



Verkkojen välinen liikenne

S-38.188 Tietoliikenneverkot
15.10.1997

Luennon aiheet

- ♦ Internet Protocol (IP)
- ♦ IPng eli IPv6
- ♦ Internetin nimipalvelu
- ♦ Muut verkkoprotokollat

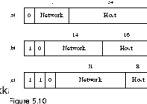
15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

2

Internet Protocol (IP, DoD IP)

- ♦ nykyisin käytössä versio 4 (RFC 791, 1981)
- ♦ toimii verkkokerroksella
- ♦ sähköpohjainen
 - tarjoaa best-effort -palvelun
- ♦ 32-bittinen osoite
 - sisältää verkkonumeron
 - alunperin jako A, B ja C-luokkiin
 - nykyään aliverkon koko voidaan melko vapaasti valita (CIDR)

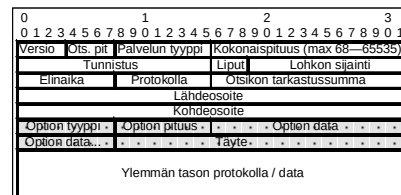


15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

3

IP - paketti



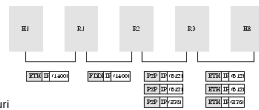
15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

4

Pakettien lohkominen

- ♦ Paketin maksimikoko vaihtelee verkoissa
 - PPP (ld): 296, x.25: 576, eth: 1500, FDDI: 4352, ATM Classical IP: 9168, 16Mb TR: 17914, Hyperchannel: 65535
 - isommat paketit tehokkaimpia
- ♦ Lohkominen:
 - joka yhteydellä, kasaus jokaisessa reitittimessä
 - » viive, hukkuneet paketin osat, muistitarve
 - vain tarvittaessa pienemmiksi, kasaus kohdekoneessa
 - » käytössä IP:ssä



15.10.1997

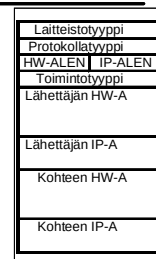
Markus Peuhkuri

Figure 5.8

5

Liikennöinti samassa verkossa

- ♦ Vastapuolen MAC-osoitteen selvittäminen: Address Resolution Protocol
 - lähettää levitysviestinä ARP-kyselyn
 - » muut koneet oppivat
 - kone vastaa joko kohde- tai levitysviestinä
 - mikäli ei käyttöä, poistuvat vähitellen (~15 min)
- ♦ Reverse ARP
 - oman IP-osoitteen selvittäminen



15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

6

Liikennöinti toiseen verkkoon

- ♦ Tunnistetaan verkkomaskin perustella
 - reititystaulut koneissa
 - » yleensä yksi "default gateway"
 - » lähetetään reitittimen MAC osoitteeseen
 - proxy arp
- ♦ Reititin päättää taulukon perusteella kohteen
 - staattinen konfigurointi
 - » ei vikasietoinen
 - reititysprotokolla päivittää taulukkoa
 - » reitittimet vaihtavat määrävälein taulukoitaan
 - » turvallisuus?

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

7

Internet control message protocol

- ♦ Pakollinen osa kaikkia IP-toteutuksia
 - virheistä tiedottaminen
 - saavutettavuustestaus, suorituskykymittaus
 - ruuhkanhallinta
 - reitin muutos, aliverkkomaski
- ♦ sovellukset
 - ping - kohteen saavutettavuus, viive
 - traceroute - reitti kohteeseen
 - » lähettää UDP-paketin, vastauksena ICMP

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

8

IP:n päällä käytettävät protokollat

- ♦ TCP - luotettava tavuvirta
- ♦ UDP - sähköpalvelu
- ♦ GGP, BGP, EGP, OSPF, RIP, ISIS - reititystieto
- ♦ VINES - Banyan Vines mikroverkko
- ♦ ISO-IP - ISO Internet Protocol, ISO-TP4 - ISO Transport Protocol Class 4

