

УДК 004.91+004.946

ИНТЕРАКТИВНОЕ ПОВЕСТВОВАНИЕ В ВИРТУАЛЬНОМ ОКРУЖЕНИИ: ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА “ВИРТУАЛЬНЫЙ ПЛАНЕТАРИЙ”

Д. А. Байгозин, Ю. М. Батурич, М. Гёбель, С. В. Клименко¹, А. В. Леонов,
И. Н. Никитин, Л. Д. Никитина

Данная работа посвящена новой технологии построения мультимедийных электронных документов — интерактивному повествованию в виртуальном окружении. Это — перспективное направление развития компьютерных технологий, которое находится на стыке систем управления электронными документами, информационных систем, компьютерных игр, обучающих программ, виртуальных тренажеров и интерактивных моделей. Введены основные термины и понятия новой предметной области, рассмотрены методы и технологии создания интерактивных приложений в виртуальном окружении, описаны принципы построения интерактивного повествования в виртуальном окружении на примере обучающей системы “Виртуальный Планетарий”.

Введение. На заре развития человечества, в древности и в средние века вплоть до изобретения книгопечатания основным способом передачи информации между людьми было устное повествование. Конечно, важнейшие законы и государственные акты высекали на камне, вырезали на бересте, писали на пергаменте и на папирусе. Священные книги надежно хранились за стенами монастырей и переписывались тысячами монахов. Многие научные и художественные сочинения тех времен, чудом уцелев в огне пожаров, дошли до нас в рукописном виде. Однако главной и часто единственной целью фиксации информации на материальном носителе была не передача ее современникам, а сохранение информации в виде неизменного — официального, канонизированного, авторского — текста. Следует отметить, что хотя появление и массовое использование письменности теряется в сумраке веков, однако создание, хранение, воспроизведение и использование документов тысячелетиями оставались делом крайне узкой прослойки населения.

Изобретение книгопечатания и радио, фотографии и телевидения, вычислительных машин и сетей, Интернет и Всемирной паутины ознаменовало формирование информационного общества — “новой исторической фазы развития цивилизации, в которой главными продуктами производства являются информация и знания” (www.glossary.ru). В частности, совершенствование средств тиражирования и распространения документов стали этапами более чем трехсотлетней информационной революции, одним из основных признаков которой стало постепенное угасание значимости устного повествования и переход к обороту документов как основному способу обмена информацией между людьми. В процессе этого перехода и особенно в последние два десятка лет само понятие документа испытало существенную трансформацию, прежде всего благодаря появлению и развитию целого комплекса новых технологий, связанных с обработкой и представлением информации.

Вплоть до 80-х годов прошлого столетия практически все документы были статичными: однажды созданные, они более не менялись ни со временем, ни в зависимости от желаний читателя. Стремительное развитие вычислительной техники и сетей передачи данных в конце прошлого столетия породило новый объект — электронный документ — с совершенно новым уровнем функциональности [1]. Возможность обновлять и дополнять документ сколь угодно часто без существенных усилий позволила говорить о “живых” (alive) и “эволюционирующих” (evolving) документах. Устранение технических препятствий для использования в документе аудио и видео компонентов привело к появлению “мультимедийных” (multimedia) документов, сделав читателя одновременно слушателем и зрителем.

Возможность оперативного доступа к документу из любой точки мира в свое время казалась столь удивительной, что возникло понятие “он-лайн” (on-line) документа. Изобретение гиперссылок позволило читателю активно влиять на процесс получения интересующей его информации — документы стали “интерактивными” (interactive). Все большую популярность приобретают “интеллектуальные агенты” (information agents, intelligent agents, knowledge agents, mobile agents) — специальные программы, которые

¹ Институт физико-технической информатики (ИФТИ), Заводской пр., 6, 142281, г. Протвино; e-mail: klimenko@sim.ol.ru

автоматически анализируют содержание документов и происходящие с ними процессы и по результатам этого анализа предпринимают определенные действия. Документы стали управлять отдельными этапами своего жизненного цикла (document workflow), что привело к появлению понятия “интеллектуального” (intelligent) документа.

Дальнейшее развитие технологий хранения, поиска и автоматической обработки информации привело к качественному переходу в области управления документами. Электронные информационные системы “научились” не просто выдавать пользователю те документы, которые были когда-то кем-то занесены “в компьютер”, а автоматически генерировать по запросу пользователя новые документы с требуемыми характеристиками. Уже в середине 90-х гг. прошлого столетия в лексикон разработчиков систем электронного документооборота вошло понятие “динамического” (dynamic), или “виртуального” (virtual), документа. Этот термин означает электронный документ, который автоматически создается системой по запросу пользователя на основе доступной информации. Именно динамические документы постепенно становятся ключевым объектом современных информационных систем, что ведет к глубокой перестройке существующих бизнес-процессов и схем работы с информацией [2].

Несмотря на колоссальное развитие возможностей обмена информацией, связанное с появлением электронных документов, вплоть до начала нового тысячелетия оставался целый ряд сфер человеческой деятельности, где отказ от личного взаимодействия был затруднителен или вовсе невозможен. Прежде всего, это те области практического знания, где передача профессионального мастерства и тренировка определенных навыков требует использования наглядных трехмерных моделей: различные направления искусства, прикладная наука и техника, архитектура, медицина и многое другое. Применение видео и аудио компонентов, интерактивных схем и компьютерной анимации существенно расширило возможности передачи информации посредством документов, и все же изучение тонкостей театральной постановки, регламента обслуживания авиационного двигателя или методики проведения хирургической операции до последнего времени осуществлялось преимущественно в процессе личного взаимодействия. Кроме того, применение документов как средства передачи информации было ограничено во всех процессах обучения, где существенную роль играет возможность рассказчика адаптироваться под слушателя, воспринимать его реакцию и оперативно менять глубину и акцент изложения, оставаясь при этом в рамках заданного сценария.

Незаметное на фоне недавнего бума, связанного с “проблемой миллениума”, но активное развитие технологий виртуального окружения (virtual environment), искусственного интеллекта (artificial intelligence, AI) и интерактивного повествования (interactive storytelling) позволило существенно расширить функциональность динамических документов и устранить последние барьеры на пути к их использованию в качестве основного средства обмена информацией во всех сферах человеческой деятельности. Эти технологии позволяют полностью погрузить пользователя (читателя, слушателя, зрителя и участника разворачивающегося действия) в трехмерную модель изучаемого явления или предметной области, анализировать его реакцию и варьировать процесс “развертывания” документа в зависимости от поведения пользователя. Современный динамический документ, построенный с использованием технологии интерактивного повествования в виртуальном окружении, столь непохож на традиционный бумажный документ, что в его отношении с трудом удастся применять привычные термины, такие, как “автор”, “читатель”, “документ”. Интерактивное повествование в виртуальном окружении напоминает одновременно театральную постановку, компьютерную игру и обучающую программу. Неудивительно, что в оборот быстро входят новые термины, большей частью заимствованные из театрального и компьютерного лексикона: разработчик, сцена, камера, свет, сюжет, персонаж.

