

Luento 6 Tiedon esitysmuodot

Lukujärjestelmät
Kokonaisluvut
Liukuluvut
Merkit, merkkijonot
Totuusarvot
Kuvat, äänet, hajut(?)

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

1

Tiedon tyypit ⁽³⁾

- Kommunikointi ihmisen kanssa
 - kuva, ääni, merkit, ...
- Laitteiston sisäinen talletus
 - kuvaformaattit, ääniformaatit, pakkausstandardit, ...
 - kokonaisluvut, liukuluvut, merkit, merkistöt
 - ohjelmat
- Suorittimen omana lajinaan ymmärtämät tyypit
 - on olemassa konekäskyjä tälle tietotyyppille
 - kokonaisluvut
 - liukuluvut (useimmat suorittimet nykyään)
 - totuusarvot (jotkut suorittimet)
 - merkit (jotkut suorittimet)
 - konekäskyt

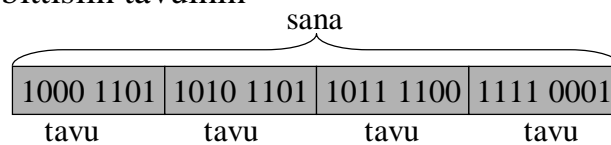
3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

2

Tiedon esitys laitteistossa ⁽³⁾

- Kaikki tieto koneessa on binääribitteinä (0 tai 1)
 - binäärijärjestelmän numerot: 0, 1
 - helppo toteuttaa piireillä
 - helppo suunnitella logiikkaa Boolean algebran avulla
- Muisti jaettu tasapituisiin sanoihin (word)
 - sana = word = 32 bittiä (16 bittiä, 64 bittiä, ...)
- Yleensä sana on jaettu tasapituisiin 8-bittisiin tavuihin (byte)



3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

3

Tiedon esitys laitteistossa ⁽²⁾

- Tietoa siirretään muistiväylää pitkin sanoina
 - joskus useampi kuin yksi sana kerrallaan (lohko)
- Suorittimen rekisterit ovat yleensä yhden tai kahden sanan mittaisia
 - 1 sana: kokonaisluku, pieni liukuluku
 - 1 sana: 1 merkki tai 4 merkkiä
 - 2 sanaa: pitkä kokonaisluku, iso liukuluku

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

4

Tiedon esitys ⁽³⁾

- Kysymys: miten esittää erityyppisiä tietoja?
- Vastaus: koodataan ne biteiksi
 - kaikki tieto on koneessa bitteinä
- Kaikelle käsitellylle tiedolle on omat koodausmenetelmänsä
 - kaikkia koodausmenetelmiä ei ole standardoitu
 - samalla tietotyypillä voi olla useita koodausmenetelmiä
 - kokonaisluvut, liukuluvut, merkit, merkkijonot, kuvat, ...
 - ongelma: ymmärtävätkö koneet toisiaan?
 - tiedon esitysmuotoa voidaan joutua muuttamaan, kun tietoa siirretään koneelta toiselle

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

5

Suorittimen ymmärtämä tieto ⁽⁵⁾

- Kaikki tieto koneessa on koodattuna biteiksi
- Muistissa voidaan esittää kaikki tieto millä tahansa sovitulla esitystavalla (koodauksella)
- Suoritin osaa tehdä operaatioita joillakin esitystavoilla koodatuille tiedoille
 - kokonaisluvut ja liukuluvut (aina)
 - totuusarvot, merkit ja merkkijonot (joskus)
 - kuvat ja äänet (ei yleensä ellei erikoistunut suoritin)
 - hajut (ei vielä)
- Muiden tietojen käsittely tapahtuu ohjelmallisesti
 - esim. merkkejä (merkkien esitysmuotoa) voidaan käsitellä kokonaislukuoperaatioilla ja aliohjelmilla

