

УДК 004.71:004.72:004.94

Рыбанов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информатика и технология программирования», Волжский политехнический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», г. Волжский, Волгоградская область, Россия

e-mail: rybanoff@yandex.ru

Морозов Валерий Валерьевич, заведующий мастерской «Сетевое и системное администрирование». Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Волжский политехнический техникум», г. Волжский, Волгоградская область, Россия.

e-mail: valeramorozov animator@yandex.ru

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается разработка программного комплекса для моделирования и тестирования поведения компьютерных сетей без использования физического сетевого оборудования. Обоснована актуальность применения виртуальных сред для предварительной отработки сетевых архитектур и проверки корректности конфигураций. Описана архитектура программного комплекса, реализованного в среде Unity, и основные модули системы: графический интерфейс, терминал виртуального оборудования, модуль генерации нагрузки и модуль сбора метрик. Рассмотрен подход к эмуляции сетевых устройств на основе пользовательских правил конфигурации, хранимых в базе данных. Приведены примеры тестовых сценариев, включающих проверку связности, маршрутизацию и нагрузочное тестирование. Показано, что разработанный комплекс позволяет

снизить затраты и риски при проектировании и развертывании сетевой инфраструктуры.

Ключевые слова: моделирование компьютерных сетей, виртуальная сетевая инфраструктура, эмуляция сетевого оборудования, программный комплекс, проектирование сетей, Unity, генерация сетевой нагрузки, сбор метрик, тестирование сетевых конфигураций.

Rybanov Alexander Aleksandrovich is candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Computer Science and Programming Technology, Volga Polytechnic Institute (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Technical University", Volzhsky, Volgograd region, Russia.

e-mail: rybanoff@yandex.ru

Morozov Valeriy Valeriyevich is the head of the workshop "Network and System Administration". State budgetary professional educational institution "Volzhsky Polytechnic College", Volzhsky, Volgograd region, Russia.

e-mail: valeramorozov.animator@yandex.ru

## DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PACKAGE FOR MODELING AND TESTING A COMPUTER NETWORK WITHOUT USING PHYSICAL EQUIPMENT

Abstract. The article discusses the development of a software package for modeling and testing the behavior of computer networks without using physical network equipment. The relevance of using virtual environments for preliminary testing of network architectures and checking the correctness of configurations is substantiated. The architecture of the software package implemented in the Unity environment and the main modules of the system are described: the graphical interface, the virtual equipment terminal, the load generation module and the metrics collection module. An approach to network device emulation based on user configuration rules stored in a database is considered. Examples of test scenarios are provided, including connectivity verification,

routing, and load testing. It is shown that the developed complex makes it possible to reduce costs and risks in the design and deployment of network infrastructure.

Keywords: computer network modeling, virtual network infrastructure, network equipment emulation, software package, network design, Unity, network load generation, metrics collection, network configuration testing.

1. Введение. Современные компьютерные сети являются основой функционирования информационных систем, корпоративных инфраструктур и облачных сервисов. С ростом масштабов сетевых решений и усложнением архитектуры сетевой инфраструктуры возрастает роль предварительного проектирования, тестирования и валидации конфигураций до момента развертывания на реальном оборудовании. Ошибки, допущенные на этапе проектирования или конфигурации, могут приводить к существенным финансовым потерям, простоям сервисов и снижению надёжности информационных систем.

Традиционный подход к тестированию сетевых решений предполагает использование физических стендов, включающих маршрутизаторы, коммутаторы и серверное оборудование. Однако такой подход связан с высокими затратами на приобретение и обслуживание оборудования, ограниченной масштабируемостью и сложностью воспроизведения различных сценариев нагрузки и отказов. В условиях динамичного развития сетевых технологий и протоколов возникает необходимость в использовании программных средств, позволяющих моделировать и тестировать поведение компьютерных сетей без применения физического оборудования [1,2].

