

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043837**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.06.29

(21) Номер заявки
202291273

(22) Дата подачи заявки
2022.05.20

(51) Int. Cl. **G06T 17/05** (2011.01)
G06T 17/20 (2006.01)
G06T 17/30 (2006.01)

(54) **СПОСОБ, УСТРОЙСТВО И ЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

(31) **202111258886.6**

(32) **2021.10.28**

(33) **CN**

(43) **2023.04.28**

(56) **CN-A-107093202**
CN-A-108038249
CN-A-112731565
CN-A-112035995
CN-A-111884939

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЗЕ ФЁРСТ ИНСТИТЬЮТ ОФ
ОКЕАНОГРАФИ, МНР (CN)

(72) Изобретатель:
Сун Чжэнья, Е Юэцинъ, Чжоу
Шэнчан, Чэнь Мэнсюань, Ван
Ланьнин (CN)

(74) Представитель:
Махлина М.Г. (RU)

(57) В настоящем изобретении охарактеризованы способ, устройство и электронное оборудование для обработки данных. Разделяют Землю на географические области в меридиональном, зональном и вертикальном направлениях в соответствии с заданным пространственным разрешением, получая трехмерную сеточную структуру, соответствующую земному пространству. Разделяют сетки в сеточной структуре, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в сеточной структуре, получая подсеточную структуру, соответствующую каждому вычислительному узлу. Разделяют сетки в подсеточной структуре в первом направлении зонального или вертикального направлений, получая вторичную подсеточную структуру. Распределяют областные данные, соответствующие вторичной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок, управляют главным вычислительным блоком для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре, по меньшей мере на один вычислительный подблок, чтобы главный вычислительный блок и по меньшей мере один вычислительный подблок выполнили вычисление оперативных данных из областных данных. Данный способ позволяет повысить вычислительную эффективность модели циркуляции океана по "долготе-широте-вертикали".

043837
B1

043837
B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к технической области обработки данных и, в частности к способу, устройству и электронному оборудованию для обработки данных.

Уровень техники

Циркуляция океана - это изучение морских течений, вызванных ветром и течений плотности, возникающих в результате неравномерного распределения плотности, образования и распределения циклонов в океанической циркуляции, усиления океанической циркуляции в западном направлении, изгибов и изменений морских течений, структуры систем течений в приэкваториальной области, антарктических циркумполярных течений, океанической термохалинной циркуляции, глубоководной циркуляции и ее связи с главным термоклинном, связи между дисперсионными и конвергентными движениями морской воды и подъемно-поступательными течениями и циркуляции Ленгмюра и др., мезомасштабных вихрей и их преобразование энергии, особых явлений течения, таких как дрейф льда, реакция океана на ветровую нагрузку и т.д., а также циркуляции в прибрежных зонах.

Модель циркуляции океана - это численная модель, которая количественно описывает циркуляцию океана и ее изменения, отражая сложные процессы динамики, физики океана и взаимодействия между ними путем установления системы уравнений математической физики. Она дискретизирует непрерывное движение океанической жидкости, при этом земное пространство разделяют с образованием меридиональной, зональной и вертикальной трехмерной сеточной структуры, т.е. трехмерной сеточной структуры в меридиональном, зональном и вертикальном направлениях, а затем решают набор дифференциальных уравнений с использованием численного интегрирования.

По мере углубления исследований океана и изменения климата модель циркуляции океана постепенно переходит к более высокому разрешению (чем выше разрешение, тем мельче сетка), большому количеству физических процессов (число уравнений увеличивается в наборе уравнений) и более высокой скорости вычислений. В настоящее время модель циркуляции океана изучается с использованием второстепенной параллельной структуры "меридионально-зональной" горизонтальной разбивки и "меридионального (или зонального, или вертикального) циклического параллельного вычисления".

Однако горизонтальное разрешение модели глобальной циркуляции океана увеличено от 5° (около 500 км) до $0,1^\circ$ (около 10 км), и каждый шаг увеличения ее разрешения будет приводить к геометрическому увеличению потребности в вычислительных ресурсах и вычислительном объеме. Вообще говоря, если горизонтальное разрешение увеличивается в 10 раз, то вычислительный объем увеличивается в 1000 раз, при этом с увеличением числа физических процессов увеличиваются и вычислительный объем, так что приведенная выше второстепенная параллельная структура ограничивает вычислительную эффективность модели циркуляции океана по "долготе-широте-вертикали".

Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является предоставление способа, устройства и электронного оборудования для обработки данных, что позволяет реализовать разделение модели циркуляции океана по "долготе-широте-вертикали" в трехмерном пространстве и повысить вычислительную эффективность по модели циркуляции океана "долготе-широте-вертикали".

Первый аспект изобретения относится к способу обработки данных, причем данный способ применяется в сценарии модели циркуляции океана, который может включать:

разделение Земли на географические области в меридиональном, зональном и вертикальном направлениях в соответствии с заданным пространственным разрешением, и получение трехмерной сеточной структуры, соответствующей указанному земному пространству, и сеточной информации соответствующей структуры; указанная сеточная информация включает географическую область, к которой принадлежит сетка, и областные данные в пределах указанной географической области;

разделение сеток в указанной сеточной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получение подсеточной структуры после разделения, соответствующей каждому вычислительному узлу и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре;

относительно каждого вычислительного узла, на основе заданной стратегии разделения, разделение сеток в указанной подсеточной структуре в первом направлении или указанном вертикальном направлении, и получение вторичной подсеточной структуры после разделения и областных данных, относящихся к соответствующей структуре; и распределение областных данных, соответствующих указанной вторичной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла; указанным первым направлением является указанное зональное направление или указанное вертикальное направление; указанная вторичная подсеточная структура включает в себя вторичную подсеточную структуру, соответствующую указанному главному вычислительному блоку, и по меньшей мере одну вторичную подсеточную структуру, соответствующую вычислительному подблоку указанного вычислительного узла;

на основе указанной заданной стратегии распределения, управление указанным главным вычислительным блоком для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной

подсеточной структуре, по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок для того, чтобы указанный главный вычислительный блок и по меньшей мере один указанный вычислительный подблок, основываясь на оперативных требованиях, выполнили вычисление оперативных данных из распределенных областных данных; причем указанная второстепенная вторичная подсеточная структура получена путем разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, указанным главным вычислительным блоком, на сеточной плоскости, соответствующей указанным вторым направлениям и указанным вертикальным направлениям, причем указанным вторым направлением является указанное зональное направление или указанное меридиональное направление.

В одном частном случае реализации способа управляют главным вычислительным блоком указанного вычислительного узла для распределения областных данных второстепенной вторичной подсеточной структуры по меньшей мере на один вычислительный подблок указанного вычислительного узла, включая:

относительно каждого вычислительного подблока, управление главным вычислительным блоком указанного вычислительного узла для разделения сеток в указанной второстепенной вторичной подсеточной структуре в третьем направлении в соответствии с количеством целевых блоков обработки из указанных вычислительных подблоков, получение обрабатываемой сеточной структуры, соответствующей каждому целевому блоку обработки, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре, и распределение областных данных, соответствующих указанной обрабатываемой сеточной структуре, на указанный целевой блок обработки для того, чтобы указанный целевой блок обработки выполнил вычисление областных данных, соответствующих указанной обрабатываемой сеточной структуре; указанным целевым блоком обработки является блок обработки с функцией набора векторизованных команд, соответствующей типу данных указанных областных данных.

В возможном частном случае реализации способа главный вычислительный блок указанного вычислительного узла обменивается данными с главным вычислительным блоком в других вычислительных узлах, отличных от указанного вычислительного узла, используя сконфигурированный интерфейс передачи информации, при этом указанный способ дополнительно включает в себя:

передачу областных данных целевой сетки, передаваемых главным вычислительным блоком в других вычислительных узлах, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла; указанная целевая сетка представляет собой сетку, в которой существует перекрытие географических областей с сеткой, соответствующей областным данным, которые распределены на указанный вычислительный узел;

распределение областных данных, соответствующих указанной вторичной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла, включая:

распределение областных данных указанной вторичной подсеточной структуры и областных данных целевой сетки, передаваемых главным вычислительным блоком указанного другого вычислительного узла, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла.

В частном случае реализации способа разделяют сетки в указанной сеточной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получая подсеточную структуру после разделения, соответствующую каждому вычислительному узлу, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре, включая:

определение вычисляемых сеток в указанной сеточной структуре на основе вычисляемых требований;

ровное разделение вычисляемых сеток в указанной сеточной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получение набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому указанному вычислительному узлу;

произвольное разделение невычисляемых сеток в указанной сеточной структуре, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям, и получение набора сеток, соответствующего указанным невычисляемым сеткам;

на основе набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому указанному вычислительному узлу, и набора сеток, соответствующего указанным невычисляемым сеткам, определение подсеточной структуры после разделения, соответствующей каждому указанному вычислительному узлу, и областных данных соответствующей структуры.

В одной возможной реализации сеточная информация дополнительно включает областной тип географической области, к которой принадлежит указанная сетка, причем указанный областной тип включает тип океана;

если указанными оперативными вычислительными требованиями являются вычислительные требования целевой переменной в модели циркуляции океана, то определяют вычисляемые сетки в указанной сеточной структуре на основе вычислительных требований, включая:

получение областного типа, соответствующего каждой сетке в указанной сеточной структуре;

определение сеток, указанным областным типом которой является указанный тип океана, как вычисляемую сетку.

В возможном случае реализации способа обмен данными между указанным главным вычислительным блоком и указанным по меньшей мере одним вычислительным подблоком осуществляется с использованием прямого доступа к памяти.

