

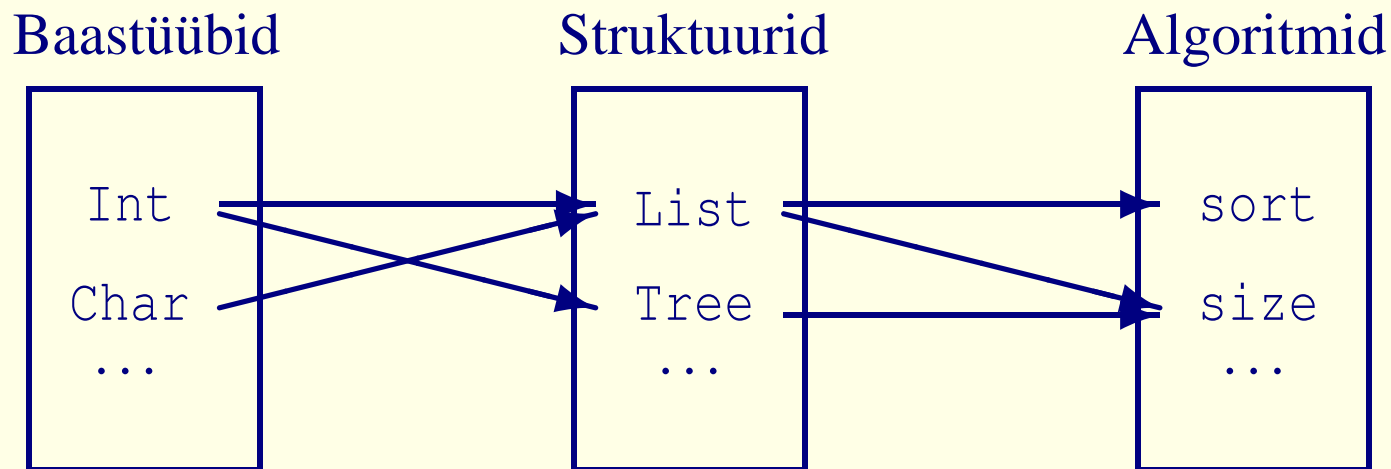
Staatiline tüüpimine

Staatiline tüüpimine

- “Lihtsad” staatiliselt tüübitud keeled on monomorfsed
 - iga funktsioon (muutuja, protseduur, ...) on seotud mingi ühe (ja täpselt ühe) tüübiga

Staatiline tüüpimine

- “Lihtsad” staatiliselt tüübitud keeled on monomorfsed
 - iga funktsioon (muutuja, protseduur, ...) on seotud mingi ühe (ja täpselt ühe) tüübiga
- Probleem:



Staatiline tüüpimine

- Lahendused:

Staatiline tüüpimine

- Lahendused:
 - Lepime olukorraga (Pascal)

Staatiline tüüpimine

- Lahendused:
 - Lepime olukorraga (Pascal)
 - Petame tüübisüsteemi (C)

Staatiline tüüpimine

- Lahendused:
 - Lepime olukorraga (Pascal)
 - Petame tüübisüsteemi (C)
 - (Dünaamiline tüüpimine)

Staatiline tüüpimine

- Lahendused:
 - Lepime olukorraga (Pascal)
 - Petame tüübisüsteemi (C)
 - (Dünaamiline tüüpimine)
 - Kasutame võimsamat tüübisüsteemi
 - * Polümorfism (ML, Haskell)
 - * Polütüüpsus (Charity, Polyp, Generic Haskell)
 - * Sõltuvad tüübid (Cayenne)
 - * Geneeriline programmeerimine (Ada, C++)

Polümorfism

- Polümorfsetes keeltes võivad funktsioonid (muutujad, andmestruktuurid, ...) omada mitut tüüpi

Polümorfism

- Polümorfsetes keeltes võivad funktsioonid (muutujad, andmestruktuurid, ...) omada mitut tüüpi
- Polümorfismi liigid:

Polümorfism

- Polümorfsetes keeltes võivad funktsioonid (muutujad, andmestruktuurid, ...) omada mitut tüüpi
- Polümorfismi liigid:
 - Ad-hoc polümorfism — funktsioonil on erinevat tüüpide korral *erinev* realisatsioon
 - * Ülelaadimine (ingl. *overloading*)
 - * Tüübiteisendamine (ingl. *coercion*)