Виртуальные среды моделирования и эмуляции сетей позволяют создавать логические копии сетевой инфраструктуры, воспроизводить различные топологии, настраивать параметры устройств и анализировать поведение сети в контролируемых условиях [5,2]. Такие решения дают возможность предварительно отрабатывать архитектурные решения, выявлять узкие места и проверять устойчивость сети к нагрузкам и отказам.

В рамках статьи рассматриваются разрабатываемый программный продукт по моделированию и эмуляции работы компьютерной сети, а именно: архитектура

комплекса, принципы эмуляции виртуального оборудования, реализация ключевых модулей системы и логика взаимодействия компонентов.

## 2. Анализ существующих подходов к моделированию компьютерных сетей

В настоящее время существует ряд программных средств, предназначенных для моделирования и эмуляции компьютерных сетей. К наиболее известным относятся Cisco Packet Tracer, GNS3 и EVE-NG. Данные решения широко применяются для проектирования сетевых топологий, отработки конфигураций и тестирования протоколов маршрутизации.

Cisco Packet Tracer представляет собой симулятор сетевых устройств, ориентированный преимущественно на оборудование компании Cisco. Он отличается простотой использования и низкими требованиями к вычислительным ресурсам, однако обладает ограниченной поддержкой сторонних вендоров и упрощённой моделью поведения сетевых протоколов.

GNS3 и EVE-NG относятся к классу эмуляторов и позволяют запускать реальные образы операционных систем сетевых устройств. Эти решения обеспечивают высокую степень достоверности моделирования, однако требуют наличия лицензионных образов, обладают сложной процедурой развертывания и предъявляют высокие требования к аппаратным ресурсам.

Общим недостатком перечисленных решений является либо ограниченность функционала, либо высокая сложность настройки и эксплуатации [1,3]. Кроме того, большинство существующих продуктов ориентированы на воспроизведение уже готовых конфигураций и не предоставляют гибких механизмов логической интерпретации пользовательских правил.

В связи с этим актуальной задачей является разработка программного комплекса, сочетающего простоту использования, расширяемость и возможность логической эмуляции сетевого оборудования на основе пользовательских правил конфигурации.

## 3. Архитектура программного комплекса.

Разрабатываемый программный комплекс реализован в среде Unity и построен по модульному принципу. Архитектура системы включает несколько логически независимых компонентов,

взаимодействующих между собой через унифицированные интерфейсы [4,6].

К основным модулям относятся графический интерфейс пользователя, модуль виртуальных сетевых устройств, терминальный интерфейс оборудования, модуль генерации нагрузки, модуль сбора метрик и мониторинга, а также подсистема хранения конфигураций в базе данных.

Графический интерфейс обеспечивает визуальное представление топологии сети и позволяет пользователю размещать устройства на рабочем поле, соединять их виртуальными каналами и задавать параметры конфигурации.

На рисунке (см. рис. 1) представлен графический интерфейс программного комплекса. Через графический интерфейс можно создать оборудование на рабочем поле, выбрать тип виртуального соединения между устройствами, перемещать оборудование на рабочем поле и переходить в настройку того или иного оборудования.

Каждое виртуальное устройство представлено программным объектом, содержащим набор интерфейсов, таблицы маршрутизации, ARP-таблицы и параметры протоколов. Конфигурация устройства формируется на основе правил, вводимых пользователем через терминал и сохраняемых в базе данных.

