

Методика распределенного построения расписаний для систем обслуживания с древовидной структурой связей между операциями

И.А. Янков, С.В. Шибанов

*Пензенский государственный университет
igor.yankov@gmail.com, serega@pnzgu.ru*

Качество работы отраслей современной экономики во многом зависит от качества решений, принимаемых на этапах планирования и оперативного управления. В ряде областей человеческой деятельности (управлении, производстве, транспорте, образовании, сельском хозяйстве и т.д.) использование средств автоматизированного планирования позволяет вывести эффективность работы на принципиально новый уровень. Именно поэтому в последнее время большое распространение получили системы автоматического построения и динамического управления расписаниями. Задачей таких систем является генерация оптимальных расписаний и поддержка сводного плана в актуальном состоянии, т.е. динамическое перестроение расписания согласно изменяющимся внешним условиям и данным о выполнении плана.

В тоже время, наиболее выгодным является использование таких систем в областях, где в сводном расписании участвуют множество разнотипных ресурсов, выполняя различные действия, направленные на достижение заданной цели. Хорошим примером может служить расписание машин и водителей, работающих в компании по сдаче автомобилей в аренду, потому что, выполняя забор/доставку машин клиентам, водители подвозят другу друга на различных участка пути. Для таких предметных областей характерна большая связанность всех ресурсов, когда расписание одного участника тесно переплетается с другими и почти не может быть изменено без серьезного перестроения всего плана. Кроме того, в процессе выполнения расписания высока вероятность наступления событий, которые требуют немедленной корректировки или перестроения сводного плана. Например, возникновение пробок на дорогах, поломка автомобилей, опоздание водителей и т.д.

В ходе анализа практических задач подобного рода было выявлено, что структура таких расписаний несколько сложнее, чем абстрактные модели расписаний для одностадийных и многостадийных систем обслуживания, которые хорошо исследованы в рамках теории расписаний [5]. Особенностью является то, что каждое требование обрабатывается на нескольких ресурсах, а порядок выполнения операций имеет древовидную структуру [1]. Для решения этой задачи были предложены модели и методы [2-3], которые позволяют генерировать и перестраивать сильносвязанные расписания, основываясь на заданных пользователем критериях оптимизации. Суть подхода состоит в разбиении задачи планирования заказа на несколько подзадач, каждая из которых последовательно ищет ресурсы для своего размещения. В данном случае задача – это единица поиска наиболее оптимального соответствия работа-ресурс. Для каждой предметной области характерны свои типы задач и ресурсов, но в общем виде процесс планирования начинается с поиска оптимального ресурса для задачи верхнего уровня. Далее, согласно правилам ветвления задач, создаются подчиненные задачи, которые отражают собой необходимость проведения комплекса работ для подготовки основного ресурса. Например, при планировании автобуса на рейс, необходимо найти ресурс для помывки автобуса. При планировании водителя для доставки автомобиля клиенту необходимо найти водителю возможность вернуться на станцию и т.д. Таким образом, каждая задача в процессе планирования создает не только операции, определяющие ресурс и временные рамки выполнения соответствующей работы, но и может создавать подзадачи, формирующие дерево причинно-следственных связей всего расписания. На

рисунке 1 представлен пример дерева задач, получаемого в результате планирования заказов компании, сдающей автомобили в аренду.

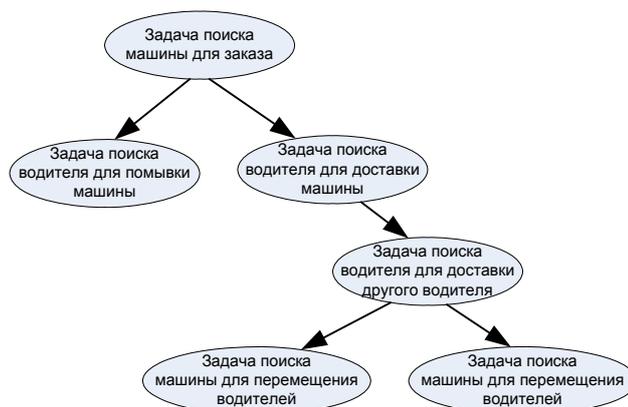


Рисунок 1. Пример дерева задач.

Процесс поиска наиболее оптимального ресурса для любой задачи состоит из двух этапов: вычисление предварительной цены размещения задачи на каждом доступном ресурсе и выявление точной цены для некоторого множества предварительно лучших ресурсов. Предварительная цена размещения учитывает все заранее заданные пользователем критерии оптимизации. Точная же цена учитывает и стоимости планирования подчиненных задач. В итоге, работа размещается на том ресурсе, точная цена которого будет минимальна. В процессе планирования любая задача может инициировать перепланирование целой группы ранее размещенных работ. В этом случае процесс их перепланирования происходит согласно вышеописанным правилам.

