

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ НА БАЗЕ *Raspberry PI*

Д.Ю. Румянцев, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, *Vobik2705@yandex.ru*;

Р.А. Андреев, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, НОЦ «БИС», *andreeffrom@mail.ru*;

С.В. Мышьянов, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, НОЦ «ТИОС», *mishyanov@gmail.com*.

УДК 621.391.8

Аннотация. По мере распространения мобильной связи появляется необходимость мониторинга параметров сети, для чего используются аппаратно-программные комплексы для измерений сетей мобильной связи различных стандартов. В рамках данной статьи рассмотрена вторая итерация разработки программно-аппаратного комплекса измерителя мобильной связи стандарта *GSM*, разработанного на базе *Raspberry PI*. Проведен анализ решений для измерения и анализа сетевого покрытия. Представлена общая структурная схема устройств. Разработано программное обеспечение и приведен пример листинга программы для получения сведений о доступных операторах с радиомодуля. Рассмотрена проверка работоспособности комплекса в реальных условиях.

Ключевые слова: мобильная связь; измерения; *GSM*; *Raspberry PI Zero*; *Python*.

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR MEASUREMENT OF MOBILE COMMUNICATION NETWORK PARAMETERS ON THE *Raspberry PI* BASIS

D.Yu. Rumyantsev, graduate student of St. Petersburg state university of telecommunications n/a prof. M. A. Bonch-Bruevich;

R.A. Andreev, head of REC «BIS» of St. Petersburg state university of telecommunications n/a prof. M. A. Bonch-Bruevich;

S.V. Myshyanov, head of REC «TIOS» of St. Petersburg state university of telecommunications n/a prof. M. A. Bonch-Bruevich.

Annotation. With the spread of mobile communications it becomes necessary to monitor network parameters where hardware-software systems for measuring mobile networks of various standards are used. In the framework of this article the second iteration of the development of the hardware-software complex of the *GSM* standard mobile communications meter developed on the basis of *Raspberry PI* is considered. The analysis of solutions for the measurement and analysis of network coverage is made. The general block diagram of devices is presented. The software has been developed and an example of a program listing is provided for obtaining information about the available operators from the radio module. The verification of the efficiency of the complex in real conditions is considered.

Keywords: mobile communications; measurements; *GSM*; *Raspberry PI*; *Python*.

Введение

Для операторов мобильной связи знание о сильных и слабых сторонах предоставляемых ими услуг составляет основу для повышения конкурентоспособности и привлечения новых клиентов. Именно поэтому тестирование и анализ беспроводных сетей является одним из важнейших условий для повышения конкурентоспособности предоставляемых услуг и улучшения качества обслуживания клиентов. Для измерений сетей мобильной связи различных стандартов используются аппаратно-программные комплексы.

Постановка задачи

После анализа существующих решений измерителей сетей мобильной связи, было принято решение о разработке своего программно-аппаратного комплекса для измерений параметров сети мобильной связи. Данный комплекс может стать более доступной альтернативой уже существующим решениям. В качестве первого прототипа разработаем комплекс для измерений параметров сети *GSM*. Разрабатываемый комплекс должен обеспечивать следующие функциональные возможности: сбор, обработку и анализ данных, полученных с радио-модуля; вывод информации на дисплей; построение карты покрытия сети и расположения ближайших базовых станций; анализ и сохранение данных в памяти устройства.

В рамках проделанных научно-исследовательских работ были разработаны два комплекса для измерений параметров сетей мобильной связи на различных платформах: *Arduino*, *Raspberry*. В данной статье будет рассмотрена разработка программно-аппаратного комплекса на базе *Raspberry PI Zero*.

Разработка аппаратной составляющей комплекса

Для реализации аппаратной составляющей программно-аппаратного комплекса для измерений параметров сетей мобильной связи, необходимо провести подбор оборудования, а также элементной базы для каждого из выше приведенных блоков.

