

Dataverkot

Markus Peuhkuri

2001-10-11

Luennon aiheet

- Verkkoliikenne
- Liikennöinnin yhteydessisyys
- IP
- Reititys
- IPv6

Verkkoliikenne ja kommunikointi

Verkkoliikenne “kuinka välitän viestin vastaanottajalle”

- koodaus
- synkrointi
- reititys
- ruuhkanhallinta

Kommunikointi “kuinka tulkitseen viestin”

- viestissä olevan tiedon tulkitseminen
- toisten prosessien tilan välittäminen
- prosessien keskinen kommunikointi

Liikennöinti

- Komponentit
 - osapuolet
 - media
 - viestit
- Verkko voi
 - vääristää viestejä
 - hukata viestejä
 - kopioida viestejä
 - sotkea viestien järjestyksen
 - toimittaa viestit väärin osoitteisiin

Piirikytkentäinen tiedonsiirto

- Puhelinverkosta tuttu
- Tiedonsiirto vaiheittainen
 1. *varataan* siirtokanava (johdinpari, radiotaajuus, aikaväli, ...) käyttöön *merkinannolla*
 2. siirretään tietoa, *yhteys koko ajan*, siirrettinpä tietoa tai ei
 3. *puretaan* yhteys ja *vapautetaan* siirtokanava
- Ominaisuudet
 - yhteys saadaan, mikäli verkossa on kapasiteettia
 - yhteyden laatu vakio yhteyden ajan ja eri yhteyksien välillä pl. ulkopuoliset, esimerkiksi säätötilasta ja radiokentän vaihteluista johtuvat häiriöt
 - vastaanottajan ja lähettäjän nopeudet samoja
 - tiedonsiirtonopeus vakio yhteyden ajan
 - tieto verkon kannalta jatkuvaa ääni-, kuva-, bitti- tai tavuinformaatiota
 - vain yksi yhteys tai korkeintaan tietty maksimimäärä

Pakettivälitys

- Myös sähkö-, kehys- ja soluvälitys
- Tieto lohkotaan paketeiksi
 - vastaanottajan *osoite* tai *yhteystunniste*
 - *protokollan* tarvitsema *ohjausinformaatio* (mahdollisesti useita protokollia)
 - varsinainen tieto
- Ominaisuudet
 - yhteyden laatu voi vaihdella “yhteyden” aikana
 - lähettäjän ja vastaanottajan liitännänopeudet voivat olla eri suuret
 - yhteyden nopeus voi vaihdella “yhteyden” aikana
 - aina digitalista informaatiota
 - useita loogisia yhteyksiä yhdellä fyysisellä yhteydellä

Yhteydellinen ja yhteydetön tiedonsiirto

| Yhteydellinen | Yhteydetön |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• yhteys alkaa ja päättyy• reitti luodaan yhteyden <i>muodostusvaiheessa</i> ⇒ koko yhteyden ajan sama reitti• tehokas <i>suurilla datamäärillä</i>• sekä piiri- että pakettikytkentäinen | <ul style="list-style-type: none">• ei yhteyden avausta• reitityspäätös tehdään <i>pakettikohtaisesti</i> ⇒ reitti voi vaihtua vaikka joka paketilla, mikä ei tosin yleensä ole toivottavaa ⇒ vikasietoinen• tehokas <i>lyhytkestoisilla yhteyksillä</i>, esim. kysely-vastaus -yhteyksillä• aina pakettikytkentäinen |
| puhelinverkko, X.25, kehysvälitys (Frame Relay), ATM | kirjeposti, YKM (yhteiskanavamerkinnänto, SS7), Ethernet-verkko, IP |

Pakettiverkkolajikkeet

| | Säikevälitteinen | Kehysvälitteinen | Soluvälitteinen |
|--|--|--|---|
| paketin pituus yhteydellisyys osoite resussit | vaihteleva yhteydetön globaali osoite ei varausta | vaihteleva yhteydellinen yhteystunniste yhteyssopimus | kiinteä yhteydellinen yhteystunniste määrittelemätön, määritelty tai sopeu- tuva |
| esimerkki | IP | kehysvälitys | ATM |

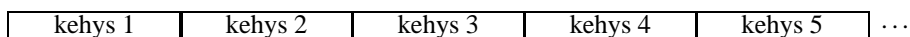
- Soluvälityksen kiinteämittaisuudella pyritään *tehokkaaseen välitykseen* ja eri *liikenneluokkien lomittumiseen*

