CCS proces - vnější pohled

Co je CCS proces pro své okolí?

CCS proces je výpočetní agent, který může komunikovat s okolním prostředím prostřednictvím svého rozhraní.
Rozhraní = Sada komunikačních portů/kanálů, spolu s informací, jestli jsou používány pro vstup nebo výstup.

Příklad: počítačový vědec

Rozhraní procesu:

- coffee (vstupní port)
- $\overline{\text{coin}}$ (výstupní port)
- $\overline{\text{pub}}$ (výstupní port)

Základy CCS (sekvenční fragment)

- Nil (or 0) proces (jediný atomický proces)
- akční prefix ($a.P$)
- jména a rekurzivní definice ($\stackrel{\text{def}}{=}$)
- nedeterministická volba ($+$)

Toto stačí k popisu sekvenčních procesů

Každý konečný LTS může být popsán za použití výše uvedených operací.

Nápojový automat

$$V_1 \stackrel{\text{def}}{=} 10k.10k.(coffee.collect.V_1 + tea.collect.V_1)$$

$$V_2 \stackrel{\text{def}}{=} 10k.10k.coffee.collect.V_2 + 10k.10k.tea.collect.V_2$$

~~$V_3 \stackrel{\text{def}}{=} (10k.10k + 20k).(coffee.collect.V_3 + tea.collect.V_3)$~~

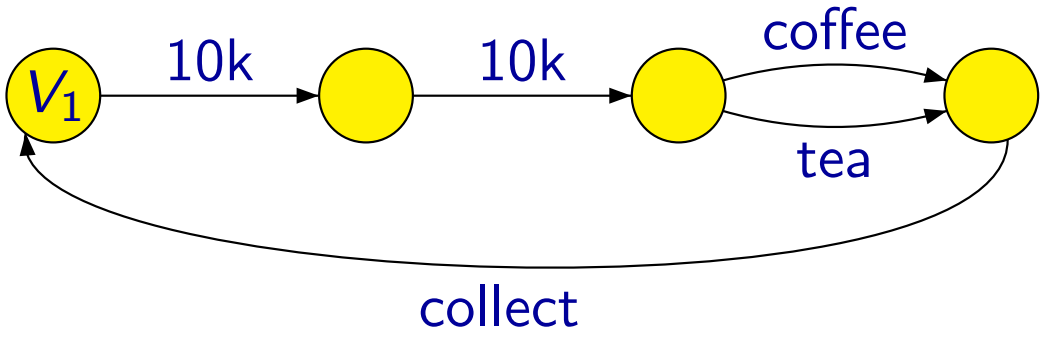
$$V_4 \stackrel{\text{def}}{=} 10k.10k.(coffee.collect.V_4 + tea.collect.V_4) + 20k.(coffee.collect.V_4 + tea.collect.V_4)$$

$$V_5 \stackrel{\text{def}}{=} 10k.10k.V_6 + 20k.V_6$$

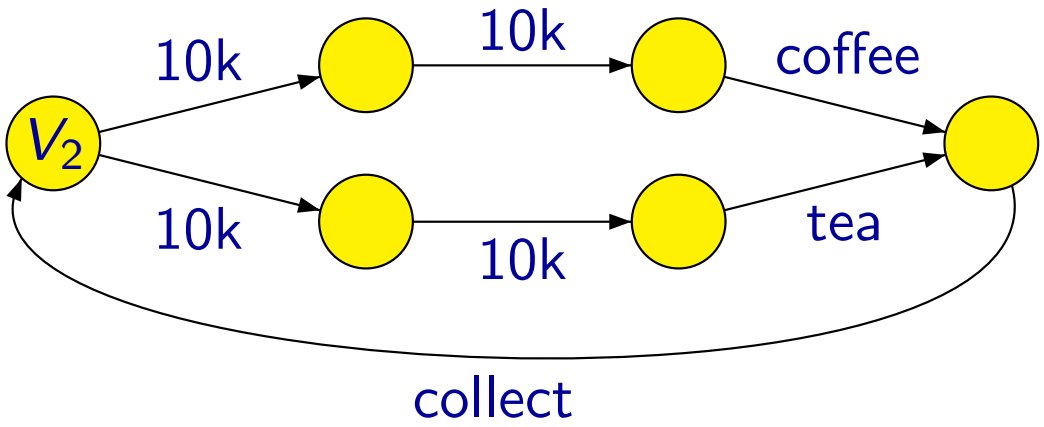
$$V_6 \stackrel{\text{def}}{=} coffee.collect.V_5 + tea.collect.V_5$$

