

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

Факультет физико-математических и естественных наук  
Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

Направление: 09.03.03 «Прикладная информатика»

**ОТЧЕТ**

о прохождении учебной практики  
Научно-исследовательская работа  
(получение первичных навыков научно-исследовательской работы)  
на тему «Имитационное моделирование NS-2»

Место прохождения практики: Российский университет дружбы народов  
Сроки прохождения: с «17» апреля 2023 г. по «17» июня 2023 г.

Выполнил студент: Саргсян Арам  
Грачьевич Группа НПИбд-02-20  
Студенческий билет № 1032201740

Руководители практики:  
от РУДН к.ф.-м.н. Е.Г. Медведева

Научный руководитель:  
к.ф.-м.н., доц. А.В. Королькова

г. Москва  
2023 г.

# Оглавление

<b>Список используемых сокращений</b>	<b>2</b>
<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>1 Методы и материалы</b>	<b>5</b>
1.1 NS-2 . . . . .	5
1.2 Mininet . . . . .	5
1.3 SUMO-модель движения транспорта для города Абиджан, коммуны Абобо	6
<b>2 О Vanet</b>	<b>8</b>
2.1 Определение VANET . . . . .	8
2.2 Технология VANET . . . . .	8
2.3 О IEEE 802.11p . . . . .	10
<b>3 Установка NS3</b>	<b>11</b>
3.1 Определение NS3 . . . . .	11
3.2 Возможности NS-3 . . . . .	12
3.3 Установка NS3 . . . . .	12
3.4 Запуск NS-3 с VANET . . . . .	13
<b>Заключение</b>	<b>15</b>

## Список используемых сокращений

AODV — Ad hoc On Demand Distance Vector Routing

EMM — Congestion window

FSR — Fisheye State Routing

GMM — Explicit Congestion Notification

OLSR — Optimal Link State Routing

TORA — TEMPORALY Ordered Routing

# Введение

Согласно программе учебной практики по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика», целями практики являются:

- формирование навыков использования современных научных методов для решения научных и практических задач;
- формирование универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с ОС ВО РУДН;
- формирование навыков проведения исследовательской работы;
- формирование навыков работы с источниками данных;
- знакомство с принципами функционирования и изучение методов разработки и анализа моделей функционирования сложных систем, их фрагментов и отдельных элементов;
- применение методов для анализа и расчёта показателей функционирования сложных систем, их фрагментов и отдельных элементов.

Также определены задачи практики:

- изучение специфики функционирования и соответствующих методов анализа сложных систем;
- формирование навыков решения конкретных научно-практических задач самостоятельно или в научном коллективе;
- формирование навыков проведения исследовательской работы и получении научных и прикладных результатов;
- изучение принципов и методов построения моделей сложных систем (в том числе технических систем, сетей и систем телекоммуникаций);
- изучение принципов и методов анализа поведения параметров моделей сложных систем (в том числе программных и технических систем, сетей и систем телекоммуникаций, и т. п.);

- приобретение практических навыков в области изучения научной литературы и (или) научно-исследовательских проектов в соответствии с будущим профилем профессиональной области.

Для достижения вышеупомянутых целей и задач в рамках учебной практики по теме "Моделирования алгоритма управления очередями RED в средстве моделирования NS-2" мною было выполнено следующее:

- рассмотрены основные методы имитационного, аналитического и натурного моделирования сетей;
- исследована специфика моделирования различных сетей с помощью программы NS-2;
- проведен сравнительный анализ результатов имитационного моделирования сети (графики размера TCP-окна, длины очереди и средней взвешанной очереди) при различных модификациях алгоритма RED, разных пороговых значений и видов TCP-окна.

# Глава 1

## Методы и материалы

### 1.1 NS-2

NS-2(Network simulator 2) — это программное средство моделирования сетей, использующиеся для исследования и анализа поведения компьютерных сетей. Запуск симуляции в данной среде позволяет анализировать различные протоколы и алгоритмы сетевой связи. NS-2 разработан на языке программирования C++ и TCL, что обеспечивает гибкость и расширяемость средства моделирования. NS-2 содержит библиотеку классов, представляют различные элементы сети, такие как узлы, маршрутизаторы, каналы связи и протоколы передачи данных. Для создания модели сети определяются характеристики и параметры каждого элемента сети: пропускная способность каналов, задержки, вероятность потери пакетов и другие. После завершения симуляции NS-2 предоставляет мощные инструменты анализа результатов, включая возможность визуализации данных посредством программы NAM(Network animator), статический анализ и сравнение экспериментов, что позволяет изучать и оценивать производительность различных протоколов и алгоритмов в различных сценариях сети[@The2011, @Floyd1997].