Yhteydellinen vai yhteydetön pakettiverkko?

| Yhteydellinen | Yhteydetön |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • viive yhteydenmuodostuksessa <p>Esimerkiksi 2 Mb/s yhteydellä, jonka yksisuuntainen viive 200 ms, kestää 10 kubitavun (81 920 bittiä) siirtäminen seuraavasti:</p> <ul style="list-style-type: none"> – yhteyden muodostus 200+200 ms – tiedon lähettäminen 41 ms – etenemisviive 200 ms – yhteyden lopettaminen 200 ms (mikäli lähettävä osapuoli sulkee, 400 ms mikäli vastaanottaja aloittaa sulkemisen) <p>Tiedon siirtämiseen kuluu siis lähettäjän kannalta 841 ms.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • välitön liikennöinti <p>Esimerkiksi 2 Mb/s yhteydellä, jonka yksisuuntainen viive 200 ms, kestää 10 kubitavun (81 920 bittiä) siirtäminen seuraavasti:</p> <ul style="list-style-type: none"> – tiedon lähettäminen 41 ms – etenemisviive 200 ms <p>Tiedon siirtämiseen kuluu siis lähettäjän kannalta 41 ms, vastaanottaja saa viimeisen bitin 241 ms lähetyksen alusta (verrattuna 641 ms yhteydellisessä)</p> <ul style="list-style-type: none"> • ei tietoa vastaanottajan tai verkon tilasta |

Piirikytkenän kehukset

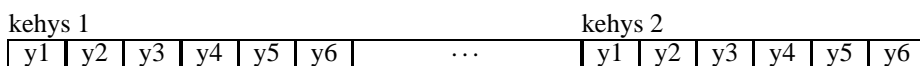
- Vakioittainen toistuva kehys



- Vastaanottaja synkronoituu bittivirtaan

- peräkkäiset kehukset peräperää
- synkronintibiteillä varmistetaan oikeasta synkronista

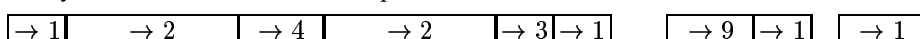
- Yhteys tunnustetaan sijainnin perusteella



- esim. PCM, SDH

Pakettikytkennän kehukset

- Vaihtelevamttainen kehys
- Yhteys tunnustetaan otsikkokentän perusteella



- Kehyksen alku tunnistetaan eroittimen perusteella
- Otsikossa protokollan tarvitsemat kentät

| |
|--------------|
| kehyserotin |
| kohdeosoite |
| ohjauskentät |
| hyötydata |
| tarkiste |
| kehyserotin |

Missä äly on?

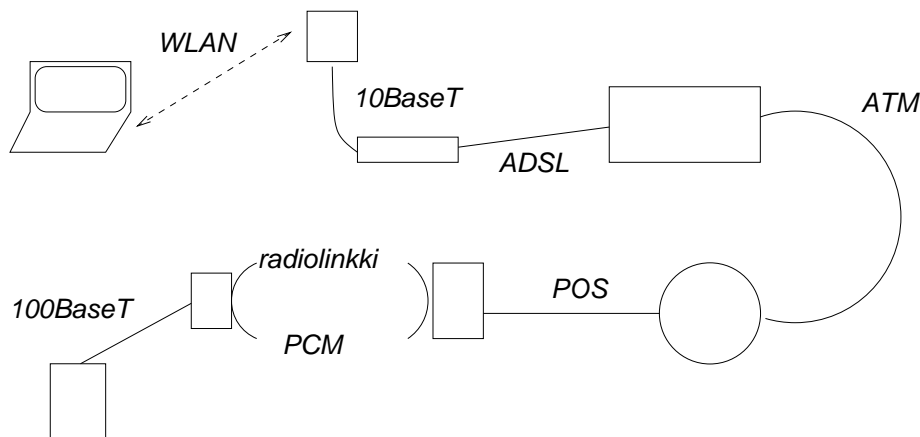
Älykkyys verkossa voidaan sijoittaa eri tavoin

- Verkko älykäs, päätelaitteet tyhmiä
 - uudet ominaisuudet verkon muutoksilla
⇒ operaattorivetoinen
 - päätelaitteiden “tyhmyys” rajoittaa
- Päätelaitteet älykkäitä
 - uudet ominaisuudet päätelaitteisiin
⇒ käyttäjätvetoinen
 - päätelaitteiden yhteensopivuus rajoittaa