TTK-91:
kokonaisluvut

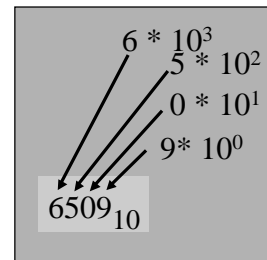
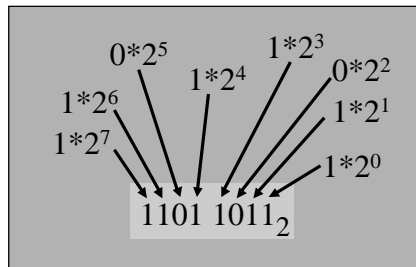
3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

6

Binäärijärjestelmä (2)

- Kantaluku 2, numerot 0 ja 1
 - numeroiden painoarvot oikealta vasemmalle:
 $1=2^0, 2=2^1, 4=2^2, 8=2^3, 16=2^4, 32=2^5, \dots$
 - kymmenjärjestelmässä painoarvot ovat
 $1=10^0, 10=10^1, 100=10^2, 1000=10^3, \dots$

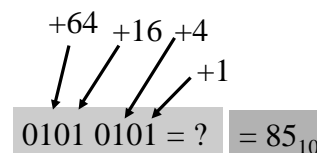
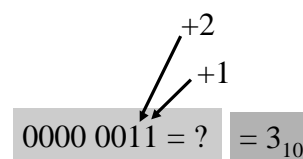
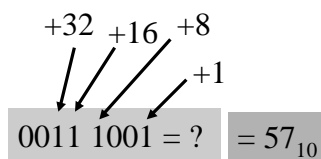


3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

7

Binäärilukuesimerkkejä (9)



3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

8

Binäärilukujen laskutoimitukset ⁽³⁾

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{r}
 11 \\
 101101 \\
 +1100 \\
 \hline
 111001
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 45 \\
 +12 \\
 =57
 \end{array}$$

*	0	1
0	0	0
1	0	1

$$\begin{array}{r}
 101 \\
 *101 \\
 \hline
 101 \\
 +101 \\
 \hline
 11001
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 5 \\
 *5 \\
 =25
 \end{array}$$

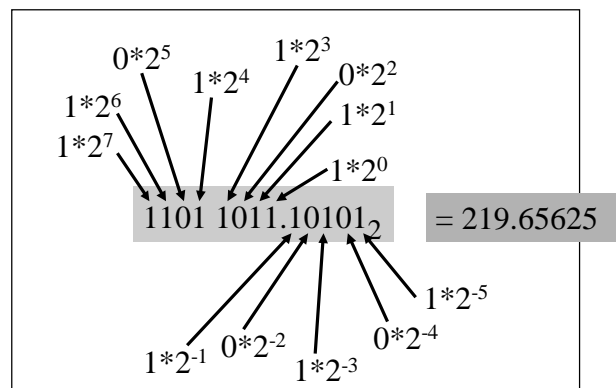
3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

9

Binääripiste ⁽³⁾

- Binääriluvuilla voi olla myös binääriosa (vrt. desimaaliosa)

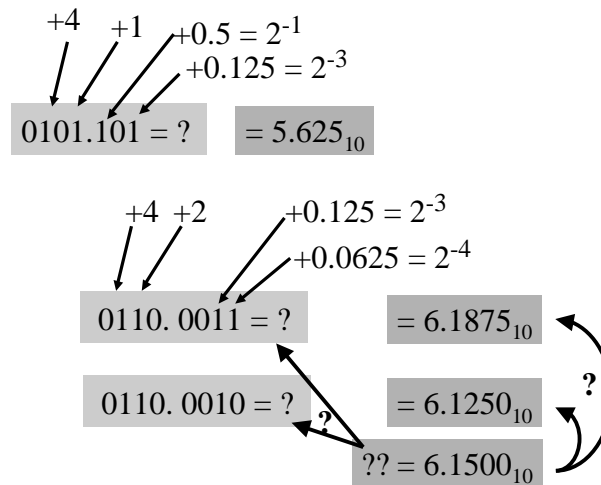


3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

10

Binääripiste-esimerkkejä ⁽¹⁰⁾



3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

11

Muunnokset lukujärjestelmien välillä ⁽⁵⁾

- 2-järjestelmä \Rightarrow 10-järjestelmä
 - esitettiin jo edellä
- 10-järjestelmä \Rightarrow 2-järjestelmä
 - kokonaisosa ja desimaaliosa erikseen
 - kokonaisosa:
 - jaa toistuvasti 2:lla, kunnes 0 jäljellä
 - ota jakojäännökset käännetyssä järjestyksessä

