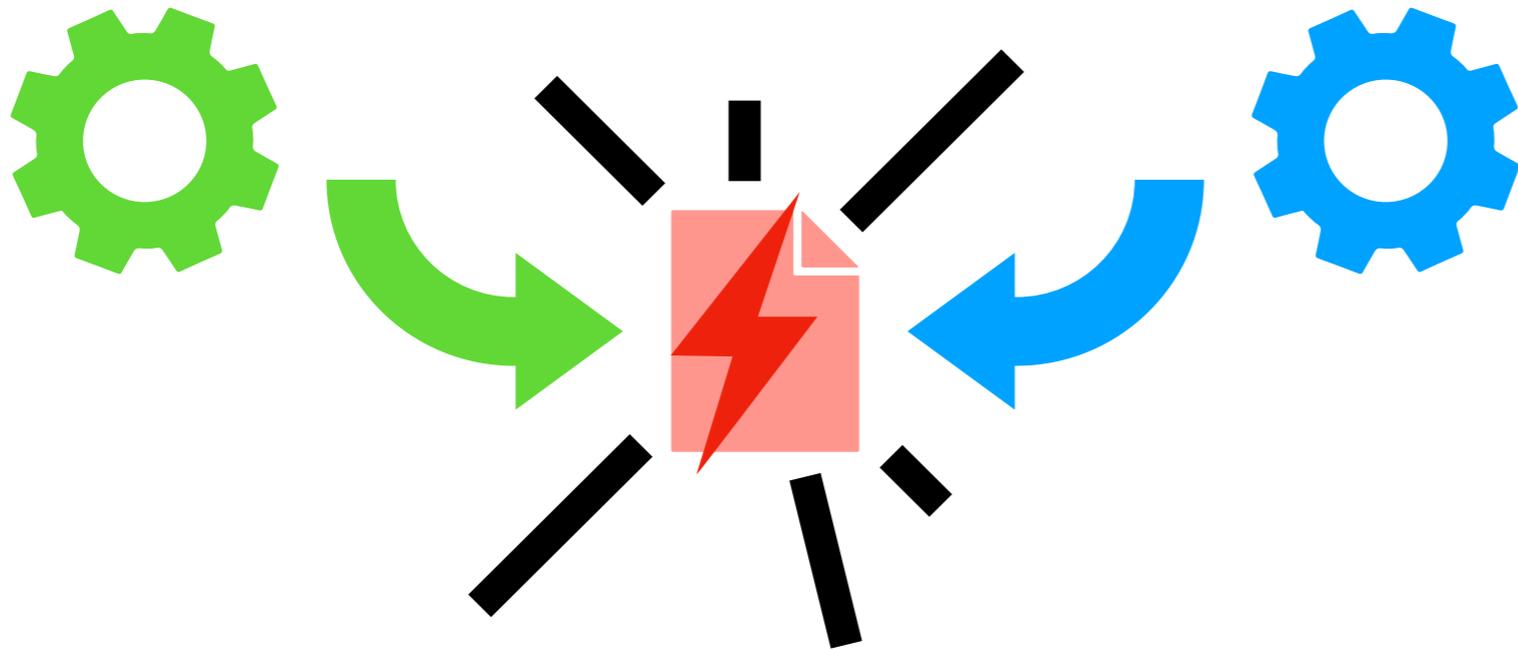


Linguaggi di Programmazione



Roberta Gori

CCS: processi guardati

CCS
processi guardati

CCS semantica operativa

$$\text{Act)} \frac{}{\mu.p \xrightarrow{\mu} p} \quad \text{Res)} \frac{p \xrightarrow{\mu} q \quad \mu \notin \{\alpha, \bar{\alpha}\}}{p \setminus \alpha \xrightarrow{\mu} q \setminus \alpha} \quad \text{Rel)} \frac{p \xrightarrow{\mu} q}{p[\phi] \xrightarrow{\phi(\mu)} q[\phi]}$$

