

ной среды на рынке альтернативных инвестиций, а также заинтересованность специалистов своего дела в развитии всей этой индустрии. Преодолев основные проблемы краудфандинга в России (слабость нормативно-правового регулирования, отсутствие крупных инвесторов, низкий уровень доверия населения), в будущем традиционное финансирование может отойти на второй план, и формированием какой-то части экономики уже может заняться сам народ, определяя, что ему больше нравится, тем самым дав понять производителям, что необходимо изготавливать.

Список литературы

1. Набиуллин А.С., Зарипова Р.С. Краудфандинговая платформа для сбора средств при устранении последствий чрезвычайных происшествий // Наука Красноярья. 2019. Т. 8. № 5-4. С. 91-95.
2. Набиуллин А.С., Зарипова Р.С. Краудфандинг и его роль в современной экономике // Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 1-2. С. 77-81.
3. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Краудфандинговая платформа как инструмент для сбора средств нуждающимся людям и бездомным животным // Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 1-2. С. 95-99.
4. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Трансформация систем учета и контроля в условиях цифровой экономики // Наука Красноярья. 2019. Т.8. №3-2. С.112-115.
5. Набиуллин А.С., Зарипова Р.С. Краудфандинг как инновационный финансовый инструмент цифровой экономики // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 2 (20). С. 52-54.

УДК 004.72

МОДЕЛИРОВАНИЕ 5G СЕТИ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

К.И. Никишин

Пензенский государственный университет, г. Пенза

E-mail: nkipnz@mail.ru

В статье рассматривается интерфейс 5G сети, основные узлы передачи трафика. Разработана модель 5G сети на основе аппарата цветных сетей Петри с использованием пакета CPN Tools. При анализе результатов было описано исследование функционального поведения модели и алгоритма передачи трафика в сети, особенности в работе основных узлов сети. Проведена верификация сети на предмет анализа пространства состояний модели и тупиковых состояний. Данная модель может быть использована при проектировании и создании новых узлов, алгоритмов в 5G, а также исследования и изучения студентами поведения 5G.

Ключевые слова: 5G, базовая станция, сети Петри, трафик, CPNTools.

Введение. На сегодняшний день современные компьютерные сети [1] предусматривают сообщение конечных узлов между собой по средствам беспроводной связи, как раз по Wi-Fi, а также 4G и 5G. При этом сети 5G вытесняют собой сети 4G вследствие утраты последними необходимых характеристик передачи данных для удовлетворения запросов людей. Так же существуют аргументы касательно того, что сети 5G имеют полноценные возможности для замены собой Wi-Fi. Главное достоинство минимальная скорость передачи сигнала 5G в 10 раз превышает скорость сигнала 4G.

Интерфейс NR позволяет обеспечить высокую пропускную способность и снизить задержку трафика. Тем самым обеспечивается задержка трафика до 1 мс, более помехоустойчивое кодирование. Архитектура сети представляет собой развитие распределенных сетей. Интерфейс 5G сети представлен на рис. 1. В состав интерфейса входят: gNB – базовая станция, Xn – интерфейс между базовыми станциями, N2 – интерфейс плоскости управления между базовыми станциями и модулем управления сетью (AMF), N3 – интерфейс управления пользовательским трафиком и его модулем передачи.

Экспериментальная часть. Разработана и описана модель 5G сети на основе цветных временных иерархических сетей Петри с помощью свободно распространяемого пакета CPN Tools, который наилучшим образом подходит для исследования компьютерных сетей, их критериев, метрик и задержки в сети [2]. Пакет CPNTools обладает максимальной производительностью по исследованию компьютерных сетей [3].

