



Aalto-yliopisto  
Sähkötekniikan  
korkeakoulu

# ELEC-C5230

## Digitaalisen signaalinkäsittelyn perusteet

### Luento 1:

### Johdanto

# Tämä luento kurssikirjassa

- Sanjit K. Mitra, *Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach*, 4th Edition, McGraw-Hill, 2011.
  - 1 Signals and Signal Processing 1
    - 1.1 Characterization and Classification of Signals 1
    - 1.3 Examples of Typical Signals 13
    - 1.4 Typical Signal Processing Applications 21
- Vaihtoehtoinen materiaali: Rawat, Digital signal processing
  - 1.3 Classification of Signals

# Oppimistavoitteet

Luennon ja siihen liittyvät harjoitukset suoritettuaan opiskelija osaa

- Signaalien luokittelun
  - Dimension ja kanavamäärän perusteella
  - Jatkuvuuden perusteella
- Tunnistaa vastaantulevat signaalit
- Hahmottaa, missä signaalinkäsittelyä voidaan soveltaa
- keskustella yleistajuisella tasolla siitä, miten kurssin sisällön oppiminen hyödyttää häntä

# Mikä on signaali?

- Kielitoimiston sanakirja:
  1. tietoa välittävä merkki
  2. lähete
- Oxford English Dictionary:
  - An alteration of an electric current, electromagnetic wave, or the like by means of which information is conveyed from one place to another; such a current or wave; (also) a current or wave of natural origin that is regarded as conveying information about its source.
- IEEE Signal Processing Society
  - Signal refers to any abstract, symbolic, or physical manifestation of information

# Signaalin määritelmä

- Signaali on riippumattomien muuttujien funktio
- Useat signaalit fysikaalisesta ilmiöstä
  - Sähkömagn. säteily, ääni, lämpötila, ihmisten määrä jonossa...
- Signaali voi olla myös abstrakti
  - Osakekurssit, teksti,...
- Muuttujia esim.
  - Aika, paikka, jännite, paine,...

# Signaalinkäsittely

Signaalinkäsittelyllä tarkoitetaan

1. Signaalien matemaattista esitystä
2. Signaaleille suoritettavia algoritmeja
  - a) Signaalin sisällön muokkaamiseksi
  - b) Signaalin informaation sisällön selvittämiseksi

# Signaalien luokittelu

- Signaalin dimensio = riippumattomien muuttujien määrä
  - 1-ulotteinen (1D) signaali: sähkövirta  $I(t)$
  - 2-ulotteinen (2D) signaali: harmaasävykuva  $s(x,y)$
  - 3-ulotteinen (3D) signaali: harmaasävyvideo  $s(x,y,t)$ , lämpötilajakauma  $T(x,y,z)$
- Signaalin kanavien määrä
  - 1-kanavainen: lämpötila,  $T(t)$ , paine  $p(t)$
  - 3-kanavainen: värikuva  $\underline{u}(x,y)=[r(x,y) \ g(x,y) \ b(x,y)]^T$
  - N-kanavainen: EEG-mittaus

# Signaalien luokittelu



- Mieti, mikä voisi olla
  - 1D, 2-kanavainen signaali:
  - 3D, 3-kanavainen signaali:

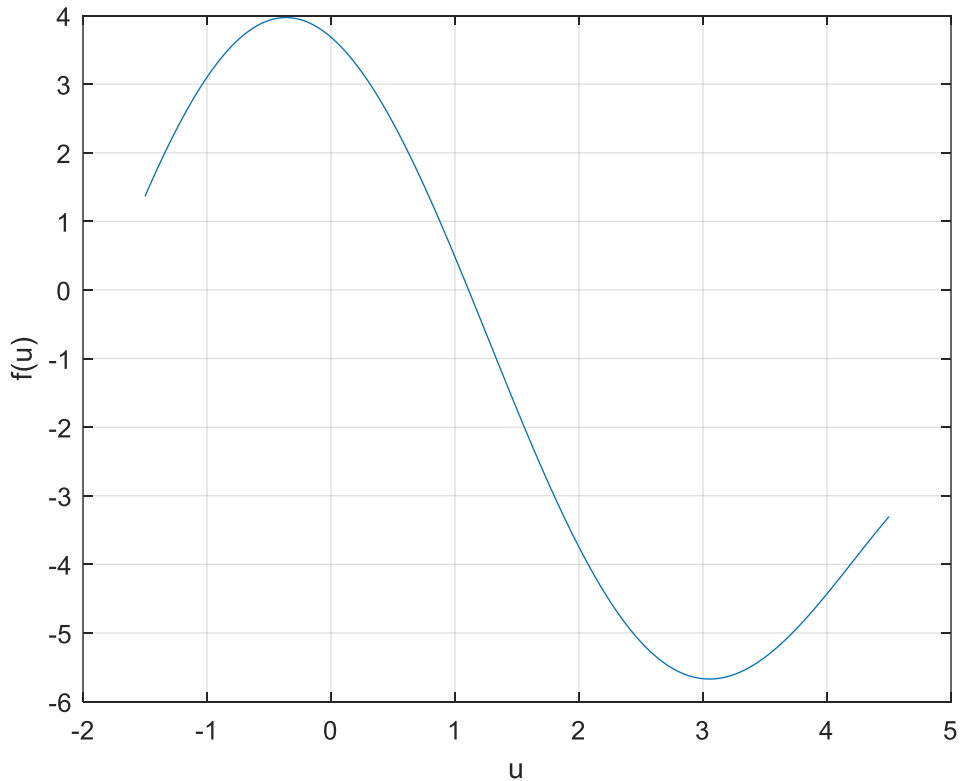


# Signaalien luokittelu



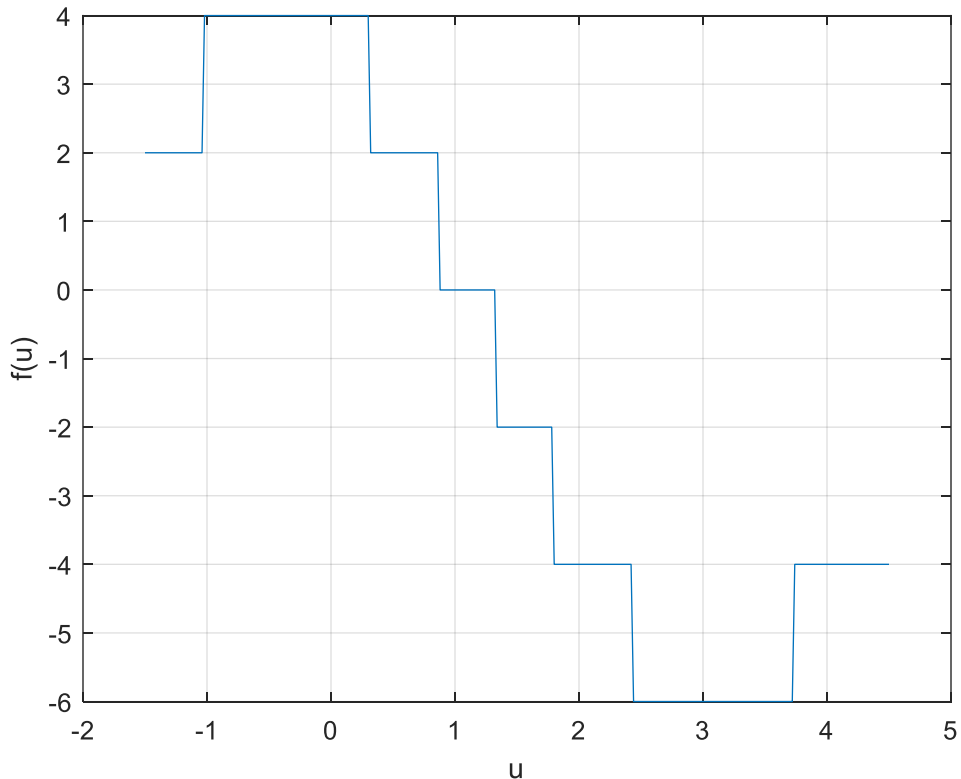
- Mieti, mikä voisi olla
  - 1D, 2-kanavainen signaali: stereoääni  $\underline{s}(t) = [\text{vas}(t) \text{ oik}(t)]$
  - 3D, 3-kanavainen signaali:
    - video  $\underline{s}(x,y,t) = [r(x,y,t) \ g(x,y,t) \ b(x,y,t)]$
    - sähkökenttä  $\underline{E}(x,y,z) = [E_x(x,y,z) \ E_y(x,y,z) \ E_z(x,y,z)]$

