

УДК 519.876.5

С.А. ГУБКА, А.В. ПОПОВ, А.В. ЛЮЛЬКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ТРЕХМЕРНОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Рассмотрены этапы разработки компьютерной системы трёхмерного имитационного моделирования, позволяющей формировать индивидуальную топологию компьютерной сети, визуализировать информационные потоки по результатам работы имитационного приложения. Представлены многоканальные модели систем массового обслуживания, используемые для процесса моделирования информационных потоков распределенной компьютерной сети. Разработанная компьютерная система может быть использована для задач конструирования, визуализации и оптимизации компьютерных сетей информационных систем.

Ключевые слова: *информационные системы, компьютерные сети, трехмерное имитационное моделирование, визуализация, системы массового обслуживания.*

Введение

Трёхмерная графика нашла обширное применение в области образования, проектирования, исследования и разработок. В сочетании, с информационными системами, компьютерная графика дает ряд преимуществ, связанных с удобностью восприятия и визуализации информационного кругообмена.

Основной задачей информационных систем является удовлетворение конкретных информационных потребностей в рамках конкретной предметной области, в нашем случае – компьютерной сети.

Существуют специальные, ориентированные на моделирование вычислительных сетей, программные системы, в которых процесс создания модели упрощен. Такие программные системы сами генерируют модель сети на основе исходных данных о ее топологии и используемых протоколах, об интенсивностях потоков запросов между компьютерами сети, протяженности линий связи, о типах используемого оборудования и приложений. Программные системы моделирования могут быть узкоспециализированными или достаточно универсальными. Последние позволяют имитировать сети самых различных типов. Качество результатов моделирования в значительной степени зависит от точности исходных данных о сети, переданных в систему имитационного моделирования.

Среди подобных средств моделирования можно выделить: DEsign tool LITE (Delite), Cappuccino, TND-Tool (Topological Network Design Tool), Network WorkBench, но все они имеют недостатки: только двумерное пространственное представление, ограничение параметров моделирования, большая

стоимость, невозможность использовать 3d модели объектов из Internet [1, 2].

Возможности физического моделирования довольно ограничены. Оно позволяет решать отдельные задачи при задании небольшого количества сочетаний исследуемых параметров системы. Действительно, при натурном моделировании вычислительной сети практически невозможно проверить ее работу для вариантов с использованием различных типов коммуникационных устройств - маршрутизаторов, коммутаторов и т.п. Проверка на практике около десятка разных типов маршрутизаторов связана не только с большими усилиями и временными затратами, но и с немалыми материальными затратами. В тех случаях, когда при оптимизации сети изменяются не типы устройств и операционных систем, а только их параметры, проведение экспериментов в реальном масштабе времени для огромного количества всевозможных сочетаний этих параметров практически невозможно за обозримое время. Даже простое изменение максимального размера пакета в каком-либо протоколе требует переконфигурирования операционной системы в сотнях компьютеров сети, что требует от администратора сети проведения очень большой работы.

Таким образом, имитационные приложения дают ряд дополнительных возможностей для моделирования конфигурации сети, значительно экономят время проектировщиков, аналитиков и администраторов компьютерных сетей.

Постановка задачи моделирования

Будем рассматривать работу компьютерной системы как трёхмерного имитационного приложе-

ния, способного моделировать работу конфигурации сети за промежутки времени, основой которого будет технология Ethernet. Приложение должно обладать следующими возможностями:

1. Реалистичная трехмерная визуализация работы приложения в реальном времени, используя графический конструктор OGRE (Object-oriented Graphics Rendering Engine).

2. Удобная навигация и управление приложением, используя мышь и клавиатуру.

3. Возможность динамического изменения параметров моделирования.

4. Создание собственной конфигурации сети с помощью конструктора модели сети.

5. Сбор статистических данных на протяжении работы модели сети. Построение графиков.

Для визуализации имитации движения пакетов данных между компьютерами и коммутаторами необходим алгоритм непосредственного перемещения пакета данных в пространстве, учитывая особенности OGRE.

Для имитации передачи данных, как показано на рис. 1, также необходим особый алгоритм с использованием буфера, основой которого служат алгоритмы систем массового обслуживания.

