

# Возможность организации железнодорожной GSM-сети для обмена информацией и мониторинга инфраструктуры при помощи программно-определяемого радио

Д. Р. Богданов, Д. Н. Роенков

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

danilja2@mail.ru, roenkov\_dmitry@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы, связанные с организацией GSM-сети на основе программно-определяемого радио (SDR), в том числе особенности конфигурирования базовой станции. Проводится анализ достоинств и недостатков системы для ее применения в интересах железнодорожных пользователей, оцениваются возможности аппаратно-программного комплекса как средства мониторинга состояния элементов железнодорожной инфраструктуры.

**Ключевые слова:** GSM-сеть, железнодорожная радиосвязь, SDR, передача данных по радиоканалу, базовая станция, мониторинг состояния железнодорожной инфраструктуры

## I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на железной дороге применение мобильной связи коммерческих операторов в качестве технологической радиосвязи ограничено. Предлагается рассмотреть технологию программно-определяемого радио, дающую возможность развертывания собственной GSM-сети и изучить преимущества, которые эта сеть обеспечит.

Авторами работы [1] произведена успешная попытка запуска GSM-сети при помощи программно-определяемого радио и выявлены следующие преимущества применения SDR в качестве базовой станции:

- широкий диапазон частот;
- наличие внутреннего генератора тактового сигнала, что делает схему независимой от других коммерческих операторов связи;
- управление и питание с помощью ПК;
- малое время отклика и низкая задержка;
- широкий спектр поддерживаемого оборудования (от устаревших моделей кнопочных телефонов до современных смартфонов).

## II. ОБЗОР ОБОРУДОВАНИЯ

В качестве SDR исследователи выбрали микросхему USRP B200mini-i. Она доступна для гражданского пользования и обладает широкими техническими характеристиками.

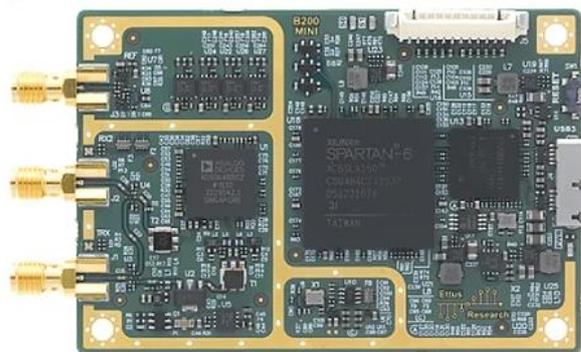


Рис. 1. Внешний вид платы USRP B200mini-i

Размер платы [2] не превышает визитную карточку. Диапазон частот составляет от 70 МГц до 6 ГГц. ВЧ интерфейс использует приемопередатчик RFIC AD9364 с полосой пропускания 56 МГц. Питание платы и высокоскоростное соединение с ПК обеспечивается через интерфейс USB 3.0. USRP B200mini-i также включает в себя разъемы для синхронизации со ссылкой на 10 МГц тактовой или опорного входного сигнала времени PPS.

С помощью USRP B200mini-i можно запустить такие сети, как AMPS, UMTS и даже LTE. К тому же плата легко интегрируется с программой GNU Radio через GR-UIHD, что значительно упрощает разработку систем мониторинга железнодорожной инфраструктуры.

Стоимость платы – от 50 тысяч рублей.

Также для абонентов потребуются телефоны с поддержкой GSM и SIM-карты от любых операторов связи.

## III. ОБЗОР ПО

Для конфигурирования USRP B200mini-i и последующей работы использовался персональный компьютер с операционной системой DragonOS [3]. Данная операционная система заточена под работу с SDR и содержит большое количество предустановленных компонентов для взаимодействия с радиосетями. К тому же DragonOS основана на дистрибутиве Debian, а значит содержит в своем составе менеджер пакетов dpkg, дающий доступ ко множеству

репозитория семейства Debian, что позволяет в любой момент установить желаемые пакеты.

Ключевым элементом сети является проект Osmocom [4] (open source mobile communications) – это программный проект с открытым исходным кодом, реализующий несколько стандартов мобильной связи, включая GSM, DECT, TETRA и другие. В его состав входят и последователи OpenBSC – проекта по разработке бесплатного программного обеспечения стека и элементов протокола GSM.

#### IV. НАСТРОЙКА КОНФИГУРАЦИИ СЕТИ

В составе операционной системы DragonOS уже имеются необходимые компоненты для запуска сети, достаточно лишь выполнить настройку Osmocom. Для конфигурирования сети исследователи изменяли следующие параметры:

- ARFCN – номер канала, на котором будет работать базовая станция. Исследователи рекомендуют использовать специальное ПО (например, Net Monitor), чтобы выяснить, на каких каналах работают базовые станции в округе и определить свободные.
- LAC – код зоны, применяемый для определения местоположения. Его влияние на работу минимально, но некоторые модели телефонов могут иметь проблемы с подключением, если он равен 0 или 1.
- CID – код соты. Выбор осуществлялся аналогично LAC.
- MCC – код страны. Для России – 250. Допускается изменение, но авторы исследования предупреждали, что не все телефоны смогут осуществить подключение к данной сети.
- MNC – код сети. Выбор осуществлялся из списка кодов MNC сотовых операторов (PLMN).
- Long name и Short name – имя сети, отображаемое в строке состояния на телефоне.

