

ELEC-C7110

Informaatioteknologian perusteet

Kalevi Kilkki

Tietoliikenne- ja tietoverkkotekniikan laitos

Internet

25.2. & 26.2.2019



Kurssin rakenne

- » 7+2 asiakokonaisuutta = jakso (viikko)
- » Viikko: 2+2 tuntia luentoja ma 14:15, TU1/1017, ti 14:15, E/Y124
2 tuntia harjoituksia ke 12.15, TU1/1017
 1. Johdanto ma 7.1. & ti 8.1.
 2. Tietoliikennealan palvelut ma 14.1. & ti 15.1.
 3. Tiedonsiirto ma 21.1. & ti 22.1.
 4. Kiinteät verkot ma 28.1. & ti 29.1.
 5. Matkaviestintä ma 4.2. & ti 5.2.
 6. Tietojenkäsittely ma 11.2. & ti 12.2.
Tenttiviikko (18.2. - 20.2.) ei opetusta
 7. Internet ma 25.2. & ti 26.2.
 8. Kommunikaatioakustiikka ma 4.3. & ti 5.3.
 9. Puheteknologia ma 11.3. & ti 12.3.

TENTTI 10.4.2019

Ohjelmointikielet 2016-18 & 2019

	perusteet	kohtuullinen	Opettely (%)				
			Kieli	2016	2017	2018	2019
Python	12 %	83 %	C	34	30	27	20
C	59 %	32 %	C++	28	25	20	28
Java	9 %	11 %	Python	23	17	19	21
Scala	5 %	15 %	Java	5	17	21	11
Javascript	14 %	5 %	Javascript	3	2	3	5
C++	6 %	5 %	Scala	2	4	6	6
C#	6 %	3 %	C#	2	2	2	4
PHP	3 %	0 %	PHP	1	0	1	1
			Matlab	1	4	0	1

ELEC-C7110

3

Tämän viikon kysymyksiä

- » **Miten internetistä on tullut sellainen kuin se nyt on?**
- » IP-verkon rakenneosat ja protokollatasot
- » IP-paketin rakenne, sekä IPv4 että IPv6
- » TCP:n toimintaperiaate ja sen vaikutus Internetin palveluun
- » **Turvallisuushaasteet Internetissä**
- » Jonoteorian perusteista

ELEC-C7110

4

Internet

- » **Internet** = maailman laajuinen tietoverkko (iso I)
 - › eli yhdysverkko, joka yhdistää paikallisia verkkoja toisiinsa
- » **Internet teknologiat** = teknologiat, joita Internetin toimintaan tarvitaan
 - › Yleensä internet-teknologioilla viitataan IETF:n (Internet Engineering Task Force) kehittämiin protokollisiin
 - › Puhekielessä Internet-sanalla viitataan usein verkkopalveluihin WWW (Web= palvelu)
- » IP = Internet Protocol = Internet protokolla (yhteykskäytäntö)

Internetin alku

- » 1950-luvun loppu (USA)
 - › Neuvostoliitto laukaisi Sputnikin syksyllä 1957 ⇒
 - › USA perusti ARPAn (Advanced Research Project Agency) 1958
- » 1960-luvun alku
 - › Paul Baran (RAND Corp.) esitti pakettikytkentäisyyden periaatteet
 - › Samaan aikaan muualla: L. Kleinrock (UCLA), J. C. R. Licklider (MIT) ja D. Davis (UK)

Andrew L. Russell (2017) Hagiography, revisionism & blasphemy in Internet histories, *Internet Histories*, 1:1-2, 15-25, DOI: 10.1080/24701475.2017.1298229

Mistä lähdettiin liikkeelle?

- » Miten datasiirto hoidettiin sitä ennen?
 - › Tietokoneiden välillä minimaalista
 - Sotilaallisia sovelluksia (& telex ~ 66 sanaa/min)
 - Suuremmat määrät siirrettiin magneettinauhoilla
- » ~1965: Kaikkien maailman tietokoneiden yhteenlaskettu laskentakapasiteetti oli pienempi kuin yhden älypuhelimien
 - › Kuulentojen avaruusaluksen ohjaustietokone (Apollo Guidance Computer)
 - Ohjaus substantiivi-verbi-pareilla
 - Muistia 64 kB, kellotaajuus 430 kHz

⇒ Tietokoneiden kyky kommunikointiin oli hyvin rajallinen

Varautuminen ydinsotaan ⇒ Internet?

- » Paul Baran: **Kyllä (jossain määrin)**
 - › pakettiverkon taustalla oli ajatus ydinsodan mahdollisuudesta,
 - › mutta Baranin ajatukset eivät juurikaan levinneet
- » ARPANET:n kehittäjät (Taylor, Roberts): **Ei**
 - › ovat ehdottomasti kieltäneet että ydinsotaan varautumisella olisi ollut mitään vaikutusta heihin
- » Rahoittajat (ARPAn johtajat ja siitä ylöspäin): **Kyllä**
 - › rahoituksen kannalta ydinsotaan varautumisella oli huomattava merkitys

Pakettikytkennän *vallankumouksellisuus!*



- » Piirikytkentäinen (**circuit switching**)
 - › Tarvittavat resurssit on varattu "istunnon" ajan
 - riippumatta siitä käytetäänkö yhteyttä vai ei
 - › Mahdollistaa
 - yksityiskohtaisen veloituksen,
 - käytön rajoitukset ja kontrollin



- » Pakettikytkentäinen (**packet switching**)
 - › Tiedon siirto paketeissa, joissa osoitetieto mukana
 - › Mahdollistaa
 - Tiedon siirron ilman keskitettyä organisaatiota
 - Yksinkertaisen veloituksen
 - Pääsyn koko verkkoon



Skaalautuvuus
Tehokkuus
Joustavuus

ELEC-C7110

9

Internet osa II



- » 1968 (USA): tarjouspyyntö 140 yritykselle dataverkon toteuttamisesta tutkimuslaitosten välillä
- » Muutosvastarinta
 - › mm. AT&T ja IBM eivät jättäneet tarjouksia lainkaan
 - › Yliopistot:
 - **Miksi ulkopuolisten pitäisi saada käyttää meidän tietokonetta?**
 - koska ARPA rahoitti ja määräsi!
- » 1969: ARPANET käynnistyi lokakuussa 1969 (4 solmua)
 - › Ensimmäinen sanoma "LOGIN" johti virheilmoitukseen...
- » 1972: ensimmäinen sähköposti
- » 1974: TCP/IP

