

# Осваиваем Wi-Fi-модуль WF121

Сергей Стукало, к. т. н.  
stukalo.s@mt-system.ru

**М**одуль WF121 (рис. 1) производства финской компании Bluegiga представляет собой законченное Wi-Fi аппаратно-программное решение, поддерживающее встречную работу с изделиями стандартов 802.11 b, g, n на частотах диапазона 2,4 ГГц. Выбор режима работы реализуется с помощью программного обеспечения. Модуль может работать с использованием 13 каналов в диапазоне частот 2402–2480 МГц. В самом общем случае, в режиме, использующем стандарт 802.11b, модуль работает на центральной частоте 2,4 ГГц с максимальной скоростью до 22 Мбит/с.

## Начало работы

Для изучения модуля WF121 и начала работы с ним производитель рекомендует использовать отладочное средство DKWF121 (рис. 2). В его комплект входят:

- отладочная плата DKWF121 с модулем WF121;
- отдельный модуль WF121;
- краткое руководство по началу работы DKWF121 Wi-Fi Module Development Kit, Quick Start Guide;
- программатор PICkit 3 с соединительным кабелем;
- SPI-отладчик;
- кабель USM — microUSB.

Всю доступную документацию по модулю WF121 и необходимое для работы с ним программное обеспечение можно найти на сайте

производителя и его официального дистрибьютора в России, компании «МТ-Систем».

Программа Wi-Fi GUI для общего ознакомления с работой модуля и его основными характеристиками находится в архиве с софтом и прошивками для работы с WF121. Ее можно скачать на странице продукта, воспользовавшись активной ссылкой «Программное обеспечение для платы DKWF121».

Перед началом работы необходимо перевести джамперы и переключатели в следующие положения:

- UART1 и UART2 в положение «ON»;
- VDD\_PA — в положение 3V3;
- CURR\_MEAS — в положение пинов 3 и 4.

Подключение отладочной платы DKWF121 к компьютеру:

- Подсоединить кабель USB-microUSB к порту USB to UART CONVERTER платы DKWF121 и к USB-порту компьютера.
- Переключатель Board power перевести в положение «ON».
- Убедиться, что загорелся зеленый светодиод.



Рис. 1. Внешний вид модуля WF121



Рис. 2. Внешний вид отладочного средства DKWF121

Технология Wi-Fi была предложена в 1991 г. корпорацией NCR Corporation / AT&T. В основу технологии легла методика передачи данных по радиоканалу с использованием сложных методов модуляции и кодирования излучаемого сигнала, позволяющих получить высокие скорости передачи в достаточно узких частотных полосах. Высокая скорость передачи и сейчас является главным преимуществом Wi-Fi перед другими технологиями, использующими те же или близкие диапазоны частот (Bluetooth, ZigBee). Wi-Fi-устройства используют метод расширения спектра радиосигнала DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) — расширение спектра посредством наложения прямой последовательности.

Технология Wi-Fi используется для организации высокоскоростных беспроводных локальных сетей, работающих в диапазонах частот 2,4 и 5 ГГц (ISM). Области применения технологии связаны с сетями доступа в Интернет (домашние сети, сети в кафе, ресторанах, гостиницах), беспроводной передачей высокоскоростного трафика (IP-телефония, видеoinформация, промышленная телеметрия). Широко применяется Wi-Fi в беспроводных телеметрических системах на транспорте. Практически все беспроводные видеоредакторы и регистраторы скорости, установленные на автомагистралях, используют Wi-Fi. Эта технология широко используется для организации локальных сетей в офисах, выполнения беспроводных врезок между зданиями и промышленными объектами (технология последней мили).

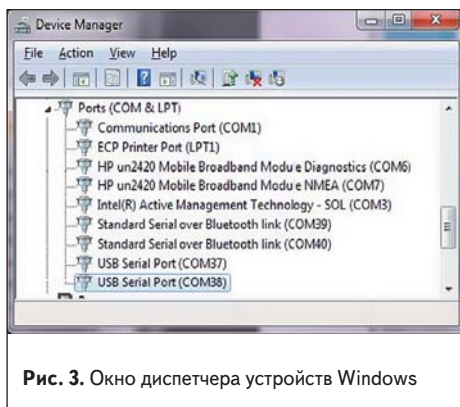


Рис. 3. Окно диспетчера устройств Windows

- Операционная система должна распознать FTDI-преобразователь и автоматически установить драйверы. В диспетчере устройств Windows должны появиться два новых виртуальных COM-порта (рис. 3).