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

12

10-järj \Rightarrow 2-järj
kokonaislukuesimerkki ⁽¹⁾

$57_{10} = ?$	$57/2 = 28$ jää 1	$= 11\ 1001_2$
	$28/2 = 14$ jää 0	
	$14/2 = 7$ jää 0	
	$7/2 = 3$ jää 1	
	$3/2 = 1$ jää 1	
	$1/2 = 0$ jää 1	

loppu

3.4.2004 Copyright Teemu Kerola 2003 13

10-järj \Rightarrow 2-järj
desimaaliosa \Rightarrow binääriosa ⁽²⁾

- Kerrotaan toistuvasti desimaaliluvun desimaaliosa 2:lla, kunnes
 - desimaaliosa = 0 (tarkka binääriesitys) TAI
 - tarpeeksi numeroita haluttuun tarkkuuteen
- Tulos saadaan ottamalla saatujen desimaalilukujen kokonaisosat (0 tai 1) lasketussa järjestyksessä

3.4.2004 Copyright Teemu Kerola 2003 14

10-järj \Rightarrow 2-järj
desimaaliosa \Rightarrow binääriosa ⁽⁹⁾

$0.1875_{10} = ?$	$2 * 0.1875 = 0.375 = 0 + \underline{0.375}$
	$2 * 0.375 = 0.75 = 0 + \underline{0.75}$
	$2 * 0.75 = 1.5 = 1 + \underline{0.5}$
	$2 * 0.5 = 1.0 = 1 + \underline{0.0}$

↓ loppu

= 0.0011_2

= 0.00110000000000000000_2

3.4.2004Copyright Teemu Kerola 200315

Heksadesimaaliesitys

- Binäärilukujen käyttö on tarpeellista, mutta niitä on ikävä kirjoittaa
 - liikaa numeroita
- Kirjoitetaan ne 16-järjestelmässä eli heksadesimaalijärjestelmässä
- 4 bittiä vastaa aina yhtä 16-järjestelmän numeroa
- Yksi 16-järjestelmän numero vastaa aina 4 bittiä
- 16-järjestelmän numerot ovat:
 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9, A, B, C, D, E ja F

10	11	12	13	14	15
----	----	----	----	----	----

3.4.2004Copyright Teemu Kerola 200316

Heksadesimaaliesimerkkejä ⁽⁷⁾

binääri: 0100 0111 1001 1010 1111

16-järj: 4 7 9 A F = 479AF₁₆
 = 0004 79AF₁₆ = 0x 479AF

16-järj: 120ADF₁₆ 1 2 0 A D F

binääri: 0001 0010 0000 1010 1110 1111

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

17

Oktaaliesimerkkejä ⁽⁷⁾

Numerot: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

binääri: 01 000 111 100 110 101 111

8-järj: 1 0 7 4 6 5 7 = 1074657₈
 = 0001074657₈ = 01074657

8-järj: 120371₈ 1 2 0 3 7 1

binääri: 001 010 000 011 111 001

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

18

Big vs. Little Endian ⁽³⁾

- Miten monitavuiset arvot talletetaan?

Sanan osoite

talleta 0x11223344 ??

tavuosoitteet

Big-Endian: eniten merkitsevä tavu pienimpään osoitteeseen

Little-Endian: vähiten merkitsevä tavu pienimpään osoitteeseen

0x1200 0x1201 0x1202 0x1203

0x11 0x22 0x33 0x44

0x44 0x33 0x22 0x11

3.4.2004 Copyright Teemu Kerola 2003 19

Big vs. Little Endian ⁽⁵⁾

- Monitavuisen tiedon (sana-) osoite on sama molemmissa tapauksissa
- Tavujen järjestys on erilainen
- Suorittimen suunnittelija päättää
 - Matematiikkapiirien tulee tietää miten luvut esitetty
 - Täytyy ottaa huomioon siirrettäessä tietoa verkon yli
- Power-PC: bi-endian - molemmat moodit käytössä
 - voidaan valita ohjelmakohtaisesti
 - etuoikeutetussa tilassa voidaan vielä valita erikseen
 - suoritin osaa laskea kummallakin tavalla talletetuilla luvuilla

