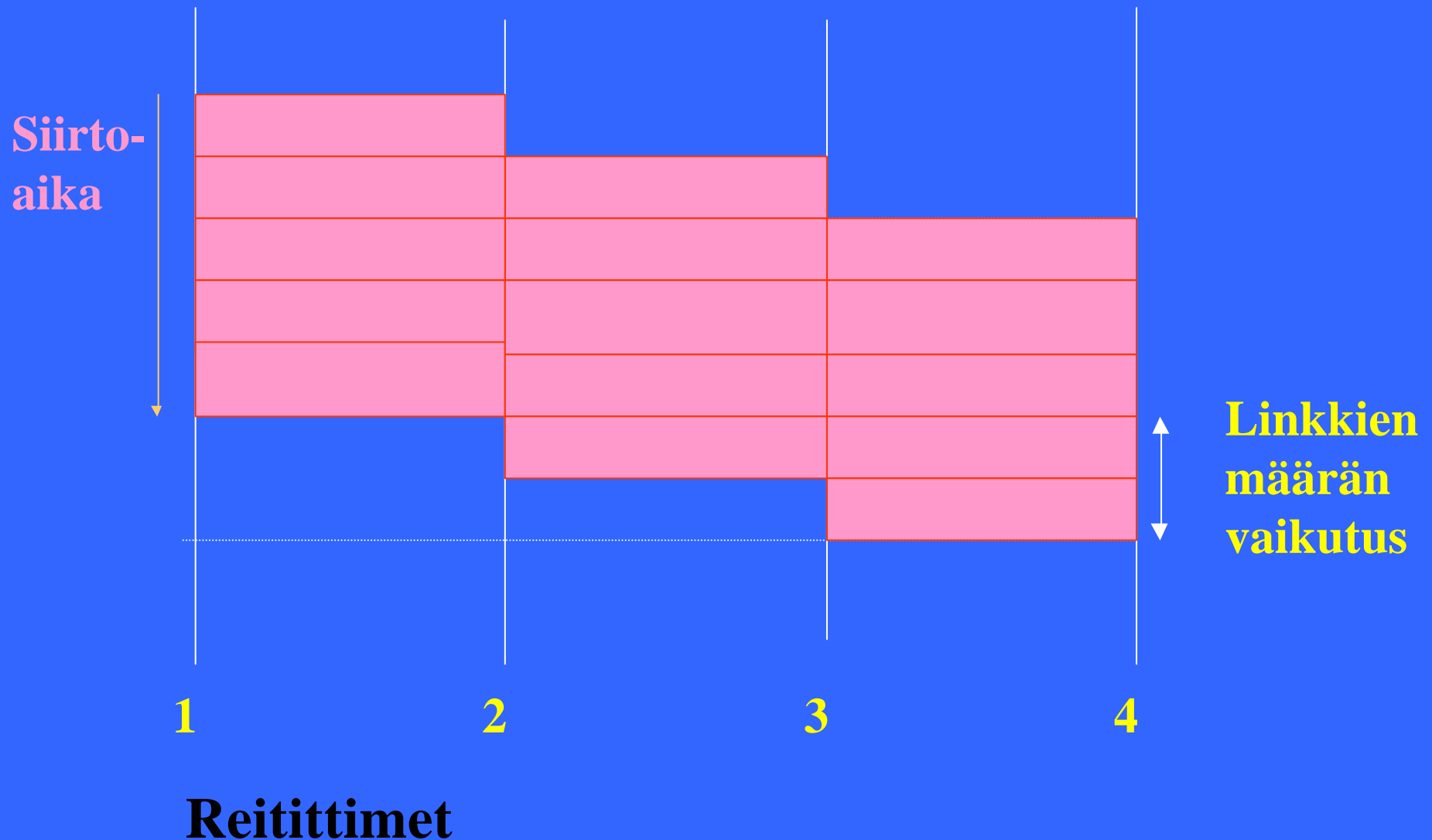
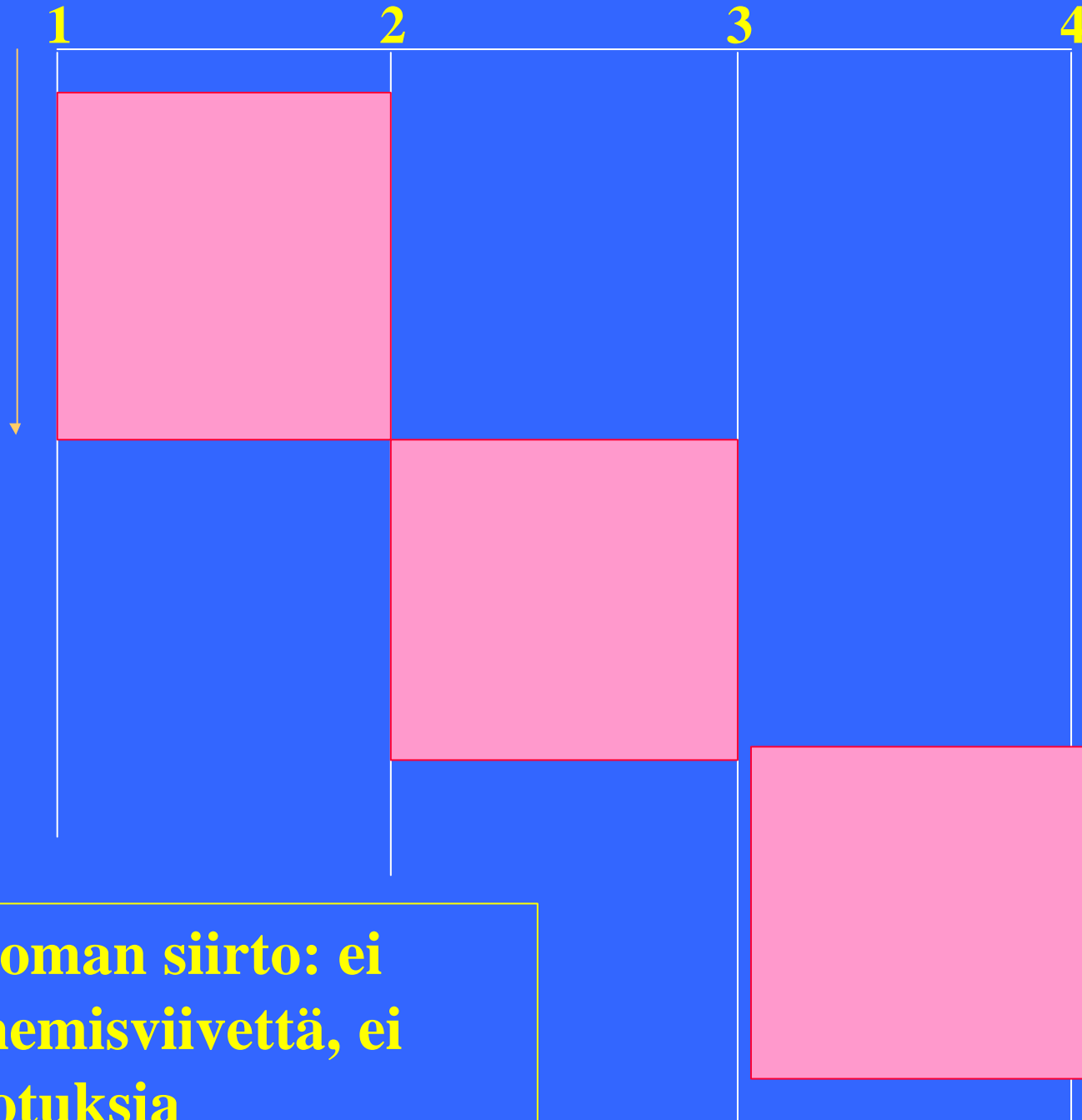


