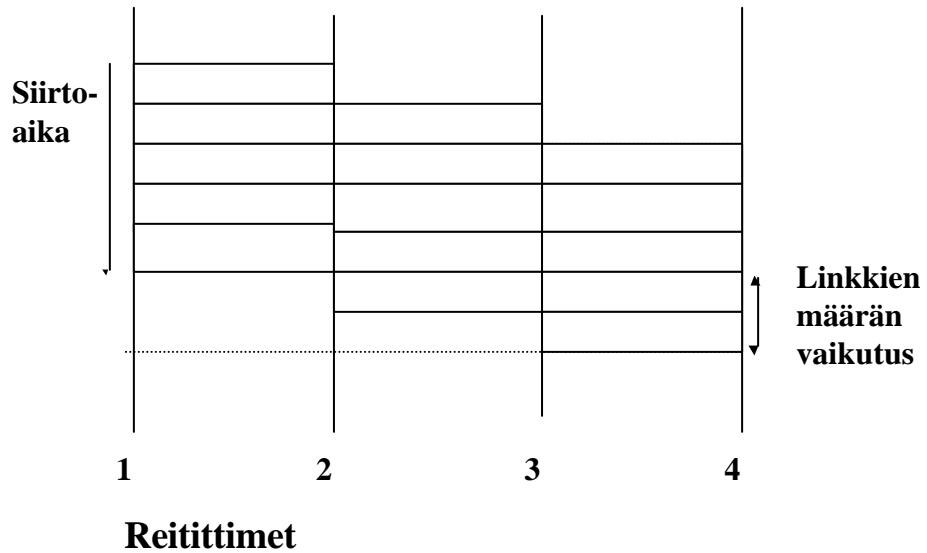
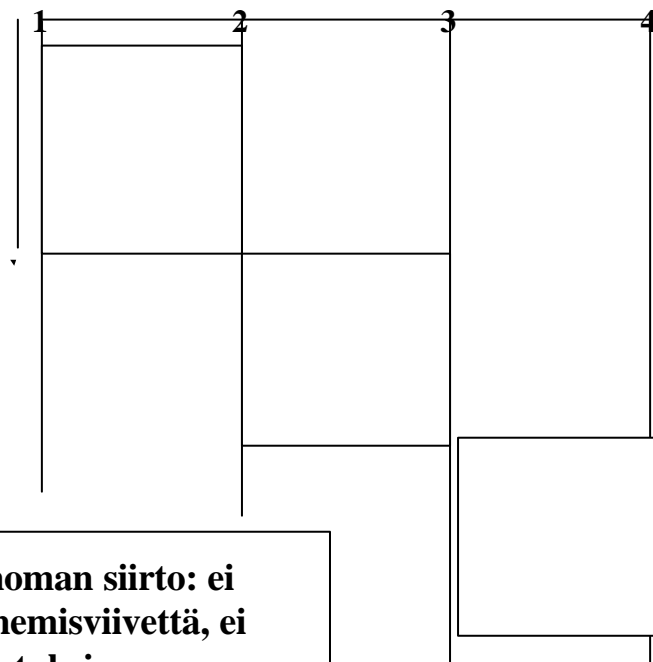


**Sanoman siirto paketteina: ei etenemisviivettä, ei jonotuksia**



**Siirtoaika**



**Sanoman siirto: ei etenemisviivettä, ei jonotuksia**

**Linkkien määrän n vaikutus = siirtoajan n-kertais-tuminen**

# Reititys

- Datasähkeverkko
  - kukin paketti reititetään jokaisessa reitittimessä erikseen => voivat kulkea eri reittiä
  - jokaisessa paketissa osoite
  - reititystaulu kertoo ulosmenon
- virtuaalipiiriverkko
  - ensimmäinen paketti muodostaa virtuaalipiirin
  - muut paketit reititetään samaa reittiä virtuaalipiirinumeron mukaan
  - joka linkillä oma virtualipiirinumero
  - virtuaalipiirien muunnostaulukko

