

Lipilina Lyudmila Vladimirovna, PhD-student Department of Software and Management in Technical Systems, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation. Tel.: +79626022578. E-mail: mila199113@gmail.ru.

References

1. Kleinrock L. *Queueing Systems. Volume 1: Theory*. 1975, John Wiley & Sons (Russ. ed.: Kleinrock L. *Теория массового обслуживания*, Moscow, Mashinostroenie Publ. 1979. 432 p.).
2. Gorelov G.A., Tarasov V.N., Ushakov Y.A. Vosstanovlenie momentnykh karakteristik raspredeleniya intervalov mezhdu paketami vkhodyashego trafika [Restoring torque characteristics of the distribution of intervals between packets of incoming traffic]. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2014, vol. 12, no. 2, pp.40-44.
3. Tarasov V.N., Kartashevsky I.V. Opredelenie srednego vremeni ozhidaniya trebovaniy v upravlyaemoy sisteme massovogo obsluzhivaniya H2/H2/1 [Determination of the average waiting time requirements in a controlled queuing system H2/H2/1]. *Sistemy upravleniya i informazionnye tehnologii*, 2014, vol. 57, no. 3, pp.92-96.
4. RFC 3393 *IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM)*. Available at: <https://tools.ietf.org/html/rfc3393> (accessed 22.03.2015)
5. Vishnevsky V.M. *Teoreticheskie osnovy proektirovaniya komputernykh setei* [Theoretical bases of designing computer networks]. Moscow, Tehnosfera Publ., 2003. 512 p.

Received 24.03.2015

УДК 004.7

ЭМУЛЯЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Митекин Ю.А., Бахарева Н.Ф.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ
E-mail: bahareva-nf@psuti.ru

В статье представлены примеры эмуляции компьютерных сетей: локальная виртуальная сеть, построенная при помощи среды эмуляции операционных систем Virtual Box, и в среде GNS3 с интегрированной средой Virtual Box. Приводятся таблицы с результатами тестирования виртуальных сетей программой iperf.

Ключевые слова: эмуляция сети, виртуальные машины, виртуальные операционные системы, виртуальный канал, модель сети.

Введение

В общем случае эмуляция – это имитация программно-аппаратными (в некоторых случаях только программными или аппаратными) средствами какого-либо физического процесса, физического устройства. В данном случае под эмуляцией компьютерных сетей (КС) понимается организация взаимодействия виртуальных компьютеров, виртуальных маршрутизаторов, коммутаторов и иных сетевых устройств в различных топологиях, созданных программно-аппаратными средствами.

Эмуляция компьютерных сетей при использовании специального программного обеспечения позволяет проводить исследование виртуальных объектов в реально существующих сетях.

При эмуляции сети стоит задача оценки состояния каналов связи в виртуальной среде и влияния

количества виртуальных объектов на состояние виртуальных каналов. Представляет интерес, также поведение потоков при мультиплексировании и демуплексировании в виртуальных каналах.

Достоинства и недостатки эмуляции компьютерных сетей

Положительные стороны эмуляции компьютерных сетей:

- не надо приобретать дорогостоящее оборудование, так как создаются модели оборудования эмуляцией программно-аппаратными средствами;
- возможность подбирать различные конфигурации виртуального оборудования и программного обеспечения (ПО), тем самым получая оптимальную программно-аппаратную платформу;

- значительное сокращение времени создания и настройки как сети, так и виртуальных операционных систем, поскольку время установки операционных систем в виртуальных компьютерах намного меньше.

Недостаток использования эмуляции – это большие затраты аппаратных ресурсов компьютеров. Поскольку при эмуляции сетевого оборудования используются виртуальные элементы, то появляется возможность проводить эксперименты с конфигурациями виртуального оборудования. Ошибки в его настройке могли бы повлечь полную переустановку операционной системы. При эмуляции виртуальный компьютер с поврежденной операционной системой всего лишь потребует восстановления ее из резервной копии, что займет на порядок меньше времени, чем восстановление работоспособности реального оборудования.

Один из способов создания виртуальной сети – это использование операционных систем на так называемых виртуальных машинах. Виртуальная машина (ВМ) – это программная или аппаратная система, эмулирующая аппаратное обеспечение некоторой платформы (гостевой) и исполняющая программы для гостевой платформы на host-платформе. С другой стороны, виртуальная машина может эмулировать некоторую платформу и работающую на ней среду, изолированные друг от друга программы и операционные системы.