Sanoman siirto paketteina: ei etenemisviivettä, ei jonotuksia



**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

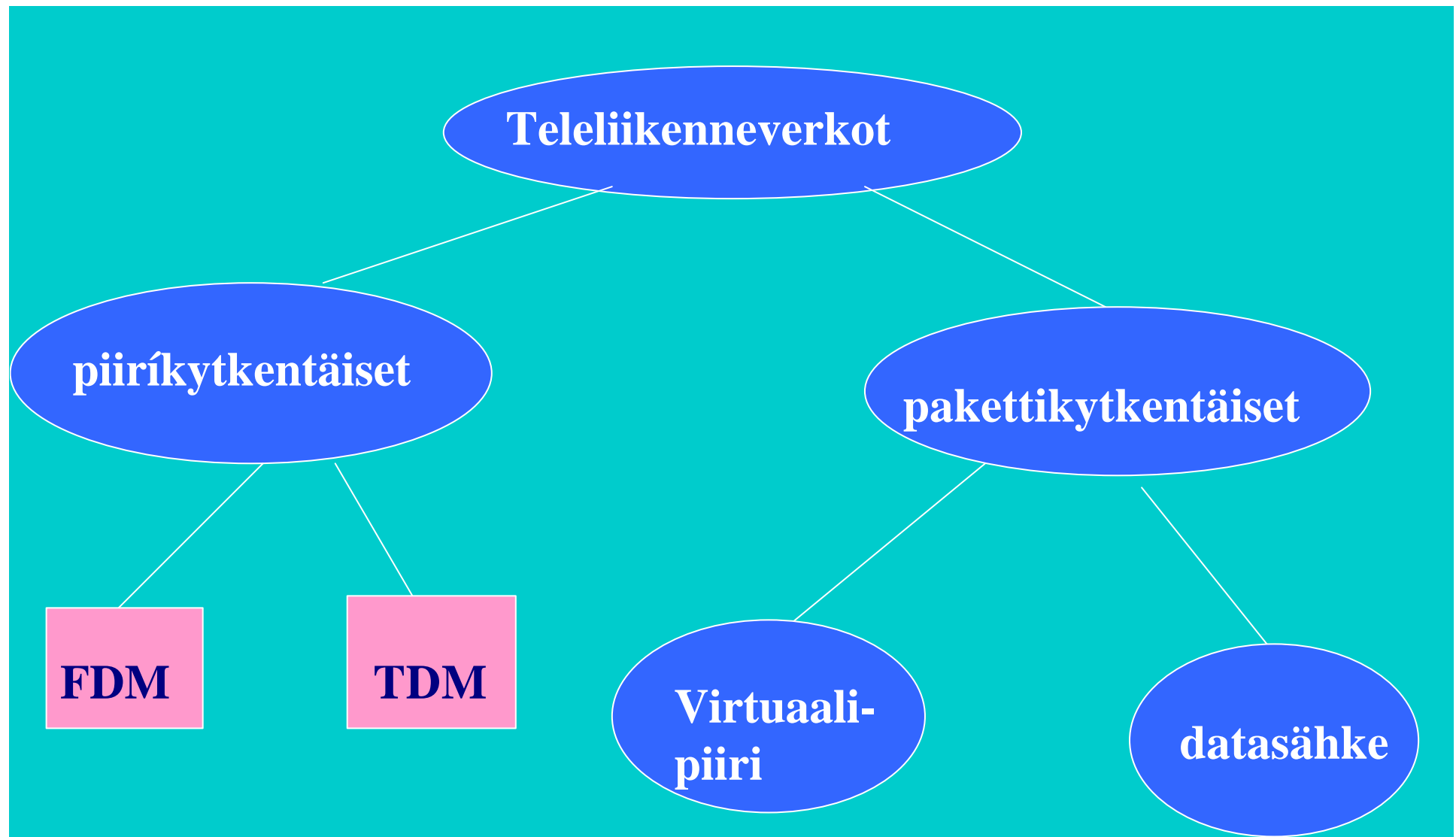
Reititystaulukko

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
 - ensiösuoja suojaa mekaanisilta vaurioilta
 - toisiosuoja 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)