24.9.2001

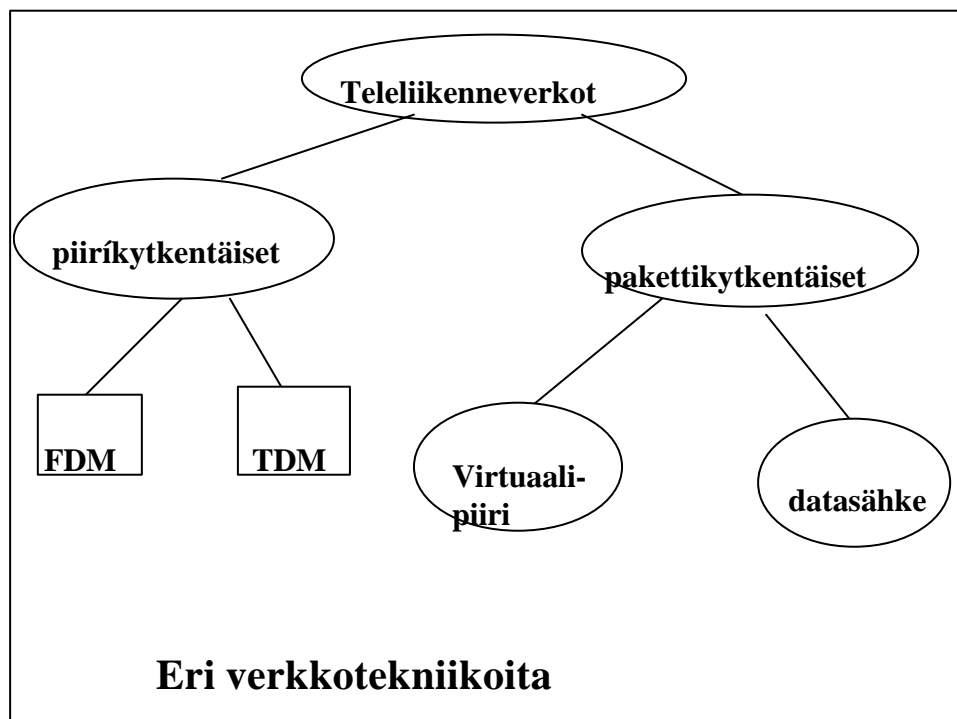
51

## Reititystaulukko

Osoite	ulosmenoportti
verkko a	2
verkko b	3
.....	
oma, kone1	1
oma, kone 2	4

## Virtuaalipiirin muunnostaulukko

Sisääntulo	tuleva VC	lähtävä VC	ulosmeno
1	12	34	3
1	97	56	2
2	42	101	3
2	10	78	1
3	12	65	2



## 1.3. Siirtomedia

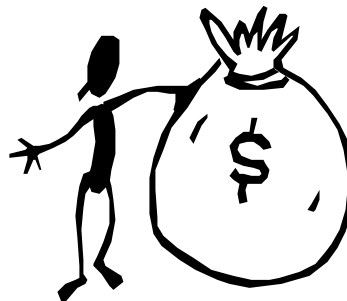
- Siirtomedian tehtävä
  - siirtää bittivirtaa koneelta toiselle
- käytettävissä erilaisia siirtovälineitä
  - johdollinen
    - kuparijohto, optinen kuitu, kaapeli
  - johdoton
    - radio, satelliitti, matkapuhelin
    - magneettinauha, cd-levy

24.9.2001

55

## Magneettinen ja optinen media

- ‘talleta, kanna ja lataa’
- suuri siirtonopeus
  - hyvin suuria tietomääriä siirtyy kohtalaisella nopeudella
    - rekallinen cd-levyjä
- pitkä viive
  - ensimmäisen bitin saapuminen kestää pitkään
- edullinen



24.9.2001

56

## Kierretty pari (twisted pair)

- kaksi eristettyä kuparijohtoa kierretty yhteen (vähentää häiriöitä)
  - yleensä useita kaapelissa
- yleisesti käytetty
  - puhelinverkko (jo yli 100 vuotta), paikallisilmukka, rakennusten sisällä
- hintaan nähden hyvä suorituskyky
  - useita kilometrejä ilman vahvistinta
  - useita Mbps parin kilometrin matkalla
  - analoginen tai digitaalinen siirto

24.9.2001

57

- Suojattu /suojaamaton
  - UTP yleisesti käytetty LAN:eissa (Unshielded twisted pair)
- eri luokkia (category)
  - luokka 3: puhelinyhteydet, LAN => 16 Mbps
    - kotiyhteydet verkkoon: ISDN (128 Kbps), ADSL (6 Mbps)
  - luokka 5: uusiin toimistoihin => 100 Mbps
    - enemmän kierteitä ja teflon-eriste

24.9.2001

58

## Koaksiaalikaapeli

- paremmin suojattu häiriöiltä
  - suuret nopeudet
    - 1-2 Gbps, 1-2 km -kaapelilla
  - pitkät etäisyydet
    - tarvitaan vahvistimia ja nopeus laskee
  - kaistanleveys
    - 300 (450) MHz
  - käyttö
    - TV-kaapelit, lähiverkot

24.9.2001


59

## Koaksiaalikaapelin käyttötavat

- **kantataajuusmoodi** (Baseband)
  - 50-ohmin kaapeli, käytössä lähiverkoissa
    - kaapelissa vain yksi bittivirta (signaali)
    - nopea tiedonsiirto ~10 Mbps,
    - digitaalinen signalointi
- **laajakaistamoodi** (Broadband)
  - 75-ohmin kaapeli, käytössä kaapeliTV:ssä
    - kaista jaetaan kanaviin, 6 MHz
    - useita signaaleja samaan aikaan
    - analoginen signalointi

24.9.2001

60



## Kantataajuuskaapeli

- digitaalitekniikka
  - volttipulsseja
- yksinkertainen, halpa
- halvat liittymät
- sekä kaksipisteyhteyksissä että monipisteyhteyksissä

24.9.2001

61



## Laajakaistakaapeli

- analoginen siirtotekniikka
  - jopa 500 km kaapeleita
    - pitkillä etäisyyksillä vahvistimia
  - ei sovi niin hyvin digitaaliseen tiedonsiirtoon
- TV-kaapelit
  - lähes joka kotiin jo valmiina
- käyttö
  - rinnan TV-kuvaa, CD-tason ääntä ja digitaalista bittivirtaa

