

Т.А. Волянская

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ АДАПТИВНОЙ ГИПЕРМЕДИА*

ВВЕДЕНИЕ

Адаптивная гипермедиа (Adaptive Hypermedia) — относительно новое направление исследований на стыке гипермедиа и моделирования пользователя.

Одно из ограничений традиционных «статических» гипермедиа-приложений состоит в том, что они предоставляют одно и то же содержание страниц и один и тот же набор ссылок всем пользователям. Если совокупность пользователей относительно разнотипная, традиционная система будет страдать от неспособности удовлетворить потребности всех пользователей. Например, традиционная гипермедиа-система обучения предоставит одно и то же статическое объяснение и предложит одну и ту же следующую страницу студентам с широко отличающимися учебными целями и знанием темы. Статическая электронная энциклопедия предоставит одну и ту же информацию и один и тот же набор ссылок читателям с различными знаниями и интересами. Наконец, статический виртуальный музей предложит одну и ту же «экскурсию» и одни и те же комментарии посетителям с различными целями и базами знаний.

Адаптивная гипермедиа (АГ) — альтернатива традиционному подходу разработки гипермедиа-систем. Цель АГ состоит в том, чтобы увеличить функциональные возможности гипермедиа, сделав ее индивидуализированной. Адаптивные гипермедиа-системы формируют модель пользователя из знаний, целей и предпочтений индивидуального пользователя и используют ее в течение взаимодействия для адаптации к потребностям этого пользователя. Например, студенту в адаптивной гипермедиа-системе обучения будет дано представление, которое специально адаптировано к его знанию темы, и предложен набор наиболее релевантных ссылок для дальнейшего перехода. Адаптивная электронная энциклопедия индивидуализирует содержание статьи, чтобы расширить имеющиеся знания и интересы пользователя. Виртуальный музей адаптирует представление каждого про-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант № 02-05-12010) и Министерства образования РФ.

смастриваемого объекта к индивидуальному пути пользователя по музею. Это только несколько примеров использования адаптивной гипермедиа.

Данная статья содержит краткий обзор методов и технологий адаптивной гипермедиа. В первом разделе дается определение и классификация адаптивных гипермедиа-систем. Во втором разделе характеризуются прикладные области адаптивной гипермедиа, указываются их специфические особенности и определяются задачи. В третьем разделе рассматриваются различные виды адаптации, отличающиеся тем, какие аспекты принимаются во внимание системой при адаптации к пользователю. Четвертый раздел статьи посвящен краткому обзору существующих на данный момент методов и технологий адаптивного представления и адаптивной навигационной поддержки.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ АГС

Дадим следующее определение. Под *адаптивными гипермедиа-системами (АГС)* мы понимаем все гипертекстовые и гипермедиа-системы, которые отражают некоторые особенности пользователя в модели пользователя и применяют эту модель для адаптации к пользователю различных видимых аспектов системы [1,3].

Другими словами, система должна удовлетворять трем критериям:

- быть гипертекстовой или гипермедиа-системой;
- иметь модель пользователя;
- быть способной адаптировать гипермедиа, используя эту модель (т. е. одна и та же система может выглядеть по-разному для пользователей с различными моделями).

Применение адаптивной гипермедиа целесообразно в тех случаях, когда система предназначена для обслуживания большой группы пользователей с различными целями, знаниями и опытом и когда лежащее в основе гиперпространство достаточно большое. Пользователи с различными целями и знаниями могут интересоваться различными частями представленной на гипермедиа-странице информации и могут использовать различные ссылки для навигации.

Различаются следующие типы адаптации систем [5].

- *Адаптированные (приспособленные) гипермедиа-системы (Adapted Hypermedia Systems)* — системы, в которых адаптация привносится в систему самим разработчиком после фазы тестирования. В этом

- случае адаптация не может быть корректной для каждого индивидуального пользователя.
- *Адаптируемые (приспосабливаемые) гипермедиа-системы* (Adaptable Hypermedia Systems) — системы, которые могут модифицироваться только по явному требованию пользователя. Адаптируемые системы позволяют пользователю явно устанавливать предпочтения или предоставляют профиль через заполнение формы. Вся информация, предоставленная пользователем, хранится в модели пользователя, которая модифицируется только по его явному запросу. Представление информации затем адаптируется к этой модели. Некоторые системы могут иметь очень сложные модели пользователя, в то время как другие различают только несколько стереотипных пользователей типа «начинающего», «среднего» и «эксперта».
 - *Адаптивные гипермедиа-системы* (Adaptive Hypermedia Systems) — системы, которые сами могут адаптироваться к потребностям пользователя. Адаптивные системы формируют модель пользователя, отслеживая навигацию пользователя в информационном пространстве, а также посредством тестов в системах обучения. Представление адаптируется к модели пользователя, и модель пользователя постоянно обновляется, по мере того как он просматривает информацию.

Большинство АГС также адаптируемы, поскольку они нуждаются в способе для инициализации модели пользователя.

2. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АГС

Анализ существующих АГС позволяет назвать шесть видов гипермедиа-систем, которые используются в настоящее время как прикладные области в большинстве научно-исследовательских проектов по адаптивной гипермедиа: гипермедиа-системы обучения, сетевые информационные системы, информационно-поисковые системы, сетевые справочные системы, институциональные информационные системы и системы для управления индивидуализированными представлениями. Гипермедиа-системы обучения и сетевые информационные системы — признанные лидеры, им посвящено приблизительно две трети исследовательских работ в области АГ. Системы информационного поиска чуть менее популярны. Сетевые справочные системы и институциональные гипермедиа-системы за последние несколько лет

не получили почти никакого внимания от исследователей адаптивной гипермедиа. Возможно потому, что эти виды систем все еще находятся в процессе перехода от автономной гипермедиа к Web-гипермедиа: автономные версии этих систем больше не перспективны для исследователей, а Web-версии еще недостаточно развиты [1, 3].

Гипермедиа-системы обучения (Educational Hypermedia)

Наиболее популярная область исследования для адаптивной гипермедиа — *гипермедиа-системы обучения*. Бурное развитие WWW сильно повлияло на рост исследований в этой области, движущей силой которых было обеспечение дистанционного обучения по сети. Существующие гипермедиа-системы обучения имеют относительно небольшое гиперпространство представления отдельного курса или раздела учебного материала по конкретной теме. Целью студента обычно является изучение всего материала или достаточной его части. Форма гипермедиа поддерживает управляемое студентом овладение учебным материалом. Наиболее важная характеристика пользователя в гипермедиа-системах обучения — знание пользователем преподаваемой темы.

Методы адаптивной гипермедиа могут быть полезны для решения ряда проблем, связанных с использованием гипермедиа-систем обучения. Во-первых, знания разных пользователей могут сильно различаться, и знание отдельного пользователя может весьма быстро расти. Та же самая страница может быть непонятна для начинающего и в то же время тривиальна для успевающего ученика. Во-вторых, начинающие входят в гиперпространство учебного материала, почти совсем не зная темы. Большинство предлагаемых ссылок от любого узла ведет к совершенно новому для них материалу. Они нуждаются в навигационной помощи, чтобы найти путь в гиперпространстве. Без такой помощи они могут «потеряться» даже в достаточно небольшом гиперпространстве или использовать неэффективные стратегии просмотра.

Сетевые информационные системы (On-Line Information Systems)

Другое популярное приложение для адаптивной гипермедиа — область различных *сетевых информационных систем*. Цель этих систем — обеспечить справочный доступ к информации (в отличие от систематизированного курса, как в гипермедиа-системах обучения) для пользователей с различным уровнем знания темы. Каждый узел гиперпространства обычно представляет одно понятие темы и содержит несколько страниц информации.