Nápojový automat

$$V_1 \stackrel{\text{def}}{=} 10k.10k.(coffee.collect.V_1 + tea.collect.V_1)$$

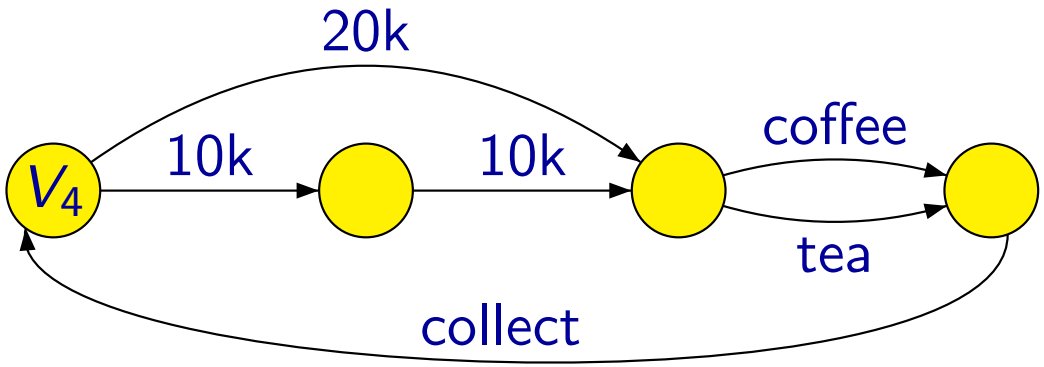


$$V_2 \stackrel{\text{def}}{=} 10k.10k.coffee.collect.V_2 + 10k.10k.tea.collect.V_2$$

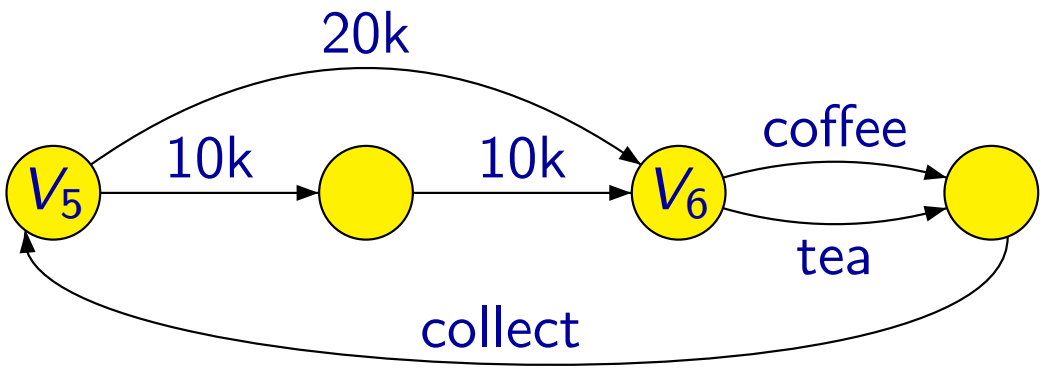


Nápojový automat

$V_4 \stackrel{\text{def}}{=} 10\text{k}.10\text{k}.(\text{coffee}.\text{collect}.V_4 + \text{tea}.\text{collect}.V_4) +$
$20\text{k}.(\text{coffee}.\text{collect}.V_4 + \text{tea}.\text{collect}.V_4)$



$V_5 \stackrel{\text{def}}{=} 10\text{k}.10\text{k}.V_6 + 20\text{k}.V_6, \quad V_6 \stackrel{\text{def}}{=} \text{coffee}.\text{collect}.V_5 + \text{tea}.\text{collect}.V_5$



Základy CCS (paralelismus a přejmenování)

- paralelní kompozice ($|$)
  (synchronní komunikace mezi dvěma komponentami = handshake synchronizace)
- restrikce ($P \setminus L$)
- přejmenování ($P[f]$)

Definice CCS (kanály, akce, jména procesů)

Označme:

- $\mathcal{A}$ množina jmen kanálů (channel names) (např. tea, $coffee$ jsou kanály)

- $\mathcal{L} = \mathcal{A} \cup \overline{\mathcal{A}}$ množina návěští (labels), kde
  - $\overline{\mathcal{A}} = \{\overline{a} \mid a \in \mathcal{A}\}$
    (prvky $\mathcal{A}$ jsou jména (names),
    prvky $\overline{\mathcal{A}}$ jsou doplňková jména (co-names))
  - podle konvence $\overline{\overline{a}} = a$

- $Act = \mathcal{L} \cup \{\tau\}$ je množina akcí (actions), kde
  - τ je vnitřní (internal) nebo také tichá (silent) akce

  (např. τ, tea, $\overline{coffee}$ jsou akce)

- $\mathcal{K}$ je množina jmen procesů nebo konstant (process names, constants) (např. V_5).

Definice CCS (výrazy)

$P :=$	K	$\mid$	procesní konstanty ($K \in \mathcal{K}$)
	$\alpha.P$	$\mid$	akční prefixy ($\alpha \in Act$)
	$\sum_{i \in I} P_i$	$\mid$	sumy (I je libovolná množina indexů)
	$P_1 \mid P_2$	$\mid$	paralelní kompozice (parallel composition)
	$P \setminus L$	$\mid$	restrikce (restriction) ($L \subseteq \mathcal{A}$)
	$P[f]$	$\mid$	přejmenování (relabelling) ($f : Act \to Act$) tž.

