

# Erilaisia verkkoja

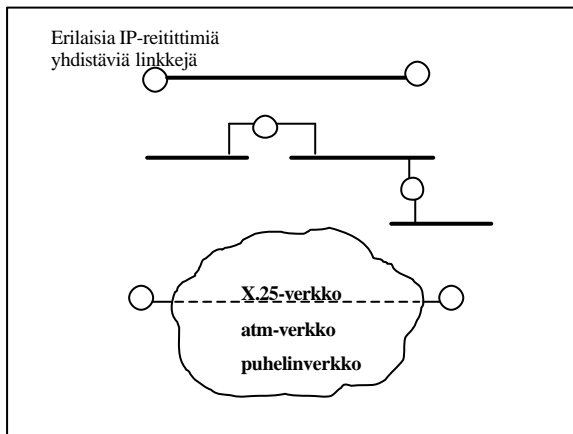
---

LAN, MAN ja WAN

22.1.2001

Erilaisia verkkoja kuulosteluverkko ('Ethernet'), vuororengas, vuoroväylä, atm, fddi, dqdb, X.25, puhelinverkko, satelliittiverkko, gsm, valmistajien omat verkot, ...

Erilaisia tapoja lähettää generoida ja siirtää bittejä



## Paljon erilaisia verkkoja!

- LAN
  - Ethernet
  - Vuororengas (802.4, Token Ring)
  - langaton lähiverkko (wireless LAN, 802.11)
  - atm
- MAN
  - FDDI, DQDB
- WAN
  - puhelinverkko, X.25, kehysvälitys (frame relay)
  - atm

## Lähiverkkostandardi IEEE 802:

- LAN- ja MAN-verkoille
  - 802.1 Johdanto, rajapintaprimitiivit
  - 802.2 LLC (Logical Link Control)
  - 802.3 CSMA/CD (kuulosteluväylä)
  - 802.4 Token bus (vuoroväylä)
  - 802.5 Token ring (vuororengas)
  - 802.6 DQDB (Distributed Queue Dual Bus)
  - 802.11 langaton LAN

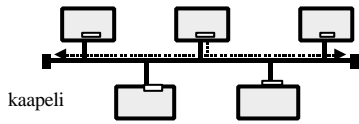
22.1.2001

## Ethernet-lähiverkko

- Yleisin lähiverkkoteknologia
  - CSMA/CD (kuulosteluväylä)
    - kuunnellaan, ja jos vapaa, lähetetään
    - jos syntyy törmäys, odotetaan satunnainen aika
    - binary exponential backoff
  - ei kuitauksia, ei prioriteettejä
  - paljon erilaisia kokoonpanoja
    - 10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T, 10BROAD36, 10BASE-F
    - 100BASE-T
    - 1000BASE-LX, 1000BASE-SX (kuitu)

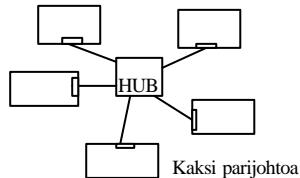
## Eetteriverkon rakenne

### ☉ väylä



### ◆ tähti

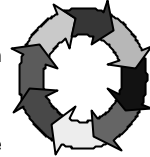
- hub toimii toistimen tavoin



## Vuoroväylä (802.4)

### ☉ Kuulosteluväylän ongelmia:

- rajoittamaton siirtoviive
- ei prioriteetteja
  - ei sovellu reaaliaikaohjaukseen



### ☉ asemat renkaaksi

- taattavissa oleva yläraja viiveelle
- ongelmana renkaan katkeaminen
- soveltuu teollisuushallintaan

### ☉ autotehtaat, teollisuusautomaatia

22.1.2001

8

### ☉ tehdään looginen rengas fyysisellä väylällä olevista asemista

- looginen järjestys <-> fyysinen järjestys

### ☉ asemat lähettävät vuorotellen loogisen järjestyksen mukaan

- lähetysvuoro (token) siirtyy asemalta toiselle

### ☉ renkaan ylläpito

- asemien poistaminen renkaasta / lisääminen renkaaseen
- vuoromerkin häviäminen, monistuminen