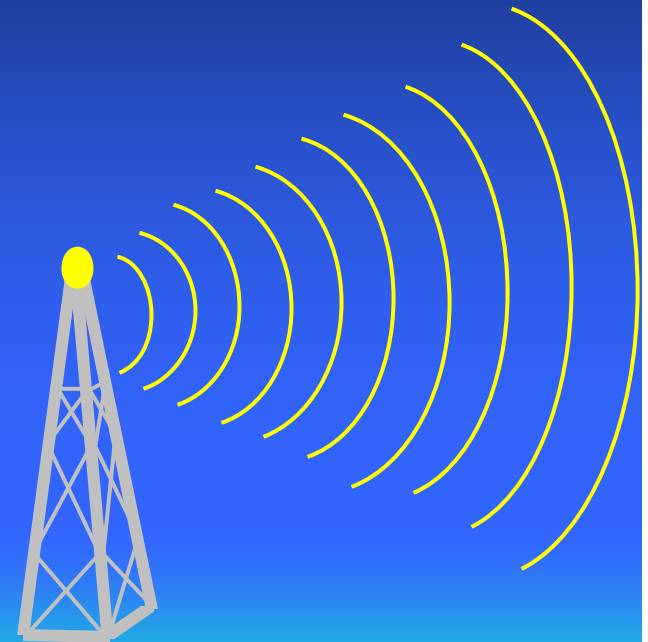
Langaton tiedonsiirto

- 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

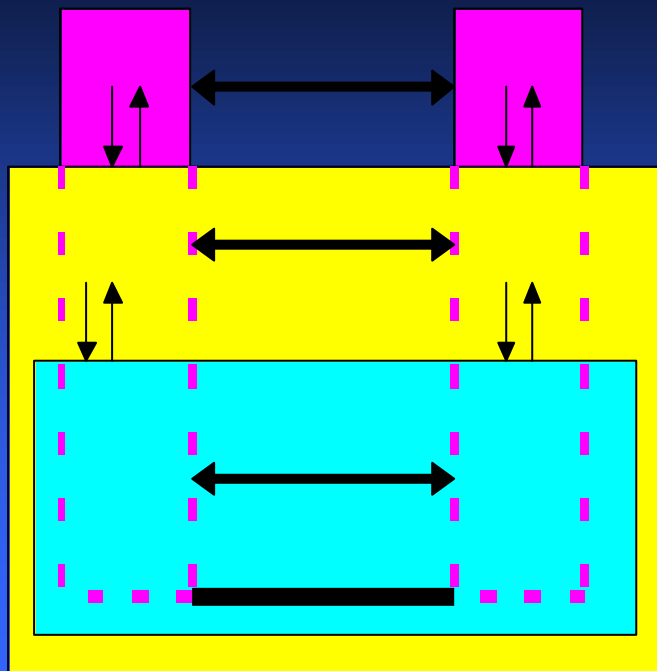
Signaalin vahvistaminen

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

1.4. Tietoliikenneohjelmistot eli protokollat

- Protokolla eli yhteyskäytäntö
 - Mitä sanomia lähetetään ja missä järjestyksessä
 - Missä tilanteessa sanoma lähetetään
 - Miten saatuihin sanomiin reagoidaan
- tietoliikenteessä on hyvin paljon erilaisia protokollia
 - Internet: TCP-, UDP- ja IP-protokolla
 - verkkosamoilu: http-protokolla

Protokollien kerrosrakenne

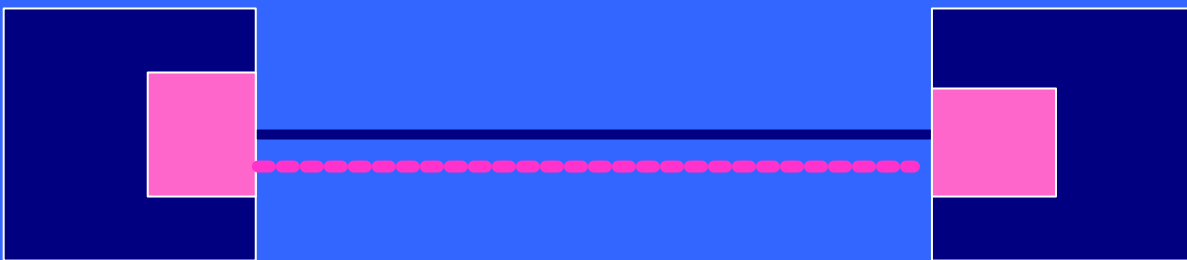


- monimutkaisuuden hallinta =>
jaetaan kerroksiin (layer)
 - kerros ~ abstrakti kone
- tietokoneverkot <=> verkkoprotokollat

Mitä monimutkaisuutta?

kaksipisteisyhteys

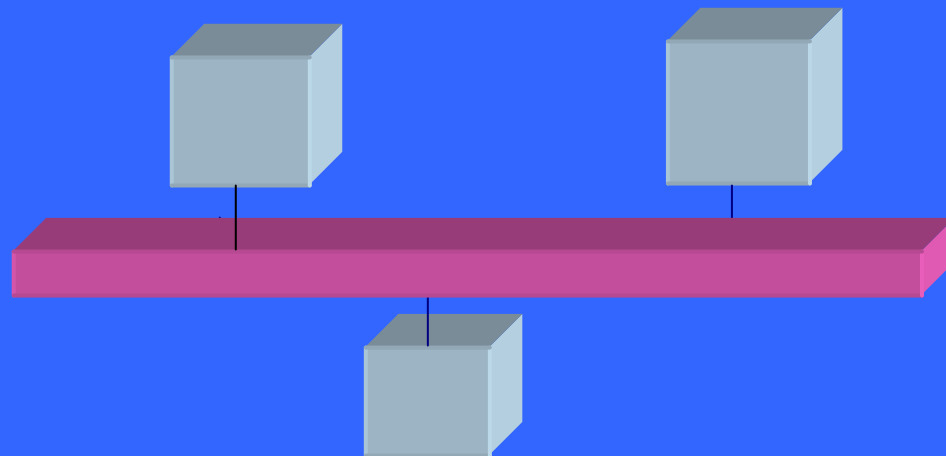
- datan koodaus sähköisiksi signaaleiksi
- siirtovirheiden havaitseminen ja korjaaminen
- lähettäjä ei saa lähettää enempää kuin vastaanottaja voi käsitellä



Mitä monimutkaisuutta?

yleislähetys

- datan koodaus sähköisiksi signaaleiksi
- **datan lähetys: lähetysvuorot**
- siirtovirheiden havaitseminen ja korjaaminen
- lähettäjä ei saa lähettää enempää kuin vastaanottaja voi käsitellä



Entä tietoliikenneverkko?

