

# ELEC-C7110

# Informaatioteknologian perusteet

**Kalevi Kilkki**

Tietoliikenne- ja tietoverkkotekniikan laitos

**Yhteenveto**

21.3.2022

# Kurssin aikataulu

- › Johdanto ----- ti 11.1.
- › Tietoliikennealan palvelut ma 17.1. & ti 18.1.
- › Tiedonsiirto ma 24.1. & ti 25.1.
- › Kiinteät verkot ma 31.1. & ti 1.2.
- › Matkaviestintä ma 7.2. & ti 8.2.
- › Tietojenkäsittely ma 14.2. & ti 15.2.
- tenttiviikko – ei opetusta ma 21.2. & ti 22.2.
- › Puheteknologia ma 28.2 & ti 1.3. (Bäckström)
- › Kommunikaatioakustiikka ma 7.3. & ti 8.3. (Pulkki)
- › Internet ma 14.3. & ti 15.3.
- › Yhteenveto ma 21.3 -----

→ TENTTI 13.4.2022 (MyCourses)

# Suoritus ja arvosanat

- » Ei pakollisia osuuksia tai läsnäoloa, pisteitä saa
  - › Ennakko-, laskuharjoitus- ja luentotehtävistä & tentistä
- » Arvosana =  $\max\{f_1(P_{\text{tehtävät}} + 2,5 \cdot P_{\text{tentti}}); f_2(P_{\text{tentti}})\}$ 
  - joko pelkkä tentti (hieman vaikeampi saada hyvä arvosana)
  - tai kokonaispistemäärä (suositeltava tapa)

## Arvosanarajat (1 / 5)

2020

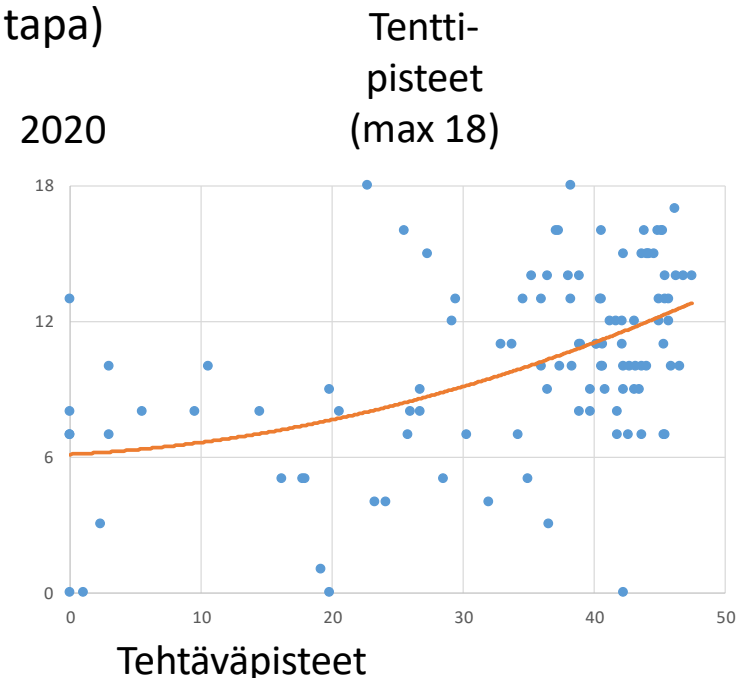
Tentti (max 18): 7 p / 15 p

Yhteispisteet 46 p / 82 p

2021

Pelkkä tentti 6.5 p / 16.5 p

Yhteispisteet 52 p / 92 p



# MyCourses-tentti

- » 2 esseetehtävää
  - › ”tekninen” & ”pohdinta”
- » 1 laskutehtävä
  - › alkuarvot satunnaistettu
- » Kaikkea materiaalia saa hyödyntää
  - › **Tekstin kopiointi kielletty**
  - › **Tentti tulee suorittaa yksin – ryhmätyö kielletty**
- » Vastatkaa kaikkiin 3 tehtävään
  - › mieltikää myös ajankäyttöä (**2 tuntia**)
  - › lukekaa tehtävänanto huolellisesti