Päästä-päähän periaate¹

- Verkko ei ota kantaa siirrettävään dataan
- Päätelaitteet kommunikoivat suoraan keskenään [9]
 - tiedon eheys
 - tiedon perille meno
 - turvallisuus
 - tapahtumien järjestys
- Verkko tyhjä, päätelaitteet älykkäitä
- Useita eri fyysisiä tekniikoja, useita sovelluksia

Esimerkki yhteydestä



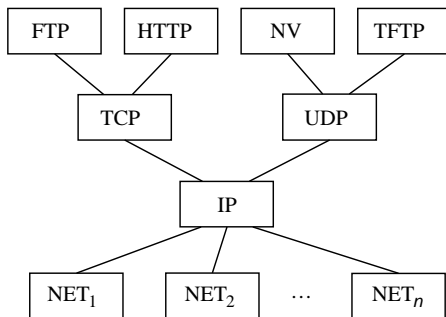
¹End-to-end principle

Tietokoneiden keskinäinen liikennöinti

- Kommunikointi hetkittäistä
 1. vastaanotetaan dataa
 2. käsitellään dataa
 3. lähetetään dataa
 4. vastaanotetaan dataa
 5. ...
 - Esimerkiksi web-sivun lataus:
 1. käyttäjä klikkaa linkkiä
⇒ selain tekee hakupyynnön palvelimelle
 2. palvelin hakee hakua vastaavan dokumentin
 3. palvelin palauttaa pyydetyn dokumentin
 4. käyttäjä lukee sivua
 5. käyttäjä klikkaa linkkiä...
- ⇒ Ei kannata varata jatkuvaa tiedonsiirtokapasiteettia
⇒ Pakettimuotoinen tiedonsiirto

Internetin protokollamalli

- Neljä kerrosta
 1. linkkikerros²
 2. verkkokerros (IP)³
 3. kuljetuskerros (TCP, UDP, ...)⁴
 4. sovelluskerros (HTTP, FTP, SMTP, SNMP, ...)⁵
- Yhdistävä tekijä verkkokerros eli IP
⇒ *tiimalasimainen* protokollapino



Internet Protocol (IP, DoD IP)

- Nykyisin käytössä versio 4 (RFC 791, 1981 [6])
- On IP-maailman verkkokerros
- Sähkepohjainen
 - tarjoaa *best-effort* -palvelun
 - *olettaa vähän* alla olevalta verkolta

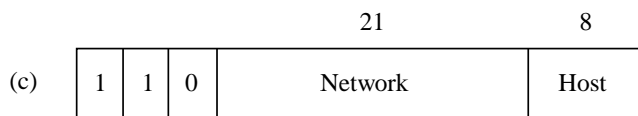
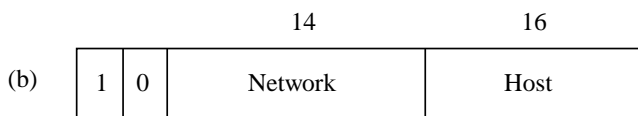
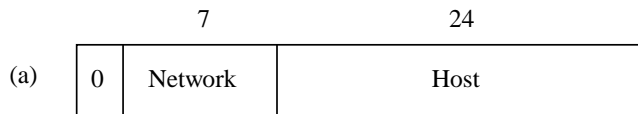
²OSI-mallissa kerrokset 1–2.

³OSI-mallissa osa kerroksesta 3, toiminnallisest vain oleellinen osa.

⁴OSI-mallissa kerrokset 4–5 (osin)

⁵OSI-mallissa kerrokset 5–7

- 32-bittinen osoite
 - sisältää verkko- ja laitenumeron
 - alunperin A, B ja C luokka
 - nykyään joustava jako verkko- ja laitenumeroon (CIDR: Classless InterDomain Routing [2, 8, 1, 7])



IP - paketti

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|---|---|---------------|---|---|---|------------------------|---|---|-----------------|----------------------------|--|--|--|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 | | | | |
| versio | | | | ots. pit | | | | DS-tavu | | | | kokonaispituus (max 65535) | | | |
| tunniste | | | | | | | | 0 | D | M | lohkon sijainti | | | | |
| elinaika | | | | protokolla | | | | otsikon tarkistussumma | | | | | | | |
| lähdeosoite | | | | | | | | | | | | | | | |
| kohdeosoite | | | | | | | | | | | | | | | |
| option tyyppi | | | | option pituus | | | | option data | | | | | | | |
| option data... | | | | | | | | täyte | | | | | | | |

versio protokollan versio eli 4

ots.pit ilmoittaa IP-otsakkeen pituuden täysinä 32-bittisinä sanoina. Minimipituus 5, pidempi jos on optioita (harvinaisia käytännössä).

