

- 617/1 а.
- агентів // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2001. – № 437. – С. 14–20. 3. Cortes J., Martinez S., Karatas T., Bullo F. Coverage control for mobile sensing networks: variations on a theme // Proceedings of the Mediterranean Conference on Control and Automation, 9–13 July 2002. – Lisbon, Portugal. Electronic Proceedings. 4. Andrew Howard, Maja J. Mataric, Gaurav S. Sukhatme, Mobile Sensor Network Deployment using Potential Fields: A Distributed, Scalable Solution to the Area Coverage Problem // Proceedings of the 6th International Symposium on Distributed Autonomous Robotics Systems (DARS'02) Fukuoka, Japan, 25–27 June 2002. 5. Turner R.M. and Turner E.H. Organization and reorganization of autonomous oceanographic sampling networks // Proceedings of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, Leuven, Belgium, May 1998. – P. 2060–2067. 6. Curtin T.B., Bellingham J.G., Catipovic J., and Webb D. Autonomous oceanographic sampling networks // Oceanography. – 1993. – Vol. 6, N 3. – P. 86–94. 7. Бочкарьов О.Ю., Голембо В.А., Мельник А.О. Нові принципи побудови вимірювально-обчислювальних мереж на основі інтелектуальних агентів // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2003. – № 492. – С. 100–107. 8. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. – К.: Вища шк., 1983. 9. Цетлин М.Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. – М.: Наука, 1969. 10. Woolridge M. An Introduction to MultiAgent Systems, John Wiley & Sons, 2002. 11. Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, by Gerhard Weiss (Editor), MIT Press, 2000. 12. Бочкарьов О.Ю., Голембо В.А. Моделі колективної поведінки вимірювальних агентів // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2002. – № 463. – С. 19–27. 13. Стахов А.П. Введение в алгоритмическую теорию измерения. – М.: Сов. радио, 1977. 14. Бочкарьов О.Ю. Вирішення задачі механічного зрівноваження колективом мобільних агентів // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2002. – № 463. – С. 14–18. 15. Бочкарьов О.Ю., Голембо В.А. Інтерполяційна модель колективної поведінки мобільних агентів вимірювально-обчислювальної мережі // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2003. – № 492. – С. 21–27. 16. Темников Ф.Е., Афонин В.А., Дмитриев В.И. Теоретические основы информационной техники. – М.: Энергия, 1971. 17. Бабенко К.И. Основы численного анализа. – М.: Наука, 1986. 18. Демьянов В.Ф., Малоземов В.Н. Введение в минимакс. – М.: Наука, 1972.

УДК 681.3, 621.3

О.Ю. Бочкарьов, В.А. Голембо, Х. Р. Попадюк
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра електронних обчислювальних машин

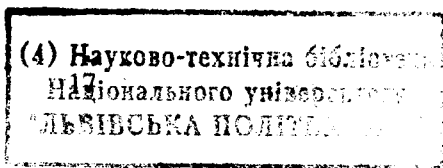
РОЗРОБКА ТА РОЗВ'ЯЗАННЯ ТЕСТОВИХ ЗАДАЧ ПРОСТОРОВОЇ САМООРГАНІЗАЦІЇ БАГАТОАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ

© Бочкарьов О.Ю., Голембо В.А., Попадюк Х.Р., 2005

Розглянуто проблему самоорганізації колективу автономних мобільних агентів (багатоагентної системи) у деякому просторі з погляду узгодженого цілеспрямованого переміщення та взаєморозташування агентів колективу. Запропоновано декілька тестових задач для розробки та оцінки розподілених алгоритмів просторової самоорганізації (формування багатокутника, автономне розгортання в обмеженому просторі, гра у поглинання).

The problem of spatial self-organization of mobile agents' team (multi-agent system) in an environment in the view of coordinated task-oriented movement and inter-allocation is examined. A number of task problems for developing and estimating distributed algorithms of spatial self-organization (polygon formation, autonomous allocation, gobble game, etc.) are proposed.

