

УДК 004.272.43.003.13

Г.Г. Швачич<sup>1</sup>, Е.Г. Холод<sup>2</sup>, М.А. Ткач<sup>1</sup><sup>1</sup> *Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск*<sup>2</sup> *Днепропетровский университет им. А. Нобеля, Днепропетровск*

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕТЕВОГО ИНТЕРФЕЙСА INFINIBAND В МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБЛАСТЬЮ ВЫЧИСЛЕНИЙ

*Статья посвящена исследованию особенностей применения сетевого интерфейса InfiniBand в многопроцессорной вычислительной системе при решении задач, направленных на расширение области вычислений. Выявлены основные закономерности относительно времени счета задачи в зависимости от изменения области вычислений многопроцессорной системы. Выведены основные аналитические соотношения, определяющие зависимость времени решения задачи от основных параметров многопроцессорной системы. Рассмотрен вариант гипотетического компьютера с неограниченной памятью и проведен его сравнительный анализ с реальной многопроцессорной системой.*

**Ключевые слова:** *многопроцессорная вычислительная система, вычислительные узлы, область вычислений многопроцессорной системы, вычислительные платформы.*

### Введение

Потребность в применении высокопроизводительных вычислений во всем мире относится к фундаментальным факторам развития стратегического потенциала и имеет важное научно-техническое и народнохозяйственное значение. На сегодняшний день известны два основных метода повышения производительности и быстродействия вычислительных систем:

- использование все более совершенной элементной базы;
- параллельное выполнение вычислительных операций.

Первый способ связан с весьма значительными капиталовложениями. Опыт фирмы *CRAY*, создавшей суперкомпьютер на базе арсенида галлия, показал, что разработка принципиально новой элементной базы для высокопроизводительных вычислительных систем является непосильной задачей даже для таких именитых корпораций. Второй способ стал доминировать после объявления в США правительственной программы «Ускоренная стратегическая компьютерная инициатива» (*ASCI*).

Принимая во внимание вышеизложенное, заметим, что в последнее время процесс создания высокопроизводительных систем развивался, в основном, по одному пути – объединения многих процессоров для параллельного решения одной большой и сложной задачи [1 – 3]. В этой связи ныне ставят знак равенства между суперкомпьютером и параллельной (многопроцессорной) вычислительной системой.

На сегодняшний день оказался более перспективным следующий подход. Для построения супер-

компьютеров берутся серийные микропроцессоры, снабженные каждый своей локальной памятью, и соединяются посредством некоторой коммуникационной среды [4, 5]. Подавляющее большинство функционирующих супервычислительных установок – это фактически многопроцессорные параллельные вычислительные системы архитектуры *MPP* (*Massively Parallel Processing*). Многопроцессорные вычислительные системы, сконструированные на базе локальных сетей, начали называть «кластерными системами» или просто «кластерами». Это объясняется тем, что логично упомянутая система *MPP* мало отличается от обычной локальной сети.

В данной работе рассматриваются так называемые «блейд» серверные решения многопроцессорных систем, при которых несколько однотипных материнских модулей устанавливаются в одном корпусе. Практика показывает, что блейд-системы более компактны и удобны в обслуживании, а их реализация не намного дороже по сравнению с многопроцессорными компьютерными комплексами.

Организация блейд-кластера заключается в объединении лезвий в единую вычислительную сеть через коммутатор, который установлен в том же корпусе. Для блейд-кластера бывает достаточно одного жесткого диска, на котором находится образ загружаемой системы, при этом используют механизм сетевой загрузки *Network boot*. При включении системы *Master*-узел через сетевой коммутатор раздает *IP*-адреса всем узлам кластера, то есть происходит начальная инициализация, и кластер готов к работе.