DS-tavu Entinen palvelun laatu (TOS: etuoikeus, viive, läpäisy ja luotettavuus), nykyisin (Differentiated Services) ilmoittaa liikenneluokan.

IP-sähkeen kokonaispituus ilmoittaa otsakkeen ja hyötykuorman yhteispituuden, maksimissaan 65535 tavua. Suurin yhtenäisenä välitettävä pituus riippuu alla olevasta verkkotekniikasta.

tunniste käytetään hyväksi lohkojen kokoamisessa: saman sähkeen eri lohkoilla on sama tunniste kuin alkuperäisellä sähkeen.

DF: Don't Fragment lohkominen kielletty

MF: More Fragments mikäli paketti on lohkottu, tämä on asetettu kaikissa muissa lukuunottamatta viimeistä lohkoa.

lohkon sijainti ilmoittaa lohkotussa tietosähkeessä tämän lohkon sijainnin alun kahdeksan tavun kerrannaisina

elinaika asetetaan lähetettäessä alkuarvoon (nykyisin yleensä 64 tai 128). Elinaikakenttää pienennetään yhdellä jokaisessa välittävässä reitittimessä.⁶ Mikäli sähkettä ei voida toimittaa perille ennen kuin arvo nollautuu, lähetetään takaisin ICMP Time Exceeded-viesti (ellei kyseessä ole ICMP-viesti, joista virheitä ei välitetä). Tarkoituksena on poistaa paketit verkosta esimerkiksi reitityssilmukoiden tapauksessa.

otsikon tarkistussumma lasketaan otsikosta (tarkistussumma nollattuna) 1:n komplementtiaritmetiikalla 16-bittisenä yhteenlaskuna.

⁶Määritelmän mukaan jonottavassa sähkeessä myös joka sekunti, mutta käytännössä ei.

lähdeosoite lähettävän koneen IP-osoite (32 bittiä)

kohdeosoite vastaanottavan koneen IP-osoite. Voi olla myös levitys- tai jakeluosoite.

optiot koodataan tyyppin ja pituuden avulla. Miköli optioiden pituus ei ole tasan 32:n bitin kerrannainen, loppun lisätään täyte.

Liikennöinti IP-verkoissa

1. IP-kerros⁷ saa ylemmiltä protokollilta hyötykuorman
2. IP-kerros täyttää otsikkokentät
3. Viesti lähetetään linkkikerroksen kuljetettavaksi: jos kohde on

| samassa verkossa | eri verkossa |
|---|--|
| (a) selvitetään kohdekoneen laiteosoite | (a) valitaan paras reititin reititystaulun perusteella |
| (b) lähetetään laiteosoitteen mukaan | (b) selvitetään reitittimen laiteosoite |
| | (c) lähetetään laiteosoitteen mukaan |

4. Verkko välittää viestin perille

Samassa verkossa?

- Kaksi konetta voi olla samassa verkossa (IP:n kannalta), mikäli ne voivat *liikennöidä suoraan* keskenään linkkitekniiikan avulla
- Esim. samassa Ethernet-segmentissä olevat koneet
- Koneet kuuluvat samaan *verkkoon*
- Samaan verkkoon kuuluminen voidaan laskea osoitteiden ja *verkkopeitteen* perusteella
- Eri verkoissa olevat liikennöivät *reitittimen* välityksellä

Osoitearitmetiikka

- Perusongelmat
 - onko kaksi osoitetta *samassa verkossa*
 - mikä on *levitysosoite* k.o. verkossa
- Verkkopeite (netmask)
 - ilmaisee, mikä osa osoitteesta on *verkon osoite* ja mikä *koneen osoite verkossa*
 - * arvona (255.255.252.0, 0xffffc00)
 - * pituutena (/22, [10])
 - suoritetaan *bitti-JA* -toiminto osoitteen ja peitteen välillä
⇒ tuloksena verkko-osoite

