

ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ КОМПОНЕНТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ WEB-SERVISІВ

Анотація. Розглянуто підхід до моделювання взаємодії компонентів інтелектуальних web-сервісів на основі алгебри для моделювання взаємодії компонентів інтелектуальних web-сервісів. В якості основних базових конструкцій для алгебри використовуються: послідовність, альтернативний вибір, пріоритетний вибір, цикл та цикл з пріоритетом. Крім того, визначено комбіновані конструкції, якими є паралельність, довільна послідовність, дискримінатор, динамічний вибір та пріоритетний динамічний вибір. Конструкції були обрані для забезпечення загального та розширеного набору операцій для взаємодії комбінації web-сервісів. Після визначення кожної конструкції дається формальна семантика оператора в термінах мереж Петрі.

Ключові слова: Алгебра, web-сервіс, взаємодія web-сервісів, мережі Петрі.

Вступ

Використання методів візуального представлення та моделювання, таких як мережі Петрі на етапі розробки складних технічних систем ефективні за декількома причинами. По-перше візуальні представлення забезпечують високорівневу, але точну мову опису та представлення складної системи, яка дозволяє формально описувати та моделювати на різних рівнях абстракції. По-друге дозволяють моделювати складні системи в динаміці. Одним із прикладів складних систем, які працюють динамічно, це web-сервіси. Web-сервіс представляє собою компонент, написаний у будь-якій мові, який може бути розгорнутим на будь-якій платформі, яка має стандартний інтерфейс на основі XML.

При розробці інтелектуальних web-сервісів особливе значення має поведінка web-сервісів та їх компонент. Поведінка web-сервісів в основному це частково впорядкований набір операцій. Це робить їх зручними для відображення за допомогою мереж Петрі. Операції моделюються переходами, а стани сервісу моделюються позиціями. Стрілки між позиціями та переходами використовуються для позначення причинно-наслідкових зв'язків [4,5].

Компоненти web-сервісів можуть взаємодіяти з іншими додатками, які самі відповідають стандартам web-сервісів. В інтелектуальних web-сервісах встановлюється окрема послідовність використання інших додатків і їх компонентів. Як правило, один сервіс не задовольняє потреб користувачів, і сервіси стають все більш складними. Фактично сучасний web-сервіс створюється шляхом поєднання різних web-сервісів та їх компонентів для створення компонентного сервісу, який пропонує набір нових функціональних послуг. Цей процес називається композицією web-сервісів [7].

При композиції web-сервісів самим критичним є взаємодія web-сервісів та їх компонентів між собою, що вимагає детального формального опису процесів функціонування та дослідження і моделювання їх поведінки. В цьому контексті пропонується стохастична алгебра для моделювання взаємодії web-сервісів та їх компонент на основі мережі Петрі, за допомогою якої провадиться формальний опис та моделювання складних композицій web-сервісів. Базові та розширені конструкції, які підтримуються запропонованою алгеброю, синтаксично і семантично визначені.

Постановка проблеми. Метою даної роботи є розробка сервісної алгебри для побудови моделей взаємодії компонентів інтелектуальних web-сервісів та їх взаємодія з іншими сервісами на основі мереж Петрі, та їх модифікацій.

Аналіз останніх досліджень.

Використання мереж Петрі, як інструмента графічного і математичного моделювання складних систем та процесів останнім часом отримало широке розповсюдження [4,5]. Мережа Петрі (PN) це орієнтований двухольний граф з двома типами вузлів: позиціями (представлені колами), та переходами (представлені прямокутниками). Дуги графа з'єднують позиції і переходи таким чином, що позиції можуть бути пов'язані тільки з переходами і навпаки. Позиції в мережі Петрі можуть містити дискретне число токенів. Розподіл токенів над місцями називається маркуванням. Коли К.А. Петрі вперше представив мережі Петрі, вони служили для опису паралельних систем з точки зору причинно-наслідкових зв'язків без обліку часу [11]. Впровадження часових концепцій в мережі Петрі було запропоновано декількома роками пізніше іншими дослідниками [6]. Для моделювання складних систем та процесів різної природи використовуються різні модифікації мереж Петрі: стохастичні мережі Петрі (SPN), часові мережі Петрі (TPN), кольорові мережі

Петрі (CPN) , нечіткі мережі Петрі (FuzzyPN) та інш. [2,6,8,9,10]. Вперше мережі Петрі були використані, як інструмент для побудови та композиції web-сервісів в роботі [7]. В роботах [7,12] мережі Петрі різних типів були використані для побудови різних web-сервісів. Але задача моделювання взаємодії складних web-сервісів та їх компонентів залишається актуальною. Для вирішення даної задачі розроблено алгебру сервісів із розширеним набором операцій, що дозволяє детально описати взаємодію між сервісами та їх компонентами при побудові і моделюванні складних web-сервісів.

