

Luento 11

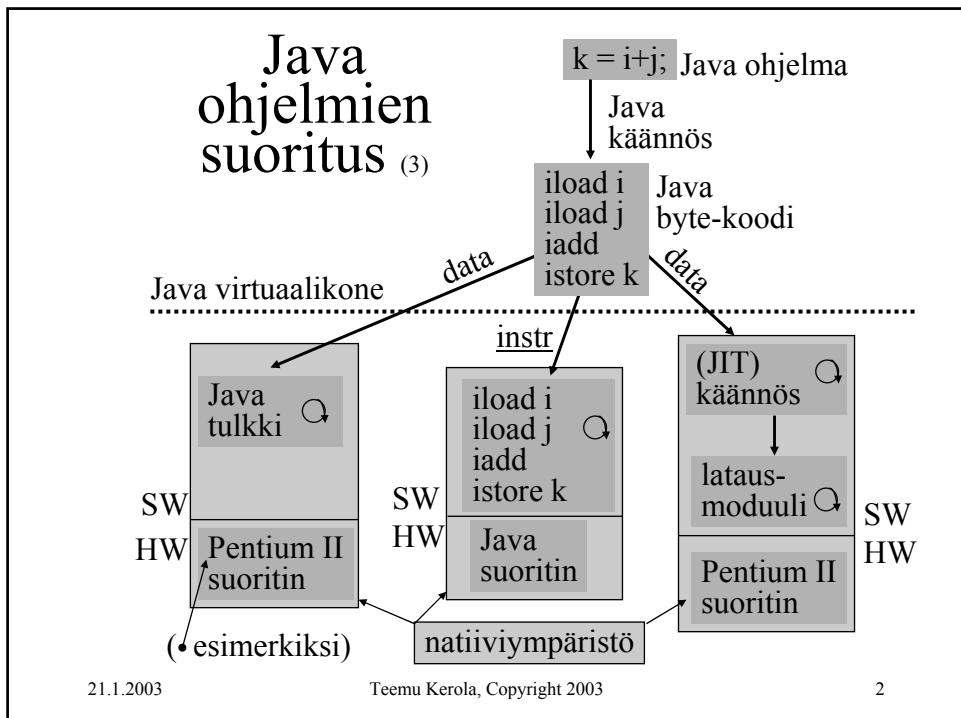
Tulkinta ja emulointi

Tulkinta ja emulointi
Java ohjelman suoritus,
tulkinta ja kääntäminen
Suorittimen emulointi
C#, ttk-91, Crusoe

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

1



Java virtuaalikone (JVM) ⁽⁵⁾

- Hypoteettinen suoritin, toteutus eri tavoilla
- Geneerinen, sitä on ”helppo” simuloida kaikilla todellisilla suorittimilla
- Useita säikeitä (thread) voi olla ”samanaikaisesti” suorituksessa
 - suorittimella mikroaikaskaalassa vain yksi kerrallaan
- Tietorakenteet
 - mm. virtuaalikoneen suorittimen ”rekisterit”
 - luodaan JVM:n käynnistämisen yhteydessä
- Käskyt
 - virtuaalikoneen suorittimen konekäskyt
 - 226 käskyä á 32 bittiä

JVM:n tietorakenteet ⁽⁹⁾

- JVM pino ks. Fig. 4-10 [Tane99]
 - kuten tavallinen AT-pino
 - koostuu useista *kehyksistä* (frames) (vrt. aktivointitietue) ja operandipinosta
 - käyttö: kehyksille ainoastaan push/pop operaatiot, operandipinon alkioille myös push/pop
 - ei tarvita yhtenäistä muistialuetta
 - allokoidaan keosta (heap)
 - toteutuksesta riippuen rajallinen tai dynaamisesti laajennettavissa
 - tila loppu ⇒ StackOverflowError, OutOfMemoryError

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

JVM:n tietorakenteet (jatkuu)

- JVM keko (JVM heap)
 - yhteinen kaikille saman virtuaalikoneen säikeille
 - automaattinen roskienkeruu (garbage collector)
 - ei-käytössä (eli vapautettu) oleva muistialue palautetaan uusiokäyttöön (vapaaksi)
 - 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 keossa
 - tila loppu ⇒ OutOfMemoryError

