**6.2. Компонент управления исполнением**

Программный компонент управления исполнением в среде интеллектуальной поддержки предназначен для обеспечения запуска и исполнения заданий в распределенной среде сервисов на основе концепции iPSE [**ссылка?**], в рамках моделей (а) монопольного использования суперкомпьютера, (б) метакомпьютинга, (в) Грид. Выбор задания из общей очереди и назначение на вычислительный ресурс осуществляется на основе расписания исполнения WF, формируемого самим компонентом на основе поступающего в компонент WF.

Программный компонент управления исполнением предназначен для организации запуска расчетов на распределенных вычислительных ресурсах (отдельных кластерах, группах персональных компьютеров или ресурсах Грид-сети), что включает в себя передачу входных данных и параметров запуска, контроль процесса работы приложения, получение выходных данных с удаленного вычислителя. В ходе работы компонента происходит сбор статистической информации, в дальнейшем используемой для анализа эффективности работы прототипа системы интеллектуальной поддержки и формируемых цепочек заданий.

Программный компонент управления исполнением включает в себя модули контроля вычислительной инфраструктуры и управления исполнением заданий на вычислительных сервисах, входящих в ее состав. В интерфейс данного компонента входят базовые команды работы с элементами WF: определение заданий для запуска, соответствующих элементам WF; запуск и остановка выполнения заданий; получение информации о текущем состоянии заданий, включая идентификаторы файлов расчета в директории хранения данных.

В интерфейс компонента исполнения WF входят базовые команды работы с заданиями: описание заданий и связей между ними; запуск и остановка выполнения конкретных заданий; получение информации о текущем состоянии заданий, включая идентификаторы файлов расчета в директории хранения данных. С каждым заданием ассоциируется множество входных файлов с именами и уникальными идентификаторами файла в директории, а также множество параметров запуска. Все сформированные задания, не зависящие от других, помечаются как готовые к исполнению, а с заданий, получивших зависимость по данным, такая пометка снимается.

Каждый раз при добавлении нового задания или освобождении вычислительного ресурса (вследствие окончания расчета) компонентом управления исполнением инициируется процесс планирования, т. е. построения отображения множества готовых к выполнению заданий на множество вычислительных ресурсов.

Планирование исполнения WF осуществляется следующим образом. При построении плана для WF выполнение отдельных его блоков планируется независимо друг от друга и осуществляется лишь в соответствии с некоторой заданной эвристикой использования вычислительных ресурсов (алгоритмы Min-min, Max-min и Sufferage). Входными данными эвристик служат оценки времени выполнения всех задач WF на всех ресурсах системы (из них в соответствии с правилами выбранной эвристики выбирается оптимальная по некоторому критерию), а выходными – информация о том, какую задачу и на каком ресурсе следует запустить. Результатом планирования в этом случае является список задач с указанием того, какая задача и на каком ресурсе будет запущена, а также примерная оценка времени занятости вычислительных ресурсов, которая строится на основе полученных данных планирования задач текущего WF и данных о занятости ресурсов на момент начала планирования. Результирующим в этом случае является максимальное время выполнения какой-либо его задачи WF с учетом загруженности ресурса, на который назначена эта задача, на момент начала планирования. Алгоритм работы процедуры планирования изображен на рисунке 6.2.1.

***Процедура планирования исполнения***

***WF***

**Планировщик**

Эвристики планирования

**Модуль оценки времени**

**выпо**

**лнения задач на**

**вычислительных ресурсах**

База моделей

производительнос

ти

Извлечение параметров

производительности

ресурсов

Построение модели запус

ка

задачи на ресурсе

**использует**

**вызывает**

**вызывает**

**использует**

Рисунок 6.2.1 − Алгоритм планирования исполнения WF

Результат работы процедуры планирования выполняет важную роль в интерпретации абстрактного WF и превращении его в конкретный.

Согласно полученному расписанию, компонентом управления исполнения осуществляется запуск заданий на соответствующих вычислительных ресурсах, контроль их исполнения, а также пред- и постобработка, выполняемая при помощи компонента базы пакетов.