### 1.2 Mininet

Mininet — это симулятор сетевых топологий на основе виртуализации, который позволяет моделировать и изучать поведение сетей в контролируемой среде, основанный на использовании виртуальных машин и пространств имен Linux для создания изолированных сетевых узлов. Моделирование сетевых топологией с помощью Mininet позволяет исследовать различные сетевые протоколы, маршрутизацию, управление трафиком и т. д. Возможности моделирования с помощью Mininet включают создание виртуальных сетевых узлов, конфигурирование топологий(связь между узлами, настраивать IP-адреса, маршрутизацию), имитировать различные условия сети, такие как задержки, потери пакетов и пропускную способность, интеграция с контроллерами для исследо-

вания новых протоколов и алгоритмов.

Эта команда должна запустить графический интерфейс SUMO (см. рис. 1.1).

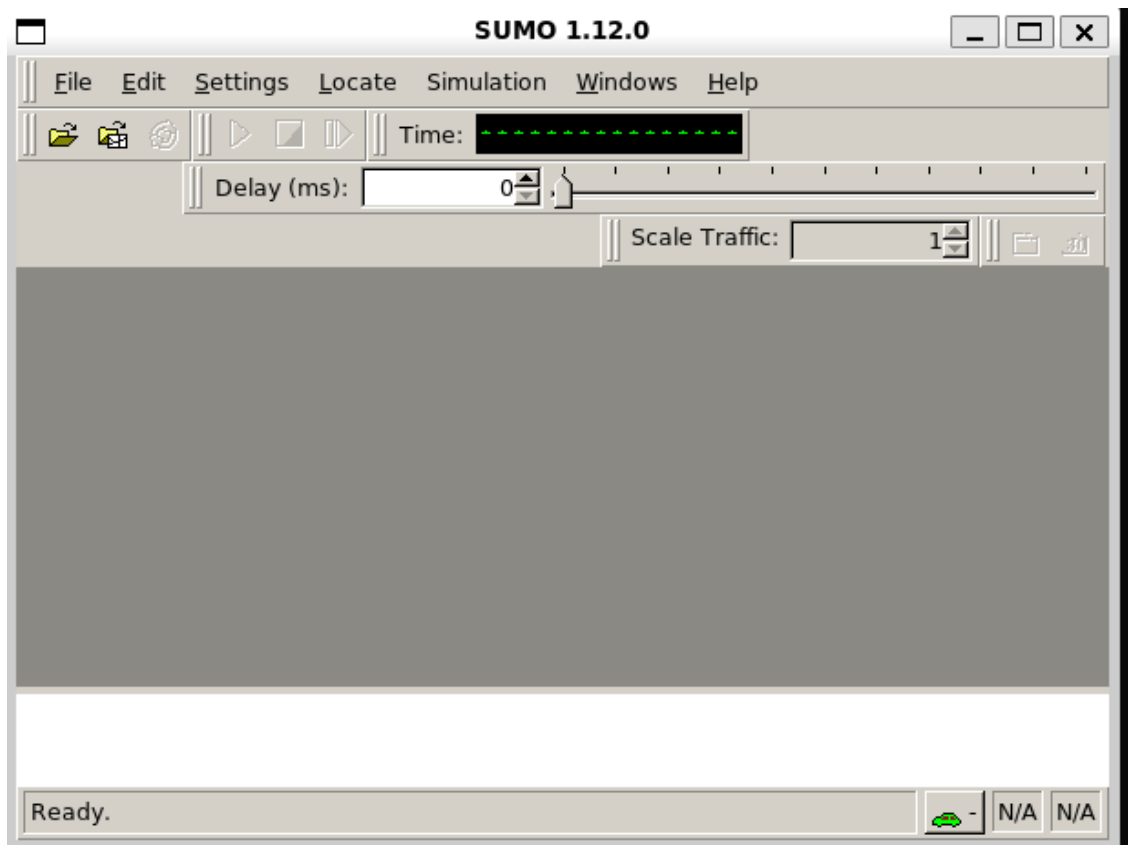


Рис. 1.1: Графический интерфейс SUMO

