

Luento 6 Tiedon esitysmuodot

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

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

1

Tiedon tyypit ⁽³⁾

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

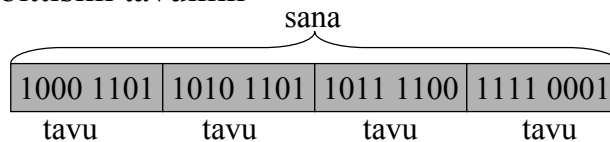
07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

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, ...)
- Usein sana on jaettu tasapituisiin (byte) 8-bittisiin tavuihin



07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

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

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

4

Tiedon esitys ⁽⁷⁾

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

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

5

Suorittimen ymmärtämä tieto ⁽¹⁰⁾

- 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 voidaan käsitellä kokonaislukuoperaatioilla ja aliohjelmilla

TTK-91:
kokonaisluvut

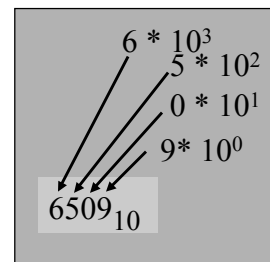
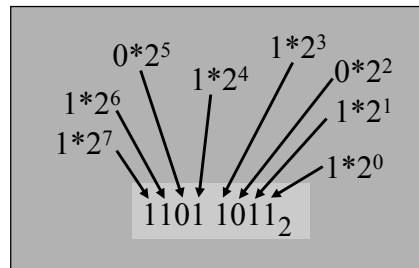
07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

6

Binäärijärjestelmä (2)

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

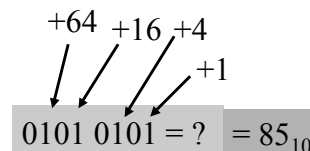
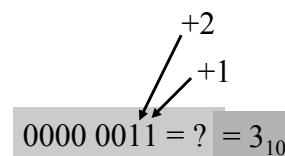
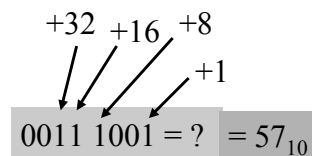


07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

7

Binäärilukuesimerkkejä



07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

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

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

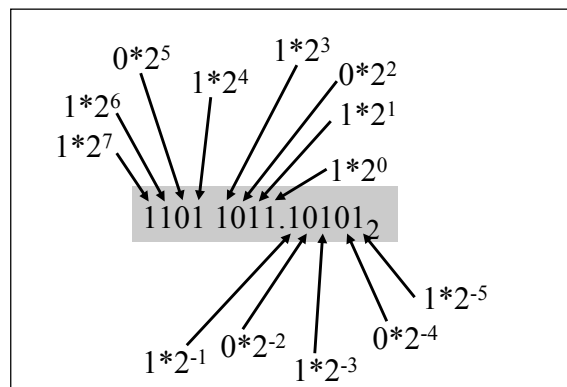
07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

9

Binääripiste ⁽²⁾

- Binääriluvuilla voi olla myös binääriosa (vrt. desimaaliosa)

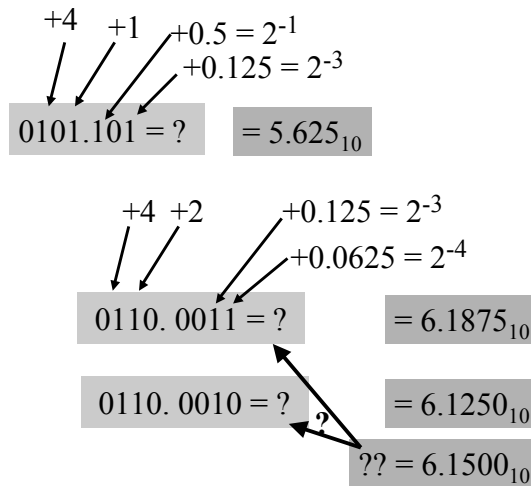


07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

10

Binääripiste-esimerkkejä ⁽¹⁰⁾



07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

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 käänntyssä järjestyksessä

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

12

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

$57_{10} = ?$	$57/2 = 28$ jää 1	$= 11\ 1001_2$
	$28/2 = 14$ jää 0	$= 0011\ 1001_2$
	$14/2 = 7$ jää 0	
	$7/2 = 3$ jää 1	
	$3/2 = 1$ jää 1	
	$1/2 = 0$ jää 1	
	loppu	

07/01/2002 Copyright Teemu Kerola 2002 13

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

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

07/01/2002 Copyright Teemu Kerola 2002 14

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

$0.1875_{10} = ?$	$2 * 0.1875 = 0.375 = 0 + 0.375$	↓ loppu
	$2 * 0.375 = 0.75 = 0 + 0.75$	
	$2 * 0.75 = 1.5 = 1 + 0.5$	
	$2 * 0.5 = 1.0 = 1 + (0.0)$	

