

Е. П. ГОМОЗОВ, канд. физ.-мат. наук, доц., НТУ «ХПИ»;
А. В. ЯНОВСКИЙ, аспирант НТУ «ХПИ»

ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК

Дана загальна характеристика роботи ланцюга поставок з використанням мультиагентного підходу. Розроблена та реалізована універсальна структура мультиагентної системи для моделювання ланцюгів поставок.

Дана общая характеристика работы цепочки поставок с применением мультиагентного подхода. Разработана и реализована универсальная структура мультиагентной системы для моделирования цепочек поставок.

This article represents general features of working supply chain with uses multi-agent approach. Designed and implemented the universal structure of multi-agent system for simulation of supply chains.

Введение. Работа посвящена актуальным в условиях финансового кризиса проблемам эффективного управления цепями поставок на основе мультиагентных систем. Целью работы было разработать структуру мультиагентной системы для управления цепочками поставок с целью оптимизации ее работы. В соответствии с [1], цепочка поставок рассматривается в виде двух категорий элементов – структурных и элементов управления. Структурные элементы (моделируются как агенты) участвуют в фактическом производстве и транспортировке продукции, а элементы управления участвуют в координации потока продукции. Структурные элементы подразделяются на два основных набора – производство и транспортировку. Элементы управления делятся на управление запасам, управление спросом, управление поставками, управления потоком и управление информацией.

1. Агентная система цепочки поставок. В соответствии с [1], цепочка поставок рассматривается в виде двух категорий элементов – структурных и элементов управления (*Control Elements*). Структурные элементы (моделируются как агенты) участвуют в фактическом производстве и транспортировке продукции, а элементы управления участвуют в координации потока продукции (см. рис. 1).

Структурные элементы подразделяются на два основных набора – производство и транспортировку. Элементы управления делятся на управление запасам (*Inventory Control*), управление спросом (*Demand Control*), управление поставками (*Supply Control*), управления потоком (*Flow Control*) и управление информацией (*Information Control*).

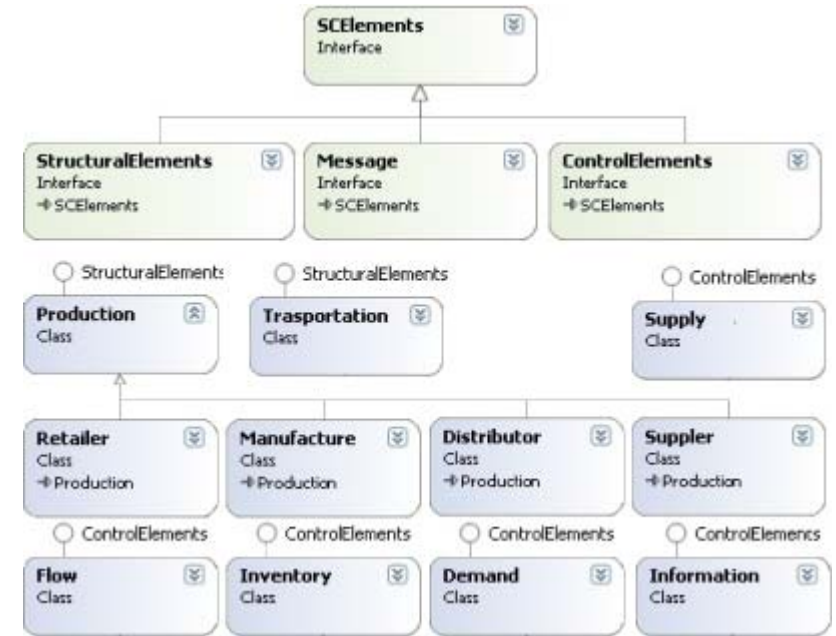


Рис. 1 – Обобщенная структура мультиагентной системы цепочки поставок

1.1. Структурные элементы цепочки поставок. Производственные агенты используют элементы управления запасами, контракты с последующими агентами для управления поставками, управление потоками – для погрузки/разгрузки продукции, прогноз - для распространения прогноза спроса на последующие агенты; также агенты могут использовать элементы управления информацией.

