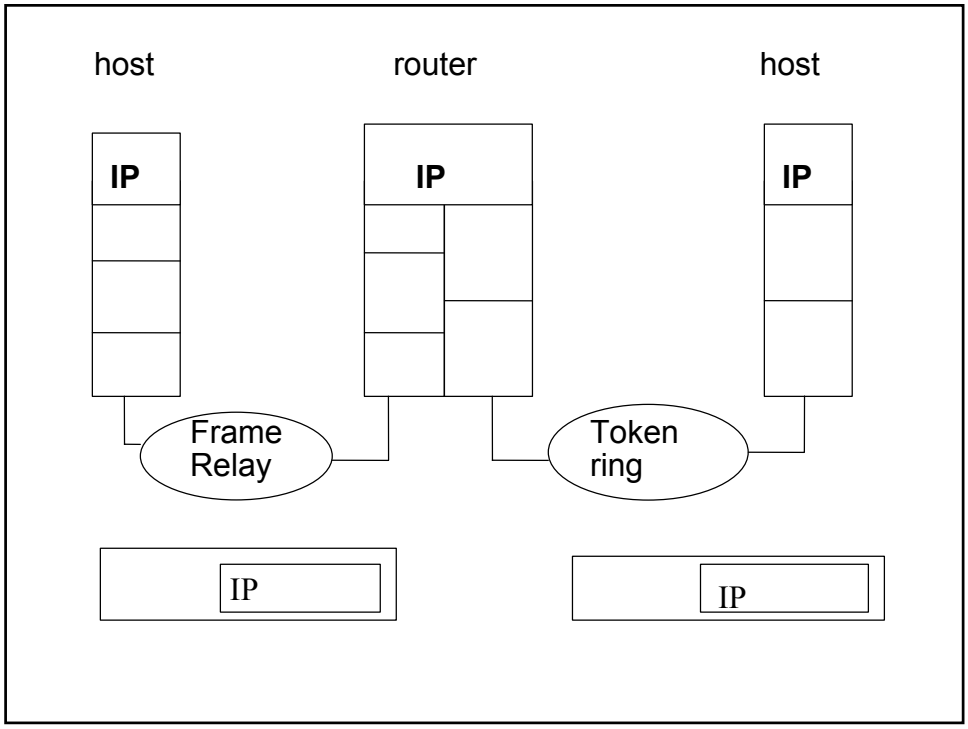
2. IPv6-protokolla

- 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

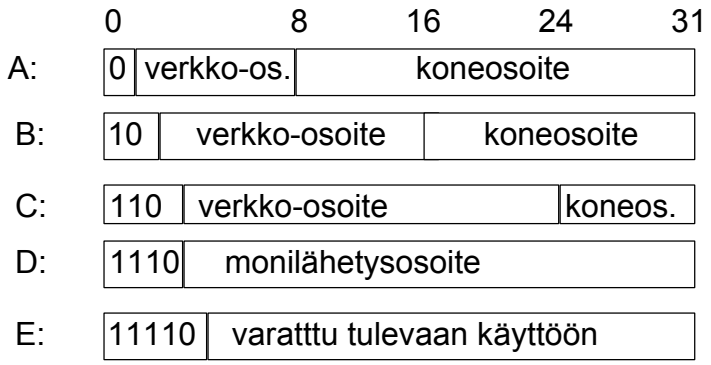


Internetin verkkokerros

- 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**

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 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
  - => CIDR: tehokkaampi osoiteavaruuden hyödyntäminen
  - => NAT: osoitteiden yhteiskäyttö