В качестве модуля обработки информации используется одноплатный компьютер *Raspberry PI Zero*. На *Raspberry* установлена операционная система *Raspbian*, программное обеспечение написано на языке программирования *Python* [1].

С помощью встроенного интерфейса *UART* (последовательного порта) на аппаратном уровне реализуется управление модулем измерения и чтение информации из него. Полученная информация обрабатывается и выводится на *TFT*-дисплей через интерфейс *SPI*.

Помимо вывода данных о качестве мобильной сети, в программном обеспечении предусмотрено ведение лог-файлов текущей сессии измерения, сохранение полученных карт покрытия и данных о ближайших базовых станциях.

Для прототипа измерителя сетей мобильной связи на базе *Raspberry PI* был выбран радио-модуль *SIMCom SIM800L*. Данный модуль работает в четырех диапазонах частот *GSM850/GSM900/DCS1800/PCS1900*. *SIM800L* подключен к *Raspberry PI Zero* через последовательный интерфейс *UART*. Процесс передачи данных осуществляется в бинарном виде с помощью изменения уровня напряжения на выходе *TX*. Взаимодействие с радиомодулем происходит посредством *AT*-команд, описанных в документации к каждому радиомодулю [2]. Модуль питания состоит из: *li-ion* аккумуляторов 18650; модуля для зарядки аккумуляторов *TP4056*; *DC-DC* преобразователя; фильтр питания.

Пользовательский интерфейс программно-аппаратного комплекса реализуется с помощью модуля ввода/вывода информации, состоящего из блока

управления, дисплея на базе драйвера *ILI9341* и индикатора работы комплекса. В программно-аппаратном комплексе модуль выполняет задачу вывода информации о качестве и параметрах сотовой сети в максимально удобной для восприятия форме, а также предоставляет пользователю возможность навигации по меню, переход между информационными окнами и т.п.

Разработанное устройство помещено в корпус РЭА с габаритными размерами 158x95,5x53 мм. Размер и исполнение корпуса подобраны таким образом, чтобы человек мог производить измерения, держа устройство одной рукой. Лицевая панель оборудована дисплеем и кнопками управления, торцевые стороны корпуса оборудованы *micro-usb* для зарядки устройства и подключения периферийных устройств, портом *HDMI* для вывода информации на экран, а также кнопкой включения устройства.

Следующим шагом разработки измерителя сетей мобильной связи является разработка программного обеспечения.

Разработка программного обеспечения

Основной концепцией в разработке программного обеспечения для измерителя сотовой связи стало сочетание использования процедурного и объектно-ориентированного программирования (ООП).

Процесс передачи данных между модулем обработки и измерения осуществляется с помощью последовательного интерфейса *UART*. Для работы с ним использовалась библиотека *PySerial*, входящая в состав стандартной библиотеки языка *Python* [3-5].

Примером применения ООП в разработке программного обеспечения может послужить использование класса «*GSM_module*» для работы с радио-модулем *SIM800L*. Данный класс содержит в себе набор методов, процедур и функций для работы с любыми *GSM* модулями, что при необходимости позволит масштабировать программное обеспечение для работы с несколькими модулями связи.

Ниже описан пример листинг программы для получения сведений о доступных операторах с радиомодуля:

```
operators_found = False
Operators = []
get_operators = 'AT+COPS=?' + '\r\n'
self.port.write(get_operators)
response = self.port.readline()
while not operators_found:
    response = self.port.readline()
    if (str(response).startswith("+COPS")):
        operators_found = True
response = response.replace("", "")
response = response.replace(')', ',')
response = response.split('')
del response[0]
del response[-2]
del response[-1]
for element in range(len(response)):
    response[element] = response[element].replace('MOTIV', 'TELE2')
    response[element] = response[element].split(',')[2]
Operators.append(response[element][2])
```

Ввиду того, что полный код программного обеспечения содержит в себе тысячи строк кода, дальнейшее описание работы программы приведем в виде блок-схемы с последующими комментариями. Блок-схема программы изображена на рис. 1.