Именно учитывая последние достижения в области конструирования многопроцессорных систем, и был создан персональный вычислительный кла-

стер [6]. В конфигурации кластера было избрано шесть лезвий и модульный принцип его реализации. Это обеспечивает, в случае необходимости, расширение его вычислительных возможностей за счет установления дополнительных модулей. Каждый узел работает под управлением собственной копии операционной системы, причем чаще всего используют стандартные операционные системы: *Linux*, *NT*, *Solaris* и т.п. Состав и мощность узлов описанного кластера может меняться, что позволяет создавать неоднородные системы. Коммутирующая сеть соединяет процессоры друг с другом. У такой архитектуры достоинств много: при необходимости можно добавлять процессоры, увеличивая производительность такого кластера; если ограничены финансовые возможности или заранее известна требуемая вычислительная мощность, то легко подбирать требуемую конфигурацию системы. Название таких систем подчеркивает теоретически неограниченную масштабируемость устройств данного класса.

Заметим, что разработка таких систем является актуальной задачей. Это объясняется не только принципиальным ограничением максимально возможного быстродействия обычных последовательных ЭВМ, но также практически постоянным существованием вычислительных задач, для решения которых недостаточно возможностей существующих средств вычислительной техники. К таким задачам относятся, например, численное моделирование процессов гидродинамики и металлургической теплофизики [7 – 9], задачи распознавания образов, оптимизационные задачи с большим количеством параметров, моделирование климата, расчеты в генной инженерии, проектирование интегральных схем, анализ загрязнения окружающей среды [10], а также решение широкого круга многомерных нестационарных задач [11] и др.

Однако вопросам эффективности параллелизации вычислений не уделялось достаточно серьезного внимания. Это объясняется тем, что такая задача является чрезвычайно сложной в силу зависимости эффективности параллелизации вычислений от многих факторов. Наряду с этим заметим, что пренебрежение такими факторами может свести на нет эффект от увеличения числа используемых процессоров. Принимая во внимание отмеченное, данная работа направлена на раскрытие вопросов эффективности распараллеливания некоторого класса задач, решаемых при помощи многопроцессорных вычислительных систем.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время появилась уникальная возможность создавать недорогие установки суперкомпьютерного типа – многопроцессорные вычислительные кластеры. До недавнего времени было сомнение в перспективности такого направления. Од-

нако, при всех “за” и “против”, постоянным обитателям списка *Top500* – компаниям *Cray*, *Sun*, *Hewlett-Packard* и другим пришлось потесниться, пропустив вперед ряд кластерных решений. С другой стороны, в настоящее время рынок сетевых технологий интенсивно развивается, и производители сетевых решений на базе *cLAN*, *Myrinet*, *ServerNet*, *SCI* продолжают и дальше совершенствовать свои технологии, давая возможность практически без особых финансовых затрат конструировать свой собственный вариант суперкомпьютера.

Очевидно, что на сегодняшний день существует много различных вариантов построения кластерных вычислительных систем. Однако одно из основных различий в их конструировании лежит в области используемой сетевой технологии, выбор которой определяется, прежде всего, классом решаемых задач. Например, в задачах металлургии при математическом моделировании скоростных режимов термической обработки длинномерных изделий [12] одна из основных проблем может быть сформулирована так: имеем разностную сетку размерности  $M$ , время вычисления задачи, которая решается с использованием однопроцессорной системы, определяется величиной  $t$ . Этот параметр является критичным. Необходимо существенно уменьшить время вычислений, сохраняя значение  $M$ . Здесь рассматривается задача уменьшения времени расчетов путем увеличения числа узлов кластерной системы. Такой подход ориентирован, например, на разработку новых технологических процессов (когда время вычислений является критической величиной). Кроме того, аналогичные задачи часто приходится решать в медицине, военной технике и др.