JVM:n tietorakenteet (jatkuu)

ks. Fig. 4-10 [Tane99]

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

JVM:n tietorakenteet (jatkuu)

ks. Fig. 4-10 [Tane99]

- Javan suoritusaikainen vakioallas (runtime constant pool)
 - joka luokalle (class) ja liittymälle (interface)
 - suoritusaikainen esitystapa tiedoston *class constant_pool* -taulukolle
 - vastaa vähän tavallista symbolitaulua
 - useita erilaisia vakioita (käännösaikaiset literaalit, suor. aikana ratkottavat attribuutit, ...)
 - talletetaan JVM metodialueelle
 - tila loppu ⇒ `OutOfMemoryError`

JVM:n tietorakenteet (jatkuu)

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

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

JVM:n tietorakenteet (jatkuu) ⁽⁶⁾

ks. Figs 4-12, 4-13 [Tane99]

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

JVM kehyksen data ⁽⁸⁾

- Paikalliset muuttujat ks. Fig. 4-13 [Tane99]
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)

JVM:n tiedon osoitusmoodit ⁽⁴⁾

- Välitön operandi iINC 2 34
 - Indeksoitu iINC 2 34 tehollinen muistiosoite (LV) + 2
 - Pino-osoitus iADD korvaa pinon kaksi päällä olevaa kokonaislukua niiden summalla
- ks. Fig. 4-9 [Tane99]
- Taulukko-osoitus pinon kautta iALOAD Korvaa pinon pinnalla olevat taulukon alkuosoite ja indeksi k.o. taulukon alkiolla

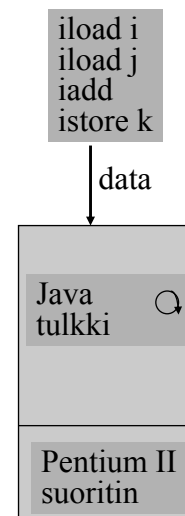
JVM käskyt

- 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]

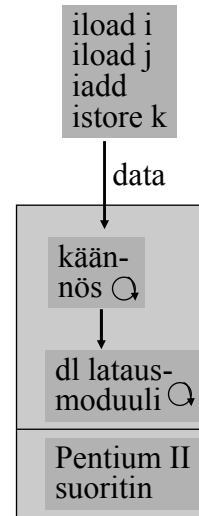
Java tulkki (4)

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



Käännös natiivikoneelle ⁽³⁾

- (a) Käännetään tavukoodi suoraan natiivikoneen konekielelle ja suoritetaan se normaalin ohjelman tapaan
- (b) Käännetään tavukoodi ensin korkean tason kielelle (esim C), joka sitten käännetään natiivikoneen konekielelle
 - alkuosa riittää tehdä kerran
 - loppuosa on jo valmiina yleensä
- Ongelma: dynaaminen linkitys

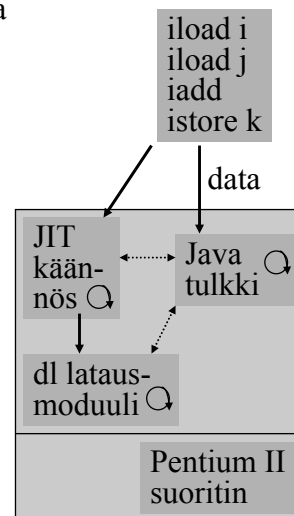


21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

15

- JIT = Just-in-Time **Java JIT käännös** ⁽⁶⁾
- Emulointi ja/tai käännös tilanteesta riippuen
- Käännä luokka natiivikonekielelle dynaamisesti linkitettäväksi moduuliksi, juuri ennen luokan metodin kutsua
- Tarvitsee paljon muistia
- Voi hidastaa suoritusta, jos käännökseen menee enemmän aikaa kuin tulkitsemiseen (käännös vasta 2. kutsukerralla?)
- JVM rekisterit ja muistialueet emuloitu tulkin tietorakenteina, joita natiivikoodi myös käyttää



21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

16

Java suoritin: Sun PicoJAVA II ⁽⁴⁾

- Suorittimen määrittely, jonka mukaisessa koneessa 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