В возможном случае реализации способа на основе указанной заданной стратегии распределения, управляют указанным главным вычислительным блоком для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре, на по меньшей мере один указанный вычислительный подблок, включая:

на основе заданной стратегии двумерного разделения второго направления и указанного вертикального направления, управление указанным главным вычислительным блоком для разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, на сеточной плоскости, соответствующей указанному второму направлению и указанному вертикальному направлению, и получение указанной второстепенной вторичной подсеточной структуры и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре, для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре после разделения, указанным главным вычислительным блоком по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок.

Второй аспект изобретения раскрывает устройство для обработки данных, которое может включать в себя:

блок областного разделения, который применяется для разделения Земли на географические области в меридиональном, зональном и вертикальном направлениях в соответствии с заданным пространственным разрешением, и получения трехмерной сеточной структуры, соответствующей указанному земному пространству, и сеточной информации соответствующей структуры; указанная сеточная информация включает географическую область, к которой принадлежит сетка, и областные данные в пределах указанной географической области;

блок разделения сеток, который применяется для разделения сеток в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получения подсеточной структуры, соответствующей каждому вычислительному узлу после разделения, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре;

и, относительно каждого вычислительного узла, на основе заданной стратегии разделения, разделения сеток в указанной подсеточной структуре в первом направлении или в указанном вертикальном направлении, и получения вторичной подсеточной структуры после разделения, соответствующей главному вычислительному блоку в указанном вычислительном узле, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре;

блок распределения данных, который применяется для распределения областных данных, соответствующих указанной вторичной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок соответствующего вычислительного узла; указанным первым направлением является указанное зональное направление или указанное вертикальное направление; указанная вторичная подсеточная структура включает в себя вторичную подсеточную структуру, соответствующую указанному главному вычислительному блоку, и вторичную подсеточную структуру, соответствующую по меньшей мере одному вычислительному подблоку указанного вычислительного узла;

блок управления, который на основе указанной заданной стратегии распределения, применяется для управления указанным главным вычислительным устройством для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре, по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок для того, чтобы указанный главный вычислительный блок и по меньшей мере один указанный вычислительный подблок, основываясь на оперативных требованиях, выполнили вычисление оперативных данных из распределенных областных данных; причем указанная второстепенная вторичная подсеточная структура получена путем разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, указанным главным вычислительным блоком, на сеточной плоскости, соответствующей указанному второму направлению и указанному вертикальному направлению, причем указанным вторым направлением является указанное зональное направление или указанное меридиональное направление.

В частном случае реализации устройства указанный блок управления, в частности относительно каждого вычислительного подблока, применяется для управления главным вычислительным блоком указанного вычислительного узла для разделения сеток в указанной второстепенной вторичной подсеточной структуре в третьем направлении в соответствии с количеством целевых блоков обработки из указанных вычислительных подблоков, получения обрабатываемой сеточной структуры, соответствующей каждому целевому блоку обработки, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре, и распределения областных данных, соответствующих указанной обрабатываемой сеточной структуре, на указанный целевой блок обработки для того, чтобы указанный целевой блок обработки выполнил вычисление областных данных, соответствующих указанной обрабатываемой сеточной структуре; указанным целевым блоком обработки является блок обработки с функцией набора векторизованных команд, соответствующей типу данных указанных областных данных.

В возможном случае реализации устройства главный вычислительный блок указанного вычислительного узла обменивается данными с главным вычислительным блоком в других вычислительных узлах, отличных от указанного вычислительного узла, используя сконфигурированный интерфейс передачи информации, при этом указанное устройство дополнительно включает в себя: блок передачи;

указанный блок передачи применяется для передачи областных данных целевой сетки, передаваемых главным вычислительным блоком в других вычислительных узлах, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла; указанная целевая сетка представляет собой сетку, в которой существует перекрытие географических областей с сеткой, соответствующей областным данным, которые распределены на указанный вычислительный узел;

указанный блок распределения данных применяется, в частности, для распределения областных данных указанной вторичной подсеточной структуры и областных данных целевой сетки, передаваемых главным вычислительным блоком в указанном другом вычислительном узле, на главный вычислительный блок соответствующего вычислительного узла.

В одном возможном варианте реализации указанный блок сеточного разделения, в частности применяется для:

определения вычисляемых сеток в указанной сеточной структуре на основе вычисляемых требований;

ровного разделения вычисляемых сеток в указанной сеточной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получения набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому указанному вычислительному узлу;

произвольного разделения невычисляемых сеток в указанной сеточной структуре, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям, и получения набора сеток, соответствующего указанным невычисляемым сеткам;

на основе набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому указанному вычислительному узлу, и набора сеток, соответствующего указанным невычисляемым сеткам, определения подсеточной структуры после разделения, соответствующей каждому указанному вычислительному узлу, и областных данных соответствующей структуры.

В одной возможной реализации сеточная информация дополнительно включает областной тип географической области, к которой принадлежит указанная сетка, причем указанный областной тип включает тип океана;

если указанными оперативными вычислительными требованиями являются вычислительные требования целевой переменной в модели циркуляции океана, то указанный блок сеточного разделения, в частности дополнительно применяется для:

получения областного типа, соответствующего каждой сетке в указанной сеточной структуре;

определения сеток, указанным областным типом которой является указанный тип океана, как вычисляемую сетку.

В одной возможной реализации обмен данными между указанным главным вычислительным блоком и указанным по меньшей мере одним вычислительным подблоком осуществляется с использованием прямого доступа к памяти.

В одной возможной реализации указанный блок управления, в частности дополнительно применяется для:

на основе заданной стратегии двумерного разделения второго направления и указанного вертикального направления, управления указанным главным вычислительным блоком для разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, на сеточной плоскости, соответствующей указанному второму направлению и указанному вертикальному направлению, и получения указанной второстепенной вторичной подсеточной структуры и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре, для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре после разделения, указанным главным вычислительным блоком по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок.

Третьим аспектом изобретения является указанное электронное устройство, которое включает в себя процессор, интерфейс связи, память и шину связи, при этом связь между процессором, интерфейсом связи и памятью осуществляется через шину связи;

память используется для хранения компьютерных программ;

процессор используется для осуществления этапов любого способа в первом аспекте при выполнении программы, хранящейся в памяти.

В четвертом аспекте предоставлен компьютерно-читаемый носитель информации, который содержит компьютерную программу, причем указанная компьютерная программа реализует этапы любого способа в описанном выше первом аспекте при выполнении процессором.

В способе обработки данных, предусмотренном вариантом осуществления настоящего изобретения, для начала достигается трехуровневое параллельное вычисление земного пространства путем трехуровневого разделения трехмерной сеточной структуры, соответствующей земному пространству, и в даль-

нейшем достигается четырехуровневое параллельное вычисление земного пространства путем разделения четвертого уровня в каждом вычислительном подблоке, что повышает эффективность вычисления модели циркуляции океана по "долготе-ширине-вертикале".

Описание чертежей

Для более четкого объяснения технических решений вариантов осуществления настоящего изобретения ниже приводится краткое описание необходимых прилагаемых чертежей, использованных в вариантах осуществления настоящего изобретения. Следует понимать, что следующие прилагаемые чертежи показывают только некоторые варианты осуществления настоящего изобретения и поэтому не должны рассматриваться как ограничение объема, и что другие соответствующие чертежи также могут быть получены на основе этих прилагаемых чертежей без каких-либо творческой работы для специалистов в данной области техники.

Фиг. 1 представляет собой схематический чертеж структуры многоядерного процессора нового поколения Shenwei, предусмотренного вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 представляет собой схематический чертеж процедуры параллельной обработки данных в модели циркуляции океана, предусмотренной вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 3 представляет собой схематический чертеж процесса способа обработки данных, предусмотренного вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 4 представляет собой схематический чертеж результатов тестов на сильную масштабируемость, предусмотренных вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5 представляет собой схематический чертеж результатов тестов на слабую масштабируемость, предусмотренных вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 6 представляет собой схематический чертеж структуры устройства обработки данных, предусмотренного вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 7 представляет собой схематический чертеж структуры электронного оборудования, предусмотренного вариантом осуществления настоящего изобретения.

Конкретные способы осуществления изобретения

Технические решения в вариантах осуществления настоящего изобретения ясно и полностью описаны ниже в сочетании с прилагаемыми чертежами вариантов осуществления настоящего изобретения. Очевидно, что описанные варианты осуществления являются только частью вариантов осуществления настоящего изобретения, а не всеми. На основании вариантов осуществления настоящего изобретения, все другие варианты осуществления, полученные без творческой работы специалистами в данной области техники, попадают в объем охраны настоящего изобретения.

Для облегчения понимания ниже приведено объяснение терминов, используемых в вариантах осуществления изобретения.

В многоядерном процессоре нового поколения Shenwei (модернизированная версия модели SW26010) интегрированы 6 групп ядер (Core Group, CG) (или "вычислительных узлов"), которые соединены через кольцевую сеть (Loop network), при этом каждый вычислительный узел CG содержит одну синхронную динамическую память с произвольным доступом и удвоенной скоростью (Double Data Rate) с интерфейсом памяти (memory interface), одно вычислительное контрольное ядро (Management Processing Element, MPE) (или "главный вычислительный блок") и одно вычислительное ядро 8*8 (Computing Processing Element, CPE) (или "вычислительный подблок"), которые соединены через кольцевую сеть, как показано на фиг. 1. Данный процессор имеет 512-битный набор инструкций в форме "одной инструкции нескольких данных" (Single Instruction Multiple Data, SIMD), который может вычислить 8 чисел двойной точности одновременно, поэтому данный процессор имеет по крайней мере один блок обработки с функцией набора векторизованных инструкций.

