

IPv6-protokolla

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

19.9.2002

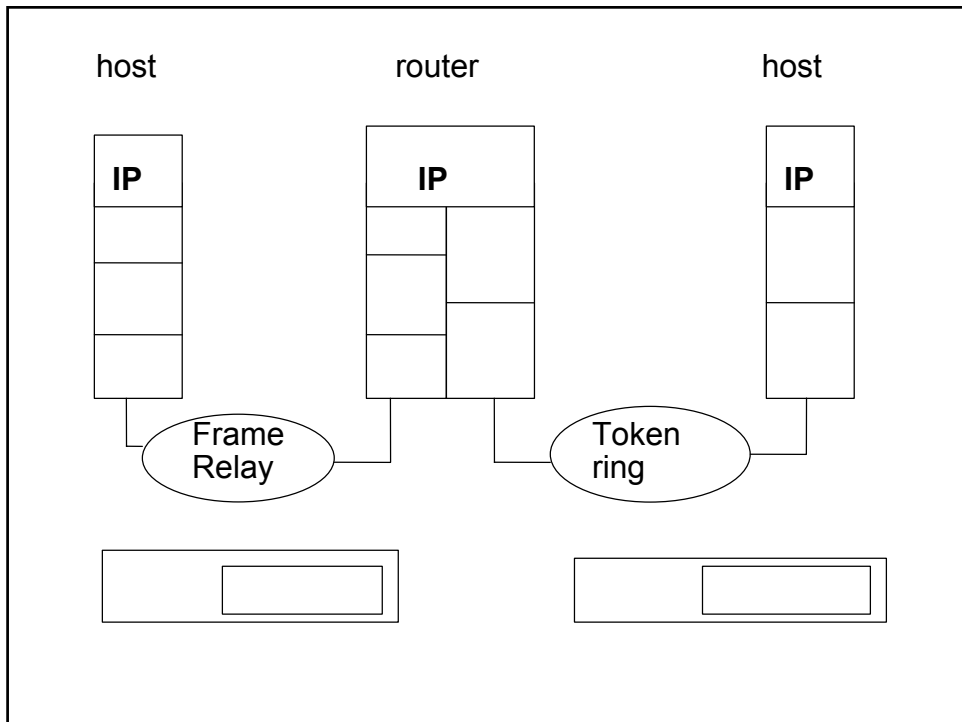
1

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

19.9.2002

2



o
o
o

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**

Versio	IHL	TOS	Datasähkeen pituus (tavuja)	
Tunniste			Flag	Siirtymä
Elinaika	Protokolla	otsakkeen tarkistussumma		
Lähettäjän IP-osoite				
Vastaanottajan IP-osoite				
Optiot (jos on käytössä)				
data				

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

	0	8	16	24	31
A:	0	verkko-os.	koneosoite		
B:	10	verkko-osoite	koneosoite		
C:	110	verkko-osoite	koneos.		
D:	1110	monilähetysosoite			
E:	11110	varattu tulevaan käyttöön			

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 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,**

19.9.2002

Yleislähetys A-, B- ja C-tyypin verkkoon

11

• 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

19.9.2002

12

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
- reititustaulujen koon kasvaminen
 - reitittimien tunnettava kaikki verkot
 - => laskennan monimutkaisuus,
 - => tietojenvaihto vie paljon resursseja

19.9.2002

15

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

19.9.2002

16

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
------------------	--------

19.9.2002

17

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

19.9.2002

18

- o
- o
- o

- 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

19.9.2002

19

 o o o o o o o o o

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 reititustauluihin**
 - 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

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 bittia)
 - => '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

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

IPv6-otsake

V	TC	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
- 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

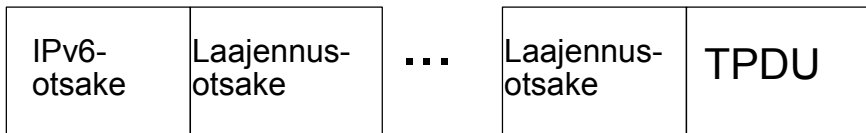
kahdeksan neljän heksaluvun ryhmää:

- 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 \Rightarrow ohjeet pilkkoo paketti pienemmäksi
- tarkistussumma
 - ei lasketa verkkokerroksella
 - luotettavimmat verkot
 - siirtoyhteyserros laskee / kuljetuserros laskee



Ei yhtään, yksi tai useita laajennusotsikoita

Seuraava otsake -kenttä (Next header Field)

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

- o
- o
- o

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.

19.9.2002

37

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

19.9.2002

38

Ruuhkavalvottu liikenne

❖ Prioriteetit 0- 7

- 0 määrittelemätön liikenne (uncharacterized traffic)
- 1 täyttöliikenne (filler traffic) verkkouutiset, USENET-sanomat
- 2 liikenne, jota käyttäjä ei odotele (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

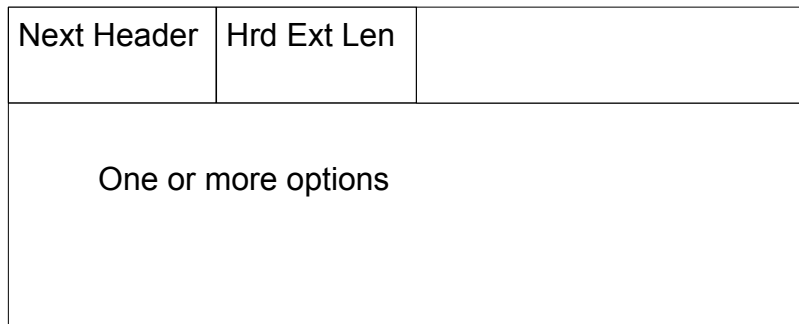
• Vuonimiö on pelkkä tunniste

- 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

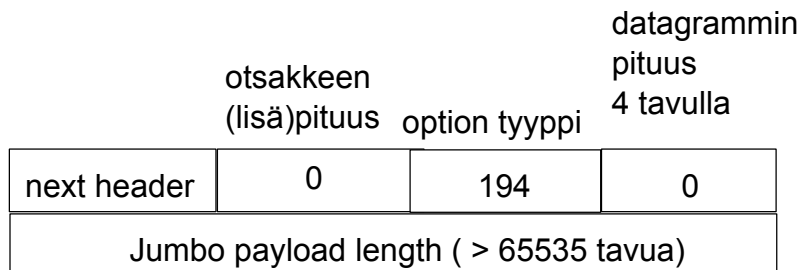


Next Header: seuraavan otsakkeen tyyppi

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

19.9.2002

47

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

19.9.2002

48

-
-
-

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

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
