

УДК 004.8

## ГРУППОВЫЕ РЕКОМЕНДУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ГИБКИХ СЕТЕВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

**Н. Г. Шилов,**

канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

*Рассматриваются гибкие сетевые организации, а также новый класс систем «продукт—услуга», основанный на идее сетевой организации. Обсуждены аспекты их конфигурирования. Предложены сервис-ориентированная архитектура и основные компоненты контекстно-зависимой групповой рекомендующей системы для управления конфигурациями гибких сетевых организаций.*

**Ключевые слова** — гибкая сетевая организация, конфигурирование, групповая рекомендующая система, сервис-ориентированная архитектура.

### Введение

В настоящее время в связи с развитием информационных и телекоммуникационных технологий появилось большое количество сложных систем, состоящих из независимых элементов и имеющих сетевую структуру. Такие системы принято называть сетевыми организациями (networked organizations). К ним можно отнести распределенные сети сенсоров (distributed sensor networks), сети источников знаний/информации, производственные сети. Появление таких организаций предъявляет новые требования к системам поддержки принятия решений при управлении их конфигурациями.

Относительно недавно появился новый класс сложных систем, основанный на идее сетевой организации, — системы «продукт—услуга». В отличие от классических производственных систем, ориентированных на производство продуктов/изделий, системы «продукт—услуга» ориентированы на продолжительное взаимодействие с потребителем, достигаемое посредством предоставления дополнительных услуг (сервисов), повышающих потребительские качества продукта на различных стадиях его жизненного цикла. Данная работа в первую очередь ориентирована на поддержку принятия решений при управлении конфигурациями гибких сетевых организаций данного класса.

Актуальность задачи подтверждается включением научных проектов по указанной тематике в 7-ю рамочную программу Европейской ко-

миссии; поддержкой проектов по данной тематике такими крупными компаниями, как Ford, Airbus, Boeing, ThyssenKrupp, BMW, Siemens, Nokia и др.; проведением научных международных конференций по управлению сетевыми организациями.

В современных проектах, относящихся к области поддержки принятия решений при управлении конфигурациями сетевых организаций, особое внимание уделяется созданию интеллектуальных систем, т. е. систем, ориентированных на работу со знаниями. Данные системы используют такие технологии, как управление онтологиями, мягкие вычисления, профилирование, методы представления и обработки знаний и т. п.

Гибкие сетевые организации как объект конфигурирования накладывают определенные требования и ограничения к системам поддержки принятия решений. Так, необходимо учитывать динамическую природу как самих систем, так и их окружения, кроме того, эти системы должны быть масштабируемыми и легко адаптируемыми к изменяющимся требованиям и условиям, использовать (извлекать, актуализировать, анализировать, интегрировать) информацию и знания, получаемые из различных источников.

Растущие требования со стороны потребителей и разнообразие изделий вызывают рост сложности всех процессов управления жизненным циклом изделий. Это в свою очередь повышает степень сотрудничества различных участников, поддерживающих жизненный цикл изделий: кооперирование между предприятиями, между

проектированием и производством, между производством и обслуживанием и т. д.

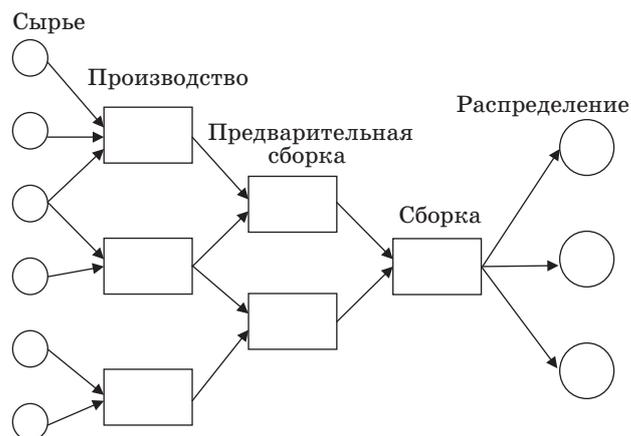
Интенсивное сотрудничество требует значительной поддержки процессов принятия решений со стороны информационных технологий для учета как личных, так и групповых предпочтений многочисленных пользователей [1]. Современным перспективным направлением развития систем поддержки принятия решений, ориентированным на выявление и учет групповых предпочтений, являются групповые рекомендующие системы.