Подобно гипермедиа-системам обучения, сетевые информационные системы имеют проблемы с удовлетворением потребностей различных категорий пользователей. Пользователи с различными знаниями и подготовкой нуждаются в различной информации о понятии и в различных уровнях детализации. Пользователи также имеют различные цели при доступе к информационной системе. В случае, когда цель не может быть явно отображена в структуре гиперпространства или когда гиперпространство большое, пользователи нуждаются в навигационной помощи и в нахождении релевантных частей информации. Для обеспечения такой помощи система должна знать цель пользователя, определение которой — трудная задача в сетевых информационных системах, если цель не предоставляется непосредственно пользователем.

Сетевые информационные системы не формируют однородную группу систем и должны быть разделены на подгруппы. Наряду с «классическими» сетевыми информационными системами, эта группа включает ряд специализированных систем типа электронных энциклопедий, информационных киосков, виртуальных музеев, карманных руководств, систем электронной коммерции и систем поддержки производительности. Эти специализированные системы могут принимать во внимание определенный тип действий пользователя в специфической прикладной области и обеспечивать лучшую адаптивность и специальные виды адаптивного поведения.

Электронные энциклопедии (electronic encyclopedias) и *информационные киоски* (information kiosks) очень близки к определению классических сетевых информационных систем, однако они приносят больше пользы, обеспечивая некоторые специализированные расширения, которые не возможны в универсальных системах. Например, энциклопедия может отслеживать знание пользователя о различных объектах, описанных в энциклопедии, и обеспечивать адаптивные сравнения. Также она может отслеживать механизм просмотра пользователя, выводить его интересы и предлагать наиболее релевантные статьи.

Виртуальные музеи (virtual museums) и *карманные руководства* (handheld guides) сохраняют некоторое подобие с традиционными информационными системами и имеют то же самое структурированное гиперпространство объектов. Уникальная особенность этих систем — способность обеспечивать адаптивные «экскурсии» (управляемые просмотры) в этом гиперпространстве и способствовать изучению пользователем виртуального или реального музея посредством контекстно-адаптированного сопроводительного текста (комментариев). Кроме этого, карманные музейные руководства могут устанавливать положение и поведение пользователя в фи-

зическом пространстве музея. Такие карманные руководства отслеживают и поддерживают навигацию пользователя как в физическом пространстве музея, так и в виртуальном гиперпространстве. Это приводит к совершенно особому типу адаптивных гипермедиа-систем и предусматривает несколько специфических технологий моделирования пользователя и адаптации. Например, уход от объекта в середине аудиокomentarия может рассматриваться как знак низкого интереса к этому объекту. Кроме того, прохождение около объекта, который мог бы быть интересен пользователю, может вызвать соответствующие комментарии.

Системы электронной коммерции (e-commerce systems) и системы поддержки производительности (performance support systems) весьма сильно отличаются от классических сетевых информационных систем и должны быть классифицированы как два новых вида адаптивных гипермедиа-систем. В то время как гиперпространство информационных объектов все еще составляет главную часть этих систем, просмотр гиперпространства не главное действие, а побочный продукт главного действия. Фактически, чем лучше эти системы работают, тем меньше должно требоваться просмотра. Особенно интересны адаптивные системы поддержки производительности. Эти системы можно рассматривать как комбинацию экспертных и информационных систем. Таким образом, они объединяют человеческий и искусственный интеллект при решении специфических проблем типа обеспечения лечения или технического ремонта. Поскольку эти системы обеспечивают деятельность пользователя, они имеют информацию о контексте работы пользователя и структуре целей пользователя. Это приводит к более высокому уровню точности в моделировании пользователя и высокому уровню адаптации, который раньше был возможен только в гипермедиа-системах обучения и сетевых справочных системах.

Сетевые справочные системы (On-Line Help Systems)

Сетевые справочные системы очень близки к сетевым информационным системам. Эти системы предоставляют интерактивную информацию о компьютерных прикладных программах, необходимую для помощи пользователям этой системы. Отличие от прежней категории состоит в том, что сетевые справочные системы не автономны, как сетевые информационные системы, а связаны со своей прикладной системой. Другое отличие в том, что гиперпространство в существующих сетевых справочных системах относительно небольшое.

Сетевые справочные и информационные системы разделяют проблему предоставления различной информации различным пользователям. В то же время проблема помощи пользователям в нахождении релевантных частей информации менее важна для сетевых справочных систем, поскольку гиперпространство небольшое и поскольку система знает контекст, в котором пользователь запросил справку (контекстно-зависимая справка). Контекст работы в прикладной системе обеспечивает надежный источник информации для адаптивной сетевой справочной системы, чтобы определить цель пользователя и предложить наиболее релевантные пункты справки.

Информационно-поисковые гипермедиа-системы (IR hypermedia)

Информационно-поисковые (ИП) гипермедиа-системы — класс ИП систем, которые объединяют традиционные технологии информационного поиска с доступом, подобным гипертексту, от индексных элементов к документам и обеспечивают возможность просмотра гиперпространства документов, используя отношения подобия между документами. Известно, что просмотр может помогать пользователям находить требуемые документы, когда они имеют проблемы с построением правильного формального запроса. Размер гиперпространства в регулярной ИП гипермедиа обычно очень большой и не может быть структурирован «вручную». Это означает, что ссылки в этом гиперпространстве не поставляются разработчиками, как в сетевых информационных системах, а рассчитываются системой, например, при использовании измерения отношения подобия (между двумя документами предоставляется ссылка, если оба документа удовлетворяют некоторому условию подобия). Другое отличие от сетевых информационных систем состоит в том, что пользователи ИП гипермедиа наиболее часто являются профессионалами в различных областях и используют систему в своей повседневной работе с различными ИП целями. Адаптивные ИП гипермедиа-системы могут предложить некоторую дополнительную помощь, ограничивая навигационный выбор и предлагая следовать по наиболее релевантным ссылкам.

Рост WWW значительно повлиял на развитие гипермедиа-систем информационного поиска. Наиболее перспективная задача в этом классе систем состоит в том, чтобы поддержать процесс информационного поиска пользователя в неограниченном гиперпространстве WWW. В то время как несколько интересных систем были разработаны для «классической» замкнутой совокупности параметров (в контексте WWW это обычно означает одиночный Web-сайт), большая часть систем пытается обрабатывать «весь»

WWW. Среди большого количества адаптивных ИП гипермедиа-систем, разработанных до настоящего времени, можно выделить две большие группы — системы, *ориентируемые на поиск* (search-oriented systems), и системы, *ориентируемые на просмотр* (browsing-oriented systems), и несколько подгрупп в пределах каждой группы.

Цель *ориентируемых на поиск* систем состоит в формировании списка ссылок к документам, удовлетворяющим текущему информационному запросу пользователя. В отличие от простых «одноразовых» поисковых машин, адаптивные ИП системы принимают во внимание не только набор слов, определяющих текущий запрос, но также и долгосрочную (или краткосрочную) модель интересов и предпочтений пользователей. Различается два вида ориентируемых на поиск систем: *классические ИП системы*, имеющие дело с замкнутой совокупностью информационного пространства, и *поисковые фильтры* (search filters), работающие с неограниченным WWW. Они расширяют возможности существующих «одноразовых» Web-машин поиска, применяя различные основанные на модели подходы адаптивной навигационной поддержки (типа удаления и аннотирования ссылок) к результатам поиска, чтобы помочь пользователю выбрать наиболее релевантные ссылки для дальнейшего просмотра.