IPv6

Ratkaise IP:n osoiteongelman + virtaviivaistaa IP:tä

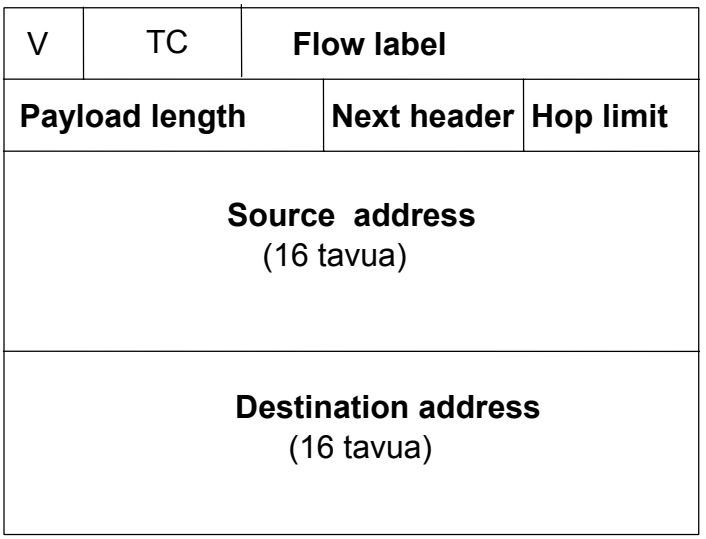
- tavoitteita:
  - biljoonia osoitteita
  - pienempiä reititystauluja
  - yksinkertaisempia protokollia
  - turvallisuutta
  - mukaan palvelutyyppi: (tosiaikainen), monilähetys
  - liikkuvien koneiden osoitteet
  - jatkokehitys ja nykyisten protokollien toimivuus

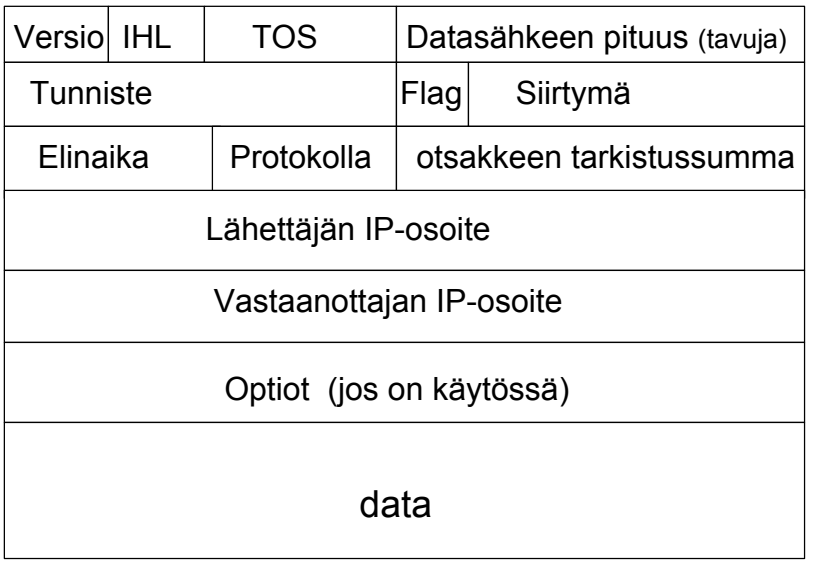
IPv6

- 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

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

IPv6-otsake





IPv4 - datasähke

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 nykyista 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

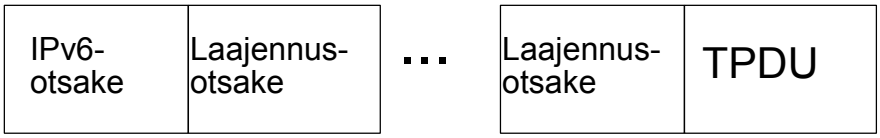
kahdeksan neljän heksaluvun ryhmää:

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

- osoitteita on PALJON!
- 2**128 => ~3* 10**38
- tasaisesti jaettuna noin 7 * 10**23 IP-osoitetta jokaista maapallon pinnan neliömetriä kohden
  - > Avogadron luku = 6.022 *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 neliömetriä kohden

IPv4:n kentistä puuttuvat

- paketin paloitteluun liittyvät kentät
  - kaikki kykenevät käsittelemään ainakin 1280 tavun paketteja
  - lähettäjä huolehtii, että paketti on riittävän pieni
    - reititin ilmoittaa virheestä, jos se havaitsee liian suuren paketin => ohjeet pilkkoa paketti pienemmäksi
    - Lähettäjä paloittelee tarvittaessa itse
- 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

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 lliikenne, 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 häiriööääniä linjalla

Vuonimiö

- Vuo
  - samasta lähteestä samoille vastaanottajille kulkeva peräkkäisten pakettien jono, 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 on sama vuonimiö, niin on 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