Таким образом, тема конструирования кластерных многопроцессорных систем на сегодняшний день является актуальной, интересной и переживает этап своего бурного развития. Ясно и другое, что при помощи высокопроизводительных кластеров найден эффективный способ решения широкого класса актуальных задач. По нашему мнению, новый качественный этап развития многопроцессорных кластерных систем лежит в области использования новых современных сетевых технологий. Это объясняется следующим образом. Сеть кластерной вычислительной системы принципиально отличается от сети рабочих станций, хотя для построения кластера необходимы обычные сетевые карты и хабы/коммутаторы, которые применяются при организации сети рабочих станций. Однако в случае кластерной вычислительной системы имеется одна принципиальная особенность. *Сеть кластера, в первую очередь, предназначена не для связи компьютеров, а для связи вычислительных процессов.* В этой связи, чем выше будет пропускная способность вычислительной сети кластера, тем быстрее будут

считаться пользовательские параллельные задачи, выполняемые на кластере. Таким образом, технические характеристики вычислительной сети приобретают первостепенное значение для многопроцессорных кластерных систем.

В настоящее время проблема выбора и анализа сетевых технологий для модульных многопроцессорных кластерных систем не получила должного развития. Кроме того, практически отсутствуют работы, посвященные исследованию влияния сетевых технологий на эффективность распараллеливания в модульных многопроцессорных кластерных системах. В этой связи, рассматриваемые в данной работе исследования, направленные на рассмотрение перспектив применения сетевой технологии InfiniBand для решения задач с расширяемой областью вычислений, являются актуальными.

**Постановка проблемы исследований.** В данной работе рассматривается следующая проблема. Имеется разностная сетка размерности  $N$ ; время вычисления решаемой задачи при использовании однопроцессорной системы определяется значением  $t$ . Этот параметр не является определяющим. Здесь принципиальным является увеличение размера сетки, причем сверх такого, который может обрабатываться в памяти одного компьютера. Эта процедура является определяющей для более детального счета или получения некоторых новых эффектов исследуемых процессов. При этом необходимо исследовать особенности вычислений в условиях рассматриваемого класса задач на основе применения в многопроцессорных вычислительных системах сетевого интерфейса InfiniBand.

**Цель и задачи исследований.** Цель данной работы заключается в исследовании особенностей применения сетевого интерфейса InfiniBand в многопроцессорных вычислительных системах при решении задач, связанных с расширением области вычислений.

При этом необходимо решить такие задачи:

1. Выявить основные закономерности относительно времени счета задачи в зависимости от изменения области вычислений многопроцессорной системы, сконструированной на основе применения сетевого интерфейса InfiniBand. При этом вывести основные аналитические соотношения, определяющие зависимость времени решения задачи от основных параметров многопроцессорной системы.

2. Исследовать вариант гипотетического компьютера с неограниченной памятью и провести его сравнительный анализ с реальной многопроцессорной системой. Вывести при этом аналитические соотношения, определяющие особенности формирования вычислительной области для такого компьютера. Провести сравнительный анализ функционирования реальной многопроцессорной системы и

гипотетического компьютера с неограниченной памятью с целью определения основных факторов, влияющих на эффективность распараллеливания реальной вычислительной системы.

3. Выполнить этап моделирования основных временных характеристик решаемой задачи путем применения многопроцессорной вычислительной системы, сконструированной на основе применения сетевого интерфейса InfiniBand.

4. Выполнить исследования, направленные на определение коэффициента замедления вычислений, связанного с увеличением области вычислений многопроцессорной системы, распределенной по ее узлам, по сравнению с вариантом компьютера с неограниченной областью вычислений.

Вывести аналитические соотношения для коэффициента замедления вычислений.

Проведенные исследования направлены на дальнейшее развитие подхода, освещенного авторами в [9 – 16], и относятся к разработанной многопроцессорной вычислительной системе [17].

## Изложение

### основного материала исследований

Итак, рассматриваем задачу расширения области вычислений путем увеличения числа узлов кластерной системы. При этом будем считать, что область вычислений равномерно распределяется между узлами кластерной системы. Для удобства исследований будем предполагать, что область, на которой проводятся вычисления, имеет форму круга. При этом на каждый узел многопроцессорной системы приходится равновеликий сектор такого круга. Принимая во внимание, что каждый узел кластера имеет доступную оперативную память  $R$  (Гбит), общий объем области вычислений многопроцессорной системы представим в виде соотношения:

$$S = N \cdot R, \quad (1)$$

где  $N$  – число узлов многопроцессорной системы.