- => suhteellisen monimutkainen protokolla

### ☉ => jäänyt pois käytöstä

## Vuororengas (802.5) (ss. 292-301)

### ☉ rengas on ketju kaksipisteyhteyksiä

- ei siis yleislähetystä
- tekniikka hallussa
  - digitaalitekniikka (melkein kokonaan)
  - kierretty pari
  - koaksiaalikaapeli
  - valokuitu

- IBM:n valinta

- yhä melko laajassa käytössä

22.1.2001

10

## Bitin pituus

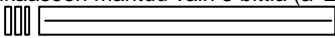
### ☉ siirtonopeus renkaassa **R Mbps**

- => bitti lähetetään joka  $1/R$  millisekunti

### ☉ siirtoviive kaapelissa $200\,000\text{ km/s} = 200\text{ m/ms}$

### ☉ kukin bitti vie tällöin $200/R$ metriä

- ☉ Jos  $R = 1\text{ Mbps}$  ja renkaan koko  $1000\text{ m}$ , niin renkaaseen mahtuu vain 5 bittiä (a' 200 metriä)



22.1.2001

200 m

11

## Lähetys vuororengaassa

### ☉ renkaassa kiertää vuoromerkki

- erityinen bittikuvio

### ☉ vuoromerkin tulee mahtua renkaaseen

- kunkin aseman aiheuttama viive (1 bitti)
- öisin keinotekoinen viive
- siirtoviive

### ☉ kuuntelu moodi

- kopioi bittejä sisääntulosta ulosmenoon

22.1.2001

12

**lähetysmoodi**

- vain jos on vuoromerkki
- omaa dataa siirretään ulosmenoon

**lähetetyt bitit kiertävät koko renkaan ja lähettäjä poistaa ne**

- voi tutkia, onko kehyksissä virheitä

**lopetettuaan lähettäjä lähettää vuoromerkin renkaaseen**

22.1.2001 – rengas ei rajoita kehyksen kokoa 13

**jos kevyt kuorma**

- vuoromerkki kiertelee renkaassa
- joskus joku lähettää

**jos raskas kuorma**

- kaikilla asemilla jonoa
- kaikki lähettävät maksimimäärän ja siirtävät vuoromerkin seuraavalle

**renkaan suoritusnopeus lähes 100%**

22.1.2001 14

**Kuittaukset, prioriteetti**

**kehyksessä 1 bitti kuittausta varten**

- aluksi 0
- vastaanottaja muuttaa 1:ksi

- entä jos useita vastaanottajia?
  - monimutkaisempi kuittaus
  - ei lainkaan kuittausta

**sanomat voidaan priorisoida**

- monitasoisia prioriteetteja, nälkiintyminen mahdollista

22.1.2001 15

**802.5-renkaan rakenne**

**kiertetty pari**

**1, 4 tai 16 Mbps**

**differential Manchester -koodaus**

- kehyksen alussa ja lopussa koodausta, joka ei ole normaalia dataa (high-high tai low-low)
- aina siirtymä keskellä
  - tahdistusta varten
- 0 alussa siirtymä, 1 alussa ei siirtymää

22.1.2001 16

**Renkaan ylläpito**

**ongelma: rengas katkeaa!**

- johtokeskus (wire center)
  - jokainen asema yhdistetty johtokeskukseen kahdella kierretyllä parilla
- releen virroitus asemalta
  - virta katkeaa => rele sulkeutuu
  - asema siirtyy ohitustilaan
- asema voidaan myös ohjelmallisesti irroittaa renkaasta
  - esim. testausta varten

22.1.2001 17

**MAC-protokolla ja -kehys**

**token holding -time**

- 10 ms

**access control -kenttä (1 tavu)**

- vuoromerkki (3 bittiä)
- monitor-bitti
- prioriteettibitit
- varausbitit

**frame status -kenttä (1 tavu)**

- automaattinen kuittaus:
  - A = nähnyt, C = kopioinut

22.1.2001 18

AAAAA

- ☉ loppumerkissä
  - E-bitti
    - asetetaan, jos havaitaan epäkelpo merkki
  - enf-of-file -bitti
    - viimeinen kehys

22.1.2001 19

Vuoromerkki

SD	AC	ED
----	----	----

Start Delimiter : datasta eroavaa signallointia  
End Delimiter: sisältää error-bitin ja bitin, joka ilmoittaa, milloin tiedosto loppuu

