

Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Алгоритм приёма сигнала базовой станции LTE

Студент: Литвиненко С.А.

Руководитель: Сугак М.И.

Консультант: Благов Д.С.

Место выполнения ВКР:

отдел первичной обработки и пеленгования ООО «СТЦ»

Введение

- Расширение зоны действия сетей LTE операторов сотовой связи требует развёртывания новых БС
- Контроль эксплуатации БС осуществляет радиочастотная служба
- Для выявления нарушений со стороны оператора, требуется осуществлять мониторинг действующих сетей на местности
- Задачи по поиску ИРИ, классификации и определению их местоположения решаются средствами АРМ

Цели

Цель:

Реализация алгоритма приёма сигнала БС LTE.

Алгоритм включает в себя:

- Поиск сигнала БС LTE в заданном диапазоне частот
- Синхронизацию с БС
- Считывание вещательной информации
- Пеленгование сигнала БС

Задачи

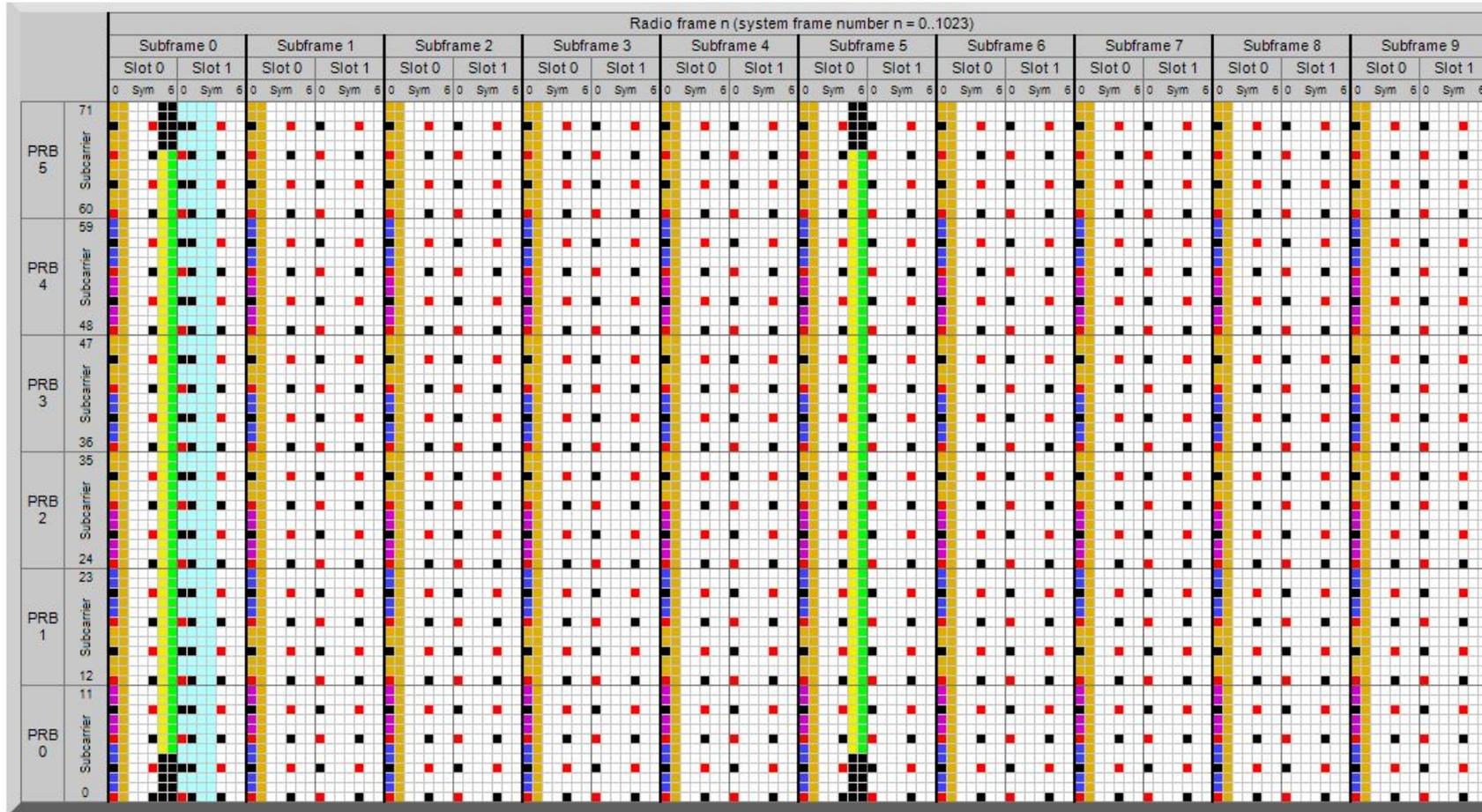
Задачи:

- Обзор литературы по вопросам радиомониторинга и изучение физического уровня сети LTE.
- Определение этапов обработки и составление блок-схем алгоритма
- Реализация алгоритма на языке C++
- Оптимизация и отладка ПО.
- Запуск ПО на платформе и получение результата работы

Технологии, используемые в LTE

- На физическом уровне используется технология OFDM
- При передаче вещательного канала используется один из методов MIMO - spatial multiplexing, пространственное мультиплексирование
- Тип модуляции для каналов, передающих вещательную информацию – QPSK
- Помехоустойчивое кодирование: сверточное и турбо кодирование

Структура кадра LTE. Downlink



Длительность кадра: 10 мс.

- PSCH (Primary Synchronization Channel)
- SSCH (Secondary Synchronization Channel)
- PBCH (Physical Broadcast Channel)
- RS (cell-specific Reference Signal) for selected Tx antenna port
- Reserved for TDD uplink
- Unused by selected Tx antenna port, or undefined for all ports
- PCFICH (Physical Control Format Indicator Channel)
- PHICH (Physical Hybrid ARQ (Automatic Repeat reQuest))
- PDCCH (Physical Downlink Control Channel)
- Available for PDSCH (Physical Downlink Shared Channel)

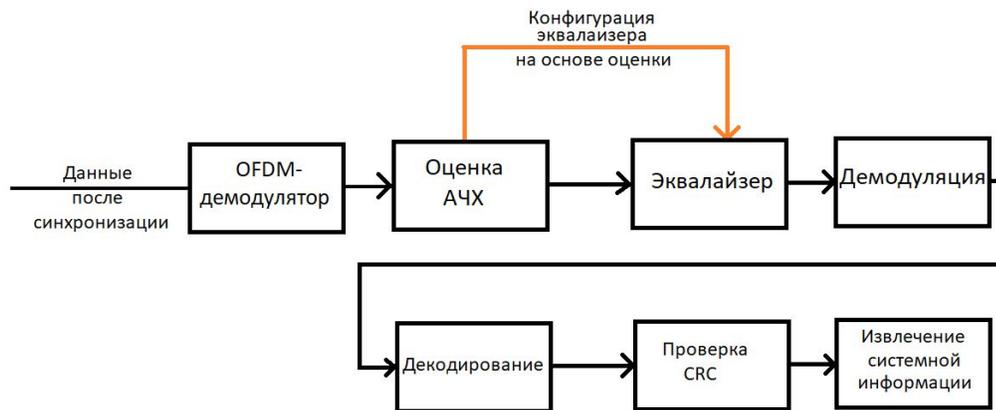
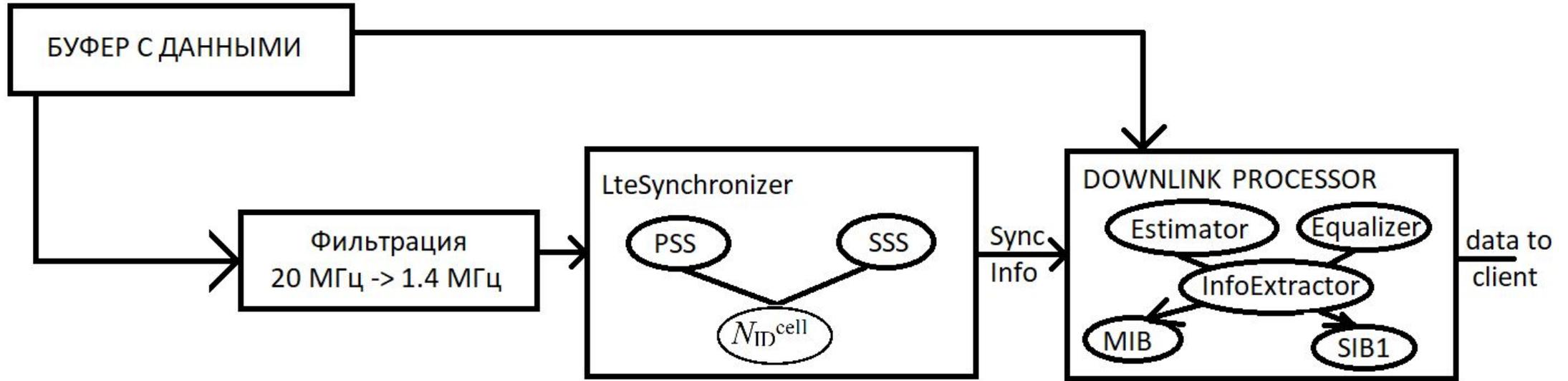
Положение RS зависит от передаваемого каналом SCH физического идентификатора соты:

$$N_{ID}^{cell}$$

Кол-во ресурсных блоков, N_{RB}^{DL}	6	15	25	50	75	100
Занимаемая полоса частот, МГц	1,08	2,7	4,5	9,0	13,5	18,0

$$N_{ID}^{cell} = 3 * N_{ID}^{(1)} + N_{ID}^{(2)}$$

Структурная ПО, выполняющего обработки



- MIB
- SIB1

Этапы приёма сигнала. Обнаружение, первичная синхронизация

Сигнал первичной синхронизации является модифицированной последовательностью Задова-Чу, корни которой определяются таблицей 1.