Polümorfism

- Polümorfsetes keeltes võivad funktsioonid (muutujad, andmestruktuurid, ...) omada mitut tüüpi
- Polümorfismi liigid:
 - Ad-hoc polümorfism — funktsioonil on erinevat tüüpide korral *erinev* realisatsioon
 - * Ülelaadimine (ingl. *overloading*)
 - * Tüübiteisendamine (ingl. *coercion*)
 - Universaalne polümorfism — funktsioonil on kõikide tüüpide korral *sama* realisatsioon
 - * Parameetiline polümorfism
 - * Sisestus polümorfism (ingl. *inclusion*)

Ad-hoc polümorfism

- Ülelaadimine — üks nimi tähistab mitut erinevat funktsiooni
 - millist konkreetses situatsioonis kasutada sõltub kontekstist (argumentide arv, tüüp, ...)
 - tavaliselt toimub “otsustamine” staatiliselt
 - sisuliselt “süntaktiline suhkur”

Ad-hoc polümorfism

- Ülelaadimine — üks nimi tähistab mitut erinevat funktsiooni
 - millist konkreetses situatsioonis kasutada sõltub kontekstist (argumentide arv, tüüp, ...)
 - tavaliselt toimub “otsustamine” staatiliselt
 - sisuliselt “süntaktiline suhkur”
- Tüüpide teisendamine — kui argumenti tüüp ei vasta funktsiooni poolt eeldatavale, siis see argument teisendatakse sobivasse tüüpi
 - tüübiteisendusfunktsioonide lisamine võib toimuda nii staatiliselt kui dünaamiliselt

Ad-hoc polümorfism

- Ülelaadimine vs. tüüpide teisendamine

Ad-hoc polümorfism

- Ülelaadimine vs. tüüpide teisendamine

3	+	4		3	+	4.0
3.0	+	4		3.0	+	4.0

Ad-hoc polümorfism

- Ülelaadimine vs. tüüpide teisendamine

3 + 4 3 + 4.0

3.0 + 4 3.0 + 4.0

- Operaator + omab *nelja* ülemääratud tähendust

Ad-hoc polümorfism

- Ülelaadimine vs. tüüpide teisendamine

3 + 4 3 + 4.0
3.0 + 4 3.0 + 4.0

- Operaator + omab *nelja* ülemääratud tähendust
- Operaator + omab *kahte* ülemääratud tähendust (täisarvude ja ujukomaarvude liitmine); kui üks argument on täis- ja teine ujukomaarv, siis täisarv teisendatakse ujukomaarvuks

Ad-hoc polümorfism

- Ülelaadimine vs. tüüpide teisendamine

3 + 4 3 + 4.0

3.0 + 4 3.0 + 4.0

- Operaator + omab *nelja* ülemääratud tähendust
- Operaator + omab *kahte* ülemääratud tähendust (täisarvude ja ujukomaarvude liitmine); kui üks argument on täis- ja teine ujukomaarv, siis täisarv teisendatakse ujukomaarvuks
- Operaator + omab *ühte* tähendust (ujukomaarvude liitmine); täisarvulised argumendid teisendatakse alati ujukomaarvudeks

Ad-hoc polümorfism

- Ad-hoc polümorfism induktsiooniga üle tüübidefinitsiooni

$$\begin{aligned} \text{equal}_{\text{Int}} i_1 i_2 &= \text{primIntEq } i_1 i_2 \\ \text{equal}_{[a]} [] [] &= \text{True} \\ \text{equal}_{[a]} (x : xs) (y : ys) &= \text{equal}_a x y \\ &\quad \&\& \text{equal}_{[a]} xs ys \\ \text{equal}_{[a]} xs ys &= \text{False} \end{aligned}$$

- Haskellis tüübiklassid

Parameetriline polümorfism

- Funktsioonil on üks definitsioon kõigi (lõpmata paljude) tüüpide jaoks

$$\text{length} :: [a] \rightarrow \text{Int}$$
$$\text{length} [] = 0$$
$$\text{length} (x : xs) = 1 + \text{length} xs$$
$$\text{map} :: (a \rightarrow b) \rightarrow [a] \rightarrow [b]$$
$$\text{map} f [] = []$$
$$\text{map} f (x : xs) = (f x) : \text{map} f xs$$