Виртуальная машина исполняет некоторый машинно-независимый код или машинный код реального процессора. Помимо процессора, ВМ может эмулировать работу как отдельных компонентов аппаратного обеспечения, так и целого реального компьютера (включая BIOS, оперативную память, жесткий диск).

Это позволяет в ВМ, как и на реальный компьютер, установить операционную систему. Подобные ВМ в большинстве случаев позволяют создавать подключение к реальным сетевым картам (интерфейсы NIC) с помощью виртуальных мостов. Такие подключения предоставляют возможность передавать созданный в виртуальной среде трафик через реальные сети. Этот трафик не является математической моделью и обрабатывается сетевыми устройствами так, как если бы он был создан реальным сетевым оборудованием. Виртуальные машины способны обрабатывать сетевой трафик, приходящий из реальной сети.

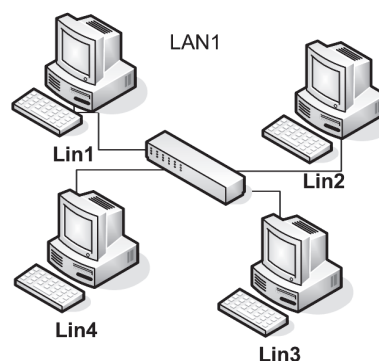


Рис. 1. Схема локальной виртуальной сети

Первым примером эмуляции сетей может служить виртуальная сеть, построенная при помощи среды эмуляции операционных систем VirtualBox [1], схема которой представлена на рис. 1. До версии 4.0.0 существовали две версии, различавшиеся по лицензии и функциональности. Начиная с версии 4.0.0 закрытые компоненты вынесены в отдельный пакет дополнений (Extension Pack). Базовая версия полностью открыта по лицензии GNU GPL.

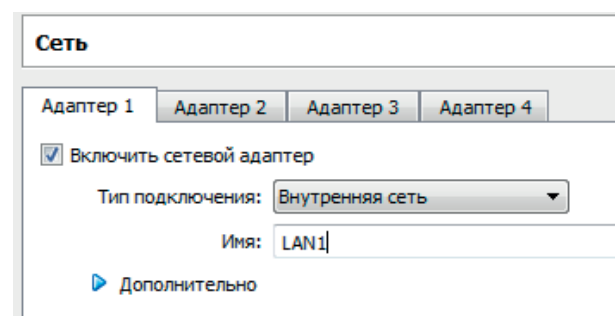


Рис. 2. Тип сетевого подключения

Локальная виртуальная сеть на рис. 1 состоит из четырех виртуальных компьютеров под управлением Linux в среде VirtualBox. Виртуальный коммутатор создается автоматически программой, если сетевая карта виртуальной машины имеет тип подключения: «Внутренняя сеть». Объединение виртуальных компьютеров в единую локальную сеть осуществляется посредством единого имени сети рис. 2. Результаты тестирования сети программой iperf [2] приведены в таблице 1.

Тестирование данной сети заключается в одновременной отсылке пакетов от Lin1 к Lin2 и от Lin3 к Lin4 в течение 60 сек. Собираются и анализируются полученные пакеты, после чего выводится статистика. При необходимости существует возможность подключения виртуальной сети к реальной посредством промежуточной

Таблица 1. Результаты тестирования виртуальной сети, построенной в VirtualBox

№	Параметры							Результат тестирования			
	TxD	RxD	Время	Протокол	Размер кадра	Режим передачи	Потоков	Передано МБайт	Потери Пакетов%	Скорость передачи Мбит/с	Задержка мс
1	Lin	Lin	60с	TCP	100	Duplex	1	629	0	88,0	0
	Lin	Lin	60с	TCP	100	Duplex	1	614	0	85,8	0
2	Lin	Lin	60с	TCP	25	Duplex	1	378	0	52,8	0
	Lin	Lin	60с	TCP	25	Duplex	1	385	0	53,8	0
3	Lin	Lin	60с	TCP	100	Duplex	1	453	0	63,3	0
	1	2						462	0	64,6	0
	Lin	Lin	60с	TCP	100	Duplex	1	520	0	72,7	0
	3	4						435	0	60,8	0
4	Lin	Lin	60с	TCP	25	Duplex	1	321	0	44,9	0
	1	2						364	0	50,9	0
	Lin	Lin	60с	TCP	25	Duplex	1	459	0	64,1	0
	3	4						251	0	35,1	0
5	Lin	Lin	60с	TCP	100	Duplex	10	3,04ГБ	0	435	0
	Lin	Lin	60с	TCP	100	Duplex	10	2,99ГБ	0	427	0
6	Lin	Lin	60с	TCP	25	Duplex	10	747	0	104	0
	Lin	Lin	60с	TCP	25	Duplex	10	764	0	107	0
7	Lin	Lin	60с	UDP	100	Duplex	1	7,51	0	1,05	0,046
	Lin	Lin	60с	UDP	100	Duplex	1	7,51	0	1,05	0,025
8	Lin	Lin	60с	UDP	25	Duplex	1	7,53	0	0,351	0,089
	Lin	Lin	60с	UDP	25	Duplex	1	7,53	0	0,351	0,046

