

Исследование и разработка метода динамической конфигурации сетевой инфраструктуры в программно-определяемых сетях»

Поляков Евгений Викторович

НИУ ВШЭ

2020



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Устройства Интернета вещей характеризуются следующими особенностями:

- Работа в низкоскоростных сетях (LoRa, LoRaWAN)
- Малая мощность
- Передача данных на большие расстояния (до 15 км.)
- Автономный источник питания (Аккумуляторная батарея)
- Повышенное время автономной работы (до 10 лет)



Требования, предъявляемые к устройствам Интернета вещей:

- Повышение энергоэффективности
- Повышение частоты передачи данных
- Повышение скорости передачи данных
- Повышение объема передачи данных



Научным сообществом предлагаются разные методы повышения энергоэффективности устройств Интернета вещей:

- 1 Сжатие данных
- 2 Организация передачи данных
- 3 **Алгоритмы маршрутизации**

Актуальность методов маршрутизации:

- Малоизучены
- Много возможностей для экспериментов
- Наличие перспективных технологий (SDN)



Существующие подходы к маршрутизации составляют три основные категории:

- 1 Маршрутизация в традиционных сетях
 - Методы сжатия данных
 - Методы организации данных
 - Статическая маршрутизация
 - **Ограниченность модификации и исследования от производителя**
- 2 Маршрутизация в сетях SDN
 - Любые алгоритмы (традиционные сети, искусственный интеллект)
- 3 Маршрутизация в сетях LoRaWAN
 - **Проблемы расширяемости и модификации**



Новый метод повышения энергоэффективности устройств Интернета вещей состоит в следующем:

- 1 Замена стандартной маршрутизации *LoRaWAN* на маршрутизацию *SDN*
 - Использование физического уровня *LoRa*
 - Использование уровня управления *SDN*
- 2 Разработка новой информационной гибридной топологии
 - Гибридная сеть «*LSDN*»
 - Правила работы гибридной сети «*LSDN*»
- 3 Разработка нового метода динамической маршрутизации в гибридной сети
 - Методы искусственного интеллекта
 - Модель, учитывающая разнообразие режимов работы гибридной сети



Постановка задачи

Реализация поставленной задачи подразумевает ряд шагов:

- 1 Разработать драйвер взаимодействия сети *LoRaWAN* на физическом уровне и сети SDN на уровне управления.
- 2 Разработать эмулятор «*LSDN-сети*».
- 3 Разработать и протестировать используя эмулятор сетевую информационную топологию «*LSDN*».
- 4 Разработать метод маршрутизации применительно к новой информационной топологии.
- 5 Провести имитационное моделирование разработанного метода используя эмулятор сети «*LSDN*».
- 6 Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.



Низкоскоростная сеть *LoRaWAN*¹ с повышенной энергоэффективностью при низкой частоте передачи данных при работе устройств Интернета вещей:

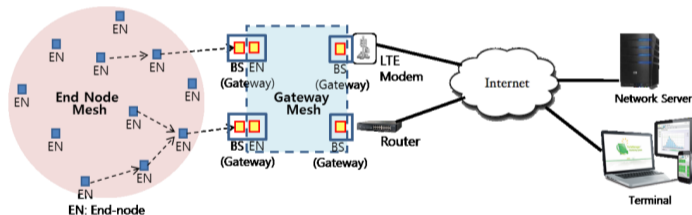


Рис.: Mesh-сеть *LoRaWAN*

¹H. Huh and J. Y. Kim, «LoRa-based Mesh Network for IoT Applications», 2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Limerick, Ireland, 2019, pp. 524-527, doi: 10.1109/WF-IoT.2019.8767242.

Программно-определяемые сети (SDN). Архитектура.

