Prova scritta di Linguaggi - 27.02.2015

Si consideri il linguaggio *Lang*:

$$\begin{array}{rcl} E \in Lang & ::= & x \mid n \mid \mathsf{true} \mid \mathsf{false} \mid E_1 + E_2 \mid E_1 \,\mathsf{or}\, E_2 \mid \\ & & \neg E \mid l := E \mid\ !l \mid E_1; E_2 \mid \mathsf{skip} \\ & & \mathtt{let}\ x : T = E_1\ \mathtt{in}\ E_2 \mid \mathsf{fun}(x : T) \Rightarrow E \mid E_1\, E_2 \mid \mathsf{fix}.E \end{array}$$

1. (5 punti) Formalizzare la *statica* del linguaggio *Lang* fornendo un sistema di tipi. I tipi da usare sono definiti dalla seguente grammatica:

$$\begin{array}{rcl} T & ::= & \mathsf{int} \mid \mathsf{bool} \mid \mathsf{unit} \mid T \to T \\ T_{\mathrm{loc}} & ::= & \mathsf{intref} \end{array}$$

   La regola di tipaggio del punto fisso è la seguente:

$$\text{(T-Fix)}\ \frac{\Gamma \vdash E : (T_1 \to T_2) \to (T_1 \to T_2)}{\Gamma \vdash \mathsf{fix}.E : (T_1 \to T_2)}$$

2. (8 punti) Una volta definito il sistema di tipi, dire, giustificando *formalmente* la risposta, se il termine

$$\mathtt{let}\ x : T_1 = \big(\mathsf{fun}(g : T_2) \Rightarrow (\mathsf{fun}(h : T_3) \Rightarrow (\mathsf{fix}.((h\,\mathsf{false})g))g\big)\ \mathtt{in}\ x\,\mathsf{skip}$$

   è ben tipato o meno, al variare dei tipi T_1, T_2 e T_3.

3. (5 punti) Formalizzare la *dinamica* del linguaggio tipato *Lang* attraverso una semantica small-step in stile *call-by-name*. Definire, per differenza, una semantica small-step in stile *call-by-value*. Si ricorda che regole semantiche per l'operatore di punto fisso sono le seguenti:

$$\text{(Fix-CBN)}\ \frac{-}{\mathsf{fix}.E \twoheadrightarrow E(\mathsf{fix}.E)} \qquad \text{(Fix-CBV)}\ \frac{\Gamma \vdash E : (T_1 \to T_2) \to (T_1 \to T_2)}{\mathsf{fix}.E \twoheadrightarrow E(\mathrm{fn}\ x : T_1 \Rightarrow (\mathsf{fix}.E)x)}$$

4. (5 punti) Si consideri il seguente sottolinguaggio tipato con una semantica CBV:

$$\begin{array}{rcl} E \in Lang & ::= & x \mid n \mid E_1 + E_2 \mid l := E \mid\ !l \mid \\ & & E_1; E_2 \mid \mathsf{skip} \mid \mathtt{let}\ x = E_1\ \mathtt{in}\ E_2 \end{array}$$

   Si provi formalmente la proprietà di preservazione dei tipi.

5. (9 punti) Si estenda il linguaggio come indicato, in modo da introdurre la concorrenza:

$$\begin{array}{rcl} E & ::= & \ldots \mid E_1 \,||\, E_2 \mid \text{await } E_1 \text{ protect } E_2 \text{ end} \\ T & ::= & \ldots \mid \mathsf{proc} \end{array}$$

Estendere di conseguenza il sistema di tipi e la semantica operazionale. Si considerino i seguenti programmi: CBN:

$$A \stackrel{\text{def}}{=} \text{let } F : T_{\mathrm{F}} = \big(\text{fn } f{:}T \Rightarrow (\text{fn } x{:}\mathsf{unit} \Rightarrow x \mid\mid (f x))\big)$$
$$\text{in } (\mathsf{fix}.F)(\mathrm{m} := !\mathrm{l} - 1; \mathrm{l} := !\mathrm{m} + 1)$$

$$B \stackrel{\text{def}}{=} \text{let } F : T_{\mathrm{F}} = \big(\text{fn } f{:}T \Rightarrow (\text{fn } x{:}\mathsf{unit} \Rightarrow x; (f x))\big)$$
$$\text{in } (\mathsf{fix}.F)(\mathrm{m} := !\mathrm{l} - 1; \mathrm{l} := !\mathrm{m} + 1)$$

$$C \stackrel{\text{def}}{=} \text{let } F : T_{\mathrm{F}} = \big(\text{fn } f{:}T \Rightarrow (\text{fn } x{:}\mathsf{unit} \Rightarrow (\text{await } \mathsf{true} \text{ protect } x \text{ end}) \mid\mid (f x))\big)$$
$$\text{in } (\mathsf{fix}.F)(\mathrm{m} := !\mathrm{l} - 1; \mathrm{l} := !\mathrm{m} + 1)$$

(a) Si dica per quali valori di T_{F} e T i programmi sono ben tipati.

(b) Si argomenti formalmente se i programmi in questione sono soggetti a *data race.*

(c) Si considerino le possibili coppie di programmi: (A, B), (A, C) e (B, C). Per ciascuna coppia si dica (con un'argomentazione semi formale) se i programmi in questione sono legati da una relazione di simulazione (in un verso o nell'altro) e/o di bisimulazione al variare dello stato iniziale s_0 in cui verranno valutati.