ELEC-C7110

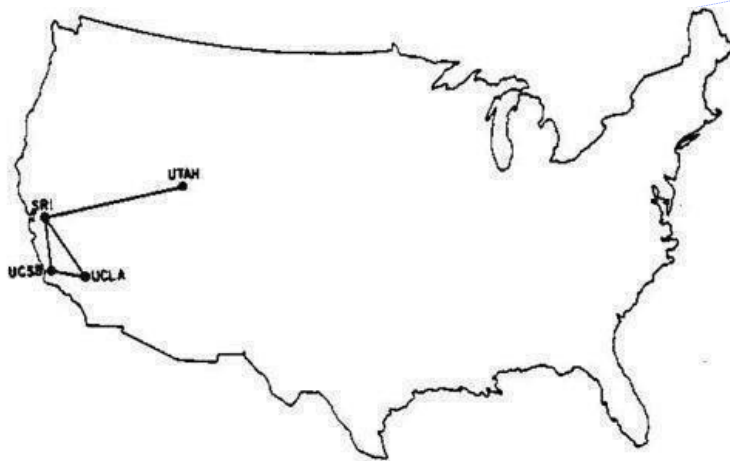
10

Internetin kehittyminen

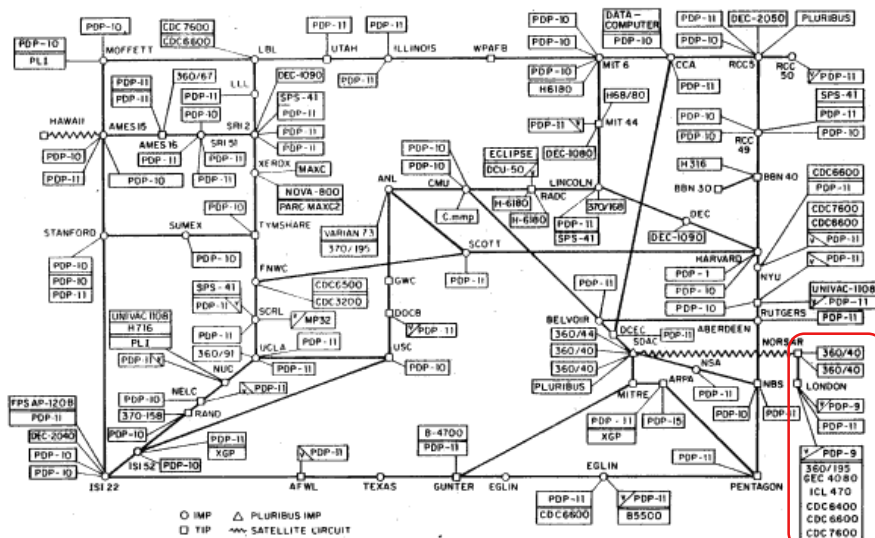
Miksi pakettivälitteisten verkkojen **kehitystyö** tapahtui yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa eikä teleoperaattoreiden tutkimuslaitoksissa (joilla oli hyvin suuret resurssit)?

- » Mahdollisia selityksiä
 - › Ei näkyvissä merkittävää liiketoimintaa (tilanne muuttui vasta 1990-luvulla)
 - › Ajateltu malli ei sopinut silloisiin operaattoreiden toimintaperiaatteisiin = keskitetty palvelun ja laitteiden hallinta, kaikesta maksetaan mitä käytetään (vrt. puhelinverkko)
- » Vaikutus (varsinkin alkuvaiheessa)
 - › Käyttäjien tarpeiden mukaan kehitetty (sitä mukaa kuin tarpeita havaittiin)
 - › Luottamus käyttäjiin, ilman ylimääräistä kontrollia
 - › Päätelaitteiden vaikutus olennainen verkon toiminnan kannalta

Map of Internet 1969



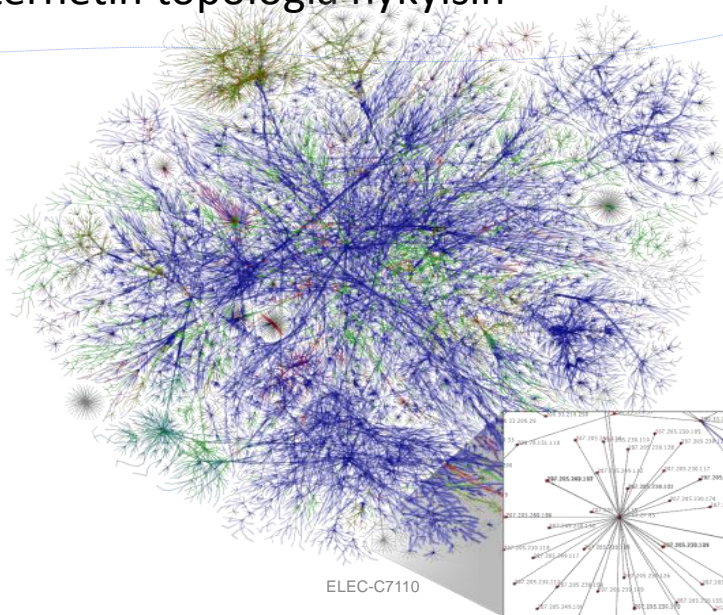
ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977



ELEC-C7110

13

Internetin topologia nykyisin

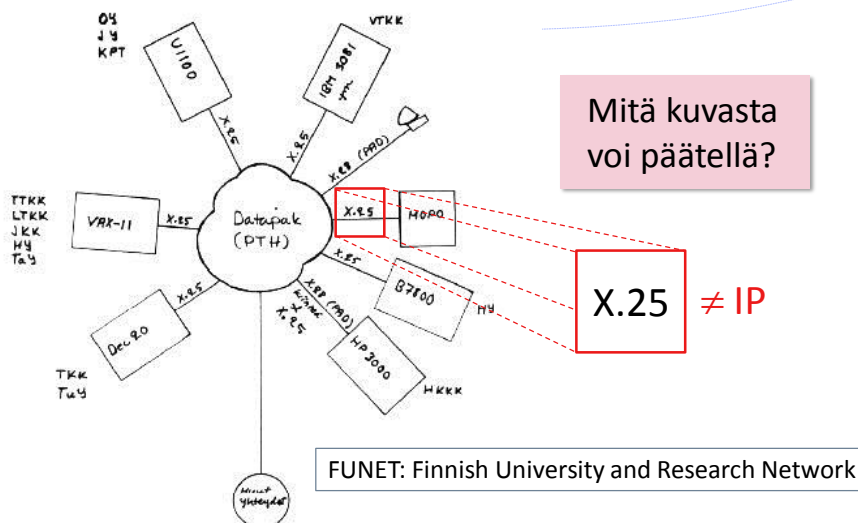


14



Auto-yhteisto

FUNET projektisuunnitelma v. 1984



ELEC-C7110

15

Liittyminen Internetiin

- » 1986: päätös liittymisestä
- » 1987: ei onnistunut poliittisista syistä (Neuvostoliitto-Suomi)
 - › NSF* ehdotti yhdyskäytäväratkaisua
 - helpompi kontrolloida kuin avoin Internet-yhteys
- » 1988: NORDUnet:n avoin Internet-liitäntä
 - › 56 kbit/s satelliittiyhteydellä USA:han
 - › 64 kbit/s Pohjoismaiden välillä
 - › Ensimmäinen kansainvälinen TCP/IP verkko
 - › NSF tuki sekä poliittisesti että taloudellisesti