Розничный торговец или ритейлер (*Retailer*). Основной упор здесь делается на сокращение времени цикла для доставки заказа клиенту и минимизация дефицита складов. При получении заказа на изделие, он распознается и определяется, как продукт. Далее он упаковывается и отправляется клиенту, если он имеется в наличии, иначе заказ добавляется в очередь в соответствии с его приоритетом (если приоритеты на все заказы одинаковы, то очередь определяется как FIFO).

Центр распределения или оптовая продажа (*Distribution Center*). Центр распределения участвует в получении продукции с завода, хранения и/или отправки ее для розничной торговли. Основным направлением здесь является сокращение хранимых запасов и увеличение пропускной способности.

Производственное предприятие (*Manufacturing*) выступает агентом, где собирается и изготавливается продукция. Чаще всего, заказы приходят от дистрибьютора, но заказы также могут исходить и от розничных центров (при

наличии терминалов (перевалочных станций) или отсутствия дистрибьюторов в цепочке поставок). Основным направлением здесь есть оптимальная закупка компонентов и эффективное управление запасами и производственным процессом. Каждый продукт имеет соответствующий перечень материалов (*Bill Of Materials – BOM*). Производство может быть основано на «Pull» или «Push» механизме. При Pull системе, продукт производится только тогда, когда приходит заказ; в Push системе продукты производятся на основе прогноза спроса.

Внешний поставщик (*External Suppliers*) поставляет сырье производителю. Они ориентированы на быстрый срок выполнения и запас. Их деятельность характеризуется поставщиком контрактов, которые определяют сроки, гибкость договоренности, распределения затрат и обмен информацией с клиентами.

Транспортный агент (*Transportation Agent*). Каждое транспортное средство имеет характеристики с точки зрения вместимости и относительной скорости. Транспортный агент использует элементы управления потоком данных, для осуществления погрузки и разгрузки товаров, а также для определения маршрута.

1.2. Управляющие элементы цепочки поставок. Элементы управления содействуют производству и транспортировке продуктов в цепочке поставок. Выбор соответствующих элементов управления является целью задач, связанных с договором на цепочку поставок и координацией поставок.

Управление запасами. Элементы управления запасами является неотъемлемой частью любой цепочки поставок. Они контролируют поток материалов в рамках цепочки поставок и в основном бывают двух типов - централизованного и децентрализованного управления. Централизованное управление (*Centralized Control*): важным требованием для реализации централизованной политики управления запасами является возможность доступа к информации о запасах на уровне других агентов в цепи поставок. Децентрализованное управление (*Decentralized Control*): при децентрализованной политике управление происходит в определенных элементах цепочки поставок.

Управление требованиями. Система требований в управлении цепочкой поставок включает непосредственно требования и прогноз. Заказы содержат информацию относительно типов продуктов, которые заказываются; числа продуктов, которые требуются; места назначения, куда продукт должен быть отправлен, а также относительно даты истечения срока заказа. Элементы управления требованиями: Маркетинг: Одним из важных аспектов управления продукцией это то, как хорошо продукт продается потребителю. Есть многочисленные способы увеличить спрос на конкретную продукцию, такие как реклама, скидки, сезонные продажи и т.д. Маркетинг обеспечивает механизм, который вызывает дополнительные требования к продукции, а так

же позволяет нам использовать маркетинговые стратегии (применимые в цепочке поставок). Прогноз (*Forecast Element*). В «Push» прогнозирование играет ключевую роль, так как решения о производстве принимаются на основе прогноза спроса. А большие неточности прогноза могут привести к еще большему несоответствию между продукцией востребованной и произведенной, что в результате может привести к увеличению затрат на поддержание запасов. В системе «Pull» продукты производятся на заказ, но, тем не менее, точность прогноза играет важную роль в закупке материалов и планировании пропускной способности.

