

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **12417**

(13) **U**

(46) **2020.10.30**

(51) МПК

G 06F 15/00 (2006.01)

(54)

КОМПАКТНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КЛАСТЕР

(21) Номер заявки: u 20200048

(22) 2020.02.28

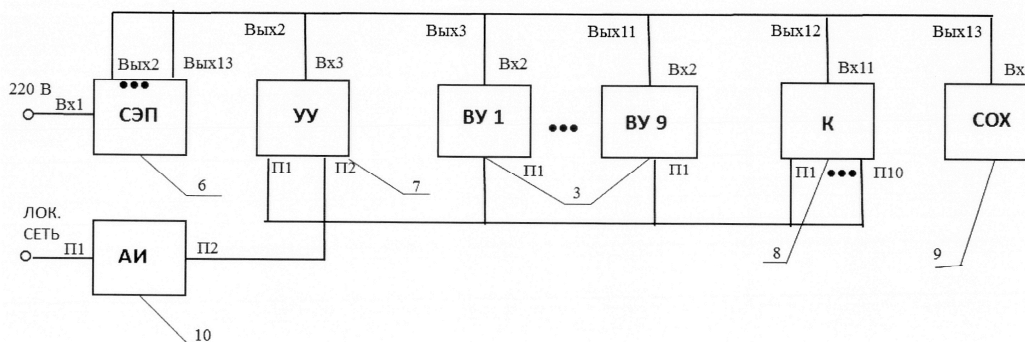
(71) Заявитель: Государственное научное учреждение "Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(72) Авторы: Рымарчук Александр Григорьевич; Евдокимчиков Александр Николаевич; Мазюк Виктор Васильевич; Кругликов Сергей Владимирович; Парамонов Николай Николаевич; Чиж Олег Петрович; Маршалович Виктор Егорович; Мурашко Владимир Владимирович; Печковский Евгений Игоревич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Государственное научное учреждение "Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(57)

Компактный вычислительный кластер, включающий корпус, вычислительные узлы, управляющий узел, коммутатор коммуникационной сети, систему охлаждения, систему электропитания, вход сети переменного тока которой соединен с внешней электрической сетью переменного тока, а каждый из выходов электропитания соединен с соответствующими им входами электропитания управляющего и вычислительных узлов, системы охлаждения, коммутатора коммуникационной сети, порты Ethernet которого соединены с соответствующими им портами Ethernet управляющего и вычислительных узлов, **отличающийся** тем, что дополнительно содержит адаптер сетевого интерфейса для работы с внешней пользовательской сетью, которая соединена с портом Ethernet адаптера сетевого интерфейса, порт USB которого соединен с портом USB управляющего узла, и дополнительно содержит две панели с поворотными осями, установленными в передней части корпуса, с



Фиг. 3

двумя рядами окон на каждой панели, с размещенными в окнах упомянутыми вычислительными узлами, смонтированными на радиаторах с запрессованными тепловыми трубами, причем ребра радиаторов направлены вовнутрь корпуса и расположены вдоль движения охлаждающего потока воздуха, создаваемого вентиляторами системы охлаждения, а коммутатор коммуникационной сети и система электропитания установлены в тыльной части корпуса между верхними рядами окон панелей и нижним основанием корпуса.

(56)

1. Патент RU 99 213 U1, МПК G06F 15/00.

2. Щербинин В.В, Шмаков Ив.А., Баранчугов Ю.А., Шмаков Иг.А. Настольный параллельный компьютер с архитектурой MPI для научных расчетов и образовательного процесса//Известия АлтГУ. - 2011. - Т. 69. - Вып. 1-1. -С. 205-208.

3. Патент BY 12012, МПК F 28D 15/00.

Полезная модель относится к области вычислительной техники и может применяться для построения компактных, универсальных, персональных суперкомпьютеров терафлопсного класса.

Применение системных плат ультра-компактного форм-фактора (UCFF), укомплектованных гибридными процессорами низкого электропотребления типа Intel Core серии U и периферийными контроллерами современных интерфейсов ввода/вывода, дало возможность разработать компактный вычислительный кластер, у которого увеличено количество вычислительных узлов, достигнут значительный объем оперативной памяти (больше 32 ГБ на узле), существенно повышена производительность вычислительного узла за счет встроенного в процессор графического контроллера, увеличена скорость выполнения операций ввода/вывода за счет использования дисковой памяти на твердотельных накопителях и современных интерфейсов ввода/вывода. Для ускорения вычислений на встроенном графическом контроллере может применяться открытый язык параллельных вычислений OpenCL. В результате было получено увеличение общей производительности вычислительного кластера до 15 Тфлопс. Также конструкция кластера и системные платы допускают подключение к узлам внешних высокопроизводительных графических ускорителей, видеокарт, использующих для связи интерфейс Thunderbolt, что еще выше поднимает производительность вычислительного кластера.