$$\text{SumL)} \frac{p_1 \xrightarrow{\mu} q}{p_1 + p_2 \xrightarrow{\mu} q} \quad \text{SumR)} \frac{p_2 \xrightarrow{\mu} q}{p_1 + p_2 \xrightarrow{\mu} q}$$

$$\text{ParL)} \frac{p_1 \xrightarrow{\mu} q_1}{p_1 | p_2 \xrightarrow{\mu} q_1 | p_2} \quad \text{Com)} \frac{p_1 \xrightarrow{\lambda} q_1 \quad p_2 \xrightarrow{\bar{\lambda}} q_2}{p_1 | p_2 \xrightarrow{\tau} q_1 | q_2} \quad \text{ParR)} \frac{p_2 \xrightarrow{\mu} q_2}{p_1 | p_2 \xrightarrow{\mu} p_1 | q_2}$$

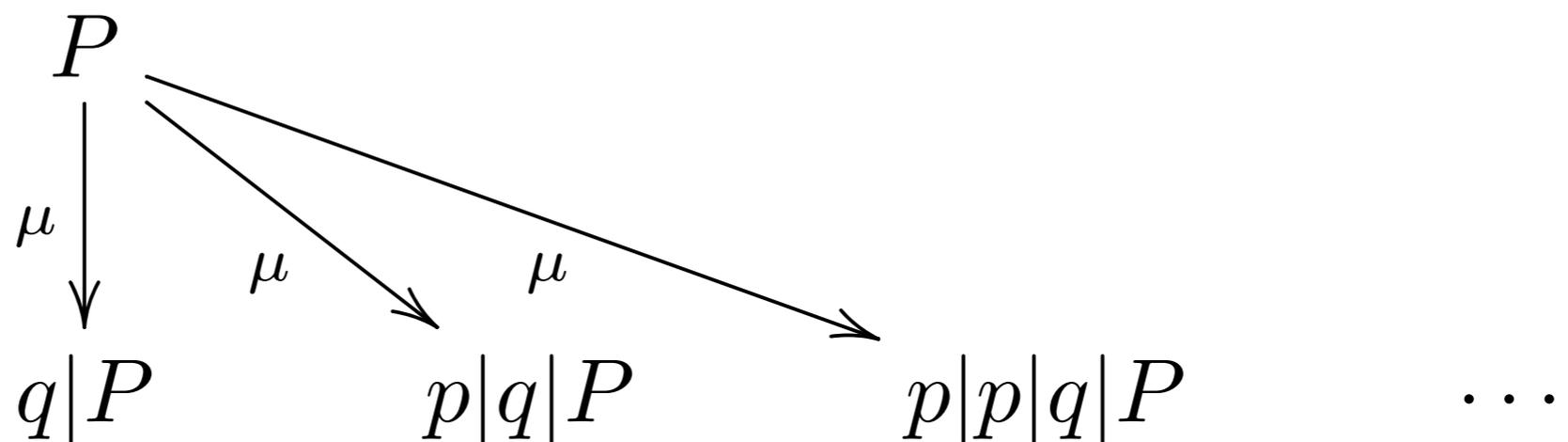
$$\text{Rec)} \frac{p[\mathbf{rec} \ x. \ p / x] \xrightarrow{\mu} q}{\mathbf{rec} \ x. \ p \xrightarrow{\mu} q}$$

CCS: processi guardati

la forma di ricorsione permessa è molto generale

ci sono processi con un numero infinito di transizioni in uscita

assumiamo $p \xrightarrow{\mu} q$ prendiamo $P \triangleq \mathbf{rec} \ x. p|x$ $P \triangleq p|P$



Tali processi sono chiamati infinitamente ramificati e li vogliamo evitare.....

