

УДК 004.896

О.В. ПОМОРОВА, Д.Ю. ЧАЙКОВСЬКИЙ

Хмельницький національний університет, Україна

**АГЕНТНИЙ МЕТОД РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ КЛАСТЕРНИХ СИСТЕМ**

*Проведено аналітичний огляд методів та засобів інтелектуального діагностування кластерів, розглянуто агентні технології як засіб реалізації діагностичного програмного забезпечення кластерних систем. Представлено формальний опис агентів системи діагностування, граф інформаційних потоків процесу діагностування, базу знань агентної системи діагностування. Показано розпаралелення етапів діагностування кластерних систем. Визначено, що розпаралелення етапів і задач діагностування, розподіл їх між хостами надає можливість опрацювання більших об'ємів діагностичної інформації у реальному часі, що дозволяє підвищити достовірність діагностування. Відмічено, що підвищується живучість системи діагностування за рахунок відсутності централізованого керування.*

**Ключові слова:** мультиагентна система, діагностування, кластерна система, інформаційні потоки, діаграми.

**Вступ**

Відповідно до [1] під діагностуванням розуміємо визначення стану об'єкта, який характеризується в певний момент часу, за певних умов зовнішнього середовища значеннями параметрів, установлених технічною документацією на об'єкт.

Діагностування комп'ютерних систем (КС) складається з ряду етапів, що виконуються послідовно: збір діагностичної інформації, аналіз діагностичної інформації, безпосередньо контроль та діагностування КС на основі результатів аналізу діагностичної інформації і прогнозування стану КС на заданий період часу з заданою ймовірністю.

Впровадження таких кластерних рішень, як The High Availability Linux Project, Linux Virtual Server, Beowulf, WCCS та ін. для вирішення задач, що потребують високопродуктивних обчислень, на сьогодні визначається їх дешевизною у порівнянні з аналогічними рішенням, побудованими на базі суперкомп'ютерів [2-4].

Високопродуктивні кластери, що працюють під керуванням операційних систем Linux і Windows, забезпечують можливість вирішення широкого спектру нагальних обчислювальних задач, серед яких: інформаційні сховища, системи прийняття рішень, додатки з онлайнною обробкою транзакцій (OLTP) та ін.[5].

Складність технічного обслуговування кластерних систем набагато вища, ніж складність обслуговування комп'ютерних систем. Це сприяло появі широкого спектру апаратного і програмного забезпечення адміністрування, контролю і діагностики

кластерів під Linux, таких як OpenPBS, Ganglia, MRTG, C3, Torque та ін.[5-10]. Існує і широкий ряд діагностичного програмного забезпечення для діагностування хостів кластерних систем, порівняльний аналіз яких проведено у роботі [11].

Для оцінювання ефективності відомих засобів діагностування було проведено ряд досліджень [12,13]. З ціллю виявлення залежностей значень параметрів робочих станцій кластерів від умов їх функціонування і конфігурацій було проведено дослідження температурних режимів жорстких дисків, компонентів комп'ютерних систем (процесора, відеокарти, елементів системної плати, кулерів), класифіковано програмні додатки за рівнем їх навантаження на компоненти.

У процесі експериментальних досліджень температурних режимів жорстких дисків різних виробників виявлено причинно-наслідкові зв'язки умов функціонування та виконуваних програмних додатків. Дослідження показало, що вбудовані температурні давачі жорстких дисків не завжди відображають реальну температуру елементів, на яких вони встановлені, створюючи ситуації, при якій температура фіксується давачем, як та, що знаходиться у межах допусків, а в той час реальна температура деяких елементів є неоптимальною.

Одним із шляхів вирішення вищевказаних проблем є розроблення методів та засобів інтелектуального діагностування кластерів, котрі задовольнятимуть ряд вимог, а саме: забезпечать автономність функціонування діагностичних модулів, розподіленість збирання та опрацювання діагностичної інформації, можливість своєчасної постановки діагнозу в

умовах неповноти діагностичної інформації, підвищуватимуть живучість кластерів [14,15].

Отже, на етапі експлуатації кластерів актуальною є задача забезпечення ефективності діагностування робочих станцій та серверів кластера шляхом використання різнотипних настроюваних діагностичних засобів.

Метою статті є розроблення агентного методу розпаралелювання процесу діагностування (етапів процесу діагностування щодо компонентів, що діагностуються).

