



Исследование возможности применения методов объединения пространственно-разнесенных сигналов в беспроводных сенсорных сетях

Выполнил:

студент 516 группы

Захаров Павел Сергеевич

Научный руководитель:

Владимиров Леонид Леонидович

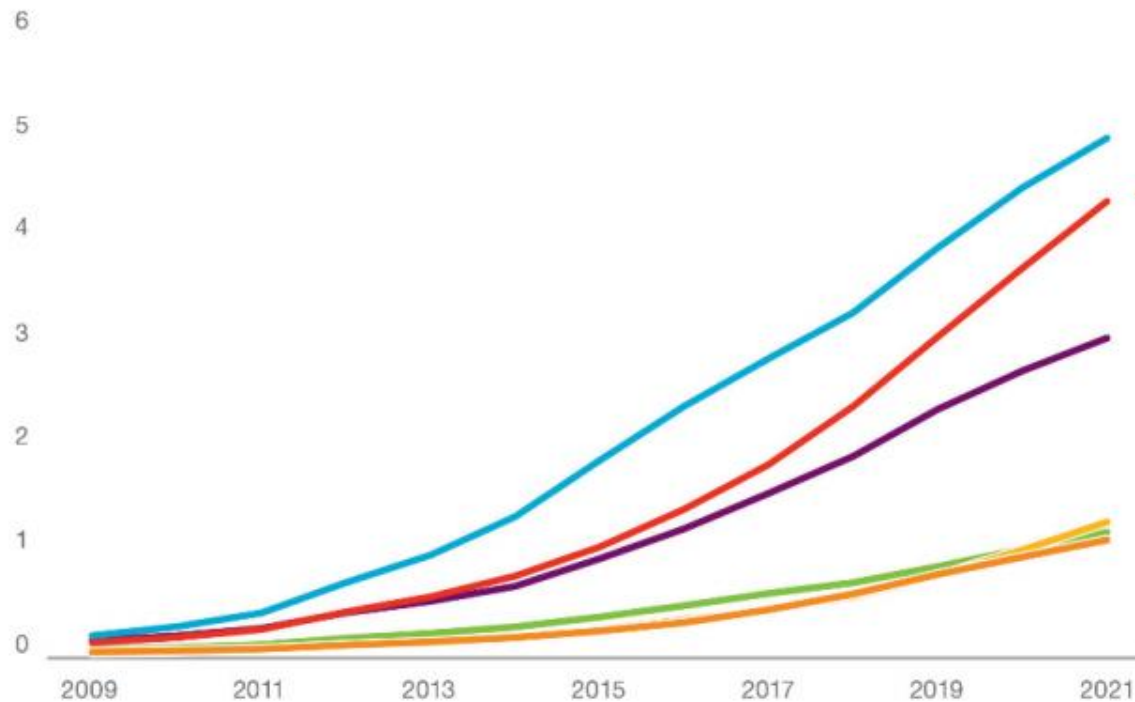
Москва, 20 июня 2019 г.

Структура доклада

1. Введение
2. Постановка задачи
3. Восходящая линия связи
4. Нисходящая линия связи
5. Итоги

Введение. Мир IoT

Подключенные IoT-устройства: сети сотовой и фиксированной связи (млрд)



В Западной Европе в период с 2015 по 2021 годы число подключенных IoT-устройств вырастет в четыре раза

- Латинская Америка
- Северная Америка
- Азиатско-тихоокеанский регион (АТР)
- Ближний Восток и Африка
- Центральная и Восточная Европа
- Западная Европа

Рисунок 1

Источник: Ericsson, 2016

Введение. Беспроводные сенсорные сети.

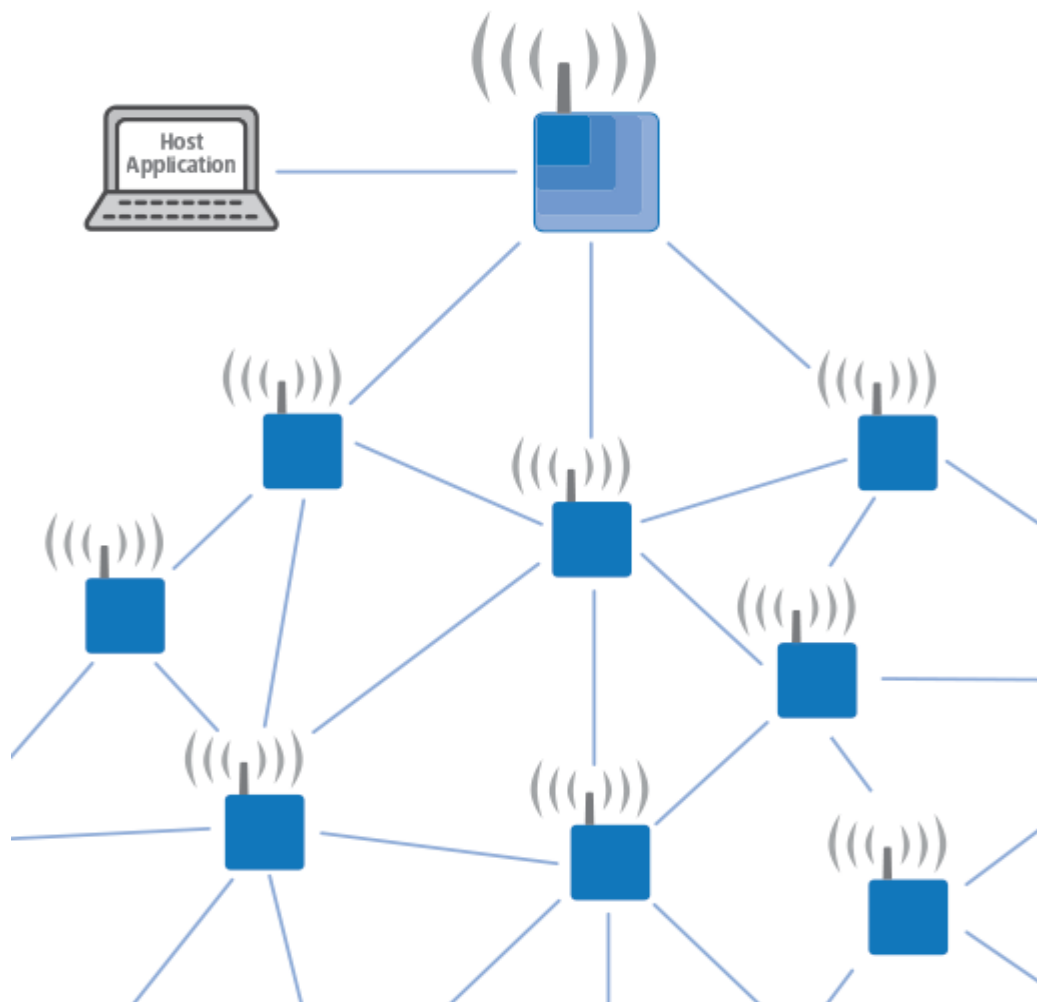


Рисунок 2

Введение. Мультиантенные технологии в WSN.

