Luento 11
Tulkinta ja emulointi

Tulkinta ja emulointi

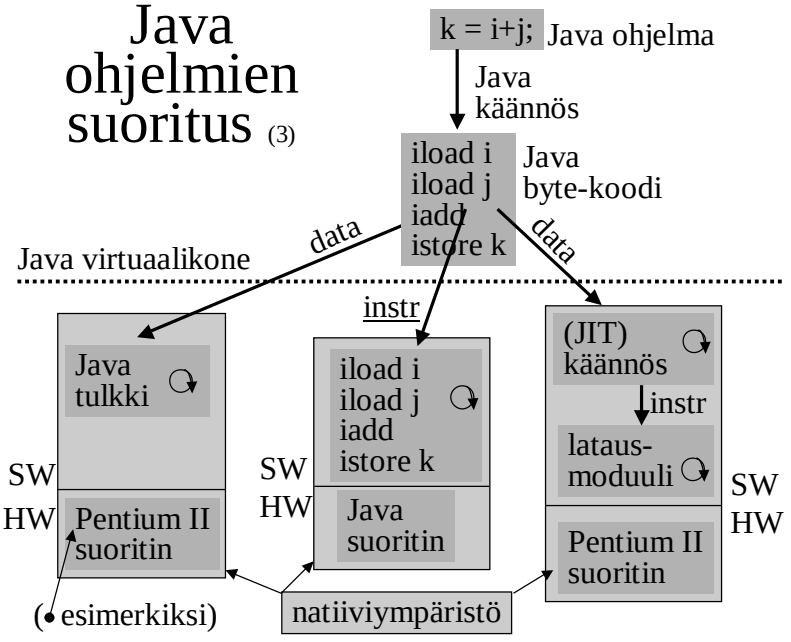
Java ohjelman suoritus, tulkinta ja kääntäminen

Suorittimen emulointi

C#, ttk-91, Crusoe

27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 1

Java ohjelmien suoritus (3)



27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 2

Java virtuaalikone (JVM) (5)

- Hypoteettinen suoritin, toteutus eri tavoilla
- Geneerinen, sitä on ”helppo” simuloida kaikilla todellisilla suorittimilla
  - käännökseen tai tulkitsemiseen perustuva suoritus
- Useita säikeitä (thread) voi olla ”samanaikaisesti” suorituksessa
  - suorittimen 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

- 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 (implisiittisesti ”vapautettu”) oleva muistialue palautetaan uusiokäyttöön (vapaaksi)
    - ei tarvita erikseen *free* operaatiota Java ohjelmassa
    - voi hidastaa suoritusta milloin vain (ongelma?)
  - 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

27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 7

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 natiivimetodeja
  - toteutuksesta riippuen kiinteän kokoinen tai dynaamisesti laajennettavissa
  - tila loppu ⇒ StackOverflowError, OutOfMemoryError

27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 8

JVM:n tietorakenteet (jatkuu)

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)

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 (1)

- 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)

ks. Fig. 4-13 [Tane99]

JVM:n tiedon osoitusmoodit (4)

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

iINC 2 34

Java: xLoc += 34;

iINC 2 34

tehollinen muistiosoite (LV) + 2

iADD

Java: a1 = a2+a3;

korvaa pinon kaksi päällä olevaa kokonaislukua niiden summalla

ks. Fig. 4-9 [Tane99]

aLOAD 1
iLOAD 2
iALOAD
iSTORE 3

Korvaa pinon pinnalla olevat taulukon alkuosoite ja indeksi k.o. taulukon alkiolla

Java: a = T[i];

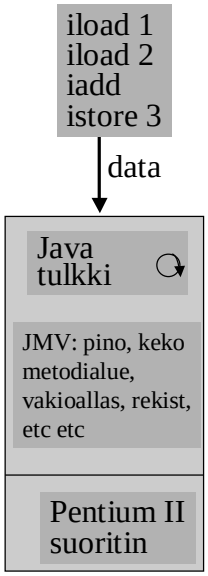
JVM käskyt

- 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

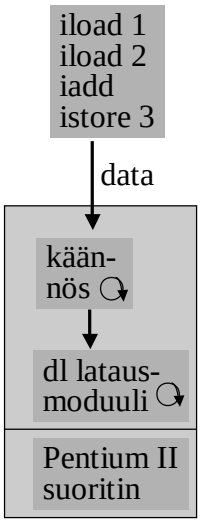
- Emuloi JVM konekielen käskyjä (byte-koodia)
- Yksi (byte-koodi) käsky kerrallaan
- JVM rekisterit ja muistialueet emuloitu tulkin tietorakenteina muistissa
  - vrt. KOKSI ja TTK-91
- Hidasta, mutta joustavaa