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

9

IP: tulevaisuuden vaatimukset

- ♦ nykyään palvelee "tietokoneyhteisöä": nykyisin Internetin liittyneiden verkkojen määrä kaksinkertaistuu vuosittain
- ♦ kasvun seuraava vaihe jakautuu useille markkinoille
 - liikkuvat informaatiovälineet
 - » langattomat (radio/infrapuna) verkot
 - verkkoviihde
 - » tilausvideo, pelit
 - laitteiden ohjaus
 - » kotiautomaatio

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

10

IP->IPng

- ♦ väistämätöntä 3-7 seuraavan vuoden aikana
- ♦ reititys ja osoitteistus
 - IPv4:ää tekoehditty Classless Inter-Domain Routing
 - » C-luokan verkkoja annettu operaattoreille nipuissa
 - verkot loppuvat
 - tuki liikkuville laitteille
- ♦ siirtyminen helpompaa niin kauan kuin osoitteet ja verkot riittävät
- ♦ edellytykset: IPv4 ja IPng toimivat yhdessä, joustava siirtyminen
 - taaksepäin yhteensopiva (vrt x86-prosessorit)
- ♦ Turvallisuuden parantaminen

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

11

IPng: IPv6

- ♦ laajennetut reititys- ja osoituskapasiteetit
 - 32->128 bittiä: enemmän hierarkiatasojia, enemmän mahdollisia asemia ja yksinkertaisempi konfigurointi
 - jakelulähetysreititys (multicast) skaalattavampi
 - jokulähetys (anycast): lähetetään jollekin useasta
- ♦ yksinkertaisempi otsake
 - enemmän optionaalista: osoite 4*=>otsake 2*
 - nopeampi käsittely ja kaistanleveyden säästö
- ♦ parempi tuki optioille
 - tehokkaampi edelleenohjaus, vähemmän rajoituksia ja mahdollisuus uusille
 - järjestys määrätty => nopeampi käsittely

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

12

IPng: IPv6...

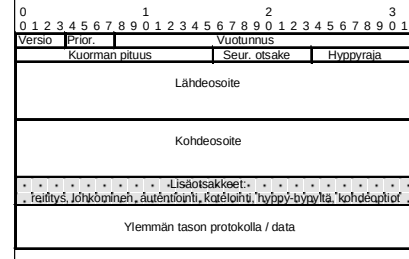
- ♦ palvelun laatu
 - paketit kuuluvat tiettyihin virtuihin, joille pyydetään erityiskäsittelyä, esim. tosiakasoventukset
- ♦ tunnistaminen ja yksityisyys
 - mekanismit tunnistamiseen, tiedon eheyteen ja luottamuksellisuuteen ovat peruselementteinä: mukaan kaikkiin toteutuksiin

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teleteknikka

13

IPv6 otsake



15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teleteknikka

14

IPng osoitteistus

- ♦ 128 bittia
 - $7,9 \cdot 10^{28}$ kertaa IPv4:n osoitevaraus
 - tehollisia osoitteita $8 \cdot 10^{17}$ — $2 \cdot 10^{33}$ (1500 — $3 \cdot 10^{18}$ osoitetta/m²)
 - nyt 15 %:n käyttö määrätely

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teleteknikka

15

Osoitehierarkiat

- ♦ Tarjoajapohjainen
- ♦ Maantieteellinen
- ♦ Paikallinen (MAC-osoitteeseen perustuva)
 - esim. käynnistyksen ajaksi, myös osittaiseen MAC-osoitteeseen
- ♦ IPv4-osoitteita vastaavat
 - sekä IPv6 että IPv4 osaville
 - vain IPv4
- ♦ IPX, NSAP-osoitteiden muunnos
- ♦ Anycast: ryhmälle reitittimiä
- ♦ Jakeluosoite (multicast) laajuusmäärittelyllä