### 1.3 SUMO-модель движения транспорта для города Абиджан, коммуны Абобо

Реализация модели VANET будет сделана для города Абиджан, а точнее для коммуны Абобо. Первым шагом будет загрузка xml-файла через карты с сайта (<https://www.openstreetmap.org/>.) Вторым шагом будет преобразование загруженного файла в xml-формат с помощью команды:

```
netconvert --osm-files filename.osm -o filename.net.xml filename.net.xml
```

На третьем шаге мы должны использовать файл в нашей папке sumo, мы скопируем его и поместим в наш проект. Для этого воспользуемся командой:

```
cd /home/directory/sumo-x.x/data/typemap
```

Последний шаг перед компиляцией будет выполнен с помощью следующей команды

```

1 polyconvert --osm-files filename.osm --net-file filename.net.xml,
  ↪ --type-file osmPolyconvert.typ.xml -o filename.poly.xml
2 python /home/directory/sumo-x.x/tools/randomtrips.py -n fileName.net.xml
  ↪ -r, fileName.rou.xml -e 50 -l

```

Запуск программы (рис. 1.2):

```
sumo-gui nomdufichier.sumo.cfg`
```

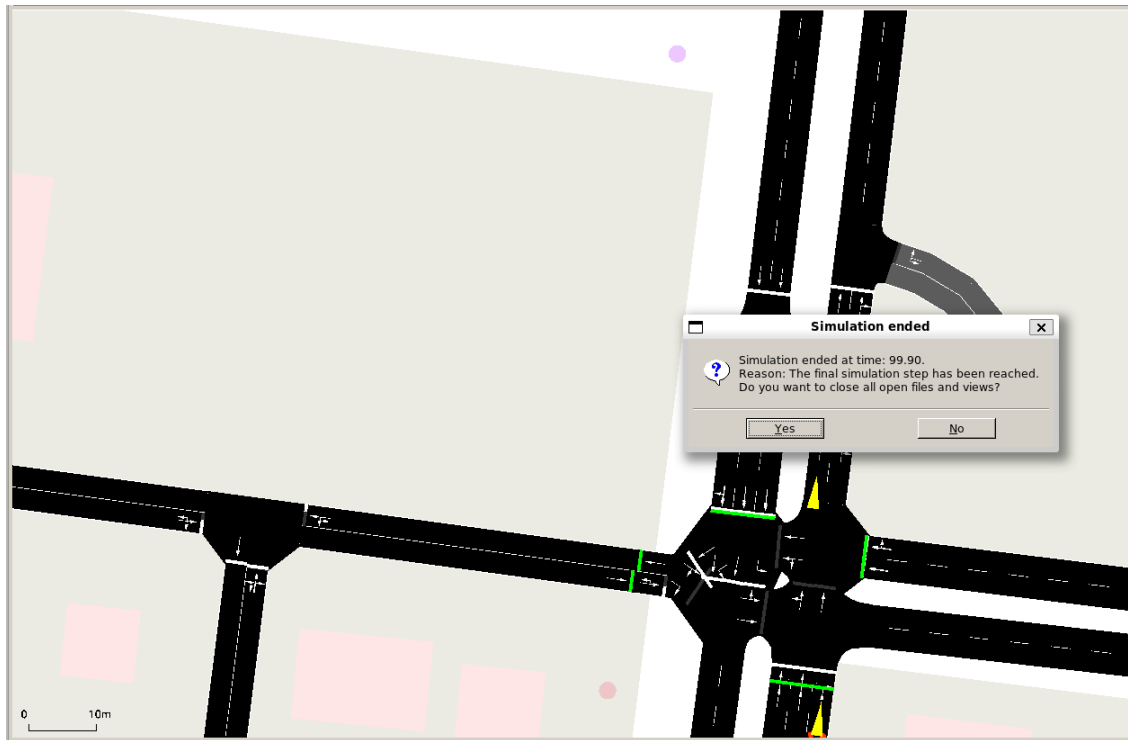


Рис. 1.2: Фрагмент SUMO-модели движения транспорта для города Абиджан, коммуны Абобо



