Федеральное агентство связи (Россвязь)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

(СибГУТИ)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

№ кода и наименование направления подготовки

**РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

по дисциплине «Архитектура вычислительных систем»

Вариант № 13

Выполнил:

студент гр. ИС- 441 Шеметова Дарья Евгеньевна /Фамилия И.О./

подпись

Проверил:

доцент кафедры ВС

к.т.н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /А.В. Ефимов /

ОЦЕНКА, подпись

Новосибирск 2016

Оглавление

[Оглавление 2](#_Toc470450337)

[1. ОТВЕТ НА ПЕРВЫЙ ВОПРОС 3](#_Toc470450338)

[1.1. ЗАДАНИЕ 3](#_Toc470450339)

[1.2. ОТВЕТ 3](#_Toc470450340)

[1.2.1. Архитектурные свойства современных высокопроизводительных ВС 3](#_Toc470450341)

[1.2.2 Масштабируемость 3](#_Toc470450342)

[1.2.3 Универсальность 4](#_Toc470450343)

[1.2.4 Производительность 4](#_Toc470450344)

[1.2.5 Реконфнгурируемость 5](#_Toc470450345)

[1.2.6 Надежность и живучесть 6](#_Toc470450346)

[1.2.7Самоконтроль и самодиагностика 6](#_Toc470450347)

[1.2.8 Технико-экономическая эффективность 7](#_Toc470450348)

[2. ОТВЕТ НА ВТОРОЙ ВОПРОС 9](#_Toc470450349)

[2.1. ЗАДАНИЕ 9](#_Toc470450350)

[2.2 ОТВЕТ 9](#_Toc470450351)

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 12](#_Toc470450352)

# 1. ОТВЕТ НА ПЕРВЫЙ ВОПРОС

## 1.1. ЗАДАНИЕ

Дать анализ архитектурных свойств современных высокопроизводительных

вычислительных систем. Привести пример функциональной структуры суперВС (из списка Top500).

## 1.2. ОТВЕТ

1.2.1. Архитектурные свойства современных высокопроизводительных ВС

Принципы технической реализации модели коллектива вычислителей позволяют достичь полноты архитектурных свойств в ВС. Oтмeтим важнейшие свойства архитектуры ВС.

1.2.2 Масштабируемость

Масштабируемость (Scalability) - способность ВС к наращиванию и сокращению ресурсов для изменения производительности. [1] Сложность задач для ВС постоянно возрастает, поэтому для того, чтобы система в течении длительного времени могла их решать и нужно свойство масштабируемости. Из этого свойства также означает, что производительность ВС можно повысить путем добавления вычислителей. Однако, для того, чтобы наиболее эффективно решать задачи на таких системах необходимо переменять крупнозернистые параллельные программы, чтобы свести передачу данных между модулями к минимуму.

Масштабируемость в современных суперкомпьютерах играет не последнюю роль. Повышение производительности не редко получают за счет наращивания количества узлов в вычислительной системе. Так, например, суперкомпьютерная платформа Cray XK-7, на которой построена система Titan, имеет потенциальную масштабируемость до 500 стоек. Каждая из таких стоек содержит 24 блейда, на каждом из которых находится 4 вычислительных узла. [2] Однако, в суперкомпьютере Titan используется лишь 200 стоек. Все потому что при повышении числа узлов нужно учитывать увеличение количества обменов между ними и, соответственно, пропускную способность кэш-памяти, оперативной памяти и множество других факторов. Неправильный баланс может негативно сказаться на производительности.

1.2.3 Универсальность

Универсальность (Genericity, Generality, Versatility) подразумевает под собой способность ЭВМ реализовывать алгоритм для решения любой задачи. [1] Но так как ВС — это коллектив вычислителей, каждый из которых обладает алгоритмической универсальностью, вся система в общем тоже будет обладать универсальностью. Один из фундаментальных принципов коллектива вычислителей говорит о программируемости структуры в зависимости от решаемой задачи. Из этого принципа появилось такое понятие, как структурная универсальность ВС. Оно позволяет говорить о специализированности ВС: для каждой задачи допустима автоматическая настройка такой конфигурации из ресурсов ВС, которая наиболее адекватна алгоритму решения задачи. [1] Поэтому мы можем говорить, что ВС сочетает в себе противоположные свойства универсальности и специализированности.

Современные вычислительные системы, входящие в TOP-500, обладают универсальностью вычислений. Сейчас для суперкомпьютеров не составляет никаких проблем ни научное моделирование, ни объемные математические вычисления. Однако среди вычислительных систем имеют место быть и узкоспециализированные суперкомпьютеры, хоть и в меньших объемах. Зачастую, на таких системах даже нельзя измерить производительность при помощи теста LINPACK, что делает невозможным их добавление в TOP-500.