27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 15

Käännös natiivikoneelle

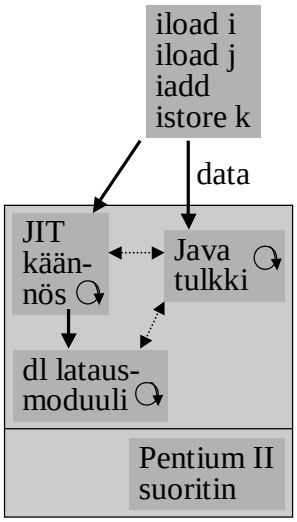
- (a) Käännetään tavukoodi suoraan natiivikoneen konekielelle ja suoritetaan se normaalin ohjelman tapaan
- (b) Käännetään tavukoodi ensin korkean tason kielelle (esim C), joka sitten käännetään natiivikoneen konekielelle
  - alkuosa riittää tehdä kerran
  - loppuosa on jo valmiina yleensä
- Ongelma: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



27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 16

Java JIT käännös

- JIT = Just-in-Time
- Emulointi ja/tai käännös tilanteesta riippuen
- Käännä luokka natiivikonekielelle dynaamisesti linkitettäväksi moduuliksi, mutta vasta 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



27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 17

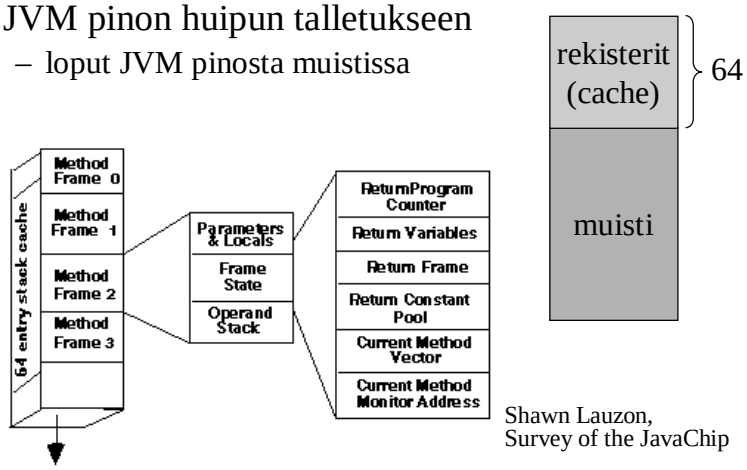
Java suoritin: Sun PicoJAVA II

- 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 keskeytyskäsittelymekanismin avulla
- Myös 115 muuta konekäskyä käyttöjärjestelmän ja muiden ohjelmointikielten toteuttamiseksi

27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 18

PicoJAVA II pino

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



Shawn Lauzon,
Survey of the JavaChip

PicoJAVA II rekisterit

- 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 paluuosoitteeseen
  - 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

- 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 ($\Rightarrow$ kellolaitekeskeytykset)
  - suunnattu halpoihin kannettaviin laitteisiin (kämmenmikro, PDA - Personal Digital Assistant)
- Sun ultraJAVA
  - nopeampi, parempi, kalliimpi, …
  - suunnattu grafiikka- ja multimediasovelluksiin

Muita Java-suorittimia

- 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 määrittely
  - 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! (hyper-threaded processor)
  - välimuistin hudin aikana suoritetaan muita säikeitä
- VLIW arkkitehtuuri – 4 konekäskyä samanaikaisesti
- Suunnattu interaktiiviseen TV:hen, virtuaalitodellisuussovelluksiin, ...

C# eli ”C sharp” (1)

- C#
  - Javan kaltainen kieli
  - kehittäjä: Anders Hejlsberg (Turbo Pascal, Delphi, J++)
  - osa Microsoftin .Net -ympäristöä
  - Mono – open source .Net for Linux www.go-mono.com
  - 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) käännösten avulla
  - CLR virtuaalikone (Common Language Runtime)

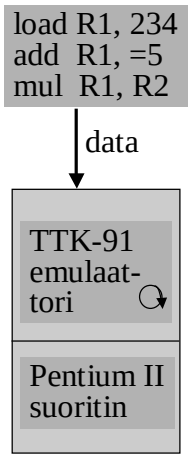
27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 27

27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 28

TTK-91 Emulointi

- 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)