При этом главный вычислительный блок MPE имеет независимую операционную систему, который в основном используется для планирования, распределения, управления, связи, IO и вычисления, и вычислительный подблок CPE в основном используется для вычисления. Вычислительные подблоки CPE в вычислительном узле CG расположены в виде массива 8*8. Вычислительные блоки CPE взаимодействуют друг с другом и с главным вычислительным блоком MPE, соединяясь через сеть внутри массива.

Обмен данными между главными вычислительными блоками MPE осуществляется с помощью метода интерфейса передачи информации (Message Passing Interface, MPI); обмен данными между любыми двумя вычислительными подблоками CPE в массиве вычислительных подблоков CPE может осуществляться с помощью одного из таких методов связи как: удаленный доступ к памяти (RMA), P2P и агрегированная связь. Обмен данными между главным вычислительным блоком MPE и вычислительным подблоком CPE осуществляется через прямой доступ к памяти (Direct Memory Access, DMA).

Способ обработки данных, предусмотренный вариантами осуществления настоящего изобретения, может быть применен в сценарии изучения модели циркуляции океана, и, в частности может быть применен в вышеупомянутом многоядерном процессоре нового поколения Shenwei для реализации изучения модели циркуляции океана. Способ обработки данных позволяет получить трехмерные океанические значения в реальном времени, такие как температура океана, соленость, динамическая высота поверхности моря, океанские течения и плотность морского льда, обеспечить вычислительную поддержку для

изучения модели циркуляции океана.

Следует отметить, что способ обработки данных, предусмотренный вариантами осуществления настоящего изобретения, может также применяться в других процессорах, где присутствует несколько вычислительных блоков, что не ограничивается настоящим изобретением.

Как показано на фиг. 2, в способе обработки данных, предусмотренном вариантом осуществления настоящего изобретения, в сочетании с характеристиками модели циркуляции океана, в основном разработаны параллельные вычисления первого уровня модели циркуляции океана - на основе меридионально-зонального горизонтального пространственного разбиения главным вычислительным блоком, параллельные вычисления второго уровня модели циркуляции океана - на основе меридионально-зонального горизонтального пространственного разбиения главным вычислительным блоком и вычислительным подблоком, и параллельные вычисления третьего уровня модели циркуляции океана - на основе меридионально или зонально-вертикального горизонтального пространственного разбиения вычислительными подблоками, в дальнейшем могут быть включены параллельные вычисления четвертого уровня - на основе меридионального или зонального пространственного разбиения набора векторизованных инструкций, что позволяет реализовать трехмерное пространственное разбиение модели циркуляции океана по "долготе-широте-вертикали", и повысить эффективность вычисления модели циркуляции океана по "долготе-широте-вертикали".

Где долгота относится к меридиональному направлению на основе земного пространства, например: направление оси x ; широта относится к зональному направлению на основе земного пространства, например: направление оси y ; и вертикаль относится к вертикальному направлению на основе земного пространства, например направление оси z , и n - число направлений оси x .

Предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения описаны ниже в сочетании с прилагаемыми чертежами описания, при этом следует понимать, что описанные здесь предпочтительные варианты осуществления предназначены только для описания и объяснения изобретения и не предназначены для ограничения изобретения, и что варианты осуществления и особенности в вариантах осуществления настоящего изобретения могут комбинироваться друг с другом в том случае, когда они не противоречат друг другу.

Фиг. 3 представляет собой схематический чертеж процесса способа обработки данных, предусмотренного в одном варианте осуществления настоящего изобретения. Как показано на фиг. 3, этот способ может включать следующее.

Этап S310: Разделяют Землю на географические области в меридиональном, зональном и вертикальном направлениях в соответствии с заданным пространственным разрешением, получая соответствующую трехмерную сеточную структуру Земли и информацию сеточной соответствующей структуры.

Заданное пространственное разрешение определяет размер разделенной сетки, чем выше разрешение, тем мельче сетка, т.е. тем меньше размеры сетки.

В конкретной реализации, в сочетании с фиг. 2, Землю разделяют на географические области в соответствии с заданным пространственным разрешением в меридиональном, зональном и вертикальном направлениях, получая трехмерную сетчатую структуру, соответствующую Земле. При этом каждая географическая область является сеткой в этой сеточной структуре.

Поскольку географическая область имеет географическое местоположение, соответствующая сетка также имеет то же географическое местоположение, и соответствующая сетка также имеет областные данные, которые существуют в пределах этой географической области.

Например, целевая географическая область представляет собой морскую область, принадлежащую стране А, на плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям, причем данная область представляет собой область, окруженная точкой географического положения a , точкой географического положения b , точкой географического положения c и точкой географического положения d , определенными по меридиональному и зональному направлениям, т.е. размеры сетки, соответствующей этой целевой географической области, на плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям, представляют собой морскую область, принадлежащую стране А, в этом случае данная сетка содержит областные данные данной области океана, такие как температура океана, соленость, динамическая высота поверхности моря, морские течения, концентрация морского льда и т.д.

При этом, если исследовательские требования модели циркуляции океана заключаются в изучении температуры океана, данные о температуре океана из областных данных являются оперативными данными, содержащимися в данной сетке.

Например, возьмем модель циркуляции океана в качестве примера для изучения температуры океана, в этом случае оперативными данными является температура океана. При постоянных размерах целевой географической области температура океана постепенно снижается по мере увеличения глубины океана (т.е. высоты по вертикали), поэтому сетка, соответствующая целевой географической области, включает температуру океана, соответствующую различным высотам по вертикали.

То есть сеточная информация каждой сетки включает географическую область, к которой принадлежит сетка, и оперативные данные в пределах соответствующей географической области.

Этап S320: разделяют сетки в сеточной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующие меридиональному и зональному

направлениям в сеточной структуре, получая подсеточную структуру после разделения, соответствующую каждому вычислительному узлу, и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре.

В сочетании с фиг. 2, поскольку масштабы сеток по осям x и y значительно больше, чем по оси z , для уменьшения вычислительного объема этой сеточной структуры можно сначала разделять сетки в сеточной структуре в соответствии с меридионально-зональной плоскостью сетки, т.е. разделять сетки в сеточной структуре вдоль осей x и y , т.е. добиваться декомпозиции областных данных из различных географических областей, и распределять полученные путем разделения сетки на различные главные вычислительные блоки, т.е. на различные процессы MPI, что позволяет различным главным вычислительным блокам выполнить параллельное вычисление распределенных областных данных различных сеток.

В конкретной реализации, на основе полученной трехмерной сеточной структуры, разделяют сетки в сеточной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на соответствующей плоскости сетки, соответствующей меридиональному и зональному направлениям, т.е. путем разделения получают подсеточную структуру с таким же сконфигурированным количеством, как и у вычислительных узлов, таким образом получают областные данные, соответствующие каждой подсеточной структуре, и распределяют каждую полученную путем разделения подсеточную структуру и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре, на каждый вычислительный узел.

В дальнейшем, поскольку областные данные некоторых сеток в полученной трехмерной сеточной структуре могут не включать оперативные данные, эти сетки могут называться недействительными сетками, т.е. сетками, которые не имеют отношения к оперативными вычислительным требованиям, поэтому для получения точных данных целевых переменных под оперативными вычислительными требованиями, необходимо сначала определить вычисляемые сетки в сеточной структуре, которые имеют отношение к целевым переменным, в частности следующее.

Если оперативными вычислительными требованиями являются вычислительные требования для целевой переменной в модели циркуляции океана, то получают областной тип, соответствующий каждой сетке в сеточной структуре; где областной тип - это областной тип географической области, к которой принадлежит сетка. Областной тип географической области может включать морскую область, сухопутную область, равнинную область, горнолесная область и так далее. После этого сетка с морским типом в качестве областного типа, определяется как вычисляемая сетка.

В некоторых вариантах осуществления, для достижения балансировки нагрузки на вычислительные узлы и увеличения скорости вычисления, после определения вычисляемых сеток, вычисляемые сетки можно разделять поровну сетки в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в сеточной структуре, получая набор вычисляемых сеток, соответствующий каждому вычислительному узлу.

В то время произвольно разделяют невычисляемые сетки (т.е. недействительные сетки) в сеточной структуре, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, получая набор сеток, соответствующий невычисляемым сеткам.

На основе набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому вычислительному узлу, и набора сеток, соответствующего невычисляемым сеткам, определяют подсеточную структуру после разделения, соответствующую каждому вычислительному узлу, и областные данные соответствующей структуры.

В вышеописанном варианте осуществления только можно выполнять вычисление областных данных в вычисляемых сетках, а не выполнять вычисление областных данных в недействительных сетках, так что вычислительный объем каждого вычислительного узла определяется только количеством вычисляемых сеток, так что разделяют поровну вычисляемые сетки, в соответствии с количеством вычислительных узлов, тем самым количество распределенных вычисляемых сеток на каждый вычислительный узел сбалансировано, таким образом достигается балансировка нагрузки вычислительных узлов.

Следует отметить, что в приведенном выше способе осуществления только необходимо учесть, является ли количество распределенных вычисляемых сеток на каждый вычислительный узел сбалансированным, и не нужно учесть количество распределенных недействительных сеток на него, например, все недействительные сетки могут быть распределены на один вычислительный узел целиком или на несколько вычислительных узлов случайным образом, т.е. способ распределения не ограничен.

Этап S330: относительно каждого вычислительного узла, на основе заданной стратегии разделения, разделяют сетки в подсеточной структуре в первом направлении, получая вторичную подсеточную структуру после разделения и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре; и распределяют областные данные, соответствующие вторичной подсеточной структуре, на этот главный вычислительный блок.