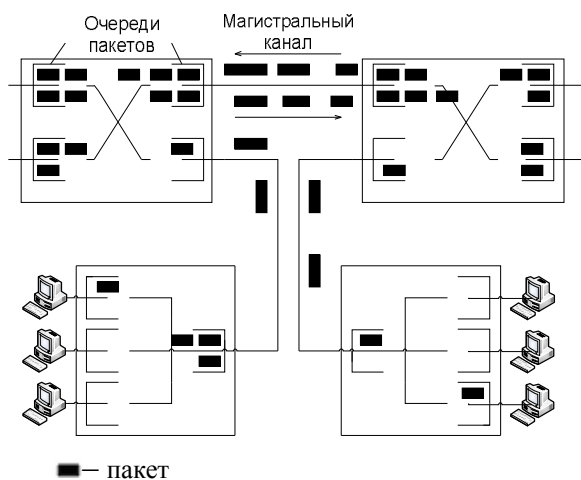


Рис. 1. Схематическое изображение работы сети

Здесь необходимо учитывать такие моменты как: формирование пакетов данных, точку доставки и размер пакета, транспортировку, формирование буферов, просчет и имитацию задержек, динамическую регулировку параметров всей системы, параллельную работу алгоритмов на всех узлах сети, расчет математических параметров системы, запись всех параметров в базу данных статистики.

Математическое обеспечение моделирования

Разработанное трехмерное моделирование компьютерных сетей базируется на моделях систем

массового обслуживания (СМО) [1 – 3]. Состояния многоканальной СМО с отказами имеют следующую интерпретацию:

A – абсолютная пропускная способность (среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени);

Q – относительная пропускная способность (средняя количество пришедших заявок, обслуживаемых системой);

$P_{отк}, P_m$ – вероятность того, что заявка покинет СМО не обслуженной;

\bar{k} – среднее число занятых каналов;

m – количество каналов;

λ – интенсивность потока заявок;

μ – интенсивность обслуживания;

ρ – среднее число заявок, поступающих в систему за среднее время обслуживания одной заявки;

P_0, P_k – вероятности состояний;

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}; P_0 = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^k}{k!} + \dots + \frac{\rho^m}{m!} \right)^{(-1)};$$

$$P_k = \frac{\rho^k}{k!} P_0; P_{отк} = P_m = \frac{\rho^m}{m!} P_0;$$

$$Q = 1 - P_{отк} = 1 - \frac{\rho^m}{m!} P_0; A = \lambda Q = \lambda \left(1 - \frac{\rho^m}{m!} P_0 \right);$$

$$\bar{k} = \frac{A}{\mu} = \rho \left(1 - \frac{\rho^m}{m!} P_0 \right).$$

Состояния многоканальной СМО с ожиданием имеют следующую интерпретацию:

C – максимальное количество заявок;

n – номер состояния, $n = \overline{1, N}$.

S_0 – канал свободен;

S_1 – канал занят, очереди нет;

S_n – канал занят, $n - 1$ заявка в очереди;

S_N – канал занят, $C - 1$ заявка в очереди;

λ – интенсивность потока заявок;

μ – интенсивность обслуживания;

ρ – среднее число заявок, поступающих в систему за среднее время обслуживания одной заявки;

P_0, P_n – вероятности состояний;

L_q – среднее число заявок в очереди на обслуживание;

L_s – среднее число находящихся в СМО заявок (на обслуживании и в очереди);

W_q – средняя продолжительность пребывания заявки в очереди;

W_s – средняя продолжительность пребывания заявки в СМО;

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{C-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^C}{C! \left(1 - \frac{\rho}{C}\right)} \right)^{-1};$$

$$\lambda P_{n-1} - (\lambda + n\mu)P_n + (n+1)\mu P_{n+1} = 0, \text{ при } 1 \leq n \leq c;$$

$$\lambda P_{n-1} - (\lambda + C\mu)P_n + C\mu P_{n+1} = 0, \text{ при } n \geq C;$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}; \frac{\rho}{C} < 1;$$

$$P_n = \begin{cases} \frac{\rho^n P_0}{n!}, & \text{і дè } 0 \leq n \leq C; \\ \frac{\rho^n P_0}{C! C^{(n-C)}}, & \text{і дè } n \geq C. \end{cases}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}; W_s = W_q + \frac{1}{\mu}; L_q = \frac{C\rho P_C}{(C-\rho)^2}; L_s = L_q + \rho.$$

Разработка приложения

Компьютерная система трёхмерного имитационного моделирования использует, в качестве фона, готовую 3d модель компьютерной сети кафедры 302. Эта модель была создана при помощи 3dsmax и использует оригинальные текстуры (рис. 2) [4].