# Keskeisimmät 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
- Mobiiliverkkojen sukupolvet
- Solukoverkon toimintaperiaate
- Lähiverkkojen ja matkapuhelinverkkojen erot ja yhtäläisyydet
- Taajuusalueet ja niiden perusominaisuudet
- Tietokoneen rakenne ja toimintaperiaate
- OSI-mallin periaate
- TCP:n toimintaperiaate ja vaikutus Internetin palvelun laatuun

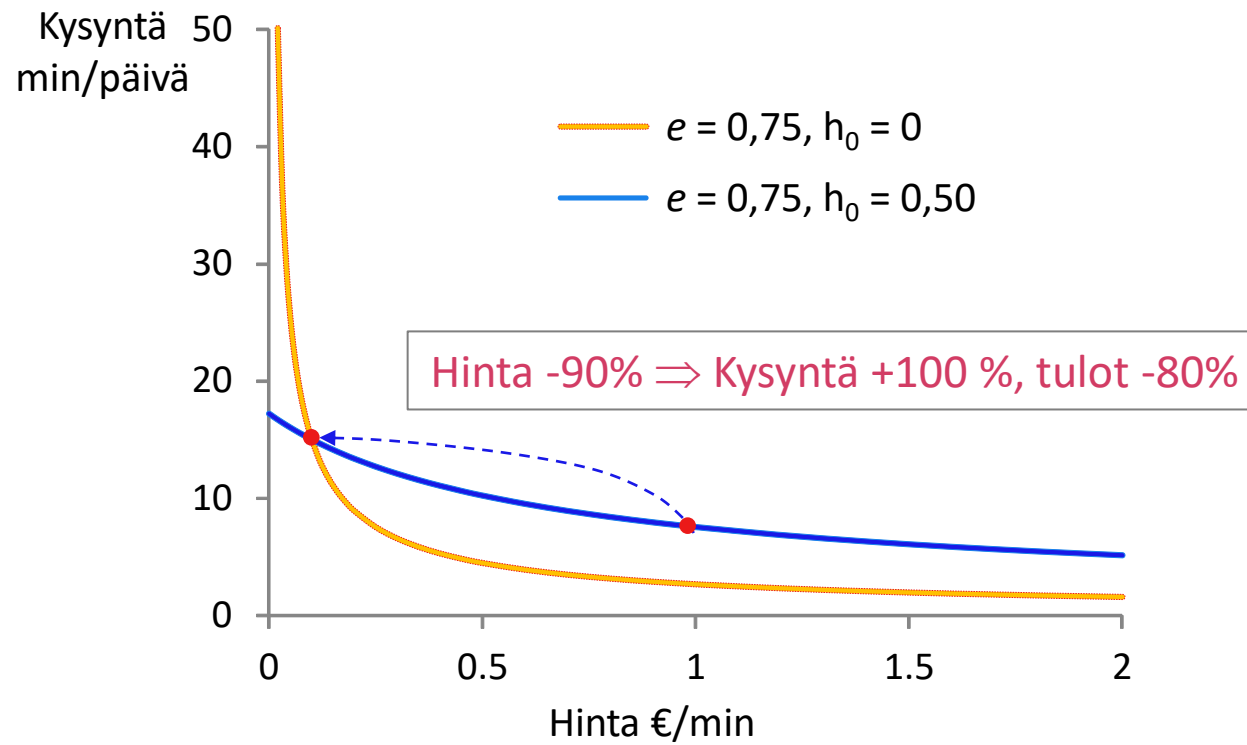
+ Puheteknologia ja kommunikaatioakustiikka