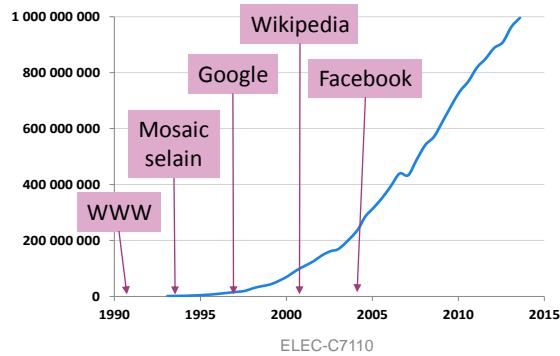
* NSF = National Science Foundation, USA

Internet osa III

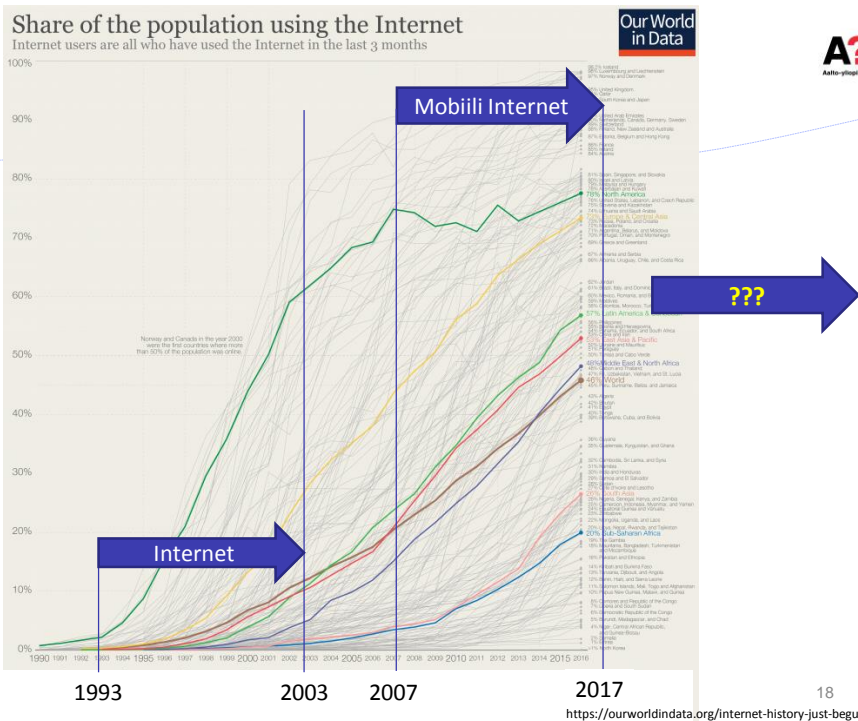


» Internet "Hosts" eli isäntäkoneet

- › 1977: 111
- › 1991: 617 000
- › 1995: 6 642 000

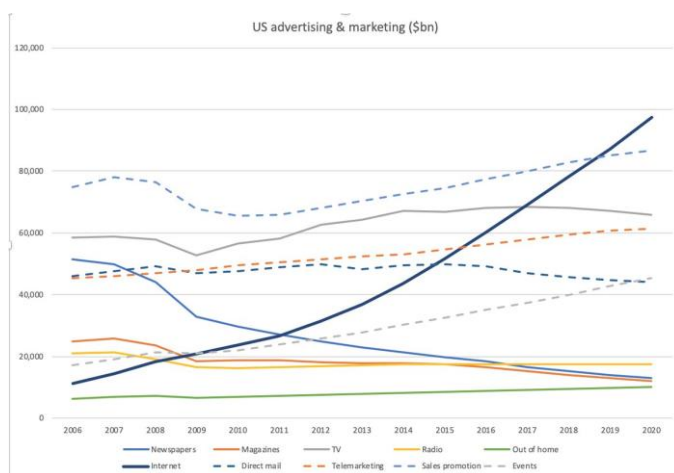


17



18

Mainosraha!



ELEC-C7110

19

Keskustelu

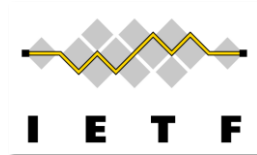
» Mitä riskejä kaikkien mahdollisten laitteiden liittäminen Internetiin aiheuttaa?

ELEC-C7110

20

Internetin kehitystyö : IETF

- » IETF: Internet Engineering Task Force
- » RFC: Request for Comments
 - › Tarkoituksellisesti epämääräinen otsikko
 - › "markkinat päättävät lopulta"
 - › Vrt. ITU (International Telecommunication Union) 5 vuoden jaksot!

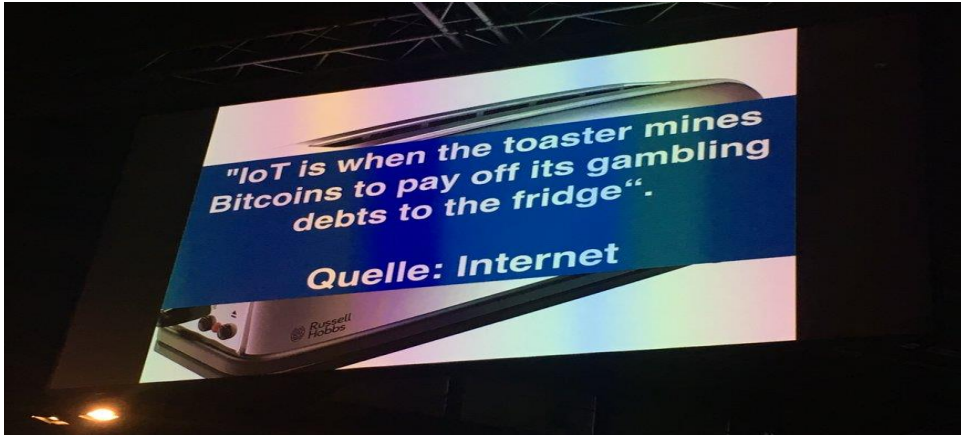


David Clark: "We [at IETF] reject kings, presidents and voting. We believe in rough consensus and running code."