В случае если драйвер FTDI FT232-RL не установится самостоятельно, его следует скачать с сайта FTDI: [www.ftdichip.com/FTDrivers.htm](http://www.ftdichip.com/FTDrivers.htm) и установить вручную.

## Начало работы с Wi-Fi GUI

Для работы с Wi-Fi GUI не требуется изучать команды управления. Взаимодействие с модулем сводится к нажатию виртуальных кнопок и заполнению полей в графическом интерфейсе программы. В то же время программа отображает отправляемые на модуль данные в виде API-функций бинарного интерфейса Bluegiga BGAPI binary command.

Для запуска программы необходимо зайти в папку *bin* и запустить файл *wifigui.exe*. В окне программы перейти на вкладку (страницу) **Device**. Выбрать младший из двух виртуальных COM-портов (UART2) (на рис. 4 это COM9), и выставить скорость 115200. Нажать кнопку **Attach** для открытия порта.

Если соединение с портом прошло успешно, то в верхней части окна появится надпись «USB Serial Port (COM\*\*): 115200» и кнопка **Retrieve info**. Но успешное соединение означает только то, что компьютер соединился с преобразователем USB to UART. Для проверки установления соединения с модулем и получения параметров его настройки необходимо нажать кнопку **Retrieve info**; при успешном выполнении команды в нижней части окна программ в окне **log** появятся сообщения с настройками модуля (рис. 5). Если этого не произошло, то в модуле, скорее всего, отсутствует прошивка или она неверна и не удастся сделать запись в модуль с помощью файла прошивки *\*\*\*.dfu* и ПО Wi-Fi GUI. В этом случае предлагается следовать Инструкции по перепрошивке модуля WF121 и Примечанию 1 (см. далее).

Если все прошло успешно, то модуль (в нашем случае это отладочная плата DKWF121 с напаянным на нее модулем) и ПО Wi-Fi GUI готовы к дальнейшей работе.

### Примечание 1

Модуль на плате DKWF121 может быть не прошит или содержать неработоспособную прошивку (из-за некорректно закончившейся операции изменения программного обеспечения). Для первичной прошивки flash необходимо