Работа программно-аппаратного комплекса начинается с инициализации системы. Во время нее происходит вывод на экран приветствия, сигнализирующего о том, что *Raspberry PI* завершила загрузку ОС и совершает работу в штатном режиме.

Далее происходит установка соединения с модулем измерения и его конфигурация для дальнейшей работы. В случае успешной конфигурации программа переходит в нормальный режим работы, во время которого в бесконечном цикле происходит анализ данных от модуля измерения и вывод их на дисплей.

Также, во время работы устройство ведет запись всех данных, полученных от модуля измерения, в формате текстового лог-файла (уровень сигнала, текущие координаты, таблица базовых станций, отношения сигнал/шум), а также в виде скриншотов карт покрытия и координат расположения базовых станций. Схема интерфейсов программного обеспечения изображена на рис. 2.

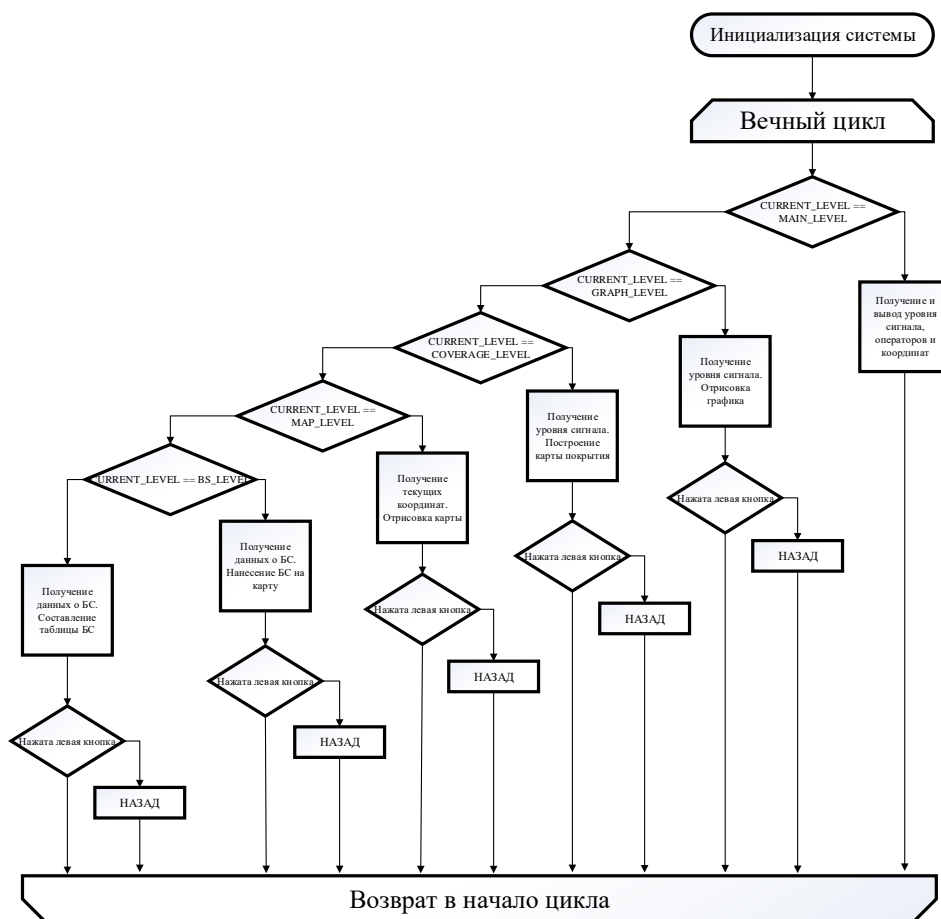


Рисунок 1

Интерфейс устройства состоит из нескольких информационных окон. После инициализации системы и приветствия, пользователь попадает в главный экран, на котором отображена основная информация о сети – уровень сигнала, текущие

Для начала проведем измерения, не требующие перемещение на местности. По умолчанию, указатель меню находится на строке «Уровень сигнала». Следовательно, нажатие кнопки «вправо» переместит пользователя в дочернее окно «График уровня сигнала в дБм» (рис. 3). График обновляется в реальном времени.