$= 0.0011_2$

$= 0.00110000000000000000_2$

07/01/2002 Copyright Teemu Kerola 2002 15

Heksadesimaaliesitys ⁽⁶⁾

- Binäärilukuja 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

07/01/2002 Copyright Teemu Kerola 2002 16

Heksadesimaaliesimerkkejä ⁽¹¹⁾

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

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

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

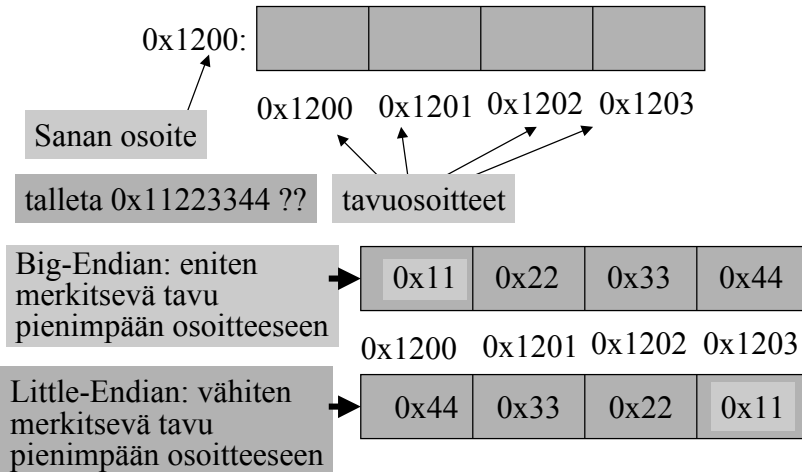
07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

18

Big vs. Little Endian ⁽³⁾

- Miten monitavuiset arvot talletetaan?



07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

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

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

20

Negatiiviset luvut ⁽⁴⁾

$+57 = 0011\ 1001$

- Etumerkkibitti erikseen
 - sign bit = MSB
= most significant bit
 - $-57 = \underline{1}011\ 1001$
- Yhden komplementtiesitys
 - $-57 = 1100\ 0110$
 - “sign” bit
- **Kahden** komplementtiesitys
 - $-57 = 1100\ 0111$
 - “sign” bit
 - $+1$
- Vakiolisäys
 - Lisää $127 (=2^8 - 1)$
 - tai joku muu luku ...
 - $-57 + 127 = 70$

07/01/2002 Copyright Teemu Kerola 2002 21

Kahden komplementti ⁽⁷⁾

$+57 = 0011\ 1001$

- Useimmiten käytössä
- Etu: vain yksi nolla
 - yhden komplementtissa kaksi nollaa
 - $+0 = 0000\ 0000$ $-0 = 1111\ 1111$
- Helppo esitysmuodon muunnos
 - miten luku -57 esitetään?
 - $1100\ 0110 + \underline{1} = 1100\ 0111$
 - mitä lukua esitysmuoto $1100\ 0111$ tarkoittaa?
 - $-(0011\ 1000 + \underline{1}) = -0011\ 1001 = -57$

07/01/2002 Copyright Teemu Kerola 2002 22

Liukuluvut ⁽³⁾

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

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

23

Liukulukujen esitys ⁽⁴⁾

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

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

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

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

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

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

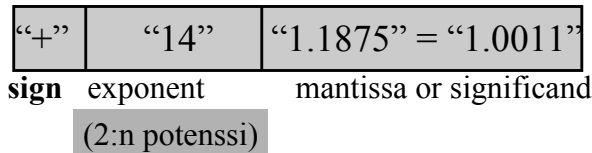
07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

24

IEEE 32-bit Floating Point Standard ⁽³⁾

IEEE
Standard 754



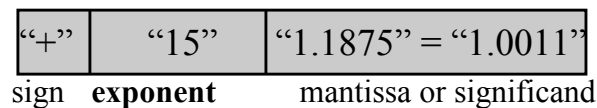
- Etumerkki
 - 1 bitti, 1 ⇒ “-”, 0 ⇒ “+”
 - etumerkkibitti S ⇒ etumerkin arvo = $(-1)^S$

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

25

IEEE 32-bit FP Standard ⁽³⁾



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

$$\text{exponent} = 5 \xrightarrow{\text{store}} 5 + 127 = 132 = 1000\ 0100$$

$$\text{exponent} = -1 \xrightarrow{\text{store}} -1 + 127 = 126 = 0111\ 1110$$

$$\text{exponent} = 0 \xrightarrow{\text{store}} 0 + 127 = 127 = 0111\ 1111$$

- eksponentit 0 ja 255 erikoistapauksia:
 - hyvin pienet luvut, NaN, $\pm\infty$
- talletettu arvoalue: **1 - 254** ⇒ tod. arvoalue: **-126 - 127**

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

26

IEEE 32-bit FP Standard ⁽⁷⁾

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

$1/8 = 0.1250$

$1/16 = \frac{0.0625}{0.1875}$

• 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!