- miten pystytään sanoma/paketit kuljettamaan lähettäjältä vastaanottajalle?
 - yhden verkon sisällä
 - monen verkon kautta
- verkon ruuhkautumisongelmat?
- sanoman virheettömyys?
- liikenteen kapasiteetti ja nopeus, tehokkuus
- laitteiden määrä ja heterogeenisyys

Protokolla (yhteyskäytäntö)

- **protokolla**
 - määrää kerroksen keskustelusäännöt ja -tavan
 - protokollapino
 - verkkoarkkitehtuuri
- **palvelu (service)**
 - alemman kerroksen palvelut ylemmän käytössä
 - palvelun käyttäjä /palvelun tuottaja

Rajapinta

(interface)

- samassa koneessa, vierekkäisten kerrosten välillä
- määrittelee operaatiot, joilla ylemmän kerroksen **olio** (entity) voi käyttää alemman palveluja
- **SAP** (Service Access Point)
 - “palveluluukku”
 - yksikäsitteinen osoite
 - esim. puhelinverkossa
 - puhelinpistoke

Palvelu

- **yhteydellinen palvelu** (connection-oriented)
 - esim. puhelin
- **yhteydetön palvelu** (connectionless)
 - esim. posti
- kumpi valitaan?
 - vaadittu palvelutaso (QoS)
 - kustannus
- Valinta voi olla erilainen eri kerroksilla