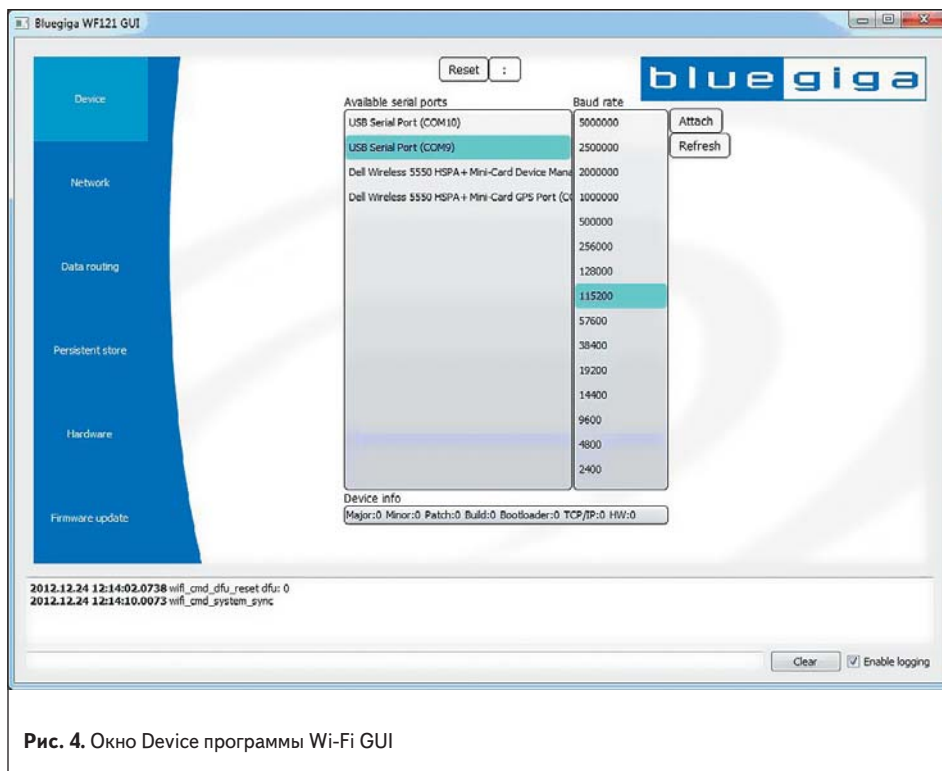


Рис. 4. Окно Device программы Wi-Fi GUI

воспользоваться программатором PICKit 3 от Microchip из комплекта отладки. При этом действовать необходимо строго по инструкции REFLASHING DKWF121 WITH PICKIT 3 APPLICATION NOTE [10].

### Инструкция по перепрошивке модуля WF121

- Необходимо скачать программу PICKit 3 Stand Alone Programmer for Windows, ее можно найти на сайте «MT-Систем». Разархивировать и установить программу.
- Подключить программатор к компьютеру при помощи USB-кабеля. Подключить плату DKWF121 к компьютеру и включить.

- Соединить программатор и плату, используя для этого разъем J11.
- Запустить программу PICKit 3.
- В окне программы выбрать устройство (Device) PIC32MX695F512H из выпадающего меню (рис. 6).
- Нажать кнопку **Erase**, после успешного завершения операции в меню **File**→**Import** выбрать файл с расширением *\*\*\*.hex* из папки *\wifi\fw* (предпочтительнее *WF121.hex*) или *\wifi\example*. Если выбрана прошивка *WF121.hex*, то будет доступен UART2 (младший из двух виртуальных USB-портов) на скорости 115200.

