

## 2. Peruskerros

- **tiedonsiirron perusteet**
- **siirtotie (media)**
  - johtimet, kaapelit
  - langaton siirto
  - häiriöt ja vahvistaminen
- **siirtoverkkoja**
  - puhelinverkko: modeemi, isdn,
  - langaton verkko: soluradio
  - satelliittiverkko

22.9.2000

1

## 2.1 Tiedonsiirto

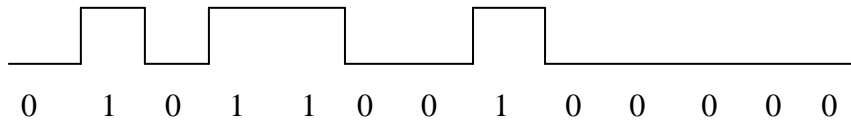
- ☛ **Data siirretään energiana**
  - ☛ **Koodataan data energiaksi, siirretään energiaa ja koodataan takaisin dataksi**
  - ☛ Energia voi olla sähköä, valoa, radioaaltoja, ääntä
  - ☛ Kullakin energialajilla on omat ominaisuudet ja siirtotavat

22.9.2000

2

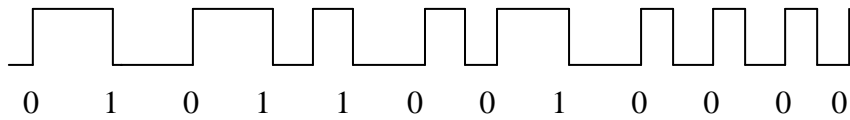
## Koodaus

Yksinkertaisin tapa:



Parempia tapoja: esim. Manchester-koodaus

aina muutos bitin puolivälissä, 0: ensin alhaalla, sitten ylös;  
1: ensin ylhäällä sitten alas



22.9.2000

3

## Lähetin, vastaanotin

- **Lähetin muuttaa datan (bitit) sähkömagneettisiksi aalloiksi tai valopulssiksi**
- **Nämä etenevät siirtomediassa**
- **vastaanotin muuttaa energian takaisin dataksi (biteiksi)**
- **Eri energiatyypeillä erilaista teknologiaa**

22.9.2000

4

## Signaali

- **signaali = aaltoliikettä, jonka**

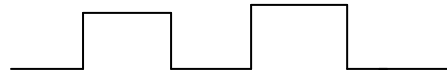
- jännite vaihtelee
- virta vaihtelee

- **analoginen signaali**

- jatkuva sähkömagneettinen aalto

- **digitaalinen signaali**

- sarja volttipulsseja
- “kanttiaalto”



22.9.2000

5

## Kaistanleveys (bandwidth)

- **siirtotien kaistanleveys**

- väli [  $f_1$ ,  $f_2$  ], jolla alueella olevia taajuuksia (Hz) siirtotie pystyy välittämään

- **kaistanleveys määrää siirtotien maksimaalisen siirnopeuden**

- “Bandwidth is simply how much stuff - voice, text, video- you can send through a connection, in a given amount of time. Cell phones are low bandwidth. Cable television is high bandwidth.”

22.9.2000

6

## Esimerkki 1



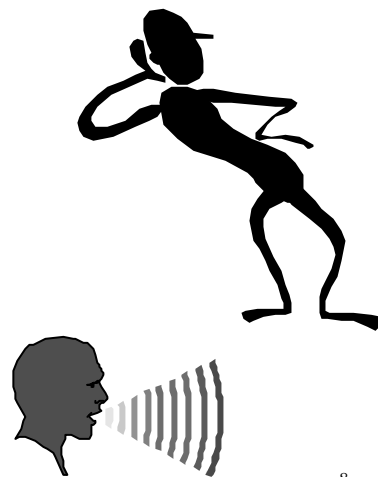
- **Pianolla saadaan ääniaaltoja välillä**
  - 30 Hz (matalat)
  - 4200 (korkeat)
- **Kaistanleveys on**
  - [ 30, 4200] tai
  - 4170 Hz

22.9.2000

7

## Esimerkki 2

- **Ihmisen korva erottaa taajuuudet**  
40 Hz -18000 Hz
- **mutta puhelimen kaistanleveys on**  
[ 200, 3500]
- **äänienergiasta välittyy puhelimessa 98%**