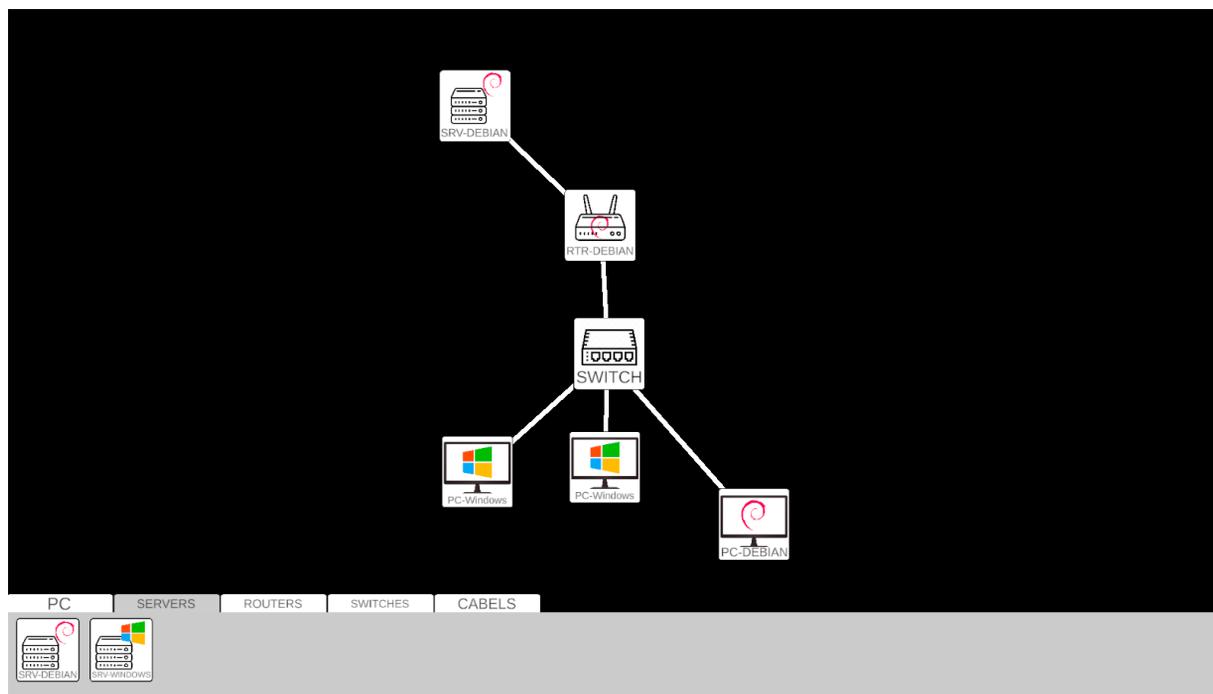


Рисунок 1 - Графический интерфейс программного комплекса по моделированию сети с построенной топологией сети

#### 4. Принципы логической эмуляции сетевого оборудования

В отличие от классических эмуляторов, использующих реальные образы операционных систем, в разрабатываемом комплексе применяется логическая эмуляция оборудования. Поведение устройств определяется набором правил конфигурации, интерпретируемых ядром системы [5,3].

Каждое правило описывает определённый аспект работы устройства: назначение IP-адреса, включение протокола маршрутизации, параметры интерфейса или статический маршрут. Эти правила сохраняются в базе данных и используются для динамического формирования внутреннего состояния виртуального устройства.

Такой подход позволяет отказаться от сторонних образов, снизить требования к ресурсам и упростить развертывание системы. При этом сохраняется возможность воспроизведения ключевых функций сетевых устройств, необходимых для тестирования архитектурных решений.

#### 5. Реализация терминального интерфейса

Терминальный интерфейс реализован в виде интерактивного текстового окна в Unity и служит основным средством взаимодействия пользователя с виртуальным оборудованием. Через терминал вводятся команды конфигурации, запускаются сценарии генерации нагрузки и выполняются диагностические операции.

Команды обрабатываются модулем парсинга, который сопоставляет вводимые инструкции с соответствующими методами конфигурации виртуального устройства.

Пример команды назначения IP-адреса:

– ip address add 192.168.1.1/24.

Единый механизм управления через терминал обеспечивает согласованность конфигурации и упрощает взаимодействие пользователя с системой.