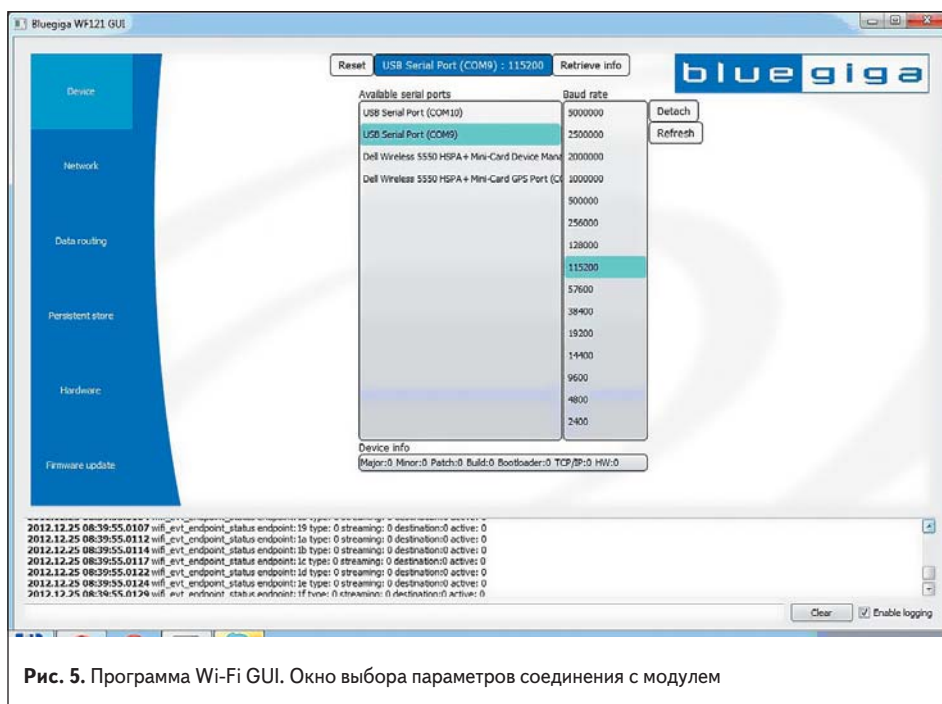


Рис. 5. Программа Wi-Fi GUI. Окно выбора параметров соединения с модулем

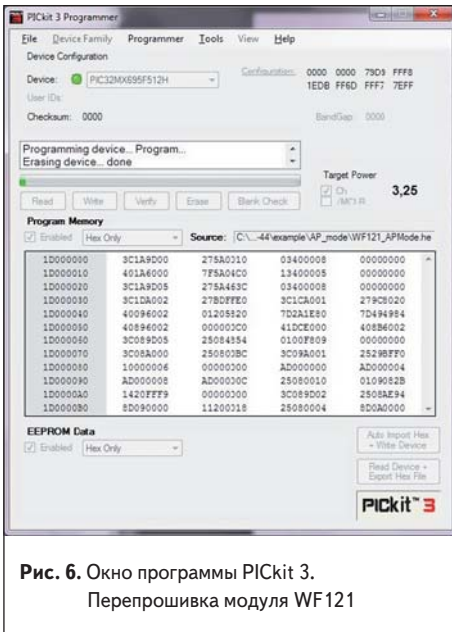


Рис. 6. Окно программы PICKIT 3. Перепрошивка модуля WF121

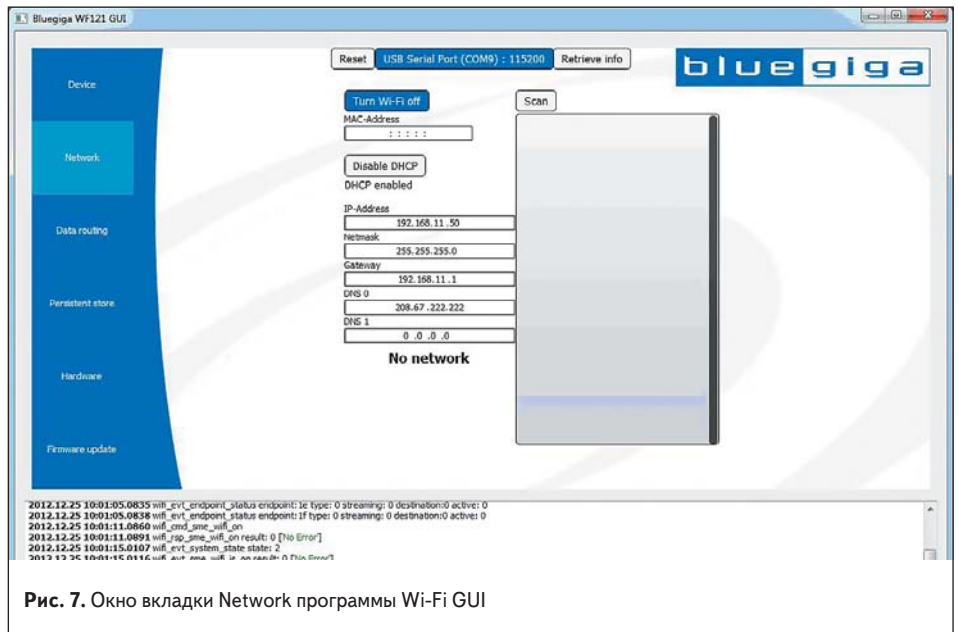


Рис. 7. Окно вкладки Network программы Wi-Fi GUI

- Нажать кнопку **Write**. Дождаться успешного завершения операции. Закрыть программу, отключить программатор от платы. Перезапустить отладочную плату.
- После данной операции будет стерт MAC-адрес модуля. Для его установки необходимо выполнить по пунктам шаги из «Начало работы с Wi-Fi GUI» (см. выше).
- После выполнения предыдущего пункта перейти во вкладку **Network** программы Wi-Fi GUI. Нажать кнопку **Turn Wi-Fi on**, дождаться, пока она станет постоянно синей; внизу окна в логах появится информация об изменениях состояния модуля (рис. 7).
- Ввести MAC-адрес (для примера 00:07:80:00:00:01) в соответствующую строку. В нижней части страницы в окне **log** появится информация об установке MAC-адреса (рис. 8).  
Дальнейшую работу с отладкой вести согласно Руководству пользователя WF121 GUI

SOFTWARE User Guide, которое также можно найти на сайте «MT-Систем».

В пунктах 3.1–3.4 Руководства показаны работа ПО Wi-Fi GUI и отладки DKWF121.

В пункте 3.5 приведена инструкция по смене прошивки при помощи Wi-Fi GUI файлами **\*\*\*.dfu**. При таком способе перепрошивки модуля его MAC-адрес не стирается.

В пункте 4 Руководства приведены примеры работы Wi-Fi GUI с отладкой DKWF121.

