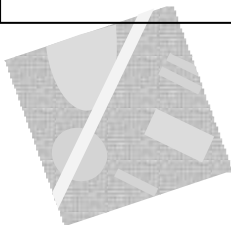


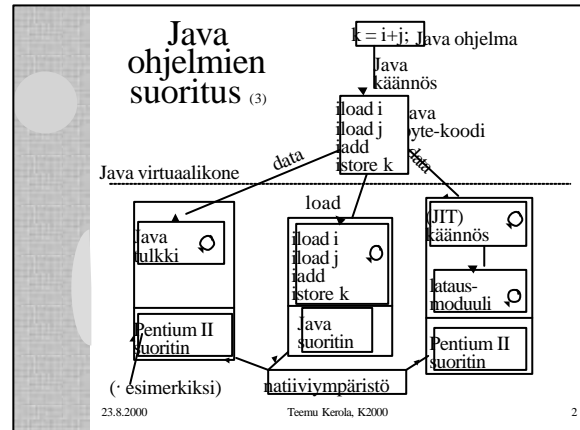
Luento 11

Tulkinta ja emulointi



Tulkinta ja emulointi
Java ohjelman suoritus,
tulkinta ja kääntäminen
Suorittimen emulointi

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 1



Java virtuaalikone (JVM) ⁽⁵⁾

- Hypoteettinen suoritin
- Geneerinen, sitä on "helppo" simuloida kaikilla todellisilla suorittimilla
- Useita säikeitä (thread) voi olla samanaikaisesti suorituksessa
- Tietorakenteet
 - virtuaalikoneen suorittimen "rekisterit"
- Käskyt
 - virtuaalikoneen suorittimen konekäskyt
 - 226 käskyä á 32 bittä

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 3

JVM:n tietorakenteet ⁽⁸⁾

- JVM pino
 - vähän kuten tavallinen AT-pino
 - koostuu useista *raameista* tai *kehyksistä* (frames) (vrt. aktivointitietue)
 - ei tarvita yhtenäistä muistialuetta
 - allokoidaan natiivi-arkkitehtuurin kasasta (heap)
 - toteutuksesta riippuen rajallinen tai dynaamisesti laajennettavissa
 - tila loppu \Rightarrow StackOverflowError, OutOfMemoryError

<http://java.sun.com/docs/books/vmspec/2nd-edition/html/VMSpecTOC.doc.html>

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 4

JVM:n tietorakenteet (jatkuu) ⁽⁶⁾

- JVM kasaa (JVM heap)
 - yhteinen kaikille saman virtuaalikoneen säikeille
 - automaattinen roskienkeruu (garbage collector)
 - ei-käytössä oleva muistialue palautetaan uusiokäyttöön
 - ei tarvita erikseen *free* operaatiota Java ohjelmassa
 - voi hidastaa suoritusta milloin vain
 - toteutuksesta riippuen kiinteän kokoinen tai dynaamisesti laajennettavissa
 - ei tarvitse muodostaa yhtenäistä muistialuetta natiivijärjestelmän kasassa
 - tila loppu \Rightarrow OutOfMemoryError

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 5

JVM:n tietorakenteet (jatkuu) ⁽⁶⁾

- JVM metodialue (JVM Method Area)
 - yhteinen kaikille JVM säikeille
 - vastaa tavallista kääntäjän tuottamaa koodisegmenttiä
 - loogisesti osa JVM kasaa
 - toteutuksesta riippuen kiinteän kokoinen tai dynaamisesti laajennettavissa
 - tila loppu \Rightarrow OutOfMemoryError

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 6

JVM:n tietorakenteet (jatkuu) (7)

- Javan suoritusaikainen vakioallas (runtime constant pool)
 - joka luokalle (class) tai liittymälle (interface) omansa
 - suoritusaikainen esitystapa tiedoston *class constant_pool* -taulukolle
 - vastaa vähän tavallista symbolitaulua
 - useita erilaisia vakioita (käännösaikaiset literaalit, suoritusaikana ratkottavat attribuutit, ...)
 - talletetaan JVM metodialueelle
 - tila loppu => OutOfMemoryError

