

УДК 681.5

Віталій Анатолійович Савченко

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТАКТИЧНОГО РІВНЯ

Вступ. Розроблення мобільних та високо-ефективних інформаційних систем, які б підвищували ефективність військового управління на тактичному та оперативно-тактичному рівнях є пріоритетним напрямком розробок провідних наукових організацій світу. Основу таких систем складають технології штучного інтелекту, у т.ч. на основі використання інтелектуальних агентів та мультиагентного підходу. Разом з тим методи проектування агентно-орієнтованих систем до теперішнього часу все ще перебувають у стадії становлення і постановки завдань.

Постановка проблеми. У загальному вигляді проблема побудови інтелектуальних систем управління тактичного рівня обумовлюється тим, що на цьому рівні фактор часу є визначальним, а обчислювальні ресурси — вкрай обмеженими. Завдання синтезу таких систем ускладнюється також тим фактом, що на початку досить важко розгорнути повноцінну мережу із серверами та високошвидкісними каналами зв'язку. Усі ці фактори обумовлюють необхідність створення методології побудови інформаційних систем на основі мультиагентного підходу з урахуванням вищезазначених факторів впливу.

Аналіз робіт попередників. Проблематіці побудови та застосування мультиагентних систем (MAC) присвячено значну кількість робіт В. А. Віттіха, Т. А. Гаврилової, В. І. Городецького, П. О. Скобелєва, В. Б. Тарасова, А. М. Швецова, М. Вулдріджа, Н. Р. Дженнінгса, А. Рао, М. Георгієва, Д. Кіні, Е. А. Кендала, К. Цетнаровича, Е. Наварескі та ін. [1–6]. Разом з тим у роботах цих авторів не розглянуто питання узгодження роботи MAC із середовищем платформи розгортання, не приділено увагу особливостям побудови MAC у разі використання неоднорідного обчислювального середовища, різномірних платформ та операційних систем, хоча саме ці питання і є визначальними для побудови систем тактичного рівня.

Метою статті є розроблення основних структурних елементів моделі мультиагентної інформаційної системи у її взаємозв'язку

з логічним середовищем платформи розгортання, яка б описувала зазначену систему з точки зору технічних можливостей реалізації на різноманітних апаратних засобах.

Основу математичної моделі складають такі поняття:

оператор — людина-оператор, яка виконує певну послідовність операцій у програмному середовищі платформи;

агент — програмна сутність, яка функціонує на платформі визначеного оператора в його інтересах, має певну автономність дій;

виконавець — множина операторів та належних їм агентів, яка утворюється ситуативно для вирішення певного завдання управління;

поведінка — модель функціонування виконавців MAC;

платформа — сукупність програмних засобів, які підтримують та реалізують функціональність як прикладного програмного за-безпечення оператора, так і його агента;

контейнер — числення, яке забезпечує роботу агента у системі (адресація повідомлень, ведення черги, забезпечення зв'язку агентів між собою та операторами).

Динаміку функціонування мультиагентної системи управління визначає взаємодія процесів роботи агентів A_{ij} з операторами O_{ij} та логічним середовищем платформи існування Π_{ij} у деякому фізичному середовищі розподіленої інформаційної системи (рис. 1).

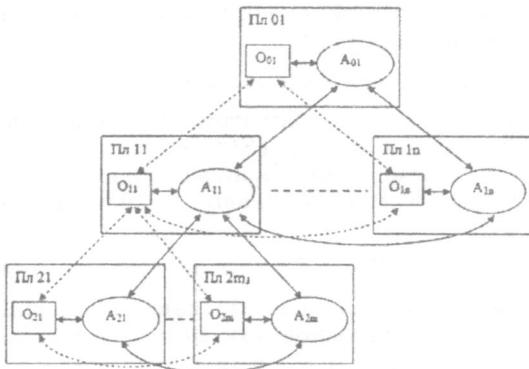


Рис. 1. Структура мультиагентної системи управління

В основі побудови моделі процесу функціонування лежить поняття кроку управління, який можна подати, як відображення $s: \alpha q \rightarrow \beta p$, де $\alpha, \beta \in M_{msg}$, $p \in M_{ps}$, $q \in Q^*$. Тут

M_{msg} — скінчена множина типів повідомлень, M_{ps} — скінчена множина процесів, які спостерігаються у МАС, Q^* — скінчне замикання множини дій виконавця Q , тобто множина ланцюжків символів $q_i \in Q$ скінченної довжини.