### Конфигурирование гибких сетевых организаций

Структура понятия «конфигурация» включает три основные составляющие: базовую линию (интегрально описывающую базовую / текущую структуру объекта); изменения, которые должны быть выполнены или были выполнены; последовательность этих изменений. Методология управления конфигурацией в терминах теории управления включает в себя объект управления «Конфигурация», а также составляющие системы управления, которые оценивают текущее состояние объекта и его отклонения от заданных значений и формируют сценарии перевода объекта из текущего состояния в требуемое.

Целью управления конфигурациями сетевой организации является поиск конфигурации, при которой рассматриваемая организация сможет достичь допустимого с точки зрения временных и стоимостных затрат уровня эффективности. Обычно выделяют две категории решений, касающиеся конфигурации: 1) структурные решения, относящиеся к расположению производственных мощностей и каналам распределения, и 2) координирующие решения, фокусирующиеся на выборе поставщиков, партнеров, размещении производственных запасов, распределении работ, совместном доступе к информации о продажах, прогнозе спроса, производственных планах и запасах.

Разберем более детально задачи выбора поставщиков и распределения работ в рамках гибкой сетевой организации. В этом случае задача поиска конфигурации может рассматриваться следующим образом. В производственной системе удовлетворение спроса предполагает наличие определенного объема работ и некоторых производственных мощностей, способных выполнять данную работу (участники сетевой организации и связанные с ними ресурсы). Работа состоит из нескольких операций, выполняемых параллельно или последовательно. Сетевая организация в свою очередь состоит из участников (элементов сетевой организации), обладающих определен-



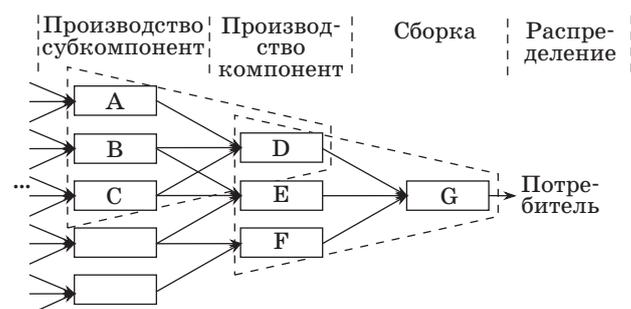
■ Рис. 1. Пример структуры сетевой организации

ными компетенциями (функциональными возможностями, технологическими ресурсами) и способных выполнять некоторые из операций. Каждый участник описывается набором атрибутов/свойств и набором возможных решений/шаблонов (рис. 1).

Таким образом, можно выделить следующие наиболее важные задачи, которые необходимо решить при выборе допустимой конфигурации гибкой сетевой организации: 1) конфигурирование заказа, 2) выбор партнеров среди имеющихся предприятий — потенциальных участников сетевой организации, 3) размещение заказа, 4) конфигурирование транспортной сети и 5) конфигурирование технологических ресурсов.

Обобщенно структура сетевой организации представлена на рис. 2. Общей целью сетевой организации является достижение допустимых в рамках рынка времени и затрат на выполнение заказа. Конфигурирование имеет дело с созданием конфигураций решений, выбором компонент и способов их конфигурирования. В сетевой организации каждый участник сам выбирает своих прямых поставщиков (поставщиков первого уровня).

Например, участник *D* (см. рис. 2) может выбирать своих поставщиков среди участников *A, B*



■ Рис. 2. Структура обобщенного шаблона сетевой организации

и *C*, а участник *G* — среди участников *D*, *E* и *F*. Поскольку в гибкой сетевой организации предположительно нет централизованного управления, которое могло бы повлиять на выбор участников, обобщенный шаблон сетевой организации может быть определен как участник и его поставщики первого уровня. Таким образом, данный шаблон можно рассматривать как шаблон конфигурирования сетевой организации.

Можно выделить структурную, информационную и экономическую составляющие конфигурирования сетевой организации. Это дает возможность сформулировать основные проблемы, требующие решения, а также определить критерии и требования для их решения. Информационная и структурная составляющие должны рассматриваться совместно, поскольку последняя предопределяет первую. Экономическая составляющая относится главным образом к определению стоимостных и временных характеристик предприятий — участников виртуального предприятия и всего предприятия в целом.