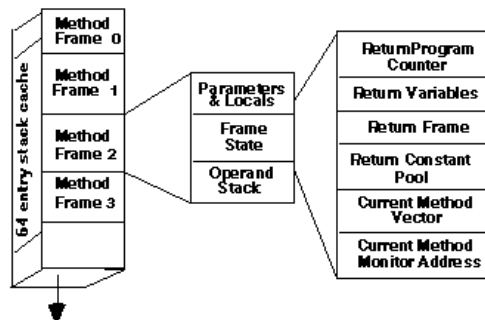
21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

17

PicoJAVA II pino

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



Shawn Lauzon,
Survey of the JavaChip

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

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 metodin paluusoitteeseen
 - PSW (tilarekisteri)
 - 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

PicoJAVA ylim. käskyt ⁽⁵⁾

- Read/write ylimääräisille rekistereille
- 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, ...

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 (kämmenmikro, PDA - Personal Digital Assistant)
- Sun ultraJAVA
 - nopeampi, parempi, kalliimpi, ...
 - suunnattu grafiikka- ja multimediasovelluksiin

Muita Java-suorittimia (4)

- JEM (Rockwell Collins)
- PSC1000 (Patriot Scientific)
 - dSys (Saksa), lääketieteellisiä laitteita
- MJ501 (LG Semicon)
 - TV, älykortit
- JSR-001, Real-Time Specification for Java (Java Community Process, ”Sun Microsystems”)
 - aJile: aJ-80, aJ-100, älykkäät liikkuvat laitteet

ks. aJ100-WRP kuva



Sun MAJC

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

MAJC toteutus: MAJC 5200

- 1-4 suoritinta (2 suorittimen lastu, v. 1999)
- Useiden (peräkkäin kutsuttavien) metodien samanaikainen suoritus eri suorittimilla
 - ennakoivalle (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, ...

C# eli "C sharp" ⁽³⁾

- C#
 - Javan kaltainen kieli
 - kehittäjä: Anders Hejlsberg (Turbo Pascal, Delphi, J++)
 - osa Microsoft .Net -ympäristöä
 - nivoutuu hyvin Windows XP:n kanssa
 - ECMA (European Computer Manufacturers Association) standardi (MS, HP ja Intel)
- MSIL – virtuaalikoneen konekieli
 - Microsoft Intermediate Language
 - sopiva "välikieli" kaikille korkean tason kielille: C, C++, Pascal, Java, C#, Visual Basic
 - suoritus ainoastaan (JIT) käännosten avulla

ks. <http://www.javaworld.com/jw-11-2000/jw-1122-letters.html>

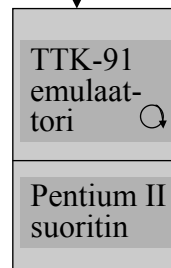
TTK-91 Emulointi ⁽⁵⁾

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

ks. simulaattorin koodi, luento 5
(kurssikansio)

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

data

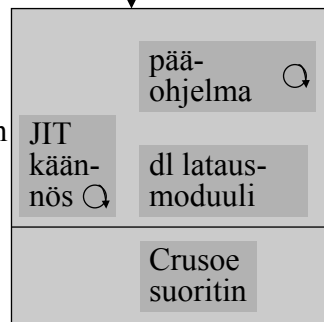


Transmetan Crusoe suoritin (8)

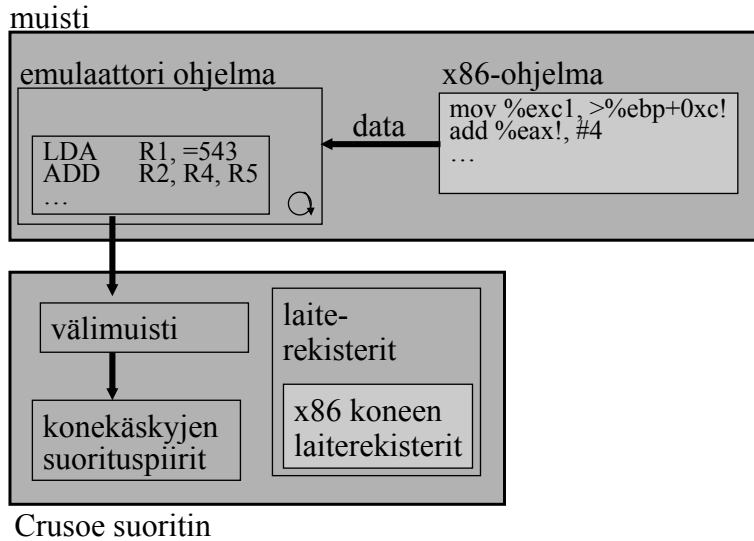
- x86 konekielen emulointi, JIT käännös
- Natiivi käskykanta ei ole julkistettu
- ”nopeampi, sama teknologia”?
- ”yhtä nopea, vähemmän virtaa”
- Monta x86 käskyä yhtäaikaan emuloinnissa, sekajärjestyksessä
- x86 rekisterit emuloitu natiivijärjestelmän laiterekistereillä
- x86 muisti emuloitu rekistereiden avulla suojattuna tietorakenteina
- Tarkat keskeytykset:
 - suorituksen peruutus
 - uusi käännös hitaalle koodille
 - uusi hidas tarkka emulointi

