

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОВМЕЩЕННЫМИ СЕТЯМИ УПРАВЛЕНИЯ И ДАННЫХ

Выхованец В.С., Яцутко А.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, ЗАО «Яндекс», г. Москва
valery@vykhovanets.ru, aleksundra@yatsutko.net

Ключевые слова: моделирование процессов, динамическое управление процессами, совмещенные сети управления и данных, алгоритмические модели, теория типов, неразрешимые проблемы, алгоритмическая модель со строгой типизацией данных.

Keywords: process modeling, dynamic control of processes, combined networks with control and data, algorithmic models, type's theory, unresolved problems, universal algorithmic model of a strongly typed data.

Введение

Блок-схема – распространенный вид графических моделей, описывающих процессы, в которых отдельные шаги или подпроцессы изображаются в виде блоков, соединенных между собой линиями, указывающими последовательность их выполнения [1-7].

Целью настоящей работы является улучшение качества управления динамическими процессами путём использования такой их модели, которая основана на явной трассировке данных и управления между узлами сети. Это позволяет решить проблемы автоматической генерации управляющей программы по её описанию в виде иерархически организованных диаграмм процессов, а также улучшает выразительные возможности модели.

1. Совмещенная сеть управления и данных

Для преодоления проблем моделирования и управления процессами предлагается объединить выразительные возможности двух моделей – моделей для описания потоков работ и моделей для описания потоков данных [8, 9].

Через каждый узел совмещенной сети управления и данных (показан на рис. 1 в виде прямоугольника) проходят поток управления и поток данных. Поток управления, входящий в узел, называется активатором (ромб). Получение активации означает начало работы узла. Выход потока управления из узла называется событием (квадрат). Событие, созданное узлом, может активировать один или несколько других узлов.

Поток данных передает узлу структурированные входные данные (треугольник). После того как узел закончил работу, в поток данных поступают структурированные выходные данные (окружность), которые могут передаваться следующему узлу в качестве входных.

При срабатывании одного или нескольких активаторов узел активируется, считываются входные данные и выполняются действия, привязанные к этому узлу. Затем формируются одно или несколько событий и выходные данные.

Часть узлов, которые не имеют диаграммы, называются базовыми. Составной узел отличается от базового узла тем, что не является последним в иерархии, т. е. декомпозируется в совмещенную сеть и состоит из других узлов, каждый из которых, в свою очередь, может быть либо базовым, либо составным.

2. Типизация данных

Явная трассировка данных на диаграммах процессов требует использования достаточно развитого аппарата их структуризации, типизации, объединения, сравнения, контроля на всех этапах работы с моделью процесса.

Зададим алфавит теории типов T , состоящий из конечного множества знаков простых типов $\Omega = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m\}$ и круглых скобок. Определим перечислимое множество формул теории следующим образом:

- знак простого типа данных $\tau \in \Omega$ является типом;
- если φ – тип, то и (φ) является типом;
- если φ и ψ – типы, то и $\varphi\psi$ – тип.

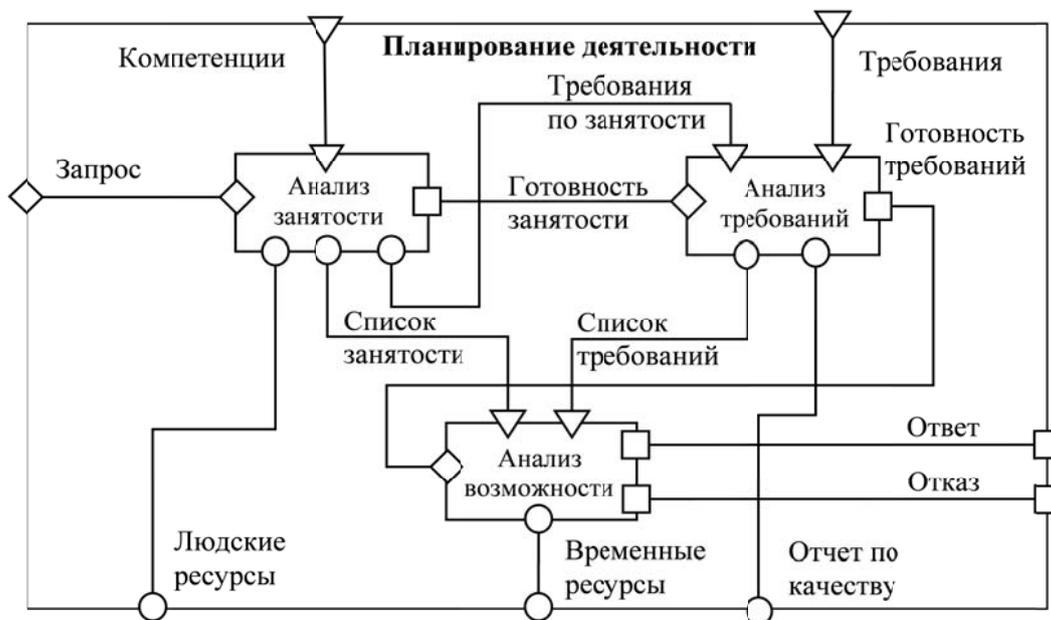


Рис. 1. Совмещенная сеть управления и данных

Аксиомами теории типов являются все простые типы Ω , а правилами вывода теории будут следующие отображения, заданные на множестве формул теории T :

- (1) $\varphi \rightarrow (\varphi)$;
- (2) $\varphi, \psi \rightarrow \varphi\psi$.