Где первым направлением является зональное или вертикальное направление.

В конкретной реализации, для достижения балансировки нагрузки главного вычислительного блока и по меньшей мере одного вычислительного подблока в каждом вычислительном узле, стратегия разделения может быть задана в соответствии с конфигурацией количества вычислительных блоков в вычислительном узле, например, стратегия разделения в соответствии с количеством вычислительных блоков.

Разделяют сетки в подсеточной структуре в зональном направлении или вертикальном направлении на основе заданной стратегии разделения, получая вторичную подсеточную структуру после разделения

и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре; и распределяют областные данные, соответствующие вторичной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок. Вторичная подсеточная структура включает в себя вторичную подсеточную структуру, соответствующую главному вычислительному блоку, и вторичную подсеточную структуру, соответствующую по меньшей мере одному вычислительному подблоку вычислительного узла.

В некоторых вариантах осуществления главный вычислительный блок в другом вычислительном узле, отличном от данного вычислительного узла, передает областные данные целевой сетки на главный вычислительный блок в данном вычислительном узле в режиме передачи данных через интерфейс передачи информации MPI. Где целевая сетка представляет собой сетку, в которой существует перекрытие географической области с сеткой, соответствующей распределенным областным данным на вычислительный узел, т.е. в данной сетке, соответствующей вычислительному узлу, существует перекрытие географической области с целевой сеткой, причем данное перекрытие может быть в виде частичного перекрытия двух географических областей.

Таким образом, после получения вторичной подсеточной структуры после разделения и областных данных, относящихся к соответствующей структуре, распределяют областные данные вторичной подсеточной структуры и областные данные целевой сетки, передаваемые главным вычислительным блоком другого вычислительного узла, на главный вычислительный блок этого вычислительного узла.

В приведенном выше способе осуществления, когда главный вычислительный блок отвечает за обмен данными между главными вычислительными блоками в разных вычислительных узлах, его передача данных с другим главным вычислительным осуществляется в режиме MPI.

Этап S340: на основе заданной стратегии распределения, управляют главным вычислительным блоком для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре, по меньшей мере на один вычислительный подблок.

Где вторым направлением является зональное или меридиональное направление. В плане заданной стратегии распределения, на основании емкости памяти устройства эмпирических значений или вычислительного подблока, можно установить стратегию двумерного разделения второго направления с вертикальным направлением, т.е. стратегию двумерного разделения зонального направления или меридионального направления с вертикальным направлением; или стратегию разделения в соответствии с количеством вычислительных блоков, которые в частности могут быть установлены в соответствии с фактической ситуацией, и настоящее изобретение не ограничивается этим.

Возьмем в качестве примера стратегию двумерного разделения меридионального и вертикального направлений, данная стратегия двумерного разделения относится к стратегии, в которой сохраняют неизменной сеточную структуру меридионального направления, и разделяют сетки в соответствующей сеточной структуре, зональное и вертикальное направления в соответствии с заданным двумерным значением (например, двумерное значение 3×4) на сеточной плоскости, соответствующей зональному и вертикальному направлениям.

В конкретной реализации, возьмем заданную стратегию распределения в качестве примера заданной стратегии двумерного разделения во втором направлении и вертикальном направлении, на основе заданной двумерной стратегии разделения, соответствующей второму направлению и вертикальному направлению, управляют главным вычислительным блоком в вычислительном узле для разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующих по меньшей мере одному вычислительному подблоку, на сеточной плоскости, соответствующей второму направлению (т.е. зональным или меридиональным) и вертикальному направлению, получая второстепенную вторичную подсеточную структуру и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре, и после распределения главным вычислительным блоком областных данных, соответствующих вторичной подсеточной структуре после разделения, по крайней мере на один вычислительный подблок, главный вычислительный блок и по крайней мере один вычислительный подблок выполняют вычисление оперативных данных из распределенных областных данных на основе оперативных требований.

В дальнейшем, поскольку данные вычисляются в каждом вычислительном подблоке параллельным образом векторизации данных, относительно каждого вычислительного подблока управляют главным вычислительным блоком в вычислительном узле для разделения сеток во вторичной подсеточной структуре в третьем направлении, в соответствии с количеством целевых блоков обработки из вычислительных подблоков, получая обрабатываемую сеточную структуру, соответствующую каждому целевому блоку обработки, и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре, и распределяют областные данные, соответствующие обрабатываемой сеточной структуре, на целевой блок обработки, чтобы целевой блок обработки выполнил вычисление областных данных, соответствующих обрабатываемой сеточной структуре.

Данный целевой блок обработки представляет собой блок обработки с функцией набора векторизованных команд, соответствующей типу областных данных.

В приведенной выше реализации, поскольку вычислительные подблоки не могут обмениваться данными между вычислительными узлами, когда главный вычислительный блок отвечает за мелкозернистое сеточное разделение вычислительных подблоков, его связь данных с вычислительными блоками

осуществляется с использованием DMA; связь данных между вычислительными подблоками в одном и том же вычислительном узле осуществляется с использованием RMA. Поэтому, в сочетании с предыдущим этапом, передача данных в варианте осуществления настоящего изобретения может осуществляться с использованием метода DMA+MPI+RMA.

В одном примере, после получения трехмерной сеточной структуры $752*502*65$ (долгота-широта-вертикаль), соответствующей Земли, и сеточной информации соответствующей структуры, параллельная обработка данных в варианте осуществления настоящего изобретения может осуществляться с использованием четырехуровневого разделения, в частности следующее.

Уровень 1. Пусть в многоядерном процессоре нового поколения Shenwei имеется 128 вычислительных узлов, разделяют 128 вычислительных узлов на столбец двумерной матрицы $16*8$, соответствующих сеточной плоскости $752*502$, соответствующей меридиональному и зональному направлениям, и разделяют сетки в сеточной структуре, получая примерно по $49*65$ сеток (включая количество граничных элементов), за которые отвечает каждый вычислительный узел, на плоскостях сетки $752*502$, соответствующих меридиональному и зональному направлениям, поэтому на каждую группу ядер может быть фактически распределена подсеточная структура, состоящая из $49*65*65$ сеток, и в том случае передача данных между вычислительными узлами выполняется с использованием механизма связи MPI.

Уровень 2. Поскольку вычислительный узел включает в себя главный вычислительный блок и несколько вычислительных подблоков, сетки в подсеточной структуре $49*65*65$ могут быть разделены в вертикальном направлении в режиме $1+64$ по "вертикаль" в соответствии с количеством вычислительных блоков в вычислительном узле, получая вторичную подсеточную структуру $49*65*1$, за которую отвечает главный вычислительный блок, и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре, а также подсеточную структуру $49*65*64$, за которую отвечают несколько вычислительных подблоков, и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре.

Или, разделяют сетки в подсеточной структуре $49*65*65$ в зональном направлении в режиме $1+64$ по "широте" в соответствии с количеством вычислительных блоков в вычислительном узле, получая вторичную подсеточную структуру $49*1*65$, за которую отвечает главный вычислительный блок, и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре, а также подсеточную структуру $49*64*65$, за которую отвечают несколько вычислительных подблоков, и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре.

После разделения распределяют все областные данные, соответствующие полученным путем разделения вторичным подсеточным структурам, на главный вычислительный блок, чтобы обеспечить распределение сеточных данных главным вычислительным блоком на вычислительные подблоки, за которые он отвечает.

Уровень 3. На основе емкости памяти вычислительного подблока, задают стратегию двумерного разделения $16*2$ во втором направлении и вертикальном направлении. Способ осуществления третьего уровня подробно описан на примере того, что подсеточная структура, за которую отвечают несколько полученных из второго уровня вычислительных подблоков, является $49*65*64$, и при этом вторым направлением является зональное направление:

Разделяют сетки во вторичной подсеточной структуре $49*65*64$, на сеточной плоскости, соответствующей зональному и вертикальному направлениям, в соответствии со стратегией двумерного разделения $16*2$ в зональном направлении и вертикальным направлением, получая второстепенную вторичную подсеточную структуру $49*32*4$ (или $49*33*4$) и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре.

Уровень 4. Разделяют сетки во второстепенной вторичной подсеточной структуре $49*32*4$ (или $49*33*4$) в меридиональном направлении в соответствии с количеством целевых сеток обработки из вычислительных подблоков, получая обрабатываемую сеточную структуру, соответствующую каждому целевому блоку обработки, и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре. Например, если количество целевых сеток обработки равно 49, то сеточная структура, соответствующая каждой целевому блоку обработки, представляет собой $1*32*4$ (или $1*33*4$), что дополнительно увеличивает возможность параллельного вычисления данных.

В способе обработки данных, предусмотренном вариантом осуществления настоящего изобретения, для начала достигается трехуровневое параллельное вычисление земного пространства путем трехуровневого разделения трехмерной сеточной структуры, соответствующей земному пространству, и в дальнейшем достигается четырехуровневое параллельное вычисление земного пространства путем трехуровневого разделения в каждом вычислительном подблоке, что повышает эффективность вычисления модели циркуляции океана по "долготе-ширине-вертикале".

В дальнейшем, в результате применения настоящего изобретения к модели циркуляции океана NEMO, разработана новая версия swNEMO многоядерного процессора нового поколения Shenwei, реализована четырехуровневая параллелизация NEMO на суперкомпьютере, состоящем из многоядерных процессоров нового поколения Shenwei. Затем выбирая эталонные тесты под названием GYRE-PISCES, проводится тестирование на рабочие характеристики swNEMO.

