

УДК 004.9

Ю.К. АПРАКСИН, И.О. ТУРЕГА

Севастопольский национальный технический университет, Украина

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ МЕТОДОВ

В статье сформулирована задача построения территориально-распределенных сетей в пространстве с учетом ограничений и факторов окружающей среды. Предложена методика построения сетевых связей на основе методов мультиагентного поиска. Показаны примеры использования предложенной методики с учетом различных факторов окружающей среды. Предложенная методика обладает универсальностью благодаря использованию общих моделей объектов ограничения пространства, и расширяема по количеству учитываемых факторов среды. Также существует возможность ограничения времени решения.

Ключевые слова: мультиагентный поиск, агент, фактор окружающей среды, ограничения пространства.

Введение

Эффективность функционирования коммуникационной сети зависит от ее структуры и компонентов. На этапе проектирования сетей большое внимание уделяется выбору компонент сети, а структура сети строится на основе экспертных решений с учетом выбранного аппаратного базиса. Для исключения проблем при внедрении сети в реальных условиях с учетом конструктивных особенностей пространства используется резервирование длины коммуникационных каналов, что приводит к увеличению стоимости решений. Использование классических для задачи поиска кратчайшего пути волновых методов для решения задачи в пространстве требует значительной вычислительных ресурсов [1]. В рамках данной работы предлагается методика, основанная на развитии мультиагентных методов, для решения задачи оптимизации коммуникационных соединений в пространстве с учетом ограничений. Предложенная методика используется в рамках инструментария для разработки систем проектирования сетей.

1. Модель пространства

При решении задачи задействованы модели пространственных ограничений – преград, препятствующих прокладке маршрута. Необходимость их моделирования связана с особенностями использования сетей связи, которые реализуются в рамках некоторых конструкций. Для корпоративных и промышленных сетей свои ограничения вносят здания и сооружения, в которых эти сети используются, для встраиваемых систем – конструктивные особенности технических средств, которыми данные системы управляют. Непосредственное тестирование коллизий

произвольных объектов (состоящих из тысяч многоугольников) в пространстве затратно с точки зрения вычислительных ресурсов ЭВМ. Поэтому в качестве моделей ограничителей пространства использованы трехмерные примитивы (кубы, цилиндры и сферы), модифицированные с помощью аффинных преобразований. Такие объекты широко используются в современных приложениях с трехмерной графикой для предварительного тестирования коллизий и позволяют снизить вычислительную сложность тестирования ограничений в разы [2]. Для данных объектов определены функции тестирования попадания точки в объект, и определения направления ближайшей грани (направления выхода) для точки внутри объекта.

2. Мультиагентный поиск

Методика основана на модификации метода муравьиных систем (Ant System) с элементами метода моделирования движения частиц в пространстве (Particle Swarm Optimization) [3]. Выполняется моделирование движения агентов в пространстве в направлении некоторой цели с учетом пространственных ограничений и других факторов среды. Понятия феромона, его испускание агентами и испарение использованы в рамках метода муравьиных колоний. В методе движения частиц представляют интерес движение в пространстве по некоторому вектору направлений с учетом группового опыта. На каждой итерации моделируется жизненный цикл поколения агентов, который состоит из заданного количества шагов. Передача опыта между поколениями агентов и агентами одного поколения выполняется с помощью феромона, которой может выступать как аттрактантом (веществом, привлекающим другие особи), так и репеллентом (веществом, отталкивающим другие осо-

би). В конце жизненного цикла поколения выбирается агент, построивший кратчайший путь. Его решение считается лучшим и он оставляет свой след из феромона. Таким образом, реализуется элитная стратегия выбора решения [3]. В конце каждого шага итерации жизненного цикла агентов источники феромонов испаряются, что позволяет постепенно исключать точки, не попавшие в лучшее решение, полученное очередным поколением агентов.