В условиях, когда область вычислений максимально загружена и равномерно распределена между узлами многопроцессорной системы, можно определить формулу для вычисления объема граничного обмена данными (Гбит). Такая формула будет иметь такой вид:

$$E_{ex} = m \cdot N \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}}. \quad (2)$$

Значение  $m$  может равняться единице для одностороннего режима граничного обмена данными или двум для двустороннего. Отметим, что когда  $N = 1$ , значение величины объема данных граничного обмена ( $E_{ex}$ ) обращается в нуль, что является полностью очевидным.

При таких обстоятельствах можно определить  $T_{ex}$  – время граничного обмена данными между

узлами кластера, с. Заметим, что если время счета итерации зависит лишь от мощности процессора, то время граничного обмена данными диктуется размером разностной сетки, количеством узлов кластерной системы и пропускной способностью вычислительной сети. Следовательно, величину  $T_{ex}$  можно определить из такого соотношения:

$$T_{ex} = \frac{E_{ex}}{V} . \quad (3)$$

В выражении (3)  $V$  – пропускная способность сети кластера (Гбит/с).

Заметим, что в общем случае пропускную способность коммуникационной сети многопроцессорной системы можно определить на основании соотношения:

$$V = k \cdot d \cdot V_p , \quad (4)$$

где  $V_p$  – пропускная способность порта сетевого интерфейса, Гбит/с,  $k$  – количество каналов связи вычислительной сети, которые работают одновременно (количество вычислительных сетей),  $d$  – полудуплексный ( $d = 1$ ) или дуплексный ( $d = 2$ ) режим работы вычислительной сети кластерной системы.

В данном классе задач все вычисления выполняются на базе разностной сетки. К тому же, для анализа эффективности многопроцессорной системы важнейшим параметром будет время счета одной итерации ( $T_{it}$ ) относительно области вычислений. Тогда в условиях применения многопроцессорной системы общее время одной итерации будет определяться на основании такого соотношения:

$$T_{it} = T_c^N + T_{ex} . \quad (5)$$

Здесь  $T_c^N$  представляет собой время счета одной итерации при использовании  $N$  вычислительных узлов, с.

Очевидно, для случая, когда  $N = 1$ , получают, что

$$T_{it} = T_c^1 . \quad (6)$$

Здесь  $T_c^1$  – время счета одной итерации для однопроцессорной вычислительной системы. Для случая, когда  $N > 1$  общее время счета одной итерации, с учетом выражения (2), будет определяться на основании выражения вида:

$$T_{it} = T_c^N + \frac{m \cdot N \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}}}{V} . \quad (7)$$

Для рассматриваемого типа задач уточним первое слагаемое в выражении (7). При этом:

$$T_c^N = \frac{S}{N \cdot V_c} , \quad (8)$$

где  $V_c$  – скорость счета одной итерации некоторой задачи для данного типа процессора и соответст-

вующих численных методов (определяется экспериментально). С учетом соотношения (1), выражение (8) принимает следующий вид:

$$T_c^N = \frac{R}{V_c} . \quad (9)$$

Анализ соотношения (9) показывает, что величина  $T_c^N$  зависит как от объема оперативной памяти используемого процессора, так и от скорости вычисления одной итерации для данного типа узла многопроцессорной системы.

Таким образом, имеем все предпосылки для определения общего времени счета одной итерации для многопроцессорной вычислительной системы:

$$T_{it} = \frac{R}{V_c} + \frac{m \cdot N \cdot \sqrt{\frac{N \cdot R}{\pi}}}{V} . \quad (10)$$

Анализ соотношения (10) показывает, что при увеличении области вычислений в  $N$  раз время счета задачи растет как  $N^{3/2}$  с некоторым коэффициентом, зависящим от объема оперативной памяти узла, пропускной способности сети кластера и характера обмена данными между вычислительными узлами, т.е.:

$$T_{it} = T_c^N + N^{3/2} \cdot f(m, R, V) . \quad (11)$$

Анализ соотношения (11) показывает перспективность применения современных коммуникационных технологий, например, InfiniBand, а также многоядерных вычислительных платформ.