22.9.2000

8

- **Mikä tahansa signaali voidaan esittää eri taajuuksisten siniaaltojen yhdistelmänä**
  - mitä enemmän kaistanleveyttä (taajuuksia) on käytettävissä, sitä 'oikeampia' signaaleja saadaan
- Kaistanleveyden merkitys on teoreettisemmin selitetty Tanenbaumin luvussa 2.1.
  - **Fourier-analyysi, Shannon, Nyqvist**
- Näitä asioita käsitellään
  - jonkin verran tarkemmin Tietoliikenne II -kurssilla
  - hyvin paljon tarkemmin Digitaalinen signaalinkäsittely -kurssilla

## Siirtonopeus, siirtoaika

- **Siirtonopeus (data rate, transmission rate)**
  - miten nopeasti dataa pystytään lähettämään (siirtämään) linjalla
  - bps = bittejä sekunnissa
- **Siirtoaika**
  - kauanko datamäärän siirtäminen kestää
  - 10 Mb dataa ja siirtonopeus on 1 Mbs => siirtoviive = 10 sekuntia

## Etenemisviive (propagation delay)

- **Miten nopeasti bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa**
  - mediasta riippuen noin 2/3 valonnopeudesta , joka on ~300.000 km/s
    - Tyhjiössä valonnopeus on 299.795.458 m/s.
- riippuu siirtomediasta ja etäisyydestä
  - merkitystä etenkin satelliittilinkeillä, myös mannerten välisissä yhteyksissä
  - **Valonnopeus on kattonopeus kaikelle viestiliikenteelle**

22.9.2000

11

## 2.2. Siirtomedia

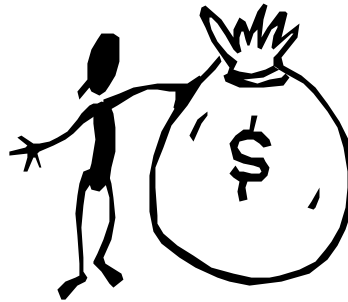
- **peruskerroksen tehtävä**
  - siirtää bittivirtaa koneelta toiselle
- **käytettävissä erilaisia siirtovälineitä**
  - johdollinen
    - kuparijohto, optinen kuitu, kaapeli
  - johdoton
    - radio, satelliitti, matkapuhelin
    - magneettinauha, cd-levy

22.9.2000

12

## 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**



22.9.2000

13

## Kierretty pari (twisted pair)

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

22.9.2000

14

- o
- o
- o

- **Suojattu /suojaamaton**

- UTP yleisesti käytetty LAN:eissa

- **eri luokkia (category)**

- luokka 3: puhelinyhteydet, LAN => 16 Mbps

- kotiyhteydet verkkoon: ISDN, ADSL

- luokka 5: uusiin toimistoihin => 100 Mbps

- enemmän kierteitä ja teflon-eriste

22.9.2000

15

- o
- o
- o

## 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

22.9.2000

16



## Koaksiaalikaapelin signaalit

- **suurta kaistanleveyttä voidaan käyttää**
  - **kantataajuusmoodissa (Baseband)**
    - yksi signaali
    - nopea tiedonsiirto ~10 Mbps
    - digitaalinen signalointi
  - **laajakaistamoodissa (Broadband)**
    - kaista jaetaan kanaviin, 6 MHz
    - useita signaaleja samaan aikaan
    - analoginen signalointi

22.9.2000

17

## Kantataajuuskaapeli

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

22.9.2000

18

- o
- o
- o

## 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

22.9.2000

19

- o
- o
- o

## Laajakaistaverkko

- **Laajakaistaverkoiksi nimitetään verkkoja, joiden tiedonsiirtokapasiteetti on yli 2 M bittiä sekunnissa.**
- **Tekniikka voi olla erilainen**
  - WLAN
  - Gigabit Ethernet
  - ATM-tekniikalla toteutettu B-ISDN
  - valokaapelia
  - TV-kaapelia
  - xDSL

