

**АГЕНТНЫЕ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ СИСТЕМЫ GRID****С. А. Казаков, Е. Н. Шананина, Ю. А. Шебеко (Москва)**

Данное направление исследований посвящено разработке имитационных моделей проблемных ситуаций, возникающих перед брокерами ресурсов сетей *Grid*.

Многие системы управления ресурсами *Grid*, такие как *Legion*, *Condor*, *AppLeS*, *PST*, *NetSolve*, *PUNCH*, *XtremWeb* и т. д., используют, как правило, лишь простые схемы распределения, настраиваемые системными параметрами функции стоимости. Цель таких схем – увеличение пропускной способности системы и её загруженности с точки зрения уменьшения времени выполнения задач, а не увеличение рентабельности ресурсов сетей в целом.

Как справедливо отмечается в [2], внимание, как правило, не концентрируется на изменениях цены использования ресурса. А это означает, что значимость выполнения всех приложений в любое время одинакова. В реальности, однако, это не совсем так. Ведь значимость всё же должна возрастать с приближением срока выполнения прикладной задачи. И тогда, на уровне внутрисистемного менеджмента, между владельцами и пользователями сетей *Grid* (архитектура которых в последнее время становится всё более децентрализованной) могут возникать нетривиальные взаимоотношения, связанные с распределением и динамическим перераспределением ресурсов. Для решения подобных задач в [1] предлагается использовать опыт, накопленный при разработке экономико-математических методов и моделей.

До последнего времени поведение сетей *Grid* практически не рассматривалось с точки зрения их экономической эффективности. Действительно, рыночная модель распределения ресурсов характеризуется, прежде всего, тем, что цена каждого ресурса определяется потребностями в нем пользователей, а также его доступностью. Тогда пользователь *Grid* начинает конкурировать с другими пользователями, а владельцы ресурсов – с другими владельцами. Подобная способность ценовых механизмов подменять локальные решения по управлению некоторыми глобальными экономическими характеристиками может эффективно применяться при организации вычислений в больших системах распределения ресурсов, таких, как *Grid* или *Internet*.

Для описания подобных систем, состоящих из множества разнородных субъектов с различными целями, подходят так называемые *агентные* модели. Если попытаться посмотреть на глобальные вычислительные сети с этой точки зрения, то в первую очередь можно отметить следующее. В системе *Grid* действуют два основных типа субъектов: поставщики ресурсов и их потребители. И те, и другие имеют собственные стратегии. Потребители ресурсов применяют стратегии решения своих прикладных задач в зависимости от требуемого времени и наличного бюджета. Поставщики используют стратегию получения наибольшей выгоды от вложенных средств и стараются максимизировать использование своих ресурсов. Желательно было бы построить модель, описывающую поведение такой системы с учётом интересов конкурирующих субъектов. В [2] выделяется и третий тип субъекта – *брокер* ресурсов. Однако собственных целей он не имеет, и его функции заключаются в поиске поставщиков ресурсов, удовлетворяющих запросам пользователей.

Модели с похожими свойствами уже строились ранее, правда, для описания лишь экономических явлений. Так, например, в работе [3] была построена имитационная модель самоорганизации торговых сетей. В этой модели рассматривался однопродуктовый рынок, на котором действовали агенты двух основных типов: торговцы-поставщики и потребители товара. Там присутствовали и агенты третьего типа, так на-

зываемые производители, но собственных целей они не имели и самостоятельно не действовали. Функции производителей сводились к предоставлению всем обращающимся к ним покупателям любого запрошенного количества товара по фиксированной цене. Таким образом, торговцы использовали стратегию получения наибольшей прибыли, а потребители стремились максимизировать потребление товара.

Поставщики ресурсов *Grid* по своему поведению очень похожи на торговцев из модели [3], а потребители ресурсов при этом вполне аналогичны потребителям товара.

Далее предпринимается попытка реализовать эту модель средствами *AnyLogic*TM.

Как и в исходной математической модели, представлены агенты трех типов – конечные потребители (потребители вычислительных ресурсов), торговцы (активные поставщики ресурсов) и производители (владельцы ресурсов).