Задача решается отдельно для каждой пары узлов в соединении, при этом учитываются ограничения на длину связей. В качестве входных данных используются начальная и конечная позиции агентов, характеристики ограничений пространства, число агентов и число итераций. Степень влияния гравитации, группировки связей, сглаживания решений и случайных факторов определяются заданными экспертом коэффициентами k_i . Используются два множества источников феромона: а) для сохранения опыта предыдущих поколений агентов; б) для группировки путей. Позиция одного из пары рассматриваемых узлов выбирается стартовой точкой для агентов, в позиции второго узла располагается цель для агентов. Цель моделируется незатухающим с расстоянием и не испаряющимся источником феромона. Ограничивающие примитивы, множества источников феромона и коэффициенты k_i моделируют окружающую среду для агента. После заданного числа перемещений агент считается мертвым и не участвует в дальнейшем решении. При достижении окрестности решения агент блокируется и участвует в выборе лучшего решения для следующей итерации.

В процессе моделирования жизненного цикла агентов определяются направления их движения, которые задаются вектором в геометрической интерпретации для трехмерного пространства. Результирующий вектор v получается последовательным сложением векторов с учетом коэффициентов, соответствующих факторам влияния среды:

$$v_i = v_{i-1} \cdot (1 - k_i) + v_{e_i} \cdot k_i,$$

где v_i – результат i -й итерации вычисления направления пробега агента, k_i – коэффициент влияния i -го фактора среды, v_{e_i} – вектор, полученный для i -го фактора среды.

Начальный вектор строится как направление к источникам феромона, оставленным предыдущим поколением, и источнику, представляющему собой цель. Направление к источникам феромона vf вычисляется как суммарный вектор направлений к каждому из источников с учетом его интенсивности и удаленности от агента:

$$vf = \text{norm} \left(\sum_i (a_i \cdot fsize_i \cdot b_i) \right),$$

где a_i – вектор направления к i -му источнику феромона, b_i – коэффициент влияния феромона от i -го источника, norm – функция нормирования вектора, $fsize_i$ – количество феромона i -го источника.

В свою очередь:

$$a_i = \text{norm}(fpos_i - pos),$$

где pos – позиция агента, $fpos_i$ – позиция i -го источника феромона;

$$b_i = 1 - kf * (\text{length}(fpos_i - pos))^3,$$

где length – функция вычисления длины вектора, kf – коэффициент затухания феромона с расстоянием от источника.

Далее учитываются факторы влияния гравитации, группировки трасс, направление выхода из коллизий и случайная составляющая (в случае попадания в ограничители пространства), инертность агентов (обеспечивает сглаживание трасс). Направление выхода из коллизии vc определяется с учетом всех ограничителей, в которые попал агент:

$$vc = \text{norm} \left(\sum_{i, pos \in c_i} edir_i * (1 - kcp_i) \right),$$

где c_i – i -й ограничитель пространства; $edir_i$ – направление ближайшего выхода из i -го ограничителя пространства; kcp_i – проницаемость i -го ограничителя пространства.

3. Использование методики

На рис. 1 приведены примеры использования методики с учетом пространственных ограничений при различных коэффициентах влияния факторов окружающей среды. Предложенные примеры дают представление о результатах разработанной методики в рамках решения задачи построения маршрутов в пространстве для сетевого соединения включающего три узла, расположенных в пространстве среди ограничивающих примитивов. Методика апробирована в рамках инструментария, предназначенного для построения современных средств синтеза и анализа территориально-распределенных сетей. В рамках подсистемы синтеза, методика использует результаты стохастической генерации связей [4] и для множества соединений позволяет выполнять построение маршрутов в пространстве с учетом ограничений и различных факторов среды. Результаты работы представляют собой множество кривых в векторном виде, позволяющих оценить реальное расположение и длину линий связи для территориально-распределенной сети. На основании полученных данных, а также системы моделей сетевых объектов выполняется моделирование работы полученной сети с учетом временных задержек с целью выявления наиболее загруженных узлов.