PSCH передаёт число $N_{ID}^{(2)}$

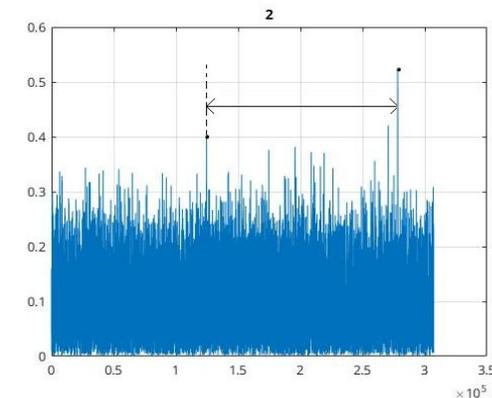
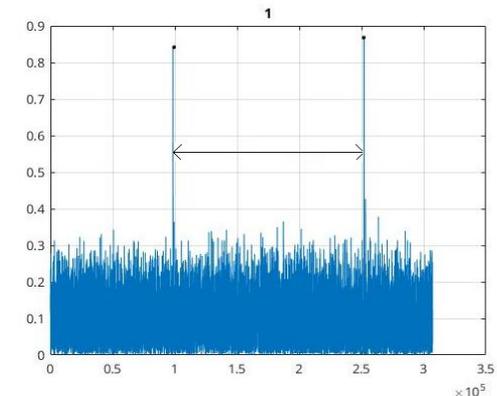
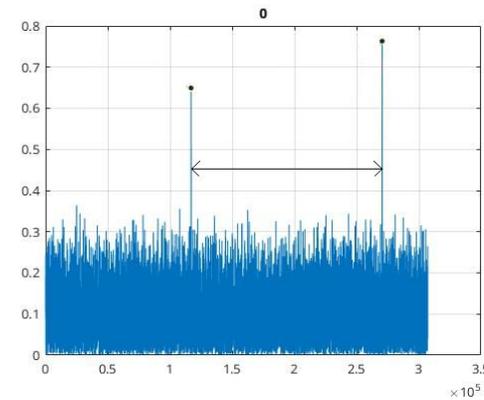
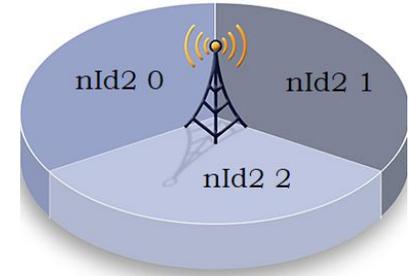
$$d_u(n) = \begin{cases} \exp\left(-j\frac{\pi u n(n+1)}{63}\right) \\ \exp\left(-j\frac{\pi u(n+1)(n+2)}{63}\right) \end{cases}$$

Для обнаружения сигнала строится семейство КФ:

$$PSS_{Corr}[Nid_2, k] = \frac{|\sum_{n=0}^{127} z_A[k+n] PSS^*[Nid_2, k]|}{\sqrt{\sum_{n=0}^{127} |z_A[k+n]|^2 \sum_{n=0}^{127} |PSS[Nid_2, k]|^2}}$$

Таблица 1 – Корни последовательности Задова-Чу

$N_{ID}^{(2)}$	u
0	25
1	29
2	34



Этапы приёма сигнала. Вторичная синхронизация, определение $N_{ID}^{(2)}$

$$d(2n) = \begin{cases} s_0^{(m_0)}(n)c_0(n), & \text{в подкадре 0,} \\ s_1^{(m_1)}(n)c_0(n), & \text{в подкадре 5,} \end{cases}$$