Сегодня статичные документы постепенно утрачивают свою роль как основного средства обмена информацией между людьми и происходит возврат к проверенной тысячелетиями практике повествования на новом технологическом уровне. Из модного увлечения вчерашних разработчиков “систем управления знаниями”, компьютерных игр и трехмерных тренажеров интерактивное повествование становится новой точкой роста современных информационных систем, в целом, и систем управления документами, в частности. В последние годы постоянно растет интерес к технологиям интерактивного повествования, увеличивается число публикаций и тематических конференций, посвященных различным аспектам этой технологии, усиливается внимание к ней со стороны военных и образовательных ведомств различных стран, космической промышленности, авиа- и машиностроительных корпораций, медицинского сообщества и индустрии развлечений. Все это свидетельствует о том, что именно интерактивное повествование в виртуальном окружении становится прорывным направлением в развитии информационных технологий, связанных с электронными документами.

В данной работе авторы рассматривают новую перспективную область компьютерных технологий —

интерактивное повествование в виртуальном окружении. В разделе 2 вводятся основные термины и определяется понятийная система, в рамках которой в дальнейшем оперируют авторы. В разделе 3 дается обзор методов и технологий построения современных информационных систем, ключевую роль в которых играют динамические документы. В разделе 4 рассматривается новый тип динамических документов — интерактивное повествование в виртуальном окружении. В разделе 5 описываются технологии виртуального окружения и проводится обзор основных направлений в этой области. В разделе 6 дается краткое описание системы Avango — технологической платформы для разработки интерактивных приложений в виртуальном окружении. В разделе 7 авторы описывают архитектуру и принципы построения интерактивного повествования в виртуальном окружении на примере обучающей системы “Виртуальный Планетарий”.

2. Понятийная система: “информация” и “документ”. Прежде чем говорить о динамических документах, интерактивном повествовании и виртуальном окружении, авторы считают необходимым высказать свое представление об основных понятиях — таких как “информация” и “документ”, но не в виде строгих и универсальных математических определений, а скорее обыденно, повествовательно и субъективно, в соответствии с тем, как они будут употребляться в настоящей работе.

Согласно официальным документам (www.glossary.ru): “Информация — по законодательству Российской Федерации — сведения о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах независимо от формы их представления. Информация уменьшает степень неопределенности, неполноту знаний о лицах, предметах, событиях и т.д.”

Проще говоря, информация — это набор фактов (сигналов, символов), которые уменьшают степень неопределенности у их получателя. Важно отметить, что в рамках данного определения никакой набор сигналов или символов не является информацией “сам по себе” — информативность любого набора сведений можно рассматривать только с точки зрения конкретного получателя. В общем случае, под сигналом понимается любое изменение воздействия на приемник, а под символом — сигнал или набор сигналов, значение которого задано заранее.

В том случае, когда в качестве получателя информации рассматривается человек, под сигналом понимается любое изменение воздействия на его органы чувств, а под символом — объект или процесс, значение которого задано по договоренности (определено соглашением) между людьми. Сообщество, в котором действует указанная договоренность (соглашение), может включать от двух человек до всего человечества. Сама договоренность может быть как явной, так и неявной, когда человек соглашается с принятым в сообществе значением символа, не осознавая этого факта.

Передача информации между людьми всегда происходит посредством символов, значение которых определено для автора и получателя. Автор кодирует информацию в той или иной символической системе, получившийся набор символов передается получателю, который декодирует его и получает (или не получает) определенную информацию. Писатель пишет книгу на русском языке, читатель, знающий русский язык, читает ее. Два человека разговаривают на английском: один рассказывает, другой слушает. Актер играет роль, зритель воспринимает не только речь, но и мимику и жесты актера. Любой акт передачи информации происходит по описанной выше схеме.

Важно подчеркнуть, что набор символов, созданный автором, может не нести для получателя никакой информации. Эта ситуация возникает, когда получатель не способен декодировать набор символов из-за незнания языка или понятийной системы, которую использует автор, или когда декодированный набор символов не содержит ничего нового для получателя.

Набор символов, созданный человеком, всегда имеет определенный материальный носитель (но не всегда зафиксирован на нем, см. ниже). Для газетной статьи носителем служит бумага и типографская краска, посредством которых создается сложный черно-белый узор, воспринимаемый (или не воспринимаемый) читателем как текст. Для сказанной вслух фразы носитель — это воздух, звуковые колебания которого идентифицируются (или не идентифицируются) слушателем как речь человека. Для поднятой вверх брови актера носитель — это электромагнитная волна (свет), пришедшая от солнца или театрального освещения, отраженная этой бровью и попавшая в глаз зрителя, распознавшему (или не распознавшему) изменение образа актера на сетчатке своего глаза и сделавшему (или не сделавшему) из этого факта определенные выводы. Для электронного документа носитель — это магнитное поле, объемное распределение которого на жестком диске компьютера распознается процессором как набор “0” и “1” и далее текстовым процессором — как текст в определенной кодировке, либо электромагнитные волны, распространение которых по сетям связи обеспечивает практически мгновенную передачу миллиардов “0” и “1” между любыми точками земного шара и околоземного пространства.

Логически последовательное понятие документа дано в работе [1]. В смысле вышеизложенного, здесь

нам достаточно будет указать, что документ — это набор символов, зафиксированный на материальном носителе.

Книга, газетная статья, мемориальная доска или рекламный плакат — это документ. Песня на аудиокассете, видеофильм на пленке или компакт-диске, фотография или наскальный рисунок, берестяная грамота или глиняная табличка, монета или икона — это документ. Скульптура или барельеф, сохранившие для нас сцены из жизни наших далеких предков, картина маслом или роспись на вазе — это документ. Формат и материал носителя в данном случае не играют никакой роли — важен лишь факт фиксации информации на материальном носителе с использованием какой-либо символической системы. В то же время, документом не является флакон с эталонной композицией запахов в лаборатории парфюмерной фирмы, бутылка с удачным купажем в подвалах коньячного завода, пробирка с пробой нефти или штаммом вирусной культуры. Это не набор символов — это материальные объекты, сохраненные человеком и для человека, но несущие информацию “сами по себе”, без ее кодирования в какой-либо символической системе.

Электронный документ — это документ, закодированный в виде последовательности “0” и “1” и сохраненный на электронном носителе информации: жестком диске или оперативной памяти компьютера, карте памяти цифрового фотоаппарата или видеокамеры, CD или DVD.

Юристы разных стран сегодня размышляют над вопросом: считать ли нелегальной копией электронного документа его копию, создаваемую маршрутизатором в процессе передачи документа по компьютерной сети?

В рамках введенной выше понятийной системы этот вопрос можно переформулировать следующим образом: что считать “фиксацией” информации на материальном носителе? Авторы полагают, что критерием “фиксации” является ответ на вопрос: достаточно ли того времени, в течение которого набор сигналов или символов существует на материальном носителе, для передачи этого набора сигналов или символов произвольному получателю. Фраза, сказанная вслух, “живет” несколько секунд — этого времени в лучшем случае достаточно для того, чтобы ее услышал человек на расстоянии в несколько сот метров. Значит, это не документ. Копия электронного документа в памяти маршрутизатора тоже “живет” несколько секунд, но этого времени достаточно, чтобы разослать миллионы экземпляров этой копии на электронные адреса десятков тысяч получателей по всему земному шару. Следовательно, это документ, и должен считаться таковым в юриспруденции.