TTK-91: big-endian

3.4.2004 Copyright Teemu Kerola 2003 20

Negatiiviset luvut (4)

- Etumerkkibitti erikseen
- Yhden komplementtiesitys ^{luku} $-57 = \underline{1}011\ 1001$ ^{talletusmuoto}
- Kahden komplementtiesitys
- **Vakiolisäys**
 - Esim lisää 127 ($=2^8 - 1$)
 - yleensä: $2^{\text{bittilkm}} - 1$
 - Talleta etumerkittömänä

arvo talletus

$+57 = 0011\ 1001$

sign bit = MSB
= most significant bit

$-57 = \underline{1}011\ 1001$ talletusmuoto

$-57 = 1100\ 0110$

“sign” bit (+1)

$-57 = 1100\ 0111$

“sign” bit

$-57 = 0100\ 0110$

$-57 + 127 = 70$

$+57 = 0111\ 1000$

$+57 + 127 = 184$

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

21

Kahden komplementti (7)

- Useimmiten käytössä
- Etu: vain yksi nolla
 - yhden komplementissa kaksi nollaa
 - $+0 = 0000\ 0000$ $-0 = 1111\ 1111$
- **Helpot muunnokset: arvo \leftrightarrow esitysmuoto**
 - miten arvo -57 esitetään?
 - $1100\ 0110 + \underline{1} = 1100\ 0111$
 - mitä arvoa esitysmuoto $1100\ 0111$ tarkoittaa?
 - $-(0011\ 1000 + \underline{1}) = -0011\ 1001 = -57$

$+57 = 0011\ 1001$

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

22

Liukuluvut ⁽³⁾

- Tietokoneessa ei ole reaalilukuja tai rationaalilukuja (matemaattiset käsitteet)
- Aina rajallinen esityksen tarkkuus
 - lukuja π (pii), $\text{SQRT}(2)$, tai $1/3$ ei voi esittää tarkasti
 - esim. luvut 1.000000000 ja luvut 1.000000001 ovat yhtäsuuria (joissakin esityksissä)
- Yleinen reaalilukuja vastaava esitysmuoto on liukukuesitysmuoto float, double, real
 - 32 bittiä, noin 7-8 desimaalinumeron tarkkuus
 - 64 bittiä, noin 16-17 desimaalinumeron tarkkuus

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

23

Liukulukujen esitys ⁽⁵⁾

$$+1.23 = +1.23 * 10^0$$

$$+123.0 = +1.23 * 10^2$$

$$+0.123 = +1.23 * 10^{-1}$$

$$-0.000\ 000\ 000\ 123 = -1.23 * 10^{-10}$$

$$+123\ 000\ 000\ 000\ 000 = +1.23 * 10^{14}$$

“+”	“14”	“1.23”
sign	exponent	mantissa or significand
	(exponentti)	(mantissa)

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

24

IEEE 32-bit Floating Point Standard ⁽¹⁾

IEEE
Standard 754

“+”	“14”	“1.1875” = “1.0011”
sign	exponent	mantissa or significand
	(2:n potenssi)	

- Etumerkki
 - 1 bitti, ‘+’ koodattu 0:ksi, ‘-’ koodattu 1:ksi
 - etumerkkibitti $S \Rightarrow$ etumerkin arvo = $(-1)^S$
 - +:n eli 0:n arvo on +1
 - -:n eli 1:n arvo on -1