### Отладочное средство DKWF121

На плате DKWF121 имеется хорошо продуманное монтажное поле, на котором разработчик может распаять управляющий микроконтроллер и/или внешние аппаратные узлы разрабатываемого устройства. Тем самым может быть значительно сокращено время на этапе его макетирования и функциональной отладки. Для работы модуля в минимальной

конфигурации достаточно подать на него питание и подключить линии UART.

Особенностью Wi-Fi-модуля WF121-A является возможность загрузки в него простых скриптов, позволяющих создавать законченное беспроводное решение даже без использования внешнего микроконтроллера. Использование модуля WF121-A не требует знаний Wi-Fi-протокола. Встроенный в модуль TCP/IP-стек (протоколы IP, UDP, TCP, ICMP, DHCP) делает возможным подключение к имеющейся Wi-Fi-сети любого устройства, построенного даже на базе мало-мощного 8-битного микроконтроллера.

Взаимодействие с модулем происходит через скоростной UART-интерфейс (до 20 Мбит/с). Для упрощения работы с командным интерфейсом Bluegiga предоставляет разработчику Си-библиотеку Bluegiga BGLib ANSI C Library, включающую функции выполнения типовых операций и парсер протокола Bluegiga BGAPI binary command.

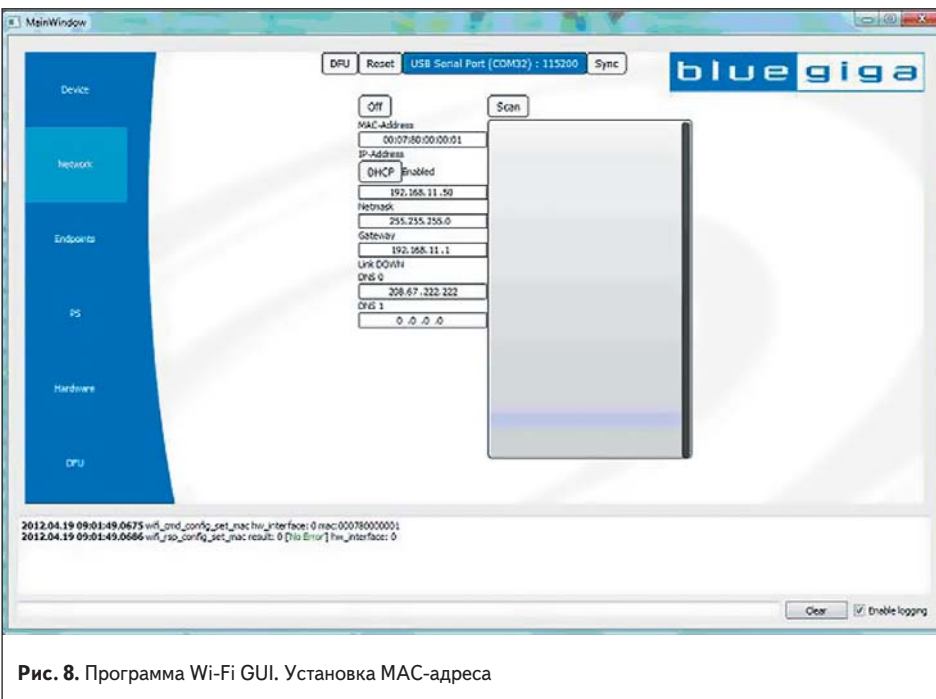


Рис. 8. Программа Wi-Fi GUI. Установка MAC-адреса

### Практические аспекты использования модулей WF121

Использование модулей WF121 в конкретных пользовательских приложениях иллюстрирует рис. 9. Модули обеспечивают функционирование высокоскоростного радиointерфейса, обеспечивая связность в сети передачи данных. При этом в качестве шлюза, через который ведется обмен, может выступать такой же модуль, устанавливаемый на стороне управляющего сервера и поддерживающий режимы функционирования Wi-Fi Router или AP. С использованием Wi-Fi-модулей наиболее часто реализовываются следующие решения:

- Системы мониторинга транспорта типа off-line. Перенос информации с объектов наблюдения на компьютер диспетчера осуществляется по прибытии транспортного средства на базу через радиointерфейс Wi-Fi.
- Системы промышленного мониторинга он-лайнного типа. Модули Wi-Fi с поддержкой стека сетевых протоколов TCP/IP являются наиболее логичной заменой модулей GSM/GPRS в тех ситуациях, когда мониторинг ведется на ограниченной территории, а объем данных значителен и имеет стабильный характер.