Системы, *ориентируемые на просмотр*, поддерживают пользователей в процессе просмотра, управляемого поиском. Как и в других типах адаптивных гипермедиа-систем, это реализуется с помощью стандартных технологий адаптивной навигационной поддержки. *Системы адаптивного руководства* (adaptive guidance systems) отмечают одну или несколько ссылок на текущей странице, которые являются наиболее релевантными целями пользователя. *Системы адаптивного аннотирования* (adaptive annotation systems) добавляют различные визуальные подсказки к ссылкам на текущей странице, чтобы помочь пользователю выбрать наиболее релевантную ссылку. *Системы адаптивных рекомендаций* (adaptive recommendation systems) пытаются вывести цели и интересы пользователя из его стратегии просмотра и сформировать список рекомендуемых ссылок к узлам, которые не могут непосредственно быть достигнуты с текущей страницы, но наиболее подходят пользователю.

Между адаптивными системами рекомендаций, работающими в информационном пространстве замкнутой совокупности и работающими с неограниченным WWW, существует важное различие. Системы рекомендаций, работающие в информационном пространстве замкнутой совокупности, могут формировать исчерпывающий список из ссылок к наиболее релевантным узлам. Системы рекомендаций, работающие в гиперпростран-

стве открытой совокупности, предлагают релевантные ссылки, превращая некоторую значимую область полного гиперпространства в гиперпространство закрытой совокупности и изучая структуру и содержание узлов в этой области. В настоящее время можно выделить два способа «закрытия» гиперпространства открытой совокупности. В однопользовательских системах небольшая часть WWW обычно анализируется на несколько шагов вперед от текущей точки просмотра пользователя, впоследствии система может рекомендовать пользователю наиболее релевантные ссылки из выбранной области. В многопользовательских системах анализируется совокупность данных просмотра группы пользователей.

Возможности использования одних и тех же механизмов адаптации для обеспечения различных видов поддержки пользователя в ИП контексте могут демонстрироваться *информационными Web-службами* (Web-based information services), новым классом ИП гипермедиа-систем [1]. Информационные службы работают, собирая общий банк документов (URL) из гиперпространства открытой совокупности в течение длительного периода времени. В отличие от ранних прототипов информационных служб, современные службы работают с группой пользователей и имеют возможность изучить и банк данных пользователей, и банк данных документов. Информационные службы обычно формируются с использованием технологии агентов. Поддерживающие пользователя агенты наблюдают за действиями пользователей и обеспечивают адаптивное предложение в соответствии с краткосрочной информационной потребностью и долгосрочной моделью интересов. Набор ссылок может быть собран двумя различными путями. *Службы фильтрации* (filtering services) работают с существующим потоком входящих документов типа статей новостей или финансовых объявлений. *Службы поиска* (search services) используют искусственных или реальных агентов, знающих интересы пользователя, для выполнения активного поиска новых документов в WWW. Информационные службы имеют потенциал для предоставления всех известных типов ИП гипермедиа-сервисов от поиска до управления индивидуализированными представлениями. Кроме того, информационная служба может выполнять функции, подобные универсальной сетевой информационной системе в пределах банка замкнутой совокупности документов.

Системы для управления индивидуализированными представлениями в информационных пространствах (Systems for Managing Personalized Views in Information Spaces)

Существующие телекоммуникационные системы типа WWW предлагают огромное количество различных информационных и интерактивных услуг, которые формируют действительно неограниченные гиперпространства. Многие пользователи должны иметь доступ к одному или нескольким подмножествам всего гиперпространства для своей повседневной работы. Чтобы защитить себя от сложности полного гиперпространства, они заинтересованы в определении индивидуализированных представлений относительно всего гиперпространства. Каждое представление может быть посвящено одной из целей или интересов, связанных с работой пользователя. Частично эта прикладная область подобна институциональной гипермедиа и другим видам информационных систем, в которых пользователи нуждаются в удобном доступе к подмножеству информационного пространства для повседневной работы. Новый фактор, который вынуждает системы иметь дело с широкими (мировыми) информационными пространствами, это динамический характер гиперпространства, в котором элементы могут появляться, исчезать или изменяться. Индивидуализированные представления в мировых информационных пространствах требуют постоянного управления, т.е. поиск новых и релевантных элементов и распознавание измененных элементов или элементов с истекшим сроком хранения (этим данная прикладная область подобна ИП гипермедиа).

Можно назвать, по крайней мере, два стандартных механизма для управления индивидуализированными представлениями: *индивидуализированные представления сайтов* (personalized site views) (типа MyYahoo или MyNetscape) и *организаторы закладок* (bookmark organizers). Однако большая часть индивидуализированных сайтов и организаторов закладок адаптируема, но не адаптивна.

Институциональные информационные системы (Institutional Hypermedia)

Другая область приложения для адаптивной гипермедиа — институциональные информационные системы, которые интерактивно предоставляют всю информацию, требуемую для поддержания работы некоторого учреждения. Первоначально эти виды систем были разработаны как набор свободно связанных баз данных, но в некоторых недавних системах такие базы данных соединены в единое гиперпространство, которое может быть достаточно большим. Специфическая особенность этих систем в том, что они

являются средой для повседневной работы многих служащих учреждения. Согласно своей профессии, они могут всегда использовать только определенную область гиперпространства, и, согласно текущей рабочей цели, они могут нуждаться в доступе к очень небольшому его подмножеству. Большинству пользователей никогда не потребуется обращаться к частям гиперпространства вне своей рабочей области, кроме того, слишком большое количество навигационных возможностей отвлекает их от основной работы. В этом отношении работоориентированные институциональные информационные системы значительно отличаются от ИП гипермедиа и сетевых информационных систем, где «рабочая область» пользователя — все гиперпространство. В то же время пользователи институциональных информационных систем могут нуждаться в помощи по организации более удобного индивидуализированного доступа к своим рабочим областям.

Другая проблема институциональных информационных систем, которая схожа с одной из проблем гипермедиа-систем обучения, связана с новыми служащими, не знакомыми со структурой гиперпространства (хотя они могут быть знакомы с прикладной областью непосредственно), и которые могут «потеряться» даже в небольшой профессиональной подобласти.

3. ВИДЫ АДАПТАЦИИ

Следующий вопрос, который следует задать при разговоре о конкретном виде адаптивной системы: «Какие аспекты могут быть приняты во внимание при обеспечении адаптации?» К каким особенностям, которые могут быть различны для разных пользователей (и могут быть различны для того же самого пользователя в определенное время), система может адаптироваться?

Традиционно адаптация в адаптивных системах была основана на принятии во внимание различных характеристик пользователей, представленных в модели пользователя [1, 3]. В настоящее время ситуация другая: ряд адаптивных Web-систем способен адаптироваться не только к характеристикам пользователя. Предлагается различать адаптацию к данным пользователя (user data), рабочим характеристикам (usage data) и данным окружения (environment data) [1]. *Данные пользователя* включают различные характеристики пользователей. *Рабочие характеристики* включают данные о взаимодействии пользователя с системами, которые не могут быть сведены к характеристикам пользователя (но все еще могут использоваться для принятия решений адаптации). *Данные окружения* включают все аспекты поль-

зовательского окружения, которые не связаны с пользователями непосредственно.

Адаптация к данным пользователя

Имеется много особенностей, связанных с текущим контекстом работы пользователя и с пользователем как индивидуумом, которые могут быть приняты во внимание адаптивной системой. Наиболее часто адаптивными гипермедиа-системами используются следующие характеристики пользователя: знания, цели, подготовка, опыт в гиперпространстве, предпочтения, интересы и индивидуальные особенности пользователя.

Знания

Знание пользователем темы, представленной в гиперпространстве, по-видимому, наиболее важная характеристика пользователя для существующих адаптивных гипермедиа-систем. Почти все технологии адаптивного представления полагаются на знание пользователя как источник адаптации. Поскольку знание пользователя непостоянно и изменчиво для отдельного пользователя, адаптивная гипермедиа-система должна распознавать изменения в состоянии знания пользователя и соответственно обновлять модель.