Далее модель конвертируется с помощью OgreMax, в результате чего получаем 2 файла форматов *.mesh и *.material, которые загружаем в OGRE.

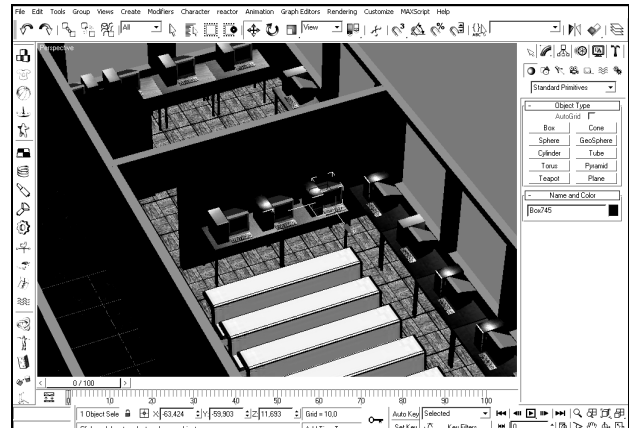


Рис. 2. Создание визуальной модели

Для создания модели сети разработано собственное приложение NetCreate (рис. 3), в котором расставляются компьютеры, коммутаторы и соединяются всё кабелями компьютерной сети [5].

Также приложение используется для внесения изменений в существующие конфигурации сети, с целью оптимизации или исправления каких-либо ошибок.

Результатом работы приложения есть файл формата *.net, который использует основное приложение для построения трёхмерной динамической модели в OGRE. Далее в компьютерную систему трёхмерного имитационного моделирования компьютерных сетей интегрируются формулы математического обеспечения моделирования (рис. 4) [2, 5].