Затем исследователи начали выполнять конфигурирование таймслотов. Каждый из них настраивался на заданный тип канала. При этом уточняется, что базовая станция обязательно имеет широкополосный канал SCCH, который располагается на нулевом таймслоте определенного ARFCN. В процессе сканирования эфира телефон выполняет последовательное переключение частоты тюнера, измеряя мощность принимаемого сигнала. При обнаружении BTS с наиболее сильным сигналом, телефон переключается на ее канал синхронизации (SCH). После получения первого синхроимпульса, телефон определяет порядок следования таймслотов, а также идентификационные данные BSIC, которые состоят из NCC (Network Color Code) и BCC (Base station Color Code). Список разрешенных и запрещенных для подключения идентификаторов хранится на SIM-карте устройства.

В GSM используется метод временного разделения TDMA. Поток данных делится на фреймы, которые содержат таймслоты для приемопередающих устройств. Телефон обменивается данными с сетью в выделенные

ему временные интервалы. Подключение к сети включает сканирование эфира, выбор базовой станции с наибольшим сигналом, переключение на ее канал синхронизации, получение данных о порядке таймслотов и идентификации базовой станции. Информация об идентификаторах хранится на SIM-карте.

На этом этапе конфигурирование было завершено. После запуска скрипта, исследователи смогли развернуть сеть, которая поддерживала все функции мобильной сети: звонки, SMS, USSD-сервис.

#### V. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GPRS

Допускается возможность запуска GPRS при помощи Osmocom. GPRS представляет собой надстройку над сетью GSM, которая добавляет в нее возможность обмена пакетными данными. Сеть с поддержкой GPRS включает в себя следующие компоненты:

- PCU (Packet Control Unit) – устройство управления пакетами, позволяющее в паре с контроллером БС отправлять и принимать те же данные.
- SGSN (Serving GPRS Support Node) – узел, отвечающий за обслуживание абонентов – обмен пакетами, тарификацию, проверку APN (Access Point Name) точки доступа, распределение ресурсов.
- GGSN (Gateway GPRS Support Node) – шлюз, соединяющий сотовую сеть с другими сетями передачи данных.

Для работы GPRS на телефоне должна быть создана точка доступа, включающая в себя APN, лог-файлы и пароль. Обычно она создается сразу при регистрации в сети оператора и участие пользователя в этом не требуется. Также был активирован GPRS в конфиге, и были выделены пакетные данные для двух таймслотов.

После выполнения конфигурирования GPRS исследователи запустили интернет и установили, что скорости GPRS достаточно для открытия «легких» сайтов.

#### VI. ПРИМЕНЕНИЕ GSM НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ В РФ

В настоящее время в РФ применение GSM сильно ограничено. Основными причинами отказа от мобильной связи является невысокая надежность, юридические сложности использования оборудования коммерческих операторов связи и отсутствие свободных частот. Однако с развитием SDR и постепенным отказом операторов от 2G и 3G (отключение планируется произвести в 2027-2030 годах) [5] следует рассмотреть возможность использования данной технологии.

GSM-сеть может быть использована следующим образом:

- ведение служебных переговоров между сотрудниками (ДНЦ, ДСП, ТЧМ, РЕМ и другие);
- передача оперативной информации об инцидентах (несчастный случай, ухудшение погодных условий, авария на путях);
- передача бортовой информации с локомотива на станцию;

- удаленное ведение мониторинга состояния локомотива (радиостанции, системы электропитания, системы обогрева и освещения);
- удаленное ведение мониторинга устройств СЦБ (светофоры, реле, рельсовые цепи).

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация GSM-сети при помощи SDR является решаемой задачей. Данная сеть может быть изолированной и никак не соприкасаться с деятельностью коммерческих операторов связи. С каждым годом операторы связи отказываются от устаревших технологий и переходят на новые для увеличения скорости передачи информации, что позволяет занять освободившуюся нишу. Качество связи и скорость передачи данных будет соответствовать уровню 2010-х годов, чего достаточно для общения между сотрудниками железной дороги и передачи небольших объемов цифровой информации. Однако скорости передачи данных будет недостаточно для передачи потокового видео и массивных файлов.

На основе полученных результатов можно сформулировать следующие типы данных, которые могут быть переданы с помощью носимых радиостанций:

- точное время, часовой пояс, географические координаты, средняя скорость, телеметрия и иные параметры;
- данные мониторинга: состояние исправности систем локомотива, в том числе и радиостанций (частота, мощность, режим);
- небольшие лог-файлы с бортовых устройств.

Данная технология не заменит действующие радиосистемы на железнодорожном транспорте из-за особенностей своей архитектуры и принципов работы. Однако они могут повысить качество общения абонентов в условиях слабо развитой инфраструктуры радиосвязи при соответствии необходимым требованиям [6].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] GSM-сеть за пять минут при помощи SDR [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/timeweb/articles/784300/> (дата обращения 17.03.2024)
- [2] USRP B200mini-i [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://roboticsshop.ru/parts/parts-ettus/usrp-b200mini-i> (дата обращения 10.03.2024)
- [3] DragonOS [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sourceforge.net/p/dragonos-focal/wiki/Home/> (дата обращения 17.03.2024)
- [4] Open Source Mobile Communications [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.osmocom.org/> (дата обращения 15.03.2024)
- [5] Сроки полного отключения сетей 3G в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/24/10/2023/6537b8dd9a794761008e7ca2?ysclid=lupnufdx4699910318](https://www.rbc.ru/technology_and_media/24/10/2023/6537b8dd9a794761008e7ca2?ysclid=lupnufdx4699910318) (дата обращения 12.03.2024)
- [6] ГОСТ Р 56087.5-2014 Система национальных стандартов в области качества услуг связи. Качество услуг сотовой подвижной связи