Процесом функціонування деякого агента Ag називають не порожню скінченну послідовність його кроків $Pr(Ag) = s_1, s_2, \dots, s_k$. Поведінкою агента Ag називають множину допустимих процесів цього агента $bPr(Ag)$. Сукупність поведінок $bPr(Ag)$ утворює дерево можливих варіантів

$$TbPr(Ag) = (V, S(Ag), lp(v), EbPr(Ag)),$$

де V — множина вершин; $S(Ag)$ — множина кроків агента Ag ; $lp(v): V \rightarrow S(Ag)$ — функція розмітки; $EbPr(Ag)$ — множина дуг.

Поведінка МАС визначається як множина поведінок утворюючих її агентів:

$$BPr(Ag) = \bigcup_{Ag_i \in P} bPr(Ag_i).$$

Структура $BPr(Ag)$ — це ліс з дерев $TbPr(Ag)$.

Взаємодія між агентами визначається через відношення

$$\begin{aligned} R \succ (P) = & \{(s_i, s_j) | s_i \in S(Ag_1) \wedge s_j \in S(Ag_2) \wedge \\ & \wedge Ag_1 \in P \wedge Ag_2 \in P \Rightarrow In(s_j).Ag_2 = Rp(s_i)\} \end{aligned}, \quad (1)$$

у якому крок s_i , зроблений агентом Ag_1 , є причиною кроку s_j агента Ag_2 , який є наслідком.

Процесом функціонування МАС наземо трійку

$$H(P) = \{\Pr(Ag_i)\}_{Ag_i \in P}, \{a_i\}, R \succ (P), \quad (2)$$

тобто це сукупність процесів функціонування агентів — $\{\Pr(Ag_i)\}_{Ag_i \in P}$, що задовольняють відношення (1); при цьому $\{a_i\}$ — початкові дії, які визначають перші кроки в тих процесах, з яких починається виконання програми. Ці початкові дії відповідно до обраної концепції побудови МАС ініціюють оператори.

Для подальшого детальнішого опису процесів МАС вводять поняття послідовного та розподіленого виконавців. Послідовний виконавець — це кортеж:

$$SE = \langle (M_{prim}, v_t(a)), C(e), (Stg(p), N), Cr, \Phi \rangle, \quad (3)$$

де $(M_{prim}, v_t(a))$ — набір атомарних процесів; $C(e)$ — функція часу; $(Stg(p), N)$ — пам'ять; Cr — контейнер; Φ — контроллер входів.

Розподіленого виконавця визначають як кортеж

$$DE = \langle \{SE_i\}, DCr, W \rangle, \quad (4)$$

де $\{SE_i\}$ — множина послідовних виконавців, визначених на основі (3); DCr — розподілений контейнер; W — потік.

Розподілений контейнер DCr — це гіперграф, множина вершин якого утворюють підмножини полюсів контейнерів SCr_i , що входять до складу SE_i .

Щоб встановити зв'язок між процесами МАС та параметрами фізичного середовища розгортання, необхідно визначити часові показники функціонування МАС. Для цього необхідно отримати часову діаграму роботи системи, яку можна описати за допомогою часового профілю [7]:

$$G(t) = (g_1(t), g_2(t), \dots, g_n(t)), \quad (5)$$

де $\forall i: 1 \leq i \leq n \quad g_i(t)$ — часовий профіль послідовного виконавця SE_i .

Часовим профілем послідовного виконавця SE_i називається однозначна функція $g_i(t)$, визначена на R , з областю значень — множина кортежів виду $\langle p, s, q, a_i \rangle$, де $p \in P$ — процес, $s \in S(p)$ — крок, $q \in cx(s)$ — дія, $a_i \in w(q_i)$ — атомарний процес послідовного виконавця SE_i .

Знаючи часовий профіль поведінки системи, можна отримати оцінки різних видів продуктивності, а також пов'язати основні форми продуктивності з різними кількісними характеристиками функціонування системи.