Известна компактная суперЭВМ [1]. В корпусе компактной суперЭВМ находится система электропитания, система охлаждения, компьютерные платы. Недостатками этой модели являются конструктивная сложность и недостаточное количество вычислительных узлов (компьютерных плат), невозможность физического отключения вычислительного узла и его замены.

В качестве прототипа выбран настольный параллельный компьютер с реализацией программного интерфейса передачи сообщений MPI (Message Pathing Interface) для научных расчетов и образовательного процесса, включающий корпус, вычислительные узлы, управляющий узел, коммутатор коммуникационной сети, систему охлаждения, систему электропитания, вход сети переменного тока которой соединен с внешней электрической сетью переменного тока, а каждый из выходов электропитания соединен с соответствующими им входами электропитания управляющего и вычислительных узлов, системы охлаждения, коммутатора коммуникационной сети, порты Ethernet которого соединены с соответствующими им портами Ethernet управляющего и вычислительных узлов [2]. Недостатками прототипа являются невысокая производительность вычислительных узлов, сложность монтажа, невозможность физического отключения вычислительного узла и его замены в случае неисправности без влияния на работу остальных узлов. Параллельный

компьютер построен на шести материнских платах Intel D510MO с процессором Intel Atom 540 и оперативной памятью 4 ГБ.

Задача, которую решает предлагаемая полезная модель компактного вычислительного кластера, заключается в повышении производительности, ремонтпригодности и обеспечении функционирования в условиях эксплуатации, соответствующих требованиям к офисному оборудованию.

Поставленная задача реализуется посредством конструктивно-технологического решения, обеспечивающего компактное размещение в корпусе типа большая башня вычислительных узлов, управляющего узла, коммутатора коммуникационной сети, эффективной системы охлаждения процессоров вычислительных узлов, построенной на основе ребристых радиаторов с запрессованными тепловыми трубами и вентиляторов системы электропитания, вход сети переменного тока которой соединен с внешней электрической сетью переменного тока, а каждый из выходов электропитания соединен с соответствующими им входами электропитания управляющего и вычислительных узлов, системы охлаждения, коммутатора коммуникационной сети, порты Ethernet которого соединены с соответствующими им портами Ethernet управляющего и вычислительных узлов, а также посредством включения в состав вычислительного кластера адаптера сетевого интерфейса для реализации работы с внешней пользовательской сетью.

Для этой цели компактный вычислительный кластер дополнительно содержит адаптер сетевого интерфейса для работы с внешней пользовательской сетью, которая соединена с портом Ethernet адаптера сетевого интерфейса, порт USB которого соединен с портом USB управляющего узла, и дополнительно содержит две панели с поворотными осями, установленными в передней части корпуса, с двумя рядами окон на каждой панели, с размещенными в окнах упомянутыми вычислительными узлами, смонтированными на радиаторах с запрессованными тепловыми трубами, причем ребра радиаторов направлены вовнутрь корпуса и расположены вдоль движения охлаждающего потока воздуха, создаваемого вентиляторами системы охлаждения. Коммутатор коммуникационной сети и система электропитания установлены в тыльной части корпуса между верхними рядами окон панелей и нижним основанием корпуса.

Сущность полезной модели поясняется фигурами, которые иллюстрируют конструктивно-технологические решения полезной модели. На фиг. 1 приведен внешний вид компактного вычислительного кластера. На фиг. 2 приведен вид кластера без боковых крышек с развернутыми панелями и установленными вычислительными узлами. На фиг. 3 приведена схема соединений компактного вычислительного кластера.

Компактный вычислительный кластер, приведенный на фиг. 2, состоит из корпуса 1, в котором содержатся вычислительные узлы, система электропитания, коммутатор коммуникационной сети, система охлаждения, адаптер сетевого интерфейса. На фиг. 2 представлены развернутые панели 2 с установленными вычислительными узлами 3, смонтированными на радиаторах 4 с запрессованными тепловыми трубами 5. На фиг. 3, приведена схема соединений вычислительного кластера. На ней показаны коммутатор коммуникационной сети (К) 8, система электропитания (СЭП) 6, адаптер сетевого интерфейса (АИ) 10, вычислительные узлы (ВУ) 3, управляющий узел (УУ) 7, система охлаждения (СОХ) 9.

На фиг. 3 показаны внутренние связи между компонентами компактного вычислительного кластера. Входная сеть переменного тока поступает на вход Вх1 системы электропитания 6. Выход Вых2 системы электропитания соединяется с входом Вх3 электропитания управляющего узла 7, выходы с Вых3 по Вых11 системы электропитания 6 соединены соответственно с входами Вх2 электропитания вычислительных узлов 3 (ВУ1-ВУ9). Выход Вых12 системы электропитания 6 соединен с входом Вх 11 электропи-

тания коммутатора коммуникационной сети 8, а выход Вых13 - с входом Вх1 электропитания системы охлаждения 9.