Internetin taustasta johtuen

- » Ongelmia/haasteita koska alussa
 - › Verkossa kaikkia käsiteltiin kuin tuttuja
 - › Verkon koko oletettiin rajalliseksi
 - › Viestit oletettiin tärkeiksi ja halutuiksi
 - › Oletettiin että kukaan ei tee ilkeyksiä
 - › Oletettiin että sisältö on avointa ja laillista
 - › Kaikkia mahdollisia sovellutuksia ei osattu arvata
- » Kun kaikki eivät toimi yhteisen hyvän eteen, järjestelmä murentuu





IP-verkon toiminta

ISO:n OSI-malli



- » OSI = Open Systems Interconnection Reference Model
 - › Kansainvälinen standardi
 - › Kehitetty 1980-luvulla tietoliikenneverkkojen toimintojen kuvaamiseen ja jäsentämiseen
 - › Kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän 7 kerroksessa
 - › Kukin kerroksista käyttää yhtä alemman kerroksen palveluja ja tarjoaa palveluja yhtä kerrosta ylemmäs
- » OSI-verkko ei saavuttanut suosiota (TCP/IP jyräsi)
 - › Silti, tietoliikenteen asiantuntijan on tunnettava OSI-tasot!

ELEC-C7110

25

ISO:n OSI-mallin kerrokset



7. Sovelluskerros (Application layer):

- › käyttäjälle näkyvät sovellukset

Teoriassa!

6. Esitystapakerros (Presentation layer):

- › [muuttaa tiedon käyttäjälle sopivaan muotoon, esim. Unicode-tekstin kiinankielisiksi merkeiksi]

5. Istunterkerros (Session layer)

- › [tietokoneiden väliset yhteydet (=istunnot): avaa ja sulkee ja tarvittaessa käynnistää uudelleen]

4. Kuljetuskerros (Transport layer):

- › huolehtii siitä, että paketit tulevat perille ja järjestää paketit oikeaan järjestykseen
- › vuonhallinta estää vastaanottopuskurin ylivuodon

3. Verkkokerros (Network layer):

- › globaalin reitityksen ja kohdekoneen löytäminen koko verkosta

2. Siirto(yhteys)kerros (Data Link layer)

- › paikallisen lähiverkon laitteiden välinen liikennöinti, vuoron jakomenettely

1. Fyysinen kerros (Physical layer)

- › mm. sähköiset ja mekaaniset määrittelyt

ELEC-C7110

26

OSI-mallin tasot: Mitä hyötyä?

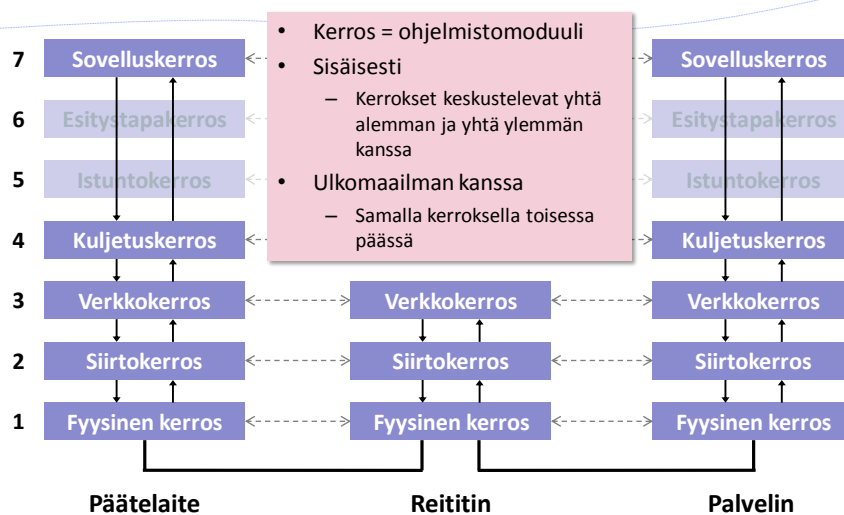


- » Standardoidut rajapinnat
 - › Standardin mahdollistaa yhteistoiminnan sekä yhdellä tasolla että peräkkäisten tasojen välillä valmistajasta riippumatta
 - › Ilman standardeja koko verkko pitäisi ostaa samalta valmistajalta
- » Ohjelmistot voidaan suunnitella ja toteuttaa modulaarisesti
 - › Muutokset tason sisällä eivät vaikuta muihin tasoihin
- » Paikallisen verkon toiminnot (fyysinen ja siirtokerros) erotetaan globaalista verkosta (verkkokerros)
 - › Tärkeää verkon hallinnan kannalta
- » Sovelluskehittäjän ei tarvitse tietää miten verkko toimii
 - › ainoastaan API:n (Application Programming Interface) ominaisuudet
- » Verkkolaitteen (reitittimen, kytkimen) toiminta
 - A. Ei riipu sovellusten toteutuksen yksityiskohdista (vakioidut verkkopalvelut)
 - B. Ei riipu siirtokerroksen erityisominaisuuksista