CCS: processi guardati

I processi guardati garantiscono che le variabili di processo siano dopo un prefisso (la ricorsione è guardata da qualche azione)

Sia X un insieme di variabili di processo

$G(p, X)$ ^{sse} un nome in X occorre libero in p allora e' prefisso da un azione

$$G(\mathbf{nil}, X) \triangleq \mathbf{true}$$

$$G(p[\phi], X) \triangleq G(p, X)$$

$$G(x, X) \triangleq x \notin X$$

$$G(p + q, X) \triangleq G(p, X) \wedge G(q, X)$$

$$G(\mu.p, X) \triangleq G(p, \emptyset)$$

$$G(p|q, X) \triangleq G(p, X) \wedge G(q, X)$$

$$G(p \setminus \alpha, X) \triangleq G(p, X)$$

$$G(\mathbf{rec} x. p, X) \triangleq G(p, X \cup \{x\})$$

un processo chiuso p è guardato se è vero $G(p, \emptyset)$

Esercizio: guardato?

$$R \triangleq \mathbf{rec} \ x. \ \alpha.x + \beta$$

$$G(R, \emptyset)? \quad \checkmark$$

$$G(\mathbf{rec} \ x. \ \alpha.x + \beta, \emptyset) = G(\alpha.x + \beta, \{x\})$$

$$= G(\alpha.x, \{x\}) \wedge G(\beta, \{x\})$$

$$= G(x, \emptyset) \wedge G(\mathbf{nil}, \emptyset)$$

$$= \mathbf{true}$$

Esercizio: guardato?

$$T \triangleq \mathbf{rec} \ x. (\alpha|x) + \beta$$

$$G(T, \emptyset)? \quad \times$$

$$\begin{aligned} G(\mathbf{rec} \ x. (\alpha|x) + \beta, \emptyset) &= G((\alpha|x) + \beta, \{x\}) \\ &= G(\alpha|x, \{x\}) \wedge G(\beta, \{x\}) \\ &= G(\alpha, \{x\}) \wedge G(x, \{x\}) \wedge G(\mathbf{nil}, \emptyset) \\ &= G(\mathbf{nil}, \emptyset) \wedge x \notin \{x\} \wedge \mathbf{true} \\ &= \mathbf{true} \wedge \mathbf{false} \\ &= \mathbf{false} \end{aligned}$$

Esercizio: guardato?

$U \triangleq \mathbf{rec} \ x. \ \alpha|\beta.x$

$G(U, \emptyset)?$ 

$$\begin{aligned} G(\mathbf{rec} \ x. \ \alpha|\beta.x, \emptyset) &= G(\alpha|\beta.x, \{x\}) \\ &= G(\alpha, \{x\}) \wedge G(\beta.x, \{x\}) \\ &= G(\mathbf{nil}, \emptyset) \wedge G(x, \emptyset) \\ &= \mathbf{true} \wedge x \notin \emptyset \\ &= \mathbf{true} \end{aligned}$$

Esercizio: guardato?

rec x . x



no

rec x . α .**rec** y . x



guardato

rec x . α .**rec** y . $x + y$



no

rec x . α .**rec** y . $x|y$



no

rec x . α .**rec** y . $x|\beta.y$



guardato

Proprieta' dei processi guardati

Variabili guardate

TH. $G(p, X \cup \{x\}) \Rightarrow G(p, X)$

TH. $G(p, X) \wedge x \notin \text{fv}(p) \Rightarrow G(p, X \cup \{x\})$

prova per induzione strutturale su p (omessa)

Le sostituzioni preservano la proprietà di processi guardati

TH. $G(p, X) \wedge \bigwedge_{i \in [1, n]} G(p_i, X) \Rightarrow G(p[p_1 / x_1, \dots, p_n / x_n], X)$

prova per induzione strutturale su p (omessa)

Le transizioni preservano la proprietà di processi guardati

TH. $G(p, X) \wedge p \xrightarrow{\mu} q \Rightarrow G(q, \emptyset)$

prova per induzione su $p \xrightarrow{\mu} q$ (omessa)