Основные радиочастотные параметры модуля WF121 при его работе с использованием стандарта IEEE 802.11b приведены в таблице 1. Стандарт 802.11b предназначен для устройств, работающих на частотах диапазона 2,4 ГГц с максимальной скоростью до 11 Мбит/с (диапазон доступных скоростей представлен значениями 1, 2, 5,5 и 11 Мбит/с).

Стандарт 802.11g предназначен для устройств, работающих на частотах диапазона 2,4 ГГц с максимальной скоростью до 54 Мбит/с (диапазон доступных скоростей представлен значениями 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 и 54 Мбит/с). Этот стандарт задумывался как универсальный. Поэтому в нем допускаются методы расширения спектра, используемые в предыдущих версиях, а именно DSSS, OFDM, PBCC. Основные радиочастотные параметры модуля WF121 при его работе с использованием стандарта IEEE 802.11g приведены в таблице 2.

Выделенная для использования технологий стандарта 802.11g полоса частот в РФ составляет 2400–2483,5 МГц. Частотный план (Frequency Assignment Plan) рассчитывается по формуле, приведенной в таблице 2. Стандарт 802.11g полностью совместим с 802.11b. Основное отличие заключается в допустимых методах доступа к среде и используемых способах модуляции. В стандарте 802.11g используются рассмотренные выше технологии DSSS, PBCC, которые взяты из 802.11b (и тем самым обеспечивают совместимость с ним). Метод OFDM перенесен в него из стандарта 802.11a. Методы модуляции DBPSK, DBPSK, CCK, CCK, PBCC также заимствованы из стандартов 802.11a и 802.11b.

Стандарт 802.11n разработан для оборудования, функционирующего на центральных частотах диапазонов 2,4 ГГц и 5 ГГц с максимально возможной скоростью, вплоть до 600 Мбит/с. Для модуля WF121 диапазон доступных для использования скоростей в стандарте 802.11n представлен значениями 6,5; 7,2; 13; 14,4; 19,5; 21,7; 26; 28,9; 39; 43,3; 52; 57,8; 58,5; 65; 72,2 Мбит/с.

В модуле WF121 реализован только один частотный диапазон 2,4 ГГц. Стандарт основан на технологии OFDM-MIMO. В стандарте IEEE 802.11n максимальная скорость передачи данных в несколько раз больше по сравнению с предыдущими стандартами. Это достигается благодаря удвоению ширины канала с 20 до 40 МГц, а также за счет реализации технологии MIMO с использованием группы пространственно разнесенных антенн.

В основу технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output) положена идея применения раздельно нескольких передающих и приемных антенн, каждая из которых передает и получает свою копию сигнала, не коррелируемую в части помеховых и интерференционных потерь. В модуле WF121 нет полной поддержки MIMO, так как его работа обеспечивается только одной антенной. Поэтому максимально возможная скорость передачи для модуля WF121 ограничена 72,2 Мбит/с. Достигается она в режиме 802.11n при использовании метода модуляции 64QAM. Основные радиочастотные параметры модуля WF121 при его работе с использованием стандарта IEEE 802.11n приведены в таблице 3.