1.2.4 Производительность

Производительность (Performance, Throughput, Processing power) — ВС не имеют ограничений в увеличении производительности, в отличие от обычных ЭВМ, так как происходит это за счет увеличения числа вычислителей. [1] Простота подключения новых вычислителей обеспечивается фундаментальным архитектурным принципом, смысл которого заключается в том, что коллективы должны состоять из однотипных вычислителей.

Принцип параллелизма позволяет достичь заданной производительности ВС как при решении одной сложной задачи (монопрограммный режим), так и при обработке нескольких задач (мультипрограммный режим).

Значения производительности, емкости памяти, скорости ввода-вывода информации для системы определяются числом вычислителей и их составом.

Для современных вычислительных систем производительность – одно из важнейших архитектурных свойств. Для того чтобы выделить самые мощные вычислительные системы был составлен рейтинг TOP-500. Основой для рейтинга являются результаты исполнения испытания LINPACK (HPL), решающего большие СЛАУ[3]. На данный момент самой мощной вычислительной системой по версии TOP-500 является китайский суперкомпьютер Sunway TaihuLight - его итоговая производительность в тесте Linpack составляет 93 петафлопс(10 в 15 степени вычислительных операций с плавающей запятой в секунду). Чтобы решить вычисления, для которых этому суперкомпьютеру требуется всего 60 секунд, 7,2 миллиардам людей с обычными калькуляторами потребовалось бы 32 года.[4]

1.2.5 Реконфнгурируемость

Реконфнгурируемость (Reconfigurability) – показывает, допускает ли автоматическую настройку сеть связей между сосредоточенными вычислительными средствами[5]. Существует статическая и динамической реконфигурации. Статическая реконфигурация ВС обеспечивается: варьированием числа вычислителей, их структуры и состава. Статическая реконфигурация позволяет достигнуть адаптации системы под область применения на этапе ее формирования.

Динамическая реконфигурация ВС поддерживается образованием в системе таких (виртуальных) подсистем, структуры и функциональные организации которых адекватны входной мультипрограммной ситуации и структурам решаемых задач. Динамическая реконфигурация помогает достигнуть высокой универсальности. Способность ВС к динамической реконфигурации является следствием полноты воплощения принципов коллектива вычислителей и прежде всего принципа программируемости структуры.

Среди представителей вычислительных систем из списка TOP-500 динамически реконфигурируемые системы почти не встречаются. Однако внедрение в будущем возможностей реконфигурации в вычислительные системы может не только повысить их производительность, но в тоже время снизить энергопотребление и увеличить надежность ВС. Создаваемые ныне реконфигурируемые системы уже почти не уступают в производительности суперкомпьютерам из TOP-500. Более широкое распространение реконфигурируемых ВС также становится возможным благодаря распространению программируемым логическим интегральным схемы (ПЛИС) высокой степени интеграции[6].

1.2.6 Надежность и живучесть

Понятия надежность и живучесть (Reliability and Robustness) близки по своему значению. Оба говорят о способности ВС выполнять возлагаемые на нее задачи. Надежность говорит о способности ВС продолжать функционировать в случае отказов отдельных сосредоточенных вычислительных средств и обеспечивать заданный уровень производительности. Под отказом понимают такое событие, при котором система теряет способность выполнять функции, связанные c реализацией параллельной программы c заданным числом ветвей.

Понятие живучести говорит о том, что в ВС все исправные сосредоточенные вычислительные средства доступны для совместного использования при реализации параллельных программ.

Несмотря на высокую надёжность микроэлектроники, вероятность возникновения отказов в распределённых ВС повышается с ростом количества вычислительных узлов. Следовательно, особую актуальность приобретает организация отказоустойчивого функционирования распределённых ВС. Достичь высокой надежности можно разными способами. Например, в системе Blue Gene/Q, используемой в суперкомпьютере Sequoia , для повышения надежности было добавлено одно дополнительное ядро на случай, если откажет одно из вычислительных ядер[7]. Такой способ повышения надежности и называется резервированием.

1.2.7Самоконтроль и самодиагностика

Самоконтроль и самодиагностика (self-testing and self-diagnostics) необходимы для организации живучей ВС. Эти свойства небходимы для организации контроля правильной работы системы с локализацией неисправности в ВС. B системах-коллективах вычислителей может быть применен нетрадиционный подход к контролю и диагностике: в качестве контрольно-диагностического ядра могут быть использованы любые исправные вычислители и в пределе ядро любого произвольно выбранного вычислителя; выбор ядра системы и определение ее исправности могут быть выполнены автоматически (c помощью средств ВС). Этот подход и говорит о самоконтроле и самодиагностике.

Как уже говорилось ранее, живучесть вычислительных систем приобретает большое значение в связи с ростом количества вычислительных узлов. В связи с этим использование самодиагностика на современных суперкомпьютерах не является редкостью. Так, например, Tianhe-2, суперкомпьютер, занимающий вторую строчку в TOP-500, использует для проведения самодиагностики и самоконтроля специальное программное обеспечение для автономного управления суперкомпьютером[8].

