

УДК 004.738:004.94

## ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ТЕСТУВАННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Буй Ван Тхіонг

к.т.н., доцент каф. КІСМ Мартинюк О. М.

Одеський Національний Політехнічний Університет, УКРАЇНА

**АНОТАЦІЯ.** Досліджено модель поведінкового тестування енерговитрат, що заснована на взаємодії поширених мереж Петрі і автоматних експериментів, які контролюють поведінку. У тестуванні використані числові мітки знакопиченням показників енерговитрат, ідентифікатори і тестові примітиви, сигнатура модифікованих операцій і відношень тестування. Модель тестування енерговитрат дозволяє визначати умови збереження коректних енерговитрат.

**Введення.** Одним з суттєвих показників ефективності засобів інформаційних технологій є критерій енергозбереження. У контролі і діагностуванні комп'ютерних систем важливою складовою стає перевірка коректних енерговитрат у процесі функціонування, відхилення від якої можуть означати проблеми працездатності. Найбільш суттєвий вплив на енерговитрати різноманітних апаратних засобів комп'ютерних систем оказують електричні переключення, що відображаються на рівні принципів електричних і логічних схем. Через реалізаційний зв'язок засобів порозрядної арифметики з мікропрограмними інструкціями, операторами програмування і алгоритмів може бути встановлена залежність між кількістю переключень на вентильному рівні цих засобів та умовними енерговитратами структурних і поведінкових представлень об'єктів і процесів розподілених інформаційних систем (РІС) [1]. Це дозволяє на системному рівні оцінювати і перевіряти загальні енерговитрати цих об'єктів і процесів при тестуванні працездатності. Відповідно можна вважати актуальними дослідження моделей і процедур тестування енерговитрат у процесі поведінкового тестового контролю [2] компонентів РІС.

**Мета роботи.** Досягнення більшої повноти у поведінковому тестуванні РІС на основі удосконалення енергонавантажених контрольних експериментів для мереж Петрі за рахунок аналізу енерговитрат у процесі поведінкового тестування.

**Основна частина роботи.** Відомо, що основна складова енерговитрат апаратних засобів РІС незалежно від використаних технологій безпосередньо пов'язана з кількістю переключень на вентильно-логічному рівні. Існує наочна пропорційна залежність кількості переключень вхідних і вихідних переключень мікропрограмних інструкцій від кількості зовнішніх і внутрішніх переключень засобів порозрядної арифметики. Ця обстава дозволяє оцінювати енерговитрати компонентів і систем РІС на рівні мікропрограмування та через мікропрограмування на рівні операторів програмування і вершин схем алгоритмів та переходів моделей автоматного класу.

Для досягнення мети вирішуються задачі побудови моделі поведінкового тестування енерговитрат, яка заснована на розширених мережах Петрі з числовими мітками, що накопичують показники енерговитрат у процесі тестового моделювання, а також розробки основних кроків процедурисинтезу поведінкових тестів РІС, які виконують розширену поведінкову перевірку показниками енерговитрат у порівнянні з еталоном.

При рішенні першої задачі у якості вхідної моделі обрано числова мережа Петрі, яка дозволяє представити поведінкові властивості енерговитрат механізмів сучасних РІС:

$$S(f) = (P, T, X, Y, Ep, Et, F, S, M_0, L, K). \quad (1)$$

де  $P, T$  – множина відповідно позицій і переходів,  $X, Y$  – алфавіти умов і подій;  $Ep \subset N$  – множина цілочисельних енерговитрат формування умов для позицій;  $Et \subset N$  – множина цілочисельних енерговитрат виконання подій для переходів;  $F: (P \times X \times Ep \rightarrow T) \cup (T \times Y \times Et \rightarrow P)$  – розширене умовне відношення інцидентності позицій-переходів;  $S: (P \rightarrow X \times Ep) \cup (T \rightarrow Y \times Et)$  – розширене на відповідність змінних умов, подій, енерговитрат позиціям і переходам, що включена у  $F$ ;  $M_0: P \rightarrow N$  – початкова розмітка енерговитрат, ( $M: P \rightarrow N$  – функція поточної розмітки енерговитрат);

$L:(T \times Y \times Et \rightarrow \{0,1\})$  – предикат виконання переходів;  $K:(P \times X \times Ep \rightarrow X \times Ep) \cup (T \times Y \times Et \rightarrow Y \times Et)$  – функція модифікації змінних умов, подій, розмітки енерговитрат з накопиченням.