# Laskut ja mallit

- Lyhenteet f (femto) ... E (exa) & B (tavu)
- Hintajouston periaate
- 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 kaavoja (mutta kaavoja saa käyttää)
- Verkon saatavuuden (eli luotettavuuden) laskeminen
- Shannonin kaavan soveltaminen  $C = B \log_2(1 + S/N)$
- Radiotien vaimennus
- Boolean algebra
- Hamming-koodaus

# Hintajousto kaavoina...

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



# Mitä tästä seuraa?

- » Monopolin hinnoittelu
  - › Mitä korkeampi hinta sen parempi myyjälle  
– mutta 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!**

# Shannonin lause

- » Informaatioteorian yläraja tietoliikenteelle

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

- › 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

# 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 kappaleita (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)

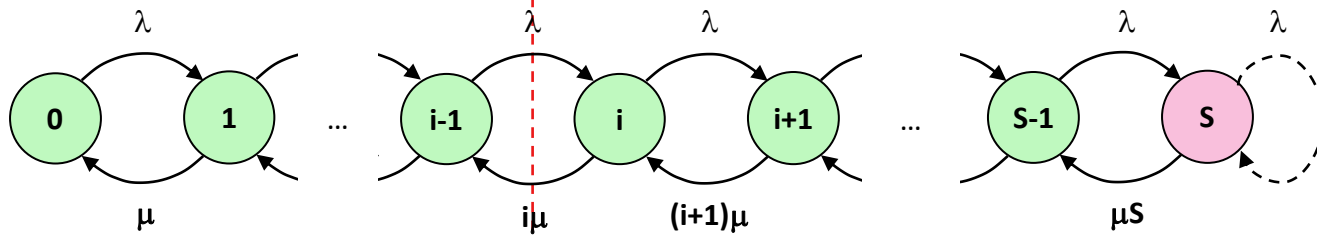
$$A(M) = 1 - \prod_{j=1}^M (1 - A_j)$$

- $A_j$  = reitin  $j$  saatavuus

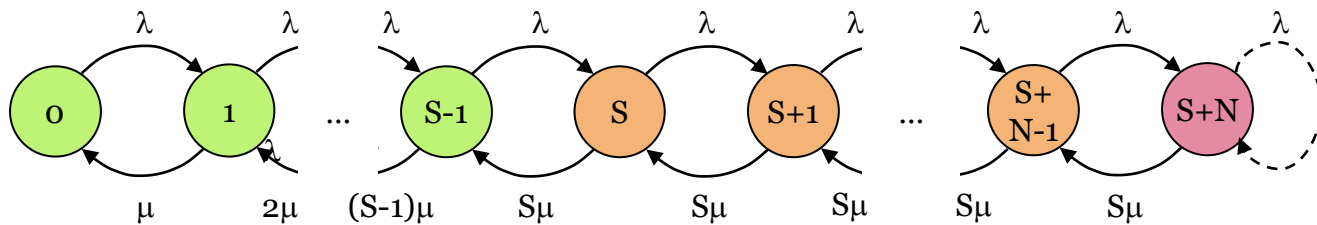
# Mitä verkkolaskelmista seuraa?

