

В статье предложены критерии и методика оценивания адаптированности студентов первого курса к обучению в университете, определены категории студентов в зависимости от соотношения выбранных для сравнения показателей.

Объект исследования – показатели учебных достижений студентов первого курса.

Цель работы – определение уровня адаптированности студентов первого курса к обучению в университете.

Метод исследования – статистический анализ.

Адаптированность первокурсников к условиям учебной деятельности можно оценить путём сравнения результатов внешнего независимого оценивания (ВНО) учебных достижений по профильному общеобразовательному предмету в сертификатах, поданных студентами при поступлении в университет, и результатов первой экзаменационной сессии и ректорских контрольных работ, проведенных в весеннем семестре, по соответствующей дисциплине учебного плана. Для преобладающего большинства направлений подготовки Национального транспортного университета таким общеобразовательным предметом и дисциплиной являются математика и высшая математика.

Результаты, используемые для сравнения, получают разными способами и оценивают по разным шкалам, но все они отображают степень усвоения учебного материала и владение им по предмету (дисциплине) на момент получения этих результатов.

Рассматриваются три уровня учебных достижений: высокий, достаточный и удовлетворительный, которым соответствуют определённые значения сравниваемых показателей.

Разработанная методика позволяет получить распределение студентов первого курса дневной формы обучения для каждого направления подготовки, факультета и университета в целом (в процентах от количества студентов, чья адаптация исследовалась) в зависимости от соотношения выбранных для сравнения показателей учебных достижений на 9 категорий и на основе этого распределения – на две группы: адаптированные (в свою очередь со стабильной адаптированностью; с отсроченным наступлением адаптированности; с нестабильной адаптированностью) и неадаптированные. Студентов, получивших «неудовлетворительно» за ректорскую контрольную работу, относят к неадаптированным независимо от соотношения результатов ВНО и зимней сессии. Поэтому сравнивают результаты учебных достижений только тех студентов, которые получили за ректорскую контрольную работу позитивные оценки.

Установлено, что почти 80 % охваченных исследованием студентов НТУ адаптировались к условиям учебной деятельности.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АДАПТИРОВАННОСТЬ ПЕРВОКУРСНИКОВ, УЧЕБНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, УРОВНИ УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ, КАТЕГОРИИ СТУДЕНТОВ

УДК 004.272.2

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ OPEN MPI В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Гавриленко В.В., доктор фізико-математичних наук

Обшта А.Ф., доктор технічних наук

Галкін О.А.,

Ковальчук О.П.

Постановка проблеми. Дана стаття присвячена впровадженню на кафедрі інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету новітньої технології MPI в новому нормативному курсі “Технології розподілених систем та паралельних обчислень” для студентів, що навчаються за напрямом “Комп’ютерні науки”. Зокрема, у статті розглядається бібліотечний проект Open MPI, мета якого полягає у використанні найкращих ідей та технологій окремих проектів, а також створенні єдиного класу MPI реалізації з відкритим кодом.

Немає необхідності говорити про те, що в даний час тематиці високопродуктивних обчислень та технологій паралельного програмування надається велике значення. Високопродуктивні обчислювальні системи увійшли в перелік критичних технологій. У всьому світі наукові організації та технологічні підприємства витрачають величезні кошти на придбання суперкомп’ютерів та обчислювальних кластерів [1].

Найпопулярнішим інструментом створення додатків для кластерних систем на даний момент залишається інтерфейс MPI (Message Passing Interface) в різних реалізаціях, зокрема реалізації проекту Open MPI. При створенні Open MPI додатків, розробники зустрічаються з багатьма труднощами, серед яких слід виділити налагодження програм. Причина цього полягає в тому, що при паралельному програмуванні з'являються нові джерела помилок, пов'язані із взаємодією одночасно працюючих процесів. До семантичних помилок, не властивих послідовним програмам, відносяться потенційні та реальні блокування, інтерфейсні та межпроцесорні прогонки даних, невірне управління внутрішніми об'єктами Open MPI-реалізації, некоректна робота з пам'яттю, помилки невідповідності в комунікаційних операціях і т.д. Всі ці помилки можна умовно розділити на дві категорії: локальні, що відбуваються в межах одного Open MPI-процесу та глобальні, для виявлення яких потрібен аналіз операцій, виконаних декількома процесами [2].

