

Вісник Харківського національного університету
Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи
управління»

УДК 681.3

№ 629, 2004, с.5-10

Использование аппарата E-сетей для моделирования систем управления с элементами искусственного интеллекта

Е. В. Дуравкин

Харьковский военный университет, Украина

Possibility of the improvement of the E-nets is considered. The offered determination predicate controlling transition by means of device of the ill-defined logic. Mechanisms and ways of the determination predicate are shown. Time of work transition is offered assign not fixed number, but beside distribution. The offered additions are directed on increasing of adequacy of the development of the models managerial system with element of the artificial intelligence.

1. Общая постановка задачи и её актуальность

Вопросы оценки эффективности функционирования систем управления необходимо решать на всех этапах их жизненного цикла (проектирование, разработка, внедрение, эксплуатация, модернизация) [1,2]. Исследование работы любой системы можно произвести либо испытаниями опытного образца, либо испытанием ее модели. Специфика систем данного класса указывает на значительные трудности, связанные с реализацией первого подхода. Следовательно, наиболее эффективным методом исследования разрабатываемых и модернизируемых распределенных систем управления является моделирование [6]. Совершенствование методов построения исследуемых систем так же вызывает необходимость совершенствования и средств их анализа.

2. Анализ литературы

Тенденции развития распределенных систем управления показывают, что использование элементов искусственного интеллекта в данных системах позволяют значительно повысить эффективность их функционирования [5]. Однако, в то же время это значительно усложняет задачу описания и моделирования данных систем. В работах [4,6] показано, что имитационные модели является наиболее приемлемым средством описания подобных сложных систем. Одним из широко распространенных средств имитационного моделирования, предназначенного для анализа распределенных вычислительных систем, является аппарат E-сетей [4].

3. Цели работы

Использование элементов искусственного интеллекта в распределенных системах управления выдвигает новые требования к средствам их описания и моделирования [5,6]. Цель данной работы показать пути модификации аппарата E-сетей для повышения адекватности моделирования систем с элементами искусственного интеллекта.

4. Предлагаемые дополнения к аппарату Е-сетей

Формально Е-сеть задается как двудольный ориентированный граф, описываемый множеством:

$$E = (P, H, L, D, A, M_0), \quad (1)$$

где P – конечное множество мест, включающее подмножества B и R , (B – конечное множество периферийных мест, R – конечное множество решающих мест); H – конечное множество переходов, включающее множества T, F, J, X, Y ; L – прямая функция инцидентности; D – обратная функция инцидентности; A – конечное множество характеристик переходов, включающее $a = (\tau(a_i), q)$, ($\tau(a_i)$ – время срабатывания перехода, q – процедура перехода); M_0 – начальная разметка сети.

Множества P, H удовлетворяют следующим условиям: $P \neq \emptyset, H \neq \emptyset, P \cap H = \emptyset$ (граф Е-сети должен содержать хотя бы один переход и одно место, причем вершина графа не может быть одновременно элементом множеств P и H).

Функции прямой и обратной инцидентности L, D , задавая следующие правила:

$$L : P \times H \rightarrow \{0, 1\}, D : H \times P \rightarrow \{0, 1\}, \quad (2)$$

определяют то, что элементы одного множества дугами соединены быть не могут, а также описывают наборы входных и выходных элементов.

В сравнении с другими средствами имитационного моделирования аппарат Е-сетей позволяет легко описывать параллельные взаимодействующие асинхронные процессы, отражая общую динамику работы дискретной системы; удобно отражать возможности многих других механизмов, предложенных для описания систем (схемы алгоритмов, SDL-диаграммы и т.п.); допускать любую смысловую интерпретацию своих составляющих, что дает возможность одновременно моделировать как информационные потоки, так и аппаратную часть; допускает различную трактовку своих элементов по уровню абстракции (детализации), что позволяет строить иерархические модели, в которых переход может транслироваться в подсеть более низкого уровня детализации.

Одним из основных достоинств Е-сетей является их достаточно легкая расширяемость. Главным требованием к вводимым дополнениям является их непротиворечивость основным теоремам и свойствам Е-сетей.

Как уже упоминалось одним из факторов, значительно усложняющих описание и моделирование распределенных вычислительных систем является использование элементов искусственного интеллекта в их системе управления. Следовательно, в описание аппарата Е-сетей необходимо ввести такие дополнения, которые позволят разрабатывать адекватные модели рассматриваемых систем при этом значительно не повысив сложность их использования и анализа.

Использование элементов искусственного интеллекта подразумевает возможность принятия решения в условиях различной степени неопределенности. При формализации процесса принятия решения наличие неопределенности учитывается применением аппарата нечеткой логики. Нечеткие категории представляются в виде фиксированных оценок, графиков, аналитических функций и т. п. Степень принадлежности каждой гипотезы $X_i \in X$ к решению A характеризуется значением функции предпочтения $\mu_A(x) \in [0, 1]$.

В аппарате Е-сетей процесс выбора решения моделируется соответствующим описанием предикатов управляющих МХ МУ–переходов. Таким образом, логичным является дополнение набора правил работы этих переходов правилами, использующими нечеткую логику.