виртуальной машины или виртуального моста. Первый вариант подключения промежуточной машины к реальной сети посредством виртуального моста с сетевой картой реального компьютера показан на рис. 3. Второй вариант подключения к виртуальной сети может выполняться по аналогии с рис. 2.

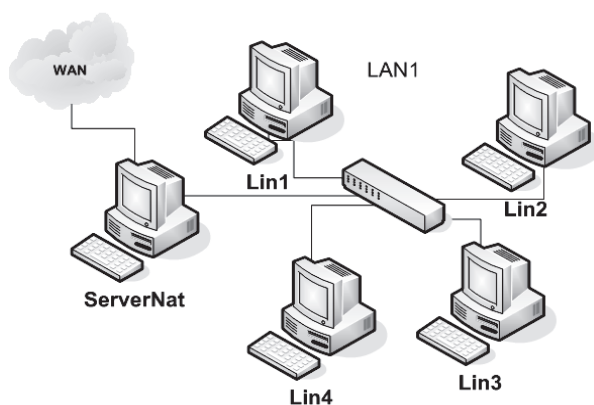


Рис. 3. Схема виртуальной сети с доступом во внешнюю

Одно из достоинств виртуальных серверов заключается в том, что при сетевой атаке физический компьютер не пострадает. При этом виртуальный сервер быстро восстанавливается из резервной копии. При топологии виртуальной сети, отличной от топологии «звезда», требуются специальные настройки опера-

ционных систем на виртуальных машинах. Недостатком описанного метода построения виртуальной сети на основе виртуальных машин является отсутствие виртуального активного сетевого оборудования, работающего без операционной системы.

На рис. 4 показана настройка сетевой карты виртуальной машины для подключения к реальной сети. Тип подключения: сетевой мост. Выбирается имя сетевой карты в компьютере, которая будет наследована виртуальной машиной. При правильно выбранных настройках сетевых подключений необходимо настраивать операционную систему на промежуточной виртуальной машине, как на сервере.

Настраивая промежуточную машину, можно получить виртуальный сервер (например, проху, WEB, FTP, HDCP, DNS), который, в свою очередь, может использоваться в реальной сети.

Сеть

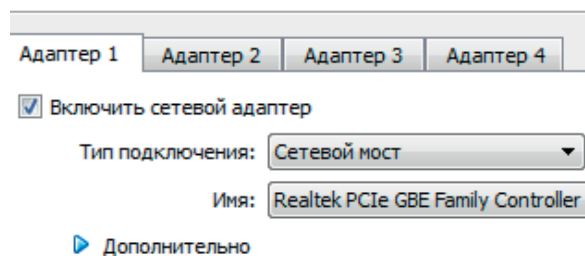


Рис. 4. Настройка моста для подключения к реальной сети

Подобную проблему можно решить при помощи программ виртуализации сетевого оборудования. Одним из представителей подобных программ является GNS3[4].

GNS3 – это графический симулятор сети, позволяющий моделировать виртуальную сеть из маршрутизаторов, коммутаторов, концентраторов и виртуальных машин. В зависимости от аппаратной платформы, на которой будет использоваться GNS3, возможно построение проектов, состоящих из маршрутизаторов Cisco, Cisco ASA, Juniper, а также серверов под управлением сетевых операционных систем.

Достоинствами данной среды являются:

- возможность интеграции со средой VirtualBox, Qemu;
- поддержка виртуализации образов операционных систем маршрутизаторов Cisco;
- подключение внутренней сети к внешней;

- настройка протоколов маршрутизации, используемых в глобальной сети;

- проектирование локальных и глобальных сетей.

Во втором примере в таблице 2 приведены результаты тестирования локальной виртуальной сети рис. 1, построенной в среде GNS3 с интегрированной средой VirtualBox. Тестирование сети проводилось программой iperf [2]. Принцип тестирования аналогичен тестированию, описанному в предыдущем примере.