# Глава 2

## О Vanet

### 2.1 Определение VANET

Интеллектуальные транспортные сети [? ? ], также известные как VANETs, представляют собой беспроводные коммуникационные сети, образованные транспортными средствами и интеллектуальной транспортной инфраструктурой, такой как светофоры и знаки. VANETs предназначены для повышения безопасности дорожного движения, управления дорожным движением и эффективности движения за счет обеспечения прямой связи между транспортными средствами и интеллектуальной транспортной инфраструктурой. VANET — это развивающаяся технология со значительным потенциалом для преобразования способов вождения и взаимодействия на дорогах.

### 2.2 Технология VANET

VANETs основаны на технологиях беспроводной связи, таких как радиосвязь малого радиуса действия (SRRC), которые позволяют транспортным средствам напрямую общаться друг с другом и с интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Транспортные средства могут обмениваться информацией о своем местоположении, скорости, направлении движения и другими данными, важными для безопасности дорожного движения. Интеллектуальная транспортная инфраструктура также может взаимодействовать с транспортными средствами для предоставления информации о дорожных условиях, светофорах, знаках, дорожных работах и авариях.

VANET предлагают ряд преимуществ, включая повышение безопасности дорожного движения за счет обеспечения прямой связи между транспортными средствами, повышение эффективности дорожного движения за счет предоставления информации о дорожных условиях в режиме реального времени, улучшение управления дорожным движением за счет обеспечения связи инфраструктуры ИТС с транспортными средствами и улучшение связи в чрезвычайных ситуациях за счет предоставления точной

информации о дорожных условиях аварийным службам.

Однако VANET имеет и недостатки, такие как проблемы безопасности, высокая стоимость и проблемы совместимости. Безопасность является важным вопросом, поскольку VANET уязвима для злонамеренных атак, а нарушение безопасности может привести к авариям или нарушению дорожного движения.

Преимущества VANET:

- повышение безопасности дорожного движения: VANET может повысить безопасность дорожного движения, обеспечивая прямую связь между транспортными средствами, что может помочь предотвратить аварии в режиме реального времени;
- повышение эффективности дорожного движения: VANET может помочь уменьшить дорожные заторы, предоставляя информацию о дорожных условиях в режиме реального времени, что может помочь водителям принимать более обоснованные решения;
- улучшенное управление дорожным движением: VANET может обеспечить более эффективное управление дорожным движением, позволяя интеллектуальным транспортным инфраструктурам общаться с транспортными средствами, что может помочь регулировать дорожное движение;
- улучшение связи в чрезвычайных ситуациях: VANET может помочь аварийным службам быстрее добраться до места аварии, предоставляя точную информацию о дорожных условиях.

Основные недостатки VANET:

- Безопасность: как и для всех беспроводных технологий, безопасность VANETs является важным вопросом. VANETs уязвимы для злонамеренных атак, и нарушение безопасности может привести к авариям или нарушению движения.
- Стоимость: VANETs требуют значительных инвестиций в аппаратное и программное обеспечение. Это может сделать технологию непомерно дорогой для некоторых регионов или стран.
- Совместимость: VANETs могут быть построены с использованием различных типов беспроводных технологий, что может сделать совместимость сложной задачей.

В реальной жизни развёртывание VANET обычно осуществляется технологическими компаниями, специализирующимися на транспортных системах связи. Транспортные средства могут быть оснащены устройствами беспроводной связи, такими как модемы или приемопередатчики, которые позволяют им подключаться к сети VANET.

Интеллектуальная транспортная инфраструктура, такая как светофоры и знаки, также оснащается беспроводными коммуникационными устройствами для подключения к сети VANET. Протоколы связи разработаны таким образом, чтобы обеспечить двустороннюю связь между транспортными средствами и интеллектуальной транспортной инфраструктурой.