I processi guardati hanno un insieme finito di transizioni

TH. $G(p, \emptyset) \Rightarrow \forall \mu. \{q \mid p \xrightarrow{\mu} q\}$ e' un insieme finito

proviamo una proprieta' piu' forte

TH. $X = \{x_1, \dots, x_n\} \quad \sigma = [p_1 / x_1, \dots, p_n / x_n]$

$G(p, X) \wedge \bigwedge_{i \in [1, n]} G(p_i, X) \Rightarrow \{q \mid \exists \mu. p\sigma \xrightarrow{\mu} q\}$
e' un insieme finito

prova: per induzione strutturale su p

mostriamo solo alcuni casi (e omettiamo alcuni dettagli)

$$\mathbf{TH.} \quad X = \{x_1, \dots, x_n\} \quad \sigma = [p_1 / x_1, \dots, p_n / x_n]$$

$$G(p, X) \wedge \bigwedge_{i \in [1, n]} G(p_i, X) \Rightarrow \{q \mid \exists \mu. p\sigma \xrightarrow{\mu} q\}$$

e' un insieme finito

prova: per induzione strutturale su p

$$p = \mathbf{nil}$$

$$\mathbf{nil}\sigma = \mathbf{nil}$$

$$\{q \mid \exists \mu. \mathbf{nil} \xrightarrow{\mu} q\} = \emptyset$$

$$p = x$$

$$x \in X \quad G(x, X) = \mathbf{false}$$

$$x \notin X \quad x\sigma = x \quad \{q \mid \exists \mu. x \xrightarrow{\mu} q\} = \emptyset$$

$$p = \mu'.p'$$

$$\{q \mid \exists \mu. p\sigma \xrightarrow{\mu} q\} = \{p'\sigma\}$$

TH. $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ $\sigma = [p_1 / x_1, \dots, p_n / x_n]$ (continua)

$G(p, X) \wedge \bigwedge_{i \in [1, n]} G(p_i, X) \Rightarrow \{q \mid \exists \mu. p \sigma \xrightarrow{\mu} q\}$
e' un insieme finito

prova: per induzione strutturale su p

$p = p' \setminus \alpha$ $p \sigma = p' \sigma \setminus \alpha$ $G(p, X) = G(p', X)$

$\{q \mid \exists \mu. p \sigma \xrightarrow{\mu} q\} = \{q' \setminus \alpha \mid \exists \mu \notin \{\alpha, \bar{\alpha}\}. p' \sigma \xrightarrow{\mu} q'\}$

finito, per ip. ind.

$p = p'_0 + p'_1$ $p \sigma = p'_0 \sigma + p'_1 \sigma$ $G(p, X) = G(p'_0, X) \wedge G(p'_1, X)$

$\{q \mid \exists \mu. p \sigma \xrightarrow{\mu} q\} = \{q'_0 \mid \exists \mu. p'_0 \sigma \xrightarrow{\mu} q'_0\} \cup \{q'_1 \mid \exists \mu. p'_1 \sigma \xrightarrow{\mu} q'_1\}$

finito, per ip. ind.

TH. $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ $\sigma = [p_1 / x_1, \dots, p_n / x_n]$ (continua)

$G(p, X) \wedge \bigwedge_{i \in [1, n]} G(p_i, X) \Rightarrow \{q \mid \exists \mu. p\sigma \xrightarrow{\mu} q\}$
e' un insieme finito

prova per induzione strutturale su p

$p = \mathbf{rec} \ x.p'$ senza perdere generalita' $x \notin X \cup \bigcup_{i \in [1, n]} \text{fv}(p_i)$

$$p\sigma = \mathbf{rec} \ x. p'\sigma$$

$$G(p, X) = G(p', X \cup \{x\})$$

$$\{q \mid \exists \mu. p\sigma \xrightarrow{\mu} q\} = \{q' \mid \exists \mu. p'\sigma[\mathbf{rec} \ x. p'\sigma / x] \xrightarrow{\mu} q'\}$$

finito, per ip. ind.