# Вводная часть

Актуальность лоры,

Во многих теоретических работах [1, 7] и экспериментальных [2, 6] исследованиях предполагают, то на одном SF возникает конфликт.

Существует более сложная система моделирования, где учитывается, что конфликт существует не всегда [3]. Кроме того существуют и теоретические работы [8].

Нужны экспериментальные исследования

1. Обзор работ
   1. Кратко описать [4,5,6]
   2. Их достоинства и недостатки
   3. Был эксперимент [4]
   4. [5]
   5. Достоинство [4] эксперимент был описан подробно
   6. Недостатком работы[6] интервалы случайным образом, достоинство более одного сообщения
   7. 1 шаг программа минимум: Мы повторяем эксперимент работы [4]
   8. 2 шаг: Мы повторяем эксперимент работы [6]
   9. Позволит объединить достоинства всех этих работ
2. Описание подхода, которые мы реализуем
   1. Описание подхода

Рассмотрены случаи:

* Случай 1: Кадр, излучаемый с большей мощностью приходит на 4 символа позже захвата приемника, приемник пытается слушать кадр, который излучен с более слабой мощностью, но тот перебивается более сильным. (Оба кадра теряются)
* Случай 2: Кадр, излучаемый с большей мощностью приходит в момент передачи заголовка CRC от более слабого источника, приемник сбивает фиксацию на кадр, который излучен с более слабой мощностью и начинает слушать второй кадр. (Кадр от более мощного источника декодируется)
* Случай 3: Кадр, излучаемый с большей мощностью приходит в момент передачи заголовка кадра от более слабого источника, приемник продолжает обрабатывать кадр от слабого источника, но сигнал от более мощного источника перебивает данные. (Оба кадра теряются)
* Случай 4: Кадр, излучаемый с большей мощностью приходит в момент до передачи CRC данных (payload) кадра от более слабого источника, приемник продолжает обрабатывать кадр от слабого источника, но сигнал от более мощного источника перебивает данные. (Оба кадра теряются)
  1. Аппаратные средства:
     1. Описание оконечных устройств LoRa, используемых в подходе

[Вега СИ-11](https://iotvega.com/product/si11) 868.125 MHz, 2 dBm, использовался для записи сигналов на SDR. Имеет четыре входа для счета импульсов, два из которых могут быть перенастроены в дискретные (охранные). Например, считаем импульсы от двух счетчиков, подключаем дополнительно датчик затопления любого производителя и датчик задымления.

* + 1. Описание базовой станции

RisingHF RHF2S008

* LoRaWAN half-duplex operation mode;
* Uplink include 8 multi-SF LoRa channel, 1 single-SF LoRa channel, and 1 GFSK channel;
* Output power achieve to 27dBm max， receiver sensitivity as low as -141dBm@300bps;
* Support LoRaWAN ClassA/B/C mode；
* Support PoE IEEE 802.3 af/at;
* Support 10/100M Ethernet connection and GPRS/3G/4G connection，switch automatically;
* Supply with 100m cable via PoE;
* High reliability industrial device, IP66 device，easy to setup LPWAN network outdoor.
  + 1. Описание SDR

HackRF One:

* Диапазон частот: 1 MHz – 6 GHz
* Полоса пропускания: 20 MHz
* RX ADC bits (биты на вход): 8
* TX DAC bits (биты на выход): 8
* TX кабель: Да
* Гнездо антенны: SMA female
* Дискретизация: 8 – 20 Msps
* Панадаптеры / Приемники: 0/1
* Полудуплексный ресивер
* Увеличение модности приёма и передачи, а также фильтр частот настраивается программно
* Программно-констролируемая мощность порта антенны: (50 mA на 3.3 V)
* Штырьевой разъём для подключения дополнительных плат увеличивающих функциональность
* Интерфейс хоста: USB 2.0
* Поддерживаемые операционные системы: Windows, Linux, Mac.
  + 1. E4438C Векторный генератор сигналов ESG

Характеристики сигнала

* Диапазон частот: от 250 кГц до 1 ГГц, 2 ГГц, 3 ГГц, 4 ГГц или 6 ГГц
* Уровень выходного сигнала: +17 дБм
* Фазовый шум: –134 дБн/Гц (тип.) для сигнала 1 ГГц при отстройке 20 кГц

Модуляция и свипирование

* Аналоговая модуляция: амплитудная (АМ), частотная (ЧМ), фазовая (ФМ), импульсная (ИМ)
* Цифровая модуляция: ASK, FSK, PSK, MSK, QAM, произвольная I/Q
* Свипирование: пошаговое, по списку, по частоте и по мощности