Цель конечных потребителей – потребить необходимое количество ресурсов с минимальными затратами. Цель поставщиков ресурсов – поставить требуемое количество ресурсов, при необходимости, привлекая к этому владельцев ресурсов. Владельцы ресурсов могут предоставлять их в зависимости от своих возможностей и текущей конъюнктуры спроса на ресурсы. Все агенты размещены на плоскости и имеют координаты (x, y) . Учитывается воздействие торговых расстояний – некоторой характеристики, влияющей на издержки при потреблении и поставке ресурсов и зависящей от физического расстояния между агентами и качества инфраструктуры.

В модели изменения состояний экономических агентов подразделяются на *быстрые* и *медленные*. Быстрые решения принимаются агентами в каждый момент времени и могут меняться скачками. Медленные решения формируются по наблюдениям за быстрыми, являются непрерывными и по сути увеличивают значение показателя, характеризующего экономический интерес агента. У конечного потребителя таким показателем служит *потребление*, а у торговца – *чистая прибыль*. Ниже демонстрируется фрагмент модели поведения конечного потребителя.

Итак, потребитель обладает следующими внутренними характеристиками: потребность в ресурсах, расходы в единицу времени на поиск ресурсов, заработная плата, среднее время потребления единицы ресурсов, скорость адаптации профиля предпочтений. Выбор поставщика ресурсов осуществляется на основе профиля предпочтений, определяющего вероятность обращения к тому или иному поставщику ресурсов. Конечный потребитель может находиться в одном из трех состояний – состоянии работы, подключения ресурсов и потребления ресурсов.

Ниже описана последовательность смены состояний конечного потребителя, а соответствующий стейтchart представлен на рис. 1.

1. Потребитель обменивается информацией с ближайшим потребителем или торговцем.

2. Если есть необходимость, потребитель меняет состояние. Время нахождения в каждом состоянии – это реализация случайной величины, распределенной по пуассоновскому закону с соответствующей частотой. Например, частота для времени нахождения в состоянии работы определяется по формуле:

$$\Lambda_i = \left(\sum_j \frac{\alpha_{ij} (\beta_{ij} p_j + k_i r_{ij})}{s_i} \right)^{-1},$$

где $i \in I$ – множество потребителей, $j \in J$ – множество поставщиков, α_{ij} – профиль предпочтений, β_{ij} – вероятность наличия ресурсов у поставщика, p_j – информация о ценах, k_i – , расходы в единицу времени на поиск ресурсов, r_{ij} – торговое расстояние, s_i – заработная плата. Таким образом, величина Λ_i определяет, сколько времени должен работать i -ый потребитель, чтобы оплатить затраты на оплату и поиск ресурсов.

Если потребитель работал, то он выбирает продавца в соответствии с профилем предпочтений, определяет время, которое уйдет на подключение ресурсов, и переходит в состояние подключения ресурсов.

Если он находился в состоянии подключения ресурсов, то он обменивается информацией с поставщиком и, в случае успешного подключения ресурсов, переходит к их потреблению, определив необходимое время потребления. В противном случае возвращается в состояние работы.

Если он находился в состоянии потребления, то, потребив ресурсы, переходит в состояние работы.

3. Потребитель меняет профиль предпочтений α_{ij} по формулам:

$$\alpha_{ij}(t+1) = \alpha_{ij}(t) + \mu_i (\alpha_{ij}^*(t) - \alpha_{ij}(t))$$

$$\alpha_{ij}^* = \frac{\sum_{j \in J^*} e_j}{|J^*|}$$

$$j \in J^* = \text{Arg min}_j \left\{ \frac{p_{ij}}{s_i + k_i} + \frac{r_{ij}}{\beta_{ij}} \right\},$$

где μ_i – скорость адаптации профиля предпочтений, e_j – часть спроса, соответствующая j -му поставщику. Таким образом, потребитель увеличивает вероятность обращения к тем поставщикам, для которых полные средние затраты времени, связанные с потреблением единицы ресурсов, будут минимальны.