⁷Osa käyttöjärjestelmää

Osoitearitmetiikkaa

- Kaksi konetta samassa verkossa, jos verkko-osoite on sama
- Levitysosoite: verkko-osoite + käänteinen peite

| | |
|-------|-----------------|
| | 130.233.161.35 |
| ∧ | 255.255.252.0 |
| <hr/> | |
| | 130.233.160.0 |
| ∨ | 0 . 0 . 3 .255 |
| <hr/> | |
| | 130.233.163.255 |
| <hr/> | |
| | 130.233.163.135 |
| ∧ | 255.255.252.0 |
| <hr/> | |
| | 130.233.160.0 |
| <hr/> | |
| | 130.233.154.176 |
| ∧ | 255.255.255.0 |
| <hr/> | |
| | 130.233.154.0 |
| ∨ | 0 . 0 . 0 .255 |
| <hr/> | |
| | 130.233.154.255 |
| <hr/> | |

Viestien välittäminen verkossa

- Mitä reittiä pitkin viesti saadaan perille?
- Kolme vaihetta:

reititys reititysinformaation kokoaminen ja käyttökelpoiseksi muokkaaminen

kytkentä oikean lähtöjohdon etsiminen

välitys data siirto oikealle lähtöjohdolle

Reititys

- Tavoitteena muodostaa *reititystaulu* eli kuva verkosta
- Taulu rakentuu

automaattisesti suoraan kiinnittyneiden verkkojen osalta, eli mikäli reitittimen verkkoliitännän osoite on 10.11.12.254 ja verkkopeite on /24, reititin tietää heti, että verkkoon 10.11.12.0/24 menevä liikenne lähetetään kyseiseen verkkoliitännään.

staattisesti eli konfiguroidulla. Reitittimen konfigurointivaiheessa syötetään halutut reitit taulukkoon.

dynaamisesti *reititysprotokollan* avulla. Reitittimet vaihtavat omaa käsitystään verkon rakenteesta ja muokkaavat tämän perusteella reititystaulua. Reititysprotokollat voidaan toiselta jakaa linkkitila- ja etäisyysvektori-protokolliin sekä toiselta sisäisiin ja ulkoisiin protokolliin.

- Mahdollisesti oletusreitti

Reititystaulu

| kohdeverkko | peite | seuraava | liitäntä |
|-------------|-------|-------------|----------|
| 192.168.1.0 | 30 | - | ser0 |
| 10.4.2.0 | 24 | - | eth0 |
| 10.4.4.0 | 24 | - | eth1 |
| 10.4.64.0 | 18 | 10.4.4.1 | eth1 |
| 10.4.0.0 | 16 | 10.4.2.254 | eth0 |
| 0.0.0.0 | 0 | 192.168.1.2 | ser0 |

- Kohdeosoitetta verrataan taulukon verkko-osoitteen peitteen avulla

- Pisimmällä verkkopeitteellä täsmäävä valitaan. Esimerkiksi osoite 10.4.2.50 täsmää riveihin 10.4.2.0/24, 10.4.0.0/16 ja 0.0.0.0/0. Näistä ensimmäinen valitaan, koska verkkopeite on siinä pisin (24 bittiä).
- Oletusreitti *ei* välttämätön. Esimerkiksi Internetin runkoreitittimet joko tietävät reitin kaikkiin verkkoihin tai tietävät, että kyseiseen verkkoon ei ole reittiä.

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** koti- ja taloautomaatio
- Pekka Peruskäyttäjän kyettävä käyttämään

IP->IPng

- Väistämätöntä 3-7 seuraavan vuoden aikana⁸
- Reititys ja osoitteistus
 - IPv4:ää tekehgitetty: NAT ja 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

IPng: IPv6

- Laajennetut reititys- ja osoituskapasiteetit
 - 32->128 bittiä: enemmän hierarkiatasoa, enemmän mahdollisia asemia ja yksinkertaisempi konfigurointi
 - jakelulähetysohjaus (multicast) skaalattavampi
 - ryhmälähetysohjaus (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 uusien määrittelyyn
 - järjestys määrätty => nopeampi käsittely
- Palvelun laatu
⇒ paketit kuuluvat tiettyihin virtoihin, joille pyydetään erityiskäsittelyä, esim. tosiaikasovellukset
IPv6 *ei itsessään* tuo palvelun laatua, siinä on vain paremmat mekanismit sen tukemiseen.
- Tunnistaminen ja yksityisyys
⇒ mekanismit tunnistamiseen, tiedon eheyteen ja luottamuksellisuuteen ovat peruselementteinä: mukaan kaikkiin toteutuksiin

⁸Lause ollut kalvoillani vuodesta 1995 asti!