Макропереход типа МХ, графическое изображение которого представлено на рис. 1, позволяет описывать такие события в системе путем перенаправления потока меток в одно из n выходных мест. Номер места, в которое будет передана метка, определяется значением предиката p решающего места r_i .

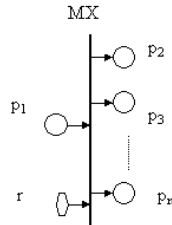


Рис. 1 Макропереход МХ

Условие возбуждения перехода определяется следующим образом:

$$p_i \in L(MX) \{M(p_i)=1\} \wedge p_i \in D(MX) \{M(p_i)=0\} \mid r=i; i = \overline{2, N}. \quad (3)$$

Т.е. для разрешения срабатывания перехода необходимо присутствие метки во входном месте и отсутствие в выходном, которое соответствует значению предиката.

Функционирование перехода данного типа описывается следующим выражением:

$$(r=i, M(p_i)=1, \dots, M(p_i)=0, \dots, M(p_n)) \xrightarrow{MX} (r, M(p_i)=0, \dots, M(p_i)=1, \dots, M(p_n)). \quad (4)$$

Т.е. при значении предиката равному i метка из входного места передается в выходное с номером i .

Переход типа МУ позволяет моделировать выбор информации, поступающей с n направлений, для обработки. Графическое изображение перехода приведено на рис. 2.

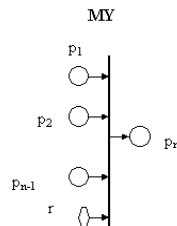


Рис. 2. Макропереход МУ

Функция возбуждения перехода определяется следующим образом:

$$p_i \in L(MY) \{M(p_i)=1\} \mid r=i \wedge p_n \in D(MY) \{M(p_n)=0\}. \quad (5)$$

Т.е. для срабатывания перехода необходимо наличие метки во входном месте, соответствующем значению предиката и отсутствие метки в выходном месте.

Схема работы перехода выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} & (r=i, M(p_1), \dots, M(p_i)=1, \dots, M(p_{n-1}), M(p_n)=0) \xrightarrow{MY} \\ & (r, M(p_1), \dots, M(p_i)=0, \dots, M(p_{n-1}), M(p_n)=1); \end{aligned} \quad (6)$$

Т.е. при значении предиката равном m , метка из входного места m передается в выходное место.

Обычно значения предикатов MX и MY -переходов определяются либо значениями элементов вектора атрибутов метки, либо законом распределения вероятностей перехода между состояниями. При моделировании систем управления с элементами искусственного интеллекта такой подход далеко не всегда даст адекватные результаты в силу указанных причин. Следовательно, единственным выходом является использование аппарата нечеткой логики для определения предикатов управляющих переходов.

При использовании предлагаемого подхода значение предикатов управляющих переходов будет определяться некоторой функцией μ значение которой будет показывать степень предпочтения передачи метки в одно из выходных мест (для MX -переходов): $\mu_{MX}(p_1, p_i)$, $p_i \in D(MX)$ или из одного из входных мест $\mu_{MY}(p_j, p_n)$, $p_j \in L(MY)$ (для MY -переходов). Данная функция может быть определена как детерминированная, вероятностная или функция условий.

Функция μ_{MX} определяется как детерминированная, если для любого $p_i \in D(MX)$ существует $\mu_{MX}(p_1, p_i) = const$, $\sum_{i=2}^n \mu_{MX}(p_1, p_i) = 1$, где n – число инцидентных переходу MX мест. Для MY -переходов рассматриваются места $p_i \in L(MY)$.

Если определить μ_{MX} как множество $(\mu_{MX}, \oplus, \otimes, >)$, где μ_{MX} – область значений функции; \oplus, \otimes -- операции над значениями функции; $>$ отношение частичного порядка, то в случае $\mu_{MX} \in \{0, 1\}$ получим вероятностную функцию предпочтения для определения предиката MX перехода. Для MY -переходов данное определение так же справедливо.

Функция μ определяется как функция условий, если ее значение зависит либо от внешних воздействий на систему (модель), либо от значений заданных элементов вектора атрибутов метки.

Таким образом, функции возбуждения переходов определяются следующим образом:

$$\text{а) для } MX\text{-переходов: } p_1 \in L(MX)\{M(p_1)=1\} \wedge \forall p_i \in D(MX)\{M(p_i)=0\}, \quad i = \overline{2, N}; \quad (7)$$

$$\text{б) для } MY\text{-переходов: } \forall p_i \in L(MY)\{M(p_i)=1\} \wedge p_n \in D(MY)\{M(p_n)=0\}, \quad i = \overline{1, N-1}. \quad (8)$$

Т.е. для возбуждения перехода необходимо отсутствие меток во всех выходных местах (для MX -переходов) и наличие меток во всех входных местах (для MY -переходов). Такое изменение функций возбуждения переходов объясняется тем, что заранее невозможно определить в какое место будет передана (из какого будет изъята) метка при срабатывании перехода.