- $f(\tau) = \tau$
- $f(\overline{a}) = \overline{f(a)}$

Termy vygenerovatelné touto gramatikou nazýváme procesní výrazy CCS (CCS process expressions) a množinu všech těchto výrazů značíme $\mathcal{P}$.

Notace

$$P_1 + P_2 = \sum_{i \in \{1,2\}} P_i \qquad Nil = 0 = \sum_{i \in \emptyset} P_i$$

Priority

Priority operátorů

1. restrikce a přejmenování (nejvyšší priorita)
2. akční prefix
3. paralelní kompozice
4. suma

Příklad: $R + a.P|b.Q \setminus L$ znamená $R + \big((a.P)|(b.(Q \setminus L))\big)$.

Definice CCS (definující rovnice)

CCS program

CCS programem nazýváme sadu definujících rovnic (defining equations) tvaru

$$K \stackrel{\text{def}}{=} P,$$

kde $K \in \mathcal{K}$ je procesní konstanta a $P \in \mathcal{P}$ je procesní výraz CCS.

- Povolena jen jedna definující rovnice pro každou procesní konstantu.
- Je povolena rekurze – např. $A \stackrel{\text{def}}{=} \overline{a}.A \mid A$.

Sémantika CCS

Syntaxe

CCS
(sada definujících rovnic)

Sémantika

LTS
(ohodnocené přechodové systémy)

JAK?

Strukturální operační sémantika CCS

Strukturální operační sémantika (SOS - Structural Operational Semantics) – G. Plotkin 1981

Tzv. small-step operační sémantika, kde chování systému je odvozeno s využitím pravidel řízených sytaxí.

Pro danou sadu definujících rovnic definujeme následující LTS $(Proc, Act, \{\xrightarrow{a} | \ a \in Act\})$:

- $Proc = \mathcal{P}$ (množina všech procesních výrazů CCS)
- $Act = \mathcal{L} \cup \{\tau\}$ (množina všech CCS akcí včetně τ)
- přechodová relace je dána SOS pravidly tvaru:

$$\text{PRAVIDLO} \quad \frac{\text{předpoklady}}{\text{závěr}} \quad \text{podmínky}$$

SOS pravidla pro CCS ($\alpha \in Act, a \in \mathcal{L}$)

$$\text{ACT} \quad \frac{}{\alpha.P \xrightarrow{\alpha} P} \qquad \text{SUM}_j \quad \frac{P_j \xrightarrow{\alpha} P'_j}{\sum_{i \in I} P_i \xrightarrow{\alpha} P'_j} \; j \in I$$

$$\text{COM1} \quad \frac{P \xrightarrow{\alpha} P'}{P|Q \xrightarrow{\alpha} P'|Q} \qquad \text{COM2} \quad \frac{Q \xrightarrow{\alpha} Q'}{P|Q \xrightarrow{\alpha} P|Q'}$$

$$\text{COM3} \quad \frac{P \xrightarrow{a} P' \quad Q \xrightarrow{\overline{a}} Q'}{P|Q \xrightarrow{\tau} P'|Q'}$$

$$\text{RES} \quad \frac{P \xrightarrow{\alpha} P'}{P \setminus L \xrightarrow{\alpha} P' \setminus L} \; \alpha, \overline{\alpha} \notin L \qquad \text{REL} \quad \frac{P \xrightarrow{\alpha} P'}{P[f] \xrightarrow{f(\alpha)} P'[f]}$$

$$\text{CON} \quad \frac{P \xrightarrow{\alpha} P'}{K \xrightarrow{\alpha} P'} \; K \stackrel{\text{def}}{=} P$$

Odvození přechodu v CCS

Nechť $A \stackrel{\text{def}}{=} a.A$. Potom

$$\big((A \,|\, \overline{a}.Nil) \,|\, b.Nil\big)[c/a] \xrightarrow{c} \big((A \,|\, \overline{a}.Nil) \,|\, b.Nil\big)[c/a].$$

$$\text{REL}\ \frac{\text{COM1}\ \dfrac{\text{COM1}\ \dfrac{\text{CON}\ \dfrac{\text{ACT}\ \dfrac{}{a.A \xrightarrow{a} A}}{A \xrightarrow{a} A}\ A \stackrel{\text{def}}{=} a.A}{A \,|\, \overline{a}.Nil \xrightarrow{a} A \,|\, \overline{a}.Nil}}{(A \,|\, \overline{a}.Nil) \,|\, b.Nil \xrightarrow{a} (A \,|\, \overline{a}.Nil) \,|\, b.Nil}}{\big((A \,|\, \overline{a}.Nil) \,|\, b.Nil\big)[c/a] \xrightarrow{c} \big((A \,|\, \overline{a}.Nil) \,|\, b.Nil\big)[c/a]}$$

LTS procesu $a.Nil \,|\, \overline{a}.Nil$