Laajennusotsakkeet

- **reititysotsake** (Routing header)
  - laajennettu reititys ~IPv4:n lähdereititys,
  - vaadittu reitti tai reitin osa
- **paloitteluotsake** (Fragmentation header)
  - paloitteluun ja kokoamiseen liittyvää tietoa
- **Turvaotsakkeet => IPSec**
  - salausotsake ESP ja autentikointiotsake AH
- **kohdeoptioiden otsake** (Destination Options header)
  - paketin vastaanottajille tarkoitettua tietoa
- **Hop-By-Hop- optioiden otsake**
  - tietoja reitittimille, käsitellään joka reitittimessä

Reititysotsake

Next Header	Hdr Ext Len	Routing type	Segments left

Routing type (8 bittiä): reititysotsakkeen tyyppi = 0

Segments left (8 bittiä): vielä 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 seurava solmu, 0 (loose routing) = ei välttämättä oltava seuraava osoite

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

Paloittelu (fragmentation)

- IPv6: lähettäjäsolmu paloittelee sanoman
  - 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
    - 1280 tavun paketti on kaikkien pystyttävä välittämään

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

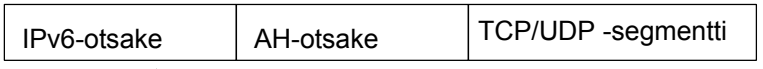
1. pak.	IPv6-otsake	paloitteluotsake	UDP-otsake + data
2. pak.	IPv6-otsake	paloitteluotsake	UDP-otsake + data
3. pak.	IPv6-otsake	paloitteluotsake	UDP-otsake + data
4. pak.	IPv6-otsake	paloitteluotsake	UDP-otsake + data

Turvallisuusotsakkeet

- **kaksi erilaista turvallisuusotsaketta**
  - Autentikointiotsake AH (Authentication Header)
    - varmentaa lähettäjän
    - takaa paketin muuttumattomuuden
    - itse paketti selväkielisenä
  - Salakirjoituksella suojattu –otsake ESP (Encapsulation Security Payload)
    - edellisten lisäksi salakirjoittaa kuorman

AH-otsake

- Varmistaa datagrammin eheyden ja lähettäjän identiteetin
  - "juuri tämä lähettäjä on lähettänyt juuri tämän paketin"
    - kukaan ei väärentänyt lähettäjää
    - kukaan ei ole millaan tavoin muuttanut pakettia



Protokollakenttä (= 51) ilmoittaa, että mukana on AH-otsake eli käytössä AH-protokolla

AH-otsake

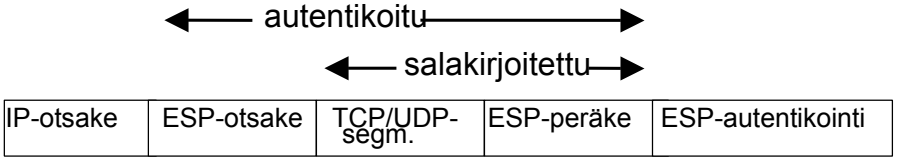
- Next header
  - onko data TCP-, UDP-,…. Segmentti
- SPI eli yhteystunnus
  - yhdessä lähettäjän IP-osoitteen ja käytetyn protokollan kanssa identifioi yhteyden turvasopimuksen SA
- Sequence number
  - järjestysnumero 32 bitillä, yhteyden alussa 0
- Authentication Data
  - sanoman digitaalinen allekirjoitus => lähettäjän identiteetin ja sanoman yheyden varmistus
    - esim. DES, MD5 tai SHA

AH-otsake

<table>
<tr><td colspan="4">IP-otsake (next header = AH= 51)</td></tr>
<tr><td>Next Header</td><td>Auth. Data Len</td><td>00000000</td><td>00000000</td></tr>
<tr><td colspan="4">Security Parameters Index (SPI)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Sequence Number</td></tr>
<tr><td colspan="4">Authentication Data (koodattu käyttäen HMAC- koodausta)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Data (esim. TCP-segmentti) selväkielisenä</td></tr>
</table>