Определение 1. Два типа $u_1u_2\dots u_p$ и $v_1v_2\dots v_q$ равны тогда и только тогда, когда $p = q$ и существует перестановка подтипов первого типа, которая преобразует его во второй тип, т.е. существует последовательность неповторяющихся индексов i, j, \dots, k ($1 \leq i, j, \dots, k \leq p$) такая, что $v_1 = u_i, v_2 = u_j, \dots, v_p = u_k$.

Теорема 1. Агрегация типов коммутативна, т.е. $\varphi\psi = \psi\varphi$ для любых типов φ и ψ .

Определение 2. Тип u меньше типа v тогда и только тогда, когда существует такой тип w , что $v = uw$.

Теорема 2. Агрегация типов больше любого из агрегируемых типов, т.е. $\varphi\psi > \varphi$ и $\varphi\psi > \psi$ для любых типов φ и ψ .

Из теоремы 2 и аксиомы (2) следует, что множество типов является частично упорядоченным множеством, т.е. на множестве типов задана иерархия, аналогичная иерархии типов в логических теориях [10] и диаграммам наследования классов.

Теорема 3. Сравнение типов разрешимо, т.е. для любых двух типов φ и ψ конструктивными средствами может быть установлена истинность одного и только одного из следующих высказываний: $\varphi \neq \psi$, $\varphi = \psi$, $\varphi > \psi$, $\varphi < \psi$.

3. Теория совмещенных сетей

Определение 3. Совмещенной сетью управления и данных S называется упорядоченное множество, состоящее из четырех подмножеств N, E, D и T :

$$(3) S = (N, E, D, T),$$

где $N = \{n_i \mid i = \overline{0, p}\}$ – множество внутренних узлов сети с числом элементов p и внешний интерфейсный узел n_0 , $E = \{(n_i, n_j, t_k) \mid n_i, n_j \in N; t_k \in T\}$ – множество дуг управления, $D = \{(n_i, n_j, t_k) \mid n_i, n_j \in N; t_k \in T\}$ – множество дуг данных, T – множество типов данных, а дуги заданы упорядоченными множествами из трех элементов $(n_i, n_j, t_k) \in N \times N \times T$, где $n_i \in N$ – начальный узел дуги, $n_j \in N$ – ее конечный узел, $t_k \in T$ – тип дуги, а \times – операция декартова произведения множеств.

Интерфейсный узел n_0 имеет специальное назначение. Дуги управления, идущие из него, являются активаторами сети, а входящие в него – событиями. В свою очередь дуги данных, связанные с этим узлом, задают входные и выходные данные сети. При включении совмещенной сети в другую сеть в качестве узла, она замещается своим интерфейсным узлом.

Теорема 4. Задача построения совмещенных сетей по интерфейсному описанию выполняемых ими преобразований данных является алгоритмически неразрешимой.

Теорема 5. Всякая частично-рекурсивная функция вычислима совмещенной сетью управления и данных.

Заключение

Совмещенные сети управления и данных являются универсальной алгоритмической моделью со строгой типизацией данных. Для сравнения типов данных найдена эффективная процедура, сводимая к операциям над строками конечной длины. Для этой алгоритмической модели также доказано, что синтез программ является одной из неразрешимых проблем.

Как и у других алгоритмических моделей, неразрешимыми проблемами для совмещенных сетей управления и данных является также распознавание нетривиальных свойств вычисляемых функций и, в частности, распознавание по описанию процесса в виде совмещенной сети остановится ли этот процесс при заданных входных данных или не остановится (проблема остановки).

Литература

1. Davis R. Business Process Modeling with ARIS: A Practical Guide. – New York: Springer-Verlag, 2005. – 531 p.
2. Марка Д., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования SADT. – М.: Метатехнология, 1993. 247 с. [Marca D., McGowan C. SADT: Structured Analysis and Design Techniques. McGraw-Hill, 1987. – 247 p.].
3. Integration definition for function modeling (IDEF0). – Washington: National Institute of Standards and Technology, 1993. – 116 p.
4. Gane C., Sarson T. Structured systems analysis: Tools and techniques. – New York: Prentice-Hall, 1979. – 452 p.
5. Information integration for concurrent engineering (IICE) / R.J. Mayer, C.P. Menzel, M.K. Painter, et al. // IDEF3 Process Description Capture Method Report. – Ohio: Air Force Material Command, 1995. – 235 p.
6. Fischer L. Workflow handbook 2002. Association with the Workflow Management Coalition (WfMC), 2002. – 428 p.
7. Smith H., Fingar P. Business process management (BPM): The Third Wave. – Meghan-Kiffer Press, 2002. – 312 p.
8. Яцутко А.В., Выхованец В.С. Динамическое управление бизнес-процессами на основе совмещенных сетей управления и данных // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 2 (14). Доступ <http://engjournal.ru/catalog/mathmodel/social/530.html>.
9. Vykhovanets V., Yatsutko A. Dynamic business process management based on the combined control and data networks // Preprints of the 2013 IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control. Saint Petersburg, Russia, June 19-21, 2013. P. 672-677.

10. *Church A.* A formulation of the simple theory of types // *The Journal of Symbolic Logic.* 1940. Vol. 5, No 2. P. 56–68.