07/01/2002
Copyright Teemu Kerola 2002
27

IEEE 32-bit FP Values ⁽⁸⁾

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

4+127=131

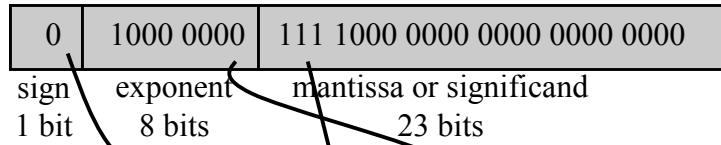
0	1000 0011	011 1000 0000 0000 0000 0000
sign	exponent	mantissa or significand
1 bit	8 bits	23 bits

1.0 = +1.0000 * 2⁰ = ?

0+127 = 127

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

07/01/2002
Copyright Teemu Kerola 2002
28

IEEE 32-bit FP Values ⁽⁶⁾

$$\begin{aligned}
 X &= ? \\
 X &= (-1)^0 * 1.1111 * 2^{(128-127)} \\
 &= 1.1111_2 * 2 \\
 &= (1 + 1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16) * 2 \\
 &= (1 + 0.5 + 0.25 + 0.125 + 0.0625) * 2 \\
 &= 1.9375 * 2 = 3.875
 \end{aligned}$$

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

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, €

Lisää tietoa: ks.
<http://www.tieke.fi/edisty/edis699/stand699.htm>

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

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

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

31

UCS ja Unicode ⁽³⁾

- 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)
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmilla

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

32

Merkkijonot ⁽⁵⁾

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

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

pituus merkkijono
 - ei omia konekäskyjä, manipulointi aliohjelmissa
 - kokonaisluku- ja bittimanipulointikäskyt
 - joissakin koneissa ”strcpy” ja ”strcmp” käskyt

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

33

Totuusarvot ⁽⁴⁾

- 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 aliohjelmissa
 - kokonaisluku- ja bittimanipulointikäskyt
 - käskyn ”*JNZER ...*” asemesta käsky ”*JTRUE ...*”

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

34

Kuvat ⁽⁴⁾

- 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

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

35

Kuvat

- Kuvat ovat 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

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

36

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

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

37

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

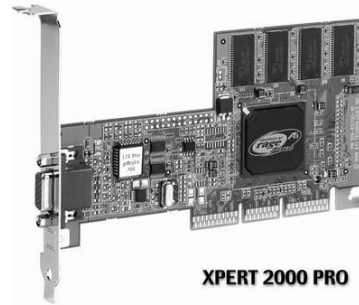
07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

38

Grafiikkakortit

- Esim. 4-64 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



07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

39

Äänet

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

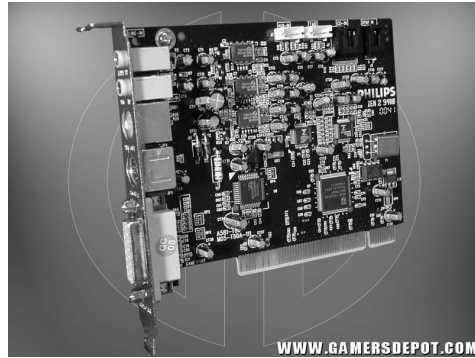
07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

40

Äänikortit

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



07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

41

Maku, haju, tunto ja muu data ⁽³⁾

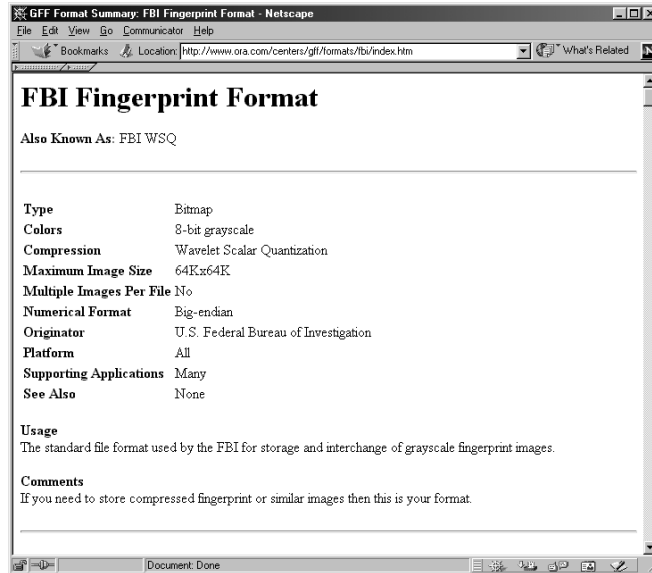
- Tähtien kirkkaus, hajut, ks. HS artikkeli 5.5.2000
veneen tyyppi, tunteen palo,
- Toteutus sovelluskohtaisesti, ei vielä yleisiä standardeja
 - kokonaisluvut (diskreetti data)
 - liukuluvut (jatkuva data)
- Ei omia konekäskyjä, manipulointi omilla aliohjelmilla

07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

42

-- Luennon 6 loppu --



07/01/2002

Copyright Teemu Kerola 2002

43