Управление поставками. Элемент управления поставками диктует сроки и условия доставки сырья. Контрактные соглашения являются единственной формой управления поставкой. Контракты содержат информацию о стоимости материалов, срока действия контракта, объем который будет приобретен по контракту, объем который может быть приобретен сверх контракта, штраф за срыв сроков, степень свободы покупателя по изменению спроса (гибкость поставщика), а также возможности информационного управления.

Управление потоками. Элемент управления потоками координирует потоки между производством и транспортировкой и бывает двух типов: Загрузка (*Loading Element*) – каким образом транспортируемые элементы загружаются и выгружаются. Управление различается в зависимости от типа производственных элементов, которые загружаются и выгружаются. Маршрутизация (*Routing Element*) – последовательность, в которой продукция доставляется транспортными средствами к месту назначения. Маршрут зависит от удаленности пункта назначения, к которому должна быть доставлена продукция. Маршрутизация может быть централизованной и децентрализованной в зависимости от того, как много информации доступно от других транспортных элементов.

Управление информацией. Элементы управления информацией имеют большое значение для координации деятельности в рамках цепочки поставок. Бывают прямого доступа (*Directly Accessible*) и периодическими (*Periodic*). Прямой доступ передачи информации относится к мгновенному распространению информации. Например, информация об уровне запасов или поломке агрегатов. Периодическая информация может быть использована элементами транспортировки и производства для изменения бизнес стратегии, повышения цен, введение новых услуг или функций продукции и т.д. Периодическая информация направляется всем звеньям цепочки поставок в виде сообщений, а не в реальном времени.

2. Архитектура агентов. Обычно применяют или централизованную, или децентрализованную модель мультиагентной системы [2,3]. Нами предлагается использовать гибридную модель мультиагентной системы. Тогда каждый агент может работать в автономном режиме, делая систему более устойчивой и гибкой (см. рис. 2). Также следует добавить блок

синхронизации с сервером, что позволит решать такие задачи как обновление агента, создание резервной копии, сбор статистики и т.п.

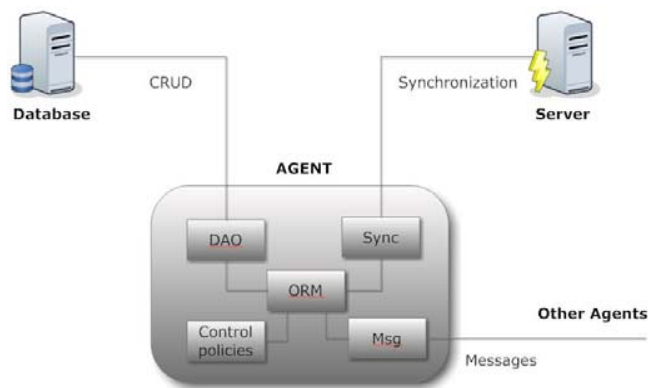


Рис. 2 – Общая модель работы агента

В описании агента предоставляется возможность указания как статических, так и динамических характеристик различных звеньев цепочки поставок. Каждый агент специализируется в соответствии с его ролью в цепочке поставок. Агент, в любой момент времени, определяется следующим набором характеристик:

S_i – набор атрибутов, которые характеризуют состояние агента в каждый момент времени. Атрибуты состояния включают базовые сведения о состоянии работы агента (такие как текущий запас продукции; различные расходы, связанные с производством; финансовое положение). Динамические параметры меняются с течением времени, либо в как результате внутренних событий (например, когда сырье переходит из стадии “в процессе” в стадию готовой продукции) или в результате взаимодействия с другими агентами (например, получение заказа от клиента, отгрузка клиенту, оплата клиентом заказа).

D_i – знания i -го агента о других агентах. Так как каждый агент определен локально, то он, как правило, имеет лишь неполное представление о состоянии других агентов. Это включает информацию о прошлой деятельности агента. Эти знания обновляются динамически в процессе моделирования. Например, когда известно, что надежный поставщик часто не выполняет обязательства по срокам, то фактор его надежности обновляется соответственно.