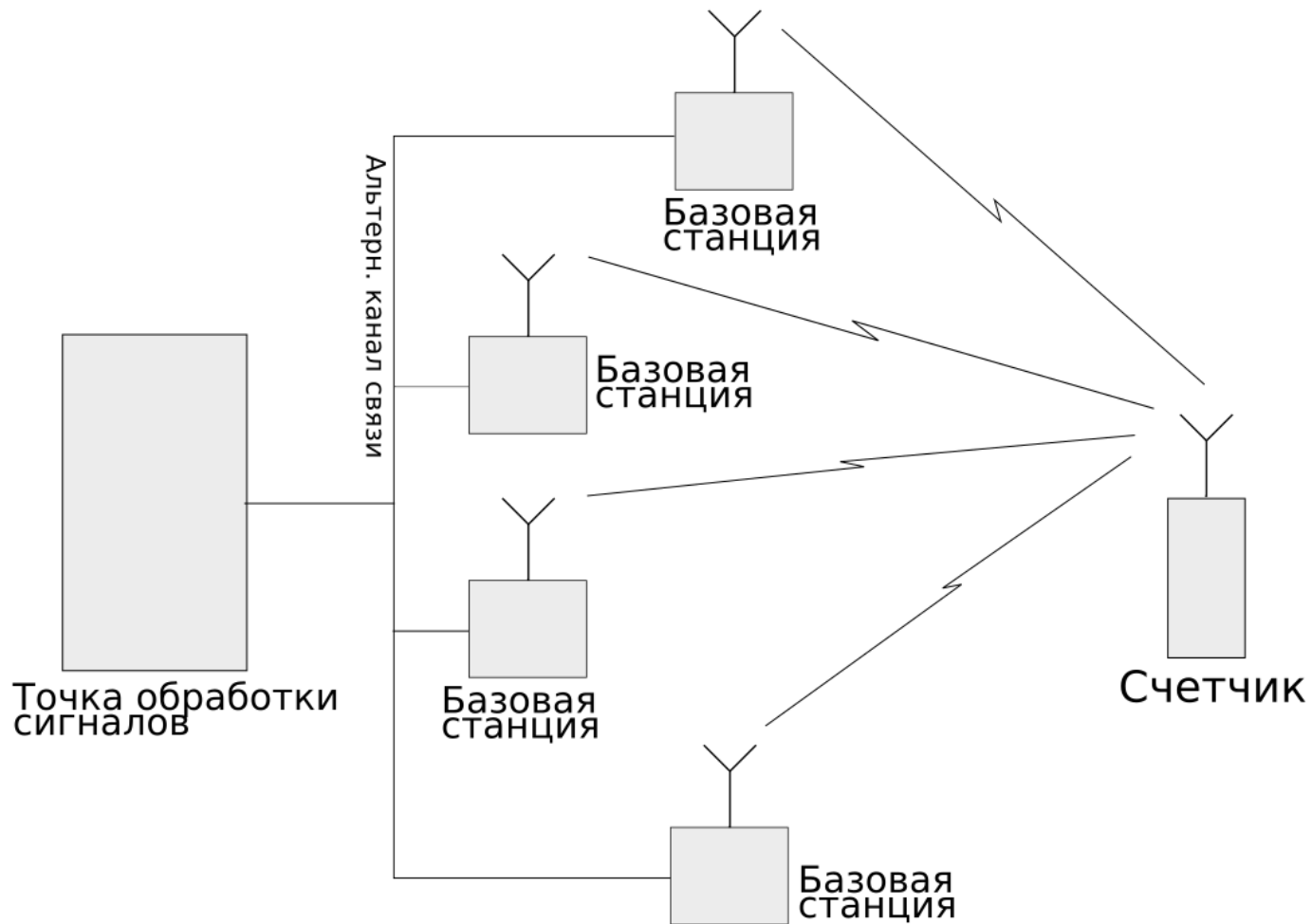


Рисунок 3

Постановка задачи

1. Отбор и теоретическая оценка методов
2. Оценка возможности реализации алгоритма, требований к сети
3. Построение экспериментальной установки
4. Проведение экспериментов
5. Сравнение результатов с теорией, уточнение требований

Пусть $h_i(\tau) = \alpha_i \delta(\tau)$

Объединение с максимальным отношением:

$$s(t) = \sum_{i=1}^N \alpha_i^* s_i(t)$$
$$\Gamma = \sum_{i=1}^N \Gamma_i$$

Объединение с единичным усилением:

$$s(t) = \sum_{i=1}^N \frac{\alpha_i^*}{|\alpha_i|} s_i(t)$$
$$\Gamma = \frac{(\sum_{i=1}^N \sqrt{\Gamma_i})^2}{N}$$

Восходящая линия связи. Соответствие с теорией.