Смоделированная область GYRE-PISCES представляет собой замкнутый прямоугольный бассейн

на плоскости beta, который длиной 3180 км, шириной 2120 км и глубиной 4 км, с центром 30° N и поворотом на 45°. Этот эталон представляет идеальный Северо-Атлантический или Северо-Тихоокеанский бассейн. Кроме того, учитывая влияние сеточной структуры третьего уровня в глобальной режиме на периодические условия восточного и западного океанов и арктическую складчатость глобального океана, в эталонных тестах активирована опция BENCH для включения этих периодических условий, и воспроизведен режим связи сеточной структуры третьего уровня для глобального океана. С точки зрения вычислительных затрат и вычислительных свойств, она эквивалентна глобальному океану с сеточной структурой третьего уровня и таким же количеством сеток. Ниже горизонтальное разрешение - это горизонтальное разрешение, эквивалентное глобальному океану после пересчета.

Были разработаны 3 эксперимента с горизонтальным разрешением 2 км, 1 км и 500 м для проведения анализа сильной масштабируемости. При этом каждый эксперимент состоял из 8 различных параллельных соотношений. Ускорение Speedup - это деление тактового времени различных соотношений на базовую запись наименьшего соотношения с 2,129,920 вычислительными узлами. Для анализа слабой масштабируемости разработаны эксперименты с 8 разрешениями. Все эксперименты проводились в течение 1 дня моделирования без I/O.

Анализ тестов на сильную масштабируемость: эксперименты проводились при разрешениях 2 км, 1 км и 500 м, увеличивая количество вычислительных узлов (Number of cores) с 2,129,920 до 27,988,480. В модели циркуляции океана разрешение однозначно соответствует количеству сеток, при этом разрешения 2 км, 1 км и 500 м соответствуют таким количествам сеток на глобальной горизонтальной плоскости (широта-долгота) как: 24002×16002, 43502×29002 и 82502×55002 соответственно, а количество сеток вертикального слоя 128 является обычной спецификацией арифметического примера, поэтому количество сеток, соответствующее разрешениям 2 км, 1 км и 500 м, составляет 24002×16002×128, 43502×29002×128 и 82502×55002×128 соответственно. Установив 2,129,920 вычислительных узлов в качестве эталона сильного масштабирования, окончательная параллельная эффективность составит 74.18%, 83.40% и 99.29% соответственно, как показано на фиг. 4. Видно, что все три разрешения имеют очень хорошую масштабируемость, и гипермасштабное ускорение остается близким к линейному, в случае тестирования при самом высоком разрешении 500 м параллельная эффективность все еще может достичь до 99,29% с использованием 27,988,480 вычислительных узлов.

Анализ тестов на слабую масштабируемость: анализы слабой масштабируемости выполняются при разрешениях 9 км, 7 км, 4,5 км, 3,5 км, 2,5 км, 2,0 км, 1,2 км и 1,0 км.

В анализе слабой масштабируемости: теоретически эффективность вычисления с плавающей запятой отдельного вычислительного узла в среднем остается неизменной при обработке одного и того же количества сеток внутри узла. Таким образом, при проведении анализа слабой масштабируемости необходимо учесть тенденции в двух аспектах: 1. изменение общего количества сеток по мере вычислительного узла; 2. изменение общей эффективности вычислений по мере вычислительного узла.

Как показано на фиг. 5, абсцисса представляет количество вычислительных узлов, а ордината представляет инкрементную зависимость общего количества сеток от вычислительного узла, и из фиг. 5 видно, что изменение общего количества сеток (computed grid points number) в зависимости от количества вычислительных узлов (Number of cores) имеет почти линейную тенденцию, т.е. количество сеток, обрабатываемых отдельным узлом (т.е. угловой коэффициент линейного графика) почти постоянен, а процентные значения на фиг. 5 представляют общую вычислительную эффективность в этом масштабе, а значения вычислительной эффективности на фиг. 5 представляют, что общая вычислительная эффективность при различных вычислительных масштабах также почти линейна, возьмем 9 км в качестве эталона тестов, теоретическая постоянная вычислительная эффективность при слабом масштабировании составляет 2,03/1000, как показано на фиг. 5, вычислительная эффективность при разрешении, повышенном до 1 км составляет 1,99/1000, что на 0,04/1000 ниже теоретического значения, при этом снижение составляет менее 2%. Результаты показывают, что работоспособность стабильна при различных разрешениях, а вычислительная эффективность при разрешении 1 км остается на уровне 1,99/1000, причем тенденция, близкая к базовой линии указывает на то, что swNEMO обладает отличной слабой масштабируемостью, как показано на фиг. 5.

В соответствии с описанным выше способом, вариант осуществления настоящего изобретения также обеспечивает устройство для обработки данных, как показано на фиг. 6, которое включает в себя: блок областного разделения 610, блок сеточного разделения 620, блок распределения данных 630 и блок управления 640.

Блок областного разделения 610 применяется для разделения Земли на географические области в меридиональном, зональном и вертикальном направлениях в соответствии с заданным пространственным разрешением, и получения трехмерной сеточной структуры, соответствующей указанному земному пространству, и сеточной информации соответствующей структуры; указанная сеточная информация включает географическую область, к которой принадлежит сетка, и областные данные в пределах указанной географической области.

Блок сеточного разделения 620 применяется для разделения сеток в указанной сеточной структуре в

соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получения подсеточной структуры после разделения, соответствующей каждому вычислительному узлу, и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре.

И, относительно каждого вычислительного узла, на основе заданной стратегии разделения, разделения сеток в указанной подсеточной структуре в первом направлении или указанном вертикальном направлении, и получения подсеточной структуры после разделения и областных данных, относящихся к соответствующей структуре.

Блок распределения данных 630 применяется для распределения областных данных, соответствующих указанной вторичной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок соответствующего вычислительного узла; указанное первым направлением является указанное зональное направление или указанное вертикальное направление; указанная вторичная подсеточная структура включает в себя вторичную подсеточную структуру, соответствующую указанному главному вычислительному блоку, и вторичную подсеточную структуру, соответствующую по меньшей мере одному вычислительному подблоку указанного вычислительного узла.

Блок управления 640 применяется на основе указанной заданной стратегии распределения, для управления указанным главным вычислительным устройством для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре, по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок для того, чтобы указанный главный вычислительный блок и по меньшей мере один указанный вычислительный подблок, основываясь на оперативных требованиях, выполнили вычисление оперативных данных из распределенных областных данных; причем указанная второстепенная вторичная подсеточная структура получена путем разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, указанным главным вычислительным блоком, на сеточной плоскости, соответствующей указанному второму направлению и указанному вертикальному направлению, причем указанным вторым направлением является указанное зональное направление или указанное меридиональное направление.

В одной возможной реализации блок 640 управления, в частности применяется относительно каждого вычислительного подблока, для управления главным вычислительным блоком указанного вычислительного узла для разделения сеток в указанной второстепенной вторичной подсеточной структуре в третьем направлении в соответствии с количеством целевых блоков обработки из указанных вычислительных подблоков, получения обрабатываемой сеточной структуры, соответствующей каждому целевому блоку обработки, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре, и распределение областных данных, соответствующих указанной обрабатываемой сеточной структуре, на указанный целевой блок обработки для того, чтобы указанный целевой блок обработки выполнил вычисление областных данных, соответствующих указанной обрабатываемой сеточной структуре; указанным целевым блоком обработки является блок обработки с функцией набора векторизованных команд, соответствующей типу данных указанных областных данных.

В одной возможной реализации главный вычислительный блок указанного вычислительного узла обменивается данными с главным вычислительным блоком в других вычислительных узлах, отличных от указанного вычислительного узла, используя сконфигурированный интерфейс передачи информации;

указанное устройство дополнительно включает: блок передачи 650;

блок 650 передачи применяется для передачи областных данных целевой сетки, передаваемых главным вычислительным блоком в других вычислительных узлах, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла; указанная целевая сетка представляет собой сетку, в которой существует перекрытие географических областей с сеткой, соответствующей областным данным, которые распределены на указанный вычислительный узел;

блок распределения данных 630 применяется, в частности, для распределения областных данных указанной вторичной подсеточной структуры и областных данных целевой сетки, передаваемых главным вычислительным блоком в указанном другом вычислительном узле, на главный вычислительный блок соответствующего вычислительного узла.

В одной возможной реализации блок сеточного разделения 620, в частности применяется для следующего.

Определения вычисляемых сеток в указанной сеточной структуре на основе вычисляемых требований.

Ровного разделения вычисляемых сеток в указанной сеточной структуре, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, и получения набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому указанному вычислительному узлу.

Произвольного разделения невычисляемых сеток в указанной сеточной структуре, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям, и получения набора сеток, соответствующего указанным невычисляемым сеткам.

На основе набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому указанному вычислительному

узлу, и набора сеток, соответствующего указанным невычисляемым сеткам, определения подсеточной структуры после разделения, соответствующей каждому указанному вычислительному узлу, и областных данных соответствующей структуре.

В одной возможной реализации сеточная информация дополнительно включает областной тип географической области, к которой принадлежит указанная сетка, причем указанный областной тип включает тип океана;

если указанными оперативными вычислительными требованиями являются вычислительные требования целевой переменной в модели циркуляции океана, то блок сеточного разделения 620, в частности дополнительно применяется для:

получения областного типа, соответствующего каждой сетке в указанной сеточной структуре;

определения сеток, указанным областным типом которой является указанный тип океана, как вычисляемую сетку.

В одной возможной реализации обмен данными между указанным главным вычислительным блоком и указанным по меньшей мере одним вычислительным подблоком осуществляется с использованием прямого доступа к памяти.