Предложенная методика успешно применялась при разработке автоматизированной системы планирования для компании, сдающей автомобили в аренду [4]. Этот бизнес представляет собой процесс предоставления клиентам автомобилей на прокат. Клиент указывает группу желаемого автомобиля, время и место, где он хотел бы его забрать, а также время и место, где он бы хотел его оставить после истечения срока аренды. Для обслуживания клиентов компания имеет огромный флот машин и большой штат водителей, которые ежедневно доставляют и забирают тысячи автомобилей на обширной территории, разделенной на небольшие регионы – зоны, обслуживаемые ресурсами одной станции.

Система планирования позволяет автоматизировать процесс построения и управления расписанием машин и водителей. Водители в режиме реального времени получают на мобильные устройства задания и в ответ сообщают результаты их выполнения. В систему поступают внешние события различных типов: сообщения о новых заказах, изменение деталей существующих заказов, данные о недоступности ресурсов, информация об опозданиях водителей во время выполнения заданий и т.д. Каждое событие попадает в очередь, где ожидает обработки в планировщике.

Первые результаты работы показали, что с ростом числа станций, обслуживаемых одной системой, происходит линейный рост количества поступающих событий и экспоненциальный рост времени обслуживания каждого события. Действительно, в результате увеличения количества задач и ресурсов, возрастает и количество вариантов построения расписания. Это приводит к существенному возрастанию времени ожидания обработки события. В зависимости от средней загрузки станций и мощности используемой вычислительной техники, система способна обслуживать с приемлемым временем отклика около 5-10 станций, 100-200 водителей, 1000-2000 машин. Этого яв-

но недостаточно для обслуживания системой больших регионов, например территорию западноевропейского государства.

Одним из возможных путей решения указанной проблемы может являться использование нескольких параллельно работающих систем планирования, обслуживающих географически разные пространства (регионы) и не взаимодействующих друг с другом. Это позволит сохранить приемлемое время обслуживания каждого события. Однако не даст возможности планировщику строить наиболее эффективные маршруты с использованием ресурсов из разных регионов. Особенно неэффективными будут расписания ресурсов на границах регионов, когда обслуживание в разных системах планирования не позволит организовывать очевидные маршруты географически близко расположенных ресурсов.

Был предложен подход, в котором поддерживается единое расписание для всей территории, покрываемой автоматизацией. Приходящие события распределяются по N планировщикам, каждый из которых работает независимо и обслуживает конкретный регион. Перед началом обработки события планировщик считывает текущий план из хранилища расписания, которое представляет собой базу данных, содержащую актуальные данные о едином расписании (ресурсы, их будущие и текущие операции и т.д.), а также всю внутреннюю метаинформацию (задачи и их причинно-следственные связи). Процесс планирования происходит согласно вышеописанной методике построения сильносвязанных расписаний за тем исключением, что результат планирования каждой задачи запоминаются в виде записи, в которой хранятся данные о задаче, ресурсе для размещения, времени и цене размещения работы. Цепочка подобных записей, называемая инструкцией планирования, и является главным результатом обработки события.

Далее планировщик передает инструкцию планирования в специальную подсистему, которая осуществляет применение полученных предварительных результатов обработки события к сводному расписанию. Алгоритм применения похож на алгоритм планирования за тем исключением, что в процессе планирования задачи не осуществляется опрос всех доступных ресурсов на предмет выявления цен размещения, т.к. данные о лучшем ресурсе и параметрах его размещения присутствуют в инструкции.

