

Luento 6 Tiedon esitysmuodot

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

14.8.2002

Copyright Teemu Kerola 2002

1

Tiedon tyypit ⁽³⁾

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

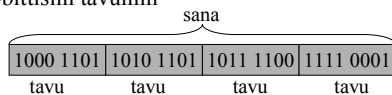
14.8.2002

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 8-bittisiin tavuihin (byte)



14.8.2002

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

14.8.2002

Copyright Teemu Kerola 2002

4

Tiedon esitys ⁽⁷⁾

- Kysymys: miten esittää eri tyyppisiä tietoja?
- Vastaus: koodataan ne biteiksi
 - kaikki tieto on koneessa biteinä
- 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

14.8.2002

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 **TTK-91: kokonaisluvut**
 - 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

14.8.2002

Copyright Teemu Kerola 2002

6

Binäärijärjestelmä (2)

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

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 7

Binäärilukuesimerkkejä

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 8

Binäärilukujen laskutoimitukset (3)

+	0	1
0	0	1
1	1	10

*	0	1
0	0	0
1	0	1

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

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

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 9

Binääripiste (2)

- Binääriluvuilla voi olla myös binääriosa (vrt. desimaaliosa)

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 10

Binääripiste-esimerkkejä (10)

$0110.0010 = ? = 6.1250_{10}$
 $?? = 6.1500_{10}$

14.8.2002 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 käännetyssä järjestyksessä

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 12

10-järj \Rightarrow 2-järj kokonaislukuesimerkki ⁽¹¹⁾

$57_{10} = ?$

$57/2 = 28$ 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		

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 13

10-järj \Rightarrow 2-järj desimaaliosa \Rightarrow binääriosia ⁽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

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 14

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

$0.1875_{10} = ?$

$2 * 0.1875 = 0.375$	$= 0 + 0.375$	↓
$2 * 0.375 = 0.75$	$= 0 + 0.75$	
$2 * 0.75 = 1.5$	$= 1 + 0.5$	
$2 * 0.5 = 1.0$	$= 1 + 0.0$	

loppu

$= 0.0011_2$

$= 0.00110000000000000000_2$

14.8.2002 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
----	----	----	----	----	----

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 16

Heksadesimaaliesimerkkejä ⁽¹¹⁾

binääri: 0100 0111 1001 1010 1111

16-järj: 4 7 9 A F = $479AF_{16}$

$= 0004\ 79AF_{16} = \underline{0x}\ 479AF$

16-järj: $120ADF_{16}$ 1 2 0 A D F

binääri: 0001 0010 0000 1010 1110 1111

14.8.2002 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 = 1074657_8

$= 0001074657_8 = \underline{Q}1074657$

8-järj: 120371_8 1 2 0 3 7 1

binääri: 001 010 000 011 111 001

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 18

Big vs. Little Endian (3)

- Miten monitavuiset arvot talletetaan?

Sanan osoite: 0x1200: [][][][]
 0x1200 0x1201 0x1202 0x1203

talleta 0x11223344 ?? tavuosoitteet

Big-Endian: eniten merkitsevä tavu pienimpään osoitteeseen → 0x11 0x22 0x33 0x44

Little-Endian: vähiten merkitsevä tavu pienimpään osoitteeseen → 0x44 0x33 0x22 0x11

14.8.2002 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
 - Matematiikkapiiriin 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

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 20

Negatiiviset luvut (4)

- Etumerkkibitti erikseen
 - sign bit = MSB = most significant bit
 - luku -57 = 1011 1001 talletusmuoto
- Yhden komplementtiesitys
 - 57 = 1100 0110
 - "sign" bit
- Kahden** komplementtiesitys
 - 57 = 1100 0111
 - +1
 - "sign" bit
- Vakiolisäys
 - Lisää 127 (=2⁸ -1)
 - tai joku muu luku ...
 - 57 + 127 = 70

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 21

Kahden komplementti (6)