Вступ. У роботі розглянуто проблему самоорганізації колективу автономних мобільних агентів (багатоагентної системи) у деякому просторі з погляду узгодженого цілеспрямованого



переміщення та взаєморозташування агентів колективу. Розглянуто сучасний стан цієї проблеми. Наведено загальну постановку задачі просторової самоорганізації колективу мобільних агентів у деякому обмеженому просторі. Запропоновано низку розв'язань загальної задачі просторової самоорганізації в різних її аспектах у вигляді алгоритмів колективної поведінки у межах трьох моделей колективної поведінки (тестових задач, task environments): формування многокутника, автономне розгортання в обмеженому просторі, гра у поглинання.

Огляд сучасного стану проблеми. В багатьох прикладних задачах, які розв'язуються на основі технології багатоагентних систем [1], виникає проблема організації узгодженого цілеспрямованого переміщення та взаєморозташування автономних мобільних агентів в деякому просторі. Ця проблема є особливо актуальною при розробці розподілених робототехнічних систем [2–4], в яких перед колективом мобільних агентів ставляться різні за змістом задачі, та при розробленні складних програмних систем візуалізації та анімації рухомих графічних об'єктів [5], кожний з яких асоціюється з окремим обчислювальним процесом (програмним агентом). Оскільки проблема вирішується, як правило, за умов повністю децентралізованого управління (кожний агент самостійно приймає рішення про напрямок та швидкість свого руху) та обмеженої локальної інформаційної взаємодії між агентами (агенти детектують один одного та обмінюються інформацією в межах фіксованого радіуса видимості засобів детектування та зв'язку), то можна вести мову про самоорганізацію колективу агентів у просторі [6–8]. Вирішення цієї проблеми потребує розроблення відповідного алгоритмічного забезпечення узгодженої колективної поведінки у вигляді базових (службових) розподілених алгоритмів просторової самоорганізації у межах багаторівневої архітектури блока прийняття рішень інтелектуального агента [1]. Виникає необхідність у розробленні та розв'язанні тестових задач, які розкривають різні аспекти проблеми самоорганізації у просторі [2–8]. У цій роботі розглядаються три тестові задачі, у межах яких розробляють та оцінюють розподілені алгоритми просторової самоорганізації.

Постановка задачі просторової самоорганізації. Проблема просторової самоорганізації доцільно аналізувати передовсім з погляду обмежень, які накладаються на можливості окремого мобільного агента. Ці обмеження можна представити у вигляді моделей, що описують різні аспекти індивідуальної поведінки агента. Таке представлення дає змогу отримати якісні та кількісні оцінки проблеми просторової самоорганізації, а також аналізувати способи її подолання. Серед цих моделей можна виділити такі.

1. Модель сприйняття агентом свого оточення (середовища, в якому він перебуває). Ця модель визначає, в який спосіб окремий агент отримує (“сприймає”) та зберігає в своїй пам'яті “геометричні” характеристики свого оточення. Прикладом “геометричних” характеристик можуть бути напрямки та відстані до об'єктів, які потрапляють в поле зору агента, їхня ширина, довжина, висота тощо. Джерелом обмежень у межах цієї моделі є характеристики сенсорної системи агента, глибина та спосіб організації його пам'яті даних та наявність апріорних відомостей про оточення (мається на увазі, що агенту, наприклад, може бути заздалегідь відома карта середовища, в якому він розміщений).

2. Модель орієнтації в просторі (спосіб навігації). Ця модель описує спосіб визначення агентом свого місцезнаходження та місцезнаходження інших об'єктів в просторі. Як приклад можна навести глобальну “декартову” навігацію (на основі використання систем супутникової навігації GPS чи ГЛОНАСС), навігацію, глобальну за напрямком (коли в кожного агента є компас або використовують розміщені в середовищі радіомаяки) та локальну навігацію (коли, наприклад, використовують полярні координати (відстань та напрямок), центром яких є поточне місцезнаходження агента). Джерелом обмежень у межах цієї моделі є рівень інформованості агентів про взаємне місцезнаходження у просторі (наприклад, у разі глобальної навігації цей рівень інформованості є значно більшим, ніж у разі локальної навігації).