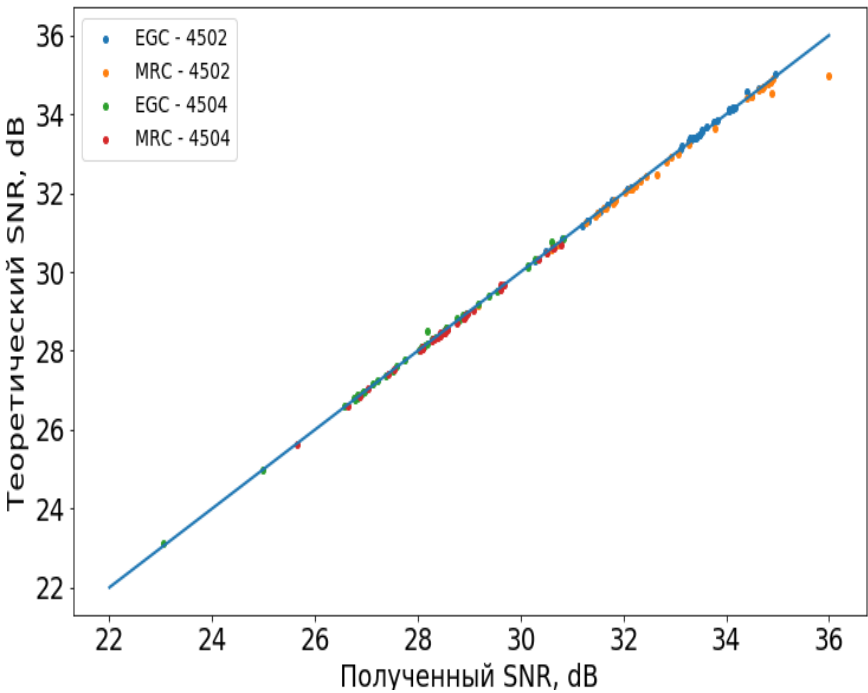


Рисунок 6

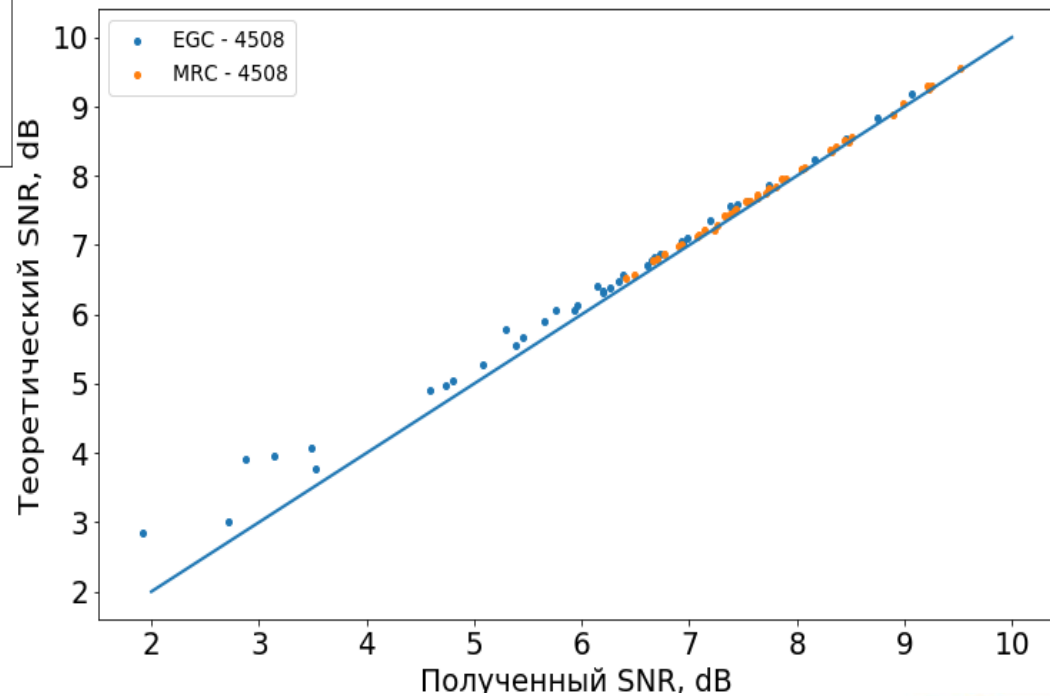


Рисунок 7

Восходящая линия связи. Дисбаланс каналов.

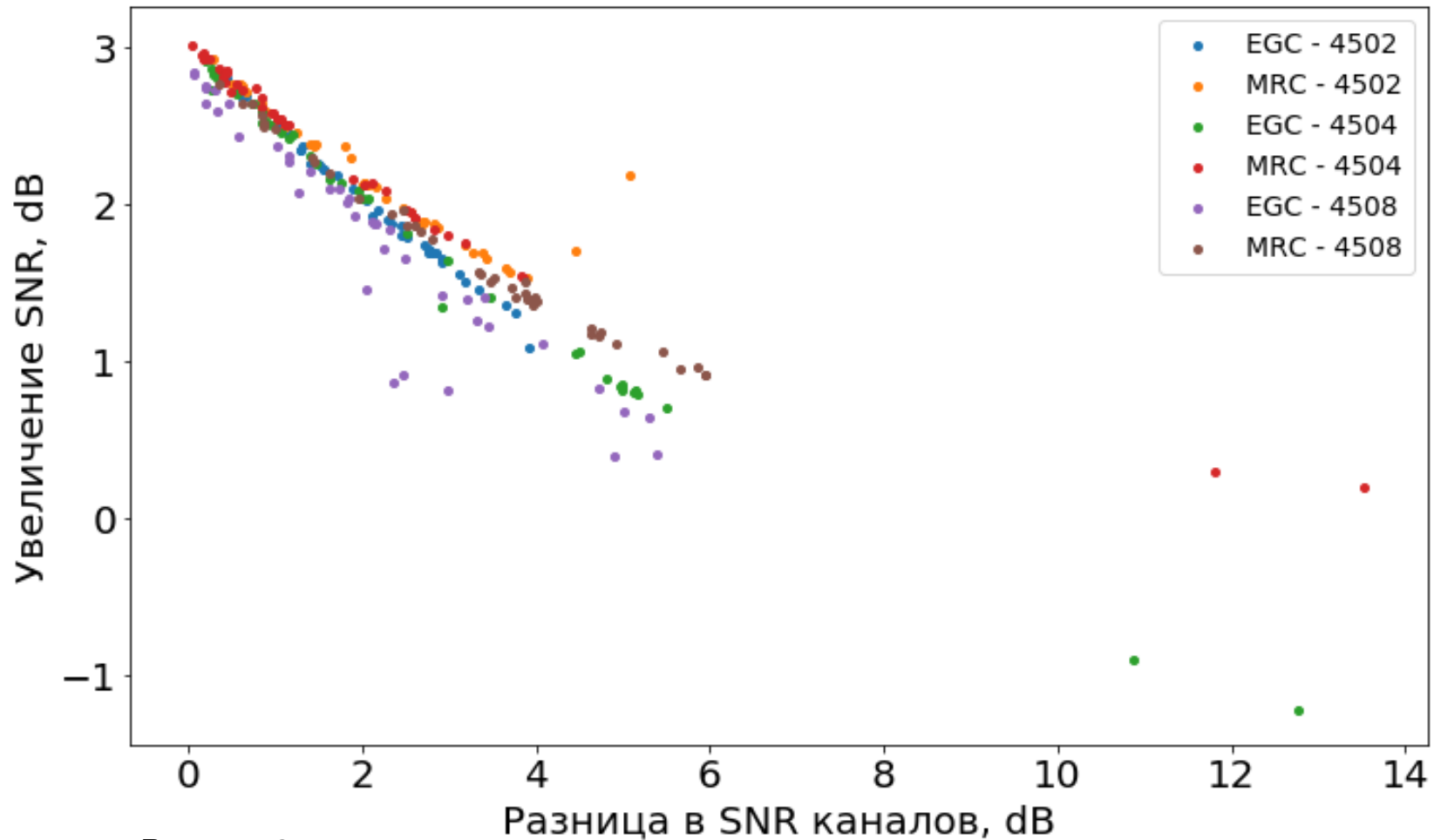


Рисунок 8

Нисходящая линия связи.

