeilla yhteyksillä



Maksimikooksi yli 4 Gtavua

2/6/01

-
-
-

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

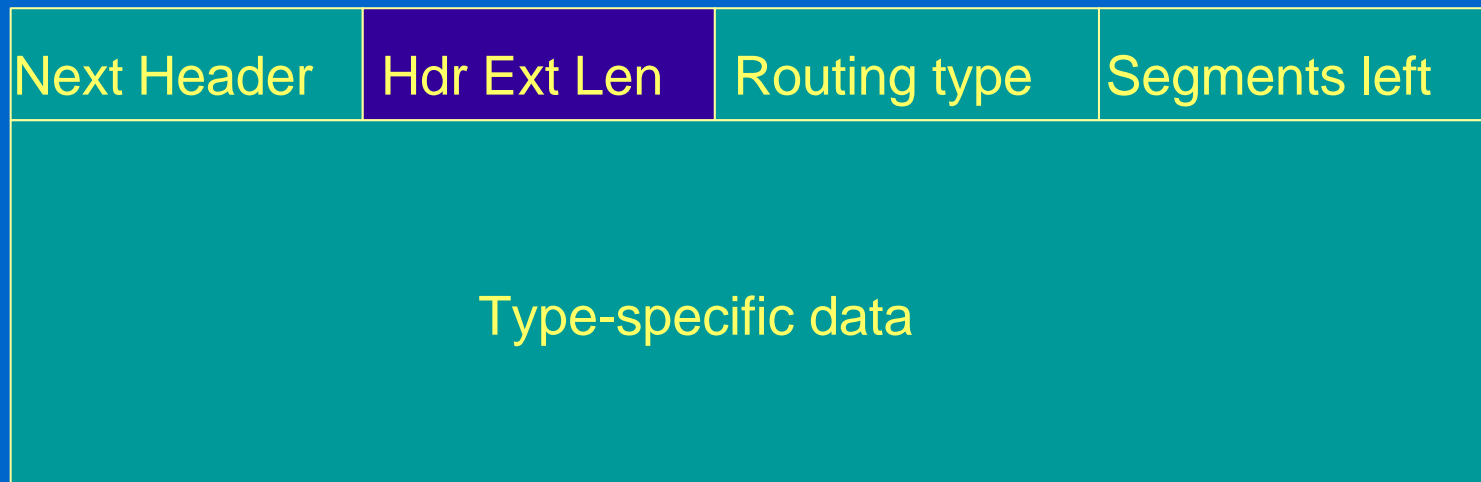
Identification (32 bittiä): koko sanoman tunniste, kaikissa osissa sama

,

2/6/01

-
-
-

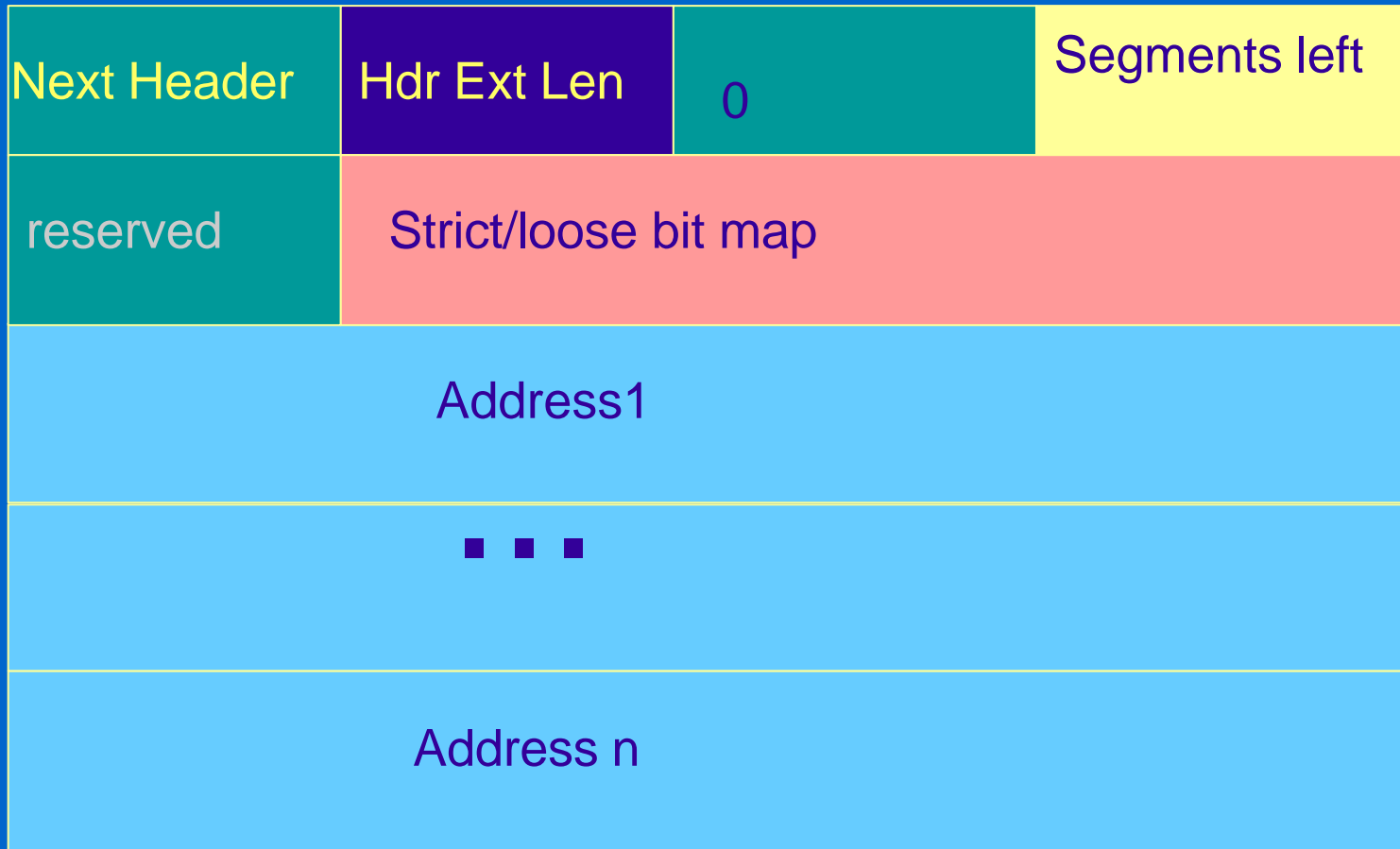
Reititysotsake



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