

Luento 6 (verkkoluento 7)
Tiedon muuttumattomuuden tarkistus
Järjestelmän sisäinen muisti

Pariteetti, Hamming-koodi
Välimuisti, muisti

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

1

Tiedon tarkistus

- Tiedon oikeellisuutta ei voi tarkistaa yleisessä tapauksessa
- Laitteistovirheitä voidaan havaita ja joskus automaattisesti korjata
 - Bitti voi muuttua muistissa tai tiedon siirrossa
 - muistipiirissä voi olla vika (staattinen vika)
 - sopiva alkeishiukkanen voi muuttaa bitin tiedonsiirron aikana (transientti vika)
 - Vian takia tieto muuttuu virheelliseksi (virhe)
 - Korjaamattomasta virheestä voi aiheutua häiriö
- Tietokannan eheys on eri asia!

Lisää
tietoa?Tieto-
kanta
kurssit

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

2

Tiedon muuttumattomuus

- Virheitä tapahtuu
- Otetaan mukaan ylimääräisiä bittejä, joiden avulla virheitä voidaan havaita ja ehkä myös korjata
- Järjestelmä suorittaa tarkistukset automaattisesti joko laitteistotasolla tai ohjelmiston avulla

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

3

Bittitason tarkistukset

- Muistipiirit, levyt, väylät, tiedonsiirrot Hetu: 120464-121C
(merkkejä, ei bittejä)
- Monenko bitin muuttuminen havaitaan? Hetu: 1
- Monenko bitin muuttuminen voidaan automaattisesti korjata? Hetu: 0
- Havaitsemiseen ja/tai korjaamiseen tarvitaan enemmän (ylimääräisiä) bittejä
 - lisämuistitilan tai levytilan tarve? Hetu: +10%
 - lisäpiuhojen tarve väylällä?
- Tarkistukset/korjaukset Hetu: ohjelmistotasolla
laitteisto- vai ohjelmistotasolla?

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

4

Pariteettibitti

- Yksi ylimääräinen bitti per tietoalkio
 - sana, tavu, tietoliikennepaketti
- Parillinen (pariton) pariteetti: 1-bittien kokonaislukumäärä on aina parillinen (pariton)
- Havaitsee: 1 bitti
- Korjaa: 0 bittiä
- Esimerkki (parillinen pariteetti)

0010 001 0

1000 1101 1111 001 1

par.tilantarve: 12.5%

6.25%

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

5

Suomalainen IBAN

Havaitsee: Kaikki yhden merkin virheet
Useimmat kahden merkin virheet
Kaikki kahden merkin vaihtumiset
Useimmat muut virheet

Pankkitilin numero

500015-123

50001500000123 FI00

50001500000123 15 18 00

50001500000123 15 18 00 mod 97 = 61

98-61 = 37

FI37 5000 1500 0001 23

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

6

Hamming etäisyys (R. Hamming 1950)



- Montako bittiä jossain koodijärjestelmässä (esim ISO Latin-1) esitetyllä koodilla (esim. 'A' = 0x41 = 0100 0001) täytyy muuttua, että se muuttuu johonkin toiseen (mihin tahansa) lailliseen koodiin.

'A' = 0x41 = 0100 0001
 'B' = 0x42 = 0100 0010
 'C' = 0x43 = 0100 0011

2 bittiä
 1 bittiä

- ISO Latin-1:n Hamming etäisyys: 1
- Pariteettibitin kanssa Hamming etäisyys: 2
 - mikä todennäköisyys 2 bitin (vs. 1 bitin) virheeseen?
 - riittävän pieni?

$$\text{Prob}\{ \text{"2 bitin virhe"} \} = (\text{Prob}\{ \text{"1 bitin virhe"} \})^2$$

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

7

Virheen korjaava Hamming koodi (R. Hamming 1950)

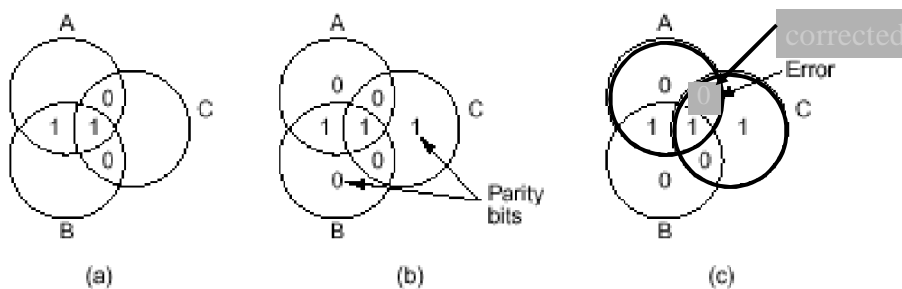


Figure 2-14. (a) Encoding of 1100. (b) Even parity added. (c) Error in AC.