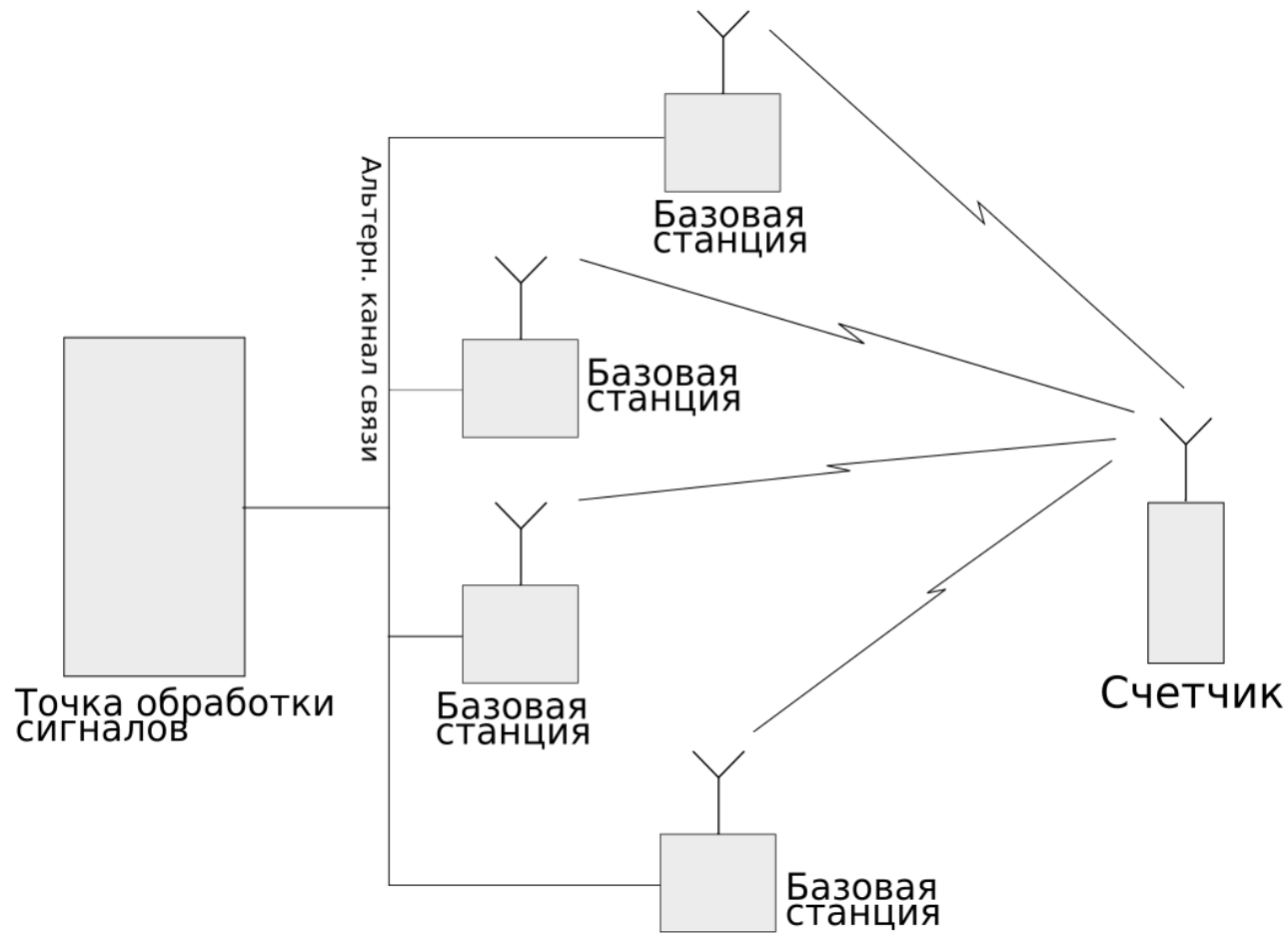


Рисунок 9

Нисходящая линия связи. Разность фаз и усиление.

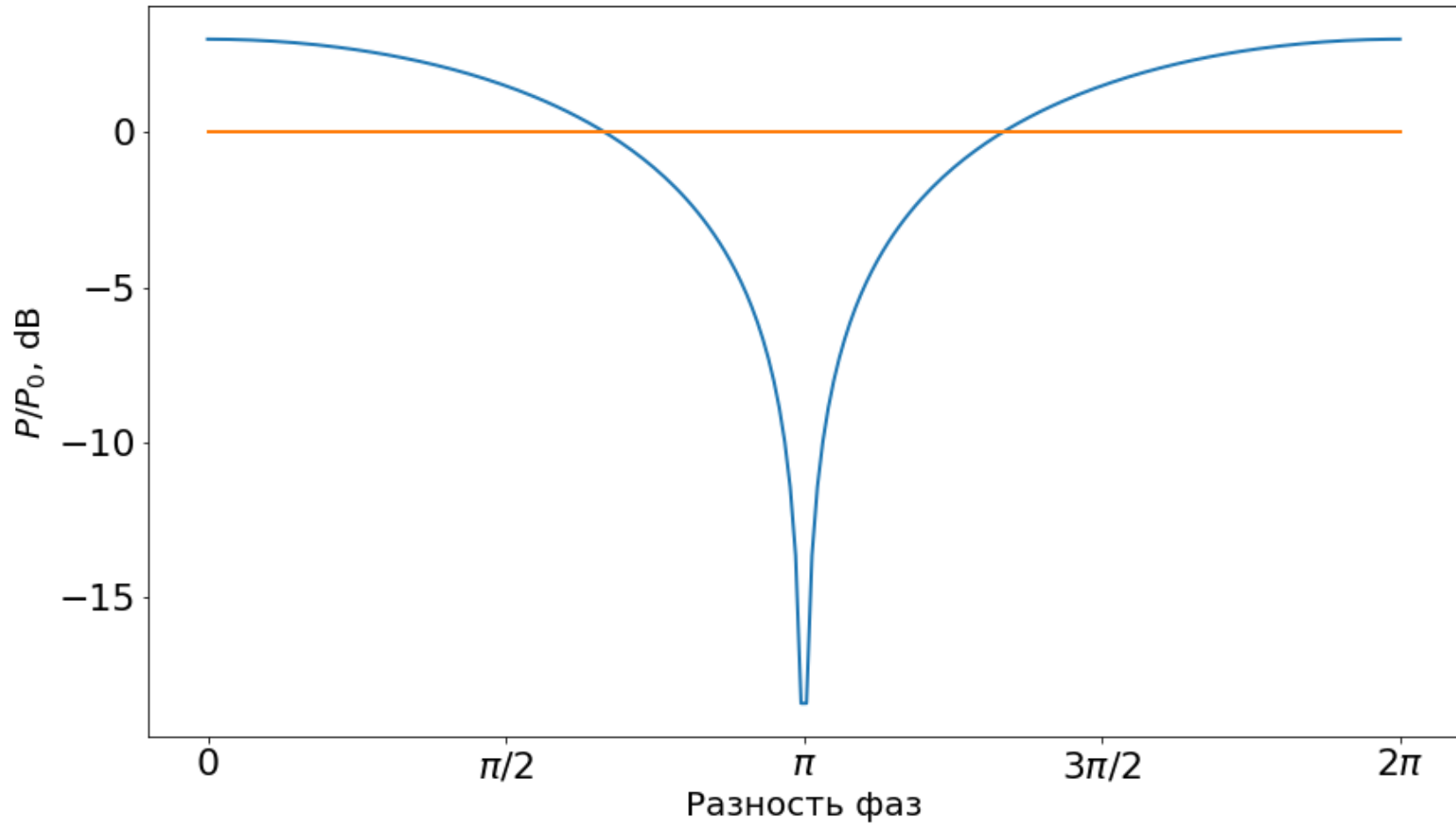


Рисунок 10

Нисходящая линия связи. Алгоритмы.

Метод	Усиление сигнала
Когерентная передача	$\frac{P}{P_0} \leq N^2$
Подбор фазы, k пилотов	$\frac{P}{P_0} \leq N + (N - 1)(N - 2) \left(\frac{k}{\pi}\right)^2 \sin^2 \left(\frac{\pi}{k}\right) + 2(N - 1) \frac{k}{\pi} \sin \left(\frac{\pi}{k}\right)$
Некогерентная передача	$\frac{P}{P_0} \leq N$

Нисходящая линия связи. Результаты эксперимента.

