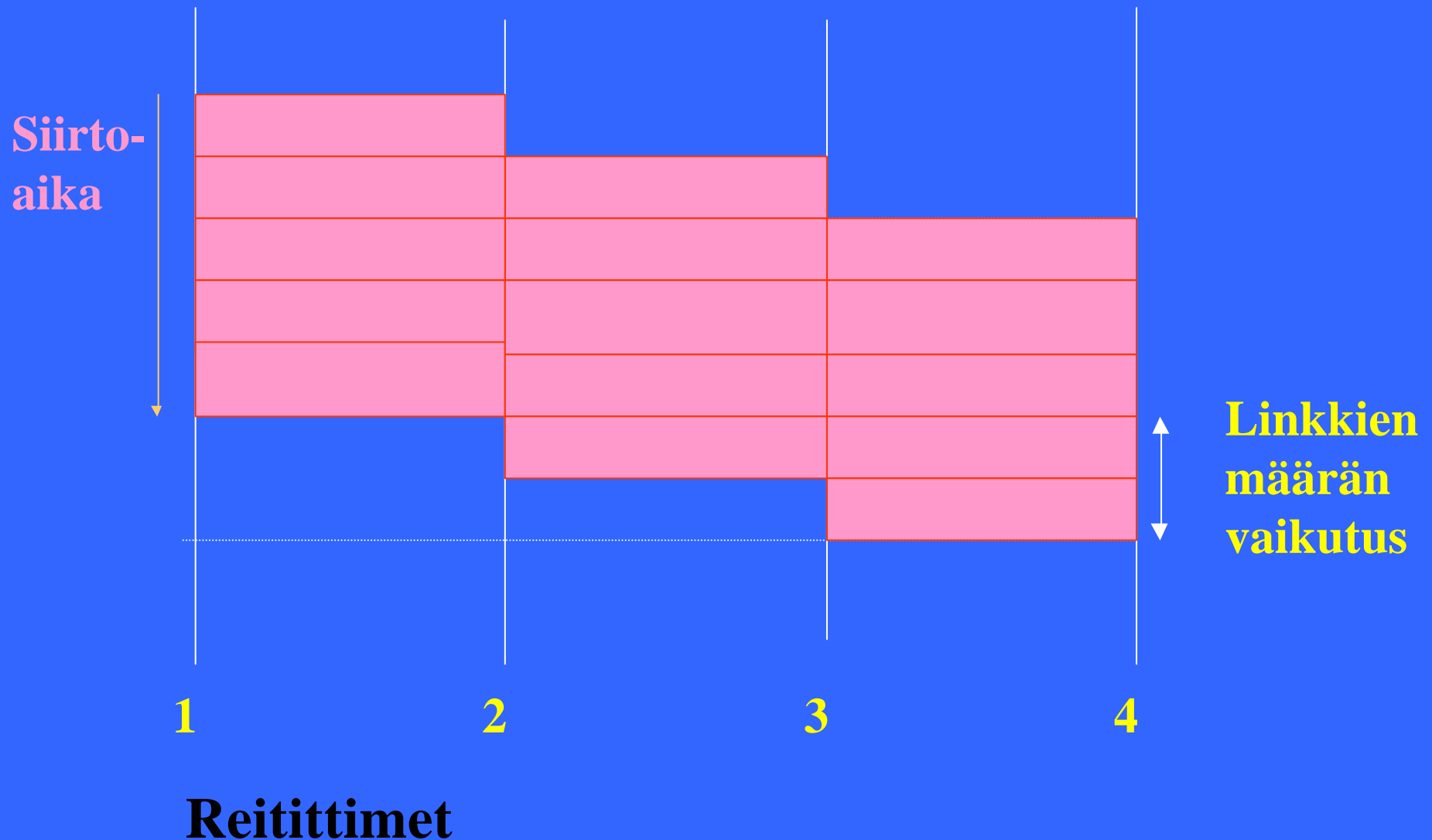