Формальний опис процесу функціонування сервісів

Взаємодія web-сервісів може бути *статичною* (коли компоненти сервісів взаємодіють по попередньо визначеному алгоритму), або *динамічною* (коли компоненти взаємодіють в процесі виконання операції, або процесу). В термінах мереж Петрі пропонується наступний опис.

Сервісна мережа являє собою позначену мережу, тобто це множина

$$SN = (P, T, W, i, o, l, k),$$

де:

- P – кінцева множина позицій,
- $T = IT \cup TT$ – кінцева множина переходів, що представляють операції сервісів. IT – множина безпосередніх переходів, які схематично позначені чорними прямокутниками. TT – це множина часових переходів, що позначені порожніми прямокутниками.

- $W \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ являє собою набір спрямованих дуг (напрям відносин),

- i – вхідна позиція, з $i \bullet = \{x \in P \cup T \mid (x, i) \in W\} = \emptyset$,

- o – вихідна позиція з $o \bullet = \{x \in P \cup T \mid (o, x) \in W\} = \emptyset$,

- $l : T \rightarrow A \cup \{\tau\}$ – функція маркування, де A набір імен операцій. Припустимо, що $\tau \notin A$ і позначає приховану операцію,

- k – індекс пріоритету над іншими компонентами.

Набір спрямованих дуг W також можна інтерпретувати як функцію. $W: (P \times T) \cup (T \times P) \rightarrow \{0, 1\}$.

Приховані операції – це переходи, які не можуть бути спостережуваними. Вони використовуються для розділення зовнішньої і внутрішньої поведінки сервісу.

Web-сервіс - це множина $WS = (NameWs, Desc, Loc, URL, CS, SN, Pws)$, де:

- $NameWs$ - це назва сервісу, яка використовується як її унікальний ідентифікатор,

- $Desc$ - опис сервісу, що надається,

- Loc - це сервер, на якому знаходиться сервіс,

- URL - це виклик web-сервісу,

- CS є набір сервісів-компонентів web-сервісу. Якщо $CS = \{NameWs\}$, тоді WS – базовий сервіс. В іншому випадку WS є складовою послугою і

- SN - це модель сервісної мережі динамічної поведінки сервісів.

- Pws – індекс пріоритету сервісу.

Позиція i є початковим маркуванням сервісу WS_i , тобто тільки i містить маркери. Виконання сервісу WS_i починається, коли маркер знаходиться в позиції i і закінчується, коли маркер досягає позиції o .

Побудова алгебри для моделювання взаємодії web-сервісів

Множина сервісів визначається за допомогою формальної граматики в нотации подібній нотатції BN:

$$\begin{aligned} WS ::= & \varepsilon \mid X \mid Seq(WS_1, WS_2) \mid Choise(WS_1, WS_2) \mid (Pr_Choise(WS_1, WS_2) \mid Loop(WS)) \\ & Conc(WS_1, WS_2) \mid ArbSeq(WS_1, WS_2) \mid WS_1 \parallel_C WS_2 \mid (WS_1 \mid WS_2) \rightarrow WS_3 \\ & [WS_1(p_1, q_1) : WS_2(p_n, q_n)] \mid [Pr_ (WS_1(p_1, q_1) : WS_n(p_n, q_n))] \end{aligned}$$

де:

- ε являє собою порожній сервіс, тобто сервіс, який не виконує ніяких операцій.

- X являє собою сервіс-константу, яка визначає *базовий* сервіс.

- $(Seq(WS_1, WS_2))$ – представляє собою комбінований сервіс, який виконує завдання сервісу WS_1 , яким виконується завдання сервісу WS_2 . $Seq(WS_1, WS_2)$ є оператором *послідовності*. Якщо нема різниці який сервіс виконати першим, а який потім, то такий порядок дій називається невпорядкованою послідовністю. На практиці порядок вирішується за будь-якою умовою, так як порядок не важливий, то неупорядковану послідовність також можна розглядати як *послідовність*.

- $(Choise(WS_1, WS_2))$ – представляє собою комбінований сервіс, який виконується як сервіс WS_1 , або сервіс WS_2 . Коли один з сервісів обрано, тоді інший сервіс не розглядається. $Choise(WS_1, WS_2)$ – це оператор *альтернативного вибору*. Вибір не є довільним і залежить від умов. Таким чином, умовну конструкцію з булевими варіантами можна розглядати як сервіс вибору.