Знание пользователем темы наиболее часто представляется *оверлейной моделью* (overlay model), которая основана на структурной модели предметной области [5]. Структурная модель (structural model) представляется как множество связанных между собой понятий, формирующих своего рода семантическую сеть, которая представляет структуру предметной области. Понятия могут называться по-разному в различных системах — темами, разделами, элементами знания, объектами, результатами обучения, но во всех случаях они являются элементарными частями знания для данной предметной области. Смысл *оверлейной модели* состоит в том, чтобы представить знание темы индивидуальным пользователем как перекрытие («оверлей») модели предметной области. Для каждого понятия модели области оверлейная модель индивидуума хранит некоторое значение, которое является оценкой уровня знаний пользователем этого понятия. Это может быть двоичное значение (известное — неизвестное), качественная мера (хорошее — среднее — плохое) или количественная мера, типа вероятности того, что пользователь знает понятие. Оверлейная модель знаний пользователя может быть представлена как набор пар «понятие — значение», по одной паре для каждого понятия области. Оверлейные модели мощны и

гибки, они могут независимо измерять знание пользователем различных тем.

Иногда используется более простая *стереотипная модель* (stereotype model) пользователя для представления его знаний [1, 3]. Стереотипная модель различает несколько типовых, или «стереотипных» пользователей. Для каждого аспекта моделирования пользователя система может иметь набор возможных стереотипов (шаблонов). Конкретный пользователь обычно моделируется с помощью причисления к одному из стереотипов для каждого аспекта моделирования. Стереотипная модель пользователя также может быть представлена как набор пар «стереотип—значение», где значение может быть не только «истиной» или «ложью» (что означает, что пользователь принадлежит или не принадлежит стереотипу), но и равняться некоторому вероятностному значению (которое представляет вероятность того, что пользователь принадлежит стереотипу). Стереотипная модель более простая и менее мощная, чем оверлейная модель, но она также более общая и намного проще для инициализации и обслуживания.

Проблема со стереотипной моделью знаний состоит в том, что многие эффективные технологии адаптации требуют более мелко модульной оверлейной модели. В свою очередь, оверлейная модель пользователя имеет проблему инициализации, поскольку очень трудно установить все значения после короткого интервью с новым пользователем. Хорошие результаты могут быть достигнуты путем комбинации стереотипного и оверлейного моделирования. Они могут быть объединены следующим способом: в начале работы для классифицирования нового пользователя и установления начальных значений для оверлейной модели используется стереотипное моделирование, затем используется обычная оверлейная модель.

Цели

Цель пользователя или задача пользователя — характеристика, связанная с контекстом работы пользователя в гипермедиа, скорее, чем с пользователем как индивидуумом. В зависимости от вида системы, это может быть цель работы (в прикладных системах), цель поиска (в информационно-поисковых системах), решение задач или цель обучения (в гипермедиа-системах обучения). Цель пользователя — наиболее изменчивая характеристика пользователя: почти всегда она изменяется от сеанса к сеансу и часто может изменяться несколько раз в пределах одного сеанса работы. В некоторых системах разумно различать локальные цели, или цели нижнего уровня, которые могут изменяться весьма часто, и общие цели, или цели высшего уровня, которые являются более устойчивыми. Например, в ги-

пермедиа-системах обучения цель обучения — общая цель, в то время как решение задач — локальная цель, которая изменяется от одной учебной задачи до другой несколько раз в пределах сеанса.

Текущая цель пользователя обычно моделируется способом, несколько подобным оверлейному моделированию знаний. Как правило, каждая система поддерживает набор возможных целей или задач пользователя, которые она может распознавать. Более развитые «цель-основанные» системы используют расширенное представление возможных и текущих целей пользователя. Наиболее расширенное представление возможных целей пользователя — иерархия (дерево) задач. Наиболее расширенное представление текущих целей пользователя — набор пар «цель—значение», где значение — вероятность того, что соответствующая цель — текущая цель пользователя.

Подготовка и опыт

Две особенности пользователя, которые сходны со знанием пользователем темы, но функционально отличаются от него, — подготовка и опыт пользователя в данном гиперпространстве. Под *подготовкой пользователя* мы понимаем всю информацию, связанную с предыдущим опытом пользователя вне темы гипермедиа-системы, достаточно уместную для рассмотрения. Например, профессию, опыт работы в связанных областях, а также точку зрения и перспективы пользователя.

Под *опытом пользователя* в данном гиперпространстве мы понимаем знание пользователем структуры гиперпространства и его навигационные возможности. Это не то же самое, что знание пользователем темы. Иногда пользователь, который хорошо знаком непосредственно с темой, вообще не знаком со структурой гиперпространства. Наоборот, пользователь может быть хорошо знаком со структурой гиперпространства без глубокого знания темы. Еще одна причина отличать опыт в гиперпространстве от уровня знаний — существование технологии адаптивной навигации, которая полагается на эту особенность пользователя. Подготовка и опыт обычно также моделируются стереотипной моделью пользователя.

Предпочтения

По различным причинам пользователь может предпочитать некоторые узлы, ссылки и части страницы другим. Эти предпочтения могут быть абсолютными или относительными, т. е. зависящими от текущего узла, цели и текущего контекста вообще. Наиболее интенсивно предпочтения исполь-

зуются в информационно-поисковых гипермедиа-системах, в которых предпочтения — часто единственная хранимая о пользователе информация.

Предпочтения пользователя отличаются от других компонентов модели пользователя по нескольким аспектам. В отличие от других компонентов, предпочтения не могут быть выведены системой. Пользователь должен сообщить системе непосредственно или косвенно (простой обратной связью) о своих предпочтениях. Это больше похоже на адаптируемость, чем на адаптивность. Отличие в том, что адаптивные гипермедиа-системы могут выводить предпочтения пользователя и применять их для адаптации в новых контекстах.

Другая специфическая особенность моделирования предпочтений — способ представления. В то время как другие части модели пользователя обычно представляются символически, предпочтения часто представляются численно и рассчитываются специальными способами. Цифровой способ представления имеет некоторые преимущества перед символическим способом: он открывает возможность объединения нескольких моделей пользователей и их суммирования в групповую модель пользователей. Групповые модели накапливают предпочтения определенной группы и таким образом являются хорошей стартовой моделью для нового члена группы.

Интересы

Интересы пользователя — характеристика, не используемая в ранних адаптивных гипермедиа-системах. Ситуация резко изменилась с ростом информационно-поисковых Web-систем, которые пытаются смоделировать долгосрочные интересы пользователя и использовать их параллельно с краткосрочной целью поиска для улучшения фильтрации информации и рекомендаций. Также использование этой характеристики становится популярным в различных сетевых информационных системах типа информационных киосков, электронных энциклопедий и музейных гидов. В этих системах интересы пользователя служат основанием для рекомендации релевантных гиперузлов.

Индивидуальные особенности

Индивидуальные особенности пользователя — характеристики пользователя, которые определяют пользователя как индивидуума, например, индивидуальные показатели (интроверт — экстраверт), познавательные факторы и стиль обучения. Подобно подготовке пользователя, индивидуальные особенности — стабильная характеристика пользователя, которая не изме-

няется вообще или изменяется в течение длительного периода времени. В отличие от подготовки пользователя, индивидуальные особенности традиционно извлекаются не простым интервью, а специально разработанными психологическими тестами. Большинство исследователей соглашается с необходимостью моделирования и использования индивидуальных особенностей, но разногласия возникают насчет того, какие особенности могут и должны использоваться и как их использовать. Кроме того, несколько экспериментальных исследований, проводимых с целью выяснить, есть ли смысл обрабатывать пользователей с различными индивидуальными особенностями по-разному, не выявили никаких существенных различий.