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

data



Crusoe emulaattorin suoritus

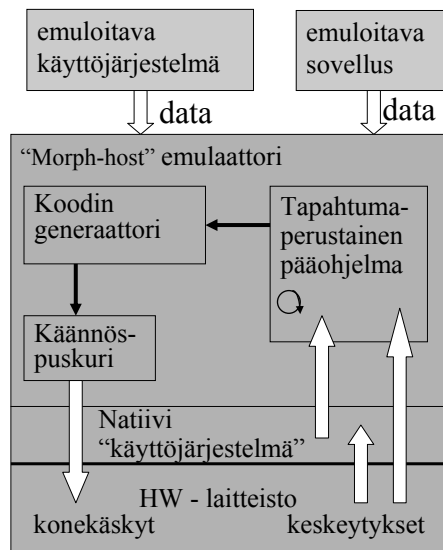


21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

31

Crusoe suorittimen looginen rakenne

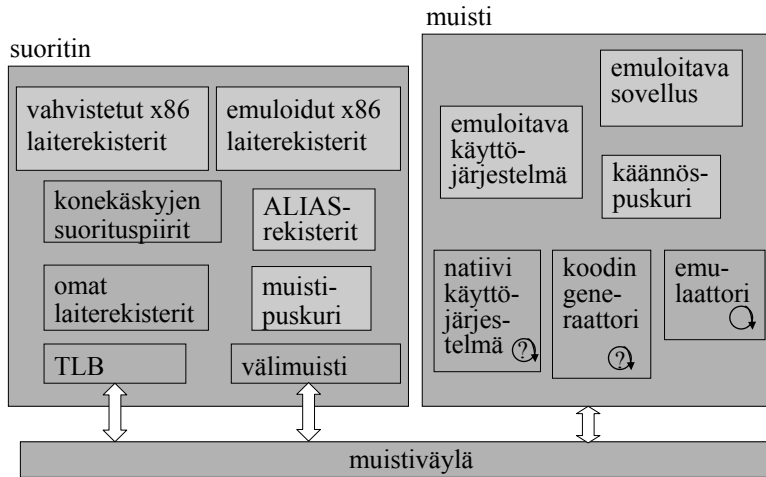


21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

32

Crusoe suorittimen fyysinen rakenne



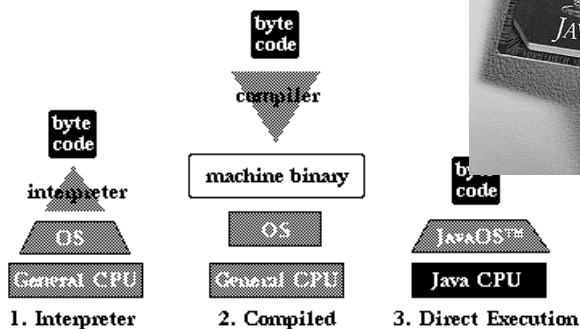
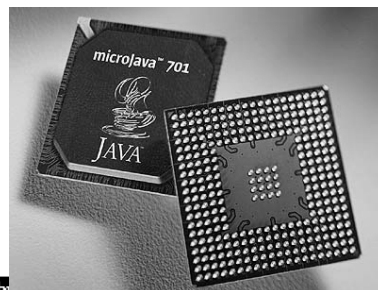
21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

33



--
Luennon 11 loppu



21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

34