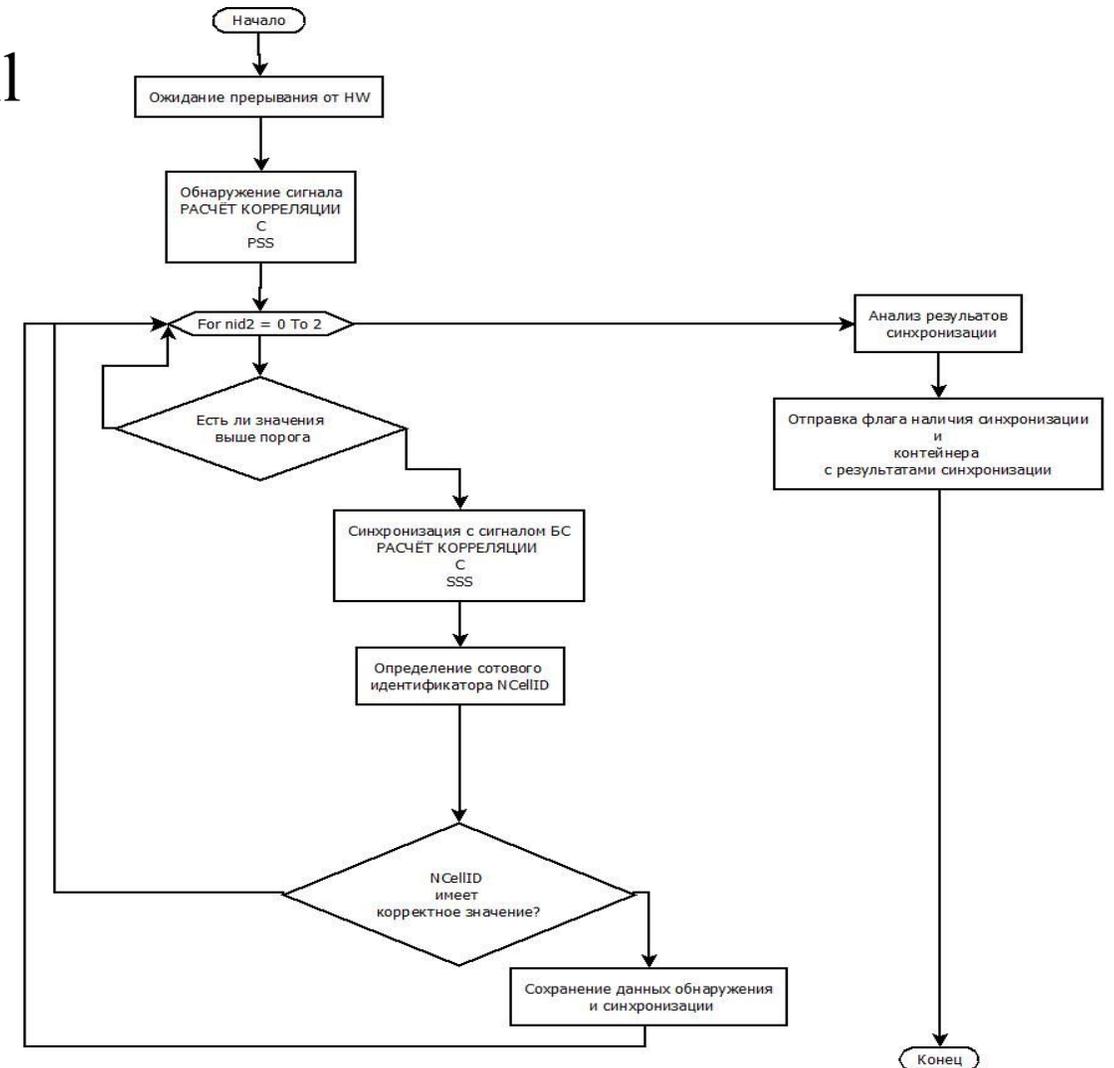
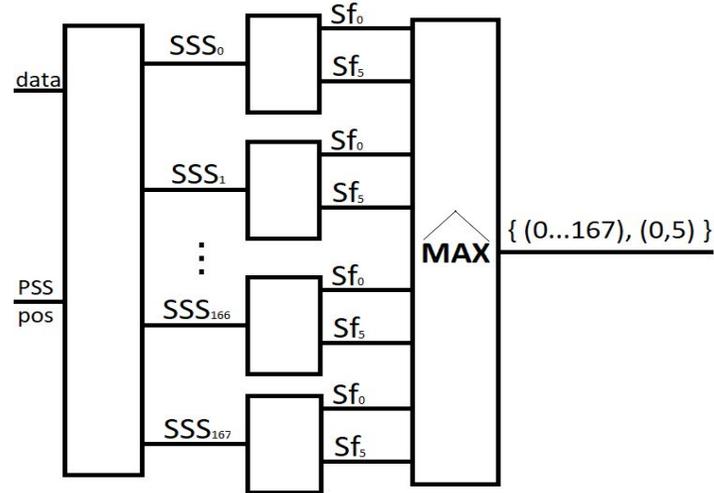
$$d(2n) = \begin{cases} s_1^{(m_1)}(n)c_1(n)z_1^{(m_0)}(n), & \text{в подкадре 0,} \\ s_0^{(m_0)}(n)c_1(n)z_1^{(m_1)}(n), & \text{в подкадре 5,} \end{cases}$$