## 2.3 О IEEE 802.11p

Стандарт IEEE 802.11p является важным достижением в области интеллектуальных сетей для транспортных средств. Обеспечивая своевременную и надежную связь между транспортными средствами и интеллектуальной транспортной инфраструктурой, он прокладывает путь к более эффективным приложениям для обеспечения безопасности дорожного движения и управления трафиком.

Стандарт использует радиочастоты 5,9 ГГц и технологию модуляции с распределенным спектром для повышения устойчивости к помехам и обеспечения когерентной связи даже в шумной среде. Он также предоставляет функции качества обслуживания (QoS) для обеспечения надежной связи в условиях высокой плотности трафика.

Области применения IEEE 802.11p многочисленны. Он может использоваться для связи между транспортными средствами (V2V) и между транспортными средствами и инфраструктурой (V2I), управления дорожным движением и помощи водителю. Например, связь V2V может помочь предотвратить аварии, позволяя транспортным средствам сигнализировать друг другу, когда они приближаются слишком близко. Связь V2I может помочь регулировать дорожное движение в режиме реального времени, информируя водителей о предстоящих дорожных условиях.

Однако стандарт IEEE 802.11p не лишен трудностей. Для его эффективности необходима соответствующая инфраструктура связи, которая может быть дорогостоящей. Кроме того, он должен быть способен обрабатывать большие объемы данных, генерируемых подключенными автомобилями, что может создать проблемы с пропускной способностью и вычислительной мощностью.

802.11p — это стандарт IEEE, определяющий беспроводную связь для интеллектуальных транспортных систем (ITS) и подключенных транспортных средств.

# Глава 3

## Установка NS3

### 3.1 Определение NS3

NS-3, также известный как Network Simulator 3 [? ], — это сетевой симулятор с открытым исходным кодом, используемый для исследований и разработок в области компьютерных сетей. Он используется для моделирования, имитации и оценки поведения коммуникационных сетей, таких как проводные сети, беспроводные сети, сенсорные сети, сети межсетевого взаимодействия и т.д.

NS-3 предлагает широкий набор функций для моделирования различных аспектов сетей, включая:

- моделирование протоколов связи;
- управление каналами передачи данных;
- управление трафиком;
- моделирование мобильных объектов;
- моделирование помех и т.д.

NS-3 позволяет исследователям и разработчикам тестировать и проверять новые идеи, сравнивать эффективность различных стратегий и анализировать поведение сетей в конкретных сценариях.

NS-3 написан на C++ и предоставляет интерфейсы программирования (API), которые позволяют пользователям создавать собственные сценарии моделирования путем написания кода. NS-3 широко используется в академических и промышленных кругах для исследования сетей, обучения, разработки протоколов и оценки производительности.

## 3.2 Возможности NS-3

Моделирование протоколов: NS-3 предлагает библиотеку уже существующих моделей протоколов для моделирования различных коммуникационных протоколов, таких как TCP/IP, UDP, IPv4, IPv6, OSPF, BGP и др. Эти модели позволяют исследователям оценить производительность этих протоколов в различных сценариях.

Проводные и беспроводные сети: NS-3 поддерживает моделирование как проводных, так и беспроводных сетей, включая сети Ad Hoc, сенсорные сети, сотовые сети, сети Wi-Fi и так далее. Это позволяет анализировать производительность сети в различных конфигурациях и условиях.

Моделирование мобильности: NS-3 предлагает модели мобильности для моделирования перемещения узлов в сети. Они включают модели случайной мобильности, броуновского движения, движения, основанного на реальных следах, и т.д. Эти модели можно использовать для оценки производительности протоколов маршрутизации и управления мобильностью.

Интерференция и распространение волн: NS-3 моделирует интерференцию между узлами в беспроводной сети. Она также учитывает эффекты распространения волн, такие как ослабление сигнала, отражение, рассеяние и так далее. Это позволяет оценить работу протоколов в реалистичных условиях.

Программирование и настройка: NS-3 предлагает интерфейс программирования (API) на C++, позволяющий пользователям настраивать и расширять функциональность платформы. Пользователи могут создавать собственные модели протоколов, сценарии моделирования и анализа результатов.