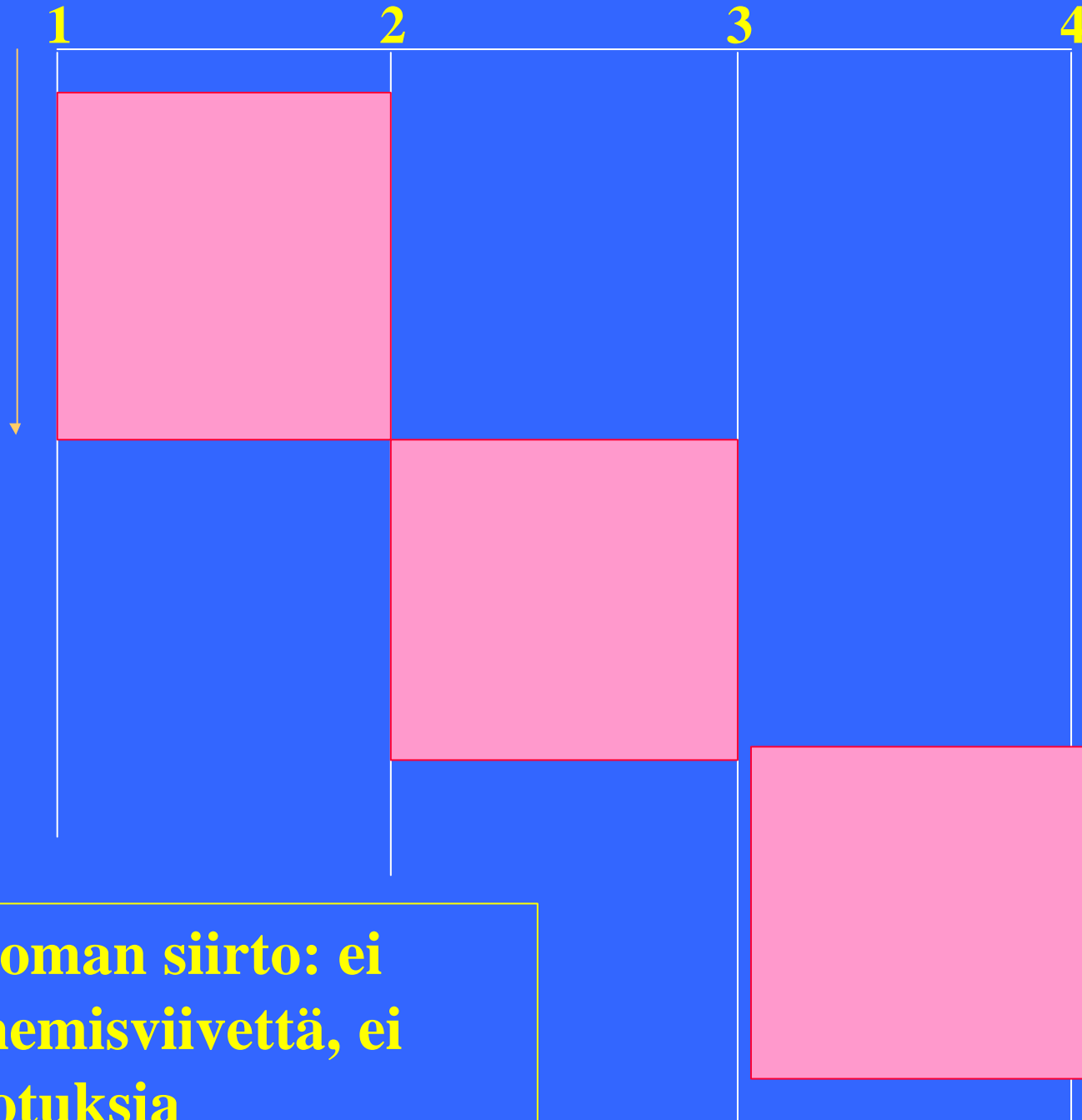