### Подход к созданию системы управления конфигурациями гибкой сетевой организации

Основная идея предлагаемого подхода заключается в представлении сетевой организации с помощью сервисов, предоставляемых ее участниками (рис. 3). Такое представление позволяет заменить задачу конфигурирования сетевой организации задачей конфигурирования сети сервисов, ее составляющих. Гибкость сетевых организаций требует эффективного управления информацией и учета динамичности изменения



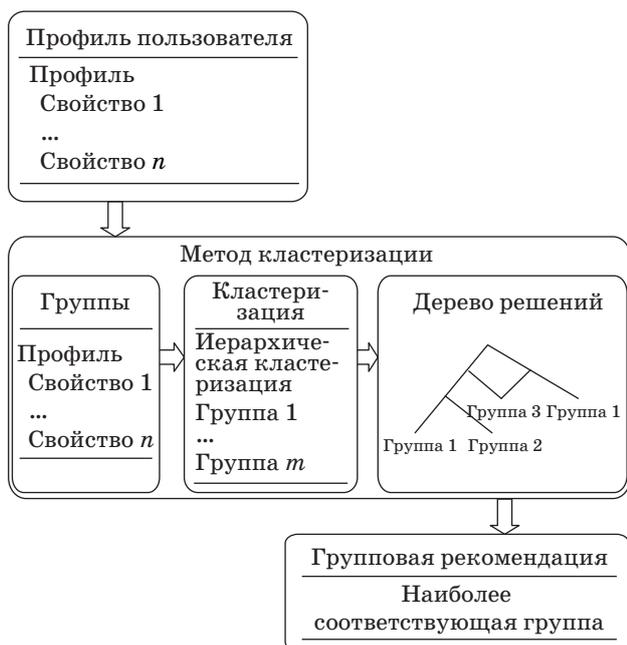
■ Рис. 3. Подход к созданию системы управления конфигурациями гибкой сетевой организации

окружающей среды. С этой целью предусмотрена актуализация информации в соответствии с текущей ситуацией. Для решения проблемы разнородности сервисов используется онтологическая модель, описываемая онтологией-приложением. Данная модель позволяет обеспечить взаимодействие между разнородными сервисами источников информации за счет использования единой семантики [2]. В зависимости от конкретной рассматриваемой проблемы выделяется релевантная часть онтологии-приложения и таким образом формируется абстрактный контекст (структурное описание проблемы). Затем абстрактный контекст наполняется конкретными значениями, извлекаемыми из источников информации, и формируется оперативный контекст (структурно-параметрическое описание проблемы). За счет использования формализма объектно-ориентированных сетей ограничений для описания информации и знаний, оперативный контекст представляет собой задачу удовлетворения ограничений, для решения которой можно использовать существующие средства. Кроме того, применение контекстной модели позволяет уменьшить количество обрабатываемой информации. Данная модель дает возможность управлять информацией, релевантной для текущей ситуации. Для доступа к сервисам, извлечения информации и ее передачи используются технологии интернет-сервисов [3].

### Групповые рекомендуемые системы

Групповые рекомендуемые (рекомендательные) системы широко используются в Интернете для подбора изделий и услуг индивидуальным пользователям с учетом их предпочтений и вкусов [4] в различных бизнес-приложениях [5, 6]. Определение рекомендаций для групп пользователей усложняется не только необходимостью учитывать индивидуальные интересы, но и искать компромисс между интересами группы пользователей и их индивидуальными интересами. В работе [7] предложена архитектура групповой рекомендуемой системы (рис. 4), основанная на трех компонентах: 1) поиске характерных элементов в профилях индивидуальных пользователей, 2) группировке (кластеризации) пользователей на основе их предпочтений [8] и 3) разработке окончательных рекомендаций на основе созданных групп пользователей. Разработка алгоритмов кластеризации, способных непрерывно улучшать структуру групп на основе постоянно поступающей информации, может сделать возможным самоорганизацию пользователей в группы [9].

Существуют два основных типа рекомендуемых систем: контентные (content-based, рекомендуемые системы, основанные на ранее принятых



■ Рис. 4. Типовая архитектура групповой рекомендующей системы

решениях пользователя) и коллаборативной фильтрации (collaborative filtering, рекомендующие системы, основанные на ранее принятых решениях пользователей, чьи интересы и характеристики сходны с интересами и характеристиками рассматриваемых пользователей).

Оба типа рекомендующих систем имеют свои достоинства и недостатки. Дадим краткое описание типов систем, а также укажем их основные недостатки.

В контентных рекомендующих системах вывод о полезности товара для потребителя делается исходя из полезности, присвоенной потребителем товарам, сходным с данным товаром. Например, в системе, рекомендующей компоненты промышленных манипуляторов, для того чтобы рекомендовать продукт (компонент) потребителю, контентная рекомендующая система пытается найти сходство между компонентами, выбранными и высоко оцененными потребителем ранее (например, тот же тип привода (сжатый воздух или электричество), те же требования к условиям работы (влажность или пылезащитенность) и т. д.). И только продукты, обладающие высокой степенью общности с предпочтениями потребителя, будут рекомендованы.