- Useimmiten käytössä
- Etu: vain yksi nolla
 - yhden komplementtissa kaksi nollaa
 - +0 = 0000 0000 -0 = 1111 1111
- Helpot muunnokset: arvo ↔ esitysmuoto
 - miten arvo -57 esitetään?
 - 1100 0110 +1 = 1100 0111
 - mitä arvoa esitysmuoto 1100 0111 tarkoittaa?
 - (0011 1000 +1) = -0011 1001 = -57

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 22

Liukuluvut (3)

- Tietokoneessa ei ole reaalilukuja 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 reaalilukuja vastaava esitysmuoto on liukukuesitysmuoto float, double, real
 - 32 bittiä, noin 7-8 desimaalinumeron tarkkuus
 - 64 bittiä, noin 16-17 desimaalinumeron tarkkuus

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 23

Liukulukujen esitys (4)

- +1.23 = +1.23 * 10⁰
- +123.0 = +1.23 * 10²
- +0.123 = +1.23 * 10⁻¹
- 0.000 000 000 123 = -1.23 * 10⁻¹⁰
- +123 000 000 000 000 = +1.23 * 10¹⁴

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

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 24

IEEE 32-bit Floating Point Standard ⁽³⁾

IEEE Standard 754

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

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

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 25

IEEE 32-bit FP Standard ⁽³⁾

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

- 8 bittiä eksponentille, lisätynä 127:llä (biased form)
 - 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, $\pm\infty$
 - tallettu arvoalue: **1 - 254** ⇒ tod. arvoalue: **-126 - 127** (esitysmuoto) (arvoalue)

14.8.2002 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 = 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) → 24 bitin mantissa!

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 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

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 28

IEEE 32-bit FP Values ⁽⁶⁾

0x40740000

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

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

14.8.2002 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>

14.8.2002 Copyright Teemu Kerola 2002 30

UCS ja Unicode ⁽⁵⁾

- UCS - Universal Character Set
- Samat merkit, 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

14.8.2002

Copyright Teemu Kerola 2002

31

UCS ja Unicode ⁽³⁾

- Merkit välillä 0x0000-00FF (16 bittiä) samassa järjestyksessä kuin Latin-9 merkitössä (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

14.8.2002

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 aliohjelmilla
 - kokonaisluku- ja bittimanipulointikäskyt
 - joissakin koneissa "strcpy" ja "strcmp" käskyt

14.8.2002

Copyright Teemu Kerola 2002

33

Totuusarvot ⁽⁴⁾

- Boolean TRUE ja FALSE
- Yleensä koodattu TRUE=1, FALSE=0
 - muttei aina!
 - Totuusarvolauseke $A \text{ and } B$ = 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 käsky "JTRUE ..." voidaan toteuttaa käskynä "JPOS ..." (jos TRUE = 1)

14.8.2002

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

14.8.2002

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

14.8.2002

Copyright Teemu Kerola 2002

36

Videokuva

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

14.8.2002

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

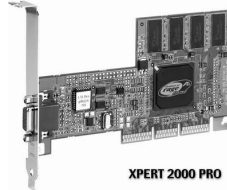
14.8.2002

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



14.8.2002

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 ...
- Erikoisprosessoreilla, joiden käskykanta suunniteltu äänen käsittelyyn
 - äänikortit

14.8.2002

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



14.8.2002

Copyright Teemu Kerola 2002

41

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

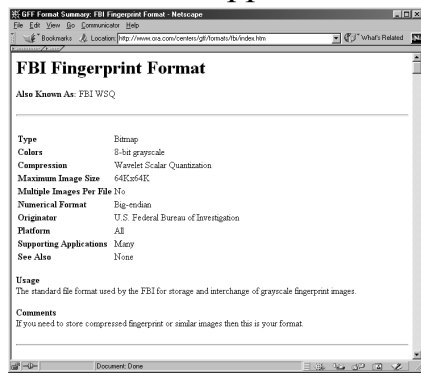
ks. HS artikkeli 5.5.2000

14.8.2002

Copyright Teemu Kerola 2002

42

-- Luennon 6 loppu --



14.8.2002

Copyright Teemu Kerola 2002

43