[Tane99]

(a) Kukin databitti (4 kpl) kuuluu erilaisiin pariteettijoukkoihin (3 kpl)

(c) Joukot A ja C havaitsevat virheen ja siten paikallistavat virheellisen bitin

Täsmälleen 1 databitti identifioituu kerrallaan!

(b) Tarvitaan 3 "ylimääräistä" bittiä!

entä jos virhe pariteettibitissä?

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

8

Virheen korjaava Hamming koodi

	oikein	→	virheellinen	
Data:	100 1100		1 0 1100	(parillinen pariteetti)
Bitti nro:	765 4321		765 4321	

Pariteettibitti 1 tarkistaa bittejä 1, 3, 5, 7	1
Pariteettibitti 2 tarkistaa bittejä 2, 3, 6, 7	1
Pariteettibitti 4 tarkistaa bittejä 4, 5, 6, 7	1 1
Tapahtuu virhe: bitti 6 muuttuu (flips)	1 1
Pariteettibitti 2 tarkistaa bittejä 2, 3, 6, 7: VIRHE	1 1
Pariteettibitti 4 tarkistaa bittejä 4, 5, 6, 7: VIRHE	1 1

$2+4 = 6 \Rightarrow$ korjaa bitti nro 6

6.11.2012
Copyright 2012 Teemu Kerola
Keskustele 9

CRC - Cyclic Redundancy Code

- Tiedonsiirrossa käytetty tarkistusmenetelmä
- Tarkistussumma (16 bittiä) isolle tietojoukolla
 - laske $CRC = f(\text{viesti}) \% 2^{16}$ (ota 16 viimeistä bittiä)
 - lähetä viesti ja CRC
 - vastaanota viesti ja CRC
 - laske CRC ja tarkista, oliko se sama kuin viestissä
 - jos pielessä, niin pyydä uudelleenlähetytä

CRC-CCITT CRCs detect:

- All single- and double-bit errors
- All errors of an odd number of bits
- All error bursts of 16 bits or less
- In summary, 99.998% of all errors

6.11.2012
Copyright 2012 Teemu Kerola
10

Virheiden tarkistusmenetelmien käyttöalueet

- Mitä lähempänä suoritinta, sitä tärkeämpää tiedon oikeellisuus on
- Sisäinen väylä, muistiväylä
 - virheet lennossa korjaava Hamming koodi
- Paikallisverkko
 - uudelleenlähetyksen vaativa CRC
 - kun tulee virheitä, niin niitä tulee yleensä paljon
 - Hamming koodi ei riitä kuitenkaan
 - pariteettibitti päästää läpi (esim.) 2 virheen paketit

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

11

Laitteiden monistaminen

- Monta muistipiiriä tai levyä, samat tiedot monistettu
- Monta suoritinta, samat käskyjen suoritukset monistettu
- Monta laitteistoa, samat ohjelmat monistettu
 - äänestysmenettely: enemmistö voittaa
 - monimutkainen, hidas?
 - virheelliseksi havaittu laitteisto suljetaan pois häiriköimästä automaattisesti?
- Eri tai saman tyyppiset laitteistot, samankaltaiset ohjelmat
 - samat speksit, samat syötteen, eri ohjelmoijat