3.4.2004
Copyright Teemu Kerola 2003
25

IEEE 32-bit FP Standard ⁽²⁾

“+”	“15”	“1.1875” = “1.0011”
sign	exponent	mantissa or significand

- 8 bittiä eksponentille, lisätynä 127:llä (biased form)

todellinen arvo		talletettu arvo
exponent = 5	store	5+127 = 132 = 1000 0100
exponent = -1	store	-1+127 = 126 = 0111 1110
exponent = 0	store	0+127 = 127 = 0111 1111
- esitysmuodot 0 ja 255 erikoistapauksia
 - laajennettu arvoalue: hyvin pienet luvut, NaN, $\pm\infty$
 - talletettu arvoalue: **1 - 254** \Rightarrow tod. arvoalue: **-126 - 127**
(esitysmuoto) (arvoalue)

3.4.2004
Copyright Teemu Kerola 2003
26

IEEE 32-bit FP Standard ⁽⁷⁾

“+”	“15”	“0.1875” = “0.0011”
sign	exponent	mantissa or significand

$1/8 = 0.1250$
 $1/16 = 0.0625$
 0.1875

• 23 bittiä mantissalle siten, että ...

1) Binääripiste (.) on heti ensimmäisen bitin jälkeen

2) Mantissa on normalisoitu: vasemmanpuolimmainen bitti on 1

3) Vasemmanpuolimmaista (eniten merkitsevä) bittiä (1) ei talleteta (implied bit, piilobitti)

mantissa eksponentti

0.0011	“15”
1.1000	“12”
1000	“12”

24 bitin mantissa!

3.4.2004
Copyright Teemu Kerola 2003
27

IEEE 32-bit FP Values ⁽⁹⁾

23.0 = +10111.0 * 2⁰ = +1.0111 * 2⁴ = ?

4+127=131

0	1000 0011	011 1000 0000 0000 0000 0000
sign	exponent	mantissa or significand
1 bit	8 bits	23 bits

1.0 = +1.0000 * 2⁰ = ?

0+127 = 127 0x3F800000

0	0111 1111	000 0000 0000 0000 0000 0000
sign	exponent	mantissa or significand
1 bit	8 bits	23 bits

3.4.2004
Copyright Teemu Kerola 2003
28

IEEE 32-bit FP Values ⁽⁶⁾

0x40740000

0	1000 0000	111 1000 0000 0000 0000 0000
sign 1 bit	exponent 8 bits	mantissa or significand 23 bits

$X = ?$

$$X = (-1)^0 * 1.1111 * 2^{(128-127)}$$

$$= 1.1111_2 * 2$$

$$= (1 + 1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16) * 2$$

$$= (1 + 0.5 + 0.25 + 0.125 + 0.0625) * 2$$

$$= 1.9375 * 2 = 3.875$$

3.4.2004
Copyright Teemu Kerola 2003
29

Merkit ⁽⁵⁾

- Yleensä 1 tavu per merkki
- ASCII, 7 bittiä/merkki (+ tark. bitti?)
 - 'A' = 0x41, 'a' = 0x61, LF = 0x0A
- EBCDIC, 8 bittiä/merkki
- ISO/IEC 8859-15 ('Latin-9'),
 - 8-bittiä/merkki, 256 eri merkkiä käytössä
 - mukana myös ä, ö, š, €

Suomalaiset merkit eri merkistöissä:
<http://www.hut.fi/~kmustone/skandit.html>

3.4.2004
Copyright Teemu Kerola 2003
30

UCS ja Unicode ⁽⁵⁾

- UCS - Universal Character Set
- Samat merkistöt, eri standardit
- 2 tavua eli 16 bittiä per merkki
 - 65536 merkkiä koko maailmassa käytössä oleville n. 200000 symbolille
- Kontrollimerkit
 - 0x0000-001F and 0x0080-009F
 - 0x007F = DELETE, 0x0020 = SPACE
- UCS:ssä myös 8-bittiset koodi ”rivit”
 - eri alueille tai tarkoituksiin (zone) omat 8-bittiset koodinsa

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

31

UCS koodistoja

- Merkit välillä 0x0000-00FF (16 bittiä) samassa järjestyksessä kuin Latin-9 merkistössä (8 bittiä)
 - 16-bittisen UCS:n ”rivi 00” = 8-bittinen Latin-9
- Myös muut aakkoset:
 - I-zone = Kanji (0x4E00-9FFF, 20992 merkkiä)