22.9.2000

20

## Valokaapeli

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

22.9.2000

21

## 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

22.9.2000

• toisiosuoja yhdistää useita kuituja

22

## 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)

22.9.2000

23

## Langaton tiedonsiirto

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

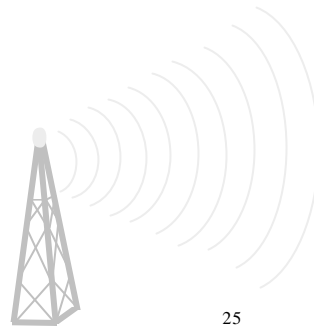


22.9.2000

24

## Radioaallot

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



22.9.2000

25

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

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

22.9.2000

26

- o
- o
- o

## Infrapuna & millimetriaallot

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

22.9.2000

27

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## 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

22.9.2000

=> **signaali vääristyy**

28

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Kohina (Noise)

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

22.9.2000

29

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

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

22.9.2000

30

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## 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

22.9.2000

31

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Pääsy Internetiin

- **Modeemilla puhelinverkon yli**
  - modeemi muuttaa tietokoneen digitaalisen datan analogiseen muotoon
  - lähinnä tiedonsiirto tilaajasilmukan yli
  - tiedonsiirtonopeus < 56 Kbps
- **ISDN-teknologia käyttäen**
- **ADSL (asymmetric digital subscriber line)**
  - kehittynyt modeemitekniologia => 8 Mbps
- **Kaapeli-TV**
  - kaapelimodeemi, yleislähetys

22.9.2000

32

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o



- o
- o
- o

## Pääsy Internetiin

- o
- o
- o

- **lähiverkko (LAN)**

- Ethernet
- Token Ring
- langaton lähiverkko

- o
- o
- o

- **matkapuhelin**

- GSM, WAP
- GRPS,UMTS

- o
- o
- o

- **muut langattomat:** esim. VSAT

22.9.2000

33

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## 2.3. Puhelinjärjestelmä

- o
- o
- o

- **Olemassa oleva infrastruktuuri**  
**'tiedon' kuljetukseen**

- o
- o
- o

- **ongelma**

- äänenkuljetusteknologian sopivuus tietokoneiden väliseen kommunikointiin
  - datalinja  $10^{**7}$  bps, BER  $\sim 10^{**12}$
  - puhelin  $10^{**4}$  bps, BER  $\sim 10^{**5}$
  - vrt. 1km/t  $\leftrightarrow$  1000 km/t  
MTBF 2.8 min  $\leftrightarrow$  53 vuotta

22.9.2000

34

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Tilaajasilmukka (Local loop)

- **Viimeinen pätkä puhelinverkkoa keskuksesta puhelinlaitteeseen**
  - on olemassa
  - volyyymi valtava
    - 1000 kertaa kuuhun ja takaisin
- **säilyy kauan**
- **analoginen**
  - tietokoneen digitaalinen data muutettava analogiseksi

22.9.2000

35

- o
- o
- o

## Ristiriita

- **eri taajuudet vaimenevat eri tavoin**
- **eri taajuudet etenevät eri nopeudella**  
**==> kapea kaista**
  - vähemmän virheitä analogisissa signaaleissa
- **digitaalinen 'kantti'-signaali**  
**==> leveä kaista**
  - digitaalisen signaalin muoto säilyy

22.9.2000

36

- o
- o
- o

## Digitaalisen signaloinnin edut

- **vaimenee ja vääristyy, mutta ylläpidettävissä**
  - vähemmän virheitä
- **eri tietomuodot limitettävissä**
  - ääni, kuva data
- **suuret siirtonopeudet**
- **tekniikka yksinkertainen**

22.9.2000

37

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Digitaalisesta analogiseen

- **tiedonsiirto puhelinyhteydellä**
  - tilaajasilmukassa
- **jatkuva kantoaalto (carrier)**
  - 1000-2000 Hz
- **moduloidaan kantaallon**
  - amplitudia
  - taajuutta
  - vaihetta

22.9.2000

( kts. Tanenbaum kuva 2.18)

38

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Modeemi

- muunnokset digitaalisen ja analogisen signaalin välillä
- kehittynyt modeemi moduloi sekä amplitudia että vaihetta
- 'constellation pattern' ilmoittaa käytetyt vaiheet ja amplitudit