Адаптация к данным окружения

Адаптация к окружению пользователя — новый вид адаптации, который был привнесен Web-системами [1]. Поскольку пользователи одного и того же серверного Web-приложения виртуально могут постоянно находиться всюду, а также использовать различное оборудование, адаптация к окружению пользователя стала важной задачей. Ряд современных адаптивных гипермедиа-систем предложил некоторые технологии для адаптации как к местонахождению пользователя, так и к платформе пользователя. Простая адаптация к платформе (аппаратные средства, программное обеспечение, пропускная способность сети) обычно включает выбор типа данных и средств (т. е. графика против видео) для представления содержания. Более прогрессивные технологии могут обеспечивать различный интерфейс пользователям с разнообразными платформами. Адаптация к местонахождению пользователя может успешно использоваться многими сетевыми информационными системами. Наиболее интересный тип приложений для исследования этой стороны адаптации — карманные руководства. Современные исследования в этой области предложили ряд интересных технологий адаптации, принимающих во внимание местонахождение, направление взгляда и движения пользователя.

4. ТЕХНОЛОГИИ АДАПТАЦИИ

В адаптивной гипермедиа область адаптации весьма ограничена: не так много характеристик, которые могут быть изменены. На некотором уровне обобщения, гипермедиа состоит из набора узлов или гипердокументов («страниц»), связанных ссылками. Каждая страница содержит некоторую локальную информацию и ряд ссылок к связанным страницам. Гипермедиа-

системы могут также включать индекс и глобальную карту, которые обеспечивают ссылки ко всем доступным страницам. Все, что может быть адаптировано в адаптивной гипермедиа, — это содержание обычных страниц (*адаптация на уровне содержания*) и ссылки с обычных страниц, страниц индексов и карт (*адаптация на уровне ссылок*). Адаптации на уровне содержания и ссылок дифференцируются как два различных класса адаптации гипермедиа. Первый называется *адаптивным представлением* (adaptive presentation), а второй — *адаптивной навигационной поддержкой* (adaptive navigation support) [1, 3].

Адаптивное представление

Смысл различных технологий адаптивного представления состоит в том, чтобы адаптировать содержание страницы, к которой обращается отдельный пользователь, к текущему знанию, целям и другим характеристикам пользователя. Например, квалифицированному пользователю можно предоставить более детальную и глубокую информацию, в то время как начинающий может получать дополнительные объяснения.

Адаптивное представление — общий термин для всех технологий, которые адаптируют содержание гипермедиа-страницы в соответствии с моделью пользователя. Различаются следующие представления ([1–3, 5]):

- *адаптивное представление текста* — текстовое содержание гипермедиа-страницы изменяется в зависимости от модели пользователя, т. е. пользователи с различными моделями получают различные тексты в качестве содержания одной и той же страницы;
- *адаптивное представление мультимедиа* — хотя этот термин предполагает, что элементы мультимедиа-содержания могут быть адаптированы к индивидуальному пользователю, текущие реализации ограничены выбором средств. В отличие от текста, содержание анимации, аудио или видео фрагментов не адаптировано;
- *адаптация модальности* — новая технология адаптации содержания высокого уровня [1]. Современные адаптивные гипермедиа-системы могут иметь выбор различных типов средств для представления информации пользователю, т. е. в дополнение к традиционному тексту может использоваться музыка, видео, речь, анимация и т.д. Весьма часто фрагменты различных средств представления информации имеют то же самое содержание, и, следовательно, система может выбрать тот, который наиболее релевантен пользователю для данного узла. В других случаях эти фрагменты могут использоваться параллельно, таким обра-

зом позволяя системе выбрать наиболее релевантное подмножество элементов средств представления информации. В настоящее время можно идентифицировать несколько различных методов для адаптации модальности представления на основе предпочтений пользователя, способностей, стиля изучения и контекста работы в нескольких видах адаптивных гипермедиа-систем.

Методы адаптивного представления

Содержание документа адаптируется к потребностям пользователя посредством сокрытия некоторой специализированной информации или добавления дополнительной информации. Рассмотрим далее основные методы адаптивного представления текста: дополнительные, предварительные и сравнительные объяснения, варианты объяснения и сортировку [1–5].

Дополнительные объяснения (Additional Explanations)

Цель метода *дополнительных объяснений*, наиболее популярного метода адаптации содержания, показать пользователю те части информации об отдельном понятии, которые соответствуют его знаниям или целям, и скрыть те, которые не соответствуют.

Например, подробности нижнего уровня могут быть скрыты от пользователей с плохим уровнем знания этого понятия, поскольку они не смогут их понять. Напротив, дополнительные пояснения, обычно требующиеся начинающим для понимания понятия, могут быть скрыты от пользователей с хорошим уровнем знания понятия, поскольку они больше в них не нуждаются. В общих чертах, вдобавок к основному представлению, некоторая категория пользователей может получить дополнительную информацию, которая специально подготовлена для этой категории и не будет показываться пользователям других категорий.

Предварительные объяснения (Prerequisite Explanations) и сравнительные объяснения (Comparative Explanations)

Два других метода — *предварительные (необходимые как условия) и сравнительные объяснения* — изменяют представляемую о понятии информацию в зависимости от уровня знаний пользователем сходных (близких) понятий.

Первый метод основан на предварительных связях между понятиями. Идея в следующем: перед предоставлением объяснения понятия система

добавляет объяснения всех понятий, предварительно необходимых для понимания этого понятия, которые еще не известны пользователю.

Второй метод основан на отношении подобия (сходства) между понятиями. Смысл метода состоит в том, чтобы при объяснении нового понятия подчеркивать его связь с уже известными понятиями. Если понятие, сходное с представляемым понятием, известно, пользователь получает сравнительное объяснение, которое подчеркивает сходства и различия между текущим и сходным понятиями.

Варианты объяснения (Explanation Variants)

Очевидно, что для адаптации не всегда достаточно показа или сокрытия некоторых частей информации, поскольку различные пользователи могут нуждаться в существенно различной информации. При использовании метода вариантов объяснения система хранит несколько различных вариантов объяснения отдельного понятия, и пользователь получает вариант, наиболее соответствующий своей модели.

Сортировка (Sorting)

Интересный метод, который может принимать во внимание как подготовку, так и уровень знаний пользователя — *сортировка* фрагментов информации о понятии. Фрагменты информации сортируются и отображаются на странице от наиболее до наименее релевантного подготовке и знанию пользователя. Метод наиболее эффективен для информационно-поисковых систем.

Технологии адаптивного представления

Следующие технологии используются для реализации перечисленных выше методов адаптивного представления текста [1–5].

Условный текст (Conditional Text)

Простая, но эффективная технология для адаптации содержания — технология *условного текста*. При использовании этой технологии вся возможная информация о понятии разделена на несколько частей текста. Каждая часть связана с условием на уровне знания пользователя, представленного в модели пользователя. При представлении информации о понятии система показывает только те части текста, для которых условие истинно. Это технология нижнего уровня, требующая некоторой работы «програм-

мирования» от автора для установления всех требуемых условий. Выбирая соответствующие условия на уровне знаний текущего понятия и связанных понятий, представленных в модели пользователя, можно реализовать все методы адаптации, перечисленные выше, за исключением сортировки. Простой пример — это сокращение частей текста с неподходящими объяснениями, если уровень знаний пользователя текущего понятия достаточно хорош, или включение части текста со сравнительными объяснениями, если соответствующее сходное понятие уже известно.