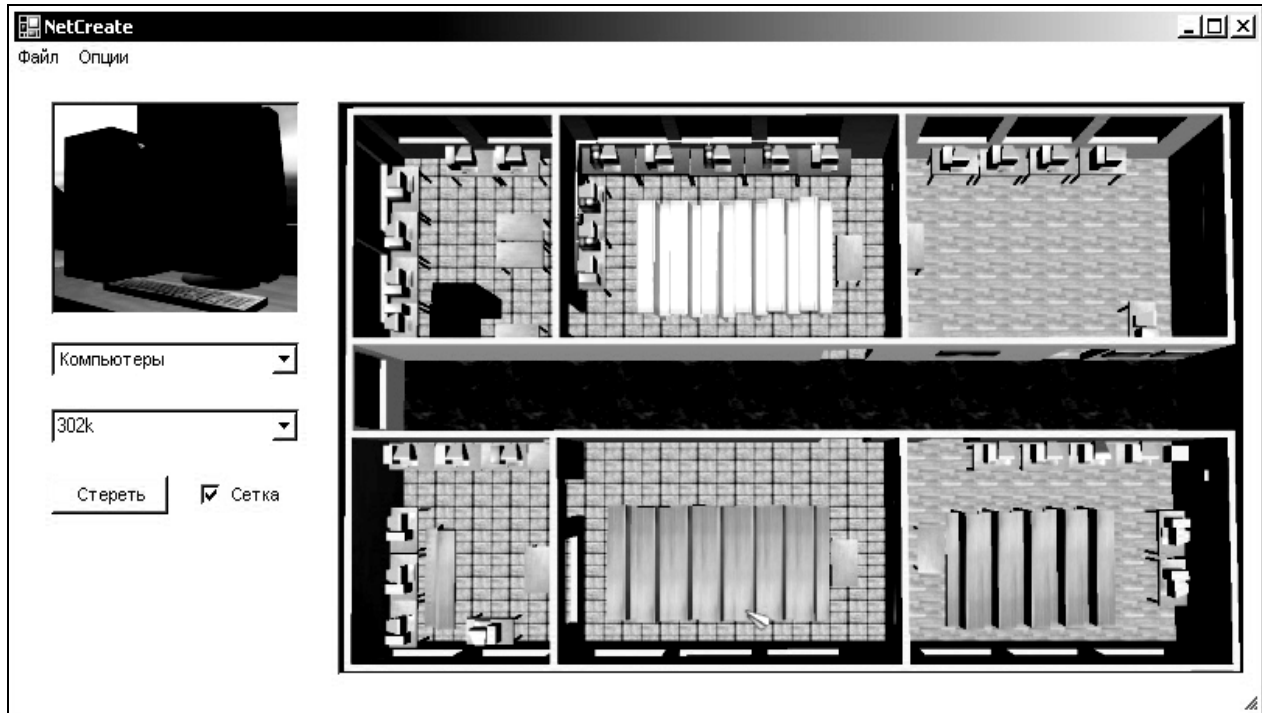


Рис. 3. Создание модели компьютерной сети

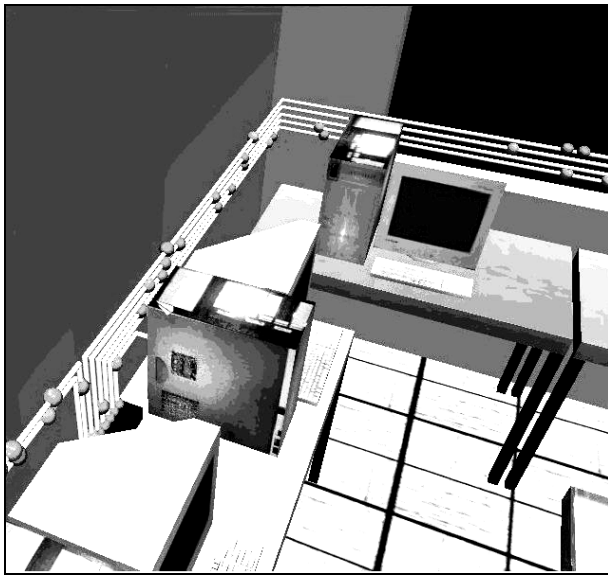


Рис. 4. Имитационное моделирование компьютерной сети

Таким образом получаем программную систему, имитирующую работу компьютерной сети за указанный промежуток времени (рис. 5).

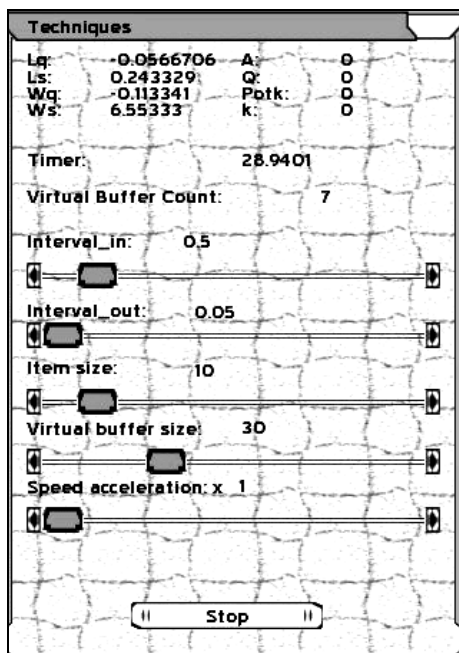


Рис. 5. Входные данные для моделирования работы сети

Завершающим этапом будет создание интерфейса для динамического изменения параметров моделирования и создание функции ведения статистики и фиксирования рабочих параметров.

Все результаты моделирования записываются в файл баз данных. Для чтения и визуализации этого файла было создано приложение ViewResult, которое в наглядном виде представляет данные моделирования, статистические данные в виде таблиц и

графиков, модель сети в стандартном виде и в виде графа, а также, в перспективе, автоматическое формирование выводов на основании полученных результатов.

Использование приложения для задач конструирования, визуализации и оптимизации сети

В качестве примера, проведем исследования компьютерной сети, имеющей топологию, как это показано на рис. 6. С помощью приложения, Net-Create создадим компьютерную сеть в виде разветвленного дерева.

В ходе эксперимента изменялись следующие параметры модели: время моделирование, размер очереди, размер передаваемого пакета, временной интервал между требованиями, время на обслуживание задачи. Для каждого случая каждые 5 секунд определялось общее число посланных пакетов (Num), число потерь (Lost) и общее количество пакетов, которые достигли адресата (Sent).

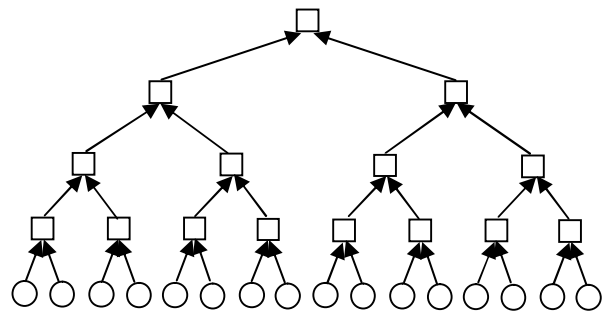


Рис. 6. Топология исследуемой сети:

□ - элементы компьютерной сети; ○ - компьютеры.