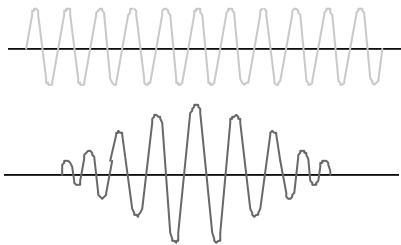
22.9.2000

39

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Aaltoliike



- **amplitudi**
  - signaalin arvo tietyllä hetkellä
  - esim. voltteja sähköjohdossa
- **taajuus**
  - jakson käänteisluku  $1/T$
  - toistojen lukumäärä sekunnissa herz (Hz)

22.9.2000

40

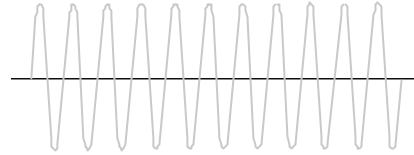
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Tiedon koodaus signaaliin

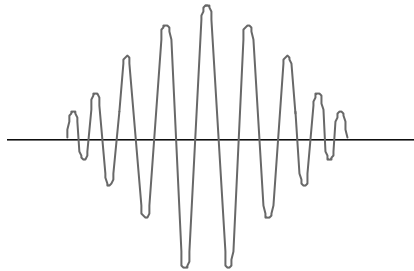
- **bittien koodaukseen käytetään signaalin**

- taajuutta
- amplitudia
- vaihetta



- **signalointinopeus**

- signaalia / s
- yksikkönä **baudi**



22.9.2000

41

- o
- o
- o

## Tiedon koodaus signaaliin (2)

- **perusmalli**

- kukin signaali vastaa yhtä bittiä

- **tiedonsiirron tehostus**

- yksi signaali kuljettaa useita bittejä
- esim. useita amplituditasoja, joista kukin vastaa bittiyhdistelmää

- **tiedonsiirron varmennus**

- monta signaalia kuljettaa samaa bittiä

22.9.2000

42

## Modeemeja

- **QAM (Quadrature Amplitude Modulation)**
  - 9600 bps 2400 baudin linjalla, 16 eri 'tasoa'
- **V.32bis**
  - 14 400 bps 2400 baudin linjalla, 64 tasoa => 6 bittiä
  - faksi
- **V.34**
  - 28 800 bps
- **pienikin linjahäiriö tuhoaa monta bittiä!**

22.9.2000

43

## Paikallissilmukka valokaapelia!

- **tulevaisuudessa nykyinen puhelinliitännä (~3 k Hz) ei riitä**
  - Video on Demand
- **ratkaisuja:**
  - valokaapeli joka kotiin
  - TV-kaapeli; tulee jo joka kotiin
  - xDSL
  - laajakaista langatonyhteys

22.9.2000

44

- o
- o
- o

## xDSL-modeemit

- **digitaalinen paikallissilmukka**  
(Digital Subscriber Loop)
  - kierretyn parin kaistanleveys  $\gg 4000\text{Hz}$
  - rajoitus puhelintekniikasta
- **useita hieman erilaisia ratkaisuja**
  - ADSL
  - HDSL
  - VDSL

22.9.2000

45

- o
- o
- o

## ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop)

- **kaksi eri nopeutta**
  - hidas tilaajalta palvelulle (esim. tilausvideo)
  - nopea palvelulta tilaajalle
- **samanaikainen puhelin- tai ISDN-yhteys**
- **“monimutkainen kehittynyt modeemi”**

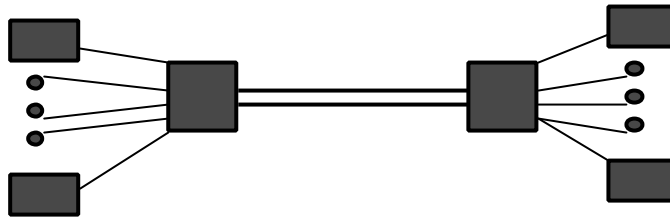
22.9.2000

46

## Kanavointi (multiplexing)

- **Kanavointi (tai limitys)**

- runkolinja yhteiskäytössä



22.9.2000

47

## Kanavointitekniikat

- **FDM (Frequency Division Multiplexing)**

- taajuusjakokanavointi

- linja jaettu useaan eri kanavaan
    - kukin lähettää omalla kanavallaan

- **TDM (Time Division Multiplexing)**

- aikajakokanavointi

- koko kanava vuorotellen eri lähettäjän käytössä
    - lyhyet ajat => tasainen lähetys kaikilla