3. Динамический документ: методы и технологии. Динамический документ — это электронный документ, который создается электронной информационной системой по запросу пользователя на основе доступной информации. Динамический документ не хранится в информационной системе в своем законченном виде, а генерируется по запросу пользователя с использованием информационных блоков, хранящихся в базах данных, служебной информации об иерархии документов и взаимосвязях между ними, шаблонов представления информации на мониторе или принтере пользователя, интеллектуальных агентов для автоматического поиска, анализа и обработки информации, алгоритмов обработки запросов пользователя и формирования готовых экземпляров документа. В каком-то смысле динамический документ является виртуальным — это не фиксированный набор информации с заданной структурой, а набор правил, по которым обрабатывается доступная информация, и готовые экземпляры, которые выдаются в ответ на запросы пользователей. Экземпляры динамического документа, которые выдаются на аналогичные запросы разных пользователей и даже на повторные запросы одного пользователя, могут иметь существенные отличия.

Концепция динамических документов широко применяется для построения современных информационных систем [3]. В любой такой системе можно выделить три основных элемента: базу данных, набор шаблонов и программный модуль (движок).

База данных используется для хранения отдельных информационных блоков — текстов, изображений, аудио и видео компонентов. Кроме того, в базе данных хранятся различные служебные данные, в частности, информация об иерархии информационных блоков и взаимосвязях между ними. Большая часть современных информационных систем построена с использованием реляционных систем управления базами данных (РСУБД). В таких системах документы распределены по категориям в соответствии с выполняемыми ими функциями стандартизирована структура и алгоритмы обработки документов каждого типа. Все документы одного типа хранятся в одной таблице. Каждый документ занимает одну строку таблицы, отдельные информационные блоки хранятся в различных полях данных. Каждому документу в таблице присваивается уникальное значение первичного ключа; доступ к любому полю данных в любой таблице можно получить, зная имя таблицы, первичный ключ документа и название столбца. Каждая таблица может также содержать один или несколько столбцов с внешними ключами — первичными

ключами документов из других таблиц. Например, для того чтобы отразить взаимосвязь между документами двух типов, достаточно в одной из таблиц использовать дополнительный столбец, в котором хранились бы первичные ключи связанных документов.

Шаблон определяет структуру и дизайн готовых экземпляров динамического документа, которые выдаются пользователю. Шаблон или набор шаблонов создается для каждого типа документов, представленного в информационной системе. Шаблон задает взаимное расположение отдельных информационных блоков, вспомогательных и служебных элементов документа, а также содержит текстовые и графические элементы оформления, общие для документов данного типа (логотипы, фон, контактная информация и т. д.). В том случае, когда готовый экземпляр документа имеет формат HTML страницы, шаблон часто содержит также навигационные меню, метаданные (ключевые слова), ссылки на используемые скрипты и таблицы стилей. Шаблон — это “скелет”, на основе которого формируется готовый экземпляр документа. В нем с помощью специальных языковых конструкций (меток) указываются места, куда программный модуль (точнее, одна из его частей, называемая шаблонизатором) подставляет информацию из базы данных в соответствии с запросом пользователя. Подчеркнем, что шаблон не содержит программного кода — только стандартный код языка разметки (например, HTML) и метки. Все функции обработки данных — замену меток конкретными значениями, определение числа элементов в списках, выбор нужного варианта оформления в зависимости от значений данных и т. д. — выполняет программный модуль.

Программный модуль (движок) — это специальная программа, которая по запросу пользователя выбирает нужную информацию из базы данных (информационные блоки запрашиваемого документа и связанных с ним документов, вспомогательную и служебную информацию) и соответствующий шаблон, формирует итоговый экземпляр документа (HTML-файл для просмотра в браузере, PDF-файл для вывода на печать и т. д.) и отправляет его пользователю. Как правило, программный модуль состоит из двух элементов, один из которых обрабатывает запрос пользователя, выбирает нужную информацию из базы данных и соответствующий шаблон, а другой — “шаблонизатор” — на основе полученных данных и шаблона формирует готовый экземпляр документа и отправляет его пользователю. Нужно отметить, что не все информационные системы построены на основе описанной выше схемы с разделением шаблонов и программного модуля. На начальном этапе построения информационной системы часто кажется, что проще встраивать программный код непосредственно в шаблон. Однако при дальнейшем развитии такой системы неизбежно возникает ситуация, когда в нагромождении программного кода и языка разметки становится сложно разбираться как программисту, так и верстальщику, что в итоге всегда приводит к дополнительным затратам.

Применение концепции динамических документов с хранением информации в РСУБД и четким разделением шаблонов документов и программного модуля позволяет строить комплексные информационные системы любого масштаба и функциональности. Использование внешних ключей позволяет установить взаимосвязь между документами разных типов и обеспечить автоматическую “обвязку” экземпляров документа, выдаваемых пользователям, ссылками на связанные документы. С помощью дополнительных таблиц можно задать многоуровневую иерархическую структуру документов и автоматически формировать списки и оглавления различных уровней. Стандартные формы ввода позволяют существенно упростить и стандартизировать процедуру занесения и изменения информации и дают редактору возможность работать с содержательной частью информационной системы независимо от верстальщика и программиста. В свою очередь, разделение шаблонов и программного модуля позволяет верстальщику и программисту работать независимо друг от друга. Список преимуществ динамических документов можно продолжать: это автоматическое формирование заголовков и заполнение полей метаданных, эффективное регулирование доступа к информации, управление представлением документов в соответствии с маркетинговой политикой компании, надежное решение навигационных задач и многое другое.

4. Интерактивное повествование: Interactive Storytelling. Интерактивное повествование — это новый жанр компьютерных приложений, который находится на стыке традиционных информационных систем, построенных с использованием баз данных и динамических документов, компьютерных игр, образовательных программ, виртуальных тренажеров и интерактивных моделей. Основные сферы применения интерактивного повествования: образование, обучение и тренировка. Само понятие интерактивного повествования (interactive storytelling, virtual storytelling) возникло сравнительно недавно, однако интерес к этому предмету в последние годы испытывает стремительный рост [4]. На данный момент есть по меньшей мере две международные конференции, целиком посвященные интерактивному повествованию [17, 18]; в качестве одного из разделов этот предмет присутствует в ведущих конференциях по виртуальному окружению [19–23], мультимедийным и обучающим системам [24–26], компьютерным играм и развлечениям [27–29]. В сети Интернет можно найти сотни научных публикаций, посвященных

интерактивному повествованию, ссылки на многие из них есть в программах указанных конференций.