На фоне проведенных исследований рассмотрим случай гипотетического компьютера с неограниченным объемом памяти. Так, с учетом соотношения (6), получим:

$$T_c^1(S) = \frac{S_i}{V_c} . \quad (12)$$

В выражении (12) общий объем области вычислений гипотетического компьютера представим в виде:

$$S_i = i \cdot R , \quad (13)$$

здесь  $i$  – коэффициент, определяющий изменение области вычислений гипотетического компьютера.

Анализ соотношений (12), (13) показывает, что при увеличении общего объема вычислений в  $N$  раз время счета задачи растет линейно с некоторым коэффициентом, зависящим от вычислительных возможностей используемого процессора.

В соответствии с выведенными соотношениями были проведены вычислительные эксперименты для вычислительной платформы, оснащенной процессором Intel E8400 3 GHz. Здесь в качестве исходных были приняты характеристики класса решаемых задач и самой кластерной системы, представленные в табл. 1. Результаты вычислительных экспериментов представлены в виде графических зависимостей (рис. 1).

Таблиця 1

Исходные данные для расчета характеристик системы при использовании вычислительной платформы, оснащенной процессором Intel E8400 3 GHz

$V_p$	8 Гбит/с
$T_c^1$	100 с
$V_c$	$14 \cdot 10^9$ бит/с
$R$	24 Гбит
$m$	2
$d$	2
$k$	1

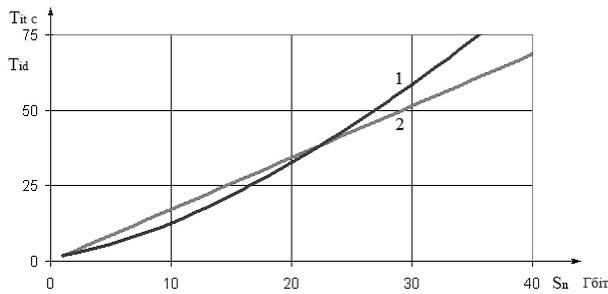


Рис. 1. Кривые зависимости времени счета одной итерации от размера области вычислений многопроцессорной системы

Как видим, на рис. 1 время счета одной итерации при увеличении области вычислений многопроцессорной системы изменяется по нелинейной зависимости (кривая 1,  $T_{it}$ ). Такая зависимость показывает, что при увеличении области вычислений в  $N$  раз время счета задачи растет как  $N^{3/2}$  с некоторым коэффициентом, зависящим от объема оперативной памяти узла, пропускной способности сети кластера и характера обмена данными между вычислительными узлами. Наряду с этим время счета одной итерации для гипотетического компьютера с неограниченной памятью, как и ожидалось, увеличивается по линейному закону (линия 2,  $T_{ид}$ ). При этом угол наклона такой линии определяется характеристиками применяемой вычислительной платформы. Результаты моделирования показали такую общую тенденцию.

*Определение 1.* Точка пересечения линий времени счета одной итерации гипотетического компьютера с неограниченной памятью и реальной многопроцессорной системы называется точкой идеального равновесия.

*Определение 2.* Точка идеального равновесия, которое отвечает некоторому параметру области вычислений  $S_n$ , является идеальным значением области вычислений  $S_{ид}$ .

Вместе с тем, что в случае, когда  $S_n < S_{ид}$ , время счета многопроцессорной системы становится меньше времени расчета гипотетического компьютера с неограниченной памятью. Это объясняется увеличением числа процессоров многопроцессорной системы. С другой стороны, когда  $S_n > S_{ид}$ , то в силу

существенного влияния времени граничного обмена данными на общее время решения задачи, на фоне расширения области вычисления, время решения задачи для реальной многопроцессорной системы будет существенно увеличиваться по сравнению с гипотетическим компьютером с неограниченной памятью. При этом становится очевидным, что перспективным режимом использования многопроцессорной системы является случай, когда  $S_n < S_{ид}$ .