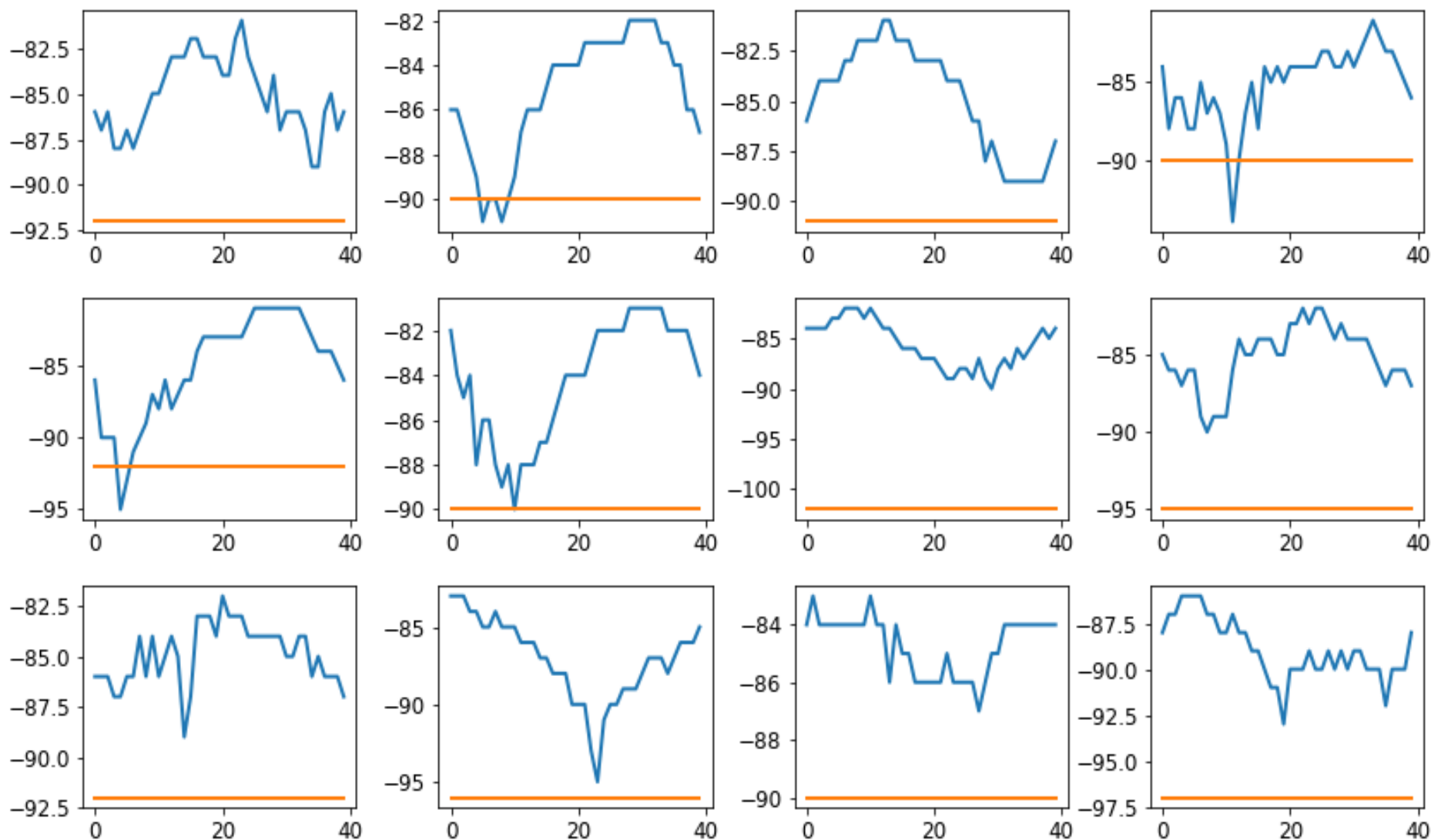


Рисунок 11

Нисходящая линия связи. Зависимость от временной синхронизации.

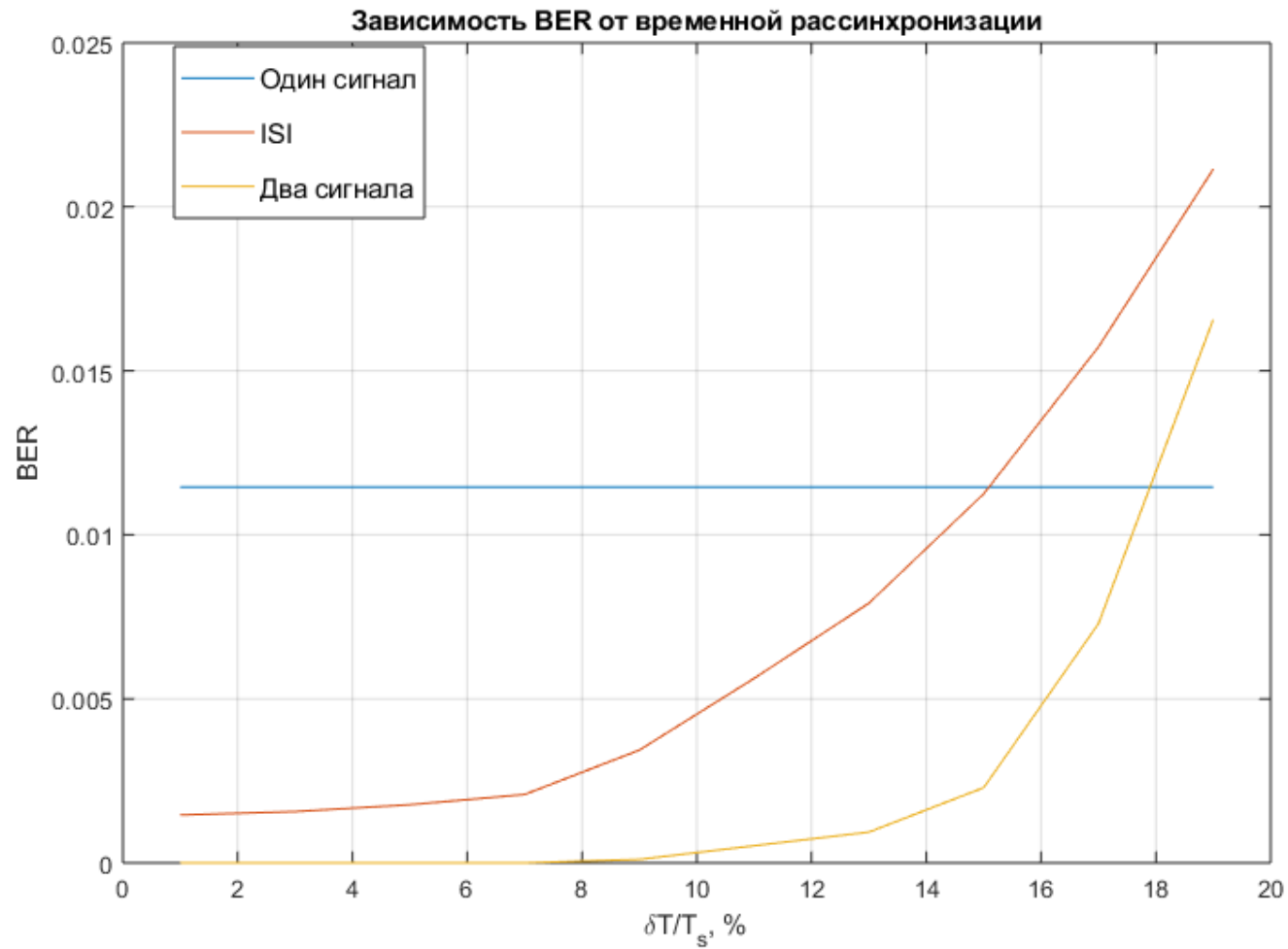


Рисунок 12

Нисходящая линия связи. Результаты измерений.