Интеграция с другими инструментами: NS-3 может быть интегрирована с другими инструментами моделирования и визуализации, такими как Wireshark, для захвата и анализа пакетов, обменивающихся в моделируемой сети. Это позволяет проводить углубленный анализ поведения сети и протоколов.

NS-3 — это мощная и гибкая платформа для моделирования сетей, предлагающая расширенные возможности для исследований, разработок и оценки производительности компьютерных сетей.

## 3.3 Установка NS3

Установка NS-3 может быть сложным процессом. Точные шаги могут отличаться в зависимости от используемой операционной системы. Следующие инструкции основаны на установке под ОС Linux.

Сначала необходимо убедиться, что операционной системе установлены необходимые зависимости, такие как GCC, Python, Git и т.д. Полный список необходимых условий

для операционной системы можно найти в документации NS-3.

Затем необходимо загрузить (клонировать) репозиторий NS-3 с GitHub:

```
git clone https://github.com/nsnam/ns-3-dev-git
```

Для конфигурации NS-3 необходимо перейти в каталог:

```
cd ns-3-dev-git
```

и запустить сценарий конфигурации для обнаружения и настройки зависимостей:

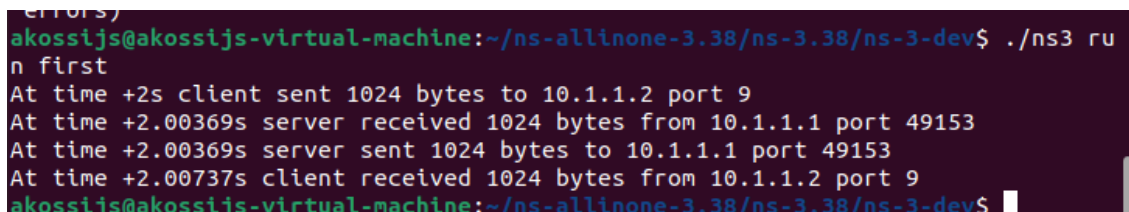
```
./ns3 configure --examples
```

После завершения конфигурации необходимо выполнить следующую команду для компиляции NS-3:

```
./ns3 build
```

При этом следует заменить значение «3.28» на версию NS3, которая была скачана. Чтобы убедиться, что NS3 установлен правильно, требуется выполнить следующую команду:

```
./ns3 --run first
```



```
errors)
akossijs@akossijs-virtual-machine:~/ns-allinone-3.38/ns-3.38/ns-3-dev$ ./ns3 run first
At time +2s client sent 1024 bytes to 10.1.1.2 port 9
At time +2.00369s server received 1024 bytes from 10.1.1.1 port 49153
At time +2.00369s server sent 1024 bytes to 10.1.1.1 port 49153
At time +2.00737s client received 1024 bytes from 10.1.1.2 port 9
akossijs@akossijs-virtual-machine:~/ns-allinone-3.38/ns-3.38/ns-3-dev$
```

Рис. 3.1: Первый запуск NS-3

## 3.4 Запуск NS-3 с VANET

Интеграция моделирования VANET в NS3 позволяет изучать поведение автомобильных сетей в различных сценариях. Это может включать моделирование мобильности транспортных средств, распространения радиоволн, подключения к сети, управления ресурсами и других аспектов, связанных с VANET.

Используя NS3 с VANET, мы можем оценить производительность протоколов связи, протестировать новые стратегии маршрутизации, изучить алгоритмы безопасности, проанализировать влияние различных факторов на производительность сети и так далее. Это позволяет проводить виртуальные эксперименты до их развертывания в реальной среде, что зачастую является дорогостоящим и сложным.

Для запуска примера модели с VANET необходимо перейти в каталог `scratch` в `ns3`, используя следующую команду:

```
cd /home/akossijs/ns-allinone-3.38/ns-3.38/ns-3.38-dev/scratch
```

