

## IPv6-protokolla

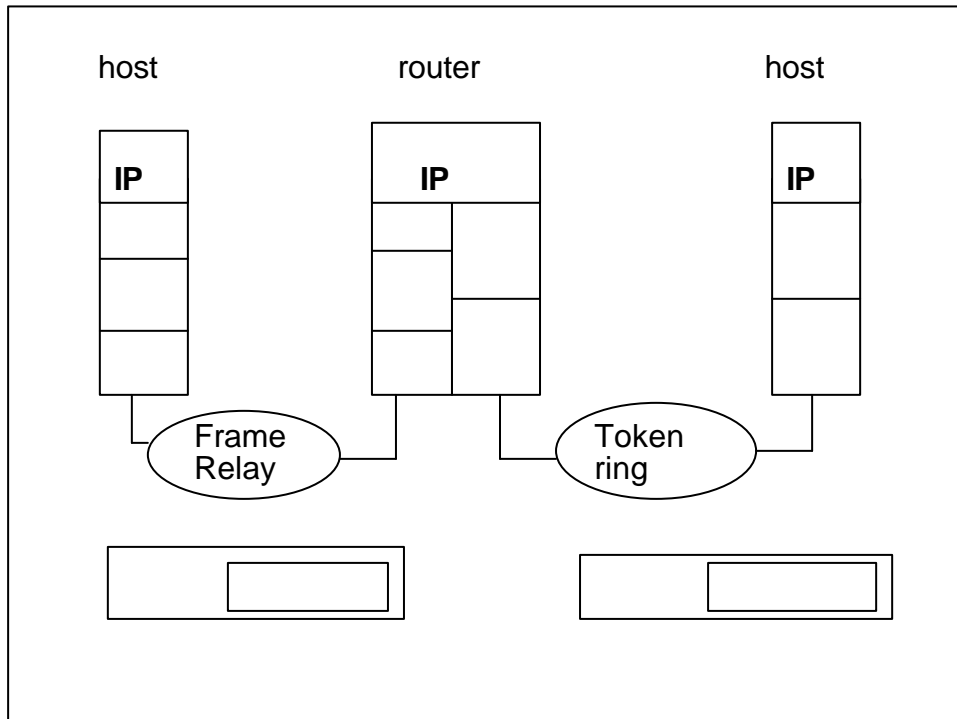
- **enemmän osoitteita**
  - 16 tavua osoitteelle=> osoitteita paljon!
- **virtaviivaistettu**
  - nopeampi käsittely reitittimissä => tehokkaampi
- **uusia piirteitä**
  - erilaisten sovellusten tarpeet huomioon
  - turvauspiirteet

2/6/01

## 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

2/6/01



## 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**

2/6/01

## 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**

2/6/01

## 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)

2/6/01

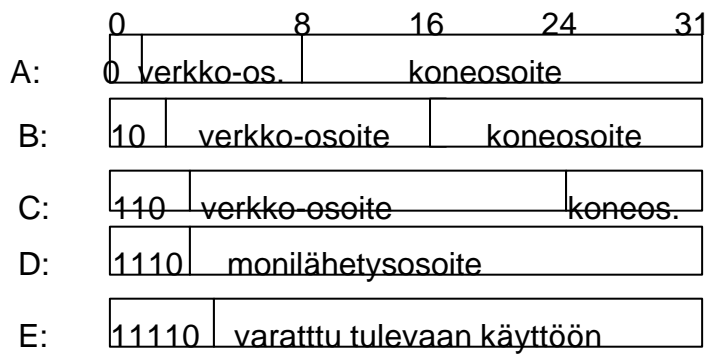
○  
○  
○

## Osoitteiden antaminen koneille

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

2/6/01

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○



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

2/6/01

## Erikoisosoitteet

- 0 tarkoittaa omaa verkkoa tai omaa isäntäkoneetta
  - **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

o  
o  
o

- 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

2/6/01

o  
o  
o

## 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

2/6/01

## 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

2/6/01

## 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

2/6/01

## 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

2/6/01

## 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
------------------	--------

2/6/01



- o
- o
- o

? kun paketti saapuu, sen kohdeosoite etsitään reititystaulusta

? jos etäverkko => seuraavalle reitittimelle

? jos sama verkko => kohdekoneelle

? jos ei löydy reititystaulusta, ohjataan reitittimelle, joka tietää enemmän

2/6/01

- o
- o
- o

? **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**

2/6/01

? **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

2/6/01

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

aliverkkomaski

111111111111111111111111111111111111000000000000

10	verkko-osoite	aliverkko	koneosoite
----	---------------	-----------	------------