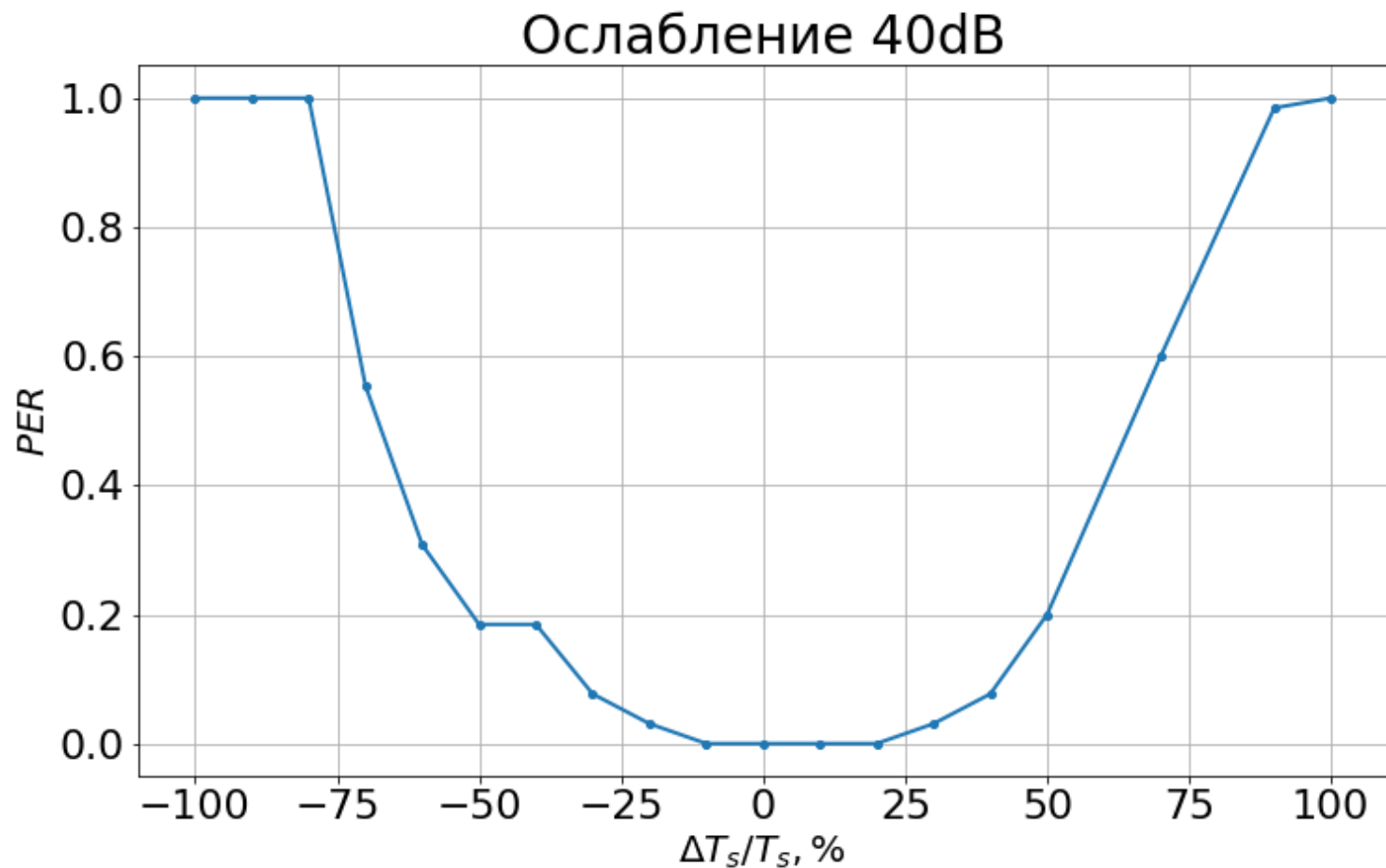


Рисунок 13

Нисходящая линия связи. Результаты измерений.

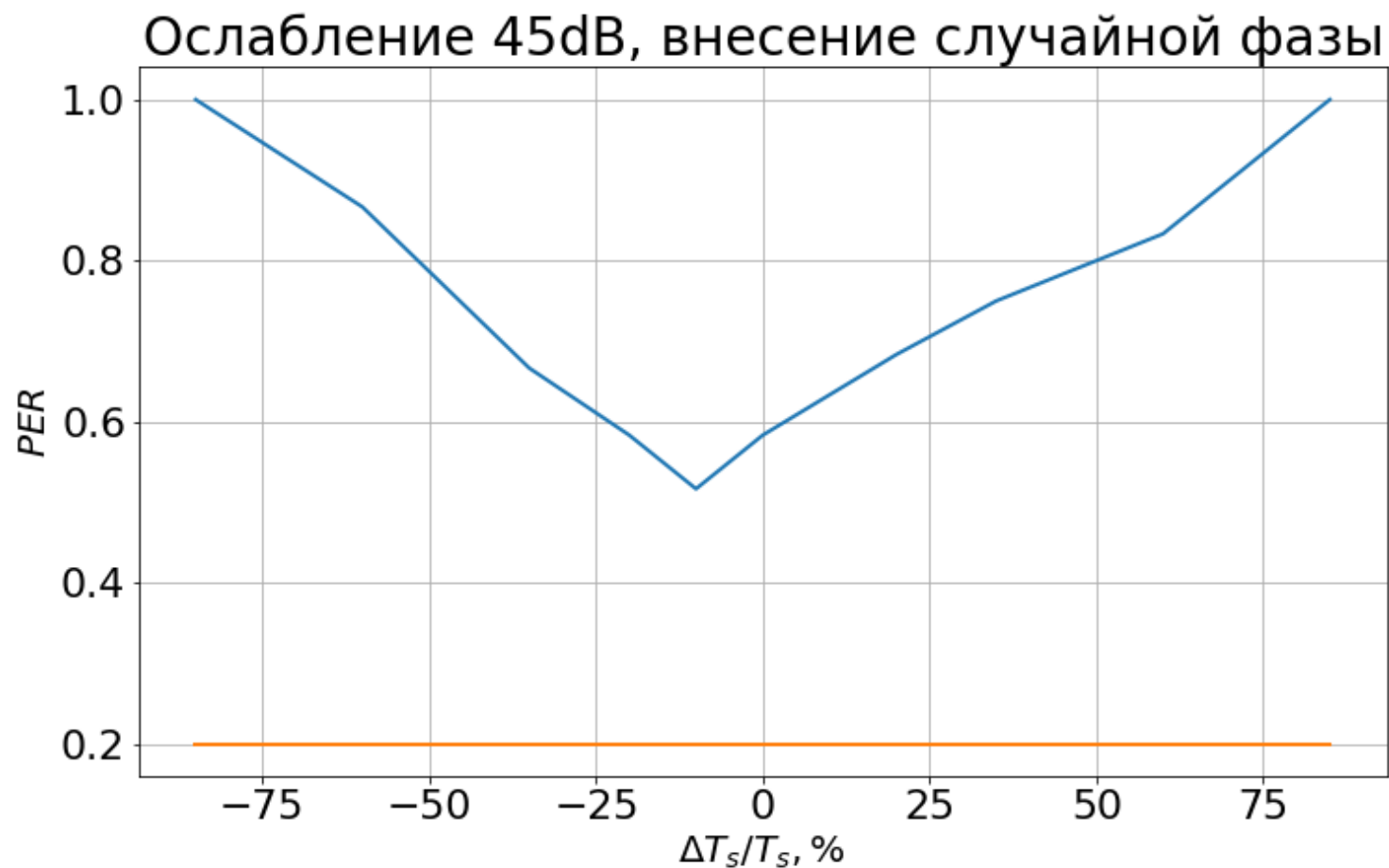


Рисунок 14

Нисходящая линия связи. Результаты измерений.