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

# Poisson-liikenne, esto- ja jonojärjestelmä



$$\lambda P(i-1) = i\mu P(i)$$



# 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

# Boolean algebra

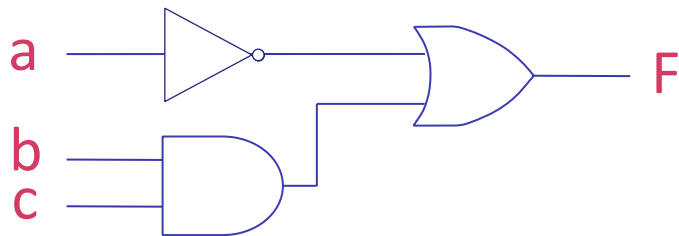
## » Perusoperaatiot

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

## » 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





# Mahdollisia pohdintaesseetehtäviä

- » Pohdi miten ihmisten tarve ja kyky kommunikoida toistensa kanssa (tai miten ihmisen kyky käsitellä tietoa) ovat muuttuneet viimeisen 200 vuoden aikana teknologian kehittyessä
- » Miksi Internetistä on tullut sellainen kuin se nyt on? Olisiko Internetistä voinut tulla olennaisesti erilainen?
- » Pohdi miten Moore laki jatkuessaan vaikuttaa informaatio-tekniikan rooliin yksilöiden elämässä ja yhteiskunnassa
- » Minkälaisista kommunikaatiopalveluista ihmiset ovat valmiita maksamaan tulevaisuudessa? Perustele vastauksesi!
- » Pitäisikö suurimpia teknologiayrityksiä (Google, Facebook, Microsoft, Apple) säädellä tiukemmin tai pilkkoa osiin?

» Kysymyksiä, kommentteja?

**Tentti 13.4.**

# 40 vuotta

- » Kevät 1982: aloitin diplomityön “Uudet palvelut digitaalisissa puhelinvaihteissa” keväällä 1982
- » 2022: kirjoitan (viimeistä?) artikkelia: *On the notion of quality of experience*
- » Eli tasan 40 vuotta tietoliikennealalla

# *Ajatuksia menneestä ja tulevasta*

- » Muutoksia aikasarjalla 1942 – 1982 – 2022
- » Ennusteita vuodelle 2062
  - › Yleisellä tasolla ja spesifisesti
  - › Suhtautukaa (tietysti) suurin varauksin
- » Tai voitte tehdä omat ennusteenne ja tarkistaa niiden onnistuneisuus vuonna 2062

# Yleisiä trendejä

	1942	1982	2022	2062
Terveys	Ensimmäinen potilas parani penisilliinin avulla	Isorokko voitettu (1980)	COVID-19 epidemia jatkunut 2 vuotta	Reaaliaikainen viruskantojen seuranta ja AI-pohjainen toimien optimointi
Diktaattoreita	Hitler Stalin Mussolini	Pinochet Kim Il-Sung Ceașescu	Putin Kim Jong-un Bashar al-Assad	Z IV Kim IV Huangdi XI
Sodat	Saksan armeija Ukrainassa (NL)	Neuvostoliiton armeija Afganistanissa	Venäjän armeija Ukrainassa	X:n armeija Afganistanissa

# Sodat

- » Sota = tapahtumaketju, jossa valtio pyrkii tuhoamaan toisen valtion itsenäisen toimintakyvyn
- » Sodat eivät lopu, ne muuttavat muotoaan
  - › Informaatio, ravinto ja energia ovat väkivallan välineitä
  - › Kaikki ovat entistä enemmän riippuvaisia toisistaan monimutkaisten tuotantoketjujen kautta
  - › Perinteinen sodankäynti voi tuhota vahvemman(kin) osapuolen
- » Miten tekoäly vaikuttaa tähän?

# Energian kulutus ja tuotanto

	1942	1982	2022	2062
Sähkön kulutus per asukas/vuosi	0,5 MWh	9 MWh	15 MWh	25 MWh
Öljyn kulutus per asukas	200 kg	2200 kg	1400 kg	300 kg
Tuulivoiman osuus sähköstä	-	-	10 %	40 %
Ilmaston lämpeneminen	<b>0</b>	<b>+0.2 °C</b>	<b>+0.9 °C</b>	<b>+1.7 °C</b>

# Arki ja työ

	1942	1982	2022	2062
TV:n katselu	-	1,5 t (?)	3,5 t	Yht. 8 t
Mobiili päätelaite	-	-	3,5 t	
Lihan kulutus / vuosi / henki	30 kg	67 kg	75 kg	40 kg
Työaika / vuosi	2050 t	1840 t	1640 t	1440 t
Etätyö	-	-	42 % (kevät 2021)	50 %