В рамках нашей понятийной системы интерактивное повествование является одной из разновидностей динамического документа. Целью интерактивного повествования является передача пользователю определенной информации², которая представлена в электронном виде и может быть получена пользователем в процессе интерактивного взаимодействия с системой, причем пользователь может оказывать существенное влияние на процесс повествования. Соответственно, в нашей классификации интерактивное повествование — это электронный, динамический, интерактивный документ.

В то же время, интерактивное повествование существенно отличается и от традиционной информационной системы, построенной с использованием динамических документов, и от компьютерной игры, и от интерактивной модели, что позволяет рассматривать его как отдельный класс динамических документов и новый жанр компьютерных приложений. Отличие интерактивного повествования от обычного динамического документа или образовательной программы заключается в широком применении современных технологий виртуального окружения и искусственного интеллекта. Благодаря этому информирование, обучение и тренировка пользователя при интерактивном повествовании происходят не столько посредством дискретной выдачи статичных блоков информации (текстов, аудио и видео компонентов), сколько непрерывно в процессе изучения пользователем виртуального мира и его взаимодействия с виртуальными персонажами. Это позволяет реализовать в интерактивном повествовании новые возможности обучения и тренировки, недоступные для традиционных динамических документов.

От виртуального тренажера или интерактивной модели интерактивное повествование отличается наличием сюжета. Сюжет направляет повествование по определенной траектории, предоставляя пользователю относительную свободу в выборе траектории и способов ее прохождения. Основной задачей при разработке приложений в жанре интерактивного повествования является достижение баланса между собственно повествованием (narrative), то есть передачей пользователю определенной информации по заданному сценарию, и интерактивностью (interactivity), то есть возможностью пользователя влиять на развитие повествования и процесс получения этой информации. Эти характеристики во многом конкурируют между собой: чем жестче регламентирован процесс передачи информации пользователю, тем меньше у него возможностей влиять на этот процесс; чем больше свободы у пользователя, тем сложнее направить его внимание на требуемую информацию. Эта проблема получила в литературе название “нарративного парадокса” (narrative paradox), или “парадокса совмещения развлечения и образования” (edutainment paradox). Методы решения “нарративного парадокса” и соотношение между повествованием и интерактивностью (narrativity/interactivity) являются основными характеристиками интерактивного повествования, на основе которых может быть проведена содержательная классификация этого жанра компьютерных приложений.

Рассмотрим понятие сюжета более подробно. В общем случае, в интерактивном повествовании можно выделить участки, которые не несут значимой информации (необходимые для создания иллюзии свободы пользователя), и значимые события, которые собственно и формируют повествование. Событие — это предусмотренный разработчиком акт взаимодействия системы с пользователем, имеющий определенное значение в контексте информирования, обучения или тренировки пользователя. Особый тип событий составляют узлы — ситуации явного или неявного выбора пользователем одного из нескольких вариантов дальнейшего повествования, в зависимости от которого он в дальнейшем испытывает различные последовательности событий. К набору узлов и событий необходимо добавить точку входа пользователя в документ (начало повествования) и точку выхода пользователя из документа (конец повествования)³.

Тогда можно определить сюжетную линию как последовательность узлов, событий и участков между ними от точки входа до точки выхода, по которой может пройти пользователь в процессе интерактивного повествования. Объединение всех сюжетных линий и является сюжетом интерактивного повествования. В том случае, когда сюжет состоит из одной сюжетной линии (т.е. не имеет узлов), говорят о линейном сюжете, иначе — о нелинейном сюжете. Основные элементы сюжета изображены на рис. 1.

Еще одним понятием, на котором следует остановиться более подробно, является понятие пользователя. До сих пор мы называли так человека, на которого направлено интерактивное повествование. Однако термин “пользователь” (user) не всегда адекватно отражает роль человека в интерактивном повествовании. “Пользователем” обычно называют человека, который выполняет работу или решает задачу с помощью компьютерной системы; этот термин слабо отражает аспекты получения информации, обучения и тренировки. Разные авторы употребляют термины “игрок” (player), “зритель” (spectator), “публика” (audience), “персонаж” (character), “актер” (actor) и другие, которые хорошо подходят в одних

² Это отличает его от компьютерной игры, основная цель которой — развлечение игрока.

³ У интерактивного повествования может быть несколько точек входа и точек выхода.

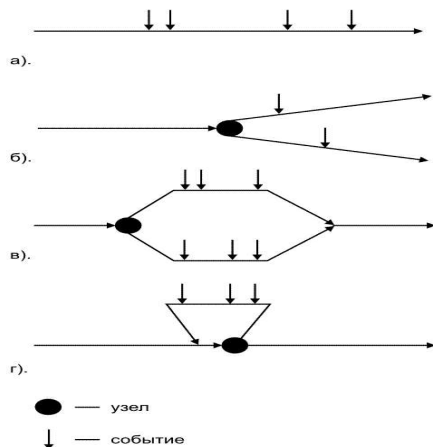


Рис. 1. Основные элементы сюжета: а) линия; б) развилка; в) пучок; г) петля

случаях и совершенно неуместны в других.

Игрок играет ради собственного развлечения. Зритель же в интерактивном повествовании часто является одновременно и читателем, и слушателем, и действующим лицом. С другой стороны, генерала, ведущего боевые действия с виртуальным противником, сложно назвать персонажем. На наш взгляд, термин “пользователь”, несмотря на указанные недостатки, лучше всего подходит для обозначения человека, на которого направлено интерактивное повествование, и применим практически к любому приложению этого жанра.

В рамках введенной терминологии можно дать следующее определение интерактивного повествования: это динамический документ с нелинейным сюжетом, построенный с использованием технологий виртуального окружения и искусственного интеллекта и предназначенный для информирования, обучения или тренировки пользователя. В зависимости от решаемых задач, соотношения “narrativity/interactivity” и предпочтений разработчика такой динамический документ может называться десятками разных способов. В литературе можно встретить такие названия, как виртуальное повествование (virtual storytelling), интерактивная история (interactive story), нелинейное интерактивное повествование (nonlinear interactive narrative), интеллектуальное виртуальное окружение (intelligent virtual environment), виртуальное развлекательно-обучающее окружение (virtual edutainment environment), интерактивная обучающая система (interactive educational system), повествовательная система (narrative system), тренировочная система в виртуальном окружении (VE training system), тренажер в виртуальном окружении (VE simulator), контекстно-зависимая игра (context-dependent game), драматургическая игра (dramaturgical gameplay), интерактивная драма (interactive drama) и т.д. и т.п.

5. Виртуальное окружение: обзор направлений. Последние десятилетия характеризуются катастрофическим ростом объемов информации, которую необходимо обрабатывать для поддержания научно-технического прогресса. Важной вехой на пути преодоления этого “кризиса данных” стал отчет Национального научного фонда США “Визуализация в научных вычислениях” [5], подчеркнувший важность интерактивной визуализации больших массивов данных и обративший внимание научной общественности на знаменитый афоризм Хемминга: “Целью вычислений являются не числа, а понимание (постижение, проникновение в суть, интуиция, insight)”. В процессе развития визуализации как научной дисциплины было осознано, что человек тем лучше проникает в суть исследуемого явления, чем более полно он может “погрузиться” в модель исследуемого явления и чем более естественно для него организована манипуляция данными в этой модели. Так сформировалась технология виртуального окружения, называемая также технологией виртуальной реальности.