Сеть Ethernet собрана по следующей схеме. Порт П1 Ethernet управляющего узла 7 соединен с портом П1 коммутатора коммуникационной сети 8, а порты П1 Ethernet вычислительных узлов 3 (ВУ1 - ВУ9) соединены соответственно с портами П2-П10 Ethernet коммутатора коммуникационной сети 8. Для реализации возможности работы с внешней пользовательской локальной сетью порт П2 USB управляющего узла 7 соединен с портом П2 USB-адаптера сетевого интерфейса 10, порт П1 Ethernet которого подсоединен к пользовательской локальной сети.

В качестве радиатора может использоваться радиатор с запрессованными тепловыми трубами, описанный в патенте [3]. Для реализации управляющего узла, вычислительных узлов могут использоваться малогабаритные платы мини-ПК типа Intel NUC (например, Мини-ПК NUC7i5DNBE, Intel NUC7i7BNH) или одноплатных компьютеров.

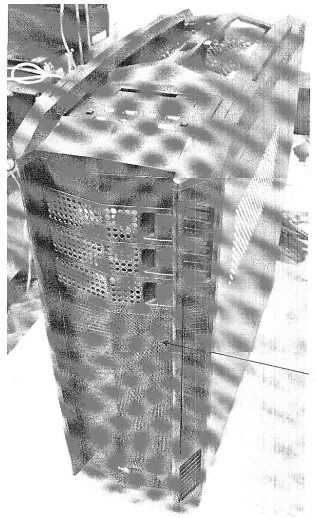
Система электропитания вычислительного кластера состоит из отдельных блоков питания для каждого узла. Это позволяет производить непосредственное выполнение включения/выключения электропитания вычислительных узлов, что создает удобства при ремонте, повышает степень их автономности. Небольшие размеры и вес комплектующих кластера, использование двух подвижных панелей с окнами для установки девяти вычислительных узлов и управляющего узла позволяют упростить конструкцию и разместить оборудование кластера в корпусе типа большая башня. Размещение в окнах поворотных панелей вычислительных узлов и управляющего узла позволяет облегчить доступ к разъемам подключения кабелей, выполнение замены съемных элементов.

После включения электропитания на управляющем узле компактного вычислительного кластера загружается системное программное обеспечение, которое с помощью специального ПО дистанционно включает электропитание вычислительных узлов. При успешном выполнении процедуры включения электропитания на вычислительных узлах автоматически запускается загрузка системного программного обеспечения. Затем управляющий узел через коммуникационную сеть опрашивает состояние готовности вычислительных узлов к работе. Пользователи загружают свои прикладные задачи на управляющий узел через адаптер сетевого интерфейса, связывающий внешнюю локальную сеть Ethernet и интерфейс USB управляющего узла. В качестве адаптера сетевого интерфейса может выступать адаптер USB - Gigabit Ethernet (например, D-Link USB 3.0 to Gigabit Ethernet Adapter The DUB-1312). Управляющий узел загружает по внутренней коммуникационной сети фрагменты прикладной задачи на вычислительные узлы, контролирует их выполнение, обрабатывает полученные результаты и передает их пользователям.

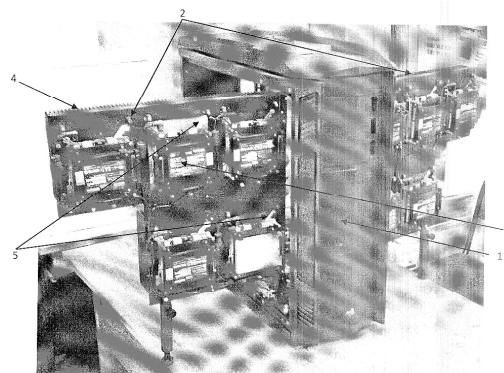
Компактный вычислительный кластер - полнофункциональная универсальная кластерная система офисного типа, предназначенная как для выполнения высокопроизводительных вычислений, так и для обучения методам параллельного программирования в среде MPI.

Описанные решения обеспечивают увеличение общей производительности вычислительного кластера, электропотребления, улучшение охлаждения, уменьшение повышение ремонтпригодности и соответствие требованиям эксплуатации в офисе.

Был изготовлен и собран опытный образец в корпусе типа большая башня высотой 595 мм, глубиной 559 мм и шириной 232 мм. В корпус были установлены управляющий узел, девять вычислительных узлов, коммутатор внутренней коммуникационной сети, системы электропитания и охлаждения и проложены необходимые монтажные проводные связи между этими компонентами. Испытания опытного образца подтвердили его работоспособность и достижение заявленных технических результатов.



Фиг. 1



Фиг. 2