Palvelu \Leftrightarrow protokolla

- **palvelu**

joukko toimintoja (primitiivejä), jotka ylemmän kerroksen käytettävissä

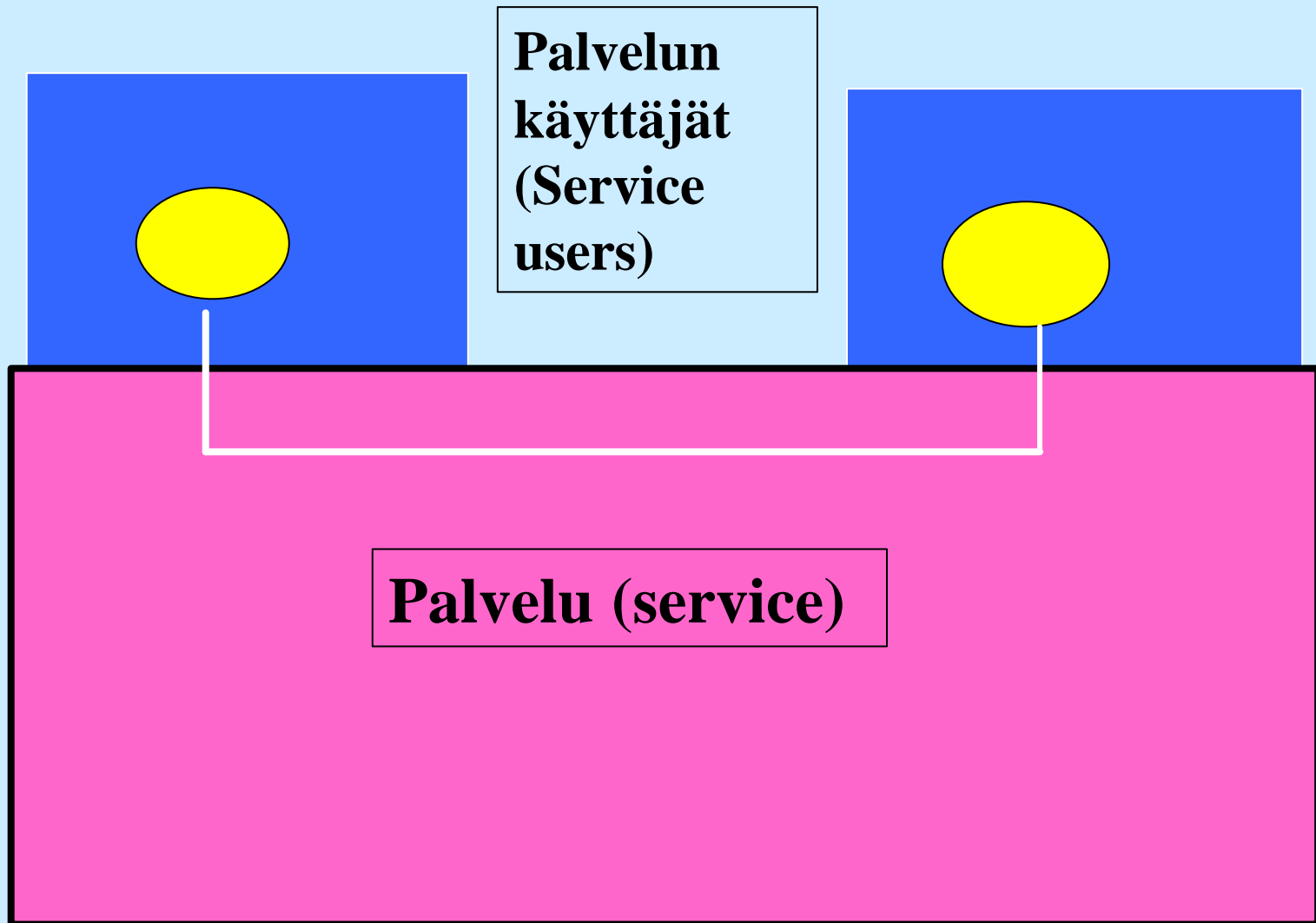
- ~ abstrakti datatyyppi, olio

- **protokolla**

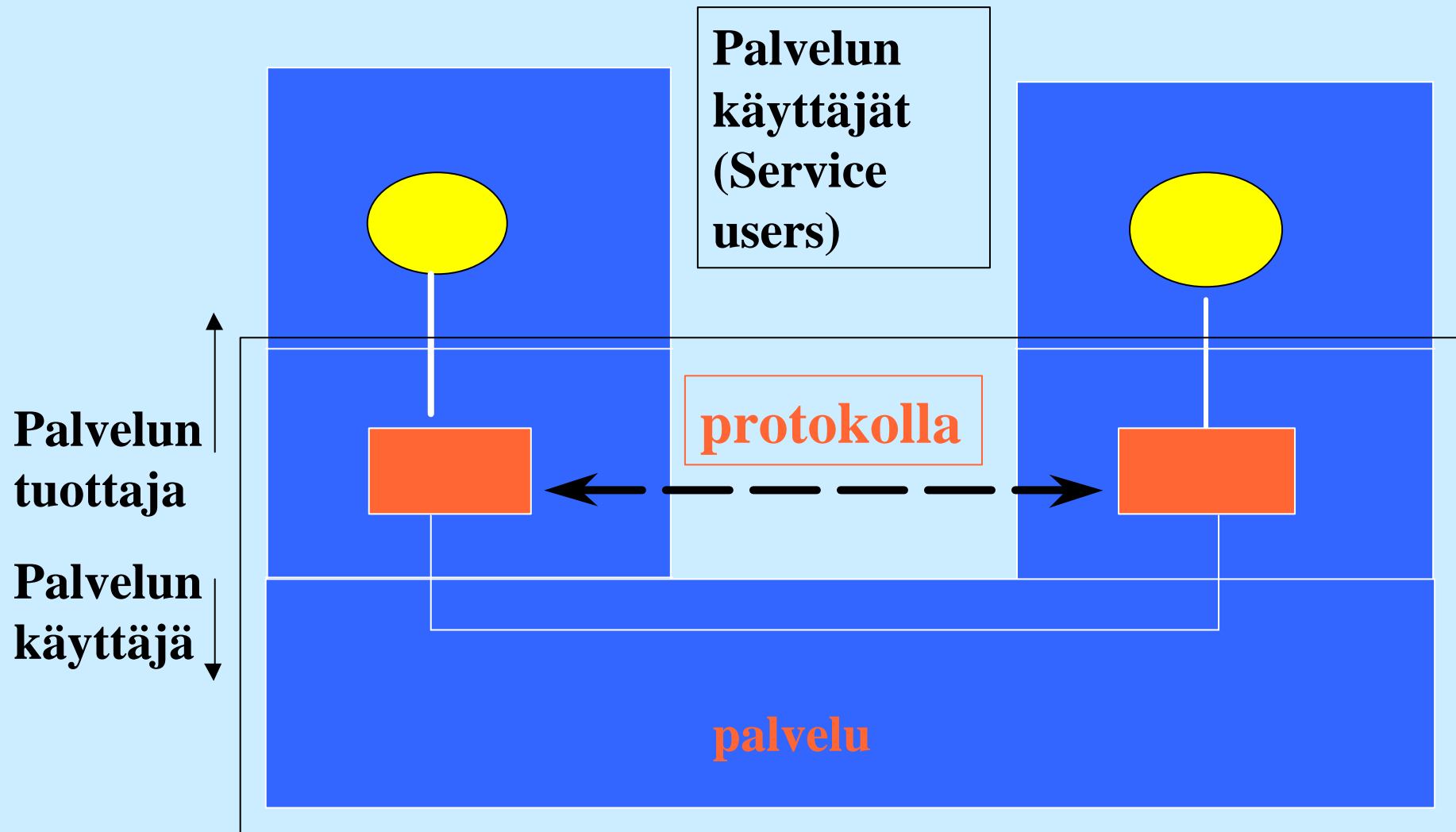
joukko sääntöjä, jotka määräävät, miten vaihdetaan sanomia (muoto, järjestys, ..)