Выражение “виртуальная реальность” (virtual reality, VR) предложил Ярон Ланье⁴ (Jaron Lanier) [6] в начале 80-х гг. XX века. Одно из популярных определений этого выражения звучит следующим образом: “виртуальная реальность — это синтезированное компьютером, интерактивное, трехмерное окружение, в которое погружен человек” [7]. Это определение выделяет три основных характеристики виртуальной реальности. Во-первых, виртуальная реальность представляет собой трехмерное окружение (сцену, модель), сформированное (синтезированное) компьютером. Во-вторых, виртуальная реальность интерактивна: взаимодействие системы с пользователем происходит в удобной, естественной для человека форме в режиме реального времени. В-третьих, пользователь погружен в виртуальную реальность, то есть вос-

приятие человеком реального мира в виртуальной реальности частично или полностью блокируется.

Выражение “виртуальная реальность” получило широкое распространение в популярной литературе, однако оно плохо подходит для использования в качестве научного термина. Вслед за многими зарубежными авторами мы отдаем предпочтение термину “виртуальное окружение” (virtual environment, VE), который в специальной литературе употребляется как более точный синоним “виртуальной реальности”. Поскольку виртуальное окружение — это, прежде всего, технология взаимодействия человека и компьютерной системы, мы также считаем необходимым дать более строгое определение этого термина, чем приведенное в предыдущем абзаце. Виртуальное окружение — это технология человеко-машинного взаимодействия, которая обеспечивает погружение пользователя в трехмерную интерактивную модель изучаемого явления или предметной области и предоставляет естественный интуитивный интерфейс для взаимодействия с этой моделью.

На практике системами “виртуального окружения” называют широкий спектр приложений с разным соотношением реальных и виртуальных объектов и разной степенью погружения пользователя в виртуальное окружение. Между системами “чистого” виртуального окружения и системами, построенными целиком в реальном мире, располагается целый ряд приложений, в отношении которых Поль Милграм (Paul Milgram) предложил использовать термин “смешанное окружение” (mixed reality, MR), рис. 2 [8]. С одной стороны, это приложения, где реальные объекты дополнены трехмерными компьютерными моделями — дополненная реальность (augmented reality, AR) [9, 10]. С другой стороны, это системы виртуального окружения, в которые внедрены объекты или элементы реального мира — дополненная виртуальность (augmented virtuality, AV). Термин “дополненная виртуальность” не получил широкого распространения; он применяется сегодня лишь в отношении достаточно узкого класса приложений виртуального окружения, где в синтезированную компьютером трехмерную модель внедрены видео- изображения реальных людей или объектов. Напротив, технологии дополненной реальности в настоящее время фактически стали самостоятельным перспективным направлением развития систем виртуального окружения.



Рис. 2. Диаграмма Поля Милграма (reality-virtuality continuum)

Технологии дополненной реальности заключаются в том, что трехмерная интерактивная модель, сформированная компьютером на основании реальных данных, накладывается на изображение объекта таким образом, что пользователь воспринимает объект и модель как единое целое. При этом основной задачей является не погружение пользователя в виртуальное окружение, а представление ему дополнительной информации о реальном объекте в удобной для восприятия и интерактивной манипуляции данными форме. Например, на изображение атомного реактора может быть наложена трехмерная картина распределения температуры в реакторе, построенная на основе показаний датчиков и обновляемая в режиме реального времени с возможностью изменения масштаба, степени детализации и т.д. Технологии дополненной реальности намного менее требовательны к производительности систем визуализации, чем технологии “полного” виртуального окружения, что дает существенную экономию при разработке приложений.

Сфера приложений технологий виртуального окружения включает сегодня как традиционные фундаментальные дисциплины (физику, математику, астрономию, медицину), так и множество прикладных направлений. Это, прежде всего, космонавтика и исследования Солнечной системы, аэрогидродинамика (расчеты динамики течения потоков), океанология и геофизика (инженерия землетрясений), металлообработка (авто- и авиаиндустрия), сопротивление материалов (моделирование эластичных объектов), исследование и конструирование оболочек (корпусов подводных лодок и ядерных реакторов), анализ столкновений и разрушений (моделирование аварий и катастроф), робототехника и телемеханика (удаленное управление машинами и механизмами), оперативная медицина и биомедицинская инженерия (хирургия, протезирование и диагностика), промышленный и потребительский дизайн, моделирование боевых действий и чрезвычайных ситуаций и многое другое.

⁴ Основатель VPL Research — одной из первых компаний, которая начала продавать системы виртуальной реальности.

При создании современных систем виртуального окружения широко используется техника распределенных систем и параллельных вычислений. Разработкой методов визуализации, в том числе с применением технологий виртуального окружения, занимаются во многих лабораториях мира. Значительные результаты получены в США (НАСА, Военно-морская исследовательская лаборатория, Ливерморская национальная лаборатория, все Национальные суперкомпьютерные центры и др.), Европе (Фраунгоферовский институт машинной графики, Дармштадт и Фраунгоферовский институт медиакоммуникаций, Санкт-Августин — Германия; ИНРИА — Франция; Женевский университет и Лозаннская высшая политехническая школа — Швейцария; Резерфордская лаборатория и Университет Манчестера — Великобритания и др.), азиатских странах (Сингапур, Китай, Япония, Корея и др.).

6. Технологическая платформа: система Avango. В любой современной системе виртуального окружения можно выделить следующие четыре основные технологические подсистемы:

— подсистема управления базой данных модели, которая описывает виртуальные объекты и сцены (геометрия, текстуры поверхности, источники освещения и др.);

— подсистема графического преобразования текущего состояния модели в базе данных в трехмерное визуальное представление модели (рендеринг — rendering);

— подсистема стереоскопического проецирования визуального представления модели на экран, которая создает иллюзию погружения пользователя в трехмерную виртуальную среду и блокирует при этом его восприятие реального мира;

— подсистема локализации и слежения за положением и ориентацией головы и глаз пользователя (трекинг — tracking).

Кроме того, в состав современных систем виртуального окружения часто входят дополнительные подсистемы, которые позволяют усилить иллюзию погружения в виртуальную трехмерную модель и упростить манипуляцию данными в этой модели:

— подсистема синтеза звуковых эффектов, чувствительная к положению и ориентации пользователя в пространстве;

— подсистема генерации силовых и тактильных ощущений, создающая иллюзию прикосновения к виртуальным объектам;

— устройства ввода для построения гибкого интерфейса манипулирования данными (указки, панели управления, кинетические сенсоры и др.);

— методика взаимодействия с виртуальными объектами и персонажами, которая подменяет пользователю привычные способы взаимодействия в реальном мире.

Одним из наиболее развитых программных пакетов для создания распределенных интерактивных приложений в виртуальном окружении является система Avango, разработанная во Фраунгоферовском институте медиакоммуникаций (Санкт-Августин, Германия) [11, 12]. Это — среда программирования, которая имеет открытый исходный код и работает под управлением операционной системы Linux. Система Avango предоставляет гибкие возможности для разработки приложений виртуального окружения.