# Signaalien luokittelu: jatkuvuus



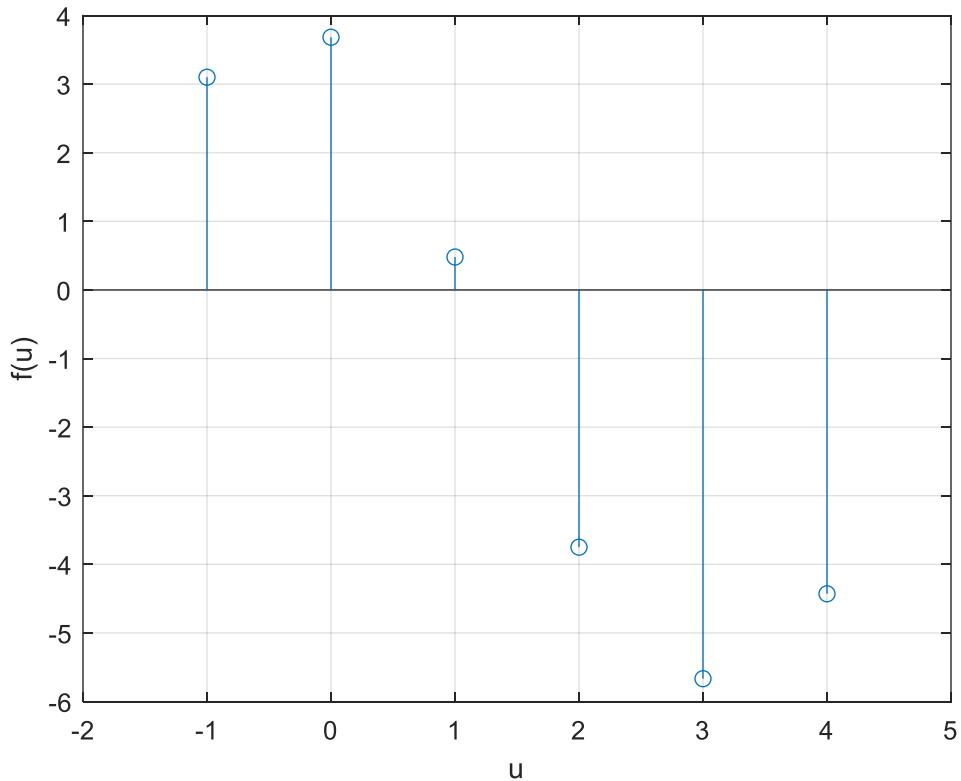
1. **Analoginen signaali:** sekä muuttuja että funktio ovat jatkuvia