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teleteknikka

16

IP v6 osoitteet

IPv4-osoite
vain IPv4
linkki
yksityinen
jakelu

128 bittia			
kone			
n bittia		128-n bittia	
aliverkkotunniste		kone	
n bittia	80-n bittia	48 bittia	
tilaajatunniste	aliverkkotunniste	IEEE-802 MAC	
s bittia	n bittia	m bittia	128-s-n-m bittia
tilaajatunniste	aliverkkotunniste	aliverkkotunniste	kone
80 bittia	16 bittia	32 bittia	
0000:0000:.....0000	0000		IPv4-osoite
80 bittia	16 bittia	32 bittia	
0000:0000:.....0000	FFFF		IPv4-osoite
10 bittia	n bittia	118-n bittia	
1111111010	0	ID	
10 bittia	n bittia	m bittia	118-n-m bittia
1111111011	0	aliverkkotunniste	ID
8 bittia	4 bittia	4 bittia	112 bittia
11111111	liput	laajuus	ryhmätunniste

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teleteknikka

17

IPng reititys

- ♦ lähes kuten IPv4 Classless Inter-Domain Routing:llä
- ♦ vanhat reititysprotokollat käyttökelpoisia suoraviivaisilla muutoksilla
 - OSPF, RIP, BGP
- ♦ uudet ominaisuudet
 - tarjoajan valinta (hinta, suorituskyky...)
 - liikkuvuus (reitti nykyiseen sijaintiin)
 - automaattinen uudelleenosoitteistus (reitti uuteen osoitteeseen)
- ♦ perustuvat "Routing"-optionon
 - reitti tallentuu ja vastapuoli lähettää samaa reittiä takaisin

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teleteknikka

18

IPng palvelun laatu

- ♦ vuotunnus "satunnainen"
 - mahdollistaa erikoispalvelujen tarjoamisen
 - voidaan käyttää reitityksen ja vuonvarauksen tehostamiseen
- ♦ prioriteetti
 - 15–8: reaaliaikasovellukset
 - » 8: pakettien hukkuminen ei vakavaa (laatuvideo)
 - » 15: paras mahdollinen (pieninopeuksinen ääni)
 - 7–0: ruuhkaohjattu liikenne (TCP)
 - » hallinnalle (reititys, SNMP) korkein prioriteetti (7)
 - » interaktiivinen käyttö (6), interaktiivinen siirto (4)
 - » valvomaton siirto (2), "täyte"liikenne (1)

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

19

IPng turvallisuus

- ♦ Tunnistaminen ja eheys
 - käyttää "IPng Authentication Header"-osaketta
 - suojaa "tekeytymiseltä"
 - ylemmillä kerroksilla ei ole ollut hyvää suojaa
- ♦ Eheys ja luottamuksellisuus
 - käyttää "IPng Encapsulating Security Header"
 - ei sidoksissa yhteen salausalgoritmiin
- ♦ Ongelmana (USA:n) vientikiellot, patentit ja viranomaisten politiikka
 - vahva salaus kielletty tai rajoitettu Ranskassa, Belgiassa ja Englannissa

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

20

IPng:hen siirtyminen

- ♦ Vaiheittainen siirtyminen
 - pienet riippuvuudet (DNS)
 - osoitteita ei ole välttämätöntä muuttaa
- ♦ Pienet kustannukset
 - IPv4-osotteita voidaan käyttää (::123.45.67.89)
 - alkuvaiheessa laitteet kaksineuvoisia (::00FF:123.45.67.89)
 - IPv6 kapselointi IPv4-paketteihin
 - IPv4-liikenteen reitittäminen vain-IPv6 verkossa suunniteltu (siirtymän viimevaihe)
 - paikallisia laitteita (esim kirjoittimet) ei tarvitse koskaan päivittää