Для описания объектов виртуальной модели в системе Avango используется язык программирования C++. Кроме того, Avango поддерживает язык программирования высокого уровня Scheme, который позволяет оперировать со структурированными данными (строки, списки, векторы). Все объекты Avango могут быть описаны на Scheme. Для преобразования текущего состояния модели в трехмерное визуальное представление в Avango используется графическая система OpenGL Performer. Эта система обеспечивает связь с аппаратным обеспечением и выполняет ресурсоемкие задачи рендеринга, такие, как стирание невидимых граней, переключение степени детализации и т.д. Трехмерное визуальное представление модели генерируется с частотой не менее 20 раз в секунду и привязано к точке зрения пользователя (наблюдателя).

В Avango могут быть определены объекты двух типов — узлы и датчики. Узлы (nodes) используются для описания объектов модели, которые могут отображаться в визуальном представлении. Совокупность узлов приложения составляет иерархическую структуру, которая называется графом сцены (scene graph) — по аналогии с театральной сценой, объединяющей все предметы и действующих лиц спектакля. Сенсоры (sensors) обеспечивают взаимодействие модели с реальным миром, но не могут быть включены в граф сцены и не отображаются в визуальном представлении. Данные, генерируемые внешним устройством (клавиатура, мышь, указка и т.д.), записываются в поля сенсора, после чего посредством взаимосвязей между сенсорами и узлами вводятся в граф сцены.

Информация о состоянии каждого объекта представляется в виде совокупности полей (fields), иначе говоря, объекты Avango являются полевыми контейнерами (fieldcontainers). Между полями данных различных объектов Avango могут быть установлены взаимосвязи (fieldconnections): если меняется значе-

ние поля-источника (source field), то такое же значение записывается в поле-адресат (destination field). Механизм взаимосвязей между полями позволяет задать дополнительные отношения между объектами, которые не могут быть описаны в рамках графа сцены. Взаимосвязи обеспечивают ввод данных из реального мира в виртуальную модель и позволяют организовать интерактивное взаимодействие пользователя с моделью.

Комплекс взаимосвязей между полями различных объектов Avango формирует граф потока данных (dataflow graph). В определенном смысле граф потока данных ортогонален графу сцены: если граф сцены служит для иерархического описания объектов модели (на столе стоит ваза, в вазе лежит апельсин . . .), то граф потока данных отражает интерактивное взаимодействие пользователя с объектами модели (персонаж подошел к столу и положил апельсин в карман . . .). Полный просчет графа потока данных (dataflow graph evaluation) осуществляется на каждом шаге рендеринга (rendering frame).

Преобразование текущего состояния модели в трехмерное визуальное представление требует высокой скорости доступа к объектам. Для этого все объекты, участвующие в процессе рендеринга, должны находиться в локальной памяти этого процесса. Поэтому для создания распределенных приложений (distributed application), то есть приложений, которые поддерживают одновременное выполнение нескольких процессов рендеринга на одном графе сцены, необходимо обеспечить дублирование объектов для использования одного объекта в нескольких процессах.

Для создания распределенных приложений в Avango используется два основных механизма: распределенная общая память (distributed shared memory, DSM) и потоковый интерфейс. DSM — это сегмент локальной памяти, который доступен одновременно нескольким процессам на одной машине. Каждый процесс обладает локальной копией сегмента DSM, все копии синхронизированы друг с другом. В сегменте DSM могут быть созданы группы распределенных объектов (distribution group). Каждый процесс Avango может подключиться к одной или нескольким таким группам.

Объекты Avango могут быть локальными (local object) или распределенными (distributed object). Локальный объект существует в адресном пространстве одного процесса, распределенный объект копируется в соответствующую группу и далее в адресное пространство всех процессов, подключенных к этой группе. Для копирования объектов в системе Avango используется универсальный потоковый интерфейс (streaming interface), который позволяет записывать информацию о текущем состоянии объекта в последовательный поток данных (stream) и затем реконструировать объект из потока.

Возможность создания распределенных приложений (distributed application) является ключевым отличием Avango от аналогичных систем, предназначенных для разработки приложений виртуального окружения. Поддержка нескольких процессов рендеринга на одном графе сцены позволяет тестировать и отлаживать одновременно несколько модулей работающего приложения. Это существенно повышает эффективность коллективной работы и сокращает время разработки сложных приложений виртуального окружения.

7. Обучающая система “Виртуальный Планетарий”. Рассмотрим архитектуру и принципы построения интерактивного повествования в виртуальном окружении на примере обучающей системы “Виртуальный Планетарий”, которая разрабатывается в настоящее время в Институте физико-технической информатики (ИФТИ). Эта система основана на трехмерной модели Солнечной системы, разработанной специалистами ИФТИ и Фраунгоферовского института медиакоммуникаций [13, 14]. “Виртуальный Планетарий” включает в себя следующие структурные элементы: модель Солнечной системы (“модель”), РСУБД с информацией об объектах Солнечной системы (“РСУБД”), набор шаблонов для построения меню (“меню”) и программный модуль, который обеспечивает согласованное взаимодействие между пользователем и элементами системы (“программный модуль”).

Модель обеспечивает следующую функциональность: задает координаты и внешний вид основных объектов Солнечной системы (Солнце, 9 планет, 32 спутника), звезд и созвездий (3200 звезд), обеспечивает визуализацию объектов в виртуальном трехмерном пространстве в соответствии с их координатами и текстурами поверхности в зависимости от положения и ориентации “космолета” (в котором находится пользователь), обеспечивает перемещение космолета по виртуальному пространству (в автоматическом режиме — полет к объекту в соответствии с координатами космолета по умолчанию для данного объекта, в ручном режиме — приближение к объекту, удаление от объекта, облет вокруг объекта), рис. 3. В дальнейшем планируется расширить модель, прежде всего, добавить новые объекты (спутники, кометы, пояса астероидов) и обеспечить возможность демонстрации основных астрономических явлений (солнечное и лунное затмение).

РСУБД содержит информацию о всех объектах модели. Во-первых, это данные о положении объекта в общей иерархической структуре объектов (уникальный номер объекта, название объекта, тип объекта,



Рис. 3. Фрагмент модели Солнечной системы: Нептун и его спутник Тритон

уникальный номер родительского объекта, порядковый номер среди всех потомков того же родителя). Во-вторых, это сведения познавательного характера, представленные в виде отдельных информационных блоков (общая характеристика, история исследований, мифы и легенды и т.д.). Каждый информационный блок представлен в двух вариантах: текст и аудио-файл; в дальнейшем планируется дополнить систему модулем автоматического синтеза речи и оставить только текстовые информационные блоки. Часть таблицы РСУБД, содержащая информацию об иерархии объектов, представлена ниже.

