

М. А. Новотарський

МЕРЕЖІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

В роботі дано короткий огляд сучасного стану мереж, що орієнтовані на формальний опис складних систем з метою побудови інформативних імітаційних моделей. Обґрунтовано необхідність подальшого розвитку мережних засобів для підвищення адекватності моделей складних систем. Розглянуто статичні характеристики мереж для формального опису систем з асинхронною взаємодією процесів. Опис динаміки даного типу мереж виконано з застосуванням апарату алгебри процесів та дано означення допустимих видів взаємодії. Наведено приклади опису процесів і їх взаємодії.

ВСТУП

Широке застосування мереж як засобів абстрактного опису моделей бере свій початок від мереж Петрі [1]. Їх успіх базується на тому факті, що представлення об'єкта моделювання множиною станів і алгоритмів обробки уніфікує процес переходу від конкретної моделі до абстрактної, тобто такої, яка дозволяє застосувати формальні процедури аналізу. В результаті накопичення досвіду застосування мереж Петрі поряд з безумовними перевагами поступово проявилися також і їх недоліки, основний з яких полягає у використанні фік-

сованих правил спрацювання переходів. Незважаючи на те, що доведена функціональна повнота цих правил, застосування їх до опису роботи реальних об'єктів призводить до невиправдано громіздких моделей. Цей факт став причиною виникнення як численних модифікацій мереж Петрі, так і нових мереж. Очевидно, що все розмаїття навколишнього світу неможливо вкласти в прокрустове ложе обмеженої множини алгоритмів, що і є внутрішнім стимулом розвитку теорії мережного моделювання.

Якщо об'єктом дослідження є деякі системи, які реалізують паралельну або розподілену обробку інформації, то вони можуть розглядатися як динамічні системи з дискретними подіями [2]. Моделі таких систем, як правило, містять опис елементів структури та алгоритмів їх функціонування. Наведений підхід дуже нагадує правила побудови мережних моделей, що стало причиною виникнення ідеї застосування їх при реалізації механізму моделювання дискретними подіями [3]. У даному випадку формальний опис мережі задає стан елементів об'єкта моделювання та структуру зв'язків між ними, а динаміка функціонування мережі представлена послідовностями подій, описаних у термінах процесів [4]. Безумовна перевага такого підходу полягає в можливості задавати як завгодно складні алгоритми функціонування елементів системи, не спираючись на фіксований набір правил спрацювання переходів. Принципи опису процесів, започатковані в [5, 6], дозволяють успішно розв'язати ще одну проблему, яка є актуальною для мереж Петрі і полягає в необхідності уникнення тупикових ситуацій при моделюванні асинхронної взаємодії елементів системи.

Дана робота присвячена подальшому розвитку інструментів опису паралельних асинхронно взаємодіючих процесів з метою використання їх при створенні мережних моделей. Мережі, які використовують ієрархічні можливості опису структури, характерні для PRO-мереж, і реалізують динаміку асинхронної взаємодії, дістали назву APRO-мережі.

1 ОБ'ЄКТИ APRO-МЕРЕЖІ

Об'єкти мережі традиційно можуть бути представлені в графічному або аналітичному вигляді. Фрагмент APRO-мережі, який містить вхідну позицію p_1 , вихідну позицію p_2 , перехід t_1 , вхідне ребро (p_1, t_1) та вихідне ребро (t_1, p_2) , показано на рис. 1.

Означення 1. Формальним описом APRO-мережі є кортеж об'єктів:

$$\Phi = (P, T, F, M, V), \quad (1)$$

де $P = \{p_i\}_{i=1}^n$ – множина позицій, яка описує ступінь деталізації станів мережі; $T = \{t_j\}_{j=1}^m$ – множина пе-

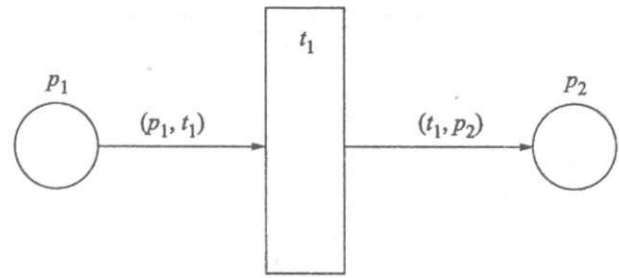


Рисунок 1 – Тривіальна APRO-мережа

реходів, яка задає динаміку функціонування за допомогою алгоритмів обробки інформації, структурованої у елементах множини P ; $F = P \times T \cup T \times P$ – множина ребер, елементи якої (p_i, t_j) і (t_j, p_i) задають зв'язки між відповідними елементами множин P і T ; $M = \{\mu_k\}_{k=1}^r$ – множина допустимих міток; $V = \{v_j\}_{j=1}^m$ – множина допустимих протоколів.

Довільна позиція APRO-мережі $p_i = \{c_i, q_i\}$ містить множину параметрів c_i , яка складається з підмножини атрибутивних констант і підмножини атрибутивних змінних, та інформаційну структуру даних q_i . Атрибутивні константи задають ті характеристики позиції, які відображають особливості об'єкта абстрактного опису, а тому не можуть бути змінені. Атрибутивні змінні визначають поточний стан даного об'єкта і змінюються в ході функціонування мережі в межах допустимих значень.

Довільний перехід $t_j = \{\chi_j, \text{Process}_j\}$ містить множину атрибутивних параметрів χ_j і процес переходу Process_j . Множина ребер F може бути задана матрицею інцидентності H з елементами:

$$H(p_i, t_j) = \begin{cases} -1, & (p_i, t_j) \in F, \\ +1, & (t_j, p_i) \in F, \\ 0, & (p_i, t_j) \notin F, (t_j, p_i) \notin F, \end{cases} \quad 1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq m, \quad (2)$$

де (p_i, t_j) – вхідне ребро, яке сполучає позицію p_i з переходом t_j при $H(p_i, t_j) = -1$, (t_j, p_i) – вихідне ребро, яке сполучає перехід t_j з позицією p_i при $H(p_i, t_j) = 1$.

Такий спосіб задавання ребер мережі є найпростішим, але не єдиним з можливих. Формальний опис APRO-мережі допускає використання довільної однозначної системи задавання зв'язків між переходами та позиціями.

Інформаційні потоки APRO-мережі структуровані у вигляді множини міток M , кожен елемент якої $\mu_k = \{\lambda_k, A_k\}$ складається з підмножини параметрів λ_k і множини атрибутів A_k . Атрибути мітки інтерпретують як дані, які необхідно передавати від одного об'єкта мережі