- $(Pr_Choise(WS_1, WS_2))$ – представляє собою комбінований сервіс, який виконується як сервіс WS_1 , або сервіс WS_2 . Коли один з сервісів обрано, тоді інший сервіс не розглядається. $Pr_Choise(WS_1, WS_2)$ – це оператор *пріоритетного вибору*. Вибір не є довільним і залежить від умов пріоритету. Таким чином, умовну конструкцію з булевими варіантами можна розглядати як сервіс пріоритетного вибору.

- $(Loop(WS))$ – є комбінованим сервісом, який виконує певну кількість разів сервіс WS . $Loop(WS)$ є оператором *ітерації*.

– $(Conc(WS_1, WS_2))$ – це комбінований сервіс, який виконує завдання сервісів WS_1 і WS_2 незалежно та паралельно. Обидва сервіси включаються одночасно, і узагальнений сервіс очікує, поки обидва сервіси WS_1 і WS_2 не будуть завершені. $Conc(WS_1, WS_2)$ є паралельним оператором.

– $(ArbSeq(WS_1, WS_2))$ – представляє собою комбінований сервіс, який виконує завдання сервісу WS_1 , за яким виконується завдання сервісу WS_2 . Або спочатку виконується сервіс WS_2 , а потім сервіс WS_1 . $ArbSeq(WS_1, WS_2)$ є оператором довільної послідовності.

– $(WS_1 ||_C WS_2)$ – є комбінованим сервісом, який виконує сервіси WS_1 та WS_2 незалежно один від одного, з можливостями комунікації над множиною C пар операцій, тобто $||_C$ – є паралельним оператором зв'язку.

– $((WS_1 | WS_2) \rightarrow WS_3)$ – є комбінованим сервісом, який очікує виконання одного з сервісів (або WS_1 , або WS_2), перш ніж активувати наступний сервіс WS_3 . $\rightarrow$ – оператор дискримінатора. Сервіси WS_1 та WS_2 не зв'язані між собою.

– $[WS_1(p_1, q_1) : WS_n(p_n, q_n)]$ – динамічний вибір, є комбінованим сервісом, який динамічно вибирає один сервіс серед n доступних сервісів $WS_1, \dots, WS_n$ і виконує його. Він працює наступним чином: спочатку запит відсилається постачальнику послуг першого сервісу на їх вхідні точки доступу $p_1, \dots, p_n$. Тоді, виходячи з отриманих відповідей, з їх вихідних точок доступу $q_1, \dots, q_n$, та відповідно до певних критеріїв, обирається найкращий постачальник сервісу. Відповідно $[\cdot]$ є оператором динамічного вибору.

– $[Pr_ (WS_1(p_1, q_1) : WS_n(p_n, q_n))]$ – пріоритетний динамічний вибір, є комбінованим сервісом, який динамічно вибирає один сервіс серед n доступних сервісів $WS_1, \dots, WS_n$ і виконує його. Він працює наступним чином: спочатку запит відсилається постачальнику послуг першого сервісу на їх вхідні точки доступу $p_1, \dots, p_n$. Тоді, виходячи з отриманих відповідей, з їх вихідних точок доступу $q_1, \dots, q_n$, та відповідно до певних критеріїв пріоритету, обирається найкращий постачальник сервісу. Відповідно $[\cdot]$ є оператором пріоритетного динамічного вибору.

Формальне визначення операторів взаємодії в термінах мереж Петрі наступне. Нехай $WS_i = (Name_{WS_i}, Desc_i, Loc_i, URL_i, CS_i, SN_i, Pws)$ для $SN_i = (P_i, T_i, W_i, i_i, o_i, l_i, k)$ для $i=1, \dots, n$, буде n web-сервісів таким щоб $P_i \cap P_j = \emptyset$, та $T_i \cap T_j = \emptyset$ для $i \neq j$.

Склад сервісів може застосовуватись до синтаксично різних складних інтелектуальних web-сервісів. Це пов'язано з тим, що для правильної взаємодії позицій та переходів сервісів вони не повинні перетинатися. Кожен сервіс містить дві окремі частини, одну частину для обробки запиту на обслуговування, а інша частина – повинна виконувати сервіс самостійно. Пара операцій $SendReqServ$ і $SelectServ$ є результатом обраної стратегії вибору. Запропонована алгебра перевіряє властивість замикання. Це гарантує, що кожен результат операції над сервісами є сервісом, до якого можна знову застосувати алгебраїчні оператори. Таким чином, можливо будувати більш складні та комбіновані сервіси шляхом агрегування и повторного використання існуючих сервісів за допомогою декларативних виразів сервісної алгебри.