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

21

Nimipalvelu

- ♦ Numerot
 - vaikeasti muistettavia
 - koneille helppoja käsitellä (kiinteämittaisina)
- ♦ Kuvaavat nimet helpompia ihmisille
- ♦ Litteä nimiavaruus
 - ei rakennetta nimissä
- ♦ Hierrakkinen nimiavaruus
 - nimet muodostavat puumaisen rakenteen
- ♦ 80-luvun puoliväliin kaikki Internetin koneet yhtenä tiedostona
 - keskitetty ylläpito, lähetettiin sähköpostitse jokaiselle ylläpitäjälle

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

22

DNS

- ♦ Hierrakkinen
 - jaettu hallinnollisesti itsenäisiin osa-alueisiin
 - kaksi tai useampi nimipalvelin joka alueella
- ♦ Tietokanta
 - <nimi, arvo, tyyppi, luokka, elinikä>
 - tyyppi: miten nimi-arvo tulkitaan
 - luokka: tyyppien määrittelijä (IN)
 - elinikä: kuinka kauan tiedue on voimassa

A	1	a host address
NS	2	an authoritative name server
CNAME	5	the canonical name for an alias
SOA	6	marks the start of a zone of authority
WKS	11	a well known service description
PTR	12	a domain name pointer
HINFO	13	host information
MX	15	mail exchange
TXT	16	text strings
RP	17	for Responsible Person
GPOS	27	Geographical Position
AAAA	28	IPv6 Address
*	255	A request for all records

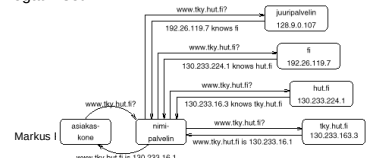
15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

23

Nimen selvittäminen

- ♦ Ohjelma kysyy käyttöjärjestelmän kirjastolta
- ♦ Kirjasto omalta nimipalvelimelta
- ♦ Oma nimipalvelin lähtee selvittämään niin ylhäältä kuin tarpeen
 - saa joko kysytyn vastauksen tai tiedon "kuka tietää"
 - tallentaa kyselyjen vastaukset
 - » myös negatiiviset



15.10.1997

Nimen valitseminen

- ◆ Päätaason maatumunneisteet (ISO3166)
 - USA: com, org, net, gov, mil
- ◆ Kunkin päätaason hallinnoija jakaa organisaatiotumunneisteet
 - Suomi: THK, tietokantaa ylläpitää Eunet
- ◆ Organisaation sisällä vapaa: litteä tai hierrarkkinen
 - esimerkiksi osastoittain
- ◆ Koneiden nimeäminen
 - palveluiden mukaan (mail, news, ftp, www,...,)
 - teeman mukaan (planeetat, alkuaineet,...)
 - organisatorisesti (hyft12, lk-hp-1,...)
 - käyttäjän mukaan (erkkipc, ...)

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

25

IP-liikenteen vaiheet

- ◆ Nimikysely
 - ARP-kysely nimipalvelijan tai (oletus)reitittimen osoitteelle
 - nimikysely nimipalvelijalta
 - » mahdollisesti vastaus vaatii kyselyjä
- ◆ IP-datagrammin lähettäminen
 - ARP-kysely kohdekoneen tai (oletus)reitittimen osoitteelle
- ◆ Ylempien protokollien yhteyden luominen

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

26

ISO-protokollat

- ♦ palvelumäärittely (i)
- mitä palveluja protokolla tarjoaa yleispiirteinä ja mitä palveluja se voi käyttää
- request, confirm, indication, response
- ♦ protokollamäärittely (∞)
- määrittää Protocol Data Unit:n vertaisolioiden kanssa keskusteluun
- Service Access Point määrittää kunkin kerroksen palvelusaajan

Sovellus				
		RSE		
		OSIE		
ASE	ASE	ASE	ASE	
ACSE	ROSE	RTSE	CCR	CASE
		PSAP		
Eistystapaolio				
		SSAP		
Yhteysolio				
		TSAP		
Siirto-olio				
		NSAP		
Verikko-olio				