Sanoman siirto paketteina: ei etenemisviivettä, ei jonotuksia



**Siirto-
aika**



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

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

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

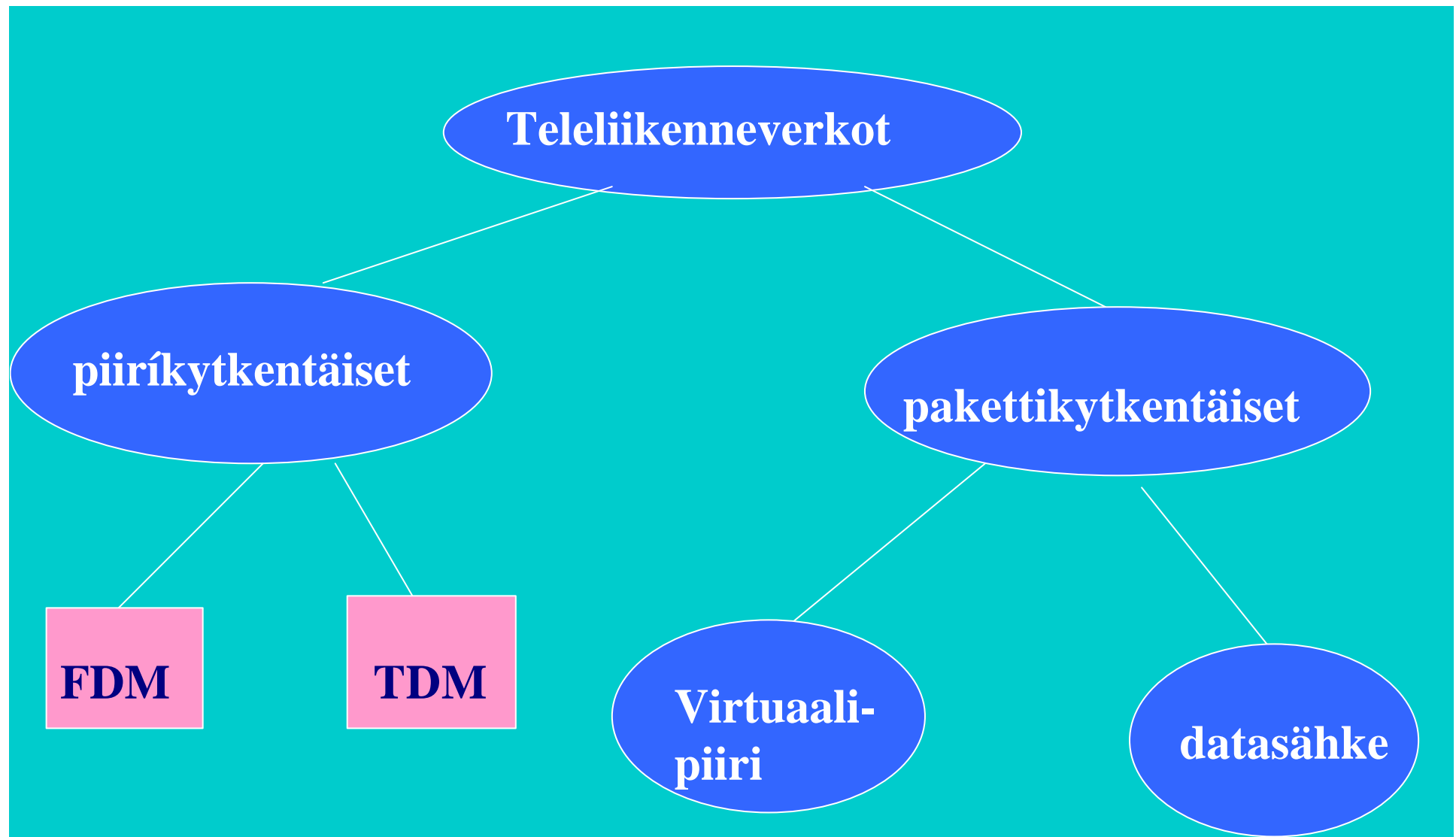
Reititystaulukko

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

Virtuaalipiirin muunnostaulukko

Sisääntulo tuleva VC	lähtevä VC	ulosmeno
----------------------	------------	----------