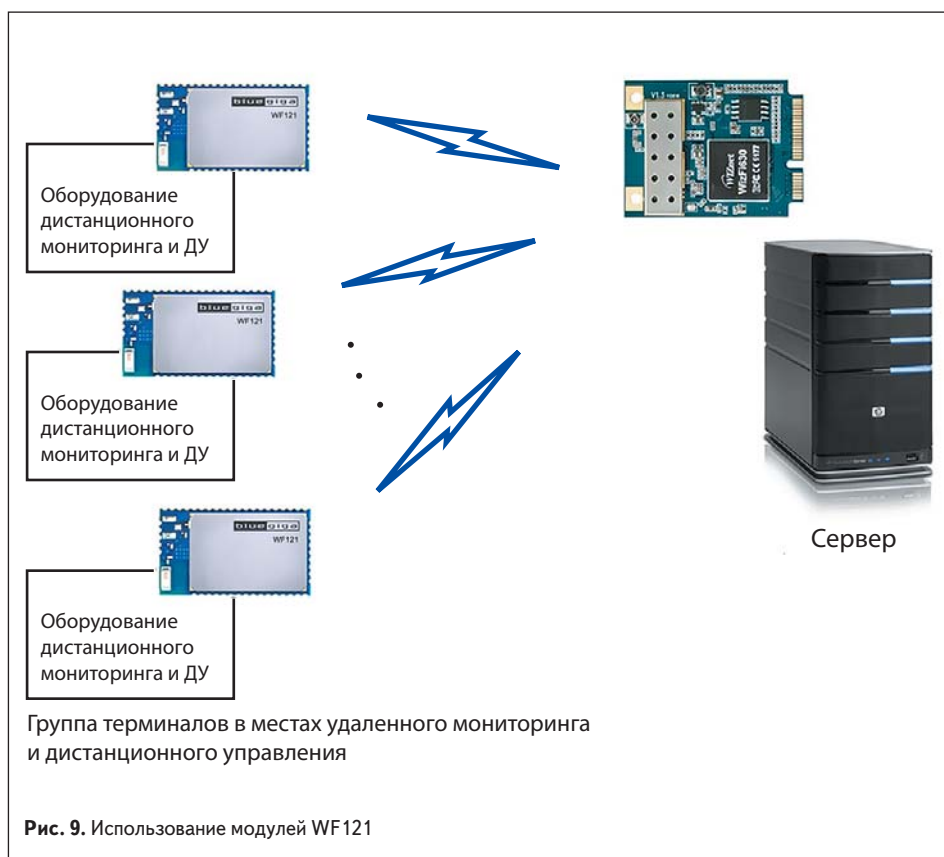


Рис. 9. Использование модулей WF121

Таблица 1. Характеристики радиоканала модуля WF121 при его работе в режиме поддержки протоколов стандарта IEEE 802.11b

Наименование параметра	Значение параметра	Используемый метод модуляции
Диапазон частот, МГц	2402–2480	
Метод расширения спектра	DSSS	
Частотный план	2412+5(n-1), где n = 1, 2...13	
Скорость передачи данных по радиоканалу, Мбит/с	1	DBPSK
	2	DBPSK
	5,5	CCK
	11	CCK
	22	PBCC
Максимальная излучаемая мощность, дБм	17	

Таблица 2. Характеристики радиоканала модуля WF121 при его работе в режиме поддержки протоколов стандарта IEEE 802.11g

Наименование параметра	Значение параметра	Используемый метод модуляции
Диапазон частот, МГц	2400–2483,5	
Методы расширения спектра	DSSS, OFDM, PBCC, DSSS-OFDM	
Частотный план	2412+5(n-1), где n = 1, 2...13	
Скорость передачи данных по радиоканалу, Мбит/с	1	DBPSK
	2	DQPSK
	5,5 и 11	CCK, PBCC
	12 и 18	QPSK
	24 и 36	16QAM
	48, 54 и 108	64QAM
	22 и 33	PBCC
Максимальная излучаемая мощность, дБм	15	

Таблица 3. Характеристики радиоканала модуля WF121 при его работе в режиме поддержки протоколов стандарта IEEE 802.11n

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон частот, МГц	2400–2483,5
Методы доступа к среде	Множественный доступ с контролем несущей и предотвращением коллизий
Число потоков MIMO, не менее	Для базовых станций – 2, для абонентских – 1
Число потоков MIMO, не более	4
Метод расширения спектра	OFDM
Частотный разнос между каналами, МГц	20 и/или 40
Количество поднесущих в канале	56 (при ширине канала 20 МГц)
Максимальная излучаемая мощность, дБм	15

Для работы устройств стандарта 802.11n в РФ выделена одна полоса в диапазоне частот 2,4 ГГц и две полосы в диапазоне частот 5 ГГц:

- 2400–2483,5 МГц;
- 5150–5350 МГц;
- 5650–6425 МГц.

Количество поднесущих в канале определено равным 56 при ширине канала 20 МГц и равным 114 при ширине канала 40 МГц. Частотный разнос частотных каналов может быть как 20, так и 40 МГц. Оборудование Wi-Fi в стандарте 802.11n может работать в трех режимах:

- режим предыдущих версий (Legacy), в котором обеспечивается поддержка всех предыдущих версий стандарта 802.11b, g (нет поддержки 802.11n);
- смешанный режим (Mixed), в котором обеспечивается поддержка всех предыдущих версий стандарта 802.11b, g и частичная поддержка 802.11n;
- высокоскоростной режим (High Throughput, HT), в котором обеспечивается только полная поддержка 802.11n, но не поддерживаются предыдущие версии стандартов.