3. Модель інформаційної зв'язності та взаємодії агентів. У межах цієї моделі визначають спосіб встановлення інформаційних зв'язків між агентами (як агенти обмінюються інформацією) та спосіб організації інформаційної взаємодії (якою інформацією обмінюються агенти). Як приклад

можна навести два граничні випадки: відсутність будь-якої інформаційної взаємодії (коли агенти взагалі “не спілкуються” між собою) та варіант організації зв’язку “кожний з кожним”. Джерелом обмежень у межах цієї моделі є рівень можливостей агентів щодо спільного планування узгоджених переміщень у просторі (тобто здатності “домовитись”).

4. Модель координації спільних дій. У межах цієї моделі визначається спосіб передбачення майбутніх дій інших агентів та врахування вже реалізованих дій інших агентів при плануванні індивідуальних дій. Як приклад можна навести “синхронну” координацію, коли агенти внаслідок самоорганізації у часі (самосинхронізації) існують в “єдиному часі”, та “асинхронну” координацію, коли механізм “єдиного часу” є для агентів недоступним. Джерелом обмежень у межах цієї моделі є рівень потенційних можливостей координувати спільні дії, зокрема можливостей із планування колективної поведінки на деякий час наперед.

5. Модель переміщення у просторі. У межах цієї моделі визначають спосіб та рівень контролю агентам за своїм переміщенням у просторі. Рівень контролю може бути, наприклад, високим, коли агент здатний за власною ініціативою вільно переміщатися в будь-якому напрямку (з деяким обмеженням на швидкість переміщення). Інший випадок, коли агент контролює своє переміщення у просторі не “напрямку”, а опосередковано (частковий контроль за переміщенням). Прикладом цього є дрифтер, який може змінювати глибину свого занурення під воду (чи глибину занурення підводного вітрила), внаслідок чого може бути змінений напрямок його переміщення (оскільки на різних глибинах течії мають різні швидкості та напрямки). Очевидно, що джерелом обмежень у межах цієї моделі є рівень контролю за переміщенням.

На основі розглянутих моделей можна формулювати різні за складністю та змістом задачі просторової самоорганізації. Джерелом (“предметом”) самоорганізації колективу мобільних агентів в цих задачах є невизначеність (нестача інформації), яка в різних задачах має різну природу. З цього погляду можна виділити такі основні типи задач просторової самоорганізації:

1. Подолання нестачі інформації про переміщення (дії) інших агентів.
2. Подолання нестачі інформації про “геометричні” характеристики середовища.
3. Подолання нестачі інформації про динамічні характеристики середовища, які використовує агент для переміщення (для моделей переміщення з частковим контролем за переміщенням).

Розв’язання задачі просторової самоорганізації. В роботі розглянуто три моделі колективної поведінки (МКП) або тестові задачі (task environments), у межах яких розв’язують загальну задачу просторової самоорганізації в різних її аспектах. В МКП “формування многокутника” передбачається, що колектив агентів долає лише нестачу інформації про переміщення інших агентів колективу. В МКП “автономне розгортання в обмеженому просторі” передбачається, що колектив агентів одночасно долає: а) нестачу інформації про переміщення інших агентів та б) нестачу інформації про “геометричні” характеристики оточуючого середовища (які в базовому варіанті цієї тестової задачі є незмінними, але водночас наперед невідомими колективу агентів). В МКП “гра в поглинання” передбачається, що колектив агентів долає лише нестачу інформації про переміщення інших агентів, але за умови, що частина агентів (представників команди суперників) цілеспрямовано намагається збільшити нестачу інформації про свої переміщення.