Access Control

P	P	P	T	M	R	R	R
---	---	---	---	---	---	---	---

Prioriteettibittit: vuoromerkkin prioriteetti  
Token bitti: onko vuoromerkki vai kehys  
Monitor bitti: havaitaan kiertämään jääneet kehykset  
Reservation bittit: asetetaan vuoromerkillä uusi prioriteetti

Kehys:

SD	AC	FC	DA	SA	data	FCS	ED	FS
----	----	----	----	----	------	-----	----	----

osoitteet

Frame Control: erottaa datakehukset kontrollikehyksistä

Frame Status Field

A	C	r	r	A	C	r	r
---	---	---	---	---	---	---	---

Address recognised: nähnyt kehyksen  
Frame copied: kopiointi onnistunut  
Huom! Kahteen kertaan, koska niitä ei lasketa tarkistussummaan (FCS)

AAAAA

## Prioriteetti

- ☉ monitasoisia prioriteetteja
- ☉ vuoromerkkin prioriteetti
  - määrää minkä prioriteetin kehyksiä saa lähettää
    - kolme bittiä vuoromerkin
- ☉ vuoromerkkin prioriteetin asetus
  - datakehysten varausbittien avulla
    - varataan vuoromerkkiä korkean prioriteetin lähetykselle

22.1.2001 • kun lähetyksen loppuu uusi vuoromerkki saa korkeimman varauksen prioriteetin 22

AAAAA

- ☉ vuoromerkkin prioriteetin nostanut, myös laskee sen!
- ☉ alemman prioriteetin kehykset voivat joutua odottamaan ikuisesti

22.1.2001 23

AAAAA

## Vuororenkaan ylläpito

- ☉ keskitetty ylläpito
  - yksi asema toimii **valvoja-asemana**
  - kaikki asemat voivat toimia valvonta-asemana
- ☉ jos valvoja-asema vikaantuu
  - ACTIVE\_MONITOR\_PRESENT -kehystä ei tule
  - tilanteen havainnut asema lähettää
    - CLAIM\_TOKEN -kehysten
  - jos useita => kilpailemalla saadaan uusi valvonta-asema

22.1.2001 24

## Valvoja-asema valvoo renkaan toimintaa

- vuoromerkin katoaminen
  - vuoromerkin kiertoa valvova ajastin
  - jos laukeaa, rengas tyhjennetään ja lähetetään uusi vuoromerkki
- vaurioituneet kehukset
  - väärä kehysmuoto, tarkistussumma ei täsmää
  - tyhjennys ja uusi vuoromerkki

22.1.2001

25

- 'orvot' kehukset
  - lähettäjä vikaantui, eikä poistanut kehystä
  - kehyksessä monitoribitti
    - valvoja asettaa kehysten monitoribitin aina, kun kehys ohittaa sen
    - jos kehyksessä on jo bitti asetettu, kehys poistetaan
- renkaan pituuden säätely
  - 24 bitin vuoromerkin tulee mahtua renkaaseen
- valvoja lisää viivettä tarvittaessa
  - jos renkaan pituus + asemien aiheuttamat 1 bitin viipeet eivät riitä

## renkaan rikkoutuminen

- kun asema huomaa renkaan katkenneen
  - sen naapurit vaikuttavat 'kuolleelta'
  - lähettää BEACON-kehysten
    - jossa oletetun rikkoutuneen aseman osoite
  - kehys etenee niin pitkälle kuin voi
    - voidaan päätellä katkoksen alku
  - poistetaan rikkoutuneet ohitusreleen avulla
    - rengas kuntoon

22.1.2001

27

## 802.3 CSMA/CD

### hyvät puolet

- yleisesti käytetty
- yksinkertainen protokolla
- asemien lisääminen helppoa
- passiivinen kaapeli,
- ei modeemia,
- kevyellä kuormalla lähety sviive nolla

22.1.2001

28

## 802.3 CSMA/CD

### huonot puolet

- analoginen törmäyksen havaitseminen
- pienin kehys 64 tavua
  - => yleisrasitetta, jos sanomat lyhyitä
- epädeterministinen
- ei prioriteetteja
- raskas kuorma
  - => törmäyksiä => suoritusnopeus laskee

22.1.2001

29

## 802.5 vuororengas

### hyvät puolet

- kaksipisteystehtäviä
  - rengas voidaan rakentaa mistä tahansa
- täysin digitaalinen
- johtokeskus
  - => automaattinen vikojen havaitseminen ja korjaaminen
- prioriteetit
  - alimman prioriteetin sanomat eivät saa lähetyaika