ESP-otsake

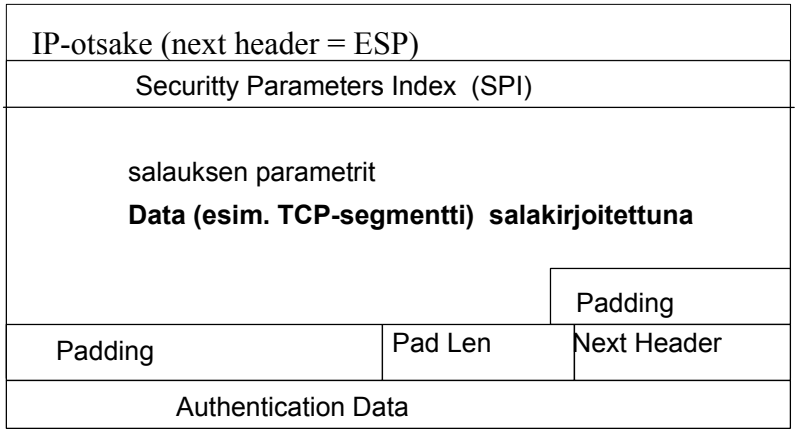
- Sanoman salaus ja lähettäjän autentikointi



Protokollakenttä (=50): datagrammissa ESP-otsake ja -peräke

Salakirjoituksessa DES-CBC (Cipher Block Chaining)

ESP-otsake



Turvallisuus verkkokerroksella

- IPsec
  - **Authentication Header (AH) -protokolla**
  - **Encapsulation Security Payload (ESP) -protokolla**
  - Ennen käyttöä on luotava kommunikoivien koneiden välille **turvasopimus** SA (Security Agreement)
    - looginen yksisuuntainen yhteys verkkokerroksella
      - käytetty protokolla (AH tai ESP)
      - lähettäjän IP-osoite
      - 32-bittinen yhteystunnus SPI (Security Parameter Index)
        - kaikissa saman SA:n IPsec-datagrammeissa sama SPI-arvo
  - ISKMP (Internet Security Association and Key Management Protocol)
    - muodostaa ja purkaa SA-yhteyksiä
    - IKE (Internet Key Exchange) -algoritmi avainten hallintaan

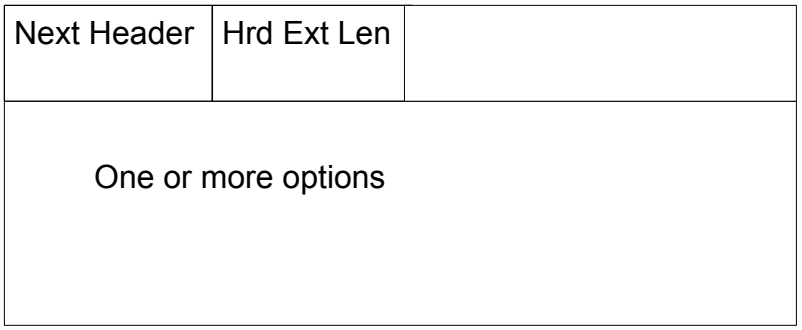
IPsec ja IPv4 / IPv6

- **IPsec toimii sekä IPv4:n että IPv6:n kanssa**

Kohdeoptioiden otsake

- **käsitellään vasta kohteessa**
- **geneerinen kohdeoptio-otsake**
  - säästää tyyppinumeroita (vain 256 kpl)
  - parametreinä voi olla useita yksittäisiä kohdeoptioita
  - toistaiseksi käytössä vain PAD-optiot
    - lisää yhden (Pad1) tai n kappaletta (Padn) täytetavuja

