

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

Ф.В. Ремизов, Г.С. Шенцов (ООО ПФ «Логос»)

Представлена система имитации дорожного движения, используемая в компьютерных тренажерах вождения автомобилей. Система имитации базируется на представлении участников дорожного движения автономными агентами с разделением модели на физическую и логическую компоненты. Использование агентно-ориентированного подхода позволяет без особых трудозатрат добавлять участников в систему имитации дорожного движения. Указываются области применения тренажерных комплексов для обучения вождению автомобилей.

Ключевые слова: имитация, дорожное движение, компьютерный тренажер вождения, агенты, физическая и логическая модели.

В настоящее время благодаря широкому распространению информационных технологий в различных прикладных областях часто возникает задача имитации дорожного движения. В первую очередь это объясняется растущей сложностью дорожной обстановки, что характеризуется значительным увеличением числа участников дорожного движения, постоянным развитием дорожной инфраструктуры, возросшей стоимостью дорожно-транспортных происшествий и недостаточным уровнем подготовки водителей. К настоящему моменту разработано множество моделей для решения различных задач в области имитации дорожного движения. Описываемый способ моделирования рассматривает дорожное движение как сложную адаптивную систему, что позволяет применить агентно-ориентированный подход. Поведение полученной многоагентной системы (МАС) определяется свойствами сложной адаптивной системы и имитируется с помощью компьютерного моделирования на основе построенных агентных моделей [1, 2]. Данный подход обеспечивает процесс моделирования, удовлетворяющий ключевым показателям реалистичности и производительности, предъявляемым к данным системам в настоящее время.

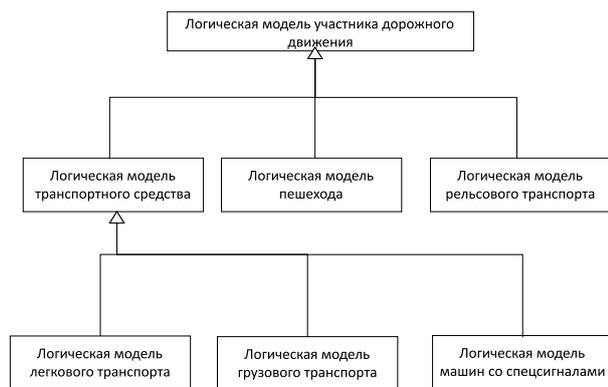


Рис. 1. Иерархия логических моделей

В основе МАС лежит представление участников дорожного движения автономными агентами с разделением модели на физическую и логическую компоненты. Физическая модель совершает пересчет таких характеристик имитационной модели, как по-

ложение и ориентация в пространстве, размер и форма, скорость и ускорение, угловая скорость поворота на основе управляющих воздействий, генерируемых логической моделью. Логическая модель в свою очередь состоит из следующих блоков: блок, осуществляющий взаимодействие агентами друг с другом, блок, осуществляющий взаимодействие с дорожной сетью и объектами правил дорожного движения (ПДД), блок осуществляющий следование сценариям упражнений и блок генерации управляющего воздействия на физическую модель. Использование МАС позволило упростить разработку и дальнейшую поддержку имитационной модели, в том числе добавление новых участников дорожного движения. Иерархия логических моделей, введенных в модель городского движения, показана на рис. 1. Взаимодействие между физической и логической моделью осуществляется в том, что блок генерации управляющего взаимодействия логической модели устанавливает параметры физической модели, а все компоненты логической модели имеют возможность получать параметры физической модели.

Использование механизма неявного взаимодействия между агентами дало большое число типов участников дорожного движения и легкость их добавления/изменения. Неявное взаимодействие (рис. 2) обеспечивает автономность агентов и позволяет унифицировать взаимодействие между агентами с разными логическими компонентами. Во время неявного взаимодействия агенты обмениваются информацией только со средой функционирования агентов, которая представляет собой совокупность их параметров.