22.1.2001

30

- hyvin lyhyet ja hyvin pitkät kehykset mahdollisia
- suorituskykyinen ja tehokas

### • huonot puolet

- keskitetty valvontatoiminto
  - seonnut valvoja voi tehdä mitä vaan
- kevyellä kuormalla turhaa odotusta

## FDDI (ss.319-322)

- vuororengas
  - valokuitu
  - 100 Mbps
  - => 200 km
  - 1000 asemaa
- käyttö lähinnä lähiverkkoja yhdistävänä runkolinjana
  - myös tavallisena LANina

22.1.2001

32

## synkronista ja asynkronista dataa

- ISDN
- ääntä PCM-koodattuna
- dataa
- multimode
- LED
- BER < 1 virhe / 2.5\*10\*\*10 bittia

22.1.2001

33

## FDDI: rakenne

- kaksi valokuiturengasta
  - toisessa myötäpäivään
  - toisessa vastapäivään
- renkaan katkeaminen
  - tarvittaessa renkaat voidaan yhdistää yhdeksi
- asemat
  - A: kiinni molemmissa renkaissa
  - B: kiinni vain yhdessä renkaassa

22.1.2001

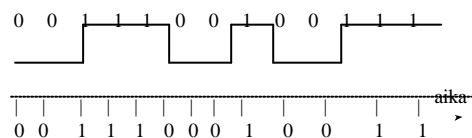
34

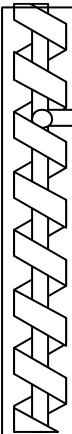
## FDDI: koodaus

- koodi '4 out of 5'
  - Manchesterin signaalointinopeus kaksinkertainen! => paljon kaistaa
- 4 MAC-symbolia => 5-bitin ryhmä
  - 0, 1, 2 'non-data' symbolia
- => 32 eri kombinaatiota
  - 16 DATA: 0000, 0001, ..., 1110, 1111
  - 3 rajoittimia
  - 2 kontrolli
  - 3 'hardware' merkinanto
  - 8 varattu myöh. käyttöön

### • menetetään koodin tahdistusapu!

- pitempi tahdistuskenttä alussa
- tarkemmat kellot
  - korkeintaan 0.005 % epätarkkuus sallittu
  - => voidaan lähettää 4500 tavua ennen kuin kellot niin epätarkat, että syntyy bittivirhe





## FDDI: protokolla

### ⊗ 802.5 -johdannainen

- renkaassa useita lähetyksiä
  - vuoromerkki heti renkaaseen, kun oma lähetyks loppunut
- kehys hyvin samanlainen kuin vuororengaassa

22.1.2001

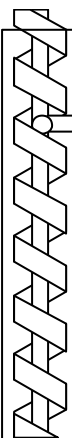
37

- ⊗ voidaan lähettää myös synkronisia kehyksiä
  - PCM-ääntä
  - ISDN-dataa
- master-asema generoi kehyksen joka 125 ms
  - PCM: 8000 näytettä sekunnissa
- kehyksessä 96 tavua synkronista dataa
  - 4 T1 kanavaa tai 3 E1 kanavaa
- ⊗ asemalle varatut aikaviipaleet käytössä, kunnes asema luopuu niistä
  - muut jaetaan tarpeen mukaan
    - korkein prioriteetti ensin

### ⊗ kolme ajastinta

- token holding timer
  - säätelee lähetyksaika
- token rotation timer
  - vuoromerkkin kiertoaika
- valid transmission timer
  - tilapäisistä rengasvirheistä toipumiseen
- ⊗ jos vuoromerkki etuajassa, kaikkia voidaan lähettää, jos myöhässä vain korkeimman prioriteetin sanomat (synkronisen liikenteen kehykset)

- ⊗ Asynkroniset kehykset voidaan jakaa 8 prioriteetti luokkaan
  - kullekin luokalle oma ajastin

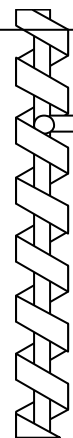


## LLC (Logical Link Control)

- ⊗ LAN 802 - ja MAN-verkot
- ⊗ vuonvalvonta, virhevalvonta, yhtenäinen rajapinta erilaisiin verkkoihin
- ⊗ ~ OSI-malli, HDLC
- ⊗ Palvelut:
  - epäluotettava datasäikepalvelu,
  - kuittava datasäikepalvelu,
  - luotettava yhteydellinen palvelu