Hop-by-hop -optioiden laajennusotsake

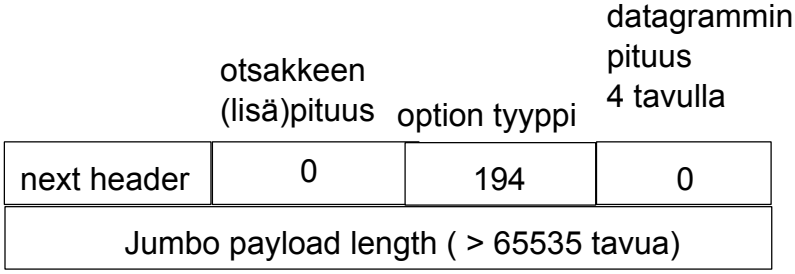


Next Header: seuraavan otsakkeen tyyppi

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

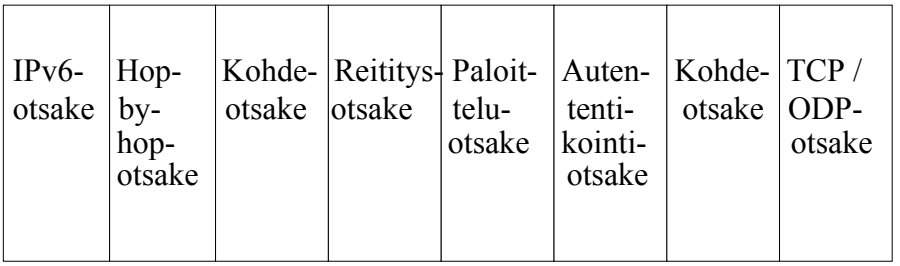


Maksimikooksi yli 4 Gtavua

Otsakkeiden järjestys

- Standardin otsakkeet annetaan sovitussa 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 laajennusotsakkeena.

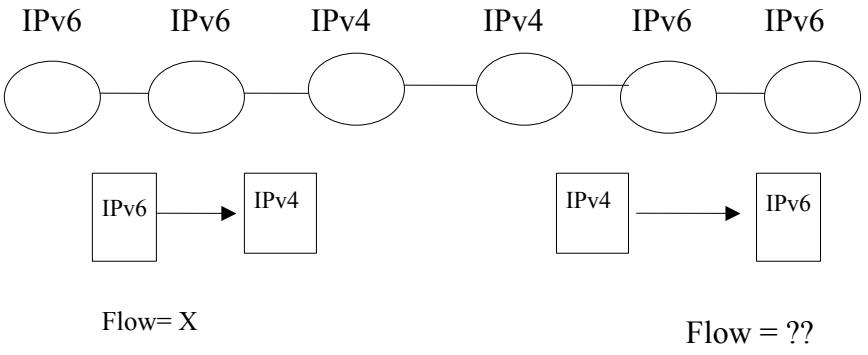
Otsakkeiden järjestys



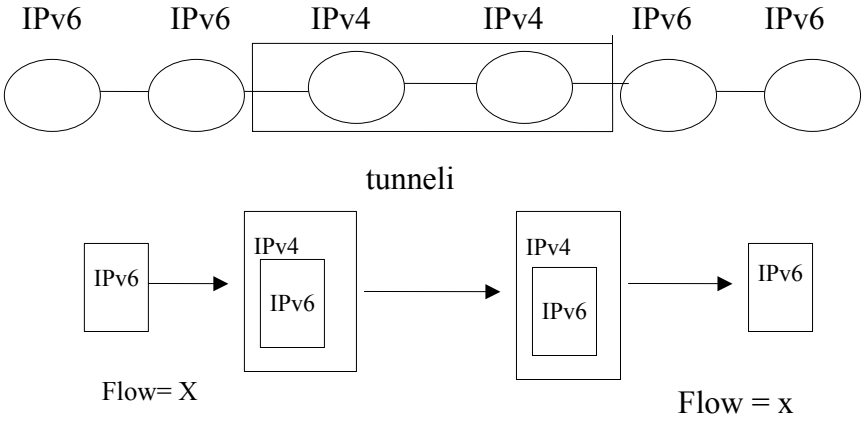
Siirtyminen IPv4 => IPv6

- Kestää pitkään
  - edellinen suuri muutos NCP--> TCP 20 vuotta sitten ja silloin Internet oli paljon pienempi!
  - Nyt satoja miljoonia koneita ja miljoonia verkon ylläpitäjiä
- Ratkaisuja
  - kaksoispino (Dual stack)
    - IPv6-solmut toteuttavat myös IPv4:n toiminnot
  - tunnelointi (tunneling)
    - IPv6-saarekkeet kommunikoivat IPv4-verkkojen läpi kuin minkä tahansa muun verkon läpi
    - lähettävät IPv6-sanomat ‘kapseloituina’ IPv4-sanomien sisällä

Kaksoispino



Tunnelointi



Onko IPv6 edes tarpeen?

- Asiakkaat eivät kysele!
  - **CIDR** (Classless Interdomain Routing), **DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol), **NAT** (Network Address Translation) **ratkaisseet osoiteongelman**
- Valmistajat eivät ole kiinnostuneita!
- Euroopassa ja Japanissa laajempi kiinnostus
- 6Bone