Ослабление 47dB, без внесения случайной фазы

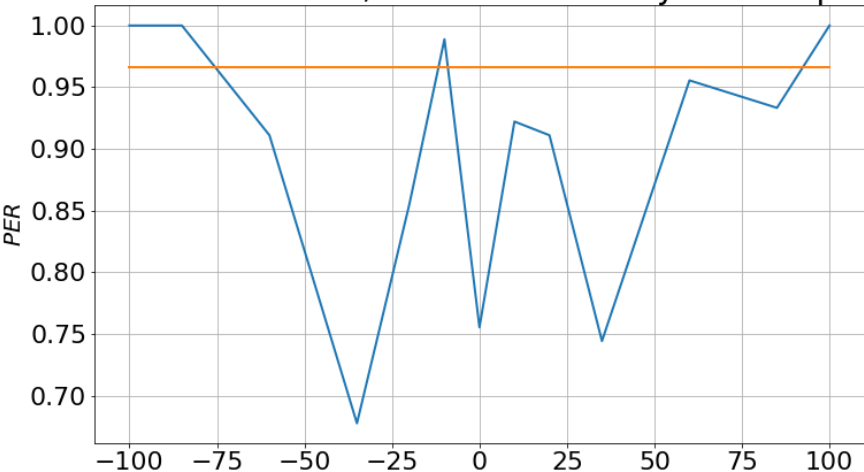


Рисунок 15

Ослабление 47dB, с внесением случайной фазы

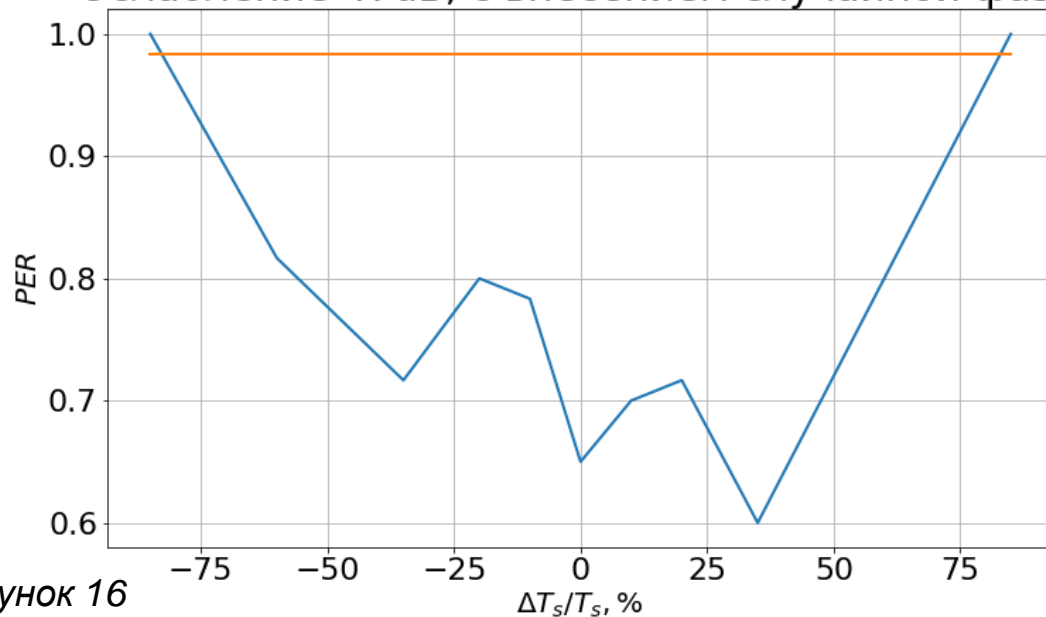


Рисунок 16

Заключение

Восходящая линия связи:

1. Обработка данных в цифровой области после получения
2. Относительно слабые требования к инфраструктуре
3. Рост производительности линейный по количеству антенн

Нисходящая линия связи:

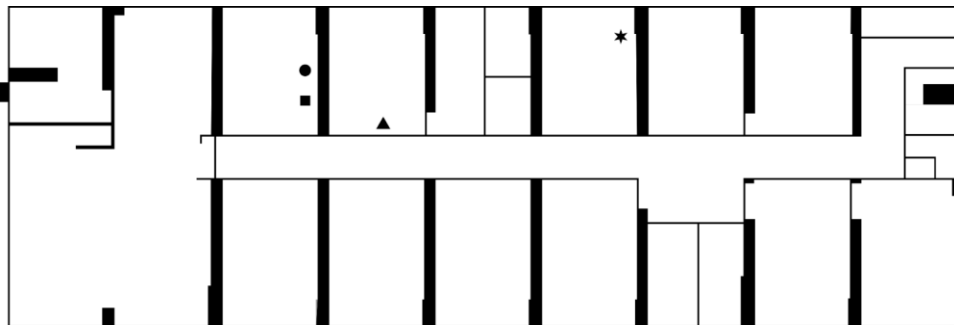
1. Сложение сигналов на антенне
2. Плохая синхронизация ухудшает производительность
3. Теоретический рост мощности квадратичный; для реализуемых вариантов линейный.



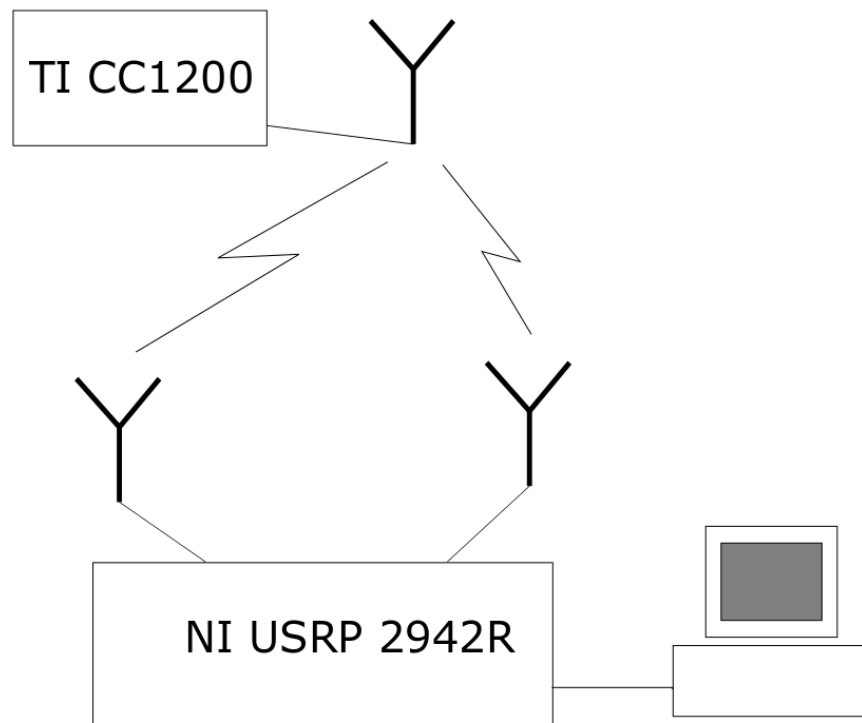
Спасибо за внимание!