На рисунке (см. рис. 2) представлен терминальный интерфейс для конфигурирования сетевого оборудования, а именно маршрутизатора на операционной системе семейства CiscoIOS. Графический интерфейс терминала максимально приближён к внешним и функциональным характеристикам реальных

аналогов. Само окно терминального интерфейса можно увеличивать и уменьшать, а также менять размер шрифта для выводимого текста.

```

C      1.1.1.0/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L      1.1.1.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
      10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      10.10.10.0/30 is directly connected, Tunnel1
L      10.10.10.2/32 is directly connected, Tunnel1
      11.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      11.11.11.0/30 is directly connected, Tunnel2
L      11.11.11.2/32 is directly connected, Tunnel2
      192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L      192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
O      192.168.2.0/24 [110/1001] via 10.10.10.1, 00:03:36, Tunnel1
O      192.168.3.0/24 [110/1001] via 11.11.11.1, 00:03:46, Tunnel2
S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 1.1.1.1

Router#
Router#
    
```

Рисунок 2 - Терминальный интерфейс виртуального маршрутизатора

## 6. Модуль генерации нагрузки и сбора метрик

Модуль генерации нагрузки предназначен для имитации сетевого трафика между виртуальными устройствами. Он позволяет задавать параметры интенсивности трафика, размер пакетов и продолжительность нагрузки.

Генерация нагрузки реализована с использованием корутин Unity, что обеспечивает асинхронную работу без блокировки интерфейса.

Система сбора метрик регистрирует количество переданных пакетов, объём данных и задержки передачи [7]. Эти данные используются для построения графиков и анализа поведения сети при различных сценариях нагрузки.

Так же, с помощью модуля генерации нагрузки, реализованы некоторые сетевые функции и утилиты. Например, утилита для проверки доступности узла ping.

На рисунке (см. рис. 3) представлен пример использования утилиты ping. Утилита эмулируется с помощью модуля генерации нагрузки и выводит результаты работы согласно синтаксису операционной системы оборудования.

```

C:\>ping 192.168.2.1

Pinging 192.168.2.1 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.2.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

C:\>
    
```

Рисунок 3 - Пример работы утилиты ping с помощью модуля генерации нагрузки в виртуальном персональном компьютере

## 7. Выводы

В статье представлен программный комплекс для моделирования и тестирования поведения компьютерных сетей без использования физического оборудования. Реализованный подход к логической эмуляции сетевых устройств на основе пользовательских правил конфигурации позволяет упростить развертывание системы и снизить требования к вычислительным ресурсам [4,2].

Разработанная архитектура комплекса и модульная структура обеспечивают расширяемость решения и возможность добавления новых функций без существенной переработки существующего кода. Использование среды Unity позволило реализовать наглядный графический интерфейс и интерактивный терминальный модуль.

Предложенный программный комплекс может быть использован как инструмент для виртуального проектирования, тестирования и предварительной валидации конфигураций компьютерных сетей перед их реализацией на реальном оборудовании.

## Список литературы:

1. Алексеев И. В. Моделирование компьютерных сетей : учебник для вузов / И. В. Алексеев. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2023. – 384 с.
2. Андреев Д. В. Использование имитационного моделирования при

проектировании корпоративных сетей / Д. В. Андреев // Системы и средства информатики. – 2024. – Т. 34, № 1. – С. 77–84.

3. Ефремов П. В. Программная эмуляция сетевых устройств для тестирования отказоустойчивости / П. В. Ефремов // Системы управления и информационные технологии. – 2023. – № 2. – С. 65–71.

4. Касаткин Б. Р. Архитектура сетей связи и их виртуализация : монография / Б. Р. Касаткин. – Москва : Машиностроение, 2025. – 310 с.

5. Климов В. Н. Технологии сетевой эмуляции и моделирования : монография / В. Н. Климов, И. С. Третьяков. – Новосибирск : Наука, 2023. – 254 с.

6. Кузьмичев С. П. Виртуализация и программно-определяемые сети : учебное пособие / С. П. Кузьмичев, А. Л. Фадеев. – Санкт-Петербург : Питер, 2022. – 288 с.

7. Поляков М. Е. Программно-определяемые сети и сетевые функции нового поколения : учебное пособие / М. Е. Поляков. – Москва : Лаборатория знаний, 2024. – 340 с.