В одной возможной реализации блок управления 640, в частности дополнительно используется для:

на основе заданной стратегии двумерного разделения второго направления и указанного вертикального направления, управления указанным главным вычислительным блоком для разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, на сеточной плоскости, соответствующей указанному второму направлению и указанному вертикальному направлению, и получения указанной второстепенной вторичной подсеточной структуры и областных данных, относящихся к соответствующей структуре, для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре после разделения, указанным главным вычислительным блоком по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок.

Функции каждого функционального блока устройства обработки данных, предусмотренного вышеуказанным вариантом осуществления настоящего изобретения, могут быть достигнуты через этапы каждого описанного выше способа, и поэтому конкретный рабочий процесс и полезные эффекты каждого блока в устройстве обработки данных, предусмотренном варианте осуществления настоящего изобретения, здесь повторяются не будут.

Вариант осуществления настоящего изобретения также обеспечивает электронное устройство, как показано на фиг. 7, включающее процессор 710, интерфейс связи 720, память 730 и шину связи 740, причем связь между процессором 710, интерфейсом связи 720 и памятью 730 осуществляется через шину связи 740.

Память 730 принимается для хранения компьютерных программ.

Процессор 710 принимается для выполнения нижеследующих этапов при выполнении программы, хранящейся в памяти 730:

разделение Земли на географические области в меридиональном, зональном и вертикальном направлениях в соответствии с заданным пространственным разрешением, и получение трехмерной сеточной структуры, соответствующей указанному земному пространству, и информации сеточной соответствующей структуры; указанная сеточная информация включает географическую область, к которой принадлежит сетка, и областные данные в пределах указанной географической области;

разделение сеток в указанной сеточной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получение подсеточной структуры после разделения, соответствующей каждому вычислительному узлу, и областных данных, относящиеся к соответствующей структуре;

относительно каждого вычислительного узла, на основе заданной стратегии разделения, разделение сеток в указанной подсеточной структуре в первом направлении или указанном вертикальном направлении, и получение вторичной подсеточной структуры после разделения и областных данных, относящихся к соответствующей структуре; и распределение областных данных, соответствующих указанной вторичной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла; указанным первым направлением является указанное зональное направление или указанное вертикальное направление; указанная вторичная подсеточная структура включает в себя вторичную подсеточную структуру, соответствующую указанному главному вычислительному блоку, и по меньшей мере одну вторичную подсеточную структуру, соответствующую вычислительному подблоку указанного вычислительного узла;

на основе указанной заданной стратегии распределения, управление указанным главным вычислительным блоком для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре, по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок для того, чтобы указанный главный вычислительный блок и по меньшей мере один указанный вычислительный подблок, основываясь на оперативных требованиях, выполнили вычисления оперативных данных из распределенных областных данных; причем указанная второстепенная вторичная подсеточная структура получена

путем разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, указанным главным вычислительным блоком на сеточной плоскости, соответствующей указанным вторым направлениям и указанным вертикальным направлениям, причем указанным вторым направлением является указанное зональное направление или указанное меридиональное направление.

В одной возможной реализации управляют главным вычислительным блоком указанного вычислительного узла для распределения областных данных второстепенной вторичной подсеточной структуры по меньшей мере на один вычислительный подблок указанного вычислительного узла, включая

относительно каждого вычислительного подблока, управление главным вычислительным блоком указанного вычислительного узла для разделения сеток в указанной второстепенной вторичной подсеточной структуре в третьем направлении в соответствии с количеством целевых блоков обработки в указанном вычислительном подблоке, получение обрабатываемой сеточной структуры, соответствующей каждому целевому блоку обработки, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре, и распределение областных данных, соответствующих указанной обрабатываемой сеточной структуре, на указанный целевой блок обработки для того, чтобы указанный целевой блок обработки выполнил вычисление областных данных, соответствующих указанной обрабатываемой сеточной структуре; указанным целевым блоком обработки является блок обработки с функцией набора векторизованных команд, соответствующей типу данных указанных областных данных.

В одной возможной реализации главный вычислительный блок указанного вычислительного узла обменивается данными с главным вычислительным блоком в других вычислительных узлах, отличных от указанного вычислительного узла, используя сконфигурированный интерфейс передачи информации, при этом указанный способ дополнительно включает в себя

передачу областных данных целевой сетки, передаваемых главным вычислительным блоком в других вычислительных узлах, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла; указанная целевая сетка представляет собой сетку, в которой существует перекрытие географических областей с сеткой, соответствующей областным данным, которые распределены на указанный вычислительный узел;

распределение областных данных, соответствующих указанной вторичной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла, включая:

распределение областных данных указанной вторичной подсеточной структуры и областных данных целевой сетки, передаваемых главным вычислительным блоком указанного другого вычислительного узла, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла.

В одной возможной реализации сетку в указанной сеточной структуре разделяют в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получая подсеточную структуру после разделения, соответствующую каждому вычислительному узлу, и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре, включая:

определение вычисляемых сеток в указанной сеточной структуре на основе вычисляемых требований; ровное разделение вычисляемых сеток в указанной сеточной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получение набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому указанному вычислительному узлу;

произвольное разделение невычисляемых сеток в указанной сеточной структуре, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям, и получение набора сеток, соответствующего указанным невычисляемым сеткам;

на основе набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому указанному вычислительному узлу, и набора сеток, соответствующего указанным невычисляемым сеткам, определение подсеточной структуры после разделения, соответствующей каждому указанному вычислительному узлу, и областных данных соответствующей структуры.

В одной возможной реализации сеточная информация дополнительно включает областной тип географической области, к которой принадлежит указанная сетка, причем указанный областной тип включает тип океана;

если указанными оперативными вычислительными требованиями является вычислительные требования целевой переменной в модели циркуляции океана, то определяют вычисляемые сетки в указанной сеточной структуре на основе вычислительных требований, включая:

получение областного типа, соответствующего каждой сетке в указанной сеточной структуре; определение сеток, указанным областным типом которой является указанный тип океана, как вычисляемую сетку.

В одной возможной реализации обмен данными между указанным главным вычислительным блоком и указанным по меньшей мере одним вычислительным подблоком осуществляется с использованием прямого доступа к памяти.

В одной возможной реализации на основе указанной заданной стратегии распределения, управляют указанным главным вычислительным блоком для распределения областных данных, соответствующих

второстепенной вторичной подсеточной структуре, по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок, включая:

на основе заданной стратегии двумерного разделения второго направления и указанного вертикального направления, управление указанным главным вычислительным блоком для разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, на сеточной плоскости, соответствующей указанному второму направлению и указанному вертикальному направлению, и получение указанной второстепенной вторичной подсеточной структуры и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре, для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре после разделения, указанным главным вычислительным блоком по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок.

Вышеупомянутая шина связи может быть шиной стандарта взаимосвязи периферийных компонентов (Peripheral Component Interconnect, PCI) или шиной расширенной стандартной промышленной архитектуры (Extended Industry Standard Architecture, EISA) и т.п. Данная шина связи может иметь различные типы, такие как адресная шина, шина данных, шина управления и т.п. Для простоты изложения на чертежах его представление осуществляется только с помощью одной толстой линии, но это не означает, что имеется только одна штука шины или шины одного типа.

Интерфейс связи используется для связи между вышеупомянутыми электронным устройством и другим устройством.

Память может включать в себя память с произвольным доступом (Random Access Memory, RAM), а также энергонезависимую память (Non-Volatile Memory, NVM), например, по меньшей мере одну дисковую память. Альтернативно, память также может представлять собой по меньшей мере одно запоминающее устройство, расположенное на расстоянии от вышеупомянутого процессора.

Вышеупомянутый процессор может быть процессором общего назначения, включающим центральный процессор (Central Processing Unit, CPU), сетевой процессор (Network Processor, NP) и т.д.; также может быть цифровым сигнальным процессором (Digital Signal Processing, DSP), интегральной схемой специального назначения (Application Specific Integrated Circuit, ASIC), полевой программируемой вентильной матрицей (Field-Programmable Gate Array, FPGA) или другим программируемым логическим устройством, дискретным вентильным или транзисторным логическим устройством, дискретным аппаратным узлом.

Поскольку способы осуществления для решения задачи каждого элемента электронного устройства в вышеуказанном варианте осуществления изобретения и полезные эффекты могут быть достигнуты путем обращения к этапам варианта осуществления, показанным на фиг. 3, конкретный рабочий процесс и полезные эффекты электронного устройства, обеспечиваемые вариантом осуществления настоящего изобретения, здесь не повторяются.

В еще одном варианте осуществления настоящего изобретения также предусмотрен компьютерно-считываемый носитель информации, причем инструкции, хранящиеся на данном компьютерно-считываемом носителе информации, которые при своей работе на компьютере заставляют компьютер выполнить любой из способов обработки данных вышеуказанного варианта осуществления.

В еще одном варианте осуществления настоящего изобретения также предусмотрен компьютерно-программный продукт, включающий инструкции, которые при своей работе на компьютере заставляют компьютер выполнить любой из способов обработки данных вышеуказанного варианта осуществления.

Специалисты в данной области техники должны понимать, что вариант осуществления из вариантов осуществления настоящего изобретения может быть представлен в виде метода, системы или компьютерно-программного продукта. Таким образом, вариант осуществления настоящего изобретения может быть принят в форме полноаппаратного варианта, полнопрограммного варианта или варианта, сочетающего программный и аппаратный аспекты. Кроме того, вариант осуществления настоящего изобретения может быть принят в форме компьютерно-используемого программного продукта, реализованного на одном или нескольких компьютерных носителях информации (включая, но не ограничиваясь этим, дисковую память, CD-ROM, оптическую память и т.д.), содержащих компьютерно-используемый программный код.