Існує декілька підходів при створенні програмних засобів, що допомагають розробникові в процесі виявлення помилок перерахованих типів. Автоматичний аналіз коректності паралельних програм під час виконання має ряд переваг в порівнянні з іншими методами. По-перше, за допомогою застосування евристичних алгоритмів засіб налагодження може виявити помилки, обумовлені недетермінізмом (потенційні блокування та прогонки даних). По-друге, для проведення аналізу достатньо одного запуску паралельної програми, а також немає необхідності створювати програмний код еталонної версії. Також не потрібно складати модель програми на якійсь псевдомові та чекати поки система виконає перебір всіх варіантів виконання паралельного додатка.

Таким чином, актуальним завданням на сьогоднішній день являється розробка інформаційної системи автоматичного контролю коректності Open MPI-програм, здатної масштабуватися на велике число обчислювальних вузлів та забезпечувати мінімальний вплив на продуктивність паралельної програми.

На кафедрі інформаційних систем і технологій Національного транспортного планується розробка інформаційно-обчислювального порталу. Однією з його головних завдань є надання користувачеві можливості запуску паралельної програми на високопродуктивних обчислювальних ресурсах, використовуючи веб-інтерфейс. Передбачена можливість роботи з ресурсами, котрі мають різні програмні платформи. Наступний крок – створення завдання на компіляцію, вибираючи необхідний компілятор та технологію паралельного програмування зі списку наявних. Потім вибирається обчислювальний ресурс та ставиться в чергу завдання на запуск [3-5].

Структура та принципи функціонування системи. Подібно інструментальному засобу деяких наявних інформаційних систем, запропонована система буде побудована на клієнт-серверній архітектурі, але крім серверів аналіз коректності проводять також додаткові потоки, породжувані в межах Open MPI процесів.

Основу розподіленої системи автоматичного виявлення семантичних помилок складають:

- кілька серверів-аналізаторів, на кожному з яких запускається множина потоків (один потік обробляє повідомлення від одного процесу Open MPI програми);
- профілювальний інтерфейс реалізації Open MPI, за допомогою якого система отримує інформацію про викликаємі в програмі MPI функції;
- службові потоки на обчислювальних вузлах, що приймають сигнали від аналізаторів на виникнення логічних помилок.

Алгоритм роботи серверів-аналізаторів. Сервери-аналізatori володіють інформацією про всі комунікаційні функції, що викликаються на обчислювальних вузлах, тому вони служать для пошуку глобальних помилок. Під час роботи потоки на кожному із серверів використовують наступні структури даних:

- *Список викликаємих Open MPI функцій* типу точка-точка. Кожен з вузлів списку містить номер викликаємої функції процесу в глобальному комунікаторі `MPI_COMM_WORLD`, ім'я викликаної операції, число переданих/прийнятих елементів, тип даних елементів, номер процесу-партнера по комунікації (відправника або адресата відповідно), тег повідомлення, прапорець завершеності операції (даний прапорець показує, чи надійшло повідомлення про завершення операції чи ні) та контрольна сума переданого/прийнятого буфера повідомлення. Кожен сервер зберігає свою копію даного списку і після внесення кожної зміни проводиться синхронізація списків на всіх серверах.
- *Список незавершених операцій* – заповнюється при заключному аналізі паралельної програми.
- *Журнал знайдених помилок* – частково заповнюється по ходу виконання паралельної програми і частково по закінченню роботи [6-8].