$N_{(1)ID}$			$N_{(1)ID}$			$N_{(1)ID}$		
0	0	1	34	4	6	68	9	12
1	1	2	35	5	7	69	10	13
2	2	3	36	6	8	70	11	14
3	3	4	37	7	9	71	12	15
4	4	5	38	8	10	72	13	16
5	5	6	39	9	11	73	14	17
6	6	7	40	10	12	74	15	18
7	7	8	41	11	13	75	16	19
...
...
...
...
...	167	2	9

- Индексы m_0 m_1 вычисляются на основе значения $N_{ID}^{(1)}$ и принимают значения в соответствии с таблицей 2.

Этапы приёма сигнала. Вторичная синхронизация, определение $N_{ID}^{(2)}$, N_{ID}^{cell}

$$SSS_{Corr}[Sf, Nid_1] = \frac{|\sum_{n=0}^{127} z_A [SSS_{shift} + 9600Sf + n] SSS_{Sf}^*[Nid_1, k]|}{\sqrt{\sum_{n=0}^{127} |z_A [SSS_{shift} + 9600Sf + n]|^2 \sum_{n=0}^{127} |SSS_{Sf}[Nid_1, k]|^2}}$$



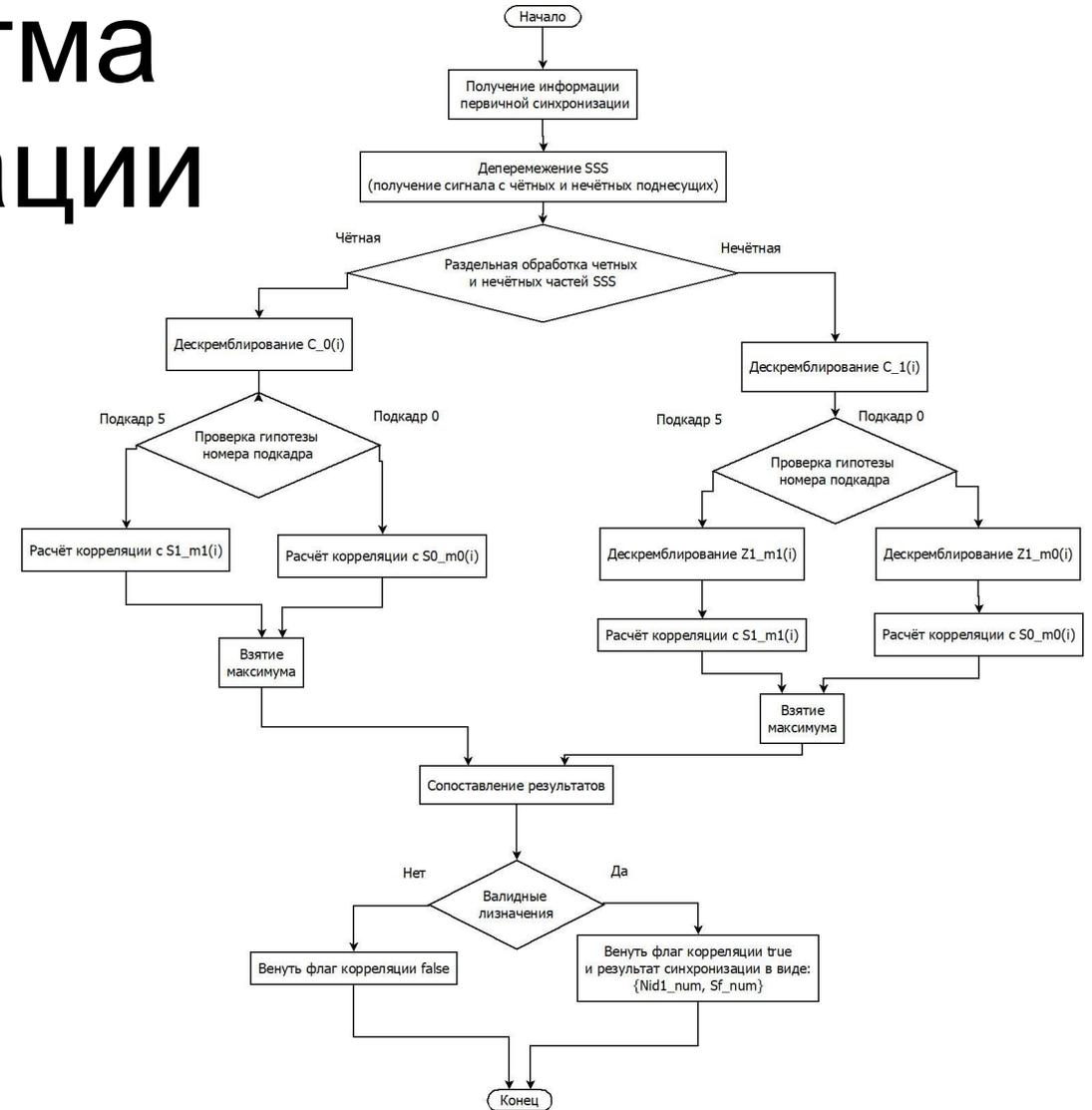
Модификация алгоритма вторичной синхронизации