IPv6 palvelun laatu

- Vuotunnus “satunnainen”
 - mahdollistaa *erikoispalvelujen* tarjoamisen
 - voidaan käyttää reitityksen ja vuonvarauksen tehostamiseen
- DS-tavu
 - alunperin reaalitieto / elastinen: 8+8 prioriteettia
 - nykyisin Differentiated Services mukainen käyttö [5]

IPng turvallisuus

- Tunnistaminen ja eheys [3, 4, 10]
 - käyttää “IPng Authentication Header”-osaketta
 - suojaa “tekeytymiseltä”
 - ylempillä kerroksilla ei ole ollut hyvää suojaa, nykyään TLS (SSL) ja SSH
- 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
 - tilanne helpottumassa

IPng:hen siirtyminen

- Vaiheittainen siirtyminen
 - pienet riippuvuudet (DNS)
 - osoitteita ei ole välttämätöntä muuttaa
- Pienet kustannukset
 - IPv4-osoitteita voidaan käyttää (: : 1.23 . 45 . 67 . 89)
 - alkuvaiheessa laitteet kaksineuvoisia
 - IPv6 kapselointi IPv4-paketteihin
 - IPv4-liikenteen reitittäminen vain-IPv6 verkossa suunniteltu (siirtymän viimevaihe)
 - paikallisia laitteita (esim kirjoittimet) ei tarvitse koskaan päivittää

Yhteenveto

- Datasiirto luonteeltaan puskettaista
- Älykkäät päätelaitteet mahdollistavat uusien palvelujen toteuttamisen nopeasti
- IP on de-facto protokolla
- Verkon tehokkuuteen voidaan vaikuttaa reitityksellä
- IPv6 tarvitaan päätelaitteiden määrän kasvaessa

References

- [1] V. Fuller, T. Li, J. Yu, and K. Varadhan. Classless Inter-Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strategy. Request for Comments RFC 1519, Internet Engineering Task Force, September 1993. (Internet Proposed Standard) (Obsoletes RFC1338). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc1519.txt>.
- [2] Internet Engineering Steering Group and R. Hinden. Applicability Statement for the Implementation of Classless Inter-Domain Routing (CIDR). Request for Comments RFC 1517, Internet Engineering Task Force, September 1993. (Internet Proposed Standard). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc1517.txt>.
- [3] S. Kent and R. Atkinson. IP Authentication Header. Request for Comments RFC 2402, Internet Engineering Task Force, November 1998. (Internet Proposed Standard) (Obsoletes RFC1826). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2402.txt>.
- [4] S. Kent and R. Atkinson. IP Encapsulating Security Payload (ESP). Request for Comments RFC 2406, Internet Engineering Task Force, November 1998. (Internet Proposed Standard) (Obsoletes RFC1827). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2406.txt>.
- [5] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, and D. Black. Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers. Request for Comments RFC 2474, Internet Engineering Task Force, December 1998. (Internet Proposed Standard) (Obsoletes RFC1455, RFC1349). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2474.txt>.
- [6] J. Postel. Internet Protocol. Request for Comments RFC 791, Internet Engineering Task Force, September 1981. (Internet Standard) (Obsoletes RFC0760) (Also STD0005). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>.
- [7] Y. Rekhter. CIDR and Classful Routing. Request for Comments RFC 1817, Internet Engineering Task Force, August 1995. (Informational). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc1817.txt>.
- [8] Y. Rekhter and T. Li. An Architecture for IP Address Allocation with CIDR. Request for Comments RFC 1518, Internet Engineering Task Force, September 1993. (Internet Proposed Standard). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc1518.txt>.
- [9] Jerome H. Saltzer, David P. Reed, and David D. Clark. End-to-end arguments in system design. *ACM Transactions on Computer Systems*, 2(4):277–288, 1984.
- [10] R. Thayer, N. Doraswamy, and R. Glenn. IP Security Document Roadmap. Request for Comments RFC 2411, Internet Engineering Task Force, November 1998. (Informational). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2411.txt>.