Алгоритм роботи обчислювальних вузлів. Основним засобом, завдяки якому система автоматичного контролю коректності отримує інформацію від виконуваної паралельної програми по ходу роботи є профільований інтерфейс Open MPI реалізації. Викликаємі Open MPI функції перехоплюються статичною бібліотекою, яка і виконує необхідні дії. У бібліотеці заповнюються структури даних, проводиться аналіз та передача аргументів функції на сервер; потім викликається відповідна RMPi функція, яка виробляє дії, що необхідні користувачеві; потім знову проводиться необхідна системі робота і результат RMPi функції повертається користувачеві.

У процесі аналізу наявності локальних помилок в межах кожного Open MPI-процесу використовуються наступні структури:

- *Журнал помилок* – призначення даного об'єкта таке ж, як і на серверах-аналізаторах.
- *Список активних "запитів обміну"* – дані об'єкти використовуються в неблокуючих комунікаційних функціях для індикації завершеності цих операцій.
- *Список використовуваних областей пам'яті* – зберігаються тільки для неблокуючих комунікацій та служать для виявлення помилок повторного використання ділянок пам'яті Open MPI функціями.
- *Список використовуваних буферів* – містять початкову та кінцеву адреси пам'яті для кожного буфера, виділеного операцією *MPI\_Buffer\_attach*. Служить для виявлення прогонів даних, пов'язаних з затиранням буфера до закінчення буферизованої комунікації.
- *Черга завдань на обробку* для службового потоку, в яку при виклику чергової операції точка-точка поміщається елемент, що містить інформацію про параметри викликаної функції.

Щоб не завантажувати основний потік, що виконує обчислення, при виклику *MPI\_Init* породжується додатковий, який в циклі перевіряє чергу завдань на обробку і якщо черга не порожня, то проводять аналіз на появу локальних семантичних помилок. Обробка викликів різних Open MPI функцій здійснюється по-різному. Ми наведено лише алгоритм обробки операцій типу точка-точка [9-11].

1. Формується та відправляється на сервер символічний рядок, в який один за іншим слідує аргументи викликаної функції, а також деяка службова інформація (номер викликав процесу, символ завершеності операції).

2. У чергу завдань на обробку основний потік Open MPI процесу поміщає елемент, що містить параметри функції та покажчик на початок передаваного/приймаючого буфера.

3. У разі якщо викликана неблокуюча функція, то в список активних запитів обміну службовий потік заносить запит даної операції та перевіряє раніше зроблені записи в списку на наявність запиту обміну, що фігурує в даній процедурі. При виявленні такого, в журнал помилок заноситься запис про невірне управління внутрішніми об'єктами інтерфейсу Open MPI. Згодом при виклику функції очікування завершення неблокуючої операції (*MPI\_Wait*) або успішного тесту на завершення (*MPI\_Test*) зі списку активних запитів обміну, даний елемент видаляється.

4. Пару початкова-кінцева адреси, службовий потік вносить в список використовуваних областей пам'яті, а потім переглядає список і якщо знаходить, що даний буфер перетинається з вже використовуваною комунікацією, то заносить в журнал помилок дані.

5. Якщо викликана буферизована посилка, то в списку використовуваних буферів службовий потік шукає запис про буфер, що задіяний в даній комунікації, і якщо виявляє, що він зайнятий, то в журнал помилок вносить запис про повторне використання буфера. Спочатку в список заноситься запис після відповідного виклику *MPI\_Buffer\_attach*. При виклику *MPI\_Bsend* даний буфер позначається як зайнятий. По закінченню буферизованої комунікації на вузол-відправник сервером відсилається сигнал. Приймавши даний сигнал, службовий потік позначає буфер як вільний.

6. Викликається відповідна RMPi-операція, що виконує необхідні користувачу дії.

7. Знову відправляється на сервер посилка з параметрами функції, за тим винятком, що помітка завершеності встановлена в значення "істина" [12-13].