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 7

JVM:n tietorakenteet (jatkuu) (6)

- Natiivimetodien pino (Native Method Stacks)
 - toteutus voi käyttää tavallisia pinoja ("C stacks") sellaisten natiivimetodien tukena, jota ei ole kirjoitettu Javalla
 - käytetään myös Java tulkin toteutuksessa
 - ei tarvita JVM toteutuksissa, joissa ei voi ladata natiivimetoodeja
 - toteutuksesta riippuen kiinteän kokoinen tai dynaamisesti laajennettavissa
 - tila loppu => StackOverflowError, OutOfMemoryError

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 8

JVM:n tietorakenteet (jatkuu) (6)

ks. Fig. 4-10 [Tane99]

- JVM rekisterit
 - PC osoittaa johonkin JVM metodialueelle
 - CPP osoittaa vakioaltaaseen
 - LV on paikallisten muuttujien kantaosoite (vähän kuten FP ttk-91:ssä)
 - SP osoittaa JVM operandipinon huipulle
 - kaikki rekisterit implisiittisiä; niitä ei erikseen nimetä JVM konekäskyissä

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 9

JVM:n tietorakenteet (jatkuu) (6)

- JVM raami (frame, kehys)
 - talletetaan JVM pinoon, luodaan metodin kutsun yhteydessä, vapautetaan metodista poistuttaessa
 - paikalliset muuttujat
 - parametrit, paluuarvon ja välitulokset
 - dynaamisen linkityksen toteutusväline
 - keskeytysten toteutusväline

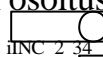
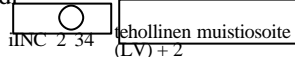
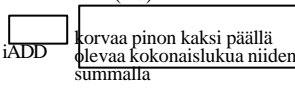
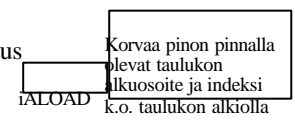
23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 10

JVM raamin data (8)

- Paikalliset muuttujat sisältävä taulukko
 - viittaukset indeksoituna (0, 1, 2, ...) rekisterin LV suhteen
 - indeksit sanoina
 - kaksi sanaa vaativa muuttuja (long, double) sijoitetaan kahteen peräkkäiseen (32 bittiseen) sanaan
 - big-endian talletus
- Parametrit, paluuarvon ja välitulokset sisältävä operandipino
 - SP osoittaa pinon huipulle
 - pinoarkkitehtuuri (vs. rekisteriarkkitehtuuri)

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 11

JVM:n tiedon osoitusmoodit (4)

- Välitön operandi 
- Indeksoitu 
- Pino-osoitus 
- Taulukko-osoitus pinon kautta 

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 12

JVM käskyt (7)

- Peruslaskutoimitukset
 - add, sub, mul, div, rem, neg
- Boolean
 - and, or, xor, shl, shr, ushr
- Pinon hallinta
 - dup, pop, swap, tauluk. luonti, esitystavan muutokset
- Load/Store
 - load, aload, store, astore, push-käskyt
- Vertailut
- Kontrollinsiirrot
- Muut

ks. Fig. 5-36 [Tane99]

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 13

Java tulkki (4)

- Emuloi JVM konekielen käskyjä (byte-koodia)
- Yksi käsky kerrallaan
- JVM rekisterit ja muistialueet emuloitu tulkin tietorakenteina
- Hidasta, mutta joustavaa

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 14

Käännös natiivikoneelle (3)

- Käännetään tavukoodi natiivikoneen konekielelle, ja suoritetaan normaalin ohjelman tapaan
- Käännetään tavukoodi korkean tason kielelle, joka sitten käännetään natiivikoneen konekielelle
- ongelma: dynaaminen linkitys

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 15

Java JIT käännös (6)