Архитектура программно-определяемых сетей (SDN) SDN^2 :

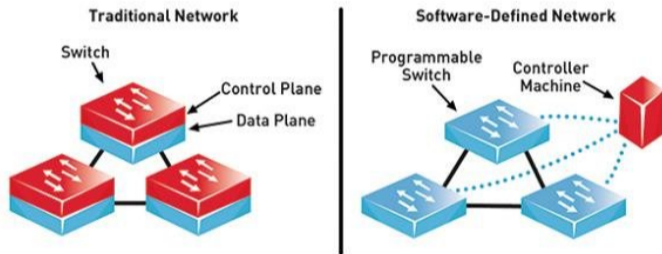


Рис.: Сравнение традиционных сетей и сетей SDN

²An SDN Perspective to Mitigate the Energy Consumption of Core Networks – GEANT2. URL: https://www.researchgate.net/publication/319876305_An_SDN_Perspective_to_Mitigate_the_Energy_Consumption_of_Core_Networks_-_GEANT2 (дата обращения: 29.09.2020)



Программно-определяемые сети (SDN). Слои.

Слои SDN ³:

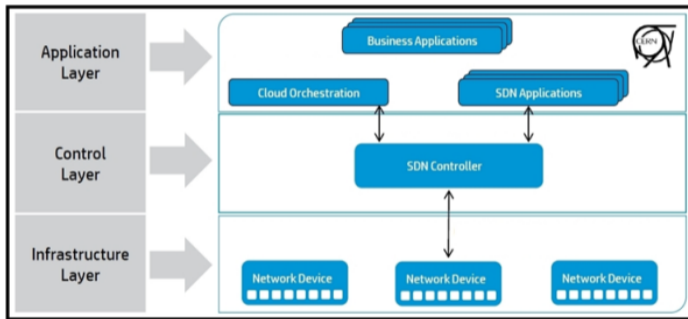
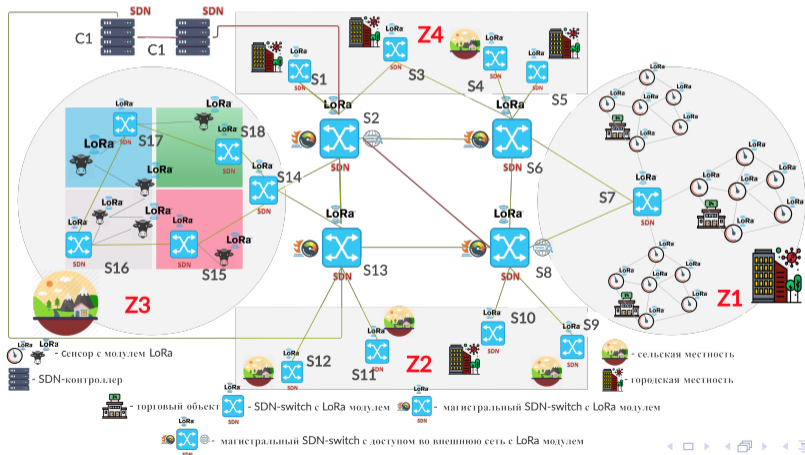


Рис.: Слои SDN

³The Case for SDN. URL: <https://www.nojitter.com/case-sdn> (дата обращения: 29.09.2020)

Гибридная сеть «LSDN». Архитектура.

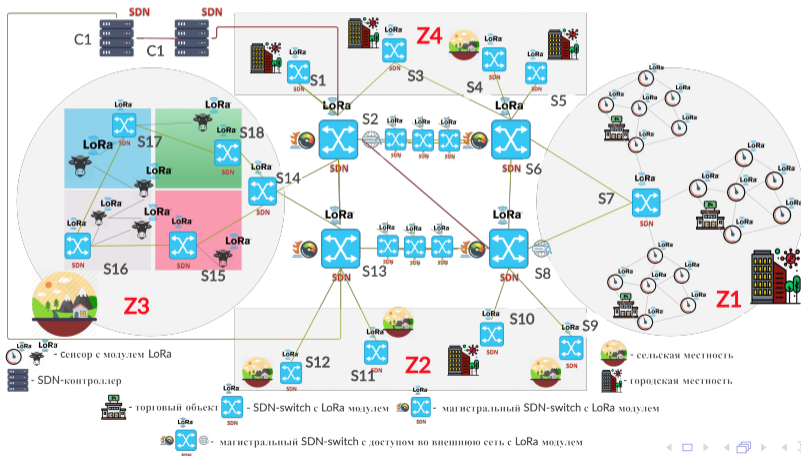
Сеть «LSDN» объединяющая преимущества сетей LoRaWAN и SDN:



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Гибридная сеть «LSDN». Преимущества.