IC_i – множество ограничений по взаимодействию, которое определяет отношения агента с другими агентами в цепочке поставок. В описании каждого агента обозначено множество агентов, с которыми он может

взаимодействовать, и для каждого показывает, во-первых, свое отношение к этому агенту, и, во-вторых, характер соглашений, которые регулируют взаимодействие (гарантийные обязательства, срок соглашения). Вся информация о других агентах, которая доступна без пересылки сообщений контролируется в режиме реального времени политикой управления информацией.

Q_i – множество исходящих сообщений от i -го агента.

c_i – входящее сообщение, которое обрабатывается i -м агентом.

ϕ_i – множество управляющих элементов доступных i -му агенту.

Управляющий элемент вызывается, когда принимается решение при обработке сообщения. Например, в целях определения следующего назначения на транспортировку, вызывается элемент управления маршрутами.

$M_i(c_i)$ – определяет семантику обработки сообщений i -м агентом.

Процедура обработки сообщений может использовать один или несколько элементов управления. Например, когда обрабатывается сообщение о запросе на товар, вызывается политика управления запасами. С другой стороны, элемент управления информацией может быть использован для получения информации о пропускной способности агента поставщика до вызова политики управления запасами.

$P(D_i, S_i, I_i, Q_i)$ – селекторная функция, которая выбирает и упорядочивает множество входящих сообщений на основе знаний, текущего состояния и приоритетах i -го агента. Например, когда производитель имеет заказы от двух клиентских агентов, эта функция должна определить последовательность исходя из приоритетов каждого клиентского агента. Упорядоченность играет особенно важную роль, когда производитель не имеет достаточных запасов на удовлетворение всех заказов.

Первое сообщение в последовательности c_i анализируется по типу – материальное, информационное или финансовое. Каждый тип сообщений имеет свой обработчик сообщений $M_i(c_i)$, который определяет последовательность операций выполнения, и может включать использование одной или нескольких политик управления. Процедуры обработки сообщений различны для каждого типа агентов. Элементы управления вызываются обработчиком сообщений $M_i(c_i)$ в точках принятия решений (например, решение о переупорядочивании или решение о маршрутизации). Процедура обработки сообщений может обновить внутреннее состояние агента и область знаний, а так же создать одно или несколько исходящих сообщений. Исходящие сообщения имеют адрес назначения, а также время активации агентом (которое может отличаться от текущего времени, учитывая

задержки). Этот процесс продолжается пока у агента не будет активных входящих сообщений на данный момент времени.

2.1. Протоколы взаимодействия. Классы сообщений определяют типы взаимодействия в сети. Все классы сообщений используют общие атрибуты, включая время моделирования, время активации, агента отправителя и агента получателя. В работе рассматривается 3 категории сообщений, каждая из которых связана с моделированием конкретного типа потоков в цепочке поставок. *Материальные потоки* – сообщения в этой категории связаны с доставкой товаров от одного агента к другому. *Информационные потоки* – обмен информацией между агентами в цепочке поставок. Он включает в себя сообщения запроса на товары (поток спроса), информацию об объеме, информация о прогнозе спроса, а так же информация предложения. Другие сообщения, в этой категории, включают аннулирование заказа и изменение заказа. *Финансовые потоки* – этот класс сообщений относится к движению денежного потока по цепочке поставок.

Выводы. На основании теоретических исследований была разработана и реализована универсальная структура мультиагентной системы для моделирования цепочек поставок, которая может быть использована с целью управления и оптимизации работы системы. В дальнейшем планируется визуализация работы мультиагентной системы, разработка политик управления и механизмов оптимизации.

Список литературы: 1. *Swaminathan J. M.* Modeling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach / *J. M. Swaminathan, S. F. Smith, N. M. Sadeh* // Decision Sciences. – Volume 29, Number 3. – 1998. – 26 p. 2. *Jose M. Vidal* Fundamentals of Multiagent Systems, <http://www.scribd.com/doc/2094479/Fundamentals-of-Multiagent-Systems>, 2009. – 155 p. 3. *Жмурко С. А.* Основные принципы и модели построения многоагентных систем / *С. А. Жмурко* // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. – Таганрог, 2008. – №2 (34). – С. 4–14.

Надійшла до редколегії 01.11.10