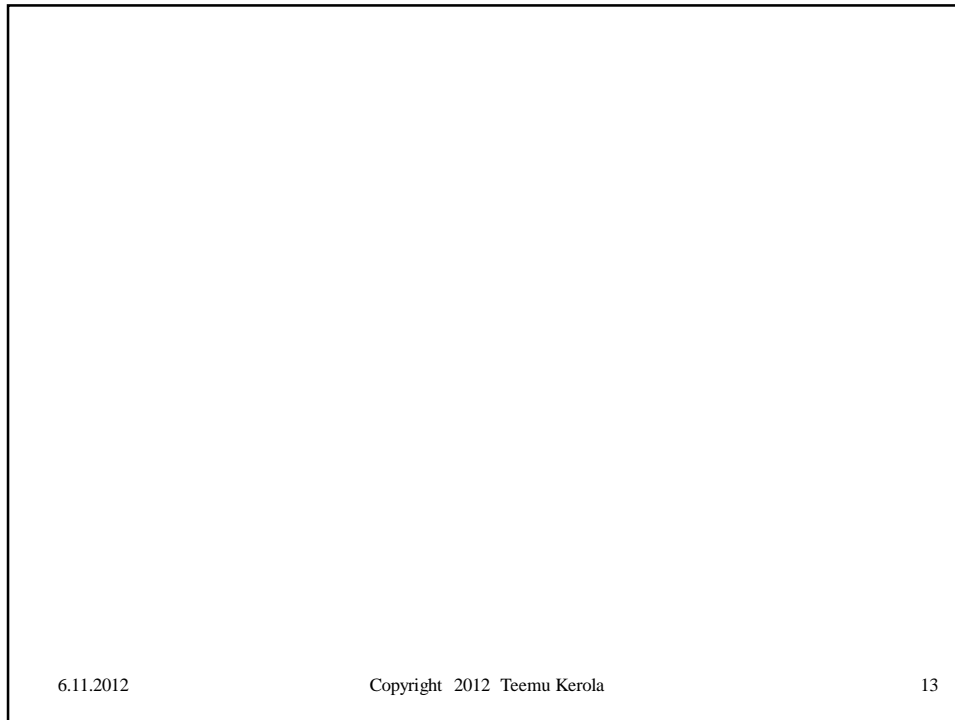
“Four of the five computers (IBM AP-101) on the Columbia ran identical software and compared results with each other before giving the go-ahead to take a specific action. The fifth computer (also IBM AP-101) ran a different version of the software and was used only if the others failed.”

<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/computers/contents.html>

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

12



Välimuisti (cache)

- **Ongelma:** keskusmuisti on aika kaukana suorittimesta
 - rekisterin viittausaika: X
 - muistin viittausaika: 10X
- **Ratkaisu:** välimuisti lähelle suoritinta
 - pidetään siellä kopioita viime aikoina viitatuista keskusmuistin alueista
 - välimuistin viittausaika: 2X
- **Jokainen muistiviite on nyt seuraavanlainen**
 - jos data ei ole välimuistissa, niin hae se sinne
 - suoritin odottaa tällä aikaa, laitteistototeutus!
 - tee viittaus dataan (käskyyn) välimuistissa
 - (talleta muutettu tieto keskusmuistiin)

6.11.2012 Copyright 2012 Teemu Kerola Keskustele 14

Muistin toteutus

- Eri teknologioita eri tasoisiin muisteihin
- RAM - Random-Access Semiconductor Memory
 - anna osoite ja lue/kirjoita signaali
 - mistä vaan voi lukea/kirjoittaa samassa ajassa
 - virta pois \Rightarrow tiedot häviävät (volatile memory)

Kaikki nykyiset keskusmuistit ovat ”random access”

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

15

RAM:n kaksi eri teknologiaa

- DRAM: dynaaminen RAM, halvempi, hitaampi, tietoja pitää virkistää vähän väliä (esim. joka 2 ms)
 - tavallinen keskusmuisti (1975-..) useimmissa koneissa
 - toteutettu kondensaattoreilla, jotka ”vuotavat” ...
- SRAM: staattinen RAM, kalliimpi (~10-20x), nopeampi (~10-50x), vie tilaa enemmän, ei vaadi tietojen virkistämistä
 - välimuisti useimmissa koneissa
 - muisti superkoneissa (esim. Cray C-90)
 - toteutettu samanlaisilla logiikkaporteilla (gate) kuin prosessorikin

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

16

Nykyaikaisen keskusmuistin termejä

- SDRAM (synchronous dynamic random access memory)
 - Kello tahdittaa siirrot väylälle
 - Sisäinen puskuri, useita muistioperaatioita jonossa
- DDR (double data rate) SDRAM
 - Yhden kellopulssin aikana kaksi datasiirtoa, sekä nousevalla että laskevalla pulssin osalla

Kello, väylä -
Lisää tietoa?