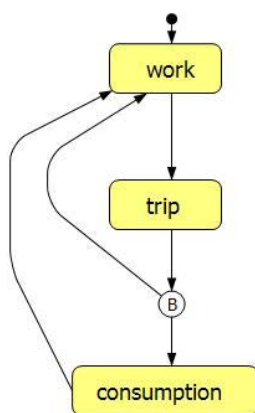


Рис. 1. Стейтchart конечного потребителя

Большое влияние на поведение агентов оказывает процесс обмена информацией. Исследовались две модели информационного обмена. В "кластерной" модели ближайшие соседи обменивались наиболее "свежей" информацией о ценах и вероятностях наличия ресурсов у поставщиков. Если на схеме размещения агентов нарисовать эти информационные связи, получится граф, распадающийся на связные куски. Каждый такой связный подграф представляет собой кластер покупателей, внутри которого информация распространяется быстро. Пример такого графа представлен на рис. 2. Конечные потребители изображены в виде квадратиков, причем состоянию работы соответствует зеленый цвет, состоянию подключения ресурсов соответствует красный цвет, состоянию потребления соответствует синий цвет. Поставщики изображены в виде кружков, желтый цвет которых соответствует свободному состоянию, а серый – состоянию по-

ездки за товаром. Владельцы ресурсов изображены в виде треугольников. Линиями между собой соединены ближайшие соседи, между которыми происходит быстрый обмен информацией.

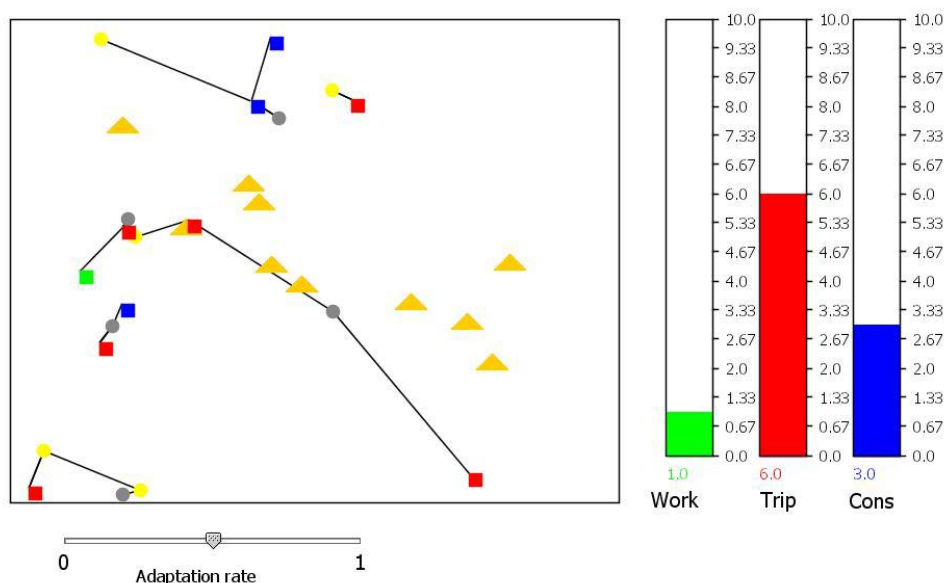


Рис. 2. Граф информационного обмена

Второй моделью обмена информацией стала модель с "полной информацией". В этом случае в начале каждого шага все агенты узнают обо всех ценах и вероятностях наличия ресурсов у поставщиков.

В последнее время наблюдается рост интереса к *Grid*-технологиям. Они рассматриваются как наиболее перспективные с точки зрения глобально распределенных вычислений с использованием географически удаленных ресурсов. Многие государства ведут разработку национальных *Grid*-проектов. В подобных исследованиях принимают участие и сотрудники Межведомственного Суперкомпьютерного Центра РАН.

По мнению авторов, имитационное агентное моделирование целесообразно использовать в решении актуальных проблем разработки и эксплуатации *Grid*-сетей, таких, как проблемы динамического планирования и распределения сетевых ресурсов, проблемы влияния качества инфраструктуры на эффективность функционирования, исследование различных моделей информационного обмена между участниками *Grid*-взаимодействий и т. д.

Литература

1. **Drozdowski M.** Scheduling multiprocessor tasks – an overview//European J. of Oper. Research. –1996. Vol. 94. –P. 215–230.
2. **Аветисян А. И., Гайсарян С. С., Грушин Д. А., Кузюрин Н. Н., Шокуров А. В.** Эвристики распределения задач для брокера ресурсов Grid//Труды Института системного программирования РАН. –2004.
3. **Гуриев С. М., Поспелов И. Г., Шахова М. Б.** Имитационная модель самоорганизации торговых сетей. М.: Вычислительный центр РАН.