22.1.2001

41



## Silta (bridge) (ss. 304-318)

- ⊗ yhdistää LAN-verkkoja
- ⊗ linkkitason olio
  - toistin: 'pala kaapelia'; fyysisellä tasolla
  - silta: 'ovi' linkkitasolla
  - reititin: verkkotasolla
- ⊗ tunteaton silta (transparent bridge)
- ⊗ lähdereitittävä silta (source routing bridge)

22.1.2001

42

## Käyttötarpeita

- osastoverkot
- maantiede: hajautus
- etäisyydet: yhdistäminen
- kuormituksen jakaminen
- häiriöiden rajoitus paikalliseksi
- suojaus: lähiverkkojen looginen eristäminen

22.1.2001 43

## Verkkojen yhdistäminen

- voi yhdistää samanlaisia lähiverkkoja
  - eetteri-eetteri
  - vuoroväylä-vuoroväylä
  - vuororengas - vuororengas
- voi yhdistää erilaisia lähiverkkoja
  - esim. eetteri- vuororengas
  - vuoroväylä - vuororengas
- kaikkiaan 9 erilaista yhdistelmää
  - kaikissa omat ongelmat

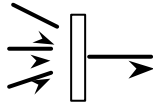
22.1.2001 44

## Yhteiset ongelmat yhdistämisessä

- kehysrakente
  - joka LANilla oma kehys
    - uuden kehysrakenteen muodostaminen,
    - tarkistussumma laskettava uudelleen,
    - => silta on uusi virhelähde
- siirtonopeus
  - eri datanopeuksia
    - CSMA/CD: 1, 2,10 Mbps
    - vuoroväylä: 1, 5, 10 Mbps
    - vuororengas: 1,4,16 Mbps

22.1.2001 45

- CSMA/CD: törmäykset
- eri virroilla yhteinen kohde



=> kehysten puskurointi tarpeen  
- puskurien ylivuoto

- ylempien kerrosten ajastimet
- => tarpeettomia uudelleenlähettyksiä

- kehysrakenteen maksimipituus
  - eetteriverkko 1500 tavua,
  - vuoroväylä 8191 tavua,
  - vuororengas vuoromerkki rajoittaa 5000 tavua
- linkkikerroksen tehtäviin ei kuulu kehysten pilkkominen ja kokoaminen
- mitä tehdään ylipitkälle kehykselle?
  - jos liian iso, ros kiin

- prioriteetti
  - CSMA/CD: ei prioriteettia
  - vuororengas ja vuoroväylä: prioriteetti, - mutta erilainen
- kuittauspyyntö (vuoroväylä)
  - jos kehyksessä kuittauspyyntö, kuka vastaa
    - silta
    - ei kukaan
- kuittaus (vuororengas)
  - A- ja C-bitit (nähty/kopioitu)
  - sama ongelma, kuka vastaa



## Siltojen edut

- verkkojen ja asemien määrää helppo kasvattaa
- erilaisia lähiverkkoa
- sillat eivät näy ylemmille kerroksille
- voidaan kerätä tietoja ja säädellä pääsyä
- luotettavuus ja suorituskyky kasvaa

22.1.2001

49

## Siltojen haitat

- sillat puskuroivat ja aiheuttavat viivettä
- ei vuonsäätelyä => sillan kapasiteetti voi ylittyä
- kehysrakenteen muuttaminen => virheitä jää havaitsematta

• **Yleisesti edut selvästi suuremmat kuin haitat**

22.1.2001

50

## Sillanportit

- Lähiverkko liitetään siltaan **portin** kautta
  - yksinkertaisissa silloissa vain kaksi porttia
  - monipuolisissa useita
- Portti
  - MAC-piiri
    - noudattaa vastaavan lähiverkon protokollaa
    - CSMA/CD, vuororengas, vuoroväylä
  - ohjelmisto
    - huolehtii alustuksesta
    - puskurin hallinnasta

22.1.2001

51

## Tuntumaton silta

(transparent bridge, spanning tree bridge)