ELEC-C7110

27

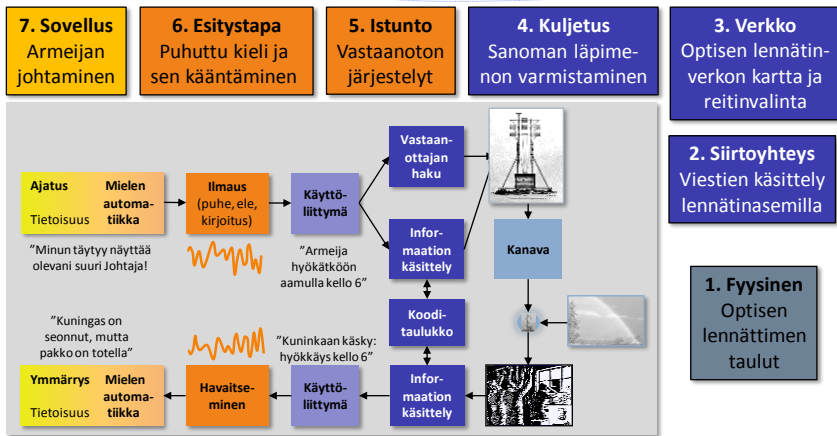
OSI-kerrokset



ELEC-C7110

28

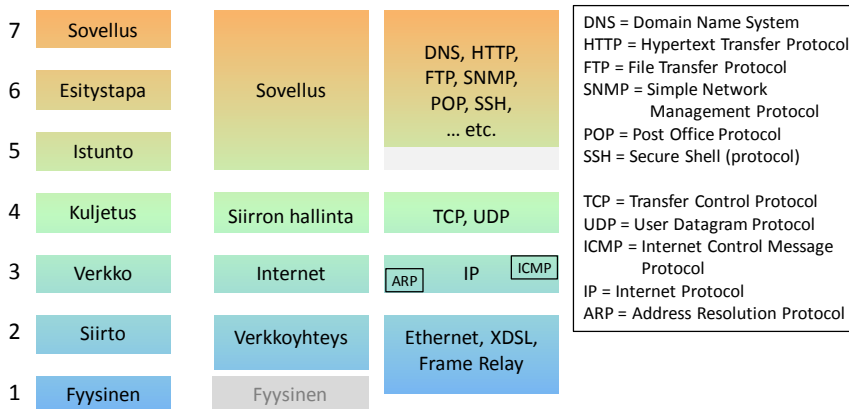
OSI-mallin tasot: Muistikeino



ELEC-C7110

29

OSI-malli & Internet



DNS = Domain Name System
 HTTP = Hypertext Transfer Protocol
 FTP = File Transfer Protocol
 SNMP = Simple Network Management Protocol
 POP = Post Office Protocol
 SSH = Secure Shell (protocol)
 TCP = Transfer Control Protocol
 UDP = User Datagram Protocol
 ICMP = Internet Control Message Protocol
 IP = Internet Protocol
 ARP = Address Resolution Protocol

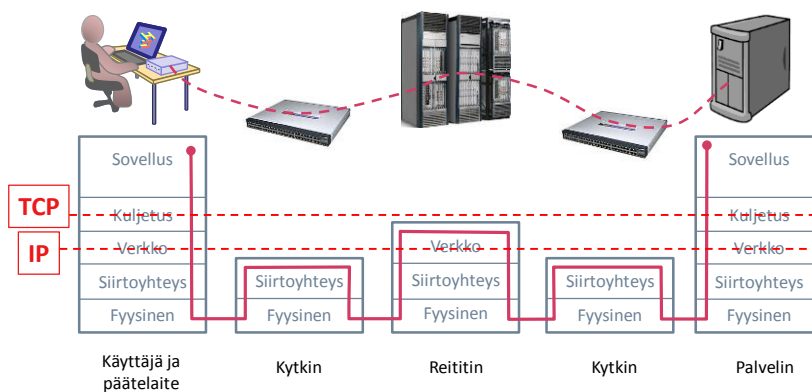
OSI

TCP/IP (DoD) malli

ELEC-C7110

30

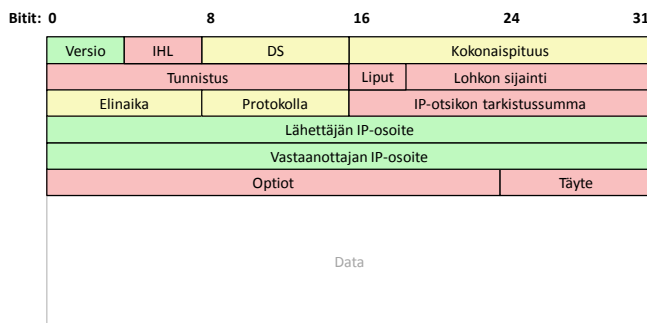
Rakenneosat



ELEC-C7110

31

IPv4 otsikko

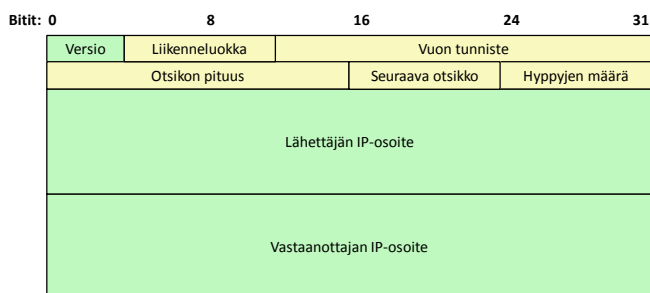


IHL = Internet Header Length, eli otsikon pituus
 DS = Differentiated Services, tai Type of Service, eli paketin priorisointi
 Protokolla, esim. 6 = TCP, 17 = UDP, 89 = OSPF

ELEC-C7110

32

IPv6-otsikon rakenne



ELEC-C7110

33

IPv4 → IPv6

Mitä muutos **IPv4:stä IPv6:een** käytännössä tarkoittaa ja miksi IPv6:een ollaan siirtymässä?

- » Osoitteiden määrä $2^{32} = 4.3 \cdot 10^9$ → $2^{128} = 3.4 \cdot 10^{38}$
- » IPv6:ssa otsikon rakenne yksinkertaisempi
 - › Pyritään suoraviivaisempaan pakettien käsittelyyn
- » IPv6:ssa paketteja voi pilkkoa vain lähettäjä (ei reititin)
 - (siis kun paketti on liian suuri lähetettäväksi kokonaisuina jollain linkillä, käytännössä maksimikoko on 1,5 kB)
- » IPv6:ssa
 - › vuon tunniste palvelun laadun määrittelyä varten
 - › ei tarkistussummaa
 - › ym.

ELEC-C7110

34

IPv6 tilanne

- Internetiin liitetyistä verkoista yli 25%:iin voi olla yhteydessä IPv6:lla
- IPv6 osuus on yli 15% 24:ssä maassa:

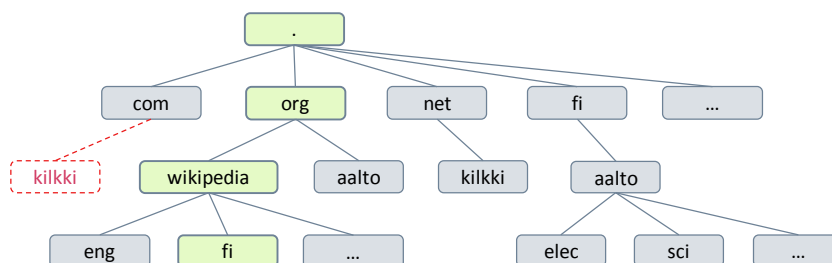


<https://www.internetsociety.org/resources/2018/state-of-ipv6-deployment-2018/>

Mistä osoite?



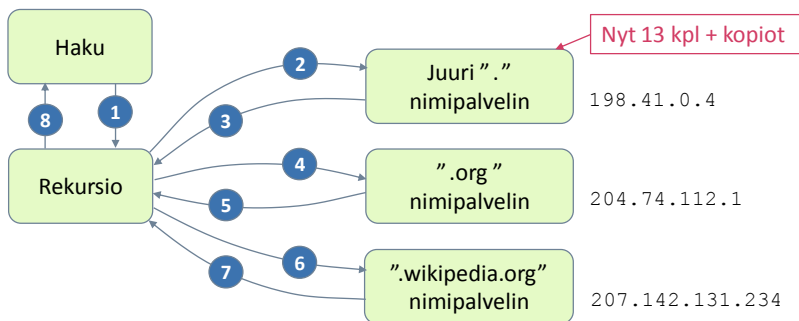
Verkkotunnukset (domain name)
URL (Uniform Resource Locator)



Verkko-osoitteen haku



Kun uusi tietokone liitetään Internetiin, niin mitä sen täytyy tehdä, jotta se voisi hakea tietoa halutusta verkko-osoitteesta, kuten www.wikipedia.org?