При успешном завершении одного из заданий компонентом управления исполнением определяются все зависимые от завершившегося шага элементы WF. Файлы расчета в соответствии с типами файлов найденных зависимостей забираются с вычислительного ресурса и записываются в целевую директорию. Все элементы WF, которые более не зависят от незавершившихся шагов, помечаются как готовые к исполнению.

При сбое одного из заданий, оно помечается готовым к новому запуску на ресурсах, отличных от тех, на которых ранее происходили сбои при выполнения данного элемента WF. Повторный запуск осуществляется в обычном порядке. При превышении количества неуспешных попыток запуска установленной критической величины, весь WF считается закончившимся с ошибкой.

Входными данными компонента являются SOAP-запросы к соответствующему web-сервису. Описание всех возможных для запуска извне методов приведено в табл. 6.2.1. Кроме того, к входным данным компонента пакетного запуска относится расписание исполнения WF, полученное от компонента планирования.

**Таблица 6.2.1 Методы web-сервиса, доступные для вызова извне**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Имя метода** | **Тип возвращаем-ого значения** | **Параметры метода** | **Описание** |
| Define | void | TaskDescription[] tasks, TaskDependency[] dependencies | Создать описание задач:  "tasks" > Описание заданий  "dependencies" > Описание зависимостей |
| Execute | void | ulong[] taskIds | Запустить созданные ранее задачи на свободном вычислителе:  "taskIds" > Идентификаторы заданий |
| Abort | void | ulong[] taskIds | Остановить выполнение запущенных задач:  "taskId"s > Идентификаторы заданий |
| GetInfo | Task | ulong taskId | Получить информацию о задаче и ее состоянии. Возвращает информация о задаче, ее состоянии и выходных файлах:  "taskId" > Идентификатор задания |
| GetNewTaskId | ulong | – | Сгенерировать уникальный идентификатор задания |

Выходными данными программного компонента управления исполнением являются ответы на поступившие SOAP-запросы, а также сформированные входные файлы, скрипты и команды к управляющим системам вычислительных ресурсов.

Прототип программного компонента разработан на языке C# на основе платформы .Net версии 4.0.

Перечень характеристик, которые могут измеряться компонентом управления исполнением имеет вид:

*: Время нахождения задачи в очереди на исполнение внутри компонента управления исполнением*. Данная очередь не связана с очередью на исполнение конкретных вычислительных ресурсов. Перед запуском задача изымается из *очереди*.

*: Время выбора вычислительного ресурса –* это время планирования всего WF, соотнесенное с числом запущенных задач в соответствии с выработанным планом.

*: Время работы базы пакетов по формированию входных/выходных файлов, а также формированию и извлечению входных/выходных параметров –* эта характеристика отражает, сколько времени требуется базе пакетов для извлечения и вычисления параметров пакета/запуска, не заданных пользователем явно, а также для составления/конвертации дополнительных входных файлов.

*: Время копирования входных файлов –* параметр отражает время копирования входных файлов из заданной директории временного хранения данных на целевой вычислительный ресурс. В зависимости от типа самого ресурса это может быть не та папка, в которой производится запуск вычислительного пакета, а например, папка общего доступа в сети компьютерного класса или GridFTP-папка. Система управления ресурсом при запуске заберет такие файлы на свою машину сама.

*:  Издержки доступа к вычислительным ресурсам –* накладные расходы, связанные с предоставлением интерфейса к выбранному ресурсу и формированием команд системе на запуск и остановку задачи.

*:  Время вычислений на выбранном ресурсе –* данная характеристика включает, помимо собственное время работы приложения, совокупные накладные расходы исполнения: издержки системы управления ресурсом (например, Torque), время простоя в очереди непосредственно на ресурсе, а также временной лаг между моментом окончания работы пакета на ресурсе и моментом обновления информации о его состоянии в системе интеллектуальной поддержки.

*: Время копирования выходных файлов –* данная характеристика отражает время копирования файлов в заданную пользователем директорию из папки счета или папки, в которую система управления ресурсом помещает результат расчета.

*: Издержки компонента управления исполнением –* накладные расходы, связанные с запуском конкретного элемента WF, но не вошедшие в во времена *.*

*: Издержки интерпретации WF –* накладные расходы на обработку самого WF, не связанные непосредственно с запуском его элементов.