Висновки. У даній статті описана система автоматичного контролю коректності Open MPI програм, інтеграція якої планується на кафедрі інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету. Завдяки особливостям своєї архітектури – розділенню роботи по виявленню логічних помилок між варійованих числом серверів-аналізаторів та службовими потоками на обчислювальних вузлах, система має потенційно необмежену масштабованість. Оскільки сучасні процесори мають кілька ядер, то основний потік, що виконує Open MPI процес користувача на обчислювальному вузлі може працювати без шкоди в продуктивності. Дійсно, службовий потік, що виробляє пошук локальних помилок на кожному вузлі працює на окремому процесорному ядрі, не заважаючи основному потоку. Також слід зазначити невелике додаткове навантаження на мережевий сегмент,

створюваний системою. Це обумовлено тим, що між обчислювальними вузлами і серверами-аналізаторами циркулює тільки інформація про аргументи комунікацій та керуючі сигнали.

В даний час розроблені алгоритми для виявлення семантичних помилок у комунікаціях типу точка-точка. Система відловлює блокування невідповідності в параметрах функцій відправки/отримання. Розроблювана система буде використовуватися при запуску ресурсоемких чисельних розрахунків на високопродуктивних обчислювальних ресурсах в наукових цілях та в навчальному процесі.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Desouza J. Automated, scalable debugging of MPI programs with Intel Message Checker, J. Desouza, B. Kuhn, B. Supinski // Proceedings of the second international workshop on Software engineering for high performance computing system applications, St. Louis, Missouri. 2005.
2. Message Passing Interface Forum. MPI: A Message-Passing Interface Standard, 1995.
3. Григорьева И.В. Система удаленного доступа и управления распределенными вычислительными ресурсами / И.В. Григорьева, А.В. Демидов // Вычислительные технологии. Т.13, специальный выпуск 5, с. 28–32. 2008.
4. Message Passing Interface Forum. MPI-2: Extensions to the Message-Passing Interface, 1997.
5. Luecke G., Chen H., Coyle J., Hoekstra J., Kraeva M., Zou Y. MPI-CHECK: A tool for checking Fortran 90 MPI programs. Concurrency and Computation: Practice and Experience 2002.
6. Vetter J.S., Supinski B.R. Dynamic software testing of MPI applications with Umpire. Proceedings of SC2000, Dallas, November 2000.
7. MPI – The Complete Reference, Volume 2, The MPI Extensions, Gropp et al, MIT Press, 1999.
8. MPI – The Complete Reference, Volume 1, The MPI Core, 2nd edition, Snir et al, MIT Press, 1999.
9. Gottlieb A., George S. Highly parallel computing. Redwood City, Calif.: Benjamin/Cummings, 1989.
10. Roosta K., Seyed H. Parallel processing and parallel algorithms : theory and computation. New York, NY: Springer. 2000.
11. Singh D., Culler J.P. Parallel computer architecture ([Nachdr.] ed.) San Francisco: Morgan aufmann Publ., 1997.
12. Hennessy J.L., Patterson D. A., Larus J.R. Computer organization and design : the hardware/software interface (2. ed., 3rd print. ed.). San Francisco: Kaufmann, 1999.
13. Krammer B. MPI Application Development Using the Analysis Tool MARMOT / B. Krammer, M. Mueller, M. Resch // Lecture Notes in Computer Science. Vol. 3038. P. 464 – 471. Springer Berlin, 2004.

#### РЕФЕРАТ

Гавриленко В.В., Обшта А.Ф., Галкін О.А., Ковальчук О.П. Використання технології Open MPI в навчальному процесі. / Валерій Володимирович Гавриленко, Анатолій Феліксівич Обшта, Олександр Анатолійович Галкін, Оксана Петрівна Ковальчук // Вісник НТУ. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26.

В статті представлена специфікація бібліотечного проекту Open MPI, мета якого полягає у використанні найкращих ідей та технологій окремих проектів, а також створенні єдиного класу MPI реалізації з відкритим кодом.

Об'єкт дослідження – Технологія Open MPI як технологія паралельного програмування.

Мета роботи – аналіз технології Open MPI в розробці інформаційно-обчислювального порталу.

Метод дослідження – специфікація технології Open MPI як інструмент створення програмних додатків.