	4E0	4E1	4E2	4E3	4E4	4E5	4E6
0	一 4E00	丐 4E10	北 4E20	丰 4E30	乚 4E40	乐 4E50	习 4E60
1	丁 4E01	丑 4E11	両 4E21	卯 4E31	乚 4E41	彳 4E51	乡 4E61

- Ei om

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

32

Muita UCS koodistoja

- Heprea: 0x0590-05FF

	059	05A	05B	05C	05D	05E	05F
0		א	ב	ג	ד	ה	ו
1	ז	ח	ט	י	כ	ל	מ

- Arabia: 0x0600-06FF

	060	061	062	063	064	065	066	067
0			ذ	ـ	س	ـ	س	س
1		ع	ر	ف	س	س	س	أ

- Gujarati: 0x0A80-0AFF

	0A8	0A9	0AA	0AB	0AC	0AD
0		ઐ	ઈ	૨	ી	૩
1	૦	૦	૦		૦	

<http://www.unicode.org/charts/>

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

33

Merkkijonot ⁽⁵⁾

- Yleensä peräkkäin talletettu joukko tavuja
- Lisäksi tarvitsee jollain tavalla koodata merkkijonon pituus
 - laitetaan loppuun erikoismerkki
 - C-kieli: `'\0'` = 0x00
 - tai toteutetaan tietueena

20	"Ei yleensä nyt enää!"
----	------------------------

pituus merkkijono
 - ei omia konekäskyjä, käsittely aliohjelmilla
 - kokonaisluku- ja bittimanipulointikäskyt
 - joissakin koneissa `"strcpy"` ja `"strcmp"` konekäskyt

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

34

Totuusarvot ⁽⁵⁾

- Boolean TRUE ja FALSE
- Yleensä koodattu TRUE=1, FALSE=0
 - muttei aina!
 - Totuusarvolauseke *A and B* = kokon.lukulauseke *A*B*
- Usein Boolean arvo per sana
 - loput 31 bittiä nollia
 - ohjelmointikielten Boolean muuttujat
- Joskus pakatussa muodossa 32 arvoa per sana
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla
 - kokonaisluku- ja bittimanipulointikäskyt
 - haluttu konekäsky ”*JTRUE ...*” voidaan toteuttaa konekäskynä ”*JPOS ...*” (jos TRUE = 1)

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

35

Kuvat

- Monta kuvastandardia
 - yleisyys, siirrettävyys, pakkaustiheys
 - näyttöä varten tarvittavan laskennan määrä
- Kuvatiedoston alussa otsake kertoo talletusformaatin
- Viiva- ja vektorikuvat
 - kuva koodattuna objekteina
 - ympyrä, monikulmio, käyrä, alueen väri
- Rasterikuvat
 - kuva koodattuna pisteinä
 - kunkin pisteen väri koodattu esim. 24 bitillä

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

36

Kuvat

- Kuvat on yleensä pakattu mahdollisimman vähän tilaa vievää muotoon
 - optimoitu tilan, ei laskennan mukaan
 - purkaminen voi vaatia paljon laskentaa
- GIF, JPEG, TIFF, BMP,
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

37

Videokuva

- Vie hyvin paljon muistitilaa
- Talletus kuva kerrallaan, esim. 25 kuvaa/sek
 - 1 sekunti hyvälaatuista videokuva pakkaamattomassa muodossa 20 MB
- Talletus ”incrementaalisesti”
 - kun seuraava kuva poikkeaa edellisestä vain vähän ...
 - talleta vain muutokset edelliseen

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

38

Videostandardit

- MPEG (Moving Pictures Expert Group)
- AVI (Audio Visual Interleave)
- MOV, INDEO, FLI, GL, DVD, ...
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla tai ...
- Erikoisprosessoreilla (GPU), joiden käskykanta suunniteltu (jonkin standardin mukaisten kuvien) kuvankäsittelyyn
 - grafiikkakorteilla