## 1. Агентні технології як засіб реалізації діагностичного програмного забезпечення кластерних систем

Під компонентами кластерних систем (КлС) надалі будемо розуміти робочі станції кластерних систем та їх компоненти: жорсткі диски, процесори, відеокарти та ін.

Етапи діагностування компонентів КлС умовно можна розділити на:

1) основні (контроль, локалізація причин зміни, прогнозування стану компонентів КлС);

2) допоміжні (збір діагностичної інформації, аналіз діагностичної інформації, обмін діагностичною інформацією).

Одним із засобів підвищення ефективності діагностування є використання інтелектуальних методів і засобів, зокрема агентних систем при їх розробленні. До переваг агентного підходу слід віднести: автономність функціонування системи діагностування; функціонування системи діагностування на етапі експлуатації; розподіл та децентралізація задач діагностування; можливість паралельного виконання виконання збору, опрацювання та аналізу діагностичної інформації.

Представлена у роботах [16,17] мультиагентна система діагностування МАСД дозволяє розподілити допоміжні функції діагностування між агентами та виконувати їх паралельно, підвищуючи ефективність діагностування. Але, основні етапи діагностування у МАСД представлені як ті, що реалізуються послідовно.

Для комп'ютерних систем послідовне виконання етапів діагностування є прийнятним, а для кластерних систем це є суттєвим недоліком. При діагностуванні множини компонентів КлС ефективність діагностування знижується у зв'язку з послідовним діагностуванням кожного компонента КлС.

Складність розпаралелювання процесу діагностування компонентів КлС пов'язана зі складністю організації та динамічної реорганізації агентного середовища системи діагностування.

Таким чином, для підвищення ефективності діагностування компонентів КлС слід організувати їх паралельне діагностування без нарощення ресурсомності системи діагностування.

## 2. Формальний опис агентів системи діагностування

Агента представлятимемо множиною параметрів:

$A = \langle R, L, Sc, Sa, Zb, Zs, Zd, Ra, I \rangle$ ;

де  $R$  – роль:  $L = \{\text{базова, діагностична}\}$ . Роллю є множина дій, покладених на агента, які дозволяють визначити його спеціалізацію. Базовими ролями вважати мемо: комунікаційну роль і роль роботи з базою знань. До базових ролей відносяться ролі агентів, задачею яких є організація функціонування інших агентів. Комунікаційна роль призначена для забезпечення обміну повідомленнями між агентами. Робота з базою знань призначена для забезпечення взаємодії з базою знань, запису і отримання знань. До діагностичних ролей було віднесено: контроль компонента, локалізація причин зміни стану компонента, прогнозування стану компонента. Кожна з діагностичних ролей виконує одну з задач діагностування: контроль, локалізацію або прогнозування стану компонентів;

$L$  – рівень ієрархії агента:  $L = \{\text{агент\_МАСД, підагент}\}$ . Кожен з основних агентів, що входять до складу МАСД, може породжувати подібних собі агентів. У зв'язку з цим виникає потреба відображення ієрархічного рівня при описі агентів. Позначимо параметр, що відображає рівень ієрархії агента  $L$  (0-базовий рівень, 1 – рівні підагентів);

$Sc$  – стан системи:  $Sc = \{\text{ініціалізація, функціонування, завершення}\}$ . Стан системи описує дію, яку виконує система на поточний момент;

$Sa$  – стан системи:  $Sa = \{\text{ініціалізація, загальне_функціонування, спеціалізоване_функціонування, передача_повідомлень, прийом_повідомлень, завершення}\}$ . Стан агента, який змінює сам агент в залежності від виконуваної дії;

$Zb = \langle z_{b1} \dots z_{bn}, Rb, Mb \rangle$  – базові знання агента. Дозволяють агенту виконувати одну з базових ролей шляхом перебору правил;

$z_{b1} \dots z_{bn}$  – множина правил базових знань агента;

$Rb$  – робоча пам'ять базових знань агента. Робоча пам'ять містить множину даних, що оновлюються при активізації правил;

$Mb$  – маркер базових знань агента. Маркер вказує на поточне правило, що виконується;

$Zr = \langle z_{r1} \dots z_{rm}, Rr, Mr \rangle$  – рольові знання агента,

де  $z_{r1} \dots z_{rm}$  – множина правил рольових знань агента;

$Rr$  – робоча пам'ять рольових знань агента;

$Mr$  – маркер рольових знань агента;