# Päätelaitteen suorituskyky

	<b>1942</b> Ihminen	<b>1982</b> IBM PC	<b>2022</b> iPhone 13	<b>2062</b> iPhone Q <sup>3</sup>
Käskyä/s	0,1 IPS (Ihminen)	0,7 MIPS	1,5 Tflops	1 Pflops ⇒
Muisti	7 numeroa (ihminen)	640 kB (levyke)	500 GB	500 TB ⇒
Liitännänopeus	10 bit/s (sähkötyös)	1200 bit/s (modeemi)	800 Mbit/s (5G)	50 Gbit/s (9G)
Kielenkääntö	-	-	kohtuullinen	automaattinen, luotettava & reaaliaikainen

# Tietojenkäsittelyn tulevaisuus

- » Tietojenkäsittelyä rajoittaa energiatehokkuus
  - › Binäärioperaatioiden määrä per Joule voinee 1000-kertaistua (mutta ei merkittävästi enempää)
    - Tällöin oltaisiin lähellä biologisia järjestelmiä
- » Data ja sen siirto
  - › DNA-tyyppinen muisti
    - Luku ja kirjoitus = !?
  - ›  $1 \text{ mm}^3$  siittiöitä sisältää noin 20 EB dataa
    - 750 MB \* 40 miljoonaa

# Tekoäly 2062

- » Automaattinen, luotettava, reaaliaikainen kielenkäännös
- » Monet työt ovat tekoälyn läpikäymisiä
- » Autonomiset autot
  - › Taso 4 Korkea automaatio
    - auto suorittaa suurimmasta osasta ajotilanteita
    - laajasti käytössä
  - › Taso 5 eli täysi automaatio
    - vaatii aivojen tasoista kokonaisuuden simulointia
    - edelleen vain rajoitetuilla alueilla

# Raha (yksityisessä käytössä, Suomi)

	1942	1982	2022	2062
Käteinen	Lähes pelkästään	Tärkein	Melko vähäistä	Hyvin vähäistä
Sekki	Vähäistä	Käytön huippu (1984)	Hyvin vähäistä	-
Pankkikortti	-	Yleistyy nopeasti	Tärkein valine	Käytössä mutta vähenee
Mobiili	-	-	Yleistyy	Tärkein maksutapa
Bitcoin	-	-	Mahdollista mutta hankalaa	⇒

# Bitcoin

- » Vastakkaiset voimat:
  1. tarve salatulle valtioista riippumattomalle rahalle vs.
  2. Kustannustehottomuus
    - Bitcoin louhinnan tehonkulutus/transaktio (2021): 2 MWh
    - <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption/>
- » **Ennuste: Romahtaa vuonna 2029**
- » Erilaisille lohkoketjuvaluutoille jää huomattava markkinaosuus

# Teknologisia saavutuksia 2062

- » Marssissa on käyty
  - › Tukikohdassa vain suhteellisen itsenäisesti toimivia robotteja
- » Kuussa pieni tukikohta
  - › noin 20 henkilöä
- » Fuusiovoimala ei kaupallisessa tuotannossa

# Tiede 2062

- » Yleinen suhteellisuusteoria & kvanttifysiikka
  - › Toimiva teoria (tekoälyn ansiosta) vuonna 2052
- » Tietoisuus
  - › Ymmärretään hieman paremmin -
  - › erityisesti se mikä fysikaalinen ilmiö liittää tietoisuuden muuhun todellisuuteen
    - ja tämä liittyy edelliseen kohtaan

# Suomalaisten onnellisuus 2062

- » 2022 tyytyväisyystilaston ykkönen
  - › Samoin kahvinjuonnissa ja mobiilidatan kulutuksessa
- » Vieläkö vuonna 2062?
- » Mahdollista jos
  - › Ei keskitytä rahaan ja bruttokansantuotteeseen
  - › Pidetään varallisuus- ja tuloerot kohtuullisina
  - › Suuri osa työurasta joko 5\*6 t tai 4\*7,5 t/viikko
  - › Kulutetaan vähemmän ja eletään (yhdessä) enemmän



*Kiitos kaikille  
ja  
Onnea  
matkaan kohti  
vuotta 2062!*