Контентный подход к рекомендующим системам основан на работах, изучающих методы поиска информации [10, 11] и информационной фильтрации [12].

Однако если система рекомендует только те товары, чьи характеристики совпадают с содержащимися в профиле потребителя, он получит

рекомендации только таких товаров, которые сходны с товарами, ранее уже получившими его оценку. Например, человек, никогда не имевший дела с компонентами промышленных манипуляторов, используя сжатый воздух, не получит совета приобрести даже самый часто используемый пневматический манипулятор. Для решения этой проблемы нередко используется фактор случайности.

В отличие от контентных рекомендующих систем, коллаборативные рекомендующие системы (или системы коллаборативной фильтрации) пытаются предсказать полезность товара для отдельного потребителя исходя из оценок, данных ранее другими пользователями. Более формально полезность товара для пользователя оценивается исходя из полезностей, приписанных товару, теми пользователями, которые «похожи» на данного пользователя. Например, в системах, рекомендующих компоненты промышленных манипуляторов, для того чтобы рекомендовать продукт пользователю, коллаборативная рекомендующая система пытается найти пользователей, схожих в своем выборе с данным пользователем, и тогда рекомендоваться будут только продукты, наиболее часто выбранные и наиболее высоко оцененные такими «похожими» пользователями.

Однако, поскольку коллаборативные системы при выработке рекомендаций руководствуются только предпочтениями пользователей, они не могут рекомендовать товар, пока он не получит достаточное количество оценок. Данная проблема решается с использованием гибридных методов.

Большинство существующих рекомендующих систем оперируют в двумерном пространстве «пользователь—товар» [13]. Это значит, что они выдают рекомендации, основываясь исключительно на информации о пользователе или о товаре, и обходят стороной контекстуальную информацию, которая может оказаться первостепенно важной в некоторых приложениях (и при некоторых специальных обстоятельствах). Например, во многих случаях полезность товара или услуги может зависеть от того, когда происходит потребление (время года, день недели, время суток). Полезность может также зависеть от того, с кем, в какой компании, при каких обстоятельствах потребляется продукт. В таких случаях простая рекомендация продукта клиенту недостаточна; при выработке рекомендации система должна обратиться к дополнительной контекстной информации о времени и обстоятельствах предполагаемого потребления. Например, если потребителем манипуляторов используются электрические приводы, то при выборе клиентом дополнительного оборудования система должна отдавать предпочтение электрическим приводам, а не пневматическим или гидравлическим.



■ Рис. 5. Сервис-ориентированная архитектура групповой рекомендующей системы

### Сервис-ориентированная архитектура групповой рекомендующей системы

Разработанная архитектура групповой рекомендующей системы представлена на рис. 5. Взаимодействие элементов системы осуществляется посредством Web-сервисов. Архитектура основывается на адаптированном алгоритме кластеризации пользователей [14], изначально разработанном для анализа принятых решений (decision mining) [15–17]. Разработка такого алгоритма позволила формировать самоорганизующиеся группы пользователей. Предложенный алгоритм кластеризации основывается на информации из профилей пользователей [14]. Кроме того, для повышения точности алгоритма ему на вход подается информация в контексте текущей ситуации (включая задачу и изделия, с которыми в настоящий момент работает пользователь, срочность работы и другие параметры). Унификация терминологии контекста и профилей обеспечивается использованием общей онтологии.

Профили пользователей являются динамическими, обновленная информация из которых постоянно поступает на вход алгоритма. В результате, алгоритм может уточнять решение при поступлении обновленной информации и обновлять группы. Таким образом, можно утверждать, что группы динамически самоорганизуются в соответствии с изменениями профилей пользователей и информации из контекстной модели текущей ситуации.

После определения групп на основе результатов работы алгоритма кластеризации выявляются общие групповые предпочтения и интересы. Затем данные предпочтения обобщаются и анализируются при разработке групповых рекомендаций.

### Заключение

В статье рассматриваются проблемы конфигурирования гибких сетевых организаций. Показано, что одной из наиболее перспективных форм поддержки принятия решений в данной области являются групповые рекомендующие системы, позволяющие учитывать не только индивидуальные предпочтения и интересы, но и предвосхищать возможные решения на основе анализа ранее принятых решений различных пользователей. Рассмотрены особенности групповых рекомендующих систем. Предложена сервис-ориентированная архитектура контекстно-зависимой групповой рекомендующей системы для управления конфигурациями гибких сетевых организаций.