Расширяющийся текст (Stretchtext)

Технология более высокого уровня, которая может также включать и выключать различные части текста в соответствии с уровнем знания пользователей, основана на расширяющемся тексте (stretchtext), который является специальным видом гипертекста. В обычном гипертексте результатом активации ключевого слова является перемещение на другую страницу со связанным текстом. В stretchtext этот связанный текст может просто заменять активизированное слово (или фразу с этим словом), расширяя текст текущей страницы. Если требуется, этот расширенный или «развернутый» текст может быть свернут обратно в слово. Каждый узел — stretchtext-страница, которая может содержать много «свернутых» слов. Идея адаптивного stretchtext-представления состоит в том, чтобы представить требуемую страницу так, чтобы все stretchtext-расширения нерелевантные для пользователя были свернуты, а все расширения релевантные для пользователя, — развернуты.

Важная особенность адаптивной stretchtext-технологии в том, что она позволяет и пользователю, и системе адаптировать содержание отдельной страницы и что она может принимать во внимание и знания, и предпочтения пользователя. После произвольного представления stretchtext-страницы она может быть далее адаптирована пользователем, который имеет возможность сворачивать или разворачивать соответствующие объяснения и подробности в соответствии со своими предпочтениями. Модель пользователя может обновляться в соответствии с демонстрируемыми пользователем предпочтениями, чтобы гарантировать, что пользователь всегда будет видеть предпочитаемую комбинацию сокращенных и несокращенных частей. Например, если пользователь свернул дополнительные объяснения отдельного понятия, они будут показываться свернутыми до тех пор, пока пользователь не изменит предпочтения.

Варианты фрагмента (Fragment Variants) и варианты страницы (Page Variants)

Метод вариантов объяснения может быть реализован с помощью технологий вариантов фрагмента и вариантов страницы.

Варианты фрагмента — более мелкомодульная реализация метода *вариантов объяснения*. Система хранит несколько вариантов объяснения каждого понятия (варианты фрагментов), и пользователь получает страницу, содержащую те варианты, которые соответствуют его знанию о представленных понятиях. Технологии вариантов страницы и вариантов фрагмента могут быть скомбинированы, например, для обеспечения адаптации и к подготовке, и к знанию пользователя. Текущий вариант страницы для конкретного узла выбирается согласно подготовке пользователя. Эта страница затем может быть адаптирована: для каждого понятия, представленного на странице, система выбирает объяснение, которое наиболее соответствует уровню знаний пользователя.

Варианты страницы — наиболее простая технология адаптивного представления. При использовании этой технологии система хранит несколько вариантов страницы с различными представлениями ее содержания. Как правило, каждый вариант подготовлен для одного из возможных стереотипов пользователя. При представлении страницы система выбирает вариант страницы согласно стереотипу пользователя.

Фреймовая технология (Frame-Based Technique)

Наиболее мощная из всех технологий адаптации содержания — *фреймовая* (основанная на фреймовом представлении) *технология*. При использовании этой технологии вся информация об отдельном понятии представлена в форме фрейма. Слоты фрейма могут содержать несколько вариантов объяснения понятия, связи с другими фреймами, примерами и т.д. При использовании технологии естественного языка страницы монтируются из маленьких информационных элементов подобно словам и частям предложений. Используются специальные правила представления для решения того, какие слоты должны быть представлены конкретному пользователю и в каком порядке. Более точно, эти правила используются для выбора одной из существующих схем представления (каждая схема — упорядоченное подмножество слотов), и затем эта схема используется для представления понятия. Могут применяться правила для вычисления «приоритета представления» для каждого слота, и затем подмножество слотов с высоким приоритетом представляется в порядке уменьшения приоритета. В своих

условных частях эти правила могут ссылаться не только на уровень знаний пользователем представляемого понятия, но также и на любую характеристику, представленную в модели пользователя. В частности, система может принимать во внимание подготовку пользователя.

Фреймовая технология может использоваться для реализации всех методов, упомянутых выше. Методы предварительных и сравнительных объяснений могут быть реализованы с фреймовой технологией, при этом соответствующие условия ставятся на уровне знаний связанных понятий.

Адаптивная навигационная поддержка

Смысл технологий адаптивной навигационной поддержки состоит в том, чтобы помочь пользователям найти путь в гиперпространстве с помощью адаптации способа представления ссылок к целям, знанию и другим характеристикам индивидуального пользователя. Эти технологии могут быть классифицированы согласно способу, который они используют для адаптации представления ссылок. Различаются шесть технологий для адаптирования представления ссылок: полное руководство (*direct guidance*), сортировка ссылок (*link sorting*), сокрытие ссылок (*link hiding*), аннотирование ссылок (*link annotation*), генерирование ссылок (*link generation*) и адаптация карты (*map adaptation*) [1–5].

Для сравнения этих технологий сначала следует понять, как и в каком контексте обычно представляются ссылки. Здесь мы понимаем ссылки в смысле пользователя (т. е. видимое изображение связанных страниц, к которым пользователь может перейти). Определим четыре вида представления ссылок, которые отличаются тем, что может быть изменено и адаптировано [3].

1. *Локальные неконтекстные (контекстно-независимые) ссылки.* Этот тип включает все виды ссылок на обычных гипермедиа-страницах, которые не зависят от содержания страницы. Они могут выглядеть как список, набор кнопок или всплывающее меню. Этими ссылками просто управлять — они могут быть отсортированы, скрыты или аннотированы.
2. *Контекстные (контекстно-зависимые) ссылки или «настоящие гипертекстовые» ссылки.* Этот тип включает «горячие слова» (слова, связывающие текст с объектом) в текстах, «горячие точки» в изображениях и другие виды ссылок, которые встроены в контент содержания страницы и не могут быть удалены из него. Эти

- ссылки могут быть аннотированы, но не могут быть отсортированы или полностью скрыты.
3. *Ссылки индексов и страниц содержания.* Индекс или страница содержания может рассматриваться как специальный вид страницы, который содержит только ссылки. Эти ссылки обычно представляются в фиксированном порядке (порядок содержания для страниц содержания и алфавитный порядок для страниц индексов). Как правило, ссылки с индексов и страниц содержания контекстно-независимые, если страница не реализована в форме изображения.
 4. *Ссылки на локальных и глобальных картах гиперпространства.* Карты обычно графически представляют гиперпространство или локальную область гиперпространства как сеть узлов, связанных стрелками. При использовании карт пользователь может прямо перейти ко всем узлам, видимым на карте, просто «щелкая» по изображению желаемого узла. С навигационной точки зрения, эти изображения узлов — именно то, что мы понимаем под ссылками, в то время как стрелки, служащие изображением ссылок, не используются для прямой навигации.

Методы адаптивной навигационной поддержки

Технологии адаптивной навигационной поддержки используются для достижения нескольких целей адаптации: обеспечить глобальное руководство, локальное руководство, локальную ориентацию, глобальную ориентацию и управление индивидуализированными представлениями в информационных пространствах [1,3].

Глобальное руководство (Global Guidance)

Глобальное руководство можно обеспечить в гипермедиа-системах, в которых пользователи имеют некоторую «глобальную» информационную цель (т. е. нуждаются в информации, которая содержится в одном или нескольких узлах где-нибудь в гиперпространстве) и просмотр — способ нахождения требуемой информации. Цель методов глобального руководства состоит в том, чтобы помочь пользователю найти самый короткий путь к информационной цели с минимальным блужданием.

Глобальное руководство — основная цель адаптивной навигационной поддержки в информационно-поисковых гипермедиа-системах, а также важная цель в информационных и справочных системах с достаточно большим гиперпространством. Информационная цель пользователя, кото-

рая обычно полностью или частично предоставляется им, — основная характеристика пользователя для адаптивного руководства.