$$d(2n) = \begin{cases} s_0^{(m_0)}(n)c_0(n), & \text{в подкадре 0,} \\ s_1^{(m_1)}(n)c_0(n), & \text{в подкадре 5,} \end{cases}$$

$$d(2n) = \begin{cases} s_1^{(m_1)}(n)c_1(n)z_1^{(m_0)}(n), & \text{в подкадре 0,} \\ s_0^{(m_0)}(n)c_1(n)z_1^{(m_1)}(n), & \text{в подкадре 5,} \end{cases}$$

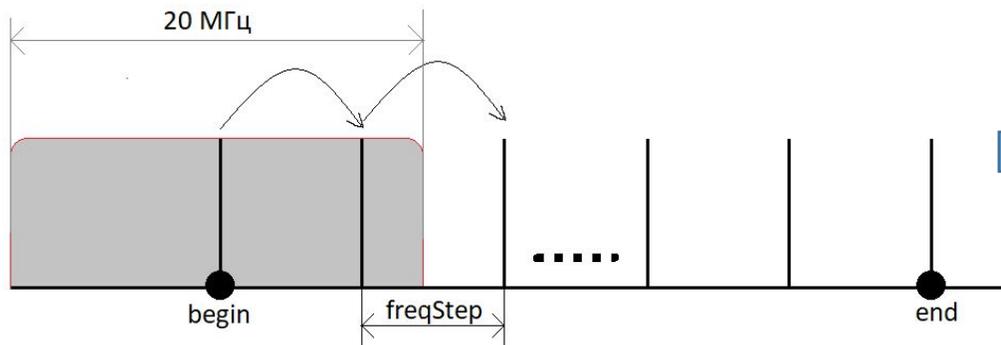
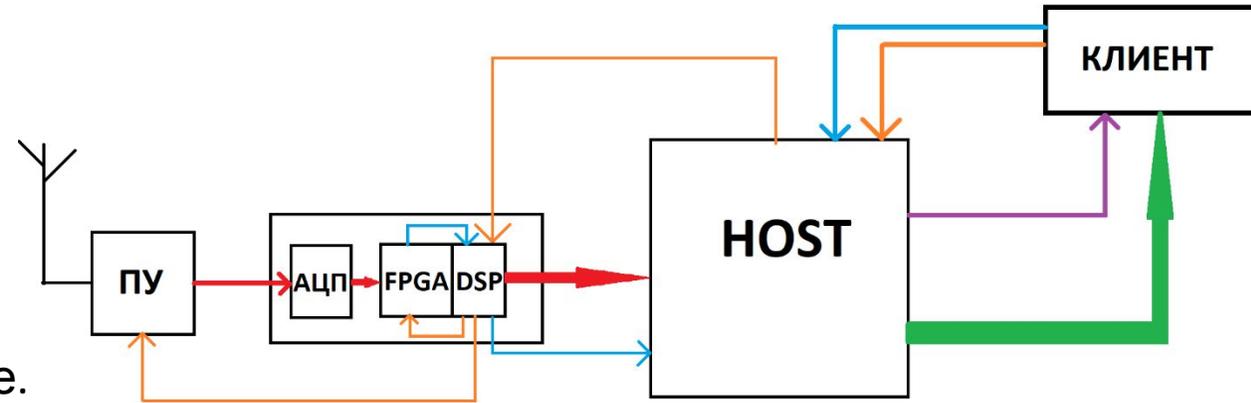
Операций бпф для сигнала на
старте 2048