Характеристики *…* используются для описания временных характеристик работы системы интеллектуальной поддержки при запуске вычислительных пакетов с целью оценки эффективности и оптимальности функционирования системы.

Выбор характеристик *…* обусловлен тем, что они допускают прямое измерение внутренними средствами системы интеллектуальной поддержки непосредственно в процессе функционирования. Как следствие, их определение в процессе эксперимента не вносит дополнительных временных задержек, приводящих к искажению общего результата.

В таблице 6.2.2 и на рисунке 6.2.2 приведены результаты анализа измерений временных характеристик системы интеллектуальной поддержки при запуске сервиса моделирования динамики морского объекта. В таблице 6.2.1 приведены оценки среднего значения, СКО, квантили 10% обеспеченности (с 95% доверительными интервалами) для суммарного времени выполнения, основных составляющих модели, а также всех составляющих времени функционирования. Единственным исключением при обработке описанных времен, является время пребывания отдельного задания в очереди, поскольку в силу специфики сервиса, проведенный эксперимент посвящен параллельной обработке диапазона параметров морского объекта, и все задания стоят в очереди в рамках одного WF и не являются независимыми. Также для этого сервиса не оценивается общее время работы всего WF, а только – время выполнения отдельных заданий.

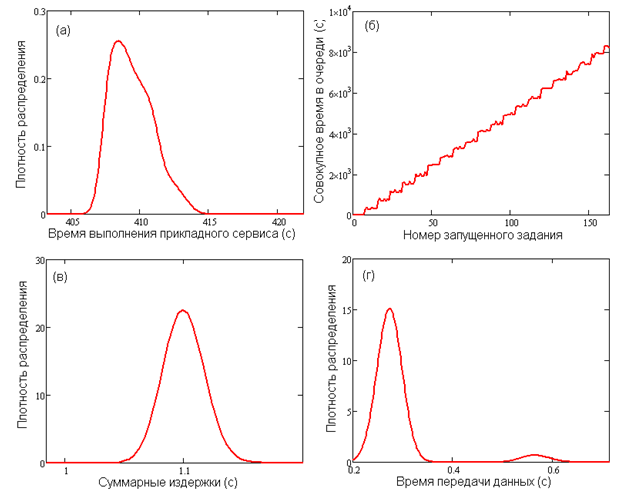


Рисунок 6.2.2 − Ядерные оценки плотности распределения составляющих времени функционирования систему интеллектуальной поддержки при запуске сервиса моделирования динамики морского объекта

**Таблица 6.2.2 − Временные характеристики функционирования системы интеллектуальной поддержки при запуске сервиса моделирования динамики морского объекта (время исполнения прикладного пакета – 407 с)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | Моменты, с. | | Квантиль 10% обеспеченности, с. | | |
|  |  |  |  |  |
| **Составляющие модели времени выполнения прикладного сервиса на отдельном ресурсе** | | | | | |
| Время исполнения пакета на выбранном ресурсе (Т6) | 409.460 | 1.456 | 411.007 | 411.453 | 411.899 |
| Время передачи данных (Т4+Т7) | 0.288 | 0.064 | 0.278 | 0.281 | 0.284 |
| Суммарные накладные расходы | 1.103 | 0.043 | 1.107 | 1.109 | 1.112 |
| **Составляющие издержек времени выполнения в облачной среде МИТП** | | | | | |
| Время выбора вычислительного ресурса (Т2) | 0.016 | 0.007 | 0.015 | 0.016 | 0.016 |
| Время работы базы пакетов по формированию входных/выходных файлов и параметров (Т3) | 0.049 | 0.007 | 0.061 | 0.063 | 0.064 |
| Время копирования входных файлов (Т4) | - | - | - | - | - |
| Издержки доступа к вычислительным ресурсам (Т5) | 1.024 | 0.044 | 1.029 | 1.031 | 1.034 |
| Время копирования выходных файлов (Т7) | 0.288 | 0.064 | 0.278 | 0.281 | 0.284 |
| Издержки компонента управления исполнением (Т8) | 0.028 | 0.030 | 0.092 | 0.100 | 0.108 |