Исследования выполнены при поддержке грантами РФФИ 12-07-00298-а, 12-07-00302, программой Президиума РАН «Интеллектуальные информационные технологии, математическое моделирование, системный анализ и автоматизация» (проект 213) и программой отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН «Интеллектуальные информационные технологии, системный анализ и автоматизация (проект 2.2 «Разработка методологии построения групповых информационно-рекомендующих систем»).

### Литература

1. McCarthy K. et al. Group Recommender Systems: A Critiquing Based Approach // IUI '06: Proc. of the 11th Intern. Conf. on Intelligent user interfaces. 2006. P. 267–269.
2. Dey A. K. Understanding and Using Context // Personal and Ubiquitous Computing J. 2001. Vol. 5. N 1. P. 4–7.
3. CADRC. KML Sandbox: An Experimentation Facility Based on SOA Principles // CADRD Currents, Fall, 2009, Collaborative Agent Design Research Center (CADRC). — San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 2009. P. 6–7. [http://www.cadrc.calpoly.edu/pdf/Currents\\_Fall\\_2009.pdf](http://www.cadrc.calpoly.edu/pdf/Currents_Fall_2009.pdf) (дата обращения: 27.09.2012).

4. **Garcia I., Sebastia L., Onaindia E., Guzman C. A.** Group Recommender System for Tourist Activities // EC-Web 2009: Proc. of E-Commerce and Web Technologies, The 10th Intern. Conf. (2009). LNCS 5692. Springer, 2009. P. 26–37.
5. **Moon S. K., Simpson T. W., Kumara S. R. T.** An agent-based recommender system for developing customized families of products // J. of Intelligent Manufacturing. Springer, 2009. Vol. 20. N 6. P. 649–659.
6. **Chen Y.-J., Chen Y.-M., Wu M.-S.** An expert recommendation system for product empirical knowledge consultation // ICCSIT 2010: The 3rd IEEE Intern. Conf. on Computer Science and Information Technology. P. 23–27.
7. **Baatarjav E.-A., Phithakkitnukoon S., Dantu R.** Group Recommendation System for Facebook / OTM 2008 // Proc. of On the Move to Meaningful Internet Systems Workshop (2008). LNCS 5333. Springer, 2009. P. 211–219.
8. **Romesburg H. C.** Cluster Analysis for Researchers. — California: Lulu Press, 2004. — 340 p.
9. **Flake G. W., Lawrence S., Giles C. L., Coetzee F.** Self-Organization and identification of Web Communities // IEEE Computer. 2002. Vol. 35. N 3. P. 66–71.
10. **Baeza-Yates R., Ribeiro-Neto B.** Modern Information Retrieval. — Addison-Wesley, 1999. — 513 p.
11. **Salton G.** Automatic Text Processing: The Transformation Analysis and Retrieval of Information by Computer. — Addison-Wesley, 1989. — 543 p.
12. **Belkin N., Croft B.** Information Filtering and Information Retrieval // Communications of the ACM, Special issue on information filtering. 1992. Vol. 35. N 12. P. 29–37.
13. **Adomavicius G., Tuzhilin A.** Toward the next generation of recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (2005). IEEE Educational Activities Department, 2005. Vol. 17. N 6. P. 734–749.
14. **Smirnov A., Levashova T., Kashevnik A., Shilov N.** Profile-based self-organization for PLM: approach and technological framework // PLM 2009: Proc. of the 6th Intern. Conf. on Product Lifecycle Management. Inderscience Publishers, 2009. P. 646–655.
15. **Smirnov A., Pashkin M., Chilov N.** Personalized Customer Service Management for Networked Enterprises // ICE 2005: Proc. of the 11th Intern. Conf. on Concurrent Enterprising, 2005. P. 295–302.
16. **Smirnov A., Pashkin M., Levashova T., Kashevnik A., Shilov N.** Context-Driven Decision Mining, Encyclopedia of Data Warehousing and Mining, Hershey / Ed. by J. Wang. NY.: Information Science Preference, 2008. Vol. 1. P. 320–327.
17. **Rozinat A., van der Aalst W. M. P.** Decision Mining in Business Processes. BPM Center Report no. BPM-06-10, 2006. 16 p. [http://www.processmining.org/media/publications/beta\\_164.pdf](http://www.processmining.org/media/publications/beta_164.pdf) (дата обращения: 27.09.2012).