- ~ palvelun toteutus, joka ei näy käyttäjälle

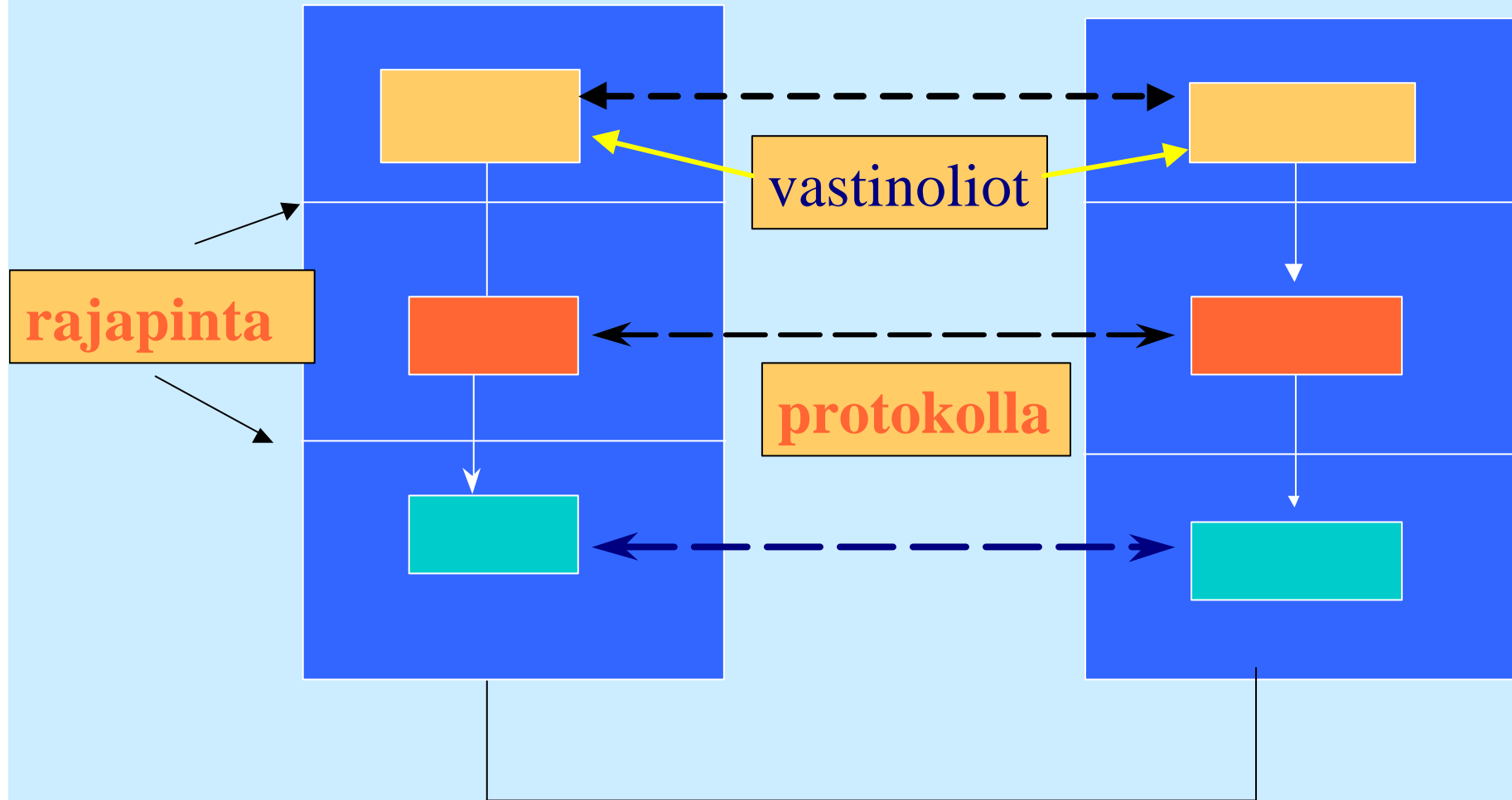
Service user /service



Service /service user/ service provider



Interface / peer entity / protocol



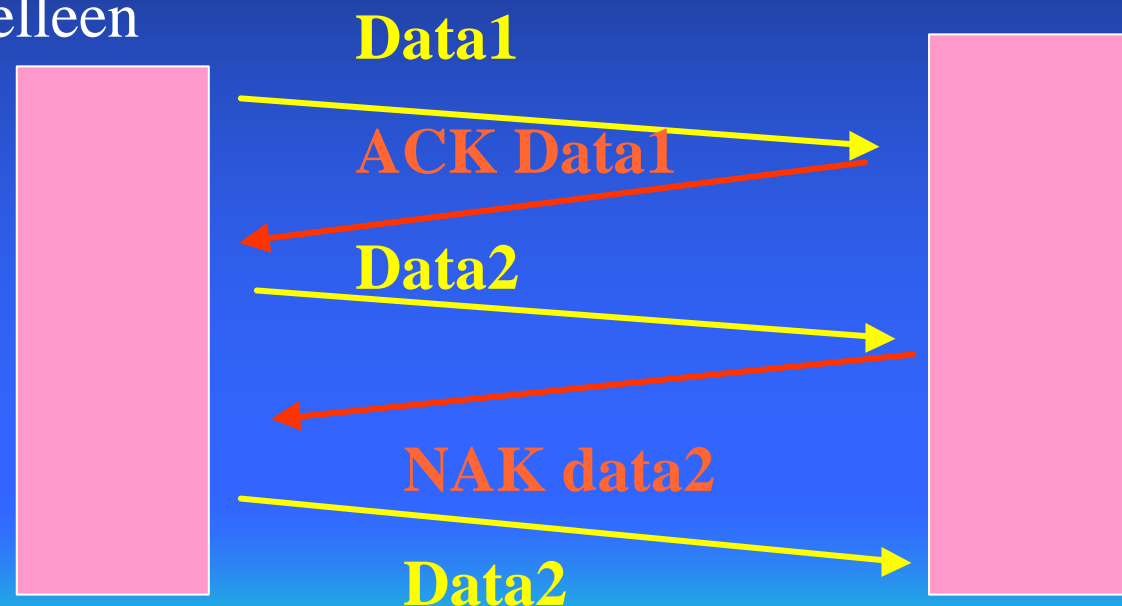
Protokollakerrosten tehtävät yleisesti

Kukin kerros voi suorittaa yhden tai useamman seuraavista tehtävistä

- virhevalvonta
- vuonvalvonta
- sanoman paloittelu ja kokoaminen
- ruuhkanvalvonta
- kanavointi (multiplexing)
- yhteydenmuodostus

Virhevalvonta (error control)

- kaikki sanomat virheettöminä ja oikeassa järjestyksessä
 - luotettava tiedonsiirto (reliable data transfer)
 - kuitaan saadut sanomat ja tarvittaessa lähetetään uudelleen



Pohdittavaa!

- Mistä vastaanottaja voi tietää onko sanoma virheellinen vai ei?
- Entä, jos sanoma tai sen kuittaus katoaa kokonaan eikä lähettäjä saa mitään vastausta lähettämäänsä sanomaan. Miten tällöin lähittäjän tulisi toimia?
- Missä tilanteissa on mahdollista, että vastaanottaja saa useaan kertaan saman sanoma (kaksoiskappale eli duplikaatti)?

Vuonvalvonta (flow control)

- Lähettäjä ei saa lähettää enemmän tai nopeammin paketteja kuin vastaanottaja ehtii niitä käsitellä.



Ruuhkanvalvonta (congestion control)

- Ruuhkatilanteessa verkkoon tulee liian paljon sanomia lähettäjiltä.
- Reitittimet eivät ehdi käsitellä sanomia riittävän nopeasti. Niiden puskurit puskurit täyttyvät, jolloin sanomia häviää.
- Lähettäjät täytyy saada hiljentämään lähettämistään.
 - Internetissä TCP huomaa ruuhkan siitä, ettei se saa kuittauksia sanomiinsa

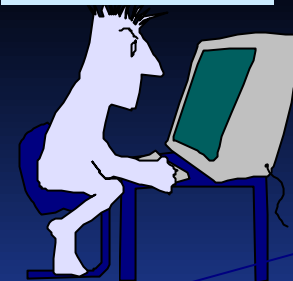
Pohdittavaa!

- Kun puskurit valuvat yli, olisiko parempi hävittää uudet juuri saapuvat sanomat vai ne, jotka ovat ensimmäisinä jonossa?
Perustele vastauksesi.
- Onko ruuhkanvalvonta tarpeellista, jos mikään sovellus ei koskaan lähetä enempää sanomia kuin hitain reititin ehtii käsitellä?