Компьютерно-программные инструкции в варианте осуществления изобретения описаны в соответствии со схемой процесса и/или блок-схемой способа, аппарата (системы) и компьютерного программного продукта в варианте осуществления из вариантов осуществления настоящего изобретения. Следует понимать, что с помощью компьютерно-программных инструкций может осуществляться каждый процесс и/или блок из схемы процесса и/или блок-схемы и/или комбинация процессов и/или блоков из блок-схемы и/или блок-схемы. Эти компьютерно-программные инструкции могут быть предоставлены процессору компьютера общего назначения, специализированного компьютера, встроенного процессора или другого программируемого устройства обработки данных для создания машины таким образом, чтобы инструкции, выполняемые процессором компьютера или другого программируемого устройства обработки данных, создали устройство для реализации назначенных функций одного или нескольких процессов из схемы процесса и/или одной или нескольких блоков из блок-схемы.

Эти компьютерно-программные инструкции также могут храниться в компьютерно-считываемой

памяти, способной вводить компьютер или другое программируемое устройство обработки данных в работу определенного режима, чтобы инструкции, хранящиеся в компьютерно-считываемой памяти, создали изделие с командным устройством, причем данное командное устройство реализует функцию одного или нескольких процессов блок процесса и/или одного или нескольких блоков из блок-схемы.

Эти компьютерные программные инструкции также могут быть загружены в компьютер или другое программируемое устройство обработки данных таким образом, чтобы на компьютере или другом программируемом устройстве выполнялись ряд операционных шагов для создания реализуемого компьютерном обработке таким образом, чтобы инструкции, выполняемые на компьютере или другом программируемом устройстве, обеспечивали инструкции для реализации шагов назначенной функции одного или нескольких процессов из схемы процесса и/или одного или нескольких блоков из блок-схемы.

Хотя были описаны предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения, дополнительные изменения и модификации этих вариантов могут быть сделаны специалистами в данной области после того, как основные изобретательские концепции станут известны. Поэтому прилагаемую формулу изобретения предполагается толковать как включающую предпочтительные варианты осуществления изобретения и все изменения и модификации, которые входят в объем вариантов осуществления настоящего изобретения.

Очевидно, что специалисты в данной области техники могут вносить различные изменения и вариации в вариант осуществления из вариантов осуществления настоящего изобретения, не отходя от духа и объема вариантов осуществления в вариантах осуществления настоящего изобретения. Таким образом, если эти изменения и вариации относительно варианта осуществления из вариантов осуществления настоящего изобретения попадают в объем формулы изобретения вариантов осуществления настоящего изобретения и их технических эквивалентов, предполагается, что варианты осуществления настоящего изобретения также включают эти изменения и вариации.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки данных для получения трехмерных океанических значений в реальном времени, характеризующийся тем, что указанный способ включает

разделение Земли на географические области в меридиональном, зональном и вертикальном направлениях в соответствии с заданным пространственным разрешением и получение трехмерной сеточной структуры, соответствующей указанному земному пространству, и информации сеточной соответствующей структуры; указанная сеточная информация включает географическую область, к которой принадлежит сетка, и областные данные в пределах указанной географической области, при этом данные из областных данных являются оперативными данными в пределах соответствующей географической области;

разделение сеток в указанной сеточной структуре, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, в соответствии со сконфигурованным количеством вычислительных узлов, и получение подсеточной структуры после разделения, соответствующей каждому вычислительному узлу, и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре;

относительно каждого вычислительного узла, на основе заданной стратегии разделения, осуществление разделения сеток в указанной подсеточной структуре в первом направлении или указанном вертикальном направлении и получение вторичной подсеточной структуры после разделения и областных данных, относящихся к соответствующей структуре; и распределение областных данных, соответствующих указанной вторичной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла; указанным первым направлением является указанное зональное направление или указанное вертикальное направление; указанная вторичная подсеточная структура включает в себя вторичную подсеточную структуру, соответствующую указанному главному вычислительному блоку, и вторичную подсеточную структуру, соответствующую по меньшей мере одному вычислительному подблоку указанного вычислительного узла;

на основе указанной заданной стратегии распределения, управление указанным главным вычислительным блоком для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре, по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок для того, чтобы указанный главный вычислительный блок и по меньшей мере один указанный вычислительный подблок, основываясь на оперативных требованиях, выполнили вычисления оперативных данных из распределенных областных данных; причем указанная второстепенная вторичная подсеточная структура получена путем разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, указанным главным вычислительным блоком на сеточной плоскости, соответствующей указанным вторым направлением и указанным вертикальным направлением, причем указанным вторым направлением является указанное зональное направление или указанное меридиональное направление.

2. Способ по п.1, характеризующийся тем, что управляют главным вычислительным блоком ука-

занного вычислительного узла для распределения областных данных второстепенной вторичной подсеточной структуры по меньшей мере на один вычислительный подблок указанного вычислительного узла, включая:

относительно каждого вычислительного подблока, управление главным вычислительным блоком указанного вычислительного узла для разделения сеток в указанной второстепенной вторичной подсеточной структуре в третьем направлении в соответствии с количеством целевых блоков обработки в указанном вычислительном подблоке, получение обрабатываемой сеточной структуры, соответствующей каждому целевому блоку обработки, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре, и распределение областных данных, соответствующих указанной обрабатываемой сеточной структуре, на указанный целевой блок обработки для того, чтобы указанный целевой блок обработки выполнил вычисление областных данных, соответствующих указанной обрабатываемой сеточной структуре; указанным целевым блоком обработки является блок обработки с функцией набора векторизованных команд, соответствующей типу данных указанных областных данных.

3. Способ по п.1, характеризующийся тем, что главный вычислительный блок указанного вычислительного узла обменивается данными с главным вычислительным блоком в других вычислительных узлах, отличных от указанного вычислительного узла, используя сконфигурированный интерфейс передачи информации, при этом указанный способ дополнительно включает в себя:

передачу областных данных целевой сетки, передаваемых главным вычислительным блоком в других вычислительных узлах, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла; указанная целевая сетка представляет собой сетку, в которой существует перекрытие географических областей с сеткой, соответствующей областным данным, которые распределены на указанный вычислительный узел;

распределение областных данных, соответствующих указанной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла, включая

распределение областных данных указанной подсеточной структуры и областных данных целевой сетки, передаваемых главным вычислительным блоком указанного другого вычислительного узла, на главный вычислительный блок указанного вычислительного узла.

4. Способ по п.1, характеризующийся тем, что разделяют сетки в указанной сеточной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, получая подсеточную структуру после разделения, соответствующую каждому вычислительному узлу, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре, включая

определение вычисляемых сеток в указанной сеточной структуре на основе вычисляемых требований;

ровное разделение вычисляемых сеток в указанной сеточной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получение набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому указанному вычислительному узлу;

произвольное разделение невычисляемых сеток в указанной сеточной структуре, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям, и получение набора сеток, соответствующего указанным невычисляемым сеткам;

на основе набора вычисляемых сеток, соответствующего каждому указанному вычислительному узлу, и набора сеток, соответствующего указанным невычисляемым сеткам, определение подсеточной структуры после разделения, соответствующей каждому указанному вычислительному узлу, и областных данных соответствующей структуры.

5. Способ по п.4, характеризующийся тем, что сеточная информация дополнительно включает областную тип географической области, к которой принадлежит указанная сетка, причем указанный областной тип включает тип океана;

если указанными оперативными вычислительными требованиями являются вычислительные требования целевой переменной в модели циркуляции океана, то определяют вычисляемые сетки в указанной сеточной структуре на основе вычислительных требований, включая

получение областного типа, соответствующего каждой сетке в указанной сеточной структуре;

определение сеток, указанным областным типом которой является указанный тип океана, как вычисляемую сетку.

6. Способ по п.1, характеризующийся тем, что обмен данными между указанным главным вычислительным блоком и указанным по меньшей мере одним вычислительным подблоком осуществляется с использованием прямого доступа к памяти.

7. Способ по п.1 или 2, характеризующийся тем, что на основе указанной заданной стратегии распределения управляют указанным главным вычислительным блоком для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре, по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок, включая, на основе заданной стратегии двумерного разделения второго направления и указанного вертикального направления, управление указанным главным вычислительным блоком для разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, на сеточной плоскости, соответствующей

указанному второму направлению и указанному вертикальному направлению, и получение указанной второстепенной вторичной подсеточной структуры и областные данные, относящиеся к соответствующей структуре, для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре после разделения, указанным главным вычислительным блоком, по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок.