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**

2/6/01

- 
- 
- 

## IPv6

? **CIDR on 'kikkailua', ei ratkaise IP:n perusongelmia**

? **tavoitteita:**

- ? biljoonia osoitteita
- ? pienempiä reititystauluja
- ? yksinkertaisempia protokollia
- ? turvallisuutta
- ? mukaan palvelutyyppi (tosiaikainen), monilähetys
- ? liikkuvien koneiden osoitteet
- ? jatkokehitys ja nykyisten protokollien toimivuus

2/6/01

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

- 
- 
- 

## IPv6

? **16 tavun osoitteet**

- ? => 'rajaton' määrä osoitteita

? **yksinkertaisempi otsake-kenttä**

- ? kiinteä kehys, jossa vain 7 kenttää

? **valinnaisten piirteiden käsittely**

- ? monet ennen pakolliset nyt valinnaisia
- ? opitoiden uusi esitystapa => nopeampi käsittely

? **turvaus**

- ? todentaminen
- ? yksityisyys

2/6/01

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

○  
○  
○

? **palvelutyyppi otettu paremmin huomioon**  
 ? multimedia

? **yhteensopiva Internetin protokollien kanssa**  
 ? osoitteiden koko  
 ? ei ole yhteensopiva IPv4:n kanssa

2/6/01

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

## IPv6-otsake

.V = version, P = Priority

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

- o
- o
- o

## 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

2/6/01



? **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**

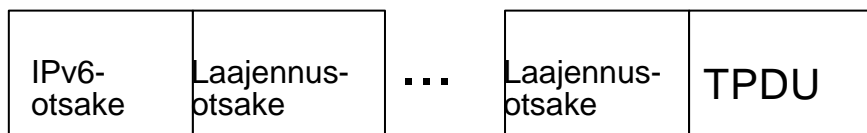
? ei lasketa verkkokerroksella

? luotettavammat verkot

? siirtoyhteyskerros laskee / kuljetuskerros laskee

2/6/01

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○



**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

2/6/01

## 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.

2/6/01



## 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

2/6/01

## Ruuhkavalvottu liikenne

### ? Prioriteetit 0- 7

- 0 määrittelemätön liikenne (uncharacterized traffic)
- 1 täyttöliikenne (filler traffic) **verkkouutiset, USENET-sanomat**
- 2 liikenne, 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**

2/6/01

## 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

2/6/01

## 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

2/6/01

- o
- o
- o

? **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

2/6/01

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

? **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

2/6/01

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## 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 reitin pystyy käsittelemään paketin pelkän vuonimiön perusteella**

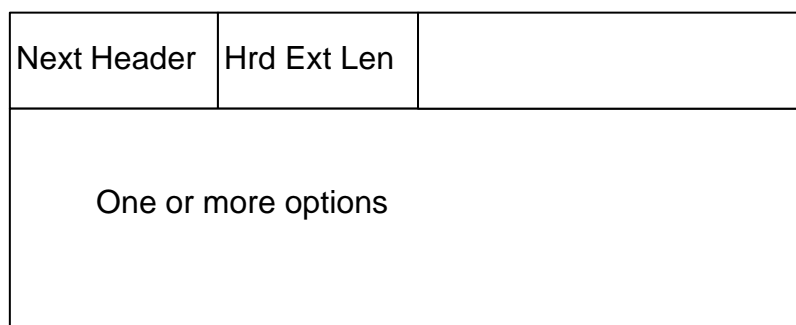
- ? lähde antaa vuotunnisteen ja pitää kirjaa niistä
  - ? noin 16 miljoonaa tunnistetta
  - ? valitaan satunnaisesti
  - ? sama tunniste uudelleen käyttöön vasta kun sitä ei enää käytetä

2/6/01

--

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

## 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

datagrammin

pituus

4 tavulla

otsakkeen

(lisä)pituus option tyyppi

next header	0	194	0
Jumbo payload length ( > 65535 tavua)			

**Maksimikooksi yli 4 Gtavua**

2/6/01

## Paloittelu (fragmentation)

? **IPv6: sanoman paloittaa 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

2/6/01

## Paloittelu-otsake

Next Header	reserved	Fragment offset	res.	M
identification				

**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

Next Header	Hdr Ext Len	Routing type	Segments left
Type-specific data			

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

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

2/6/01

## Tyypin 0 reititysotsake

Next Header	Hdr Ext Len	0	Segments left
reserved	Strict/loose bit map		
Address1			
■ ■ ■			
Address n			

**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

2/6/01

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○