DHCP = Dynamic Host Configuration Protocol
 DNS = Domain Name System (Nimipalvelin)

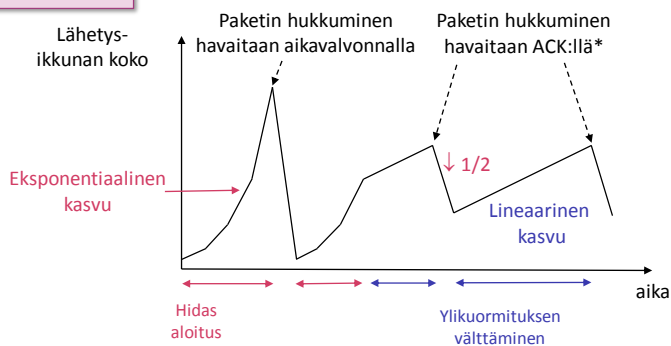
ELEC-C7110

37

TCP:n toimintaperiaate



"Perinteinen malli"



*ACK-paketti sisältää viimeisen yhtenäisen sekvenssinumeron, joka kertoo vastaanotetun datan määrän jos numero ei täsmää lähetetyn datan määrään, lähettäjä olettaa että vähintään yksi paketti on hukkunut

ELEC-C7110

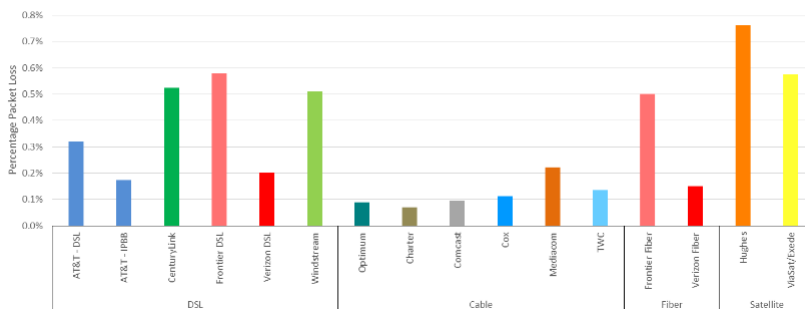
38

TCP:n toimintaperiaate ja seuraukset

- » Oletuksena "Best Effort" (IP-tasolla)
 - › Verkko yrittää parhaansa, mutta ilman takuita
- » TCP pitää huolen siitä että paketit tulevat perille (joskus oikeassa järjestyksessä (jos mahdollista))
- » Yhteyden alussa "nopeus" on alhainen eli lähetyksikkuna pieni
- » "Nopeutta" kasvatetaan alussa eksponentiaalisesti
- » Jos paketteja hukkuu, tiputetaan nopeutta
- » **Kaista jakautuu suunnilleen tasan pullonkaulan läpi kulkevien yhteyksien kesken**

Paketteja siis hukkuu!

Chart 8: Packet loss by ISP



IP pakettien erilainen käsittely – Miksi?



- » Sovellusten erilaiset vaatimukset
 - › Puhe (videoneuvottelu, interaktiiviset pelit) vs. Data
- » Erilaiset asiakkaat
 - › (enemmän tai vähemmän maksavat) kuluttajat vs. yritykset
- » Kustannusten optimointi vs. asiakkaiden tyytyväisyys
 - › Pieni osa asiakkaista voi kuluttaa valtaosan resursseista
- » Entä oikeudenmukaisuus?
 - › Onko oikein että toiset kuluttavat paljon enemmän, mutta maksavat saman verran kuin muut?

ELEC-C7110

41

Luentotehtävä 26.2.2019



Mitä sinulle jäi mieleen insinöörin etiikkaa käsittelevästä paneelistä?

ELEC-C7110

42

Pakettiverkon mitoitus eli jonoteorian perusteita

ELEC-C7110

43

Suorituskykyanalyysi

All models are wrong but some are useful
George Box, 1978

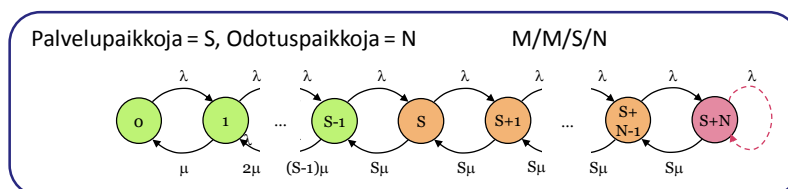
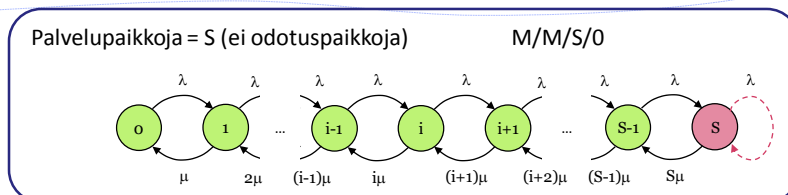
Vaiheet

1. Tilojen määrittäminen
2. Tilojen välisten siirtymien määrittäminen
3. Tilojen välisten siirtymien intensiteetit
4. Yhtälöt perustuen lokaaleihin tasapainoihin
5. Todennäköisyyksien ratkaiseminen
6. Johtopäätösten teko

ELEC-C7110

44

Liikenneteoria vs. jonoteoria



$\lambda =$ tulevia asiakkaita aikayksikössä

$\mu = 1/h$, $h =$ palveluaika

ELEC-C7110

45

Huomioitavaa

- » Eksponentiaalinen jakauma
 - › Tapauksien todennäköisyydet eivät riipu menneisyydestä
 - Esim. kuinka kauan palvelu on jo kestänyt tai kuinka kauan edellisen asiakkaan tulosta on kestänyt
 - › Tällä kurssilla aina oletuksena
 - Mutta oletus ja sen seuraukset on tiedettävä!
- » Muistakaa ottaa huomioon palvelujen päättymisen intensiteeteissä palveltavien asiakkaiden määrä
 - › Kun i asiakasta on palveltavana, niin intensiteetti on i/h , jossa h on keskimääräinen palveluaika

ELEC-C7110

46

Esimerkki

Vaiheet

1. Tilojen määrittäminen (montako?)
2. Tilojen välisten siirtymien määrittäminen
3. Tilojen välisten siirtymien intensiteetit
4. Yhtälöt perustuen lokaaleihin tasapainoihin
5. Todennäköisyyksien ratkaiseminen
6. Johtopäätösten teko

Oletukset

- 3 palvelupaikkaa
- Palveluaika = 4 minuuttia (eksponentiaalisesti jakautunut)
- Asiakkaita tulee keskimäärin 2 minuutin välein
- 0 tai 3 odotuspaikkaa, asiakkaat joko **erikseen** palvelupaikoille tai **yhteisiä** kaikille

Kysymys

- Mikä on "palvelun laatu" eri tapauksissa?