Вычисление значений предикатов будет производиться после выполнения условия возбуждения переходов.

Схемы работы переходов будут иметь вид:

а) для МХ-перехода:

$$(M(p_1)=1, M(p_2)=0, \dots, M(p_n)=0) \xrightarrow{\text{МХ}} (\mu_{\text{МХ}}(p_1, p_2), \dots, \mu_{\text{МХ}}(p_1, p_i), \dots, \mu_{\text{МХ}}(p_1, p_n)); i = \overline{2, N}; \quad (9)$$

б) для МУ-перехода:

$$(M(p_1)=1, \dots, M(p_i)=1, \dots, M(p_{n-1})=1, M(p_n)=0) \xrightarrow{\text{МУ}} (\mu_{\text{МУ}}(p_1, p_n), \mu_{\text{МУ}}(p_2, p_n), \dots, \mu_{\text{МУ}}(p_{n-1}, p_n)); i = \overline{1, N-1}. \quad (10)$$

Для реализации работы управляющих переходов необходимо определить механизм выбора нечеткого предпочтения последовательности состояний (из какого входного места метка будет передана в выходного, для МХ-перехода и наоборот для МУ-перехода).

В [3] описаны механизмы выбора инструкций в нечетком алгоритме, используя тот же подход, определим механизмы выбора последовательности смены состояний.

Первым способом является выбор в соответствии со значением функции предпочтения μ :

$$\mu_{\text{МХ}}(p_1, p_i) > \mu_{\text{МХ}}(p_1, p_j) > \dots, \text{ для МХ-переходов;}$$

$$\mu_{\text{МУ}}(p_i, p_n) > \mu_{\text{МУ}}(p_j, p_n) > \dots, \text{ для МУ-переходов.}$$

Более общим является метод выбора при котором последовательность смены состояний определяется вероятностью, пропорциональной нечеткой степени предпочтения:

$$p_k = \frac{\mu_{\text{МХ}}(p_1, p_i)}{\sum_{i=2}^N \mu_{\text{МХ}}(p_1, p_i)}, \text{ где } p_1 \in L(\text{МХ}), p_i \in D(\text{МХ}), i = \overline{2, N} - \text{ для МХ-переходов;}$$

$$p_k = \frac{\mu_{\text{МУ}}(p_i, p_n)}{\sum_{i=1}^{N-1} \mu_{\text{МУ}}(p_i, p_n)}, \text{ где } p_i \in L(\text{МУ}), p_n \in D(\text{МУ}), i = \overline{1, N-1} - \text{ для МУ-переходов.}$$

При функционировании любых систем управления невозможно точно предсказать время необходимое им для выработки реакции на поступившее воздействие, решения или рекомендации. При использовании аппарата Е-сетей, в для разработки моделей в данной предметной области, длительность исследуемых процессов моделируется временем срабатывания перехода, моделирующего соответствующий процесс. Время срабатывания перехода задается конкретной величиной на этапе разработки модели. Естественно, что такой подход значительно ухудшает качество получаемых результатов. Для устранения данного недостатка Е-сетей время срабатывания перехода предлагается задавать не фиксированным числом, а распределением по какому-

либо закону. Конкретный закон и его параметры можно выбирать исходя из принципов функционирования анализируемой системы и задач моделирования. Значение времени, затраченного на срабатывание перехода, для каждого отдельного случая будет фиксироваться в соответствующем элементе вектора атрибутов метки. Метка в данном случае будет соответствовать прохождению этапов функционирования анализируемой системы. При прохождении всей модели, можно будет оценить среднее время выполнения анализируемого процесса по каждой из возможных траекторий.

3. Выводы по результатам и направления дальнейших исследований

В работе показана возможность совершенствования аппарата Е-сетей. Предложено определение предикатов управляющих МХ и МУ-переходов с помощью аппарата нечеткой логики. Показаны механизмы и способы определения предикатов. Для повышения точности получения временных характеристик анализируемой системы, время срабатывания переходов предложено задавать не фиксированным числом, а рядом распределения. В целом, предложенные дополнения направлены на повышение адекватности разработки моделей систем управления с элементами искусственного интеллекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов Б. М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наукова думка, 1993. –183 с.
2. Поспелов Г. С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука, 1988. – 280 с.
3. Поспелов Д. А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. – М. Наука, 1983. – 312с.
4. Применение микропроцессорных средств в системах передачи информации: Учеб. пособ. для вузов по сп-ти АСУ/ Я. Советов, О.И. Кутузов и др. – М.:Высш. шк., 1987. –256 с.:ил.
5. Стеклов В. К., Кільчицький Е. В. Управління в телекомунікаційних системах. – К. : Наука, 2002. – 232 с.
6. Технология системного моделирования / Е.Ф. Аврамчук, А.А. Вавилов и др.; Под. общ. ред. В. Емельянова. – М.: Машиностроение/ Берлин: Техника, 1988. – 520 с.
7. Хант Д. Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1986. – 558 с.