Нехай дано мультиагентну систему CS , яка складається з Q послідовних виконавців. Функціонування CS визначають такими змінними: T — тривалість періоду функціонування CS за астрономічним часом; J — кількість завдань, виконаних CS за період спостереження. Завдання можна розуміти як виконання операцій, функції, кроку, команди і тому подібне.

Позначимо: $X = J/T$ — пропускну здатність системи CS ; U_i — кількість астрономічного часу, який i -й послідовний виконавець з CS був зайнятий виконанням завдання з J ; $W_i = U_i/T$ — завантаженість i -го виконавця; N_i — загальна кількість дій (дія є складовою частиною завдання), виконаних i -м послідовним виконавцем протягом періоду T ; $P_{W_i} = U_i/N_i$ — середній час дії i -го послідовного виконавця (це потужність виконавця, яка залежить від продуктивності його апаратних засобів та організації процесу); $En_i = N_i/J$ — середня кількість дій i -го об'єкта на одну послугу з J .

Тоді пропускну спроможність системи можна визначити як:

$$X = \min_i \frac{W_i}{P_{W_i} En_i}. \quad (6)$$

Для визначення часу реакції системи введемо: J' — число завдань, що надійшли в систему за період спостереження ($|J - J'| < N$); N — загальна кількість дій, які треба виконати за час T .

Середній час очікування запиту можна визначити $Z = \frac{1}{J} \sum_{k=1}^N (T - r(k))$, де $r(k)$ — час корисної роботи k -го агента.

Тоді взаємозв'язок між часом реакції і пропускною здатністю системи можна визначити:

$$R = \frac{N}{X} - Z \frac{J'}{J}. \quad (7)$$

Вирази (6) та (7) і визначають основні параметри продуктивності МАС у взаємозв'язку з параметрами середовища виконання.

Висновки. Створена модель описує динаміку взаємодії агентів в мультиагентній системі з логічним і фізичним середовищами. У ній відокремлено програмні засоби (агенти) і середовище їх виконання. Модель відображає ієрархічну структуру мультиагентних систем, розподіленість логічного і фізичного середовищ. Перше відбувається в тому, що поведінка системи не залежить від часу роботи конкретного виконавця, різні процеси у системі розвиваються незалежно, послідовні виконавці функціонують автономно один від одного, “прив'язуючи” процеси системи до шкали метричного часу.

Перспективами подальших досліджень у галузі розроблення інтелектуальних систем тактичного призначення на базі мультиагентних технологій є розроблення моделей інформаційних об'єктів та інтелектуальних агентів з урахуванням специфіки функціонування відповідного інформаційного середовища.

Література

1. Городецкий В. И. Многоагентные системы (обзор) / В. И. Городецкий, М. С. Грушевский, А. В. Хабалов. — СПб. : Питер, 1999. — 41 с. 2. Гавrilova Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. — СПб. : Питер, 2000. — 384 с. 3. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. — М. : Вильямс, 2002. — 352 с.
4. Витих В. А. Мультиагентные модели взаимодействий для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах / В. А. Витих, П. О. Скобелев // Автоматика и телемеханика. — 2003. — № 1. — С. 177—185.
5. Андреев В. Методы и средства создания открытых мультиагентных систем для поддержки процессов принятия решений / В. Андреев, В. А. Витих, С. В. Батищев // Известия РАН. Теория и системы управления. — 2003. — № 1. — С. 126—137.
6. Швецов А. Н. Мультиагентные системы: от формальных моделей к промышленным приложениям. — Вологда : ВГТУ, 2008. — 101 с.
7. Молонов В. Г. Комплексный подход к моделированию распределенных вычислительных систем / В. Г. Молонов, Р. Л. Смелянский // Программирование. — Т. 1. — 1988. — С. 57—67.

Предложена модель взаимодействия агентов в мультиагентной информационной системе с логической и физической средой существования на основе отделения программных средств (агентов) от среды их исполнения. Модель отражает иерархическую структуру мультиагентных систем, распределенность логической и физической среды.

Ключевые слова: інтелектуальний агент, мультиагентна система.

The model of agents interaction in multiagent information system with logic and physical environment is offered on the basis of separate existence of software (agents) and environment of their execution. The model reflects the hierarchical structure of multiagent systems, distribution of the logic and physical environment.

Key words: intellectual agent, multiagent system.