# Signaalien luokittelu: jatkuvuus



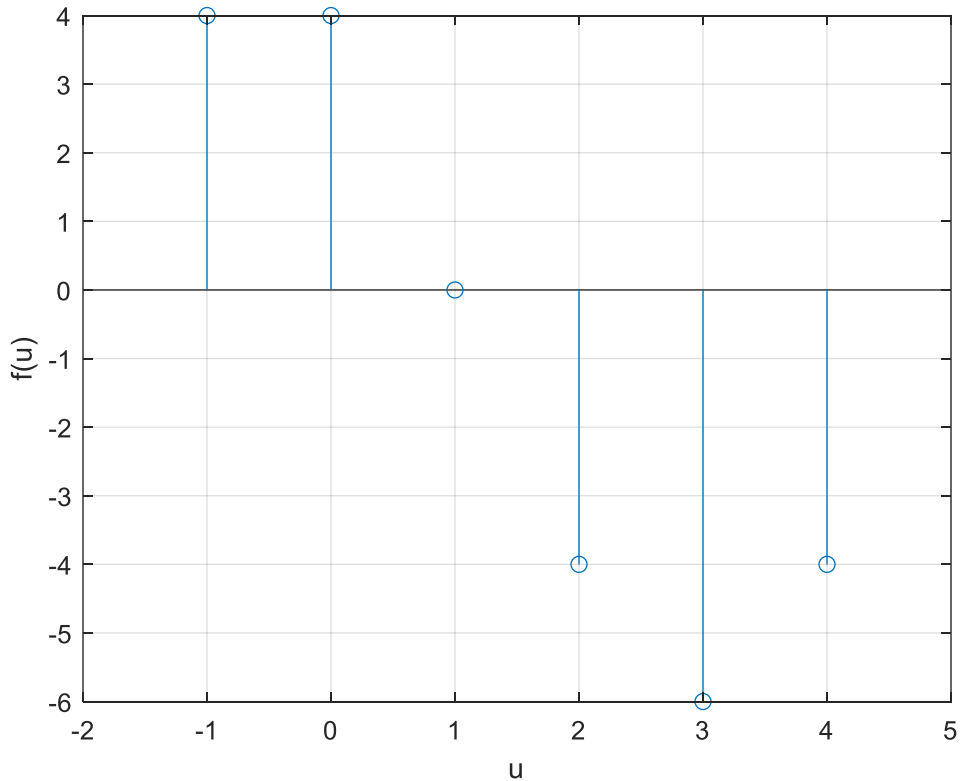
2. **Diskreetti (kvantisoitu) signaali:** funktio saa vain diskreettejä arvoja (huom. Ei välttämättä kokonaislukuarvoja tai tasavälein) (Mitra: “boxcar”)