22.9.2000

48



## Taajuusjakokanavointi

- **puhelinliikenteessä**
  - kullekin kanavalle varattu 4000 Hz
    - 3000 Hz puhelua varten + varoalue
  - eri kanavien taajuusalueet muutetaan erilaisiksi
  - kanavat yhdistetään yhdelle linjalle
    - varoalueesta huolimatta hiukan sotkevat toisiaan

22.9.2000

49

## Aikajakokanavointi TDM

- **digitaalikanavan yhteiskäyttö**
  - FDM: vain analogisille linjoille
- **TDM vain digitaaliselle datalle**
  - puhelinverkossa
    - 'local loop' analoginen
    - runkolinjat digitaalisia
  - tarvitaan muunnos analogisesta digitaaliseen
    - codec: 8000 näytettä/s, 7-8 bittiä/näyte

22.9.2000

50

## PCM (Pulse Code Modulation)

- **tekniikka, jolla analoginen signaali digitalisoidaan**
  - nykyaikaisen puhelinjärjestelmän ‘peruspalikka’
  - useita erilaisia versioita käytössä
    - USA, Japani: T1 carrier -tekniikka
    - ITU-T (CCITT)
  - otetaan anal. signaalista näytteitä, joiden arvo esitetään kiinteällä määrällä (yleensä 8) bittejä.

22.9.2000

51

## Runkolinjoja

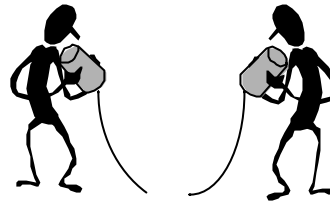
- **T1 Carrier**
  - **24 äänikanavaa, kanavista näyte vuorotellen**
    - 193 bittiä/125  $\mu$ s => 1.544 Mbps
- **E1**
  - **32 kanavaa**
    - 32 näytettä a’ 8 bittiä => 2.048 Mbps
- **runkolinjoja voidaan yhdistää edelleen**
  - esim. yhdistetään jatkossa aina neljä joka kerralla
    - 32, 128, 512, 2048, 8192 kanavaa => 2.048 - 565.148 Mbps

22.9.2000

52

## SONET/SDH

- **SONET (Synchronous Optical NETwork)**
  - Bellcore
- **SDH (Synchronous Digital Hierarchy)**
  - ITU-T
  - eroaa vain hyvin vähän
- **korvaamaan eri tahoilla kehitetyt optiset TDM-käytännöt**



22.9.2000

53

## 2.4 ISDN

- **yhdistää ääni- ja datapalvelut**
  - ääni, kuva, data erikseen tai yhdessä
- **päästä-päähän digitaalinen**
  - digitaalinen 'bittiputki'
- **evolutionäärinen kehitys**
  - N-ISDN (Narrowband ISDN)
  - 64 kbps
- **hyvin suurisuuntainen hanke**

22.9.2000

54

## ISDN-tulevaisuus?

- **massiivinen yritys**
- **runsaasti standardointia**
  - kestänyt yli 10 vuotta
- **tekninen kehitys ajoi ohi**
  - 64 kbps  $\Leftrightarrow$  10 Mbps
- **Internet-käyttö**
  - 2B+D  $\Rightarrow$  144 kbps  $\sim$  28.8 kbps

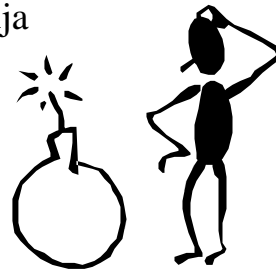


22.9.2000

55

## B-ISDN (Broadband ISDN)

- **nopeus 155 Mbps**
- **ATM-teknologia**
  - pakettikytkentä, virtuaalipiiri
  - kiinteän kokoisia paketteja eli soluja
- **mullistus aikaisempaan**
  - piirikytkentä
  - kytkintekniikka
  - tilaajasilmukka (local loop)