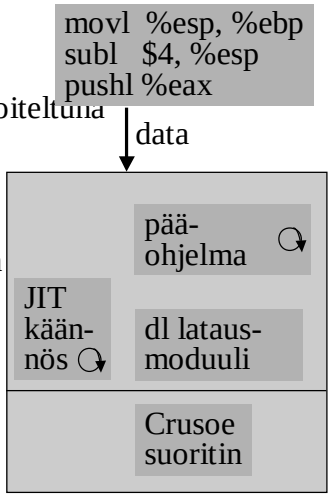


27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 29

27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 30

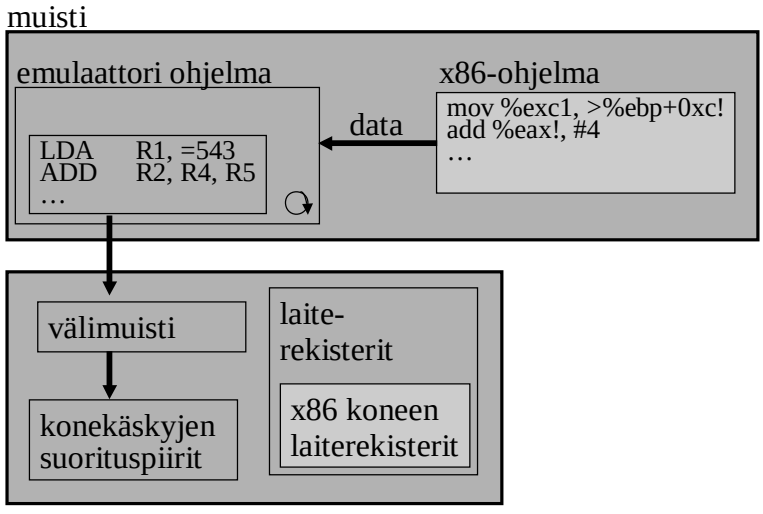
Transmetan Crusoe suoritin (8)

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



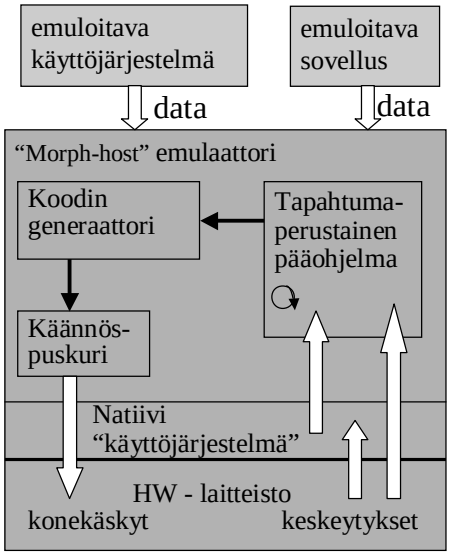
27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 31

Crusoe emulaattorin suoritus



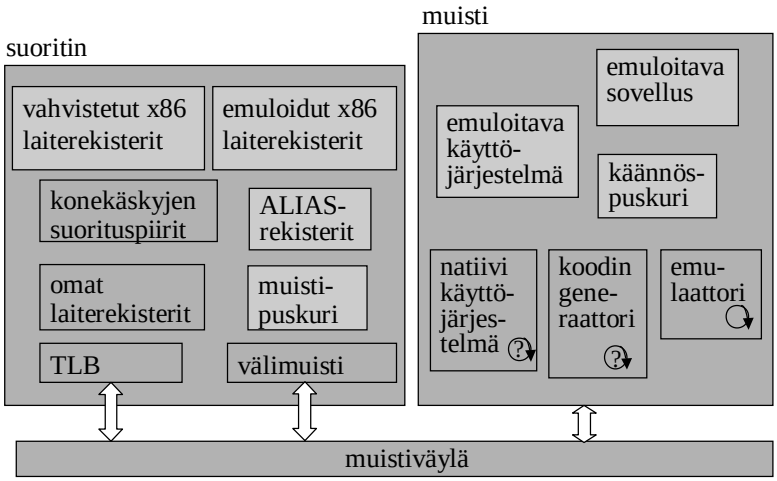
27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 32

Crusoe suorittimen looginen rakenne



27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 33

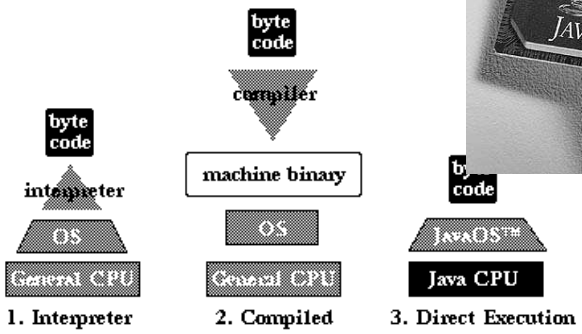
Crusoe suorittimen fyysinen rakenne



27.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 34

--

Luennon 11 loppu



Kurssin luentojen teemat

- Järjestelmän rakenne
- TTK-91 tietokone ja KOKSI-simulaattori
- Konekielinen ohjelmointi
- Aliohjelmien toteutus
- Suoritin ja väylä
- Tiedon esitysmuodot
- Tiedon muuttumattomuuden tarkistus ja järjestelmän sisäinen muisti
- Ohjelman toteutus järjestelmässä
- Järjestelmän ulkoinen muisti
- Käännös, linkitys ja lataus
- Tulkinta ja emulointi