Распределенные алгоритмы и системы

mk.cs.msu.ru → Лекционные курсы → Распределенные алгоритмы и системы

Блок 4

Справедливые вычисления

Лектор:
Подымов Владислав Васильевич
E-mail:
valdus@yandex.ru

ВМК МГУ, 2022/2023, весенний семестр

Не все вычисления модели распределённой системы адекватно соответствуют вычислениям реальной системы

Например:

Узел A:

$$\begin{array}{l} \textbf{var } m : bool = \mathbb{f}; \\ \textbf{do } \{ \\ \quad 1{:}\ m := \neg m; \\ \quad 2{:}\ \mathrm{send}(m); \\ \}\ \textbf{until } \mathbb{f} \end{array}$$

Узел B:

$$\begin{array}{l} \textbf{var } m : bool = *; \\ \textbf{do } \{ \\ \quad 1{:}\ \mathrm{receive}(m); \\ \}\ \textbf{until } \mathbb{f} \end{array}$$

$$(\langle \mathbb{f}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \emptyset) \to_1 (\langle \mathbb{t}, 2\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \emptyset) \to_1 (\langle \mathbb{t}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}\}) \to_1 (\langle \mathbb{f}, 2\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}\}) \to_1 (\langle \mathbb{f}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}, \mathbb{f}\}) \to_1 (\langle \mathbb{t}, 2\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}, \mathbb{f}\}) \to_1 (\langle \mathbb{t}, 2\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}, \mathbb{t}, \mathbb{f}\}) \to_1 \dots$$

Вычисление этой модели, в котором выполняются только действия узла A, **несправедливо** по отношению к узлу B: этот узел почти всегда может выполнить своё действие, и «в реальности» рано или поздно он выполнит действие (а затем ещё одно, и ещё одно), но в модельном вычислении действия выполняет только A

Зачастую в моделях распределённых систем содержатся **несправедливые** вычисления, подобные вычислению в последнем примере

Такие вычисления не соответствуют ни одному «реальному» выполнению моделируемой системы, но исключить их из модели оказывается невозможно

Основная причина несправедливости состоит в том, что некоторые действия в некоторых узлах могут выполняться достаточно часто, но при этом никогда не выполняются из-за выполнения других действий

Понятие справедливости введём только для распределённых алгоритмов с асинхронным обменом сообщениями, для других видов алгоритмов это понятие можно ввести аналогично

Справедливым считается любой путь в с.п. распределённого алгоритма, оканчивающийся в заключительной конфигурации

Существенная часть понятия справедливости относится к бесконечным путям

Бесконечный путь $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots)$ в с.п. распределённого алгоритма считается

- слабо несправедливым по отношению к действию α, если существует номер n, такой что для всех $i > n$ действие α допустимо в γ_i и при этом $\gamma_{i+1} \neq \alpha(\gamma_i)$
- слабо справедлив, если он не является слабо несправедливым ни к одному действию ни одного узла алгоритма
- сильно несправедливым по отношению к действию α, если существует номер n, такой что для всех $i > n$ действие α допустимо в γ_j хотя бы для одного $j > i$, и при этом $\gamma_{i+1} \neq \gamma_i$
- сильно справедлив, если он не является сильно несправедливым ни к одному действию ни одного узла

Пример:

Узел A:

$\mathbf{var}\ m : bool = \mathbb{f};$
$\mathbf{do}\ \{$
  $1\colon\ m := \neg m;$
  $2\colon\ \mathrm{send}(m);$
$\}\ \mathbf{until}\ \mathbb{f}$

Узел B:

$\mathbf{var}\ m : bool = *;$
$\mathbf{do}\ \{$
  $1\colon\ \mathrm{receive}(m);$
$\}\ \mathbf{until}\ \mathbb{f}$

$$(\langle \mathbb{f}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \emptyset) \to (\langle \mathbb{t}, 2\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \emptyset) \to (\langle \mathbb{t}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}\}) \to$$
$$(\langle \mathbb{f}, 2\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}\}) \to (\langle \mathbb{f}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}, \mathbb{f}\}) \to (\langle \mathbb{t}, 2\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}, \mathbb{f}\}) \to$$
$$(\langle \mathbb{t}, 2\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}, \mathbb{t}, \mathbb{f}\}) \to \ldots$$

Это вычисление распределённого алгоритма (A, B), в котором выполняются только действия узла A, слабо и сильно несправедливо по отношению к действию $(\langle \mathbb{f}, 1\rangle, \mathbb{t}?, \langle \mathbb{t}, 1\rangle)$ узла B

Следовательно, это вычисление не является ни сильно справедливым, ни слабо справедливым

Другой пример:

Узел A:

$\textbf{do}$ $\{$
  1: send($\mathbb{t}$);
$\}$ $\textbf{until}$ $\mathbb{f}$

Узел B:

$\textbf{var}$ $m : bool = \mathbb{f}$;
$\textbf{do}$ $\{$
  1: receive(m);
$\}$ $\textbf{until}$ $\mathbb{f}$

Узел C:

$\textbf{var}$ $m : bool = \mathbb{f}$;
$\textbf{do}$ $\{$
  1: receive(m);
$\}$ $\textbf{until}$ $\mathbb{f}$

$(\langle 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \emptyset) \to_1 (\langle 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}\}) \to_2 (\langle 1\rangle, \langle \mathbb{t}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \emptyset) \to_1$
$(\langle 1\rangle, \langle \mathbb{t}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \{\mathbb{t}\}) \to_2 (\langle 1\rangle, \langle \mathbb{t}, 1\rangle, \langle \mathbb{f}, 1\rangle, \emptyset) \to_1 \ldots$

Это вычисление распределённого алгоритма (A, B, C), в котором поочерёдно выполняются действия узлов A и B и ни разу не выполняется действие C, сильно несправедливо по отношению к действию $(\langle \mathbb{f}, 1\rangle, \mathbb{t}?, \langle \mathbb{t}, 1\rangle)$ узла C

Следовательно, это вычисление не является ни сильно справедливым

Но это вычисление слабо справедливо