Определение необходимости взаимодействия агенты так же определяют со средой функционирования

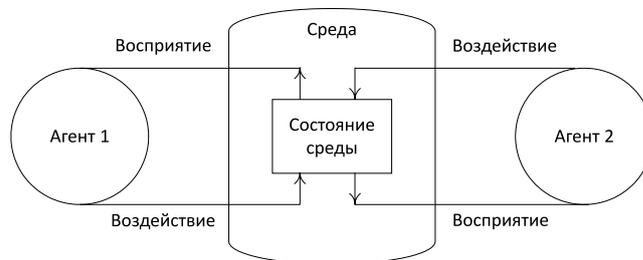


Рис. 2. Неявное взаимодействие между двумя агентами

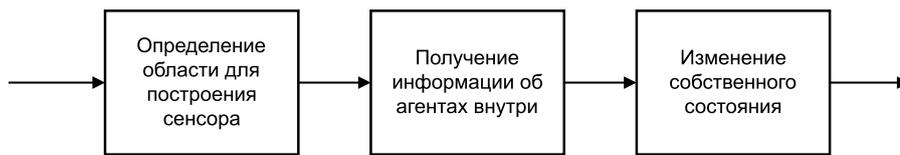


Рис. 3. Определение необходимости взаимодействия и неявное взаимодействие

ния. При этом в пространстве строится фигура, называемая сенсором, в рамках которой производится поиск агентов средой и предоставление их параметров (рис. 3).

Для моделирования дорожной сети используется комбинация из двух ориентированных графов, связанных друг с другом. Топографический граф описывает прохождение дороги в пространстве, ее форму, число полос и их ширину. Его узлы представляют точки в трехмерном пространстве, а ребра содержат информацию о наличии дороги, ее ширине и геометрической форме (прямая или дуга с заданным радиусом). Логический граф описывает семантику дороги и связан с топографическим графом в узлах. Его узлы связаны с теми узлами топографического графа, где происходит пересечение нескольких направлений для движения (больше одного входящего/исходящего ребра) либо только одно входящее/исходящее ребро. Ребра логического графа содержат информацию о типах участников дорожного движения, которые могут передвигаться по соответствующим ребрам топографического графа (машина, пешеход, поезд). Узлы логического графа содержат информацию о возможности перехода между логическими дугами и типом такого перехода (прямо, направо, налево, разворот). Для возможности моделирования объектов, по которым происходит перемещение участников дорожного движения (остановки общественного транспорта, парковки, железнодорожные станции) в модели дорожной сети используются объекты, содержащие фрагменты дорожной сети, что упрощает разработку моделей таких дорожных сетей, как маршруты движения автобусов или ветки метрополитена. Также в модель дорожной сети входят элементы управления ПДД (знаки, светофоры, шлагбаумы). Доступ к информации о состоянии этих элементов агенты получают из дорожной сети.

Для воссоздания аварийных ситуаций при обучении людей используются сценарии реальных экстремальных ситуаций. Агенты, воссоздающие аварийную ситуацию, не участвуют в общем дорожном движении во время выполнения сценария, а только после его выполнения (опционально через заданный промежуток времени) начинают следовать ПДД [3].

Разработанный подход позволил достичь настолько высокой точности моделирования дорожного трафика, что появилась возможность использовать его в тренажерах водителей машин, оборудованных специальными сигналами. Специфика этой профессии подразумевает агрессивное маневрирование в автомо-

бильном потоке и регулярно повторяющиеся экстремальные ситуации, например, обгон пробки по разделительной или встречной полосе, выезд на запрещающий сигнал светофора, что связано с большой опасностью для водителя и пассажиров. Эти тренажеры моделируют различные типы

выше описанных ситуаций, причем неограниченное число раз и с высокой реалистичностью, включая само транспортное средство и окружающее его пространство со всеми объектами и событиями, которые присутствуют в реальных экстремальных ситуациях. В зависимости от специфики обрабатываемых на тренажере задач он комплектуется различным числом модулей обучаемых. Это позволяет проводить групповое обучение с использованием нескольких водителей для отработки совместных действий при движении в кортеже или выполнении других служебных задач.

Модуль водителя (рис. 4) состоит из фрагмента реальной кабины транспортного средства. Он может быть выполнен в статичном исполнении или установлен на динамическую платформу для имитации как изменения ориентации, так и ускорений автомобиля.

Интерьер кабины полностью соответствует интерьеру настоящего автомобиля. В кабине установлены штатные органы управления движением, контрольные приборы, приборы наблюдения и сигнализации, а также устройство для подачи специальных световых и звуковых сигналов. Дорожная обстановка отображается во фронтальной и боковых системах визуализации, а также во встроенной имитации зеркал заднего вида с возможностью регулировки с рабочего места водителя.

Модуль инструктора (рис. 5) предназначен для выбора, подготовки и запуска упражнений, объективного и субъективного контроля действий обучаемого, автоматического выставления оценки за выполнение упражнения.