22.9.2000

56

- o
- o
- o

## 2.6 Soluverkko

- hakulaite (pager)
- langaton puhelin
- analoginen matkapuhelin
- digitaalinen matkapuhelin
- 'kommunikaattori'

22.9.2000

57

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Soluverkko

- **tukiasema**
  - joka solussa
  - välittää puhelut tai datakehukset
  - erilaisia tapoja kytkeä toisiinsa
- **esim. GSM:ssä**
  - MSC (Mobile Switching Center)
  - valvonta- ja toimintakeskus
    - yhdistää tukiasemat
    - voi olla useita tasoja
  - handover:

22.9.2000

• puhelimen siirtyminen solusta toiseen

58

- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Digitaaliset solupuhelimet

- **GSM**
  - eurooppalainen standardi
  - 1.8 GHz
  - salaus käytössä
- **GPRS (General Packet Radio Service)**
- **USA**
  - IS-54
    - analoginen ja digitaalinen

22.9.2000  
– IS-95

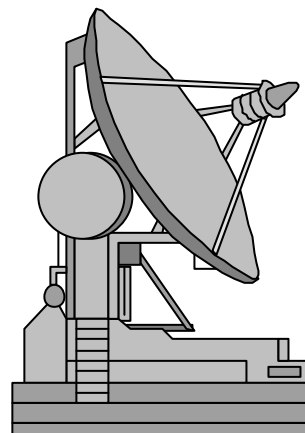
59

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## 2.7 Viestintäsatelliitit

- **geostationäärinen satelliitti**
  - massatiedonsiirtoon
    - ~ kuitu
- **low orbit -satelliitti**
  - ~ mobile phone



22.9.2000

60

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Geostationäärinen satelliitti

- **~ 36000 km korkeudessa**
  - päiväntasaajan yläpuolella
  - pysyy maahan nähden paikallaan
    - sama pyörimisnopeus
- **viive suuri ~ 270ms**
- **suuri lähetyskapasiteetti**
- **vähän virheitä**
- **nopeasti toimintavalmiita**

22.9.2000

61

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
  - o
  - o
- ##
- **yleislähetys**
    - helppo lähettää monelle
    - helppo kuunnella muiden lähetyksiä
      - salakuuntelu helppoa
  - **rajallinen määrä mahtuu päiväntasaajan yläpuolelle**
    - korkeintaan 180 'paikkaa'
    - jos eri taajuuksia, niin useampi

22.9.2000

62

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

## Satelliitti

- satelliitissa 12-20 vastaanotinlähetintä,
- kullakin 36-50 Mhz kaistaa
  - 50 Mbps dataa
  - 800 64 kbps äänikanavaa
- VSAT (Very Small Aperture Terminal)
  - 1 metrin antenni, 1 watti tehoa
  - ylös 19.2 kbps, alas 512 kbps
  - hub toimii välittäjänä => yhä suurempi viive 540 ms

22.9.2000

63

## low orbit -satelliitti

- **750 km korkeudessa**
- **kiertää maapalloa**
  - kun yksi häipyy, toinen tulee
- **satelliitti-ketju**
  - kuusi ketjua riittää peittämään koko maapallon
    - 1628 solua maanpinnan päällä
  - maailmanlaajuinen telepalvelu
- => **UMTS** (Universal Mobile Telecommunication System)

22.9.2000

64



## Yhteenveto:

- **Datan koodaus signaaleihin**
  - digitaalinen/analoginen signaali
- **Datan siirtäminen**
  - siirtotiet (-mediat) ja niiden ominaisuudet
  - taajuus, kaistanleveys, siirtonopeus, etenemisviive
  - siirtotien häiriöt => vahvistaminen
- **Muunnokset analoginen  $\Leftrightarrow$  digitaalinen**
  - modeemi
  - codec, PCM

22.9.2000

65

## Yhteenveto jatkuu

- **Siirtotien yhteiskäyttö**
  - kanavointi: TDM, FDM
    - T1, E1, SONET/SDH
- **Eri teknologioita (Internet-yhteyksiin)**
  - olemassa olevien linjojen käytön tehostamista
    - ISDN, xDSL, kaapeliverkko
  - uusien ratkaisujen kehittäminen
    - valokaapeli

22.9.2000

66

- langattomat yhteydet: radioaallot, satelliittit