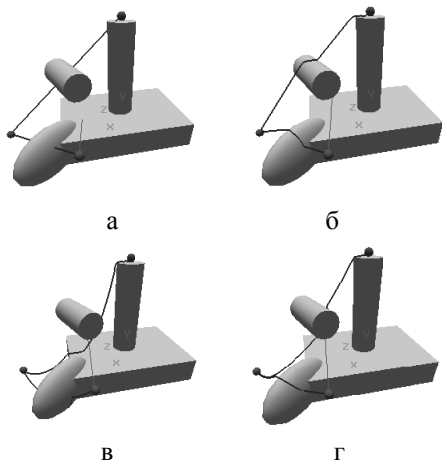


Рис. 1. Примеры использования методики синтеза связей в пространстве: а – исходный вариант; б – с учетом ограничений пространства; в – с учетом ограничений пространства и влияния гравитации; г – с учетом ограничений пространства, гравитации и взаимной группировки

Выводы

Предложенная методика обладает универсальностью благодаря использованию общих моделей объектов ограничения пространства, и расши-

ряема по количеству учитываемых факторов среды. Благодаря возможности варьирования параметров существует возможность ограничения времени решения. Векторное представление решений позволяет значительно сократить объемы требуемой памяти по сравнению с методами, использующими разбиение пространства.

Литература

1. Rubin, F. *The Lee path connection algorithm [Текст]* / F. Rubin // *IEEE Transactions on Computers*. – 1974. – Vol. c-23(9). – P 907 – 914.
2. Ericson, C. *Real-Time Collision Detection [Текст]* / C. Ericson. – San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publ. is an imprint of Elsevier, 2005. – 633 p.
3. Субботин, С.О. *Неутеративные, эволюционные и мультиагентные методы синтеза нечеткологических и нейросетевых моделей: [Текст] монография* / С.О. Субботин, А.О. Олейник, О.О. Олейник. – Запорожье: ЗНТУ, 2009. – 375 с.
4. Турега, И.О. *Генерация структуры управляющей микроконтроллерной сети [Текст]* / И.О. Турега // *Материалы международной НТК «Управление, автоматизация и окружающая среда»*. – Севастополь: СевНТУ, 2010. – С. 195 – 197.

Поступила в редакцию 30.03.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. производства РЭА ЛА В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина

ТОПОЛОГІЧНИЙ СИНТЕЗ ТЕРИТОРІАЛЬНО-РОЗПОДІЛЕНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ МУЛЬТИАГЕНТНИХ МЕТОДІВ

Ю.К. Апраксін, І.О. Турега

Сформульовано задачу побудови територіально-розподілених мереж у просторі з урахуванням обмежень та факторів навколишнього середовища. Запропонована методика побудови мережеских зв'язків на основі методів мультиагентного пошуку. Показані приклади використання запропонованої методики з урахуванням різних факторів навколишнього середовища. Запропонована методика володіє універсальністю завдяки використанню загальних моделей об'єктів обмеження простору, і розширювана по кількості чинників середовища, що враховуються. Завдяки можливості варіювання параметрів існує можливість обмеження часу рішення.

Ключові слова: мультиагентний пошук, агент, фактор навколишнього середовища, обмеження простору.

TOPOLOGICAL SYNTHESIS OF GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED NETWORKS BASED ON MULTIAGENT METHODS

Yu.K. Apraksin, I.O. Turega

The problem of construction of geographically distributed networks in the space taking into account restrictions and environmental factors is formulated. The methodology of building networking based on the methods of multi-agent search is proposed. The examples of using the proposed methodology taking into account various environmental factors are shown. The offered method possesses universality due to the use of general models of objects of limitation of space, and upgradable on the amount of the taken into account factors of environment. Due to possibility of varying of parameters there is possibility of limitation of time of decision.

Key words: multiagent search, agent, factor of the environment, space limitations.

Апраксин Юрий Константинович – доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры кибернетики и вычислительной техники Севастопольского национального технического университета, Севастополь, Украина.

Турега Игорь Орестович – аспирант кафедры кибернетики и вычислительной техники Севастопольского национального технического университета, Севастополь, Украина.