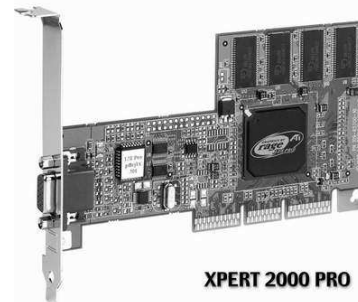
3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

39

Grafiikkakortit

- Esim. 4-256 MB VRAM (dual-port) muistia ...
 - 2 lukua/kirjoitusta samanaikaisesti
- ... tai ”tavallista”, mutta hyvin nopeaa RAMia
- Nopea väylä (ennen PCI, nyt AGP) suorittimelle
- Näytönohjaus monitoristandardien (VGA, XGA, RGB, ...) mukaisesti
- Oma suoritin (GPU)
 - lukee videodataa ja generoi näytettävän kuvan näyttöpuskuriin, josta monitori sen näyttää
- Voi olla integroitu emolevyn kanssa



3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

40

Äänet

- Täydellinen äänidata
 - 44100 näytettä/sek, 16 b/näyte, 88KB /sek
- Syntetisoitu ääni
 - MIDI-käskeyjä
 - Music Instrument Digital Interface
 - ”Soita nuotti N voimakkuudella V”
- Ei omia konekäskeyjä, manipulointi aliohjelmilla tai ...
- Erikoisprosessoreilla, joiden käskeykanta suunniteltu äänen käsittelyyn
 - äänikortit

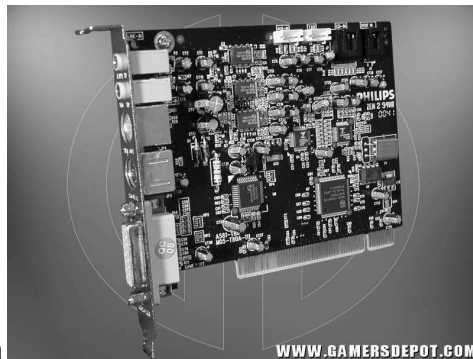
3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

41

Äänikortit

- Esim. 4-64 MB VRAM tai RAM muistia
- Nopea väylä (esim. PCI) suorittimelle
- Oma suoritin, joka lähettää äänet kaiuttimille tai vahvistimeen
 - kaiuttimet tai vahvistin kiinni äänikortilla
- Voi olla integroitu emolevyn (tai grafiikkakortin) kanssa



3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

42

Maku, haju, tunto ja muu data ⁽³⁾

- Tähtien kirkkaus, hajut, veneen tyyppi, tunteen palo,
- Toteutus sovelluskohtaisesti, ei vielä yleisiä standardeja
 - kokonaisluvut (diskreetti data)
 - liukuluvut (jatkuva data)
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi omilla aliohjelmilla

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

43

Haju

ks. HS artikkeli 5.5.2000

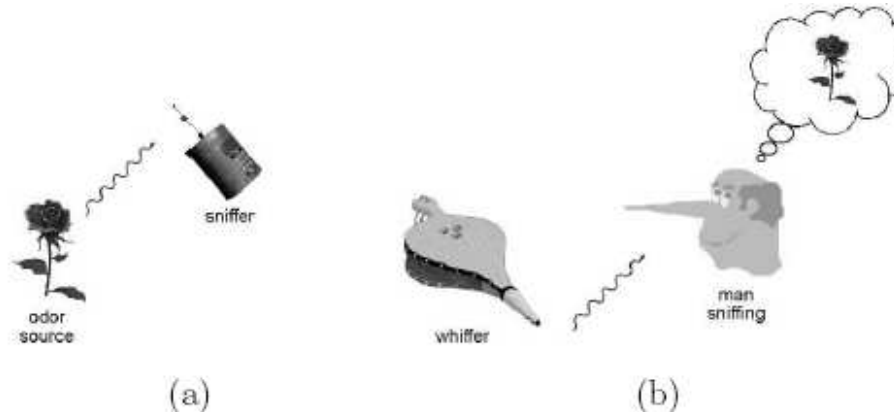


Fig. 1. The building blocks of an odor communication system.

3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

44

-- Luennon 6 loppu --



3.4.2004

Copyright Teemu Kerola 2003

45