Затем запустить следующую команду:

```
./ns3 run vanet-routing-comapare
```

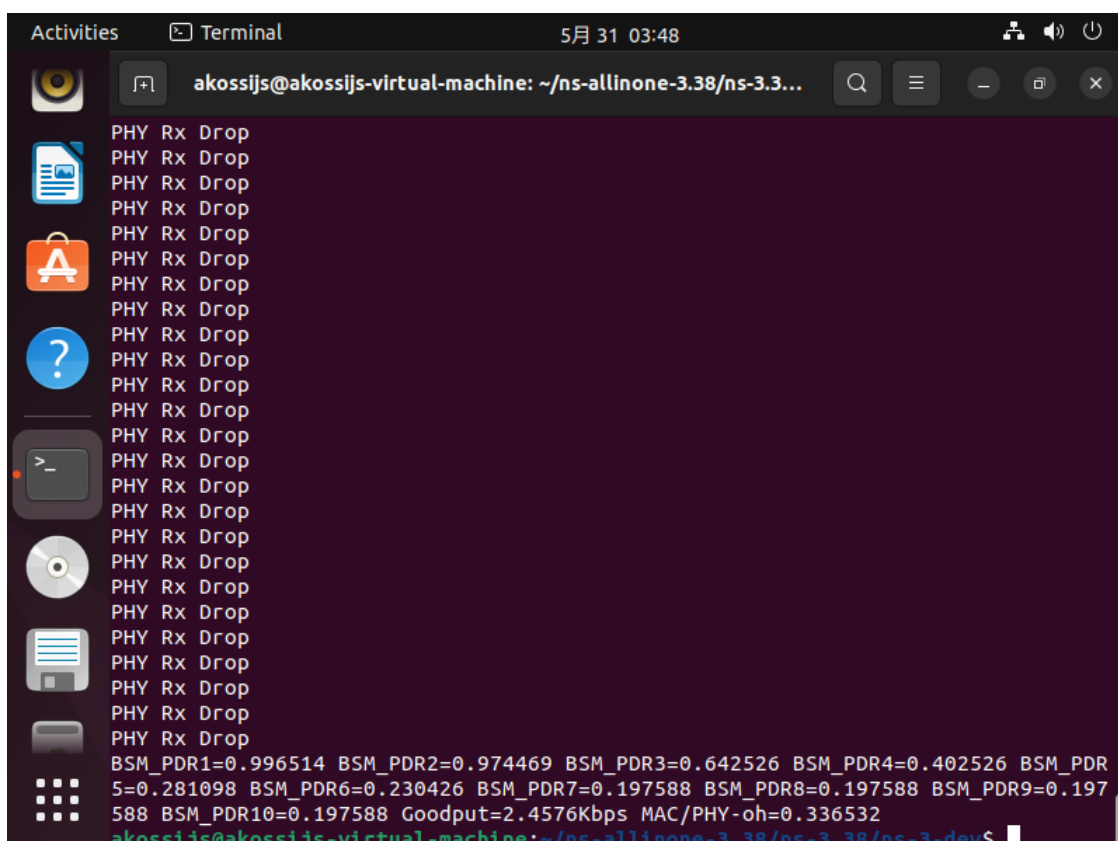


Рис. 3.2: Окончание компиляции примера с VANET

## Заключение

За период практики были достигнуты цели и решены поставленные задачи, определенные в программе учебной практики направления подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (см. введение отчета по практике).

В ходе прохождения практики:

- работал с научной терминологией области исследований, научился собирать и обобщать информацию по теме исследований (УК-1, УК-7, ПК-1);
- с помощью научного руководителя определил круг задач для достижения поставленных передо мной целей практики (УК-2);
- планировал выполнение работ в рамках задания по практике, а также консультации с научным руководителем, что позволило своевременно в срок провести самостоятельное изучение научной и учебной литературы, выполнить базовое исследование в рамках темы; заполнен дневник прохождения практики, отражающий выполнение заданий, используемые ресурсы и результаты (УК-3, УК-5, УК-6);
- работал с источниками информации на русском, французском и английском языках (УК-4);
- для решения основной задачи по имитационному моделированию VANET использовал современные средства моделирования NS-3, SUMO (ОПК-1, ОПК-3, ПК-1).

Таким образом, в рамках учебной практики мною было выполнено:

- кратко рассмотрены технология VANET, средства имитационного моделирования SUMO и NS3;
- установлено программное обеспечение: SUMO и NS-3 под ОС Linux;
- реализован пример моделирования движения транспорта для города Абиджан, коммуны Абобо в SUMO;
- запущен пример модели VANET в NS-3.