Данные тестирования показывают, что при одной и той же топологии виртуальной сети, одних и тех же методах тестирования результаты тестирования сети, построенной в среде GNS3 с интеграцией студии VirtualBox, приближены к реальным сетям, поскольку в студии GNS3 учитываются пропускная способность каналов и время обработки трафика внутри коммутатора. Од-

Таблица 2. Результаты тестирования виртуальной сети, построенной в GNS

№	Параметры							Результат тестирования			
	TxD	RxD	Время	Протокол	Размер кадра	Режим передачи	Потоков	Передано МБайт	Потери пакетов %	Скорость передачи Мбит/с	Задержка мс
1	Lin1	Lin2	60с	TCP	100	Duplex/2	1	95,5	0	13,4	0
	Lin3	Lin4	60с	TCP	100	Duplex/2	1	96,9	0	13,5	0
2	Lin1	Lin2	60с	TCP	25	Duplex/2	1	88,2	0	12,3	0
	Lin3	Lin4	60с	TCP	25	Duplex/2	1	88,1	0	12,3	0
3	Lin1	Lin2	60с	TCP	100	Duplex	1	48,8	0	6,82	0
								48,8	0	6,77	0
	Lin3	Lin4	60с	TCP	100	Duplex	1	52,0	0	7,27	0
								50,8	0	7,09	0
4	Lin1	Lin2	60с	TCP	25	Duplex	1	43,9	0	6,13	0
								44,9	0	6,28	0
	Lin3	Lin4	60с	TCP	25	Duplex	1	43,0	0	6,02	0
								43,3	0	6,03	0
5	Lin1	Lin2	60с	TCP	100	Duplex/2	10	62,5	0	8,71	0
	Lin3	Lin4	60с	TCP	100	Duplex/2	10	61,2	0	8,51	0
6	Lin1	Lin2	60с	TCP	25	Duplex/2	10	-	-	-	-
	Lin3	Lin4	60с	TCP	25	Duplex/2	10	-	-	-	-
7	Lin1	Lin2	60с	UDP	100	Duplex/2	1	7,33	0,59	1,02	0,281
	Lin3	Lin4	60с	UDP	100	Duplex/2	1	7,37	0,26	1,03	0,348
8	Lin1	Lin2	60с	UDP	25	Duplex/2	1	1,90	50	0,0879	0,311
	Lin3	Lin4	60с	UDP	25	Duplex/2	1	1,87	49	0,259	1,736

нако разница одноименных показателей таблиц 1-2 объясняется разными типами виртуальных сетевых интерфейсов, которые создаются автоматически в VirtualBox GNS3 средой. Основные характеристики виртуальной сети будут зависеть от той реальной программно-аппаратной среды, в которой происходит эмуляция.

Кроме того, следует отметить влияние количества виртуального оборудования на производительность реальной системы. Это, в свою очередь, влияет на виртуальные каналы связи, что подтверждают данные шестой строки таблицы 2. При создании большого числа потоков информации в канале программа оценки загрузки канала не может собрать характеристики потоков в виртуальном канале, чтобы оценить основные параметры канала связи.

Заключение

Применяя виртуальные сети, можно отработать взаимодействие виртуального оборудования при заданных настройках. Меняя комплектацию виртуальных машин, можно подобрать оптимальную конфигурацию для будущего или существующего оборудования при заданной топологии сети. Однако эмуляцию нежелательно использо-

вать для оценки состояния виртуальных каналов, созданных в среде.

Недостатки виртуализации каналов связи:

- исключается оценка состояний каналов связи, поскольку основные характеристики сети будут зависеть от той реальной программно-аппаратной среды, в которой происходит эмуляция;
- большие затраты аппаратных ресурсов компьютера при эмуляции большого числа виртуального оборудования.

Литература

1. Первые шаги // Официальный веб сайт VirtualBoxURL: <http://www.virtualbox.org/manual/ch01.html> (д.о. 28.10.14)
2. Что такое iperf? // URL: <http://iperf.fr/> (д.о.12.11.14)
3. Iperf-тест пропускной способности интернет-канала // URL: <http://alexof.ru/page/iperf> (д.о. 14.11.14)
4. GNS3 графический сетевой симулятор // Лаборатория сетей CISCOURL: <http://www.ciscolab.ru/labs/40-gns3-graficheskiy-setevoy-simulyator.html> (д.о. 25.11.14)

Получено 20.02.2015

Бахарева Надежда Федоровна, д.т.н., профессор, заведующая Кафедрой информатики и вычислительной техники (ИВТ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846) 339-11-31. E-mail: bahareva-nf@psuti.ru.