Сеть «LSDN» с преимуществом передачи:



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Более сложные ситуации, происходящие в сети:

- **Перегрузка коммутаторов.** Большое скопление пакетов на одном или нескольких коммутаторах.
- **Флаг «Сохранение энергии».** Необходимо сохранить как можно дольше батареи в работоспособном состоянии.
- **Флаг «Равномерная разрядки батарей».** Единоразовая замена батарей более выгодна чем постепенная.
- **Флаг «Сбережение стоимости».** Некоторые узлы имеют платный выход в Интернет, и выгоднее использовать их в крайних ситуациях.
- **Комбинация различных ситуаций.** Несколько условий сразу.



Гибридная сеть «LSDN». Эмулятор

Управление сетью через оркестрацию контейнеров:

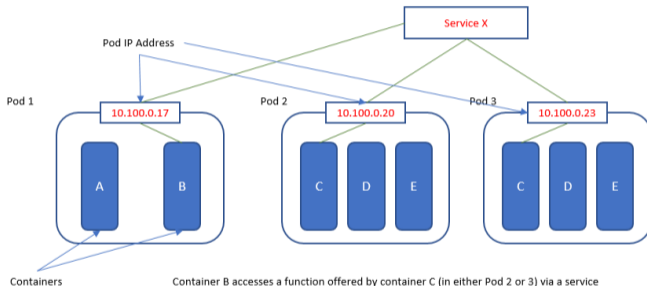


Рис.: Оркестрация при помощи Kubernetes ⁴

⁴Kubernetes. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Kubernetes> (дата обращения: 29.09.2020)

Метод маршрутизации. Компоненты среды

Схема обучения модели, основанной на методы обучения с подкреплением:

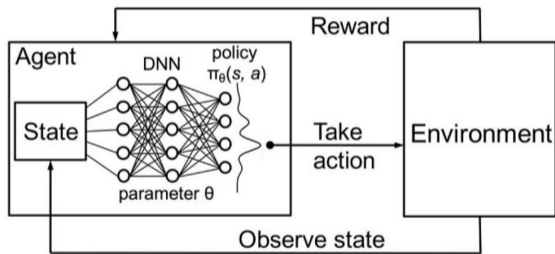


Рис.: Принцип обучения, основанный на методе обучения с подкреплением ⁵

⁵RANDOM DECISION FOREST В ОБУЧЕНИИ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ. URL:

<https://www.mql5.com/ru/articles/3856> (дата обращения: 29.09.2020)

Метод маршрутизации. Алгоритм обучения

Алгоритм обучения представлен 2-мя циклами:

Цикл обучения:

```
for set in train_subset:  
    states = get_state()  
    rewards = []  
    for state in states:  
        rewards.add(get_rwd(state))  
    train_model(rewards)
```

Цикл тестирования:

```
rewards = []  
for set in test_subset:  
    states = get_state()  
    predicts = model_predict(states)  
    state = softmax(predicts)  
    rewards.add(get_rwd(state))  
reward_sum =  
    check_reward_sum(rewards)
```



Для реализации эффективного алгоритма необходимо оптимизировать следующие параметры:

- Оптимизация награды (Reward)
- Выбор элитных эпизодов
- Оптимизация модели машинного обучения
- Использование разных RL подходов



В результате выполнения работы были решены следующие задачи:

- Проведен обзор и анализ существующих методов маршрутизации традиционных вычислительных сетях, сетях SDN и LoRaWAN. Выбраны лучшие методы и технологии.
- Разработана сетевая информационная топология LSDN и проведены методы ее оценочного тестирования.
- Разработана базовая модель эмулятора для имитационного моделирования гибридной сети LSDN.
- Предложен алгоритм обучения модели для создания метода динамической конфигурации маршрутов в сети LSDN.



Спасибо за внимание!

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!!!

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Москва, 2020



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