При изменении времени моделирования численные показатели возрастали практически линейно, с небольшими отклонениями за счет формирования случайных интенсивностей входящих и исходящих пакетов (рис. 7).

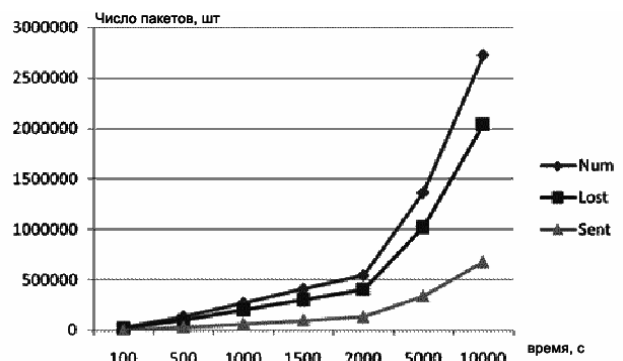


Рис. 7. Зависимость числа пакетов от времени моделирования

Изменение размера очереди не влияет на число генерируемых пакетов при длине очереди отличной от 0. С увеличением же длины очереди количество потерь значительно сокращается и становится меньше, чем число пакетов, достигших адресата, при значении 50 (рис.8).

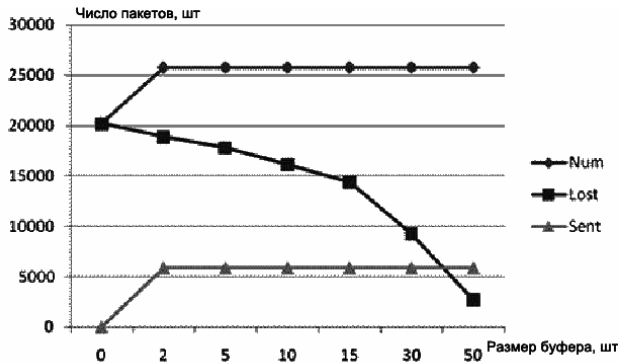


Рис. 8. Зависимость числа пакетов от размера очереди

Изменение времени передачи пакетов по сети равномерно сказывается на результатах (рис. 9).

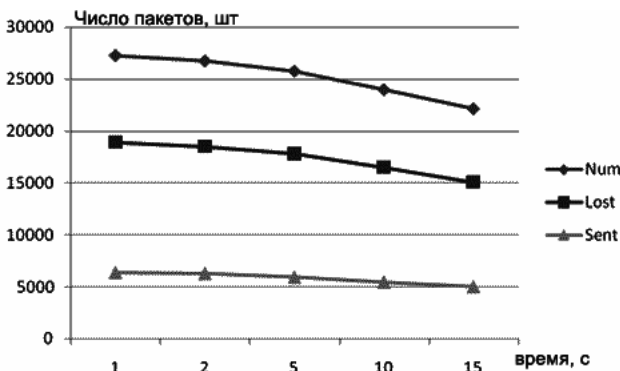


Рис. 9. Зависимость числа пакетов от времени передачи пакета

Варьирование временного интервала между появлением пакетов позволяет увидеть, что с увеличением этого интервала общее число пакетов, генерируемых за установленное время, сокращается, а число пакетов, достигших корня дерева, практически остается неизменным (рис. 10).

Увеличение времени обслуживания на коммутаторе также сокращает общее число пакетов, а потери остаются постоянными (рис. 11).

Исследовав интересные параметры и сформировав выводы, можно внести изменения в топологию сети с целью корректирования нужных параметров. С помощью этого приложения также можно экспериментальным путем установить как будет себя вести компьютерная сеть какой-либо возможной конфигурации.

Таким образом, используя это приложение, мы можем не только моделировать и визуальное пред-

ставить работу компьютерной сети информационной системы практически любой топологии, но и вносить в неё необходимые изменения, на основании статистических данных.