Проведенные исследования показали актуальность процесса согласования компонентов сетевого интерфейса и вычислительных возможностей выбранных компьютерных платформ. Проведенные теоретические исследования полностью согласуются с результатами числового моделирования основных характеристик эффективности многопроцессорной системы.

### Выводы и перспективы последующих исследований

1. Выявлены основные закономерности относительно времени счета задачи в зависимости от изменения области вычислений многопроцессорной системы. Показано, что при увеличении общего объема вычислений в  $N$  раз время счета задачи растет как  $N$  в степени полтора.

2. Выведены основные аналитические соотношения, определяющие зависимость времени решения задачи от основных параметров многопроцессорной системы. Такие соотношения показали, что время счета задачи растет по нелинейному закону с некоторым коэффициентом, зависящим от объема оперативной памяти узла, пропускной способности сети кластера и характера обмена данными между вычислительными узлами.

3. Рассмотрен вариант гипотетического компьютера с неограниченной памятью и проведен его сравнительный анализ с реальной многопроцессорной системой. При этом выведены аналитические соотношения, определяющие особенности формирования вычислительной области для такого компьютера. Проведен сравнительный анализ функционирования реальной многопроцессорной системы и гипотетического компьютера с неограниченной памятью с целью определения основных факторов, влияющих на эффективность распараллеливания реальной вычислительной системы. Проведенные исследования показали актуальность процесса согласования компонентов сетевого интерфейса и вычислительных возможностей выбранных вычислительных платформ.

4. В своих последующих исследованиях авторы намереваются осветить особенности согласования компонентов сетевого интерфейса и вычислительных возможностей выбранных вычислительных платформ, а также представить решение задачи оптимального выбора узлов многопроцессорной системы.

темы с целью минимизации коэффициента замедления вычислений.

### Список литературы

1. Лацис А.О. Как построить и использовать суперкомпьютер / А.О. Лацис. – М.: Бестселлер, 2003. – 240 с.
2. Гергель В.П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем: учеб. пособие / В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин. – Н.Новгород: Н.НГУ, 2003. – 184 с.
3. Beowulf Introduction & Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.beowulf.org>.
4. Баканов В.М. Персональный вычислительный кластер как недостающее звено в технологии проведения сложных технологических расчетов / В.М. Баканов // Метизы. – 2006. – 2 (12). – С. 33-36.
5. Воеводин Вл.В. Вычислительное дело и кластерные системы / Вл.В. Воеводин, С.А. Жуматий. – М.: Изд-во Московского университета, 2007. – 150 с.
6. Пат. 57663 Україна, МПК G06F 15/16 (2011.01). Модуль високоефективної багатопроцесорної системи підвищеної готовності / Іващенко В.П., Башков Є.О., Швачич Г.Г., Ткач М.О.; власники: Національна металургійна академія України, Донецький національний технічний університет. – № и 2010 09341; заявл. 26.07.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 5.
7. Роуч П. Вычислительная гидромеханика / П. Роуч; пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 616 с.
8. Коздоба Л.А. Вычислительная теплофизика / Л.А. Коздоба. – К.: Наук. думка, 1992. – 224 с.
9. Иващенко В.П. Параллельные вычисления и прикладные задачи металлургической теплофизики / В.П. Иващенко, Г.Г. Швачич, А.А. Шмукун // Системні технології. Регіональний збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 3(56). – Т. 1. – С. 123-138.
10. Швачич Г.Г. К вопросу конструирования параллельных вычислений при моделировании задач идентификации параметров окружающей среды / Г.Г. Швачич // Математичне моделювання. – 2006. – № 2 (14). – С. 23-34.
11. Швачич Г.Г. О параллельных компьютерных технологиях кластерного типа решения многомерных нестационарных задач / Г.Г. Швачич // *Materiály IV mezinárodní vědecko- praktická konference* [«Vědecký

potenciál světa - 2007»]. – D. 7. – *Technické vědy. Matematika. Fyzika. Moderní informační technologie. Výstavba a architektura*. – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o. – P. 35-43.