Операций умножения : $128 * 167 =$
 $21\ 376$ После: $31 * 2 * 30 + 80 = 1\ 860$

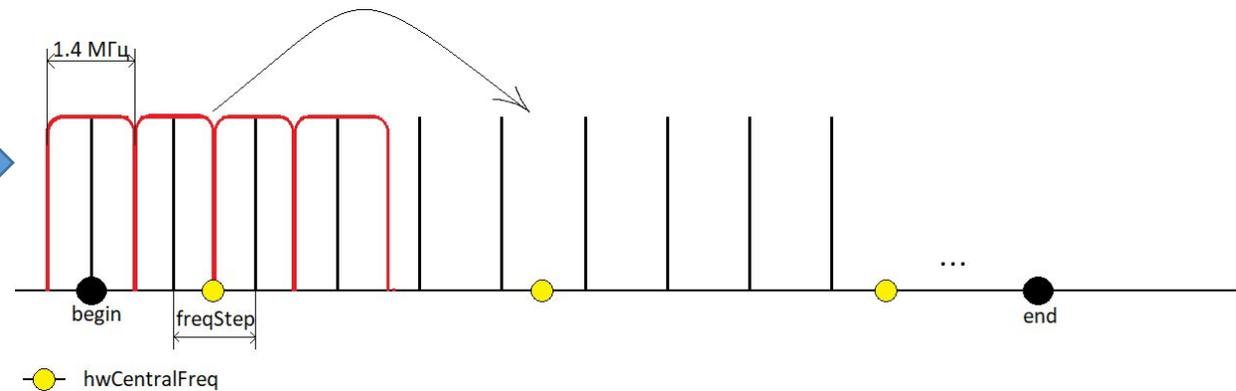


Алгоритм обработки запроса клиента

1. Расчёт сетки частот, получение списка частот для анализа.
2. Формирование и отправка запроса платформе.
3. Получение прерывания.
4. Поиск сигнала в записи, обработка сигнала.
5. Отправка уведомления клиенту по текущей частоте.
6. Переход к обработке следующей частоты из списка.
7. Завершение обработки, если все частоты