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

27

ISO protokollan määrittely

- ◆ määritellään kaikki
 - tulevat tapahtumat
 - tilat
 - lähtevät tapahtumat ja toiminnot
 - tilamuuttujat ja määritteet
- ◆ luodaan laajennettu tapahtuma-tila -taulukko
 - ainoastaan määritellyt tapahtumat laillisia

	Nykytila	S ₀	S ₁	S ₂	...	S _N
Tulevana tapahtuma	IE ₁					
...	...					
IE _v						
IE _{v+1}						
...						
IE _y						
IE _{y+1}						
...						
IE _y						

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

28

ISO Internet Protocol (ISO IP)

- ◆ Connectionless Network Protocol/Service
 - Network Service Access Point

0										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
protokollatunniste										Ots.pit.										versio										PDU:n elinika									
§ 8		§ 8		tyyppi						pituus										kohdeosoite										tarkistussumma									
tarkistussumma										kohdeos. pit.										kohdeosoite										tarkistussumma									
lähteos. summa																				lähteosoite																			
datakyk. tun.										segmentin ots. pit																				kokonais									
pituus																				optiot																			

Ylemmän tason protokolla / data

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

29

ISO Esitystapakerros

- ◆ ASN.1 (abstract syntax notation number one)
 - koodaus- ja purkurutiinit
 - UNIVERSAL: esim kokononaisluvut
 - CONTEXT-SPECIFIC
 - APPLICATION
 - PRIVATE
 - rakenteet
 - » UNIVERSAL SEQUENCE
 - » SEQUENCE OF
 - » SET
 - » SET OF
 - » CHOISE

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

30

ASN.1

- ◆ Formaali määrittely, josta voidaan tuottaa koodia
- ◆ Koodaus
 - Tunniste
 - » luokka
 - » rakenne
 - » tyyppi
 - Pituus
 - Sisältö

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

31

Novell Internet Packet Exchange (IPX)

- ◆ perustuu Xerox Network Services:n Internet Datagram Protocol:aan
 - verkko.kone.portti-osoite
 - voi käyttää useita eri kehysmuotoja
 - » raaka 802.3 (ilman LLC-kehystä)
 - » LLC-paketointi (oma DSAP/SSAP-koodi)
 - » SNAP-kehystys (Sub-Network Access Protocol: Ethernet-kehystys LLC-kehyksessä)
- ◆ tarjoaa yhteydettömän sähköpohjaisen liikenteen (kuten DoD IP)
- ◆ reititettävä protokolla
 - Point-to-Point protokollaa kaksipisteyhteyksillä
 - IPX-pakettien "tunnelointi" IP-paketteihin IP-verkkojen yli

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

32

Network [Basic] Input/Output System

- ◆ palvelurajapinta IBM PC-koneissa
 - verkkoliikennöinnistä IBM:n dokumenttiin 6322916: "Technical Reference PC Network"
- ◆ siirtomedian suhteen joustava
 - TCP/IP, DECnet, DLC, XNS, ISO TP4, IPX...
- ◆ perustuu nimiin (16 tavua)
 - litteä nimiavaruus
 - reititys vaatii usein lisä-älyä reitittimeen
- ◆ "yksinkertaisin" siirtomedia NetBIOS Extended User Interface
 - reititys ei mahdollista

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

33

Yhteenveto

- ◆ IP merkittävin verkkoprotokolla
 - koeteltu skaalautuvuus
 - uusi versio tulossa
- ◆ Muilla omat käyttösovelluksensa
 - parempi turvallisuus (ehkä)
 - eri protokollien sekakäyttö kuormittaa
 - laajasta skaalautuvuudesta ei kokemuksia

15.10.1997

Markus Peuhkuri / TKK Teletekniikka

34