$Z_d - \langle z_{d1} \dots z_{dn}, R_d, M_d, S_d, Sp \rangle$  – діагностичні знання агента про компонент, що діагностується, де  $z_{d1} \dots z_{dn}$  – множина правил діагностичних знань агента про компонент, що діагностується;  $R_d$  – робоча пам'ять діагностичних знань агента;  $M_d$  – маркер діагностичних знань агента;  $S_d$  – поточний стан компонента, що діагностується;  $Sp$  – попередній стан компонента, що діагностується;  $I$  – інформаційний фон агента. Інформаційним фоном агента вважатимемо кількісну величину від 0 до 1, що показує активність функціонування агента. Якщо інформаційний фон наближається до нуля, то агент самознищується.

### 3. Граф інформаційних потоків процесу діагностування

На рис. 1 представлено граф інформаційних потоків процесу діагностування. Користувач формує задачі діагностування, які має виконувати система

(контроль стану центрального процесора, локалізація причин зміни стану температур жорсткого диску та ін.). В залежності від множини поставлених користувачем задач діагностування відбувається створення підагентів.

Збирання діагностичної інформації для аналізу проходить на визначеній множині діагностичних параметрів. Попереднє діагностування здійснюється на основі діагностичної інформації, отриманої від компонентів КЛС, що діагностуються. Інформація про стан компонентів КЛС надається користувачеві через інтерфейс.

На основі результатів попереднього діагностування, уточненої діагностичної інформації та знань про конфігурацію, що діагностується здійснюється уточнене діагностування, що формує інформацію про стан компонентів. В залежності від запитів користувача система надає йому інформацію про стан компонентів.



Рис. 1. Граф інформаційних потоків процесу діагностування

### 4. База знань агентної системи діагностування

База знань агентної системи діагностування складається з:

1) множини правил базових знань агента, які є спільними для підагентів і включають в себе правила функціонування агента, правила для забезпечення

міжагентного обміну, правила для взаємодії з базою знань;

2) множини правил рольових знань агента, які є спільними для підагентів однієї ролі і включають в себе спеціалізовані правила, необхідні для виконання агентом певної ролі;

3) діагностичні знання досліджених конфігурацій і конфігурації, що діагностується. Знання

складаються з множини правил-продукцій щодо залежностей режимів функціонування від умов функціонування і конфігурацій.

### 5. Розпаралелення етапів діагностування кластерних систем

Особливістю функціонування агентної системи діагностування у кластерній системі є розподілення агентів між хостами (рис. 2), що дозволяє розподілити навантаження між хостами системи. На рис. 2. представлено розподіл агентів по хостах кластерної системи, де:

1- агент – збирач діагностичної інформації;

2- агент – генератор знань;

3- інтерфейсний агент;

4- агент-комунікатор;

5- агент-діагност.

Агенти-збирачі існують на всіх хостах, агенти-генератори знань функціують на хостах 1, 2, 5, 6. Хост 5 опрацьовує дані від хостів 3 і 5, хост 6 – від хостів 4 і 6. Хости 3 і 4 на основі аналізу діагностичної інформації, знань про конфігурацію, що діагностується проводять діагностування компонентів.

Хост 1 і хост 5 виконують інтерфейсну і комунікаційну функції.