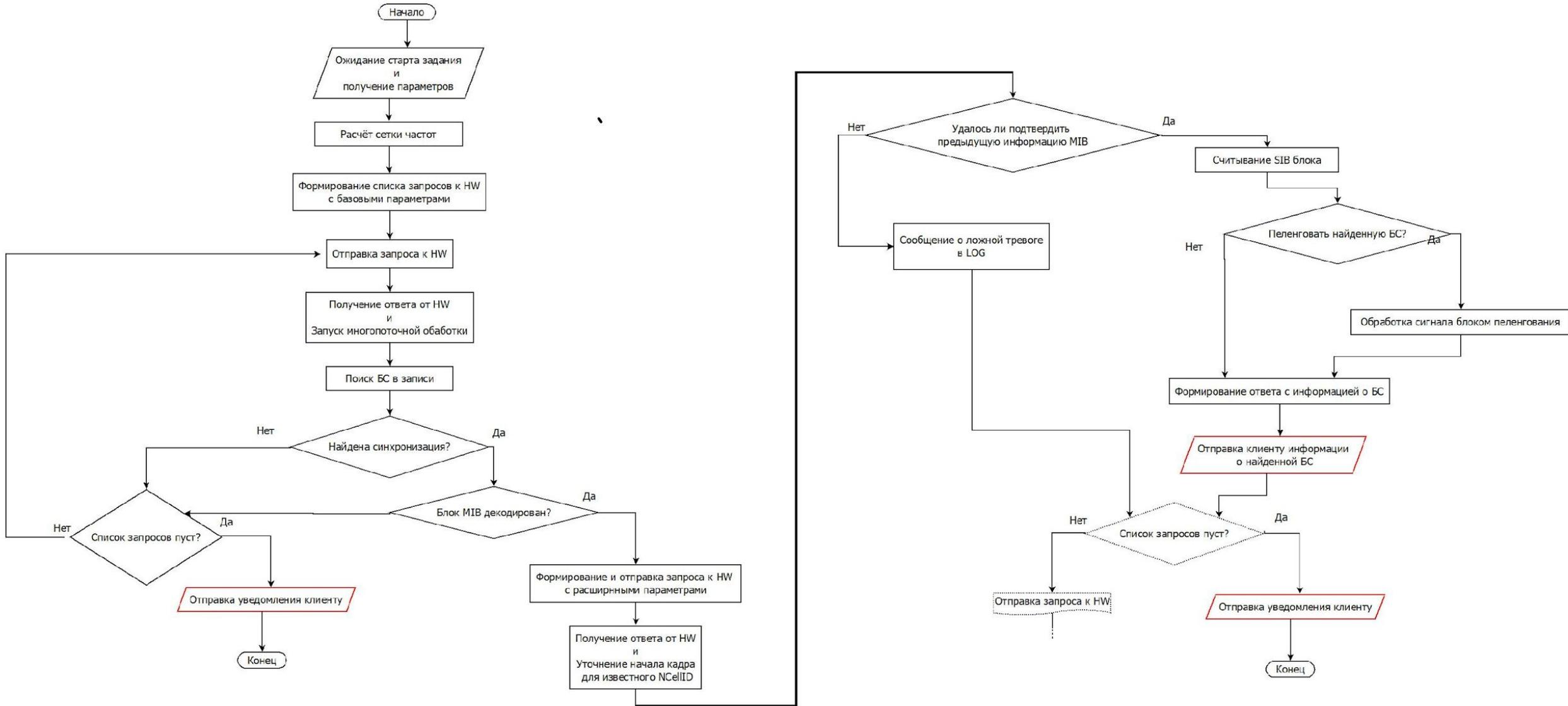


модификация

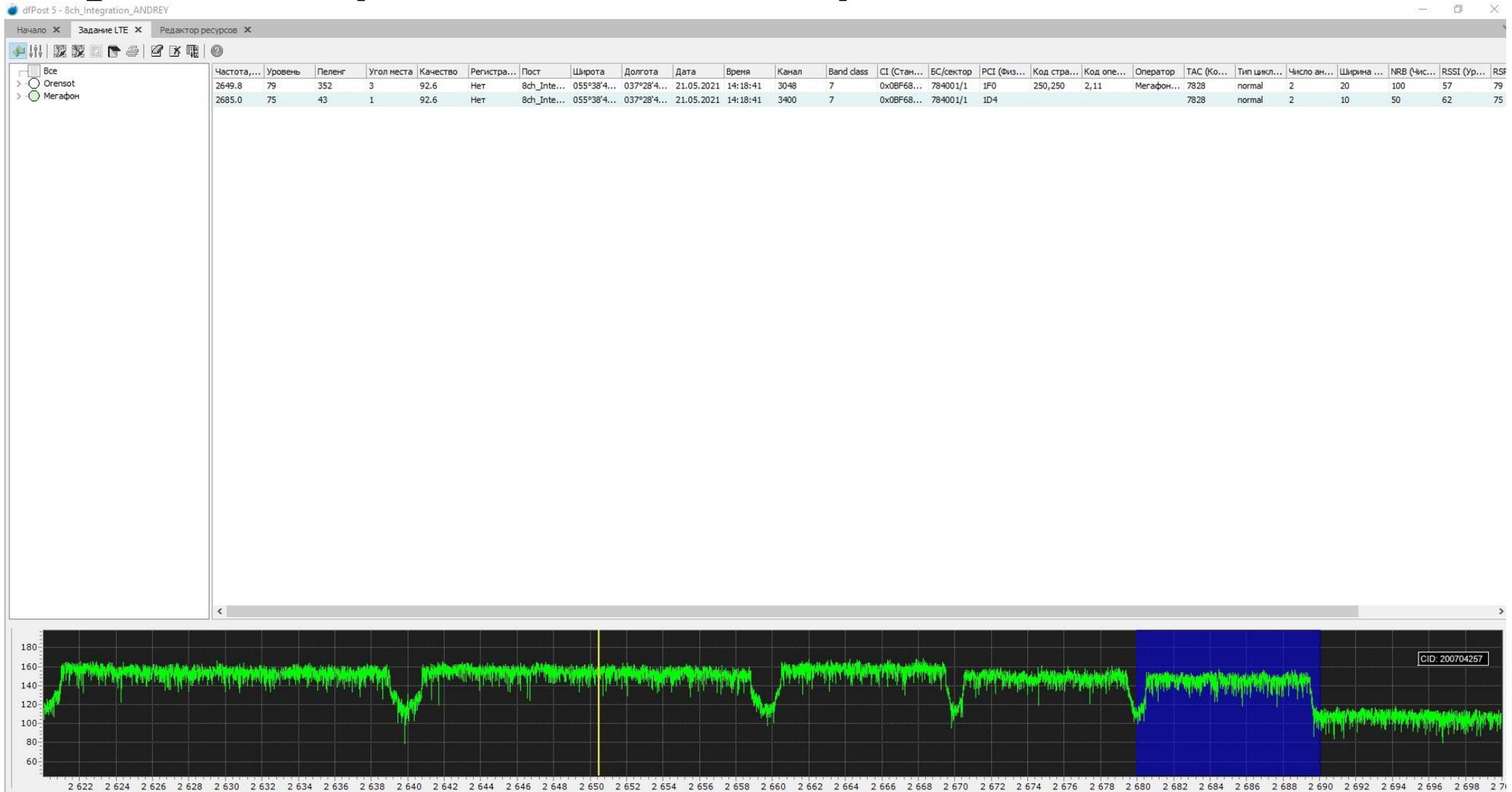


Результаты скарирования по скорости

Модифицированный алгоритм обработки клиентского запроса



Результат работы алгоритма



Скорость
работы

Заключение

- В ходе данной работы были реализованы описанные алгоритмы с использованием языка C++

Конечным вариантом был выбран алгоритм, выполняющий параллельную обработку при обнаружении

- Реализовано ПО управления DSP(tci6614ku), выполняющее функции менеджера при работе с ПУ и FPGA
- Полученные результаты удовлетворяют ТЗ