- JIT = Just-in-Time
- Emuloi JVM konekielen käskyjä (byte-koodia)
- Kääntää luokan natiivikonekielelle dynaamisesti linkitettäväksi moduuliksi, juuri ennen luokan metodin kutsua
- Tarvitsee paljon muistia
- Voi hidastaa suoritusta, jos käännökseen menee enemmän aikaa kuin tulkitsemiseen
- JVM rekisterit ja muistialueet emuloitu tulkin tietorakenteina

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 16

Java suoritin: Sun PicoJAVA II (4)

- Suoritinmäärittely, jossa byte-koodi -muodossa olevia ohjelmia voidaan sellaisenaan suorittaa
- Valinnainen välimuisti ja liukulukusuoritin
- Kaikki 226 JVM konekäskyä
 - jotkut käskyt toteutettu aliohjelmilla, jotka aktivoidaan keskeytyskäsittelemekanismin avulla
- Myös 115 muuta konekäskyä käyttöjärjestelmän ja muiden ohjelmointikielten toteuttamiseksi

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 17

PicoJAVA II pino

- 64 (välimuisti-) rekisteriä JVM pinon huipun talletukseen
 - loput JVM pinosta muistissa

Shawn Lauzon, Survey of the Java Chip
<http://www.cs.berkeley.edu/~neefe/ntu.fa98/shawn.project/javaChip.html>

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 18

PicoJAVA II rekisterit ⁽¹¹⁾

- 25 rekisteriä á 32 bittiä
 - PC, LV, CPP, SP (pino kasvaa alaspäin)
 - OPLIM alaraja SP:lle; alitus aiheuttaa keskeytyksen
 - FRAME osoittaa paikallisten muuttujataulukon jälkeen talletettuun metodista paluu osoitteeseen
 - PSW
 - rekisteri, joka kertoo pinon välimuistirekistereiden tämänhetkisen käytön
 - 4 rekisteriä keskeytysten ja break-point'ien käsittelyyn
 - 4 rekisteriä säikeiden hallintaan
 - 4 rekisteriä C ja C++ ohjelmien toteutukseen
 - 2 rajarekisteriä sallitun muistialueen rajoittamiseen
 - suorittimen version numero ja konfiguraatiorekisterit

23.8.2000

Teemu Kerola, K2000

19

PicoJAVA ylim. käskyt ⁽⁵⁾

- Read/write ylimääräisille registreille
- Osoittimien manipulointikäskyt
 - mitä tahansa muistialuetta voidaan suoraan lukea/kirjoittaa
 - tarvitaan C/C++ varten
- C/C++ aliohjelmien kutsu ja paluukäskyt
- Natiivi HW manipulointi
 - tyhjennä välimuisti (osittain? kokonaan?), ...
- Muut käskyt
 - power on/off, ...

23.8.2000

Teemu Kerola, K2000

20

PicoJAVA toteutuksia ⁽²⁾

- Sun microJAVA 701
 - valinnainen välimuisti
 - oma muistiväylä
 - PCI väylä muille laitteille
 - 16 ohjelmoitavaa I/O johdinta
 - näppäimet, LEDit, ...
 - 3 ohjelmoitavaa ajastinta (⇒ kellolaitekeskeytykset)
 - suunnattu halpoihin kannettaviin laitteisiin (kämment mikro, PDA - Personal Digital Assistant)
- Sun ultraJAVA
 - nopeampi, parempi, kalliimpi, ...
 - suunnattu grafiikka- ja multimediasovelluksiin

23.8.2000

Teemu Kerola, K2000

21

Muita Java suorittimia

- JEM (Rockwell Collins)
- PSC1000 (Patriot Scientific)
- MJ501 (LG Semicon)

23.8.2000

Teemu Kerola, K2000

22

Sun MAJC

- MAJC - Microprocessor Architecture for Java Computing
 - suoritinarkkitehtuurin määrittely
 - tavoitteena suuri nopeus Java, C ja C++ sovelluksille
 - suunnattu multimediasovelluksiin verkossa
 - tukee hyvin JIT-käännöstä