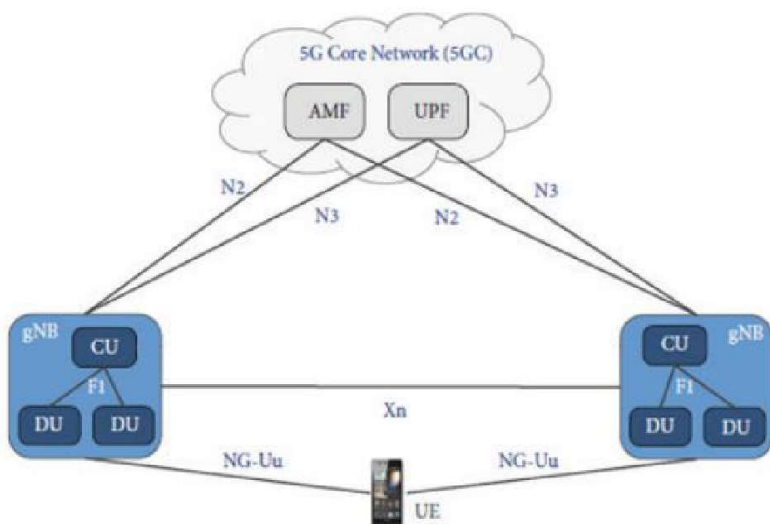


Рис. 1. Интерфейс 5G сети

Модель 5G сети на основе сетей Петри представлена на рис. 2. Можно выделить следующие основные узлы: UE – устройство, передающее запрос в сеть; gNB – базовая станция; AMF – модуль управления сетью; UPF – модуль передачи пользовательского трафика. В модели были заданы цвета, которые отвечают за передачу трафика и функционирование сети. Цвет colset interface = INT является целочисленным и используется при объявлении переменной n2, которая служит для хранения и передачи номера интерфейса, используемого пользователем при отправке запроса. Кортеж colsetdata = productinterface*STRING состоит из цвета

interface и типа STRING, используется для объявления переменной ngu, которая служит для хранения и передачи запроса пользователя. Переменная n3 типа STRING необходима для хранения и передачи части с самим запросом пользователя.

Результаты. В исследовании разработанной модели проверялось функциональное поведение модели и алгоритма передачи трафика в сети. Работа модели начинается с отправки запроса из позиции UE на базовые станции gNB1 и gNB2. На них запрос пользователя обрабатывается, в результате чего разделяется на две части: интерфейс и сам запрос непосредственно. После этого часть с интерфейсом отправляется на модуль управления сетью AMF с учетом номера интерфейса (AMF1, AMF2, AMF3). В это же время вторая часть запроса, связанная с самим запросом пользователя из базовой станции gNB, отправляется на модуль передачи пользовательского трафика UPF с учетом вида подаваемого запроса. Далее происходит формирования ответов на соответствующие запросы и отправка их пользователю.