Наиболее полный метод обеспечения глобального руководства состоит в том, чтобы на каждом шаге просмотра предлагать пользователю ссылку для дальнейшего перехода (т. е. применять технологию *полного руководства*). Более поддерживающий метод состоит в применении технологии *адаптивной сортировки*: все ссылки от данного узла сортируются в соответствии с релевантностью глобальной цели (наиболее релевантные — сначала). При этом пользователи все еще имеют возможность перехода по первой наиболее релевантной ссылке, но также имеют некоторую информацию (релевантность других ссылок) для того, чтобы сделать свободный выбор.

Локальное руководство (Local Guidance)

Цель методов локального руководства состоит в том, чтобы помочь пользователю сделать один навигационный шаг, предлагая ссылки от текущего узла, наиболее подходящие для перехода. Эта цель отчасти подобна цели глобального руководства, но более «скромна». Методы локального руководства не предполагают глобальную цель для обеспечения руководства. Они делают указание согласно предпочтениям, знанию и подготовке пользователя — что наиболее важно для данной прикладной области. Например, подходящий метод локального руководства для ИП гипермедиа и сетевых информационных систем — это *сортировка* ссылок согласно предпочтениям и подготовке пользователя.

Методы, используемые в гипермедиа-системах обучения: сортировка ссылок согласно знанию пользователя и полное руководство в соответствии со знанием пользователя. Последний метод обычно применяется для выбора наиболее подходящей задачи из набора задач, доступных из текущего пункта.

Поддержка локальной ориентации (Local Orientation Support)

Цель методов поддержки локальной ориентации состоит в том, чтобы помочь пользователю в локальной ориентации (т. е. помочь пользователю понять, что находится вокруг и какова его относительная позиция в гиперпространстве). Существующие АГ системы осуществляют поддержку локальной ориентации двумя различными способами: предоставляя дополнительную информацию об узлах, доступных от текущего узла (использование технологии *аннотирования*), и ограничивая число навигационных воз-

возможностей для уменьшения познавательной перегрузки, при этом пользователям позволено сфокусироваться на анализе наиболее релевантных ссылок (использование технологии *сокрытия*).

Методы, основанные на технологии *сокрытия*, имеют ту же самую идею: скрыть от пользователя все ссылки (или от индекса, или от локального узла), которые не подходят ему в данный момент, или, другими словами, показывать только релевантные ссылки (соответствующие знанию, цели, опыту или предпочтениям пользователя). Другой метод, основанный на *опыте* пользователя в данном гиперпространстве, состоит в том, чтобы показывать пользователям тем больше ссылок, чем больше опыта они имеют в гиперпространстве.

В гипермедиа-системах обучения применяются два специфических метода, основанных на технологии *сокрытия*: смысл первого метода состоит в сокрытии ссылок к узлам, которые пользователь не готов еще изучить, а второго — к узлам, которые принадлежат целям обучения последующих уроков и не принадлежат текущей цели обучения.

Цель методов, основанных на технологии *аннотирования*, состоит в том, чтобы информировать пользователя о текущем «состоянии» узлов за видимыми ссылками. Аннотирование может использоваться, чтобы показать несколько градаций релевантности ссылки или несколько уровней знания пользователем узлов за аннотируемыми ссылками, а также чтобы выделить ссылки, соответствующие текущей цели и затемнить несоответствующие.

Методы поддержки локальной ориентации не руководят пользователем непосредственно, но обеспечивают помощь в понимании того, что является ближайшими ссылками, а также в создании обоснованного навигационного выбора.

Поддержка глобальной ориентации (Global Orientation Support)

Цель методов поддержки глобальной ориентации состоит в том, чтобы помочь пользователю понять структуру всего гиперпространства и свою абсолютную позицию в нем. В неадаптивной гипермедиа эта цель обычно достигается, обеспечивая визуальные ориентиры и глобальные карты. Адаптивная гипермедиа может обеспечить большую поддержку для пользователя, применяя технологии *аннотирования* и *сокрытия*.

Аннотации функционируют как ориентиры: так как узел сохраняет ту же самую аннотацию, когда пользователь видит его из различных мест гиперпространства, пользователь легко может узнавать узлы, которые он

встречал прежде, и понимать свою текущую позицию. *Соккрытие* уменьшает размер видимого гиперпространства и может упростить и ориентацию, и обучение, обеспечивая постепенное изучение гиперпространства. Перспективное направление адаптивной поддержки глобальной ориентации — *адаптация локальных и глобальных карт*, когда сама структура карты может зависеть от характеристик пользователя.

Управление индивидуализированными представлениями (managing personalized views)

Индивидуализированные представления — способ организации электронного рабочего места для пользователей, которые нуждаются в доступе к достаточно небольшой части гиперпространства для своей повседневной работы. Каждое представление — просто список ссылок ко всем гипердокументам, которые соответствуют конкретной рабочей цели. Классические гипермедиа-системы и современные WWW-браузеры предлагают закладки и рабочие списки как способы делать персональные представления. Более развитые системы предлагают некоторые механизмы адаптируемости более высокого уровня, основанные на метафорах и моделях пользователя.

Адаптивные решения, т. е. управляемая системой поддержка индивидуализированных представлений, требуются в WWW-подобных динамических информационных пространствах, где объекты могут появляться, исчезать или изменяться. Для этого используются интеллектуальные агенты, которые могут регулярно искать новые релевантные объекты и распознавать измененные объекты или объекты с истекшим сроком хранения.

Технологии адаптивной навигационной поддержки

Полное руководство (Direct Guidance)

Полное руководство — наиболее простая технология адаптивной навигационной поддержки. Полное руководство может применяться в любой системе, которая может решить, какой следующий «наилучший» узел для посещения пользователем в соответствии с целью пользователя и другими параметрами, представленными в модели пользователя. Ссылка предоставляется к той странице, которую система считает наиболее подходящей для следующего перехода пользователя.

Различаются два метода полного руководства:

- «следующий наилучший» (*next best*) — предоставление кнопки «next» для навигации через гиперпространство,
- установление последовательности страниц или след (*page sequencing or trails*) — генерирование последовательности страниц для просмотра всей гипермедиа-системы или ее части.

Полное руководство может использоваться со всеми четырьмя видами представления ссылок, перечисленных выше, но оно вряд ли может быть основной формой навигационной поддержки, поскольку не обеспечивает никакой помощи для пользователей, которые не хотели бы следовать указаниям системы.

Адаптивная сортировка (упорядочение) ссылок (Adaptive Sorting (Ordering) Of Links)

Вместо предоставления единственной «наилучшей» ссылки, эта технология предоставляет список ссылок, упорядоченный по убыванию релевантности, в соответствии с моделью пользователя. Различаются два метода сортировки:

- сортировка по подобию (*similarity sorting*) — ссылки сортируются, исходя из их подобия данной странице;
- предварительные знания (*prerequisite knowledge*) — ссылки упорядочиваются согласно предварительно необходимым знаниям.

Адаптивное упорядочение имеет ограниченную применимость: оно может использоваться только с контекстно-независимыми ссылками. Другая проблема с адаптивным упорядочением состоит в том, что эта технология делает порядок ссылок неустойчивым: он может изменяться каждый раз при входе пользователя на страницу. В то время как некоторые недавние исследования показали, что устойчивый порядок параметров в меню важен для начинающих. Тем не менее эта технология полезна для приложений информационного поиска.

Адаптивное сокрытие ссылок (Adaptive Link Hiding)

Адаптивное сокрытие ссылок — в настоящее время наиболее часто используемая технология для адаптивной навигационной поддержки. Идея навигационной поддержки с помощью сокрытия состоит в том, чтобы ограничить навигационное пространство, скрывая ссылки к «нерелевантным» страницам. Страница может рассматриваться как нерелевантная по нескольким причинам: например, если она не связана с текущей целью пользователя или если она представляет материал, который пользователь не

готов еще понять. Сокрытие защищает пользователей от запутанности неограниченного гиперпространства и уменьшает их познавательную перегрузку, также оно более понятно пользователю и выглядит более «стабильно» для них, чем адаптивное упорядочение.