Parameetriline polümorfism

- “Tasuta” teoreemid

Parameetriline polümorfism

- “Tasuta” teoreemid

$$\text{length}(\text{map } f \text{ } xs) = \text{length } xs$$

Parameetriline polümorfism

- “Tasuta” teoreemid

$$\text{length}(\text{map } f \text{ } xs) = \text{length } xs$$

- “Tasuta” definitsioonid

Parameetriline polümorfism

- “Tasuta” teoreemid

$$\text{length}(\text{map } f \text{ } xs) = \text{length } xs$$

- “Tasuta” definitsioonid
 - Mis funktsioon on tüüpi $(a, b) \rightarrow (b, a)$?

Parameetiline polümorfism

- “Tasuta” teoreemid

$$\text{length}(\text{map } f \text{ } xs) = \text{length } xs$$

- “Tasuta” definitsioonid

- Mis funktsioon on tüüpi $(a, b) \rightarrow (b, a)$?
- Vastus $\text{swap}(x, y) = (y, x)$

Parameetiline polümorfism

- “Tasuta” teoreemid

$$\text{length}(\text{map } f \text{ } xs) = \text{length } xs$$

- “Tasuta” definitsioonid

- Mis funktsioon on tüüpi $(a, b) \rightarrow (b, a)$?

- Vastus $\text{swap}(x, y) = (y, x)$

ja ainult $\text{swap} !!$

Parameetiline polümorfism

- “Tasuta” teoreemid

$$\text{length}(\text{map } f \text{ } xs) = \text{length } xs$$

- “Tasuta” definitsioonid

- Mis funktsioon on tüüpi $(a, b) \rightarrow (b, a)$?

- Vastus $\text{swap}(x, y) = (y, x)$

ja ainult $\text{swap} !!$

- Mis funktsioon on tüüpi $(\text{Int}, \text{Char}) \rightarrow (\text{Char}, \text{Int})$?

Parameetriline polümorfism

- “Tasuta” teoreemid

$$\text{length}(\text{map } f \text{ } xs) = \text{length } xs$$

- “Tasuta” definitsioonid

- Mis funktsioon on tüüpi $(a, b) \rightarrow (b, a)$?

- Vastus $\text{swap}(x, y) = (y, x)$

ja ainult $\text{swap} !!$

- Mis funktsioon on tüüpi $(\text{Int}, \text{Char}) \rightarrow (\text{Char}, \text{Int})$?

- Neid on palju; näiteks swap , aga veel ka näiteks

$\text{foo}(x, y) = (\text{chr } x, \text{ord } y) !$

Polütüüpsus

- Funktsioon on parametrizeeritud tüübikonstruktori (andmestruktuuri) suhtes

`size` :: $f\ a \rightarrow \text{Int}$

`sum` :: $f\ \text{Int} \rightarrow \text{Int}$

`map` :: $(a \rightarrow b) \rightarrow f\ a \rightarrow f\ b$

`zip` :: $(f\ a, f\ b) \rightarrow f\ (a, b)$

Polütüüpsus

- Induktsiooniga üle tüübikonstruktori

$$\text{map}_{C_1} h x = x$$

$$\text{map}_{\text{Id}} h x = h x$$

$$\text{map}_{f \times g} h (x, y) = (\text{map}_f h x, \text{map}_g h y)$$

$$\text{map}_{f+g} h (\text{InL } x) = \text{InL}(\text{map}_f h x)$$

$$\text{map}_{f+g} h (\text{InR } y) = \text{InR}(\text{map}_g h y)$$

Geneeriline programmeerimine

- ... on programmeerimine parametriseeritud tüüpidega

Geneeriline programmeerimine

- ... on programmeerimine parametrizeeritud tüüpidega
- Polütüüpsus on GP erijuht

Geneeriline programmeerimine

- ... on programmeerimine parametrizeeritud tüüpidega
- Polütüüpsus on GP erijuht
- Teisi GP'd toetavad keeli:

Geneeriline programmeerimine

- ... on programmeerimine parametrizeeritud tüüpidega
- Polütüüpsus on GP erijuht
- Teisi GP'd toetavad keeli:
 - C++ (mallid ja konteinerklassid)
 - Java (interfeisid)
 - ...

Järgmiseks korraks

- Esmaspäeval, 21. mail, kontrolltöö!!