Tietokoneen
rakenne

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

17

ROM teknologia

- ROM - Read-Only Memory
 - tieto säilyy virran katkettua (non-volatile)
 - Voi käytönaikana vain lukea, ei voi kirjoittaa
 - esim. järjestelmän alustustiedot (BIOS)
 - kirjoitus lastun valmistusaikana, Mask-ROM
 - ei enää käytössä
 - huono puoli: kerran väärin, aina väärin (ehkä...)
 - päivitys: laita valmistajalta saatu uusi lastu paikalleen
 - tietoa voi lukea mistä vain samassa ajassa (random access)
 - yleensä hitaampi kuin RAM (~10x)

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

18

Kirjoitettavia ROM-muisteja

- PROM - Programmable ROM
 - kerran kirjoitettava
 - tiedon päivitys: ”polta” tiedot tyhjään PROM:iin
- EPROM - Erasable PROM
 - tietoja ei voi päivittää sana kerrallaan
 - vanhat tiedot voidaan (kaikki!) poistaa 20 min. UV-säteilyllä, jonka jälkeen päivitetty tiedot voidaan ladata
- EEPROM - Electronically Erasable PROM
 - tietojen pyyhkiminen tavukohtaisesti elektronisesti
- FLASH EEPROM memory
 - tietojen pyyhkiminen nopeasti kerralla elektronisesti
 - normaalijännitteellä, kaikki tai lohko kerrallaan
 - nopeampi kuin EEPROM
- Flash Drive, SSD – Solid State Disk
 - Flash-muistilla toteutettu iso muisti
 - Käyttöjärjestelmä näkee kovalevynä

read-mostly memory

HISTORIAA

NYKYAIKA

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

19

SSD

- Flash-muisti paketoituna erilaisiin koteloihin
- Rajallinen määrä (100 000?) kirjoituskertoja samaan muistipaikkaan
 - Kirjoitettavia fyysisiä muistialueita kierrätetään
 - Vara-alueita valmiiksi allokoituna
- Kaksi teknologiaa
 - nor: luku/kirj sana kerrallaan, hitaampi
 - nand: luku/kirj lohko kerrallaan, nopeampi

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

20

SSD vs. kovalevy (2012)

- I/O per sek: SSD 100x nopeampi
- Kaistanleveys: SSD vähän nopeampi
- Saantiaika: SSD 10-100x nopeampi
- Kapasiteetti: kovalevy 10x isompi
- SSD kestää tärinää, ei kulu, vaatii vähemmän virtaa, vie vähemmän tilaa, on kalliimpi (per MB)

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

Keskustele 21

Muisti- hier- arkia

- Flash?
- SSD?
- Levypal-
velin?
- Pilvi?

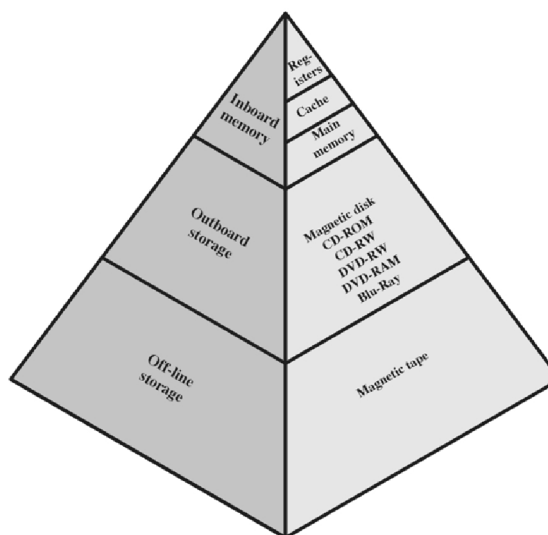


Figure 4.1 The Memory Hierarchy

6.11.2012

Copyright 2012 Teemu Kerola

22

-- Luennon 3 loppu --

- Akustinen elohopeaviiveputki
 - kvartsikide muutti sähkövirran akustiseksi signaaliksi (ja päin vastoin) pietsosähköisen ilmiön avulla
 - 1000 bittiä per 1.45m putki
 - Luku: odota, että oikea luku ehtii putken päähän, lue se ja kirjoita se takaisin putken toiseen päähän
 - W. Shockley & J.P. Eckert, 1946
 - M. Wilkes, EDSAC – Electronic Delay Storage Automatic Calculator, 1949



6.11.2012

Copyright Teemu Kerola 2001

23