ELEC-C7110

47

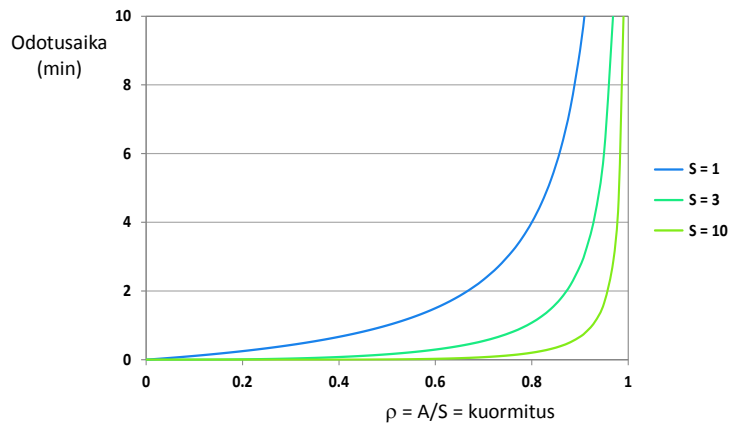
Tuloksia

Erikseen / yhdessä	Odotuspaikat	Lyhenne	Estymisen todennäköisyys	Keskimääräinen odotusaika
Erikseen	0	3*M/M/1/0	40 %	0
Yhdessä	0	M/M/3/0	21 %	0
Erikseen	3	3*M/M/1/1	21 %	25 s
Yhdessä	3	M/M/3/3	4,8 %	48 s
Yhdessä	Ääretön	M/M/3	0	107 s

ELEC-C7110

48

Odotusaika kuormituksen funktiona

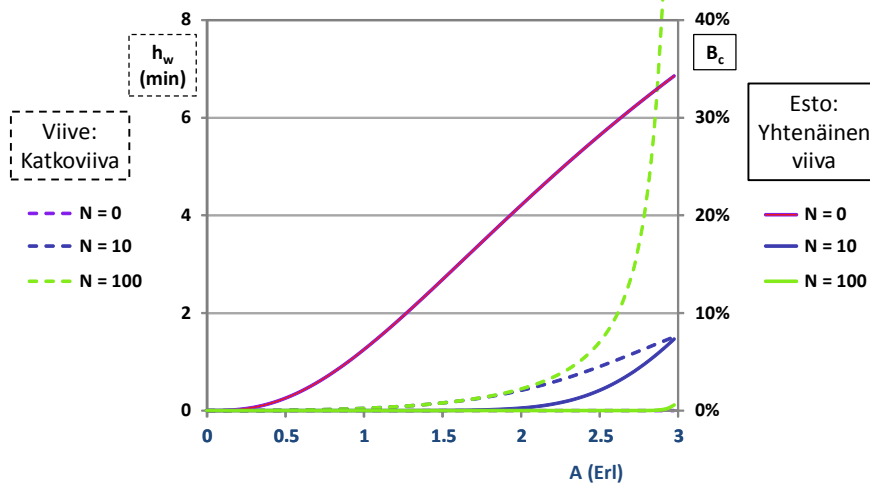


ELEC-C7110

49

Iso vai pieni puskuri?

$S = 3$
 $h = 1$ min



ELEC-C7110

50

Laskut ja mallit (osattavat asiat ellei toisin mainita)

- Lyhenteet f (femto) ... P (peta) & B (tavu)
- Hintajouston periaate (kaava annetaan tarvittaessa)
- Desibelilaskut ja dBm, määritelmät (3.1 ja 3.2) pitää osata
- Eksponentiaalisen jakauman & Poisson-prosessin perusominaisuudet
- Yksinkertaisten esto- ja jonojärjestelmien ratkaisu
 - Tenttitehtävät voi ratkaista ilman että opettelee kaavoja ulkoa
- Verkon saatavuuden (eli luotettavuuden) laskeminen
- Shannonin kaavaa $C = B \log_2(1 + S/N)$ [bit/s] ei anneta tentissä!
- Boolean algebra operaatiot \wedge , \vee ja \neg ja vastaavat loogiset portit
 - Kts. kuva 6.6 (AND, OR ja NOT) ja taulukko 6.2 (sarakkeet AND ja OR)
- Jos tehtävissä tarvitsee radiotien vaimennusta, niin kaava (5.2 tai 5.3) annetaan
- Hamming-koodauksen periaate
 - Mutta taulukkoa 6.5 ei tarvitse osata
- + kommunikaatioakustiikka, puheteknologian tehtävät

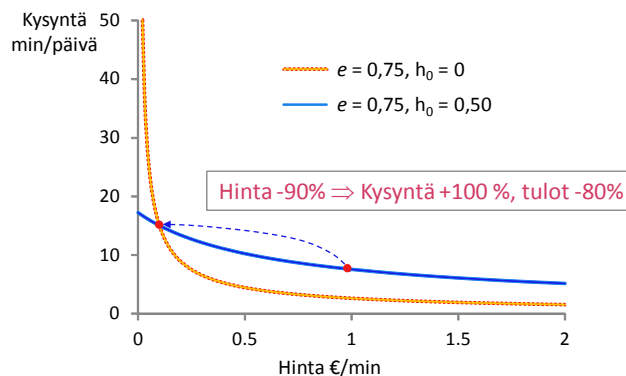
ELEC-C7110

53



Hintajousto kaavoina...

$$\ln(K) = a - e \cdot \ln(h + h_0)$$



ELEC-C7110

54

Mitä tästä seuraa?

- » Monopolin hinnoittelu
 - › Mitä korkeampi sen parempi (siis myyjälle – ei asiakkaalle eikä yhteiskunnalle)
- » Toisaalta
 - › Monet telepalvelut ovat luontaisesti monopoleja
 - › Miksi?

- » Joten...
 - Jos ”täysi vapaus”
⇒ yksityinen erittäin tuottoisa monopoli

Desibeli

- » Logaritminen asteikko
 - › Kuvaa suureiden *suhteita*
 - › Yksikkö = beli (Bell’in mukaan)
- » Yleensä desibeli, eli kymmenesosa belistä

$$\frac{P_1}{P_2} [dB] = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_2} \right) [dB]$$

- » Tehoa kuvataan usein suhteessa milliwattiin

$$P [dBm] = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{1 \text{ mW}} \right)$$

Miten desibeleillä lasketaan!