Митекин Юрий Александрович, ассистент Кафедры программного обеспечения и управления в технических системах ПГУТИ. Тел. (8-846) 228-00-13, 8-904-746-75-20. E-mail: y.mitekin@psuti.ru

COMPUTER NETWORK EMULATION

Bakhareva N.F., Mitekin Y.A.

Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics, Samara, Russian Federation

E-mail: bahareva-nf@psuti.ru

We consider two examples of network emulation. First is local virtual network realized by emulation environment Virtual Box. Second is done by environment GNS3 with integrated Virtual Box. Here we use virtual computers (servers) and network devices. Some results of virtual network testing by bandwidth measurement tool software iperf are represented. Results of testing of virtual area networks with the same topology realized by environment GNS3 with integrated Virtual Box correspond to real networks. Here GNS3 studio channel bandwidth and time switching are taken into account. The main parameters of virtual network depend on hardware and software emulation environment. Network emulation provides researching of network device interaction under particular settings and do not require real equipment installation. During emulation once can test different configurations of virtual devices to get optimal hardware and software combination. Computer network platform emulation by special software provides researching of virtual objects over real networks. Therefore, time for installation and settings is reduced both for network and for virtual operating systems. During the network emulation, one of the main problems is estimation of status of communication links in virtual environment and influence of number of virtual objects on status of virtual links. However, great number of virtual objects requires high computer resources, that is the main drawback of virtual channels.

Keywords: network emulation, virtual computer, virtual operating system, virtual channel, network model.

DOI: 10.18469/ikt.2015.13.2.08.

Bakhareva Nadezhda Fiodorovna, Doctor of Technical Science, Professor, the Head of Department of Informatics and ADP Equipment, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation. Tel.: +78463391131. E-mail: bahareva-nf@psuti.ru.

Mitekin Yury Aleksandrovich, Assistant of the Department of Software and Technical Systems Control, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation. Tel: +7 846 228 00 13, +79047467520. E-mail: y.mitekin@psuti.ru.

References

1. *Pervye shagi. Ofitsialnyj veb sajt VirtualBox* [First steps. Official web site VirtualBox] Available at: <http://www.virtualbox.org/manual/ch01.html> (accessed 28.10.14)
2. *Chto takoe iperf? Ofitsialnyj sajt iperf* [What is iperf? Official site iperf] Available at: <http://iperf.fr/> (accessed 12.11.14)
3. *Iperf-test propusknoj sposobnosti internet kanala* [Iperf - the test of throughput of an Internet channel] Available at: <http://alexof.ru/page/iperf> (accessed 14.11.14)
4. *GNS3 graficheskij setevoy simuljator. Laboratorija setej CISCO* [GNS3 graphic network simulator. Laboratory of the CISCO networks] Available at: <http://www.ciscolab.ru/labs/40-gns3-graficheskij-setevoy-simulyator.html> (accessed 25.11.14)

Received 20.02.2015

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.5

ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ АГЕНТОВ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РАМКАХ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА С УЧЕТОМ ЗАПАСОВ КАПИТАЛА

Макарова Е.А.

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, РФ

E-mail: ea-makarova@mail.ru

Предложены динамические модели управляемого поведения экономических агентов и взаимодействия их в рамках макроэкономического кругооборота финансовых потоков. Проведены имитационные эксперименты для исследования эффекта самовыравнивания финансовых потоков и выявления закономерностей поведения агентов с учетом взаимовлияния потоков расходов и доходов и запасов капитала.

Ключевые слова: социально-экономическая система, экономический агент, динамическая модель, поток, запас, нелинейный алгоритм.

Введение

Сложность экономического положения российского государства в современных условиях требует повышенного внимания к разработке концепций, прогнозов и программ краткосрочного и долгосрочного социально-экономического развития на различных уровнях: федеральном, региональном, на уровне кластеров или отдельных экономических субъектов.

Одним из признанных подходов к решению этих проблем является подход, основанный на имитационном моделировании различных сценариев управления функционированием и развити-

ем социально-экономических систем на рассматриваемых уровнях [1-5].

Основным компонентом систем имитационного моделирования является динамическая модель поведения объекта исследования. Решению проблем построения динамических моделей функционирования экономических агентов разной степени сложности и моделей взаимодействия экономических агентов (ЭА) друг с другом в рамках кругооборота финансовых потоков на макроуровне посвящена статья.

На основе разработанной динамической модели проводится анализ различных сценариев