# Signaalien luokittelu: jatkuvuus



3. Diskreettiaikainen (näytteistetty) signaali: muuttuja saa vain diskreettejä arvoja

# Signaalien luokittelu: jatkuvuus



4. **Digitaalinen signaali:** sekä muuttuja että funktion arvot diskreettejä

# Signaalien luokittelu: jatkuvuus



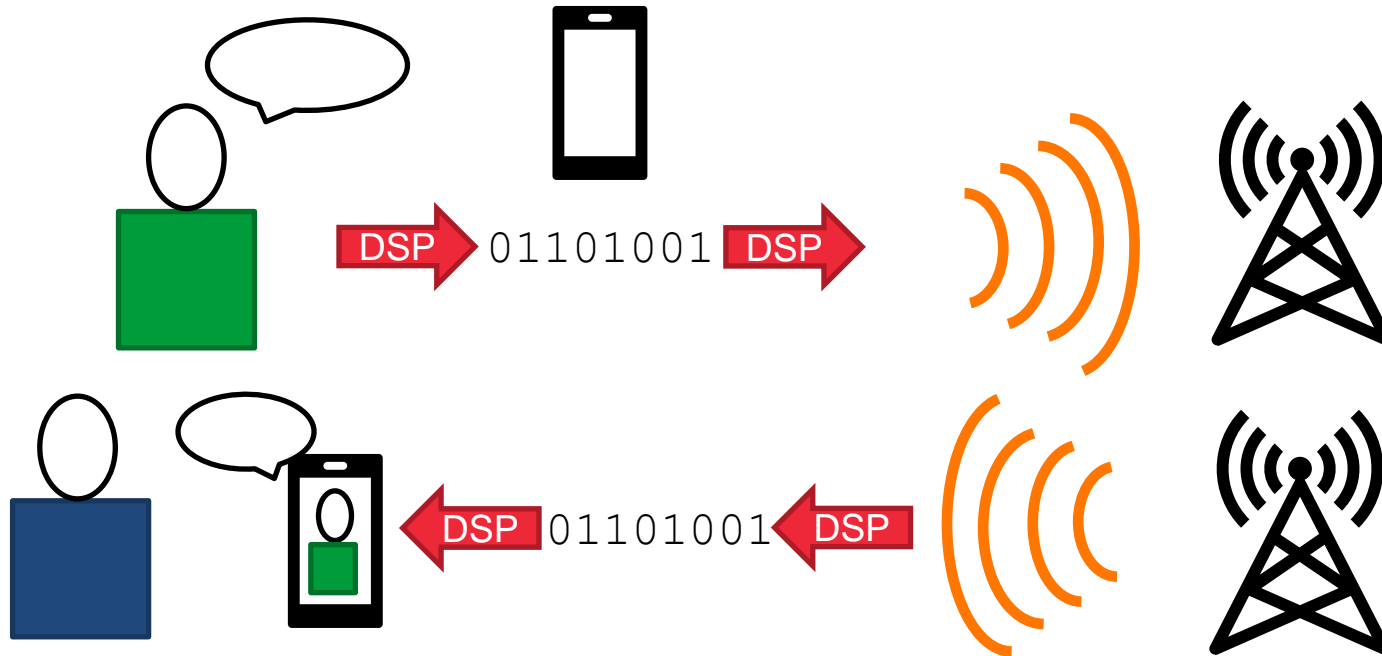
Mieti esimerkkejä signaalityypeille

1. Analoginen signaali
  - Mikä tahansa fysikaalinen mittasuure
2. Diskreetti signaali
  - Ihmismäärä jonossa, rahasumma, ...
3. Diskreettiaikainen signaali
  - Asiakaspalvelutapahtuman kesto, ...
4. Digitaalinen signaali
  - Digitaalisen laitteen tuottama signaali, esim. digikuva

# Mihin tarvitaan signaalinkäsittelyä?

- Televiestintä
- Viihde, musiikki,...
- Valokuvaus
- GPS
- Lääketieteellinen mittaaminen ja kuvantaminen
- Tutka

# Televiestintä



- Kännykät, TV (DVB) täysin digitaalisia
- FM radiolähetykset analogisia, useimmat vastaanottimet digitaalisia