12. Швачич Г.Г. Математическое моделирование скоростных режимов термической обработки длинномерных изделий / Г.Г. Швачич, В.П. Колтак, М.А. Соболенко // Теория и практика металлургии. Общегосударственный научно-технический журнал. – 2007. – № 4 – 5 (59 – 60). – С. 61-67.
13. Сбитнев Ю.І. Дослідження оцінки ефективності багатопроцесорної кластерної системи / Ю.І. Сбитнев, Г.Г. Швачич, М.О. Ткач // VI International Conference “Strategy of Quality in Industry and Education”, June, 1 – 8, 2010, Varna; Bulgaria. – Proceedings. – V. 2. – P. 288-296.
14. Швачич Г.Г. О проблеме исследования эффективности модульной кластерной системы / Г.Г. Швачич, Ю.И. Сбитнев, М.А. Ткач // [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://cluster.linux-ekb.info/cuda1.php>.
15. Иващенко В.П. Дослідження оцінок ефективності модульної багатопроцесорної кластерної системи / В.П. Иващенко, Г.Г. Швачич, Є.О. Башков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка”. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – Вип. 13 (185). – С. 33-43.
16. Башков Е.А. Исследование влияния сетевого интерфейса на эффективность модульной многопроцессорной системы / Е.А. Башков, В.П. Иващенко, Г.Г. Швачич // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка”. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – Вип. 14 (188). – С. 89-99.
17. Башков Є.О. Високопродуктивна багатопроцесорна система на базі персонального обчислювального кластера / Є.О. Башков, В.П. Иващенко, Г.Г. Швачич // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Проблеми моделювання та автоматизації проектування”. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – Вип. 9 (179). – С. 312-324.

Поступила в редколлегию 24.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харьковский университет Воздушных сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕРЕЖЕВОГО ІНТЕРФЕЙСУ INFINIBAND В БАГАТОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМАХ З РОЗПОДІЛЕНОЮ ОБЛАСТЮ ОБЧИСЛЕНЬ

Г.Г. Швачич, О.Г. Холод, М.О. Ткач

Статтю присвячено дослідженню особливостей застосування мережевого інтерфейсу InfiniBand в багатопроцесорній обчислювальній системі при розв'язуванні задач, спрямованих на розширення області обчислень. Виявлено основні закономірності щодо часу розв'язування задачі в залежності від зміни області обчислень багатопроцесорної системи. Виведені основні аналітичні співвідношення, що визначають залежність часу розв'язку задачі від основних параметрів багатопроцесорної системи. Розглянуто варіант гіпотетичного комп'ютера з необмеженою пам'яттю і проведений його порівняльний аналіз з реальною багатопроцесорною системою.

**Ключові слова:** багатопроцесорна обчислювальна система, обчислювальні вузли, область обчислень багатопроцесорної системи, обчислювальні платформи.

### PECULIARITIES OF APPLYING NETWORK INTERFACE INFINIBAND IN MULTIPROCESSOR SYSTEMS WITH DISTRIBUTED CALCULATION FIELD

G.G. Shvachych, E.G. Kholod, M.A. Tkach

The article is devoted to research of features of application of network interface of InfiniBand in the multiprocessor computer system for the decision of task focused on expansion of calculations' area, basic to are focused in relation to the time of account for task depending on a change of the calculations' area of the multiprocessor system. Basic analytical correlations are shown out, qualificatory dependence of time of decision of task on the basic parameters of the multiprocessor system. The variant of hypothetical computer is considered with unlimited memory and his comparative analysis is conducted with the real multiprocessor system.

**Keywords:** multiprocessor computer system, calculable suite, calculable platforms, calculations' area for multiprocessor system.