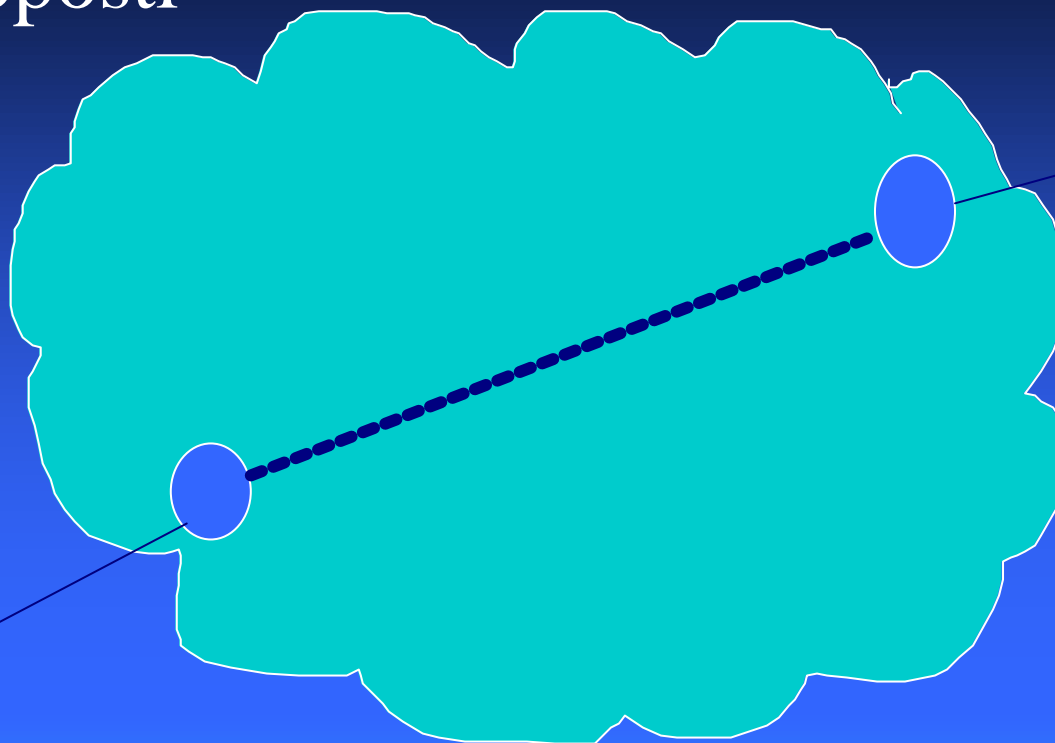
Etäsovelluksen tietoliikennepalvelut

- sähköposti

*HEI,
mites
menee?*



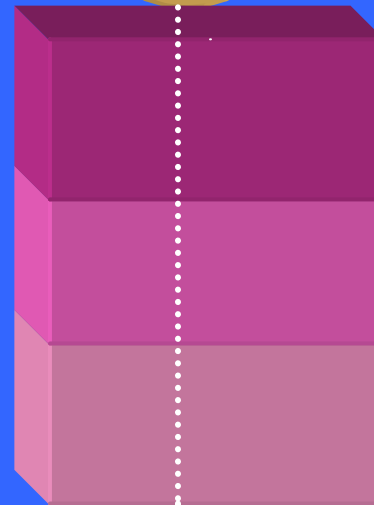
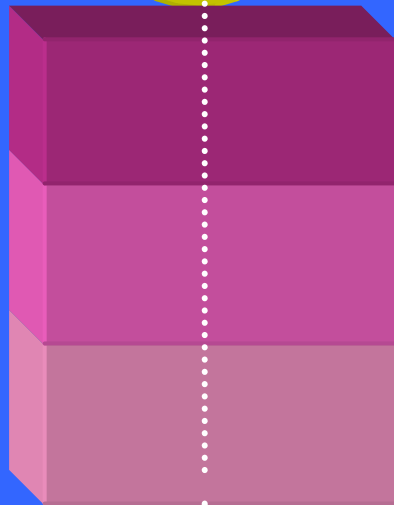
*HEI,
mites
menee?*





**Mail
system**

**Mail
system**



yhteydenotto

Tarkistukset,
korjaukset

Bittien lähetys
ja vastaanotto

..00100100100011101101011..

1.5 Viitemalleja

- **OSI-viitemalli**
(Open Systems Interconnection)

- **TCP/IP -viitemalli**
(Transmission Control Protocol
/Internet Protocol)

OSI-viitemalli

- käsitteellisesti ehjä malli
 - 1978 -> 1982 viitemalli
 - 1983 -> toiminnallisia standardeja
- kerrosmalli
 - 7 kerrosta
- ISO ==> kansainväl. standardeja
 - mutta ei paljoakaan käytössä

TCP/IP -viitemalli

- Internet-protokollastandardi
 - ei niinkään viitemalli
- RFC-julkaisuja, standardeja
 - 1969 ->
- De facto -standardi

OSI-mallin kerrokset

- Sovelluskerros (Application layer)
- Esitystapakerros (Presentation layer)
- Istuntokerros (Session layer)
- Kuljetuskerros (Transport layer)
- Verkkokerros (Network layer)
- Siirtoyhteyskerros (Data link layer)
- Peruskerros (Physical layer)

Peruskerros

- fyysisen yhteyden muodostus
 - kumpi puoli muodostaa ja purkaa yhteyden
 - verkkoliitännän piikkien määrä ja merkitys
- bittien siirto
 - bittien esitystapa (esim. voltteina)
 - ajoitukset

Siirtoyhteyskerros

- siirtokanavien hallinta
 - yleislähetyskanavan lähetysvuorot
 - vuonvalvonta
- siirtovirheiden havaitseminen ja niistä toipuminen
 - tiedon kehystys
 - kuittaukset
 - uudelleenlähetykset

Verkkokerros

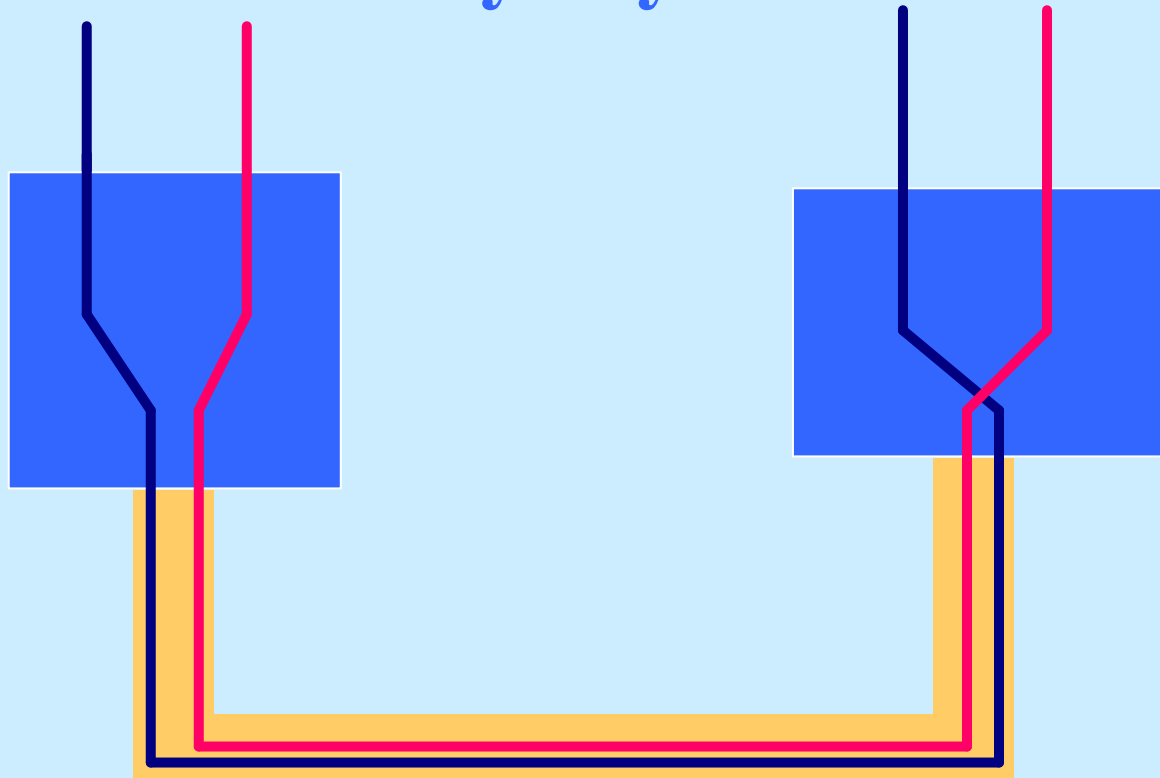
- sanomien jako paketeiksi
- pakettien reititys verkon läpi lähdekoneelta kohdekoneelle
 - verkkojen heterogeisuus
 - erilaisia tiedonsiirto ja kytkentäteknologioita
 - osoittaminen, protokollat, paketin koko
- verkon ruuhkautumisen estäminen
- laskutus