1	12	34	3
1	97	56	2
2	42	101	3
2	10	78	1
3	12	65	2



Eri verkko-tekniikoita

1.3. Siirtomedia

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

Magneettinen ja optinen media

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



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

- 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

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

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 signallointi

Kantataajuuskaapeli

- digitaalitekniikka
 - volttipulsseja
- yksinkertainen, halpa
- halvat liittymät
- sekä kaksipisteysteysissä että monipisteysteysissä

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

Valokaapeli

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

Valokaapelin rakenne

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

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)

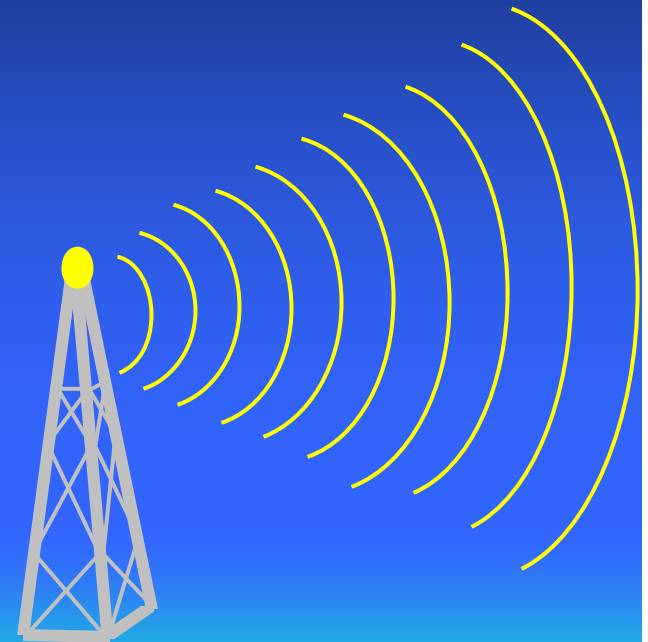
Langaton tiedonsiirto

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



Radioaallot

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



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'

Infrapuna & millimetriaallot

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

Satelliitit

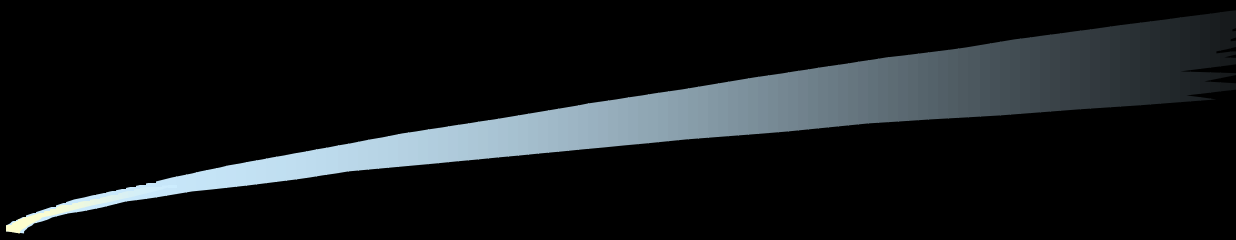
- Satelliitti
 - LEO (Low Earth Orbit)
 - 150-1500 km korkeudessa
 - MEO (Middle Earth Orbit)
 - 1500- km korkeudessa
 - GEO (Geosynchronous Earth Orbit)
 - geostationaarinen
 - noin 36000 km korkeudessa
- maa-asema

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**

Kohina (Noise)

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

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

Signaalin vahvistaminen

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