Модифікація моделі тестування [3, 4] властивостями енерговитрат для  $S(f)$  має вигляд

$$TS = (W', Pr, Ti, Tp, Sg_{ta}, Te_i), \quad (2)$$

у складі: зареєстрованої поведінки  $W'$ ; властивостей  $Pr$ , що контролюються, з урахуванням енерговитрат; ідентифікаторів  $Ti$ , які залежать від  $S(f)$  та дозволяють визначити опорні позиції і переходи; тестових примітивів  $Tp$ , які залежать від  $S(f)$  і властивостей  $Pr$  та дозволяють будувати тестові фрагменти; сигнатури операцій перетворень тестового аналізу  $Sg_{ta}$  у складі ідентифікації  $\alpha$ , ототожнення  $\beta$ , детермінізації  $\gamma$ , модифікованих для мереж Петрі; стратегії тестового аналізу  $Te$ , що містить використання зареєстрованої поведінки  $W'$ , порівняння з еталонними тестовими примітивами  $Tp$  у зв'язку з ідентифікаторами  $Ti$ , накопичення повноти перевірки, застосування модифікованих операцій перетворень з  $Sg_{ta}$  для поведінкового тестового аналізу з урахуванням енерговитрат. У цьому аналізі раніш підтверджені фрагменти поведінки можуть зв'язувати також раніш побудовані тестові фрагменти для отримання нових тестових фрагментів.

Процедура синтезу поведінкових тестів, поширених перевіркою енерговитрат, буде тестові фрагменти у реєстрової поведінці  $W'$  з виконанням операцій перетворень  $\alpha, \beta, \gamma$  на основі модифікованих ідентифікаторів і тестових примітивів. Процедура знаходить нові структури, що з'являються у результаті цих операцій, з формуванням модифікованих фрагментів і встановлює відповідність еталонної  $S(f)$  і контрольованої  $S(f)$  моделей В процедурі виконуються дії:

6. Для модифікованої енерговитратами еталонної мережі Петрі  $S(f)$  визначаються перевіряємі властивості  $Pr$ , ідентифікатори  $Ti$ , тестові примітиви  $Tp$ , початкові структури поведінки  $Tf = W_{AS(f)}$  для допоміжної структури автоматного вигляду  $A_{S(f)}$  мережі Петрі  $S(f)$ .

7. На множині контрольних фрагментів  $Tf$  функціонування  $W_{AS(f)}$  в структурах  $A_{S(f)}$  виконується пошук близьких к поточному стану  $S(f)$  ідентифікаторів  $Ti$  і тестових примітивів  $Tp$ , а також фіксація підтверджених зв'язуючих фрагментів  $Link$  к цим ідентифікаторам і примітивам, змодифікацією тестових фрагментів  $Tf$ , як структурованих елементів у множині слів  $W_{AS(f)}$ .

8. Для  $W_{AS(f)}$  (і у їх складі поточні  $Tf$ ) використовуються операції перетворень  $\{\alpha, \beta, \gamma\}$  з відповідною модифікацією множини слів поведінки  $W_{AS(f)}$  і реєстрацією нових структур, що з'являються у результаті цих операцій, тобто з формуванням модифікованих  $W_{AS(f)}, Tf$ .

9. Для нових структур виконується пошук не фіксованих у модифікованих  $Tf, W_{AS(f)}$  ідентифікаторів  $Ti$  і тестових примітивів  $Tp$ , які не були включені раніш. Процедура завершує роботу при покритті всієї множини еталонних тестових примітивів  $Tp$ , інакше – к пункту 2.

У модифікації  $W_{AS(f)}, Tf$  для фрагментів  $Tf$  виконується накопичення енерговитрат функцією розмітки  $M_i$  використовуються відношення їх сумісності, несумісності, невизначеності, квазіпорядку  $\{\sigma, \eta, \tau, \nu\}$  сигнатури множинних  $Sig_1 = \{\cup, \cap, \rightarrow\}$  і векторних  $Sig_2 = \{\bullet\}$  операцій.

**Висновки.** В роботі досліджена модель поведінкового тестування енергозатрат ПІС на основі розширених мереж Петрі, яка відрізняється тестовими примітивами і фрагментами з введеними властивостями енерговитрат. Пробна реалізація моделі поведінкового тестування з урахуванням енергозатрат компонентів ПІС, підтвердила доцільність її дослідження та впровадження.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Coulouris, George*, Distributed Systems: Concepts and Design, 5th ed. [Electronic resource] / George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg, Gordon Blair – Boston: Addison-Wesley, 2011, 1067 p.
2. *Kudryavtsev, V. B.*, Analysis and synthesis of abstract automata/ V. B. Kudryavtsev, I. S. Grunskii, V. A. Kozlovskii // Journal of Mathematical Sciences September 2010, Volume 169, Issue 4, P. 481–532.
3. *Мартынюк А.Н.* Базовые модели прототипа системы синтеза тестов // А.Н. Мартынюк/ Радиоелектронні і комп'ютерні системи, Харків«ХАІ», 2007 – 8(27) С.157 – 162.
4. *Sugak, Anna*, The Hybrid Agent Model of Behavioral Testing/ Anna Sugak, Oleksandr Martynyuk, Oleksandr Drozd // International Journal of Computing, 2015, Volume 14, Issue 4, Ternopil, P. 232–244.