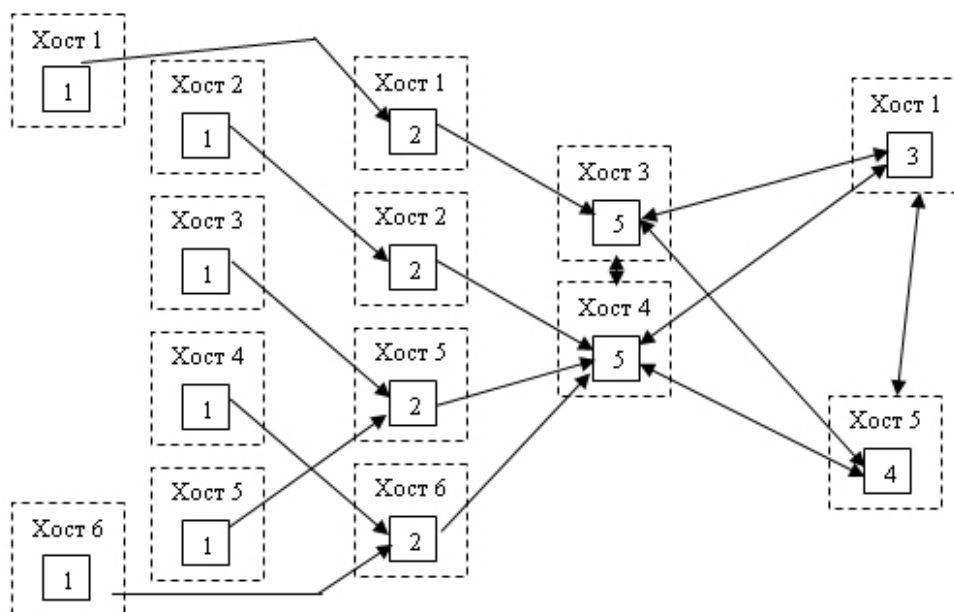


Рис.2. Приклад обміну діагностичною інформацією між агентами у кластерній системі

### 6. Поведінка агентного середовища

Спрощену структуру взаємодії агентів і підагентів МАСД на основі передачі повідомлень представлено на UML-діаграмі (рис. 3). Показано процес створення-знищення агентів МАСД, звертання до бази знань опущено. Всі операції взаємодії між агентами з метою спрощення представлено трьома групами:

1) Create() – створення підагента і надання йому визначеної користувачем або експертом-діагностом ролі. Підагент створюється запитом на створення від іншого підагента або запитом від агентів МАСД.

2) Request() – запит інформації, необхідної агенту для функціонування (діагностична інформація, знання, стан агента, стан системи діагностування та ін.).

3) Answer() – відповідь на запит агента, отримання необхідної інформації.

4) Destroy() – самознищення агента. Відбувається, коли інформаційний фон дорівнює нулю.

На рис. 3 розглянуто ситуації:

А – створення агентами множини під агентів. Створення підагентів дозволяє децентралізувати базові функції між агентами, що підвищує живучість системи діагностування, оскільки при знищенні одного агента система не втрачає життєздатності, інші агенти при необхідності ініціюють створення нових агентів;

Б – отримання підагентом знань від агентів МАСД. При необхідності отримання знань агент генерує запит до агента, що відповідає за роботу з базою знань. При відсутності знань агент, що відповідає за роботу з базою знань, звертається за знаннями до агентів МАСД через агента-комунікатора;