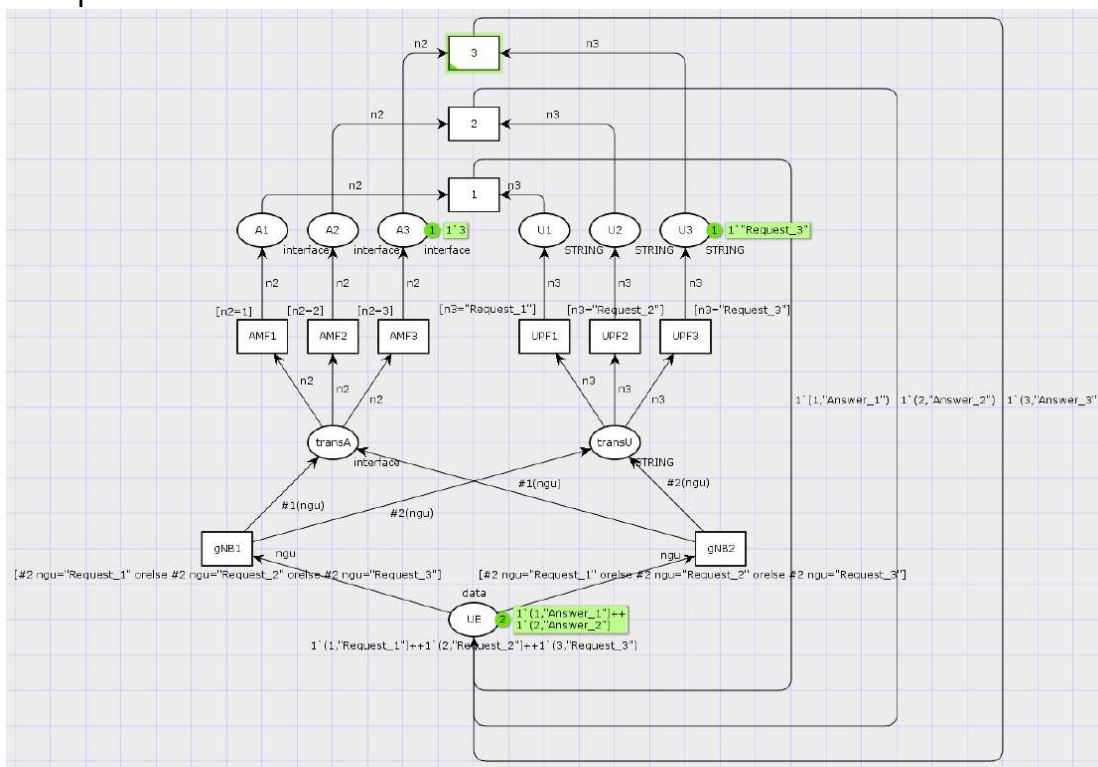


Рис. 2. Модель 5G сети на основе аппарата сетей Петри

Заключение. Была разработана модель 5G сети на основе аппарата цветных сетей Петри с использованием пакета CPNTools. Проведено исследование функционального поведения модели и алгоритма передачи трафика в сети, особенности в работе основных узлов сети. Кроме этого, дополнительно была проведена верификация сети на предмет анализа пространства состояний модели, типовых состояний. Данная модель может быть использована при проектировании и создании новых узлов, алгоритмов в 5G, а также исследования и изучения студентами поведения 5G.

Список литературы

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 4-е изд. СПб.: Питер, 2010. 943 с.
2. Никишин К.И. Моделирование контроллера и верификация процесса передачи данных в программно-конфигурируемых сетях // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2022. № 80. С. 75-83.
3. Никишин К.И. Моделирование беспроводной сенсорной сети с использованием OMNET++ // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2021. № 78. С. 46-54.

УДК 621.396

СПОСОБ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ, РЕАЛИЗУЮЩИХ ПРОЦЕДУРУ SUBBYTES КРИПТОАЛГОРИТМА AES В ПОЛИНОМИНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КЛАССОВ ВЫЧЕТОВ

И.А. Проворнов, И.А. Калмыков
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь
E-mail: igorprovornov@yandex.ru

Статья посвящена вопросу оценки надежности устройств, реализующих процедуру SubBytes криптоалгоритма AES в полиномиальной системе классов вычетов.

Ключевые слова: AES, надежность, модулярная арифметика.

Введение. В настоящий момент является актуальной проблема повышения надежности устройств шифрования, использующих криптоалгоритм AES. Один из наиболее перспективных способов решения этой задачи – использование полиномиальной системы классов вычетов (ПСКВ) при реализации отдельных процедур криптоалгоритма AES. В литературе [1, 2, 3] предложены варианты реализации процедур sSubBytes использованием корректирующих модулярных полиномиальных кодов с одним контрольным основанием. Вместе с тем, остается актуальным вопрос оценки достоверности и адекватности полученных результатов, что приводит к необходимости разработки методики расчета эффективности применения описанных технологий повышения надежности.

Материалы и методы. При реализации процедуры SubBytes в ПСКВ обрабатываемые числа представляются в виде:

$$A = (\alpha_1(x), \alpha_2(x), \alpha_3(x), \alpha_4(x)),$$

где $\alpha_1(x) = A \bmod p_1$, $\alpha_2(x) = A \bmod p_2$, $\alpha_3(x) = \alpha_1(x) + \alpha_2(x)$,
 $\alpha_4(x) = (\alpha_1 + x \cdot \alpha_2(x)) \bmod p_3(x)$.