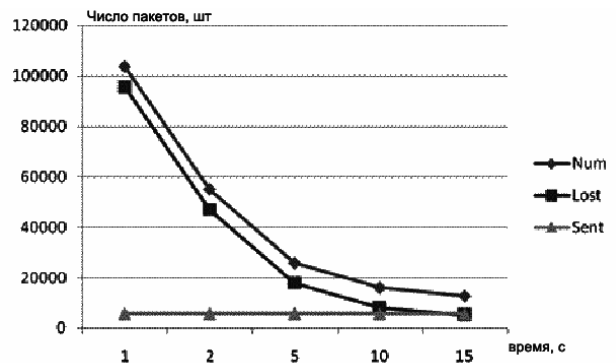


Рис. 10. Зависимость числа пакетов от временного интервала между пакетами

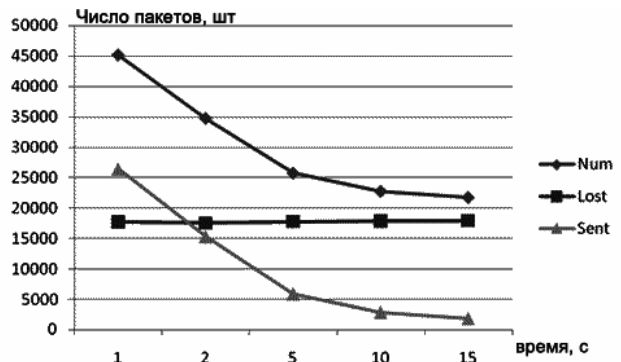


Рис. 11. Зависимость числа пакетов от времени обслуживания

Заключение

Рассмотрены этапы создания компьютерной системы моделирования, визуализации и управления трехмерной моделью компьютерной сети информационной системы. Основой чего служит модель компьютерной сети кафедры 302. Для реализации поставленной задачи использовались Microsoft Visual Studio 7.1, графический конструктор OGRE v1.61 и Autodesk 3Ds max 8. Компьютерная система реализует все необходимые действия для выполнения поставленной задачи: создание индивидуальной модели компьютерной сети информационной системы, загрузка 3d модели, визуализация её в режиме реального времени, удобная реализация управления и навигации, графические элементы управления, меню настроек приложения, сбор статистических данных, удобная визуализация статистики.

Компьютерная система может быть использована для задач конструирования, визуализации и оптимизации компьютерных сетей информационных систем.

Литература

1. Емельянов В.В. Имитационное моделирование систем. / В.В. Емельянов, С.И. Ясиновский. – М.: МГТУ, 2009. – 584 с.
2. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем. / О.И. Шелухин, А.М. Тенякиев, А.В. Осин. – М.: Радиотехника, 2006. – 368 с.
3. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Прин-

ципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер. 2010. – 944 с.

4. Харьковский А.В. 3ds Max 2010 на практике. / А.В. Харьковский. – Ростов н/Д.: Феникс, 2010. – 160 с.

5. Евченко А.И. OpenGL и DirectX: программирование графики. Для профессионалов / А.И. Евченко. – СПб.: Питер. 2006. – 352 с.

Поступила в редакцию 12.05.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных управляющих систем В.М. Левыкин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ТРИВИМІРНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

С.О. Губка, А.В. Попов, А.В. Люлько

Розглянуті етапи розробки комп'ютерної системи тривимірного імітаційного моделювання, що дозволяє формувати індивідуальну топологію комп'ютерної мережі, візуалізувати інформаційні потоки за результатами роботи імітаційного застосування. Представлені багатоканальні моделі систем масового обслуговування, що використовуються для процесу моделювання інформаційних потоків розподіленої комп'ютерної мережі. Розроблена комп'ютерна система може бути використана для завдань конструювання, візуалізації і оптимізації комп'ютерних мереж інформаційних систем.

Ключові слова: інформаційні системи, комп'ютерні мережі, тривимірне імітаційне моделювання, візуалізація, системи масового обслуговування.

THREE-DIMENSIONAL IMITATION DESIGN OF COMPUTER NETWORKS OF INFORMATIVE SYSTEMS

S.A. Gybka, A.V. Popov, A.V. Lyulko

Development cycles of computer system the three-dimensional imitating modelling are considered, allowing to form individual topology a computer network, for to visualise information streams by results work the imitating appendix. We present multi-channel models queuing systems used for process modeling information flow distributed computer network. The developed computer system can be used for problems of designing, visualisation and optimisation computer networks information systems.

Keywords: computer networks, simulation modeling, visualization, queuing system.

Губка Сергей Алексеевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Попов Андрей Вячеславович – канд. техн. наук, доцент кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Люлько Андрей Валериевич – студент кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.