Kuljetuskerros

- tiedonsiirtopalvelu
 - verkosta riippumaton
 - lähettäjältä vastaanottajalle (end-to-end)
- erityyppisiä kuljetuspalveluja
 - esim. luotettava ja järjestyksen säilyttävä
- erilaisia toimintoja
 - virheiden havaitseminen ja korjaus
 - järjestyksen säilyttäminen
 - vuonvalvonta
 - kanavointi

kanavointi (multiplexing)

- useita ylemmän tason yhteyksiä yhdellä alemman tason yhteydellä



(tai päinvastoin)

Istuntokerros

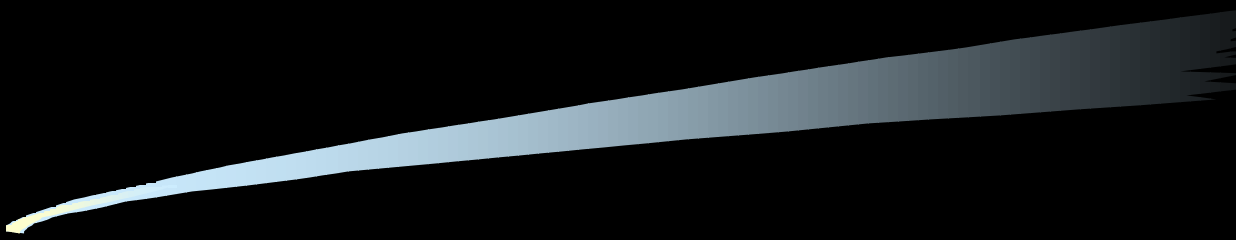
- jäsentää ja tahdistaa tietojen vaihtoa
- istunnossa
 - kommunikointitapa
 - kaksisuuntainen / yksisuuntainen
 - lähetysvuoronsäätely yksisuuntaisessa kommunikoinnissa
 - vuoromerkki varmistaa, että vain toinen osapuoli tekee tietyn toiminnon
 - kommunikoinnin tahdistus
 - esim tiedostonsiirrossa

Esitystapakerros

- huolehtii tiedon esitysmuodosta siirrettäessä tietoa kahden koneen välillä
 - tiedon esitystapa koneessa
 - abstraktisyntaksi
 - siirtosyntaksi
- sopii käytettävästä siirtosyntaksista
- muuttaa tiedon tarvittaessa siirtosyntaksin mukaiseksi
- salaus ja tiivistys haluttaessa

Sovelluskerros

- yleisesti käytettyjä protokollia
 - tiedostonsiirto
 - sähköposti
 - virtuaalipääteprotokolla
 - jne
- peruspalvelut sovellusyhteydelle
 - yhteyden muodostus

- 
- kukin kerros korjaa omat virheensä.
 - jos ei pysty, ilmoitus ylemmälle kerrokselle

==> virheen havaitsemista ja virheestä toipumista joka kerroksella

TCP/IP -viitemalli

- Lähtökohdat
 - yhdistää monia hyvin erilaisia verkkoja
 - vikasietoisuus (DoD)
 - joustavuus
 - monia uusia sovelluksia
- Tulos
 - pakettikytkentäinen
 - yhteydetön verkko
- ensin tehtiin toimivat protokollat, sitten vasta 'viitemalli'

IP- ja TCP-viitemallin protokollat 1

- Peruskerros, linkkiyhteyskerros
 - mitä tahansa linkkiprotokollia
 - esim. PPP, Ethernet
- Verkkokerros
 - **IP-protokolla**
 - eri verkot yhdistävä protokolla
 - useita reititysprotokollia
 - reititystä varten

TCP/IP-viitemallin protokollia 2

- Kuljetuskerros
 - **TCP**-protokolla
 - luotettava yhteydellinen protokolla
 - **UDP**-protokolla
 - epäluotettava yhteydetön protokolla
- Sovelluskerros
 - **FTP, TELNET**
 - **DNS**
 - **SMTP**
 - **HTTP** ,

1.6. Esimerkkejä verkoista

- Joitakin esimerkkejä käsitellään harjoituksissa
 - laitosten (osastojen) verkkoja
 - yliopistojen / yritysten verkkoja
 - FUNET, NORDUNET
 - puhelinverkko
- **INTERNET**

Internet

- 1969: 4 konetta (ARPANET)
- 1972: 30 konetta, 1. Sähköpostiohjelma
- 1979: 1988 konetta
- 1985: 2000 konetta (1983: TCP/IP)
- 1989: 160 000 konetta
- 1995: 6 miljoonaa konetta
- 1998: 37 miljoonaa konetta
- 2000: arviolta 142 miljoonaa käyttäjää
 - 2.4% maailman väestöstä

Pääsy Internetiin

- Modeemilla puhelinverkon yli
 - tiedonsiirtonopeus < 56 Kbps
- ISDN-teknologia käyttäen < 128 Kbps
- ADSL (asymmetric digital subscriber line)
 - kehittynyt modeemitekhnologia
 - => 8 Mbps
- Kaapeli-TV
 - kaapelimodeemi, yleislähetys
- lähiverkosta
- langaton yhteys: GSM, WAP, GRPS, UMTS

Palvelut käyttäjän näkökulmasta

- Sovellukset
 - sähköposti
 - internetsivujen lukeminen
 - pankkipalvelut
 - sähköinen kaupankäynti
 - verkkoyliopisto
 - verkkokirjasto
 - ...