МКП “формування многокутника”. Перед колективом, що складається з N мобільних агентів, ставиться задача сформувати заданий многокутник в загальному випадку неправильний за умов відсутності централізованого управління. Задачу формування многокутника можна розглядати як розвиток відомих задач із формування у просторі колективом мобільних агентів правильних геометричних фігур [2, 6]. Як основний критерій ефективності розв’язання цієї задачі розглядають кількість часових кроків T , за яку колектив будує многокутник і яку треба мінімізувати. Середовище, в якому розміщуються агенти, являє собою регулярну двовимірну “чотирикутну” решітку розміром M . Початкове розміщення агентів $P = \{(x_{0,i}, y_{0,i})\}$, $i = [1, N]$ в базовому варіанті задачі є випадковим (координати точки початкового розміщення i -го агента $(x_{0,i}, y_{0,i})$ вибирають випадково за рівномірним розподілом) Тобто поява агента в кожній точці середовища в першому такті тестової задачі рівноймовірна. Всім агентам віддають однаковий наказ такого змісту: кількість

кутів многокутника n ; координати вершин (у вигляді масиву) $V=\{v_i\}$, $i=[1,n]$, де $v_i=(x_i,y_i)$; кількість агентів, що мають стояти на вказаній стороні многокутника (у вигляді масиву) $E=\{e_j\}$, $j=[1,n]$. Передбачається, що цей наказ формується алгоритмом колективної поведінки вищого рівня.

Алгоритми розв'язання задачі формування многокутника та результати дослідження їхньої роботи наведено в [8]. В основу цих алгоритмів покладена така ідея. Кожний з агентів у певний спосіб визначає найближчу до себе вершину многокутника і намагається встати на це місце. Отже, той з агентів, який знаходиться найближче до вершини, встане туди першим. Інші агенти, яким не вдалося зайняти вершину, обходять многокутник по периметру і намагаються встати на вільні місця. Обчислювальні експерименти показали, що запропонований алгоритм колективної поведінки в будь-якій ситуації розв'язує задачу. На розв'язання задачі витрачається тим більше часу, чим більша різниця між розміром середовища та периметром заданого наказом многокутника.

МКП "автономне розгортання в обмеженому просторі". Задачу автономного розгортання в обмеженому просторі можна розглядати як розвиток ідеї відомої задачі обчислювальної геометрії, яка має назву "проблема охорони галереї мистецтв" (art gallery problem). У такому разі розв'язання цієї задачі покладається на колектив мобільних агентів. Передбачається, що в деякому обмеженому многокутником довільної форми просторі ("галереї мистецтв") початково у випадковий спосіб розміщується N агентів. Після цього вони повинні знайти таке взаємне розташування в межах многокутника, щоб вся його площа потрапляла в поле їхнього зору (в базовому варіанті задачі передбачається, що кожен агент може бачити навколо себе в межах заданого радіуса видимості R). Вважають, що кожен агент може детектувати в межах свого радіуса видимості інших агентів, стіни та кути (вершини многокутника, що утворює "галерею"). Передбачається, що після розв'язання задачі i -й агент буде оточений стінами або іншими агентами в межах свого радіуса видимості. Відстань між i -м агентом і агентами, що його оточують, чи відстань між стіною і агентами, що оточують i -го агента, не повинна перевищувати R . Таке кінцеве розташування володіє надлишковістю стосовно необхідної кількості агентів, оскільки, коли агенти "бачать" один одного, вони "бачать" і територію між собою. Тобто одну і ту саму територію "бачать" принаймні двоє агентів. Але водночас таке розташування гарантує розв'язання задачі децентралізованим колективом. Питання про кількість агентів, необхідну для "охорони галереї", треба досліджувати окремо.

Алгоритми колективної поведінки для розв'язання цієї тестової задачі передбачають таку послідовність дій кожного агента:

1. Отримати інформацію про об'єкти детектування і сформувати масив ключових точок.
2. На основі множини ключових точок визначити напрямок і відстань переміщення.
3. Переміститися на визначену відстань у визначеному напрямку.