- » Desibeli ilmaisee tehojen suhteen logaritmisella asteikolla
 - › Jos tehojen suhde on 100:1, desibeleinä suhde on $10\log_{10}(100) = 20$ dB
- » Tehovahvistukset ja -vaimennukset voidaan laskea suoraan desibeleinä yhteen kun ne ovat sarjassa
 - › Jos vahvistin A vahvistaa +25 dB ja vahvistin B vahvistaa +15 dB ja siirtokanava vaimentaa 30 dB, lopputulos = $25 + 15 - 30 = +10$ dB
- » dBm on teho suhteessa milliwattiin desibeliasteikolla
 - › dBm arvoja ei saa laskea suoraan yhteen desibeliasteikolla, vaan ne täytyy muuntaa ensin lineaariselle asteikolle ja sitten laskea yhteen
 - › Jos tenttivastauksessa 30 dBm + 40 dBm = 70 dBm, tehtävästä saa 0 p
- » Jos kaavassa teho watteina, niin älä käytä desibelejä
 - › Shannonin kaava 3.3 tai radiotien kaavassa 5.2 – **olkaa tarkkana!**

ELEC-C7110

57

Shannonin lause

- » Informaatioteorian yläraja tietoliikenteelle

$$C = B \log_2(1 + S/N) \text{ [bit/s]}$$

- › B = kaistanleveys
- › S = vastaanotetun signaalin teho
- › N = kohinateho
- » Esim. puhelinverkosta
$$C = 3100 \log_2(10001) = 41000 \text{ bit/s}$$
- » Vain ideaalisessa tapauksessa
 - › Käytännössä muutama dB hukkuu epäideaalisuuksiin

ELEC-C7110

58

Verkkolaskelma

- » Kustannus = jänne (tai kaapelikilometri)
- » Hyötylaskelma (tai epäluotettavuuden kustannuslaskelma)
 - › Yhden jännteen (i) saatavuus = todennäköisyys että yhteys jännteen yli toimii = A_i
 - › Reitti jolla on N kappaletta (riippumattomia) jännteitä peräkkäin

$$A(N) = \prod_{i=1}^N A_i \quad (\Pi = \text{tulo})$$

- › Yhteysväli jolla on M kappaletta vaihtoehtoisia, toisistaan riippumattomia reittejä (j)

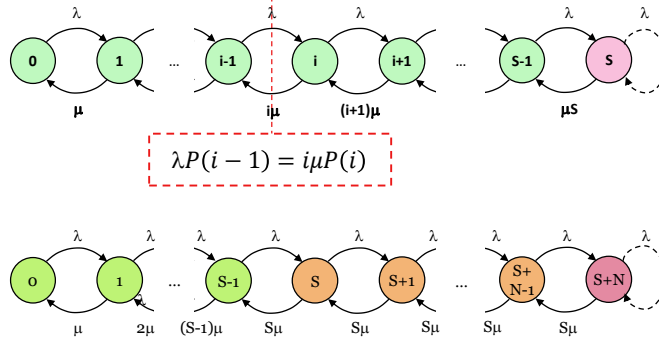
$$A(M) = 1 - \prod_{j=1}^M (1 - A_j)$$

- A_j = reitin j saatavuus

Mitä verkkolaskelmista seuraa?

- » Korkeaan saatavuuteen päästään käytännössä vain vaihtoehtoisilla reiteillä
 - › Vaihdon täytyy tietysti toimia luotettavasti
- » Samoja laskentaperiaatteita voidaan soveltaa myös muissa luotettavuuslaskelmissa

Poisson-liikenne, esto- ja jonojärjestelmä



ELEC-C7110

61

Mitä Erlang- ja jonomalleista seuraa?

- » Käytännössä satunnaisesti vaihtelevaa tarvetta palvelevaa järjestelmää ei voi kuormittaa 100 % asti
- » Estojärjestelmän mitoitus
 - › Pienissä järjestelmissä < 50 %, suurissa ehkä jopa 80 %
- » Jonojärjestelmä
 - › Ideaalitapauksessa max 80 %
- » Korkea kuormitus (> 70 %) on aina riski, koska pienikin kuormituksen nousu kasvattaa estoja tai odotusaikoja olennaisesti

ELEC-C7110

62

Boolean algebra

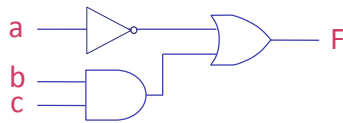
» Perusoperaatiot

$$F = \neg a \vee (b \wedge c)$$

» Totuusarvotaulukkona:

a	b	c	$b \wedge c$	$\neg a$	F
0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	1

» Loogisina portteina



ELEC-C7110

63

Mahdollisia pohdintaesseehtäviä

- » Pohdi miten (jos lainkaan) ihmisten perimmäinen tarve kommunikoida toistensa kanssa on muuttunut viimeisen 200 vuoden aikana teknologian kehittyessä.
- » Miksi Internetistä on tullut sellainen kuin se nyt on? Olisiko Internetistä voinut tulla olennaisesti erilainen?
- » Pohdi syitä Nokian nousulle ja laskulle ja sitä miltä Nokian tulevaisuus juuri nyt näyttää.
- » Pohdi miten Moore laki jatkuessaan vaikuttaa informaatioteknologian rooliin yksilöiden elämässä ja yleisesti yhteiskunnassa

ELEC-C7110

64

Keskeisimmät tekniset asiat

- Informaatio, data ja tieto, datan määrän yksiköt (esim. TB)
- Suomen telealan erikoispiirteet
- Miksi telealalla on taipumus päätyä monopoleihin?
- Hintakilpailun luonne telealalla
- A/D-muunnos: periaate ja vääristymät
- Modulointi ja kanavointimenetelmät
- Piiri- ja pakettikytkentäisyys
- CSMA/CD, miksi ja miten
- Mobiiliverkkojen sukupolvet
- Solukverkon toimintaperiaate
- Lähiverkkojen ja matkapuhelinverkkojen erot ja yhtäläisyydet
- Taajuusalueet ja niiden perusominaisuudet
- Tietokoneen rakenne ja toimintaperiaate
- OSI-mallin periaate
- TCPn periaate ja vaikutus Internetin palvelun laatuun
- IPv4 ja IPv6 erot ja miksi siirrytään IPv6:een?

+ Puheteknologia ja kommunikaatioakustiikka

ELEC-C7110

65

Tentit 10.4.

Kiitoksia!

66