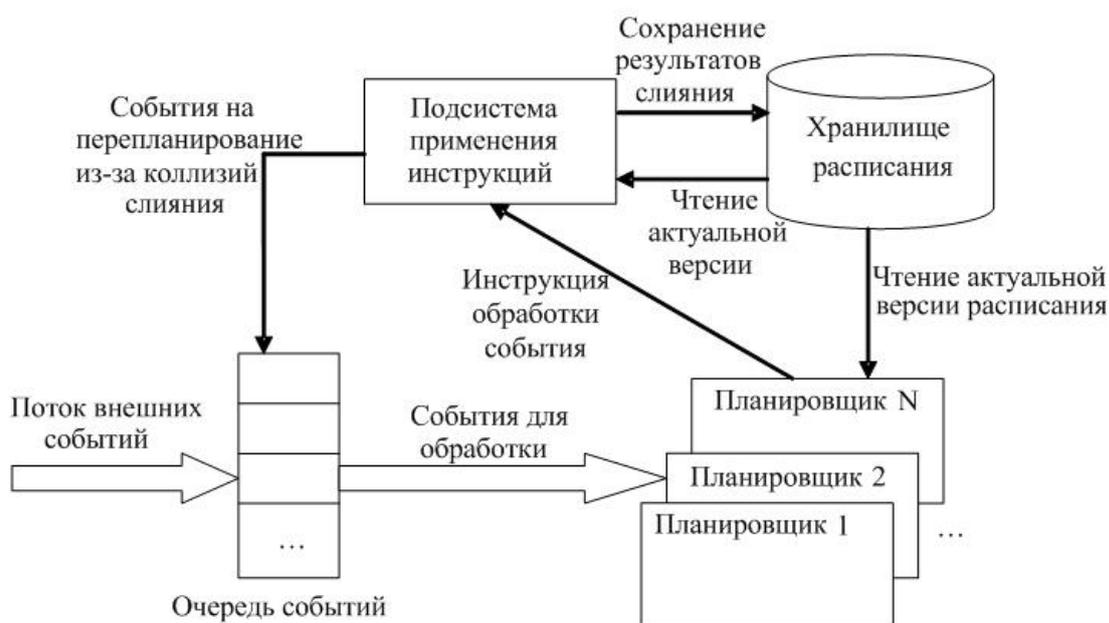


Рисунок 2. Схема функционирования системы распределенного планирования.

Если реальное время или цена размещения расходится со значениями в инструкции, то данный участок расписания был изменен применением другого события (коллизия слияния), а значит, данное событие должно быть отправлено на перепланирование. На рисунке 2 представлена общая схема функционирования системы планирования с параллельной обработкой событий. Т.к. до 95% времени планирования одной задачи занимает непосредственно опрос доступных ресурсов, то работа подсистемы применения инструкций происходит достаточно быстро.

Необходимо отметить, что обработка большей части событий не требует перестроения расписаний ресурсов многих станций, а приводит лишь к небольшим изменениям в планах одной или нескольких соседних станций, что сводит вероятность возникновения коллизий слияния к минимуму.

Данный подход позволяет модифицировать методiku построения сильносвязанного расписания таким образом, что длительный процесс поиска оптимального ресурса для каждой задачи происходит параллельно на нескольких вычислительных устройствах, а быстрый процесс применения (слияния) изменений – централизовано в рамках одной подсистемы. Кроме того, внедрение предложенного подхода потребовало незначительных изменений в базовой логике планирования и открыло возможность создания проактивных внутренних событий, которые в моменты простоя планировщиков будут непрерывно улучшать расписание, оптимизируя различные его участки и аспекты.

Предложенный подход к организации системы построения расписаний позволяет разрабатывать сложные системы автоматизированного планирования в целом ряде областей. Главными ее достоинствами являются масштабируемость и надежность. На основе данного подхода была разработана программная реализация системы автоматизированного построения расписаний, которая внедрена в качестве основной системы оперативного планирования в нескольких регионах британского отделения международной компании по сдаче автомобилей в аренду. В данный момент происходит внедрение этой системы на всей территории Англии, а также подготовка для внедрения ее в других странах. Кроме того, ведется исследование вопросов повышения эффективности данного подхода с целью уменьшения количества возможных коллизий слияния и влияния размерности задачи на скорость обработки событий.

Литература

1. Handbook of Scheduling: Algorithms, Models and Performance Analysis. Edited by J. Y-T. Leung // Chapman & Hall / CRC Computer and Information Science Series. – 2004
2. Янков И.А., Шибанов С.В. Методика атоматизированного построения и динамического управления сильносвязанным расписанием с учетом внутренней метаинформации// Надежность и качество: Тр. Межд. симпозиума:// Под ред. Н.К. Юркова. - Пенза: Инф.-изд.ц. Пенз. ГУ, 2009. - 1т.
3. Янков И.А., Скобелев П.О., Шибанов С.В., Шашков Б.Д. Мультиагентный подход к планированию и распределению ресурсов в динамических гетерогенных системах// Динамика гетерогенных структур: Сб. тр. - Пенза: Инф.-изд.ц. Пенз. ГУ, 2009. - Вып. 1.
4. Yankov I., Andeev S., Rzevski G.A., Shveikin P., Skobelev P.O. A Multi-agent Scheduler for rent-a-car Companies Applications - Proceedings of International Conference of Multi-Agent and Holonic Systems (HoloMAS 2009) – Linz, Austria, September 2009.
5. Танаев С.В., Шкурба В.В. Введение в теорию расписаний. -М.: Наука, 1975.