Генерирование НЧ сигналов и создание сигналов

* Внутренний НЧ генератор (с полосой до 80 МГц): сигналы произвольной формы и I/Q сигналы реального времени
* Объем памяти: 64 Мвыб. для воспроизведения формы сигналов, 1 Гвыб. для хранения сигналов
* Создание эталонных сигналов с помощью ПО Signal Studio: LTE, HSPA+, WiMAX™, WLAN, DVB-H, GPS/GNSS, MATLAB и др.
* Генерация многоканальных модулирующих сигналов, сигналов цифрового ввода/вывода, замираний в системах MIMO и ВЧ-ВЧ с помощью генератора модулирующих сигналов и эмулятора канала N5106A PXB

Средства подключения

* Интерфейсы 10BaseT LAN и GPIB
* Поддержка команд SCPI и драйверов IVI-COM
* Обратная совместимость со всеми генераторами сигналов ESG, PSG и 8648
  + 1. Указание дальности от ОУ, до БС, параметры сигнала

Дальность 2 метра, центральная частота сигнала 868.125 MHz, 40 dB усиление (на SDR).

* 1. Описание метода сбора, обработки и генерации данных

Оконечное устройство ВЕГА-СИ11 на частоте 868.125 MHz, 2 dBm усиление, генерирует пакеты данных раз в 7 секунд с инкрементирующимся счетчиком сообщений, SDR устройство HackRF One записывает два сигнала на дальности 20 см от ОУ в бинарный файл (программой hackrf\_transfer). Далее данный файл считывается программой математического моделирования Matlab и преобразовывается в комплексную переменную Matlab (данные из файла парсятся по принципу 8 бит действительной составляющей и 8 бит мнимой составляющей). Комплексная переменная подвергается цифровой обработке (убирается постоянная составляющая, шумы, выделяется нужный сигнал) и в цифровом виде генерируются файлы, являющиеся результирующей случаев из пункта 2.1. Далее данные файлы в бинарном виде для hackrf\_transfer и в виде массива для генератора передаются на SDR и на генератор. Результаты о получении/обработке излученного сигнала на базовой станции фиксируются на LoRaWAN сервере через лог. В случае для SDR, с помощью скрипта Matlab излучается ровно 100 сигналов для каждого случая.

Во время экспериментов были выявлены интересные особенности, поэтому было решено рассмотреть случаи, в которых вторым по времени приходил равный по мощности и меньший по мощности кадр.

1. Результаты и сравнения с известными работами
   1. Сравниваем с известными работами (либо совпадает, либо отличается)
   2. Наш подход более гибкий, т.к. в нашей модели мы можем увеличивать число интерферирующих сообщений и брать более точные сдвиги.
   3. [4] – повторяем опыты из статьи (с наложением, разной мощностью)

# Список источников

1. Georgiou, O., & Raza, U. (2017). Low power wide area network analysis: Can LoRa scale?. *IEEE Wireless Communications Letters*, *6*(2), 162-165.
2. Van den Abeele, Floris, et al. “Scalability analysis of large-scale LoRaWAN networks in ns-3.” IEEE Internet of Things Journal 4.6 (2017):
3. 2186–2198.Marini, R., Mikhaylov, K., Pasolini, G., & Buratti, C. (2021). LoRaWANSim: A Flexible Simulator for LoRaWAN Networks. *Sensors*, *21*(3), 695.
4. Rahmadhani, A., & Kuipers, F. (2018, October). When lorawan frames collide. In Proceedings of the 12th International Workshop on Wireless Network Testbeds, Experimental Evaluation & Characterization (pp. 89-97).
5. Haxhibeqiri, J., Van den Abeele, F., Moerman, I., & Hoebeke, J. (2017). LoRa scalability: A simulation model based on interference measurements. *Sensors*, *17*(6), 1193.
6. Kuzmichev S. A., Stepanov N. V. Experimental Research to Determine the Conditions for Successful Reception of Messages in the LoRaWAN //2019 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF). – IEEE, 2019. – С. 1-4.
7. Gusev O., Turlikov A., Kuzmichev S., Stepanov N. Data Delivery Efficient Spreading Factor Allocation in Dense LoRaWAN Deployments //2019 XVI International Symposium" Problems of Redundancy in Information and Control Systems"(REDUNDANCY). – IEEE, 2019. – С. 199-204.
8. Qadir, Q. M. (2020). Analysis of the reliability of LoRa. *IEEE Communications Letters*.
9. Abboud, S. (2020). *Study and improvement of long range communication technologies for wireless sensor networks* (Doctoral dissertation, Clermont Auvergne).