24.9.2001

62

## Valokaapeli

- erittäin puhdasta kvartssia
  - 1 km kuitua vaimentaa valoa vähemmän kuin 3 mm ikkunalasi
- lasersäteitä
- ei sähkömagneettisia häiriöitä
- jopa 100 Gbps 30 km kaapelilla
- suuri kaistanleveys
  - useita GHz

24.9.2001

63

## Valokaapelin rakenne

- lähetin
  - muuttaa sähköpulssit valoksi
    - LED, laserdiodi
- vastaanotto fotofiodi
  - muuttaa valopulssit sähköpulsseiksi
  - vasteaika  $\sim 1$  ns  $\Rightarrow \sim 1$  Gbps
  - kohina haittaa  $\Rightarrow$  riittävän voimakas säde
- valokuitu
  - ensiosuoja suojaa mekaanisilta vaurioilta
  - toisiosuoja yhdistää useita kuituja

24.9.2001

64



## Valokuitutyypit

- **monimuoto** (multimode)
  - valo hajaantuu (dispersion)
  - halpa, ei kovin nopea
  - paikallisverkoissa
- **yksimuotokuitu** (monomode)
  - kuidun paksuus vain muutama valon aallonpituus (8-10 mikronia, hius ~50 mikronia) => valo etenee kuidussa suoraan
  - kallein, nopein (~30 Gbps)
  - pitkän matkan puhelinlinjoissa (~30 km, jopa 100 km mahdollista)

24.9.2001

65

## Langaton tiedonsiirto

- **sähkömagneettinen aaltoliike**
  - käytössä laaja spektri
  - aaltoliikkeeseen koodattavissa tietoa
    - amplitudi, taajuus vaihe
  - rajoituksia
    - generoitavuus
    - moduloitavuus
    - kuuluvuus/näkyvyys
    - tunkeutuvuus
    - vaarallisuus



24.9.2001

66

## Radioaallot

- helppo generoida
- etenevät pitkiä matkoja
- tunkeutuvat kaikkialle
- etenevät kaikkiin suuntiin
- rajallinen resurssi
  - niukkuutta
  - käyttö säänneltyä



24.9.2001


67

## Mikroaallot (> 100 MHz -> 10 GHz)

- etenee suoraan
  - hyvä signaali-kohina -suhde (SNR)
  - antenni suunnattava
- tunkeutuvuus pienempi
  - heijastuksia (kiinteät esteet, sääilmiöt)
  - vesisade
- pulaa ilmatilasta => luvanvaraista
  - NMT: 450 MHz, GSM: 900 MHz, 1800 MHz
- verkkojen perustaminen 'halpaa'

24.9.2001

68



## Infrapuna & millimetriaallot

- etenee suoraan
- tunkeutuvaisuus ‘olematon’
- heijastuksia
- halpa
- käytetään
  - kauko-ohjaimet
  - langattomat lähiverkot (wireless LAN)

24.9.2001

69



## Satelliitit

- Satelliitti
  - LEO (Low Earth Orbit)
    - 150-1500 km korkeudessa
  - MEO (Middle Earth Orbit)
    - 1500- km korkeudessa
  - GEO ( Geosynchronous Earth Orbit)
    - geostationaarinen
    - noin 36000 km korkeudessa
- maa-asema

24.9.2001

70

## Häiriöt siirtotiellä

- Lähetetty signaali (aalto tai pulssi) vaimenee ja vääristyy kulkiessaan siirtomediassa
  - **vaimeneminen** (attenuation)
    - eri taajuudet heikkenevät eri tavoin; suuret taajuudet vaimenevat enemmän
    - => **signaali paitsi vaimenee, myös vääristyy**
  - **viivevääristyminen** (delay distortion)
    - signaalin eri taajuuksiset komponentit etenevät hieman eri nopeuksilla ja saapuvat vastaanottajalle eri aikaan
    - => **signaali vääristyy**

24.9.2001


71

## Kohina (Noise)

- Signaalia häiritsee kohina
  - aina taustalla esiintyvää sähkömagneettista aaltoliikettä
  - **terminen kohina**
    - elektronien liikkeestä johtuva,
  - **ylikuuluminen**
    - johdin sieppaa viereisen johtimen signaalin
  - **impulssikohina**
    - salamat, vanhat puhelinkeskukset

24.9.2001

72

- 
- kahdenlaisia tiedonsiirtokanavia
  - digitaalinen
    - bittiputki, energiapulssi
  - analoginen
    - jatkuvaa aaltomuotoista signaalia
    - digitaalinen kanava toteutetaan usein analogisen avulla

24.9.2001

73



## Signaalin vahvistaminen

- vahvistimet ja toistimet
  - eri komponentteja vahvistettava eri tavoin
  - puhelininsinöörien tehtäviä
- analoginen signaali
  - vääristyy joka kerralla yhä enemmän ja enemmän
- digitaalinen signaali
  - vahvistus uudistaa signaalin

24.9.2001

74