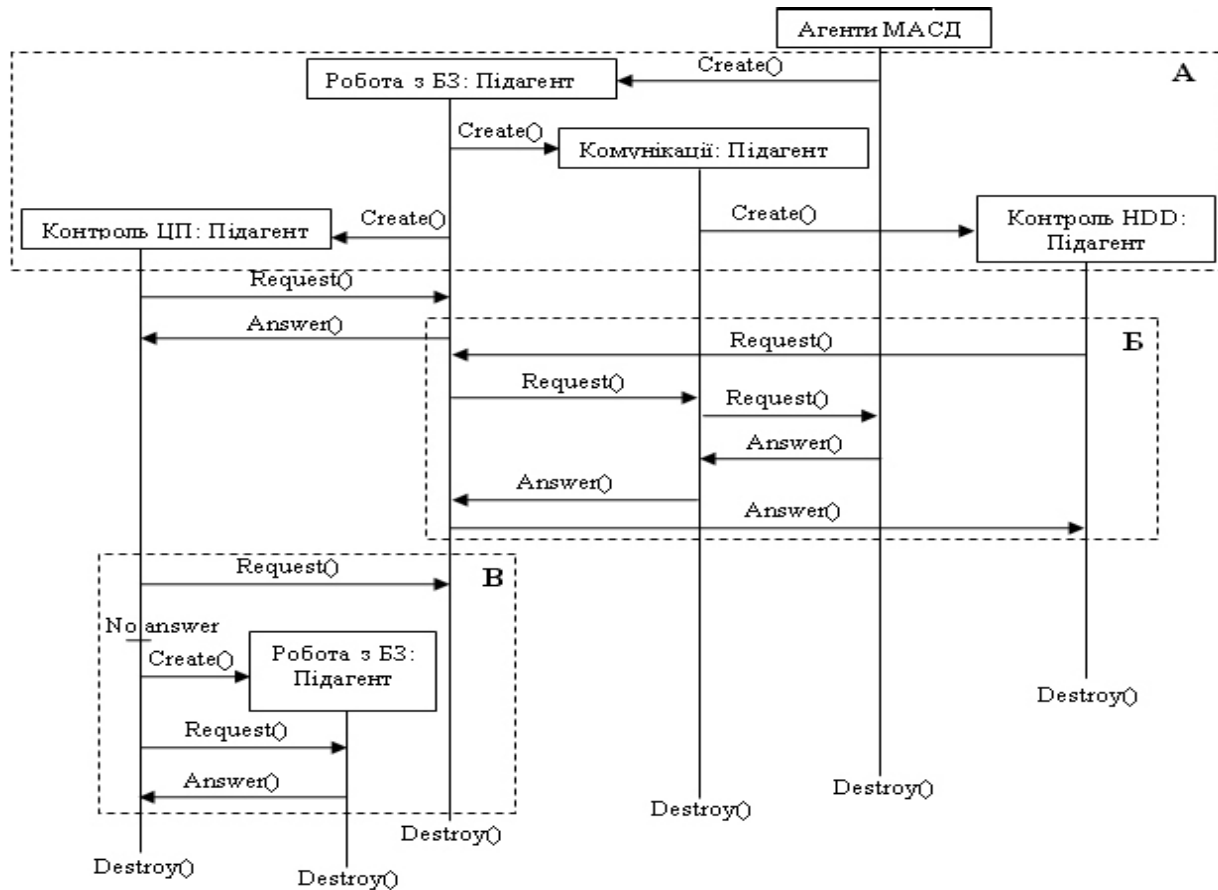


Рис. 3. UML-діаграма послідовності поведінки агентного середовища

В – створення підагентом нового підагента, як результат відсутності відповіді на запит від підагента. У разі відсутності відгуку від агента, до якого було відправлено запит, агент, що згенерував запит, створює нового агента з необхідною йому роллю і виконує запит до нього. Створений агент опрацьовує запит і продовжує функціонування або самознищується, якщо інформаційний фон агента дорівнює нулю.

Створення окремих агентів для виконання ними комунікаційної ролі і взаємодії з базою знань дозволяє:

- 1) підвищити живучість системи шляхом виконання агентами функцій створення-знищення;
- 2) зменшити складність реорганізації агентного середовища, оскільки при зміні задач діагностування агенти реорганізуються самостійно;
- 3) спростити зміну налаштувань (комунікаційних, робота з базою знань) шляхом зміни налаштувань тільки агентів з відповідною роллю, а не всіх агентів.

## 7. Розпаралелення етапів і задач діагностування

Розпаралелювання діагностування полягає у розподіленні його етапів (збір, аналіз, діагностуван-

ня) і задач (контроль, локалізація, прогнозування), що виконують покладені на них задачі і обмінюються результатами своєї роботи одночасно. На рис. 4 представлено процес діагностування: послідовний (зліва), паралельний (справа).

Позначення на рисунку:

А – отримання попереднього результату діагностування при розпаралеленому процесі діагностування на основі агентного підходу;

Б – отримання уточненого результату діагностування при розпаралеленому процесі діагностування на основі агентного підходу;

В – отримання уточненого результату діагностування при послідовному процесі діагностування;

1 – етап збирання діагностичних даних при послідовному процесі діагностування;

2 – етап аналізу діагностичних даних при послідовному процесі діагностування;

3 – етап діагностування при послідовному процесі діагностування.

Штриховою лінією показано один етап послідовного процесу, що виконується в поточний момент часу.

Перевагами паралельного процесу діагностування у порівнянні з послідовним є:

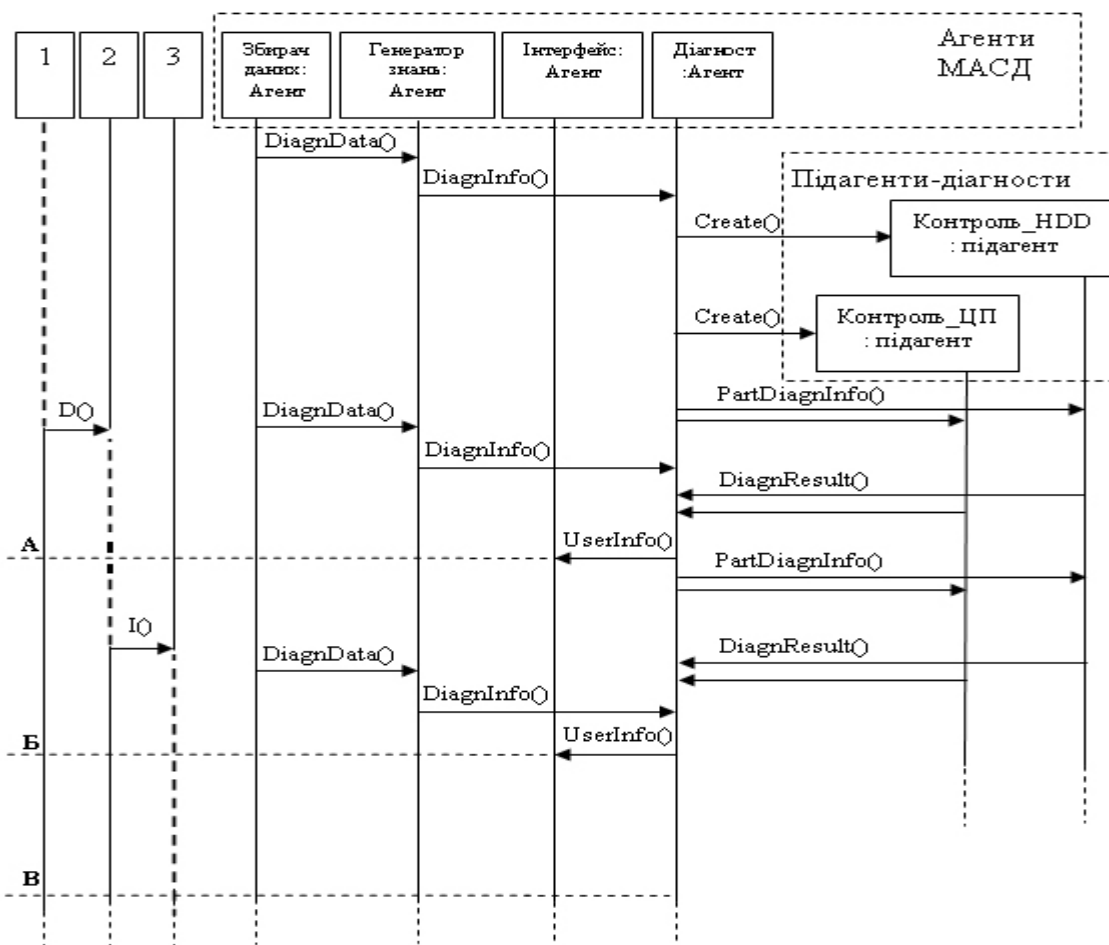


Рис. 4. Розпаралелення процесу діагностування на основі агентного підходу

1) можливість отримання попередніх результатів діагностування вже на ранніх етапах;

2) отримання уточнених результатів діагностування за рахунок відсутності надлишкового використання ресурсів при послідовному процесі;

3) підвищення ефективності діагностування кластерних систем шляхом перерозподілу агентів між хостами.

## Висновки

Запропонований агентний метод паралельного діагностування підвищує ефективність діагностування як окремих хостів, так і кластера в цілому шляхом розпаралелювання етапів і задач діагностування.

Розпаралелення етапів і задач діагностування, розподіл їх між хостами надає можливість опрацювання більших об'ємів діагностичної інформації у реальному часі, що дозволяє підвищити достовірність діагностування. Перерозподіл відбувається децентралізовано, агенти самі вирішують, які функції

необхідно перерозподілити, самі створюють один одного і самознищуються.

Підвищується живучість системи діагностування за рахунок відсутності централізованого керування. У разі виходу з ладу хосту і агентів, що функціують на ньому, інші агенти виявляють, що вказані агенти не відповідають і не виконують покладених на них функцій, генерують запит на створення агента, а створений агент перехоплює не реалізовані іншими агентами функції.

## Література

1. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення.