Уникальный номер объекта	Название объекта	Тип объекта	Уникальный номер родительского объекта	Порядковый номер среди всех потомков родителя
1	Вселенная	вселенная	0 (корень)	1
2	Млечный путь	галактика	1	1
10	Солнечная система	Солнечная система	2	1
20	Солнце	звезда	10	1
25	Юпитер	планета	10	6
26	Сатурн	планета	10	7
30	Ио	спутник	25	6 (условно)
41	Пояс Копейра	пояс астероидов	10	2 (условно)
50	Комета Галлея	комета	10	15 (условно)
100	Центавр	созвездие	2	56 (условно)
500	Альфа Центавра	звезда	100	1

Предложенная система иерархии нуждается в некоторых пояснениях. Строгая научная иерархия (вселенная–галактика–звездная система–звезды и планеты) имеет два существенных недостатка. Во-первых, в ней нет места созвездиям, так как они не являются физическими объектами. Хотя такое понятие, как созвездие, постепенно исчезает из современной астрономии, отказаться от созвездий в обучающей системе не представляется возможным. Во-вторых, научная иерархия не выделяет особую роль Солнечной системы. Между тем, очевидно, что для людей Солнечная система — объект совершенно иного ранга, чем другие звездные системы (так же, как и Солнце — не просто звезда). Иерархия объектов в нашей системе построена таким образом, чтобы устранить указанные недостатки. Созвездия считаются дочерними объектами нашей галактики и родительскими объектами звезд нашей галактики. Солнечная система рассматривается как уникальный объект, который имеет в качестве родительского объекта нашу галактику, а в качестве дочерних — Солнце и планеты.

Предлагаемая архитектура РСУБД позволяет автоматически строить меню для любого объекта на основе шаблона меню, единого для каждого типа объектов, и легко формировать различные сценарии для автоматического путешествия по модели Солнечной системы. Можно выбирать из РСУБД все объекты одного типа, располагать по порядку всех потомков одного родителя, строить различные подборки

информационных блоков и т. д. При необходимости РСУБД может быть легко дополнена как новыми объектами, так и дополнительными полями для всех объектов. Также в дальнейшем можно расширить набор типов объектов — в дополнение к вселенной, галактикам, созвездиям, звездам, Солнечной системе, планетам, спутникам, кометам и поясам астероидов ввести квазары, туманности, звездные системы и т.д.

Меню накладывается на изображение трехмерной модели Солнечной системы и обеспечивает навигацию пользователя в виртуальном окружении. С точки зрения пользователя, меню выглядит как приборная доска для управления космолетом, в котором находится пользователь. Меню состоит из трех панелей, которые имеют разные функции.

Общая панель располагается внизу и содержит основные элементы управления, которые должны быть доступны пользователю в любой момент. Прежде всего, это кнопки “в начало”, “наверх” и “выход”. При нажатии кнопки “в начало” космолет перемещается в начальное состояние (у Земли) и выводится основное меню (меню Солнечной системы). При нажатии кнопки “наверх” космолет перемещается к объекту, родительскому для данного объекта, и выводится соответствующее меню. При нажатии кнопки “выход” система завершает работу. Также на общей панели могут располагаться переключатель между автоматическим и ручным режимами, различные индикаторы и т.д. Общая панель отображается постоянно при работе пользователя с системой.

Навигационная панель располагается слева и содержит список дочерних объектов того объекта, у которого в данный момент находится космолет (для планеты — список спутников, для созвездия — список звезд и т.д.). При щелчке мышью на определенном пункте панели навигации (например, названии спутника) космолет перемещается в виртуальном пространстве к выбранному объекту и на экран выводится новое меню, соответствующее данному объекту. Информационная панель располагается справа и содержит список текстов и аудио-файлов, соответствующих отображаемому объекту. При щелчке мышью на определенном пункте информационной панели соответствующий информационный блок выводится пользователю (отображается на “информационном табло” или проигрывается аудиосистемой). Навигационная и информационная панели меню отображаются в ручном режиме управления и не отображаются в автоматическом.

Технически меню реализовано как набор шаблонов, в которые программный модуль подставляет требуемую информацию из РСУБД. Для каждого типа объектов создается свой шаблон меню. Когда пользователь выбирает конкретный объект, программный модуль находит нужный шаблон, подставляет в него информацию, соответствующую выбранному объекту, и передает готовое меню системе визуализации. Например, шаблон меню объекта “планета” включает в себя список спутников на навигационной панели и список ссылок на информационные блоки на информационной панели.

Когда пользователь выбирает планету (Марс), программный модуль на основе этого шаблона автоматически формирует меню со списком спутников (Фобос, Деймос) и ссылками на информационные блоки о Марсе, которые доступны в РСУБД, рис. 4.

В дальнейшем интерфейс взаимодействия пользователя с системой планируется расширить. Кнопочное меню (“приборная доска для управления космолетом”), будет дополнено виртуальным экскурсоводом — персонажем, полностью синтезированным системой, рис. 5.

Планета: Марс		
Спутники: Фобос Деймос		Марс: общая характеристика Марс: история исследований
В начало	Наверх	Выход



Рис. 4. Меню объекта “Марс”

Рис. 5. Аватар “Виртуальный экскурсовод”

Такого виртуального персонажа в системах интерактивного повествования в виртуальном окружении принято называть аватаром (avatar). Реализация аватара представляет собой более сложную задачу,

чем создание кнопочного меню. Для этого требуется ввести в систему модуль искусственного интеллекта (AI), который будет отвечать за поведение аватара и его взаимодействие с пользователем. В то же время, аватар существенно усиливает иллюзию погружения в виртуальное окружение и делает взаимодействие пользователя с системой более удобным и естественным.

Программный модуль отслеживает управляющие сигналы, поступающие от пользователя (в ручном режиме) или со стороны запущенного скрипта (в автоматическом режиме), и выполняет соответствующие действия. При щелчке мышью в виртуальном пространстве управление передается модели, которая обеспечивает перемещение космолета в пространстве вокруг объекта. При щелчке мышью на общей или навигационной панели управление передается модели, которая обеспечивает перемещение космолета в выбранную точку виртуального пространства, и программе-шаблонизатору (одному из компонентов программного модуля), которая строит новое меню. При щелчке мышью на информационной панели выдается соответствующий текст или аудио-файл.

Перечислим основные возможности, которыми обладает описанная выше система:

1. Представляет в трехмерном виртуальном окружении основные объекты Солнечной системы (Солнце, планеты и спутники), а также звезды и созвездия.
2. Обеспечивает навигацию по виртуальной Солнечной системе (“полет на космолете”) в ручном режиме или автоматически по заданному сценарию.
3. Содержит информацию о всех объектах в виде набора информационных блоков (тексты, аудио-файлы), который легко может быть изменен или дополнен.
4. Представляет в наглядной форме основные астрономические явления (солнечное и лунное затмение, смена сезонов года на Земле, противостояние планет и т.п.).
5. Имеет простой интерфейс для редактирования РСУБД и создания сценариев (скриптов) путешествий в автоматическом режиме.