Наведено опис системи автоматичного контролю коректності Open MPI-програм, впровадження якої планується на кафедрі інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету. Завдяки особливостям своєї архітектури – розділенню роботи по виявленню логічних помилок між варійованим числом серверів-аналізаторів та службовими потоками на обчислювальних вузлах, система має потенційно необмежену масштабованість. Розроблювана система буде використовуватися при запуску ресурсоемких чисельних розрахунків на високопродуктивних обчислювальних ресурсах в наукових цілях та в навчальному процесі.

Результати статті можуть бути використанні для роботи з ресурсами, що мають різні програмні платформи.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – використання технології Open MPI при запуску ресурсоемких чисельних розрахунків на високопродуктивних обчислювальних ресурсах в наукових цілях та в навчальному процесі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: OPEN MPI, РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ, АНАЛІЗАТОР, ПРОГОНКА ДАНИХ.

#### ABSTRACT

Gavrilenko V.V., Obshta A.F., Galkin O.A., Kovalchuk O.P. Use of Open MPI technology in the studying process. / Valery Gavrilenko, Anatoliy Obshta, Oleksandr Galkin, Oksana Kovalchuk // Visnyk NTU. – K.: NTU . – 2012. – Vol. 26.

In this paper the specification of a library project Open MPI is presented, which aims to use the best ideas and technologies of the specific projects, as well as creating a single class of MPI implementation with open source.

Object of study – Open MPI as a parallel programming technology.

Purpose – Analysis of the Open MPI technology in developing Information and Computing Portal.

Method study – Specification of Open MPI technology as a tool to create software applications.

A description of a system of the automatic control of the correctness of Open MPI-programs is given, the implementation of which will be at the Department of Information Systems and Technology of National Transport University. Due to its architecture – the division of work to identify logic errors between varying number of servers analyzers and official flows on computing nodes, the system has potentially unlimited scalability. Developing system will be used to launch intensive numerical calculations on high performance computing resources for scientific purposes and in the studying process.

The results of the paper can be used for the resource with a variety of software platforms.

Forecast assumptions about the object of study – use of Open MPI technology in the startup of the intensive numerical calculations on high performance computing resources for research purposes and in the study process.

KEY WORDS: OPEN MPI, PARALLELIZATION OF PROCESSES, ANALYZER, DATA RUN.

#### РЕФЕРАТ

Гавриленко В.В., Обшта А.Ф., Галкин А.А., Ковальчук О.П. Использование технологии Open MPI в учебном процессе. / Валерий Владимирович Гавриленко, Анатолий Феликсович Обшта, Александр Анатольевич Галкин, Оксана Петровна Ковальчук // Вестник НТУ. – К.: НТУ – 2012. – Вып. 26.

В статье представлена спецификация библиотечного проекта Open MPI, цель которого заключается в использовании лучших идей и технологий отдельных проектов, а также создании единого класса MPI реализации с открытым кодом.

Объект исследования – технология Open MPI как технология параллельного программирования.

Цель работы – анализ технологии Open MPI в разработке информационно-вычислительного портала.

Метод исследования – спецификация технологии Open MPI как инструмент создания приложений.

Приведено описание системы автоматического контроля корректности Open MPI-программ, внедрение которой планируется на кафедре информационных систем и технологий Национального транспортного университета. Благодаря особенностям своей архитектуры – разделению работы по выявлению логических ошибок между варьируемым числом серверов-анализаторов и служебными потоками на вычислительных узлах, система имеет потенциально неограниченную масштабируемость. Разрабатываемая система будет использоваться при запуске ресурсоемких численных расчетов на высокопроизводительных вычислительных ресурсах в научных целях и в учебном процессе.

Результаты статьи могут быть использованы для работы с ресурсами, имеющими разные программные платформы.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – использование технологии Open MPI при запуске ресурсоемких численных расчетов на высокопроизводительных вычислительных ресурсах в научных целях и в учебном процессе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: OPEN MPI, РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, АНАЛІЗАТОР, ПРОГОНКА ДАНИХ.