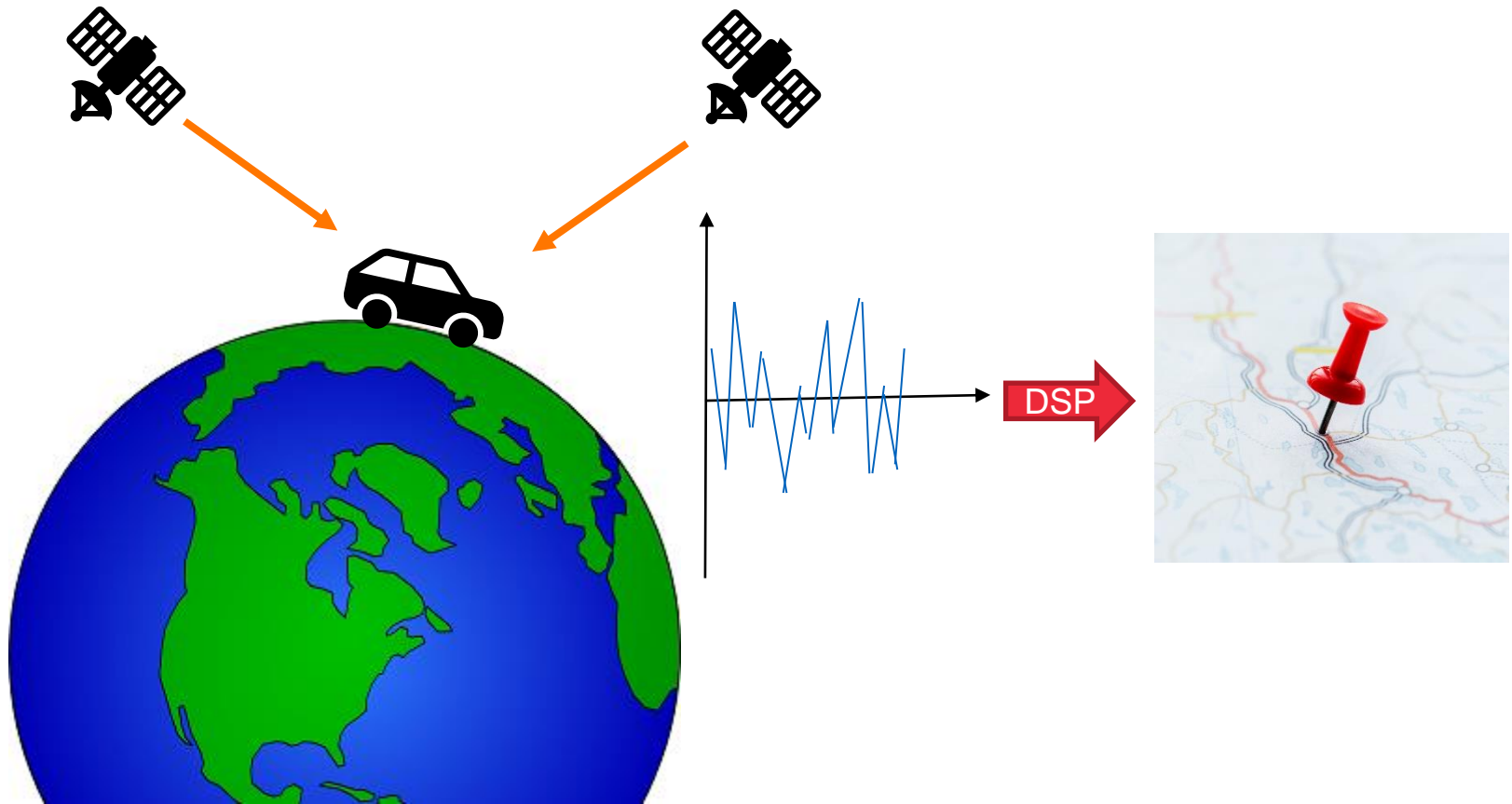
# Televiestintä: mobiilidatan kehitys

- Nopeus tukiasemasta käyttäjälle (downlink)
  - 2G GSM 0,01 Mbit/s
  - 3G GSM EDGE 1,6 Mbit/s, UMTS 14,4 Mbit/s
  - 4G LTE 100-1000 Mbit/s
  - 5G 400-3000 Mbit/s
- Kehitys perustuu
  - Pätelaitteiden kasvaneeseen laskentatehoon
  - Parempiin signaalinkäsittelymenetelmiin