Висновки

Представлено підхід до моделювання інтелектуальних сервісів та їх компонентів на основі алгебри сервісів. Семантика представленої алгебри може бути використана для доказу алгебраїчних властивостей конструкцій інтелектуальних web-сервісів. Це може бути тоді, коли створюється Інтелектуальний web-сервіс, на основі об'єднання існуючих web-сервісів з використанням операторів алгебри. Алгебраїчні властивості можуть потім використовуватися для перетворення і оптимізації комбінованих web-сервісів на основі наступних операційних показників web-сервісів, таких як вартість і тривалість. Використання сервісної алгебри з представленим набором операцій дозволяє використовувати її для моделювання web-сервісів більш складні типи мереж Петрі.

References

1. Aliiev T.I. Osnovy modelivannia dyskretnykh system/T.I. Aliiev. – SPbHU YTMO, 2009. – 363 s.
2. Bodianskyi Ye.V., Kucherenko Ye.I., Mykhaliev O.I. Neiro-fazzi merezhi Petri u zadachakh modelivannia skladnykh system: monohrafiia. Dnipropetrovsk: Systemni tekhnolohii, 2005. 311 s.
3. Bokhan K.A. Modeli korporatyvnykh servisiv na osnovi iierarkhichnykh merezh Petri/K.A. Bokhan, M.S. Khudolei // Radioelektronni ta kompiuterni systemy. – 2010. – Vyp. 47. – С. 36-41.
4. Kotov, V.Ie. Merezhi Petri [Tekst]/V.Ie. Kotiv. - M.: Nauka. Holovna redaktsiia fizyko-matematychnoi literatury, 1984. – 160 s.
5. Piterson Dzh. Teoriia merezh Petri ta modelivannia system: prov. z anhl. / Dzh. Piterson. Svit, 1984. – 264 s.
6. Bause, F. Stochastic Petri nets: an introduction to the theory [Text] / F. Bause, Pieter S. Krizinger. – Friedrich Vieweg & Sohn Verlag, 2002. – 223 p.
7. Hamadi R. and Benatallah B. "A Petri net based-model for web service composition", in proc. the 14th Australasian database conference, adelaide. Darlinghurst: Australian Computer Society, 2003, pp. 191-200.
8. Jensen K., Kristensen L.M., Wells L. Coloured Petri Nets and CPN Tools for Modelling and Validation of Concurrent Systems. Software Tools for Technology Transfer manuscript. 2007. 40 p.
9. Genrich H. J. Lautenbach K. "System modeling with high level Petri nets", Theoretical Computer Science, Vol. 13, pp. 109-136, 1981.
10. Modelling with Generalized Stochastic Petri Nets [Text] / M. Ajmone Marsan, G. Balbo, G. Conte, S. Donatelli, G. Franceschinis. – John Wiley & Sons, 1995. – 324 p.

11. Murata T. "Petri nets: Properties, analysis and applications," in Proc. of the IEEE, Vol. 77(4), 1989, pp. 541580.
12. Perkusich J. and J. C. A. De Figueiredo, "G-nets: A Petri net based approach for logical and timing analysis of complex software systems", Journal of Systems and Software, Vol. 39, Issue 1, pp. 39-59, Oct 1997.

DOI 10.34132/mspc2025.01.14.06

Viktor Gozhyj

APPROACH TO MODELING INTERACTION OF COMPONENTS OF INTELLECTUAL WEB SERVICES

An approach to modelling the interaction of components of intelligent web services based on algebra for modelling the interaction of components of intelligent web services is considered. The following basic constructions are used for algebra: sequence, alternative choice, priority choice, cycle and cycle with priority. In addition, combined constructions are defined, which are parallelism, arbitrary sequence, discriminator, dynamic choice and priority dynamic choice. The constructions were chosen to provide a general and extended set of operations for the interaction of a combination of web services. After defining each construction, the formal semantics of the operator in terms of Petri nets is given.

Keywords: Algebra, web service, web service interaction, Petri nets.

Відомості про автора / Information about the Author

Віктор Гожий, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інтелектуальних інформаційних систем, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: gozhyi.v@gmail.com, orcid: : <https://orcid.org/0000-0002-5341-0973>

Viktor Gozhyj, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Intellectual Information Systems of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: gozhyi.v@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5341-0973>

© В. Гожий
19.05.2025.

Стаття отримана редакцією