23.8.2000

Teemu Kerola, K2000

23

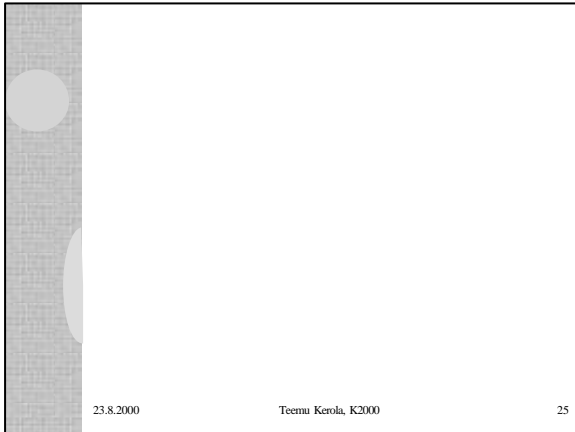
MAJC toteutus: MAJC 5200 ⁽⁴⁾

- 1-4 suorittinta
- Useiden (peräkkäin kutsuttavien) metodien samanaikainen suoritus eri suorittimilla
 - ennakoiva (speculative) suoritukselle oma kasa
 - peruutus (rollback), jos ennakoitu suoritus meni pieleen
- 4 säiettä suorituksessa per suoritin
 - säikeen vaihto nopeampaa kuin muistista luku!
 - laiterekisterit 4:lle säikeelle!
 - välimuistin hudin aikana suoritetaan muita säikeitä
- Suunnattu interaktiiviseen TV:hen, virtuaalitodellisuussovelluksiin, ...

23.8.2000

Teemu Kerola, K2000

24



TTK-91 Emulointi (5)

- TTK-91 konekielen emulointi
- KOKSI simulaattorin osa
- Yksi käsky kerrallaan
- TTK-91 koneen rekisterit ja muisti emuloitu tulkinn tietorakenteina

ks. simulaattorin koodi

```

load R1, 234
add R1, =5
mul R1, R2
                    
```

data

TTK-91 emulaattori

Pentium II suoritin

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 26

Transmetan Crusoe suoritin (8)

- x86 konekielen emulointi, JIT käännös
- Natiivi käskykanta ei ole julkistettu
- "nopeampi, sama teknologia"?
- "yhtä nopea, vähemmän virtaa"
- Monta x86 käskyä yhtäaikaan, sikin sokin emuloinnissa
- x86 rekisterit emuloitu natiivijärjestelmän laiterekistereillä
- x86 muisti emuloitu suojattuna tietorakenteina
- Tarkat keskeytykset:
 - suorituksen peruutus
 - uusi, hidas JIT käännös
 - hidas mutta tarkka emulointi

```

movl %esp, %ebp
subl $4, %esp
pushl %eax
                    
```

data

Pää-ohjelma

JIT käännös

DI latausmoduuli

Crusoe suoritin

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 27

Crusoe emulaattorin suoritus

```

LDL R1, =543
ADD R2, R4, R5
                    
```

emulaattori ohjelma

```

movl %eax, %ecx
addl %eax!, #4
                    
```

x86 ohjelma

data

välimuisti

laiterekisterit

konekäskyjen suorituspiiri

x86 koneen laiterekisterit

Crusoe suoritin

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 28

Crusoe suorittimen looginen rakenne

emuloitava käyttöjärjestelmä

emuloitava sovellys

data

Morph-host emulaattori

- Koodin generaattori
- Käännöspusuri
- Natiivi käyttöjärjestelmä
- HW - laitteisto konekäskyt

Tapahtuma-perustainen ohjelma

- Emuloidut x86 laitteet
- ALIAS-rekisterit
- muistipuskuri
- muisti
- muistipusuri
- käännöspusuri

keskeytykset

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 29

Crusoe suorittimen fyysinen rakenne

suoritin

- Vahvistetut x86 laitteet
- Konekäskyjen suorituspiiri
- omat laitteet
- TLB

muisti

- emuloitava käyttöjärjestelmä
- emuloitava sovellys
- natiivi käyttöjärjestelmä
- koodin generaattori
- emulaattori
- muisti
- muistipusuri
- käännöspusuri

muistiväylä

23.8.2000 Teemu Kerola, K2000 30