Рис. 4. Модуль водителя



Рис.5. Модуль инструктора

На мониторах модуля инструктора выводятся изображение с внешней камеры для наблюдения за действиями обучаемого и панель инструктора для контроля и управления ходом выполнения упражнения и для контроля за работой обучаемого с органами управления. На панель инструктора также выводится карта района вождения в виде схематичного изображения участка местности, на котором выполняется упражнение. На ней отображаются: дорожная сеть, с возможностью управления светофорами, маршрут движения, пиктограммы учебных препятствий, места расположения и условия срабатывания учебных ситуаций. У инструктора есть возможность выбора упражнений различной сложности, начиная от учебной площадки и до разветвленных городских и загородных маршрутов с дорожным движением различной интенсивности и агрессивности. Маршруты разрабатываются на основе реальных участков дорожной сети Москвы и Московской области. Они включают автодороги с дорожной разметкой, с различным числом полос, различные типы перекрестков, развязки, мосты, путепроводы, тоннели, железнодорожные переезды, пешеходные переходы, тротуары, светофоры, дорожные знаки.

Используемая в тренажере многоканальная система визуализации обеспечивает реалистичность отображения местности за счет применения фото-текстур, развитой системы анимации, системы моделирования визуальных эффектов и динамического освещения.

К программному обеспечению тренажера предъявляются требования по функционированию в масштабе реального времени в распределенной вычислительной среде, а также возможность моделирования параллельно протекающих непрерывных процессов. Данные, описывающие один и тот же объект, могут физически находиться на разных вычислительных машинах в составе тренажера. Кроме того, важным фактором является необходимость быстрого отклика на управляющие воздействия. Для выполнения этих

*Ремизов Филипп Викторович — программист ООО «Логос — Агентные Технологии»,  
Шенцов Геннадий Сергеевич — ведущий программист ООО ПФ «Логос».  
Контактный телефон (495)-995-52-18  
[Http://www.logos-sim.com](http://www.logos-sim.com)*

требований применяется технология распределенного моделирования, при которой моделируемые сущности представляются в виде совокупности объектов, взаимодействия между ними в виде обмена событиями, являющимися единственными средствами передачи команд и данных между объектами модели. Архитектура модели строится на основе структуры реального объекта. Так, модель автомобиля представляет совокупность моделей, составляющих реальный автомобиль. Это подсистемы, которые в свою очередь строятся на основе моделей составляющих их узлов и агрегатов. Такой подход позволяет увеличивать детализацию моделирования до любого уровня точности, причем только в необходимых на данный момент частях. Такая гибкость дает возможность достичь высокой степени соответствия выходных характеристик моделей реальным объектам без существенных затрат. Кроме того, разработанные модели различных узлов и агрегатов могут быть использованы при построении новых моделей. Данный подход значительно облегчает модификацию существующих моделей. Так, например, для разработки тренажера для автомобиля Ford Focus с автоматической коробкой передач потребовалось только заменить модель механической коробки передач на автоматическую с согласованием событийного интерфейса.

Описанные выше подходы позволяют на существующей базе без значительных трудозатрат создавать новые обучающие водителей тренажеры для различных моделей автомобилей в условиях сложной дорожной обстановки и интенсивного трафика. На данный момент с использованием описанных технологий созданы тренажеры для легковых автомобилей ВАЗ-2110, Ford Focus 2, УАЗ-3151, грузовых КАМАЗ-5350, Зил-131, Урал-4320 и их модификаций.

Тренажерные комплексы для обучения вождению автомобилей со специальными сигналами были поставлены в Федеральную службу охраны РФ и активно используются для подготовки водителей специальных и государственных служб. Разработки в этом направлении отмечены грамотами специализированных выставок.

#### Список литературы

1. Швецов А.Н. Агентно-ориентированные системы: от формальных моделей к промышленным приложениям. 2005. <http://www.ict.edu.ru/ft/005656/62333e1-st20.pdf>
2. Алюшин С.А., Ильинский Н.И. Структура дорожной сети при агентно-ориентированном моделировании дорожного движения // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. № 2. С. 100-104.
3. Алюшин С. А. Моделирование динамической дорожной обстановки на основе мультиагентного подхода // Научная сессия МИФИ-2007. Сборник научных трудов. М.: МИФИ, 2007. Т. 2. С. 14-15.