В модуле WF121 реализованы только первые два режима. Режим High Throughput не поддерживается.

Модуль содержит аппаратную часть, встроенное программное обеспечение, микроконтроллер, встроенные TCP/IP-стеки (802.11 MAC) и изготовлен на базе чипа Cambridge

Silicon Radio CSR6031 UniFi. В WF121 используется 32-разрядный микроконтроллер PIC32MX695H, имеющий следующие характеристики: MIPS-архитектура, 80 МГц, 128 кбайт RAM и 512 кбайт Flash. Чувствительность приемника составляет –97 дБм (опорный уровень относительно 1 мВт). Максимальная мощность передатчика +17 дБм. Питание модуля 3,3 В постоянного стабилизированного напряжения. Максимальное пиковое значение тока потребления составляет 400 мА. В режиме передачи модуль расходует 300 мА. В режиме приема ток потребления составляет 120 мА. Модуль выполнен в форм-факторе для печатного монтажа. На его корпусе имеются 13 контактных площадок для постоянных сигналов: питание, земля, антенна, USB VBUS INPUT, Reset и др. Кроме того, имеются 38 конфигурируемых вводов/выводов.

Встроенные стеки TCP/IP и 802.11 MAC позволяют поддерживать протоколы: IP, TCP, UDP, DHCP, DNS, Bluegiga BGAPI, Bluegiga BGScript. Диапазон рабочих температур –40...+85 °С. Габаритные размеры модуля 15,4×26,2×2,1 мм. Модуль соответствует всем международным стандартам и имеет сертификаты CE, FCC, IC, Teleg.

Летом 2013 г. компания Bluegiga выпустила новую аппаратную и программную ревизию модуля WF121. Цель проведенной ревизии — повышение устойчивости работы модуля при его практическом использовании в пользовательских решениях. ■

## Литература

1. [www.bluegiga.com](http://www.bluegiga.com)
2. WF121 Wi-Fi Module. Datasheet. May, 2012. V. 1.0.
3. Министерство связи и массовых коммуникаций. Приказ от 14 сентября 2010 г. № 124 «Об утверждении Правил применения оборудования радиодоступа. Часть I. Правила применения оборудования радиодоступа для беспроводной передачи данных в диапазоне от 30 МГц до 66 ГГц» (зарегистрировано в Минюсте РФ 12.10.2010 № 18695).
4. DKWF121 — WF121-A 802.11 B/G/N Module Evaluation Board. Datasheet. August, 2012. V. 0.5.
5. Алексеев В. Интеллектуальные Wi-Fi-модули производства Bluegiga // Беспроводные технологии. 2012. № 3.
6. [http://mt-system.ru/sites/default/files/docs/wlan/Bluegiga/Wi-Fi\\_BGScript\\_reference\\_v01.pdf](http://mt-system.ru/sites/default/files/docs/wlan/Bluegiga/Wi-Fi_BGScript_reference_v01.pdf)
7. <http://mt-system.ru/catalog/besprovodnye-reshenija/wlan/bluegiga/wf121/>
8. <http://mt-system.ru/sites/default/files/docs/wlan/Bluegiga/wifi-0.3.0-25.zip>.
9. [http://mt-system.ru/sites/default/files/docs/wlan/Bluegiga/wi-fi\\_gui\\_user\\_guide\\_v1.1.pdf](http://mt-system.ru/sites/default/files/docs/wlan/Bluegiga/wi-fi_gui_user_guide_v1.1.pdf)
10. [http://mt-system.ru/sites/default/files/docs/wlan/Bluegiga/reflashing\\_dkwf121\\_with\\_pickit\\_3\\_v0.2.pdf](http://mt-system.ru/sites/default/files/docs/wlan/Bluegiga/reflashing_dkwf121_with_pickit_3_v0.2.pdf)
11. [http://mt-system.ru/sites/default/files/docs/wlan/Bluegiga/pickit\\_3\\_programmer\\_1\\_0\\_setup\\_a.zip](http://mt-system.ru/sites/default/files/docs/wlan/Bluegiga/pickit_3_programmer_1_0_setup_a.zip)
12. [www.ftdichip.com/FTDrivers.htm](http://www.ftdichip.com/FTDrivers.htm)