### • 'plug and play'

- ei mitään muutoksia laitteistoon, ohjelmistoon
- ei reititystauluja ja parametrien asettelua
- ei vaikuta itse LANien toimintaan
- silta huolehtii kehysten ohjaisesta oikeaan porttiin
  - oppii asemien portit kuuntelemalla kaikkea liikennettä
  - jos ei tiedä, niin tulvittaa
    - ei saa olla silmukoita =>virittävä puu

22.1.2001

52

## Lähdereittisillat

(Source routing bridges)

- tuntumattomat sillat
  - helppo asentaa
  - tuhlaavat kapasiteettia
    - käyttävät vain virittävää puuta
- erimielisyyttä standardoimiskomiteassa
  - vuororengaan käyttäjät + IBM kannattivat lähdereittitystä

22.1.2001

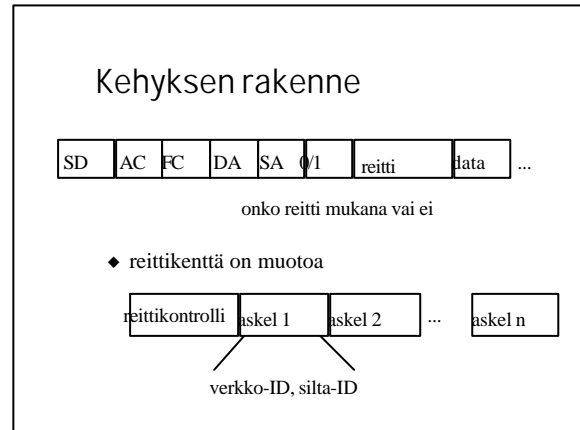
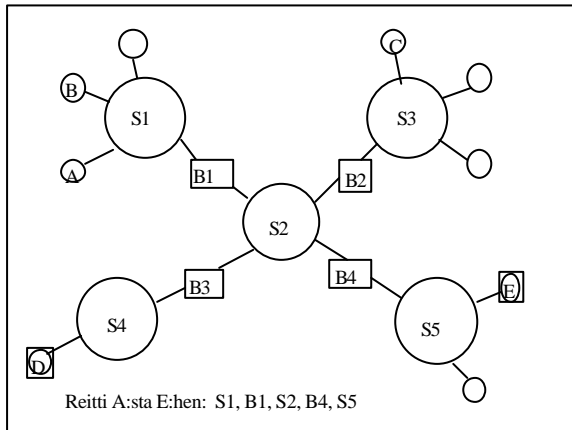
53

### • kehysten lähettävä asema varustaa kehysten reititiedoilla

- jokaisella lähiverkolla on 12-bittinen yksikäsitteinen tunnus
- jokaisella sillalla on oma 4-bittinen tunnus
- reitti koostuu silta- ja verkkotunnuksista
  - silta, LAN, silta, LAN, ... silta, LAN

22.1.2001

54



### Tuntumaton vs. lähdereitittävä silta

☛ **tuntumaton silta**

- yhteydetön
- täysin tuntumaton lähiverkoille
- automaattinen uudelleen konfigurointi
- reititys ei välttämättä optimaalinen
- uuden aseman löytäminen: backward learning
  - jos joku kertoo
  - tulvitus
- monimutkaisuus silloissa
  - vähän siltoja

22.1.2001 57

☛ **lähdereitittävä silta**

- yhteydellinen
- tuntuva
- konfigurointi ei ole automaattista
- uuden löytäminen: discovery frame
  - raskas operaatio, paljon yleisrasitetta
- monimutkaisuus isäntäkoneissa
  - näitä on paljon

22.1.2001 58

### Etäsillat (remote bridges)

☛ yhdistetään etäällä toisistaan olevat lähiverkot silloilla

- sillat yhdistetään pareittain kaksipisteyhteyksillä
  - "isännättömiä lähiverkkoja"
- ☛ kaksipisteyhteyksillä linkkiprotokolla
  - MAC-kehys ko. protokollan datakenttään
  - 'riisuttu MAC-kehys' (= vars. data) datakenttään ja kohde generoi siitä uuden MAC-kehysen
    - tarkistussumma laskettava uudelleen => virheitä!

22.1.2001 59

### Laajaverkot (WAN)

☛ Puhelinverkko

- runkolinjat
  - digitaalisia, kuitua
- local loop
  - analoginen, kierretty pari
- kanavointi