1. The High Availability Linux Project [Електронний ресурс] – Режим доступу. <http://www.linux-ha.org/>.

2. Linux Virtual Server [Електронний ресурс] – Режим доступу. <http://www.linuxvirtualserver.org/>

3. Beowulf Clusters [Електронний ресурс] – Режим доступу. <http://www.beowulf.org/>

4. Кластерные решения [Электронный ресурс] – Режим доступа. <http://www.magic.kiev.ua/ru/solutions/clusters/>.
5. Portable Batch System [Электронный ресурс] – Режим доступа. <http://www.pbspro.com/>.
6. Ganglia Monitoring System [Электронный ресурс] – Режим доступа. <http://www.ganglia.info/>.
7. Multi Router Traffic Grapher [Электронный ресурс] – Режим доступа. [www.usenix.org/event/lisa98/full\\_papers/oetiker/oetiker.pdf](http://www.usenix.org/event/lisa98/full_papers/oetiker/oetiker.pdf).
8. Cluster Command Control [Электронный ресурс] – Режим доступа. <http://www.csm.ornl.gov/torc/C3>.
9. Terascale Open-source Resource and Queue Manager [Электронный ресурс] – Режим доступа. <http://supercluster.org/torque/>
10. Поморова О.В. Порівняльний аналіз програмних засобів моніторингу і діагностування персональних комп'ютерів / О.В. Поморова, Д.Ю. Чайковський // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. - №5. - С. 165-170.
11. Чайковський Д.Ю. Дослідження температурних режимів жорстких дисків персональних комп'ютерів. / Д.Ю. Чайковський // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – № 6 (25). – С 72-76.
12. Поморова О.В. Аналіз і дослідження температурних режимів компонентів персональних комп'ютерів. / О.В. Поморова, Д.Ю. Чайковський // Вісник Хмельницького національного університету №3, Т.1. – Хмельницький, 2007. - С. 231-236.
13. Поморова О.В. Мультиагентна система діагностування персонального комп'ютера / О.В. Поморова, Д.Ю. Чайковський // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – № 6 (33). – С 72-78.
14. Поморова О.В. Концептуальна модель мультиагентної системи діагностування персонального комп'ютера / О.В. Поморова, Д.Ю. Чайковський // Матеріали X міжн. науково-технічної конференції "системний аналіз та інформаційні технології", 20-24 травня 2008, Інститут прикладного системного аналізу НТУУ "КПІ", Україна, Київ. – 2008. - С.244.
15. Поморова О.В. Розподілена мультиагентна система діагностування / О.В. Поморова, Д.Ю. Чайковський // Контроль і управління в складних системах. – Вінниця, 2005. - С. 112.
16. Поморова О.В. Розподілена мультиагентна система діагностування комп'ютерних пристроїв / О.В. Поморова, Д.Ю. Чайковський // Оптоелектроніка. – № 2 (10). – 2005. – С. 114-118.

Надійшла до редакції 9.01.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., завідувач каф. системного програмування В.М. Локажук, Хмельницький національний університет, Хмельницький.

#### АГЕНТНЫЙ МЕТОД РАСПАРАЛЛЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМ

*О.В. Поморова, Д.Ю. Чайковский*

Проведен аналитический обзор методов и средств интеллектуального диагностирования кластеров, рассмотрено агентные технологии как средство реализации диагностического программного обеспечения кластерных систем. Представлено формальное описание агентов системы диагностирования, граф информационных потоков процесса диагностирования, базу знаний агентной системы диагностирования. Показано распараллеливание этапов диагностирования кластерных систем. Определено, что распараллеливание этапов и задач диагностирования, распределение их между хостами предоставляет возможность обработки больших объемов диагностической информации в реальном времени и позволяет повысить достоверность диагностирования. Отмечено, что повышается живучесть системы диагностирования за счет отсутствия централизованного управления.

**Ключевые слова:** мультиагентная система, диагностирование, кластерная система, информационные потоки, диаграммы.

#### AGENT METHOD OF PARALLEL PROCESSING DIAGNOSIS CLUSTER SYSTEMS

*O.V. Pomorova, D.Y. Chaykovskiy*

An analytical review of methods and tools for intelligent diagnosis clusters examined agent technology as a means of implementing the diagnostic software cluster systems is given. Formal description of agent diagnosis system, a graph of information flow of diagnosis, the knowledge base of agent diagnosis are presented. Parallel stages diagnosis of cluster systems are proposed. It is determined that parallel phases and tasks of diagnosis, their distribution among hosts provide an opportunity to process large amounts of diagnostic information in real time and allows to improve the reliability of diagnosis. It is noted that diagnosis system survivability will be increased due to lack of centralized management.

**Key words:** multi-agent system, diagnosis, cluster systems, information flow diagrams.

**Поморова Оксана Вікторівна** – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри системного програмування Хмельницького національного університету, Хмельницький, Україна, e-mail: o.pomorova@gmail.com.

**Чайковський Денис Юрійович** – асистент кафедри системного програмування Хмельницького національного університету, Хмельницький, Україна, e-mail: c\_den@mail.ru.