Переход в следующее окно отобразит карту покрытия в данной точке. В зависимости от уровня, принимаемого модулем измерения сигнала, точки на карте, обозначающие местоположение базовых станций, отличаются по цвету: -10 – (минус) 40 – зеленый; -40 – (минус) 50 – синий; -50 – (минус) 70 – оранжевый.

Третье окно выводит информацию о каждой из ближайших базовых станций. Как видим, наилучший уровень сигнала в -34 дБм в данном районе у базовой станции оператора «MTS».

Заключение

Данное устройство является второй итерацией разработки программно-аппаратного комплекса для измерений сетей мобильной связи. Устройство удовлетворяет функциональным возможностям, описанным в начале статьи:

- Сбор, обработка и анализ данных о мобильной сети.
- Вывод информации на дисплей.
- Построение карты расположения ближайших базовых станций.
- Построение карты покрытия сети.
- Анализ и сохранение данных в памяти *Raspberry PI*.
- Автономная работа до 12 часов.

Кроме того, форм-фактор корпуса устройства позволяет использовать его не только в качестве измерителя связи, но также проводить анализ полученных данных в графической среде операционной системы *Raspbian*. В отличие от разработки на базе *Arduino Mega*, данное устройство позволяет строить карты покрытия в реальном времени за счет того, что в систему *Raspbian* есть возможность загрузить и использовать «*GoogleMap*» или «*Яндекс.Карты*». Также при данной конфигурации оборудования достигается автономная работа устройства при непрерывных измерениях в размере 2 час 30 мин. Данное устройство является одним из этапов создания программно-аппаратного комплекса для измерений сетей мобильной связи.

Следующим этапом разработки будет расширение списка поддерживаемых стандартов до полноценной поддержки всех существующих стандартов связи *GSM/WCDMA/LTE/NB-IoT* диапазонов частот, доступных на территории Российской Федерации. Также при нехватке аппаратных и вычислительных мощностей планируется смена аппаратной платформы с одноплатного компьютера *Raspberry* на промышленный компьютер с пассивным охлаждением.

Литература

1. Monk S. *Raspberry PI cookbook: Software and hardware problems and solutions*. – «O'Reilly Media, Inc.», 2016
2. Таранков И. В. Руководство по использованию AT-команд для GSM/GPRS модемов // М.: ЗАО Компэл. – 2005.
3. Shaw Z. A. *Learn Python The Hard Way*. – 2010. – 391 с.
4. Sobell M.G. *A practical guide to Linux commands, editors, and shell programming*. – Prentice Hall, 2013.
5. Лутц М. *Python. Карманный справочник*. // Вильям Издательский дом, 2019. – 320 с.

6. Ефимушкин В.А. и др. Особенности оценки качества услуг сети подвижной радиотелефонной связи // Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт, 2013. – №. 7.
7. Решение Nemo Outdoor. – 2019 – URL: <https://www.keysight.com/ru/pd-2765544/nemo-outdoor?cc=RU&lc=rus>
8. Аппаратно-программный комплекс для контроля работы радиointерфейса TEMS Investigation InfoVista. – 2019 – URL: <https://www.2test.ru/solutions/seti-peredachi-dannykh/resheniya-dlya-drayv-testov-i-benchmarkinga/apparatno-programmnyu-kompleks-dlya-kontrolya-raboty-radiointerfeysa-ascom-tems-investigation.html>
9. Бабков В.Ю., Цикин И.А. Сотовые системы мобильной радиосвязи: учеб. Пособие / В.Ю Бабков, И.А. Цикин. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2011. – 426 с.