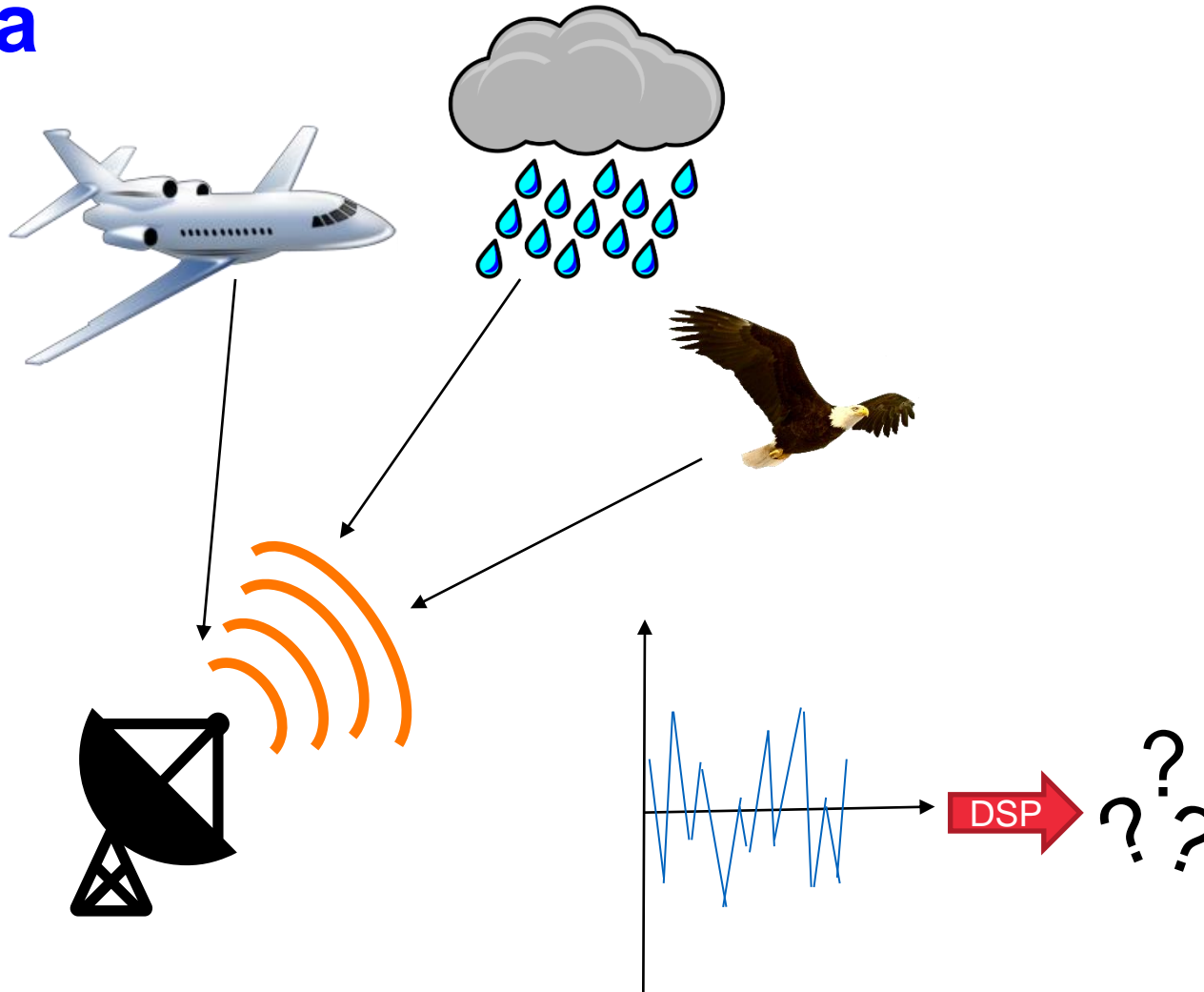
# Viihde ja musiikki

- Tuotanto, tallennus ja siirto nykyisin pitkälti digitaalista
- Käytännön sovellus: aktiivinen melunvaimennus kuulokkeissa

# GPS



# Tutka

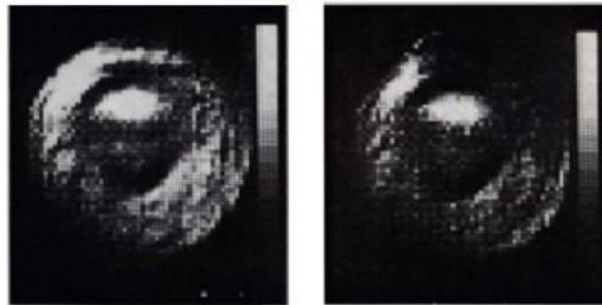


# Lääketieteellinen mittaaminen ja kuvantaminen

- Sykemittari
- Pulssioksimetri
- Ultraääni
- Tietokonetomografia
- ...

# Lääketieteellinen mittaaminen ja kuvantaminen: MRI

Medical imaging by NMR



10 mm

FIG. 4.

Cross-sectional images of a finger obtained *in vivo* by NMR (see text for full details).  
(a) delay  $\tau = 0.5$  sec; (b) delay  $\tau = 0.3$  sec.

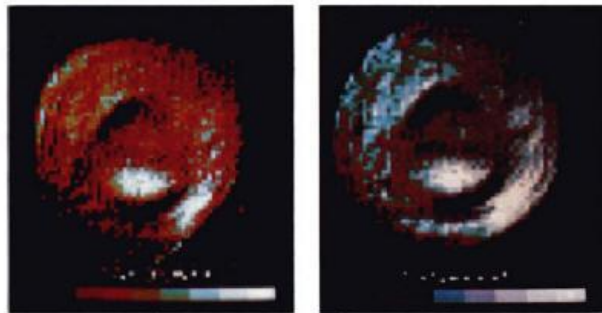


FIG. 5.

Colour versions of the finger images shown in Figs. 4a and b.  
(a) The right colours black through to white correspond to data levels 6-12. The delay time  $\tau = 0.5$  sec.  
(b) The right colours black through to white correspond to data levels 2-9.  
In both pictures, data falling outside the window limits are presented as all black or all white as appropriate.



# Kysymyksiä?