На основі цієї послідовності дій можна запропонувати два алгоритми індивідуальної поведінки кожного агента. Ідея алгоритмів полягає в тому, що кожен агент намагається розташуватись так, щоб решта агентів та ділянки стін, які потрапляють в поле його зору, були рівновіддалені від нього. Кожному об'єкту детектування, під якими розуміють стіни "галереї", вершини многокутника, який утворює периметр "галереї", та інші агенти, ставляться у відповідність ключові точки. Очевидно, що агентів і вершини многокутника характеризують точки їхнього розташування. Складніша ситуація з сторонами ("стінами") "галереї". Запропоновано два варіанти формування ключових точок на основі сторін "галереї", які реалізовані в першому і другому алгоритмах відповідно.

В першому алгоритмі сторону характеризують точки, які є точками перетину сторони і кола з центром в точці розташування агента і радіусом, який дорівнює радіусу R (рис.1). У такому разі сторона може характеризуватись однією чи двома ключовими точками. Для оцінки рівновіддаленості в першому алгоритмі використовують поняття центру мас, для чого виконують розрахунок точки перетину відповідних медіан.

Алгоритм 1.

1. Якщо ключових точок нема, то рухатися випадково.
2. Якщо ключова точка одна, то
 - 2.1. Якщо відстань до ключової точки менша від радіуса видимості, то рухатися від ключової точки.

2.2. Інакше не рухатися.

3. Якщо ключових точок дві, то рухатись так, щоб власне розташування і дві ключові точки утворювали рівнобедрений трикутник з власним розташуванням у вершині і довжиною ребра, що дорівнює радіусу зору.

4. Якщо ключові точки три, то рухатися так, щоб стати в середину (центр мас) трикутника, що утворюють ці точки.

5. Якщо ключових точок більше ніж три, то вибрати три найближчі і перейти на пункт 4.

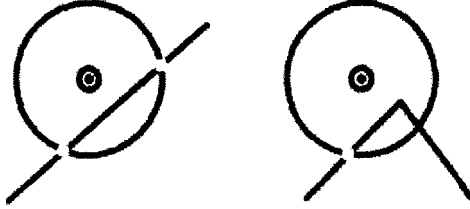


Рис. 1. Визначення ключових точок для стін галереї за допомогою кола

В другому алгоритмі сторона характеризується точкою перетину сторони і перпендикуляра, опущеного на сторону від точки розташування агента (рис. 2). У такому разі сторона характеризується максимум одною точкою. Для оцінки рівновіддаленості в другому алгоритмі використовують поняття “вільного місця” як напрямку від найбільшого скупчення ключових точок в оточенні агента.

Алгоритм 2.

1. Якщо ключових точок нема, то рухатися випадково.

2. Простір поділити на сектори променями: власне розташування – ключова точка (якщо дві ключові точки попадають на один промінь, то очікувана кількість секторів зменшується на одиницю).

3. Виключити ті сектори, в яких між ключовими точками є стіна.

4. Знайти сектор з найбільшим кутом між променями.

5. Рухатися вздовж бісектриси знайденого сектора.

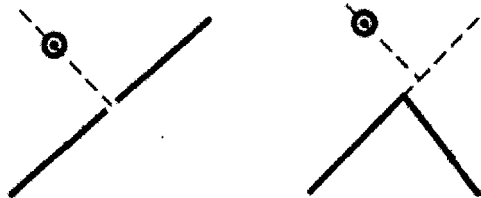


Рис. 2. Визначення ключових точок для стін галереї за допомогою перпендикуляра

Обчислювальні експерименти продемонстрували, що ці алгоритми здебільшого призводять до розв’язання тестової задачі. Особливі труднощі виникають, якщо багатокутник, що обмежує заданий простір, має вузькі і доволі глибокі відгалуження. Як можливий спосіб подолання цих труднощів можна запропонувати заборону віддалятися від вершини, яка є вершиною гострого кута багатокутника, на відстань більшу, ніж радіус видимості.

