

ITT9030 Programmikeelte semantika Koduülesanded 1

Ülesannete tähtaeg on 17.3.2006. Hilinemise eest tulevad trahvipunktid. Ülesannete lahendamine on eksamihinde saamiseks nõutav.

Ülesannete ühine arutamine on aktsepteeritav, aga lahenduste kopeerimine ei ole lubatav. Küsimused on teretulnud meiliaadressil `tarmo@cs.ioc.ee`.

1. Olgu s olek nii, et $sx = 14$. Rehkenda välja olek, mis saadakse olekust s järgmise käsu täitmisel:

$$y := 1; z := 0; \text{while } y \leq x \text{ do } (y := 2 \times y; z := z + 1)$$

Tee arvutus läbi nii loomulikus kui ka struktuurses operatsioonsemantikas.

2. Kasutades loomulikku semantikat, näita, et järgmised **While**'i käsud on paarikaupa samatähenduslikud:

(a) `if (b1 ∧ b2) then S1 else S2` ja `if b1 else (if b2 then S1 else S2) else S2`,

(b) `if b then S else S` ja `S`,

(c) `while false do S` ja `skip`,

(d) `x := a1; y := a2` ja `y := a2[x ↦ a1]; x := a1` ($y \neq x, y \notin \text{FV}(a_1)$),

3. Vaatleme keele **While** mittedeterminismi toetavat laiendust, kus tavalised `if` ja `while` on asendatud järgmiste versioonidega:

$$S ::= \text{if } b_1 \rightarrow S_1 [] \dots [] b_n \rightarrow S_n \mid \text{while } b_1 \rightarrow S_1 [] \dots [] b_n \rightarrow S_n$$

Uute käskude intuiivne tähendus on järgmine. `if` täitmiseks väärtustatakse b_i 'd ning täidetakse S_i ühe (suvalise) i jaoks, mille korral b_i on tõene; kui selliseid pole, ei tehta midagi. `do` täitmiseks väärtustatakse b_i 'd ning täidetakse S_i ühe i jaoks, mille korral b_i on tõene, misjärel alustatakse uuesti; kui mingil momendil selliseid i 'sid pole, siis lõpetatakse.

Esita nende käskude tähendus loomulikus semantikas ja struktuurses operatsioonsemantikas.

4. Rmt. harj. 2.11 on näidatud, kuidas keele **While** aritmeetikaavaldiste tähendus määratleda loomulikus semantikas. Esita aritmeetikaavaldistele struktuurne operatsioonsemantika.

Üksik väike samm peaks tähendama ühe muutuja väärtuse vaatamist olekust või ühe tehte sooritamist. Tuletatavateks objektideks võiksid olla kolmikud $\langle a, s \rangle_{\text{Aexp}} \Rightarrow a'$.

5. Keelel **While** on omadus, et avaldise väärtustamine ei muuda olekut. Vaatleme laiendust, kus see omadus on rikutud. Lisame **While**'ile aritmeetika-avaldised kujul `S results a`, mille väärtustamiseks kõigepealt täidetakse käsk `S` ning siis väärtustatakse aritmeetikaavaldis `a`.

Esita täiendatud keele loomulik semantika (modifitseerida tuleb aritmeetikaavaldisi, tõeväärtusavaldisi, omistuskäsku, `if` ja `while`-käske puudutavad reeglid). Kolmikute $\langle a, s \rangle \rightarrow_{\text{Aexp}} z$ asemel tuletatakse muudetud semantikas nelikuid $\langle a, s \rangle \rightarrow_{\text{Aexp}} \langle z, s' \rangle$, kus a on aritmeetikaavaldis, z on täisarv ning s, s' on olekud.

6. Loomulikku semantikat pole keeruline anda ka **While**-keele eksootilisematele laiendustele. Lisame keelele lausekujud `undo S` ja `S ifafter b`. Esimese mõte on täita lause `S` "tagurpidi". Teise puhul täidetakse lause `S` ning siis kontrollitakse, kas lõppolekus kehtib `b`. Kui jah, siis nii lõpetataksegi. Kui ei, siis minnakse tagasi algolekusse. Defineeri nende konstruktsioonide loomulik semantika (muude konstruktsioonide semantikat muutmata).

Näita, et kui $\langle \text{do } S \text{ ifafter } b, s \rangle \rightarrow s'$, siis $\langle S; \text{if } b \text{ then skip else } (\text{undo } S), s \rangle \rightarrow s'$. Näita samuti (konkreetselt näite abil), et vastupidine üldjuhul ei kehti.

7. Laiendame **While**-keelt lausekujudega `break l` ja `l : S` ($l \in \text{Label}, \text{Label} =_{\text{df}} \mathbb{Z}$). `break l` on juhtmiskonstruktsioon, mille täitmisel juhtimine läheb lähima ümbritseva `l`-lause lõppu.

Esita laiendatud keele loomulik semantika. Tuletatavateks objektideks peaksid olema nelikud kujul $\langle S, s \rangle \rightarrow \langle m, s' \rangle$, kus $m \in \{\text{ok}\} \cup \text{Label}$.