Экспериментальная установка



- Базовая станция
- Узел 4502
- ▲ Узел 4504
- * Узел 4508



Экспериментальная установка

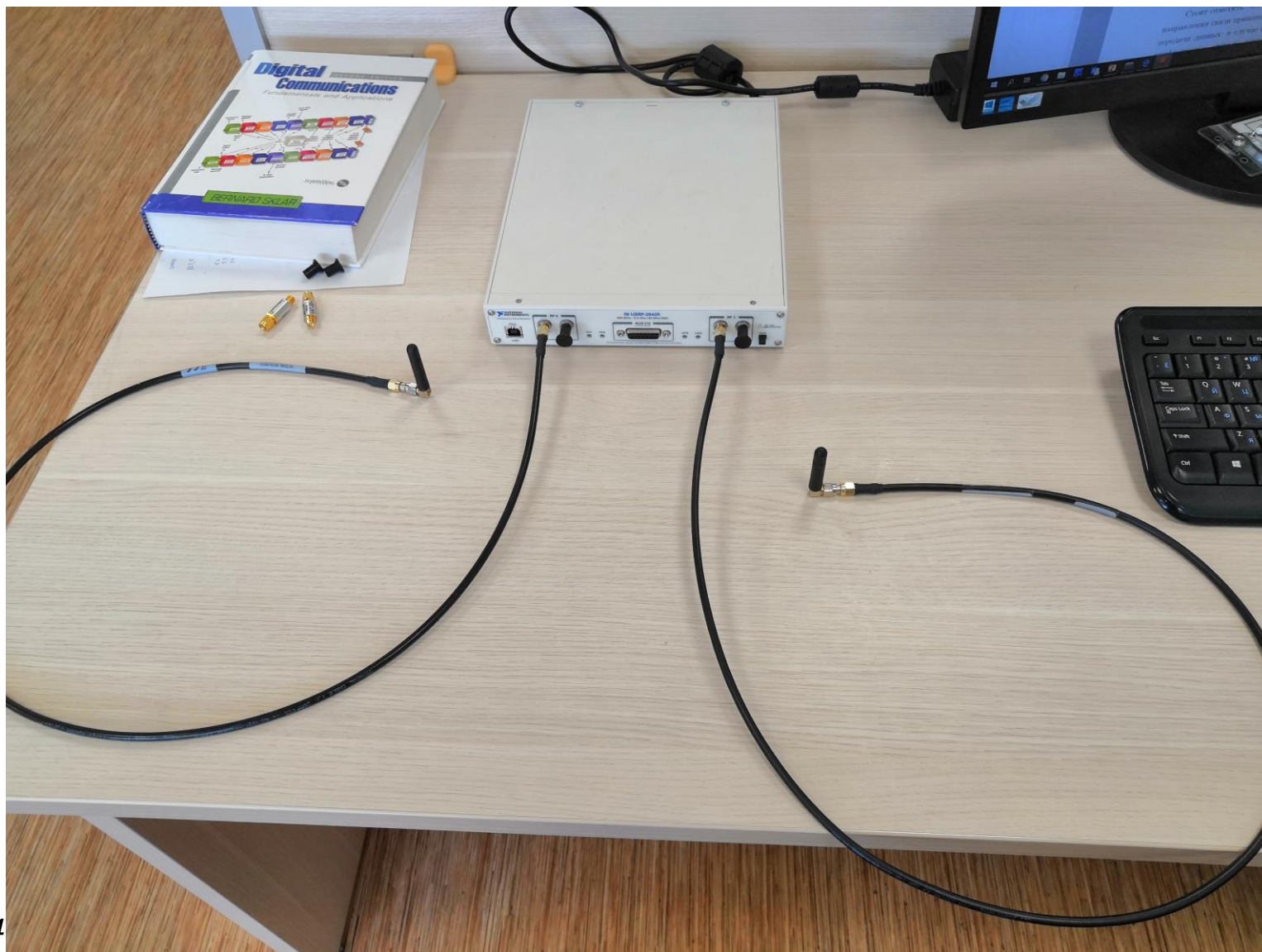


Рисунок 4

Экспериментальная установка

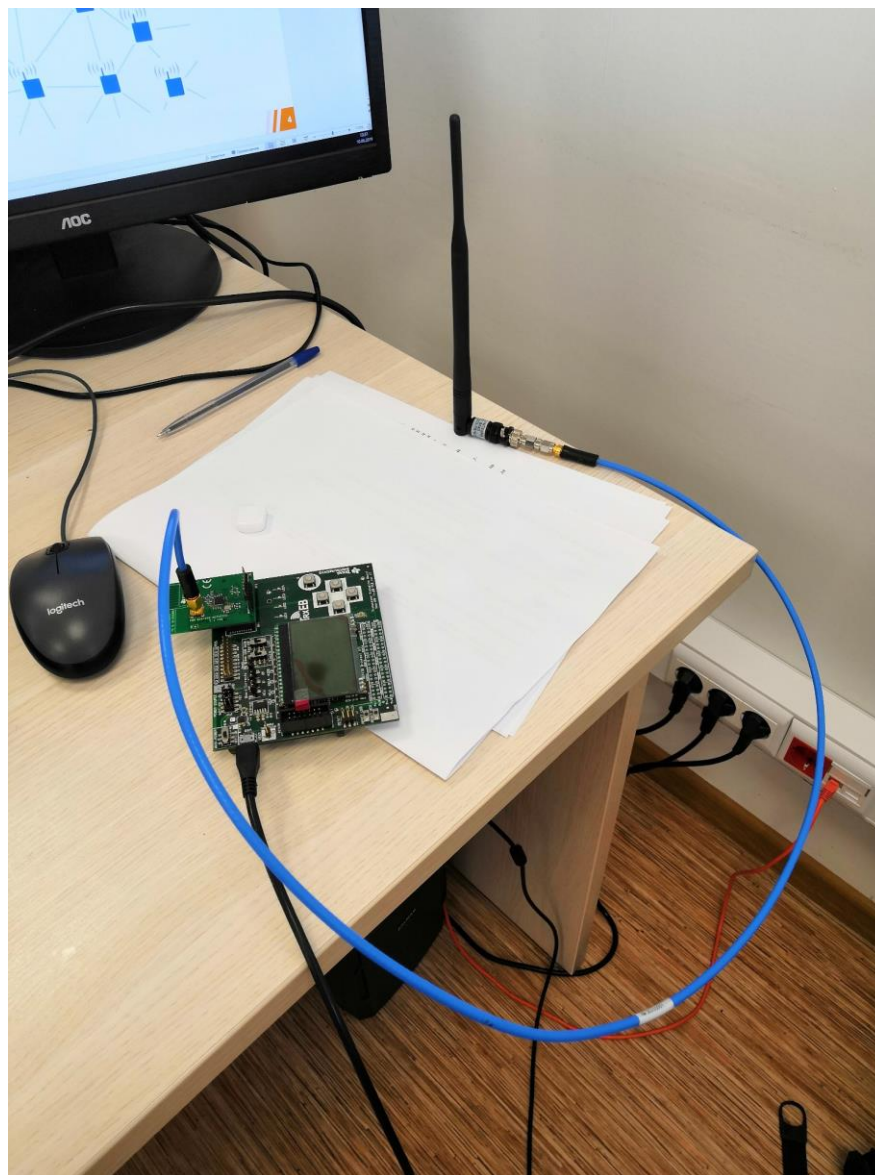


Рисунок 5

Восходящая линия связи. Схема обработки данных.