Различаются три вида сокрытия ссылок: непосредственно *сокрытие ссылок* (ссылка делается неотличимой от нормального текста), *удаление ссылок* (ссылка делается невидимой) и *отключение ссылок* (ссылка делается недоступной) [1, 5].

Адаптивное сокрытие ссылок (adaptive link hiding) — эта технология делает анкер ссылки неотличимым от нормального текста. Сокрытие имеет широкую применимость: оно может использоваться со всеми видами контекстно-независимых, индексных ссылок и ссылками карт с помощью реального сокрытия кнопок или пунктов меню и с контекстно-зависимыми ссылками, превращая «горячие слова» в обычный текст.

Адаптивное удаление ссылок (adaptive link removal) — эта технология удаляет анкер ссылки для нерелевантных ссылок. Это может быть выполнено только тогда, когда окружающий текст все еще имеет смысл после удаления ссылки. Хотя адаптивное удаление ссылок эффективно сокращает число навигационных шагов, предварительные оценки показывают, что пользователям не нравится эта технология.

Адаптивное отключение ссылок (adaptive link disabling) — функциональные возможности ссылки удаляются, но текст ссылки остается. Эта технология часто объединяется с *сокрытием ссылки*, потому что, если вид анкера остается, но ссылка не «работает», пользователь может подумать, что это ошибка в системе. Пользователям не нравится адаптивное отключение ссылок, но все же они предпочитают его адаптивному удалению ссылок.

Адаптивное аннотирование ссылок (Adaptive Link Annotation)

Смысл технологии *адаптивного аннотирования ссылок* состоит в пополнении ссылок некоторыми комментариями, чтобы дать пользователю подсказку относительно содержания страницы за аннотируемыми ссылками. Аннотации могут быть представлены в текстовой форме или в форме визуальных подсказок, например, используя различные значки, цвета или размеры шрифтов.

Наиболее популярный способ аннотирования ссылок — использование *метафоры светфора* (traffic light metaphor). Ссылка аннотируется цветной точкой: красная точка перед ссылкой указывает, что у пользователя недос-

таточно знаний для понимания этой страницы, таким образом, страница не рекомендуется для чтения. Желтая точка означает, что страница не рекомендуется для чтения, эта рекомендация менее строга, чем в случае красной точки. Зеленая точка ставится перед ссылками на страницы, рекомендуемыми для чтения. Серая точка указывает пользователю, что содержание этой страницы уже известно. Существуют и другие варианты.

Типичный вид аннотирования, рассматриваемый в традиционной гипермедиа — статическое (независимое от пользователя) аннотирование. Адаптивное аннотирование в самой простой, основанной на предыстории форме (выделение ссылок к ранее посещенным узлам) применяется в некоторых гипермедиа-системах, включая несколько WWW-браузеров. Текущие адаптивные гипермедиа-системы могут различать и аннотировать поразному до шести состояний на основе модели пользователя.

Аннотирование может использоваться со всеми четырьмя возможными типами ссылок. Эта технология поддерживает стабильный порядок ссылок и избегает проблем с формированием неправильных ментальных карт. Аннотирование — более мощная технология, чем сокрытие: сокрытие может различать только два состояния узлов — уместное и неуместное, в то время как аннотирование — до шести состояний, в частности, несколько уровней релевантности. Эксперименты привели к заключению, что адаптивное аннотирование ссылок является полезным для сокращения числа навигационных шагов и улучшения понимания учебного материала.

Адаптивное генерирование ссылок (Adaptive Link Generation)

Рост систем рекомендаций делает необходимыми два существу различных способа адаптивной навигационной поддержки: адаптация ссылок, представленных на странице во время разработки гиперпространства, и генерирование новых (неразработанных) ссылок для страницы. Генерирование ссылок включает три случая: обнаружение новых полезных ссылок между документами и добавление их к постоянному набору существующих ссылок, генерирование ссылок для навигации между элементами, основанной на подобию, и динамическая рекомендация релевантных ссылок.

Адаптивное генерирование ссылок предлагается рассматривать как новую технологию адаптивной навигационной поддержки высокого уровня [1]. Эта технология может использоваться вместе с существующими технологиями типа аннотирования и сортировки.

Адаптация карты (Map Adaptation)

Технология *адаптации карты* включает различные пути адаптации формы глобальных и локальных гипермедиа карт (графические представления структуры ссылок), представленных пользователю. Карты могут быть адаптивно фильтрованы, чтобы обеспечить представление частей гипердокумента, которые релевантны для пользователя. Такие технологии, как полное руководство, сокрытие и аннотирование, могут использоваться для адаптивирования гипермедиа-карты, но все эти технологии не изменяют форму или структуру карт.

Полное руководство, сортировка, сокрытие, аннотирование и адаптация карты — основные технологии для адаптивной навигационной поддержки. Большинство из существующих технологий адаптации используют ровно один из этих способов для обеспечения адаптивной навигационной поддержки. Однако эти технологии не противоречивы и могут использоваться в комбинациях. В частности, технология полного руководства может легко использоваться в комбинации с любой из трех других технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье были рассмотрены системы, методы и технологии адаптивной гипермедиа относительно нового направления исследований в области гипермедиа и моделирования пользователя, альтернативного подхода к разработке гипермедиа-приложений.

В отличие от традиционных гипермедиа-систем, предлагающих одно и то же содержание и одну и ту же структуру навигации всем пользователям, адаптивные гипермедиа-системы дают возможность предоставления «индивидуализированных» представлений гипермедиа. Адаптивные гипермедиа-системы — это гипермедиа-системы, которые отражают некоторые особенности пользователя в модели пользователя и применяют эту модель для адаптации к пользователю различных видимых аспектов системы.

Методы адаптивной гипермедиа применяются во многих прикладных областях: гипермедиа-системах обучения, сетевых информационных системах, информационно-поисковых системах, справочных системах и т.д.

АГС могут адаптироваться к различным характеристикам индивидуального пользователя: знанию, целям, опыту, предпочтениям, интересам, окружению и т.д. Различаются два класса адаптации гипермедиа: адаптивное

представление — адаптация текстового и мультимедиа содержания гипермедиа-страниц и адаптивная навигационная поддержка — адаптация ссылок и структуры навигации. На данный момент существует ряд эффективных методов и технологий для адаптивного представления и адаптивной навигационной поддержки, краткий обзор которых представлен в статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Brusilovsky P.** Adaptive Hypermedia // User Modeling and User-Adapted Interaction. — 2001. — Vol. 11. — P. 87–110.
2. **Brusilovsky P.** Methods and techniques of adaptive hypermedia. // Adaptive Hypermedia and Hypermedia. — Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. — P. 1–43.
3. **Brusilovsky P.** Efficient techniques for adaptive hypermedia // Lect. Notes. Comput. Sci. — 1997. — Vol. 1326 — P. 12–30.
4. **Brusilovsky P.** Methods and techniques of adaptive hypermedia // User Modeling and User-Adapted Interaction. — Vol. 6. — P. 87–129.
5. **De Bra P., Brusilovsky P., Houben G.-J.** Adaptive Hypermedia: From Systems to Framework // ACM Computing Surveys. — 1999. — Vol. 31, № 4.
6. **De Bra P.** Adaptive Hypermedia on the Web: Methods, techniques and applications // Proc. of the AACE WebNet'98 Conf. — Orlando, FL, 1998. — P. 220–225.