МКП “гра в поглинання”. Гра відбувається між двома колективами мобільних агентів (двома “командами”) в обмеженому двовимірному просторі (базовий варіант). Гра починається з того, що агенти обох команд в кількості N_1 і N_2 розташовуються в просторі. З усіх агентів однієї команди формується багатокутник з деяким обмеженим периметром P (агенти відіграють роль вершин цього багатокутника). Кожний з агентів самостійно приймає рішення про свої подальші переміщення у просторі, які обмежені лише величиною “еластичного нерозтяжного” периметра P . Кожному агенту ставиться у відповідність рівень життєвої енергії. Якщо агент в процесі своїх переміщень потрапляє всередину багатокутника, що утворений агентами команди суперників, то він втрачає фіксовану

величину життєвої енергії, яка передається агентам-суперникам. Отже, загальна цільова функція кожної команди полягає у тому, щоб “поглинути” якомога більше гравців команди суперників і якомога довше утримувати їх всередині свого многокутника. В базовому варіанті тестової задачі гра триває упродовж заданої кількості тактів, після чого визначається команда переможців, якій вдалося відібрати у суперників більше життєвої енергії. Як варіант можна розглядати використання механізму популяційної динаміки, коли із істотним зменшенням рівня життєвої енергії агент “вмирає”, а при істотному збільшенні рівня життєвої енергії породжує нового агента (тоді під кінець гри в команді переможців буде більше агентів).

Алгоритми колективної поведінки для розв’язання цієї тестової задачі передбачають таку послідовність дій кожного агента:

1. Отримати інформацію про своє оточення в межах заданого радіуса видимості R .
2. Проаналізувати одержану інформацію.
3. Прийняти рішення про напрямок руху.
4. Виконати переміщення у вибраному напрямку.

Під час виконання другого пункту агент повинен виявити агентів своєї команди та агентів-суперників та поставити у відповідність кожному з них напрямок та відстань до нього. Можна запропонувати такий спосіб організації отриманої про оточення інформації. Агент розглядає себе як центр полярних координат. Навколишній простір в межах свого радіуса видимості агент розбиває на мережу, утворену концентричними колами з радіусами $r_1 < r_2 < \dots < R$ та променями з кутом між ними $2\pi/k$ (рис. 3). Кожну “клітинку” утвореної у такий спосіб мережі розглядають як окрему область детектування із своїми фіксованими “координатами” у вигляді пари номерів: номера сектора та номера кільця. Всі можливі ситуації щодо оточення іншими агентами класифікуються за кількістю та наявністю агентів в певних областях детектування (рис. 3). Якщо враховується лише наявність агентів в областях детектування, то ситуації, зображені на рис. 4, а та рис. 4, б, будуть вважатися еквівалентними. При додатковому врахуванні кількості агентів в кожній області детектування ці ситуації будуть трактовані як різні. Найважливішою характеристикою ситуації є інформація про те, де перебуває агент: всередині многокутника команди суперників (тобто є “поглинутим”) чи ззовні.

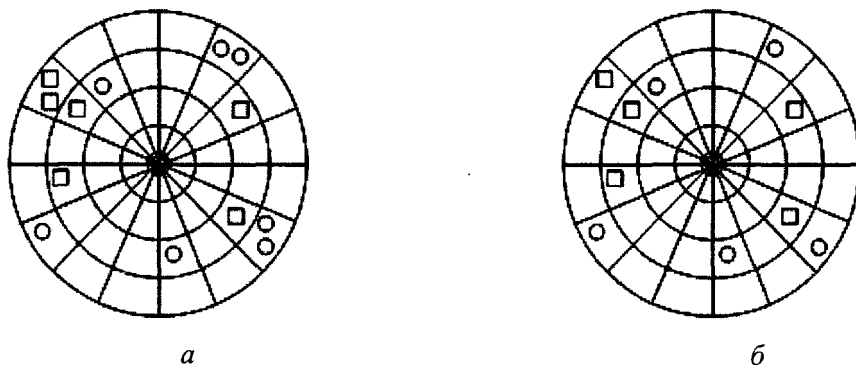


Рис. 3. Спосіб визначення агентом ситуації щодо взаєморозташування “своїх” та “чужих” агентів навколо нього:

- а – в деякі області детектування потрапило декілька агентів;
 б – в кожну область детектування потрапило по одному агенту

На основі вказаної послідовності дій окремого агента та наведеного способу детектування можна запропонувати простий алгоритм гравця для гри в поглинання. Ідея алгоритму полягає в тому, що: 1) агент детектує різні ситуації (стосовно взаєморозташування “своїх” та “чужих” агентів навколо нього) та 2) намагається в кожній поточній ситуації навчанням з підкріпленням (в базовому варіанті використано ϵ -жадібний алгоритм навчання з підкріпленням) знайти найвдаліший напрямок переміщення. Він окремо запам’ятовує і використовує в майбутньому результати навчання для кожної ситуації, в яку він потрапляв раніше. Якщо виникає нова ситуація (яка не виникала раніше),

то для неї ініціюється новий процес навчання. Надалі планується дослідити варіанти цього алгоритму, в яких би агент при виникненні нових ситуацій не починав навчання з початку, а використовував результати навчання в подібних ситуаціях (навчання на прикладах).

Висновки. Розглянуто проблему самоорганізації колективу автономних мобільних агентів (багатоагентної системи) у деякому просторі з погляду узгодженого цілеспрямованого переміщення та взаєморозташування агентів колективу. Наведено основні передумови проблеми просторової самоорганізації (повністю децентралізоване управління, обмежена локальна взаємодія агентів колективу, децентралізована локальна навігація тощо). Запропоновано три тестові задачі для розробки та оцінки розподілених алгоритмів просторової самоорганізації (формування багатокутників, автономне розгортання в обмеженому просторі, гра у поглинання). Наведено низку рішень запропонованих тестових задач та обговорені можливості їхнього вдосконалення.

1. Michael Woolridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, John Wiley & Sons, 2002. 2. Liu J., Wu J. *Multiagent Robotic Systems*, CRC Press, 2001. 3. Sugihara K., Suzuki I. *Distributed Algorithms for Formation of Geometric Patterns with Many Mobile Robots* // *Journal of Robotic Systems* 13, 3, March, 1996. – P. 127–139. 4. Duncan Crombie. *The Examination and Exploration of Algorithms and Complex Behaviour to Realistically Control Multiple Mobile Robots*, Faculty of Engineering and Information Technology, The Australian National University, 1997. 5. Craig W. Reynolds, *Steering Behaviors For Autonomous Characters*, Sony Computer Entertainment America, presented on Game Developers Conference, 10 February 1999. 6. Cem Ünsal, John S. Bay, *Spatial Self-Organization in Large Populations of Mobile Robots*, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1998. 7. H. Van Dyke Parunak, Sven Brueckner, *Entropy and Self-Organization in Multi-Agent Systems*, *Proceedings of the International Conference on Autonomous Agents (Agents 2001)*, 2001. – P. 124–130. 8. Бочкар'єв О.Ю., Голембо В.А., Попад'юк Х.Р. Самоорганізація колективу мобільних агентів у просторі: формування багатокутника // *Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка"*. – 2004. – № 523. – С. 15–23.

УДК 621.372

Є.Я. Ваврук

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра електронних обчислювальних машин

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ І ПРОЦЕСОРІВ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ У РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

© Ваврук Є.Я., 2005

Проаналізовано особливості контролю і діагностики систем і процесорів опрацювання сигналів. Розроблені схеми діагностики і контролю на прикладі системи обробки радіолокаційної інформації.

Verification and diagnostic features for systems and processors of digital signal processing have been reviewed in this article. Verification and diagnostic schemes for system of processing information of radar are proposed.

Вступ. Технічні особливості (складність алгоритмів, висока тактова частота, рівень інтеграції елементів, кількість каналів вхідних даних тощо) та складні умови експлуатації сучасних систем опрацювання сигналів (СОС) ускладнюють процедуру їхнього контролю і діагностики (КіД). Якщо системи такого класу працюють в складі великих технічних комплексів, додатково з'являється проблема виявлення впливу зовнішніх пристроїв на параметри СОС.