1.2.8 Технико-экономическая эффективность

Технико-экономическая эффективность (Technical-economical Efficiency) достигается за счет реализации архитектурных принципов. Это позволяет резко сократить сроки разработки и изготовления систем, а так же упрощает процесс технической эксплуатации и создания ПО. Полнота воплощения трех основных принципов модели коллектива вычислителей позволяет понизить зависимость между повышением производительности ВС и увеличением трудоемкости ее проектирования. Благодаря этому открывается возможность построения высокопроизводительных экономически приемлемых ВС при существующей физико-технологической базе.

На построение самых мощных вычислительных систем тратятся сотни миллионов долларов, но затраты несоизмеримо малы в соотношении с получаемой производительностью. Так, например, технико-экономический показатель (доллар/операций в секунду)[1] Sunway TaihuLight не превышает значения , хотя на создание суперкомпьютера было затрачено около 270 млн долларов.

1.2.3 Функциональная структура Sunway TaihuLight

Суперузел

…

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Суперузел

…

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Суперузел

…

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Суперузел

…

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Узел

Центральный сетевой коммутатор

Сеть управления

Стойка

Сеть хранения данных

…

Система данных

Узлы импорта и экспорта

Управляющие узлы

Серверы каталогов

Серверы баз данных

Серверы управления системой

Веб-сервера

Серверы приложений

# 2. ОТВЕТ НА ВТОРОЙ ВОПРОС

## 2.1. ЗАДАНИЕ

Построить блок-схему *p* -алгоритма умножения матриц:

*D*1: *K*; 1:S, *A*1:B; 1: *K*

обеспечивающего распределение в элементарных машинах ВС элементоврезультирующей матрицы по вертикальным полосам.

Отыскать максимум коэффициента накладных расходов при реализации *p* -алгоритма на вычислительной системе, имеющей следующие параметры:

– разрядность *l* 64;

– полосу пропускания канала между машинами 10 Мегабод.

– время выполнения операции сложения 0,2 *c t* мкс;

– время выполнения операции умножения 1,5 *y t* мкс.

## 2.2 ОТВЕТ

A

|  |
| --- |
| 1-ый вычислитель |
|  |
|  |
|  |
| n-ый вычислитель |

D

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-ый вычи  слит  ель |  |  |  | n-ый вычи  слит  ель |

C

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 |  |  |  | n |

Начало

L:=0

Передача

I:=1

L:=L+1

L=1

Расчет

Прием

i:=i+1

L!=n

Конец

да

нет

да

нет

да

нет

Максимум коэффициента накладных расходов**.**

Показатель накладных расходов , где t – время, которое расходуется на организацию и собственно реализацию обменов информации, T – время на счет, выполнения арифметических, логических и других операций. Оценим  для алгоритма умножения матриц. Оценим  для алгоритма умножения матриц. При обмене передаётся строка, состоящая из к элементов матрицы А, после этого каждая машина выполнит операций сложения и операций умножения.  Так как используется матрицы с большой размерностью, т.е. , следовательно, можно считать, что после пересылки одного элемента из любого вычислителя во все остальные вычислители производится операций сложения и умножения. Получаем:

, где  - время пересылки одного элемента А, и - время выполнения операций сложения и умножения. Максимум коэффициента накладных расходов достигается при ρ=1, отсюда получаем:

3.588

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.Г.Хорошевский Архитектура вычислительных систем. - 2 изд. - М.: МГТУ им. H.Э. Баумана,, 2008. - 121-126 с.
2. Cray\_XK7 // Википедия — свободная энциклопедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Cray\_XK7 (дата обращения: 24.11.2016).
3. THE LINPACK BENCHMARK // TOP-500 URL: https://www.top500.org/project/linpack/ (дата обращения: 10.12.2016).
4. China's Sunway-TaihuLight named world's fastest supercomputer // business standard URL: http://www.business-standard.com/article/news-ians/china-s-sunway-taihulight-named-world-s-fastest-supercomputer-116062000491\_1.html (дата обращения: 25.12.2016).
5. В. Г. Хорошевский, М. Г. Курносов, С. Н. Мамойленко, А. Ю. Поляков Архитектура и программное обеспечение пространственно-распределённых вычислительных систем // Вестник СибГУТИ. - 2010. - Ст. 2.
6. Реконфигурируемые вычислительные системы // URL: http://fpga.parallel.ru/papers/kaljaev4.pdf (дата обращения: 22.12.16).
7. Blue\_Gene // Википедия — свободная энциклопедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Blue\_Gene (дата обращения: 23.12.2016).
8. Roman Wyrzykowski, Ewa Deelman, Jack Dongarra, Konrad Karczewski, Jacek Kitowski, Kazimierz Wiatr Parallel Processing and Applied Mathematics. - Krakow: Springer, 2015. - 14 с.