8. Устройство для обработки данных для получения трехмерных океанических значений в реальном времени, характеризующееся тем, что устройство включает в себя

блок областного разделения, который выполнен с возможностью его применения для разделения Земли на географические области в меридиональном, зональном и вертикальном направлениях в соответствии с заданным пространственным разрешением, и получения трехмерной сеточной структуры, соответствующей указанному земному пространству, и сеточной информации соответствующей структуре; указанная информация сеточной включает географическую область, к которой принадлежит сетка, и областные данные в пределах указанной географической области, при этом данные из областных данных являются оперативными данными в пределах соответствующей географической области;

блок сеточного разделения, который выполнен с возможностью его применения для разделения сеток в указанной структуре в соответствии со сконфигурированным количеством вычислительных узлов, на сеточной плоскости, соответствующей меридиональному и зональному направлениям в указанной сеточной структуре, и получения подсеточной структуры, соответствующей каждому вычислительному узлу после разделения, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре;

и, относительно каждого вычислительного узла, на основе заданной стратегии разделения, разделение сеток в указанной подсеточной структуре в первом направлении или в указанном вертикальном направлении и получение вторичной подсеточной структуры после разделения, соответствующей главному вычислительному блоку в указанном вычислительном узле, и областных данных, относящихся к соответствующей структуре;

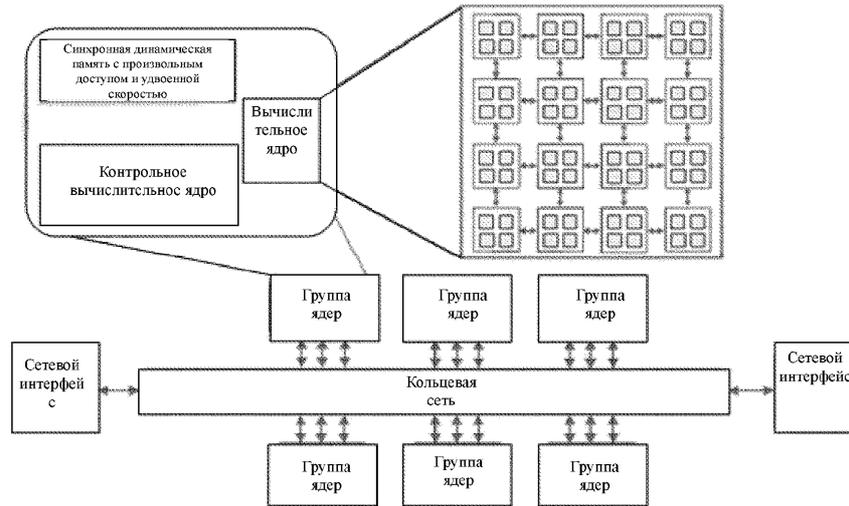
блок распределения данных, который выполнен с возможностью его применения для распределения областных данных, соответствующих указанной вторичной подсеточной структуре, на главный вычислительный блок соответствующего вычислительного узла; указанное первым направлением является указанное зональное направление или указанное вертикальное направление; указанная вторичная подсеточная структура включает в себя вторичную подсеточную структуру, соответствующую указанному главному вычислительному блоку, и вторичную подсеточную структуру, соответствующую по меньшей мере одному вычислительному подблоку указанного вычислительного узла;

блок управления, который на основе указанной заданной стратегии распределения, выполнен с возможностью его применения для управления указанным главным вычислительным устройством для распределения областных данных, соответствующих второстепенной вторичной подсеточной структуре, по меньшей мере на один указанный вычислительный подблок для того, чтобы указанный главный вычислительный блок и по меньшей мере один указанный вычислительный подблок, основываясь на оперативных требованиях, выполнили вычисление оперативных данных из распределенных областных данных; причем указанная второстепенная вторичная подсеточная структура получена путем разделения сеток во вторичной подсеточной структуре, соответствующей по меньшей мере одному указанному вычислительному подблоку, указанным главным вычислительным блоком, на сеточной плоскости, соответствующей указанному второму направлению и указанному вертикальному направлению, причем указанным вторым направлением является указанное зональное направление или указанное меридиональное направление.

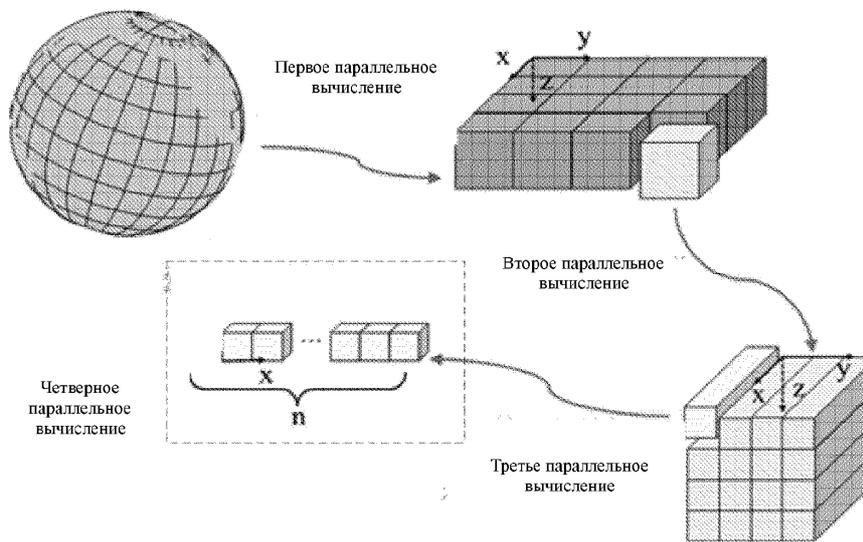
9. Электронное устройство, характеризующееся тем, что указанное электронное устройство включает в себя процессор, интерфейс связи, память и шину связи, при этом связь между процессором, интерфейсом связи и памятью осуществляется через шину связи;

память обеспечивает возможность ее использования для хранения компьютерных программ;

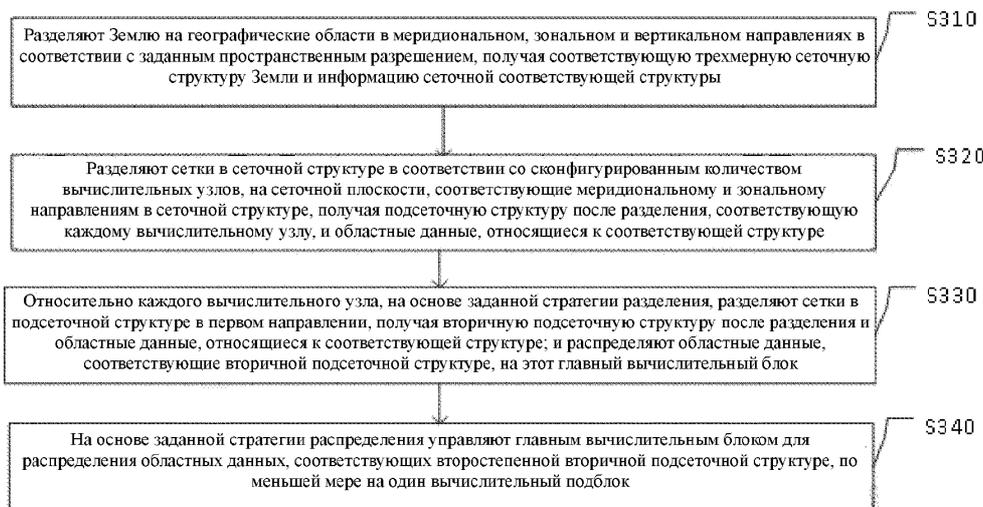
процессор выполнен с возможностью его использования для осуществления любого этапа способа по любому из пп. 1-7 при выполнении программы, хранящейся в памяти.



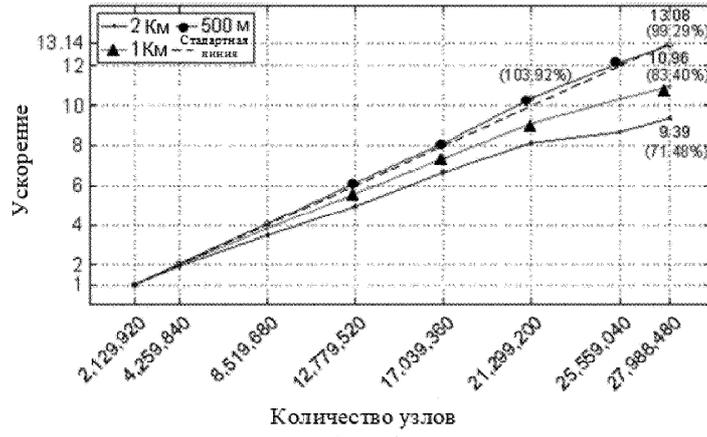
Фиг. 1



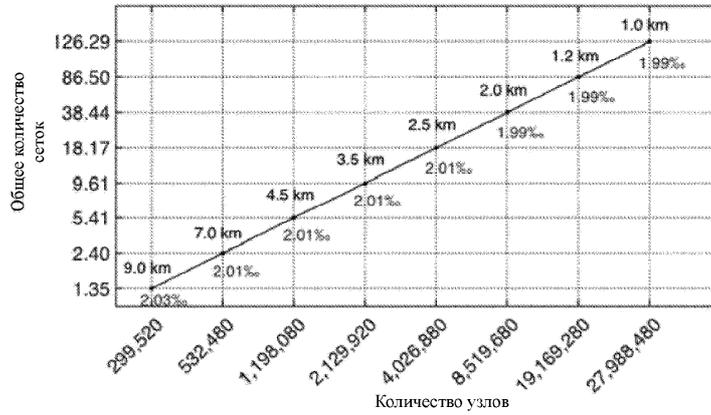
Фиг. 2



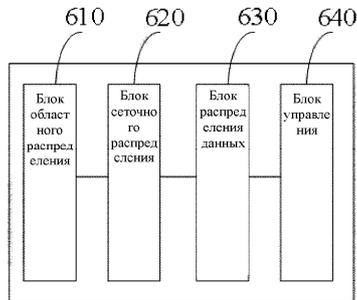
Фиг. 3



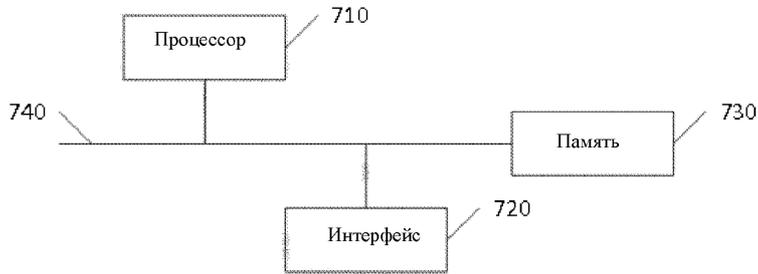
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