Таким образом, обучающая система “Виртуальный Планетарий” представляет собой классический пример интерактивного повествования в виртуальном окружении. Пользователь может выбирать маршрут путешествия по виртуальной Солнечной системе и карте звездного неба, читать или прослушивать интересующую его информацию о наблюдаемых объектах и явлениях. При этом свобода перемещения пользователя в виртуальном окружении, с одной стороны, ограничена рамками сюжета, с другой — достаточна для создания иллюзии самостоятельного путешествия в космолете по космическому пространству. В зависимости от объема информации и возможностей демонстрации астрономических явлений описанная система может применяться в школах и высших учебных заведениях в качестве эффективного дополнения к стандартному курсу астрономии.

8. Заключение. Представленные здесь принципы построения интерактивного повествования в виртуальном окружении на примере обучающей системы “Виртуальный Планетарий” являются общими и могут использоваться для создания информационных, обучающих и тренировочных систем в самых разных областях. В частности, технология интерактивного повествования может эффективно применяться для создания инструкций по эксплуатации и сопроводительной документации к технологически сложным изделиям, в том числе “двойного” назначения. Ведущие предприятия во многих странах мира сегодня активно внедряют системы CALS, PLCS, PLM⁵ [15]. Методы интерактивного повествования в виртуальном окружении могут существенно расширить возможности таких систем.

Насколько нам известно, настоящая работа — первая на русском языке, посвященная интерактивному повествованию в виртуальном окружении⁶ (Interactive Storytelling in Virtual Environment). Это новое направление развития динамических документов, новый жанр компьютерных приложений и наиболее перспективная на сегодняшний день технология для создания электронных информационных и обучающих систем.

Еще несколько лет назад с интерактивным повествованием в виртуальном окружении экспериментировали лишь несколько исследовательских групп во всем мире. Сегодня это самостоятельная научная дисциплина со своими международными конференциями и университетскими кафедрами, со своей сложившейся терминологией и десятками успешных приложений в промышленности высоких технологий, в образовании, в медицине и многих других областях.

Настоящая работа дает общее представление о том, что такое интерактивное повествование в вир-

⁵ CALS — первоначально Computer Aided Logistic Support, в настоящее время Continuous Acquisition and Life cycle Support; PLCS — Product Life Cycle Support; PLM — Product Life Management. Все три термина означают практически одно и то же: система управления электронной документацией и обмена информацией о технологически сложных изделиях на всех этапах их жизненного цикла.

⁶ Заранее приносим свои извинения читателям, если это не так, и будем благодарны за любую информацию об оригинальных (не переводных) работах на русском языке, посвященных этой теме.

туальном окружении. Введены основные термины и понятия новой предметной области, рассмотрены методы и технологии создания интерактивных приложений в виртуальном окружении, описаны принципы построения интерактивного повествования в виртуальном окружении на примере обучающей системы “Виртуальный Планетарий”.

Первые “трехмерные” компьютерные игры с простейшей графикой и примитивным сюжетом появились в начале 90-х годов прошлого столетия. Сегодня годовые обороты индустрии компьютерных игр исчисляются десятками миллиардов долларов, а технологии, разработанные в этой области, широко применяются в науке, технике, образовании, военных приложениях и борьбе с терроризмом [16] и многих других областях.

Первые приложения виртуального окружения в жанре интерактивного повествования появились в начале нынешнего столетия. Пока это технически несовершенные, в основном, экспериментальные системы с примитивной графикой и простым сюжетом, для работы которых необходимы программно-аппаратные комплексы стоимостью в десятки тысяч долларов.

Что будет через 10 лет?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клименко С.В. и др.* Электронные документы в корпоративных сетях. М.: Эко-Трендз, 1999.
2. *Леонов А.В.* Динамический документ — ключевой объект современных информационных систем // Proc. VEonPC. 2003. 150–169.
3. *Леонов А.В. и др.* Публикация динамических документов рекламно-информационного характера на корпоративном сайте // Исследовано в России. 2003. 6, № 3. 1148–1185.
4. *Göbel M. et al.* On creating virtual reality stories and interactive experiences // Proc. GraphiCon. 2000. 8–17.
5. *McCormick B.H., DeFanti T.A., and Brown M.D.* Visualization in scientific computing // Computer Graphics. 1987. 21, N 6. 1–14.
6. Jaron Lanier’s Homepage: <http://www.advanced.org/jaron/>
7. *Aukstakalnis S. and Blatner D.* Silicon mirage — the art and science of virtual reality. Berkeley: Peachpit Press, 1992.
8. *Milgram P. and Kishino F.* A taxonomy of mixed reality visual displays // IEICE Transactions on Information Systems E77-D. 1994. N 12 (E77-D). 1321–1329.
9. Augmented Reality Homepage: <http://www.augmented-reality.org>
10. Augmented Reality Page: <http://www.se.rit.edu/jrv/research/ar/>
11. AVANGO home page: <http://www.avango.org/>
12. *Tramberend H.* Avango: A distributed virtual reality framework // Proc. IEEE Virtual Reality, 1999. 14–21.
13. *Klimenko S., Nikitin I., Burkin V., Göbel M., Hasenbrink F., Tramberend H.* Virtual Planetarium in CyberStage // Proc. 6th Eurographics Workshop on Virtual Environments. 2000. 177–186.
14. *Klimenko S., Nielson G., Nikitina L., Nikitin I., and Strassner J.* Virtual Planetarium: learning astronomy in virtual reality // Proc. ED-MEDIA. 2004. 2154–2157.
15. НИИ CALS-технологий “Прикладная Логистика”: <http://www.cals.ru>
16. The MOVES Institute: <http://www.movesinstitute.org/>
17. 2nd International Conference on Virtual Storytelling (ICVS 2003): <http://www.virtualstorytelling.com/ICVS2003/>
18. 2nd International Conference on Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment (TIDSE 2004): <http://www.zgdv.de/TIDSE04/>
19. 10th Eurographics Symposium on Virtual Environments (EGVE 2004): <http://www.eg.org/EG/DL/WS/EGVE/EGVE04>
20. ACM Collaborative Virtual Environments (CVE 2002): <http://www.cve2002.org/cve2002-storytelling.html>
21. IEEE International Virtual Reality Conference (VR 2002): <http://www.hoise.com/primeur/02/articles/monthly/AE-PR-02-02-36.html>
22. 6th Virtual Reality International Conference (VRIC 2004): <http://www.laval-virtual.org/en/appel-colloque.php>
23. 3rd International Conference VEonPC (VEonPC 2003): <http://viswiz.imk.fraunhofer.de/VEonPC/2003/>
24. 9th International Conference on Virtual Systems and MultiMedia (VSMM 2003): <http://www.vsmm.org/2003/>
25. 3rd International Conference for Narrative and Interactive Learning Environment (NILE 2004): <http://computing.unn.ac.uk/staff/cgpb4/nile/>
26. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (ED-MEDIA 2004): <http://www.aace.org/conf/edmedia/>
27. 4th International Conference on Computational Semiotics for Games and New Media (COSIGN 2004): <http://www.cosignconference.org/>
28. 3rd International Conference on Entertainment Computing (ICEC 2004): <http://www.icec.id.tue.nl/>
29. International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE 2004): <http://www.ace2004.org/>

Поступила в редакцию
06.10.2004