

Новый Bluetooth-модуль WT11i Bluegiga

Ведущий производитель интеллектуальных Bluetooth-модулей — финская фирма Bluegiga — выпустила новый модуль WT11i, который заменил хорошо известный модуль WT11. Начиная с 2012 г., предыдущая модель WT11 недоступна для заказа. Вместо нее нужно использовать pin-to-pin совместимую модель WT11i [1, 2]. Новый модуль обладает улучшенными характеристиками (чувствительность, радиус действия, энергопотребление) и в настоящее время не имеет аналогов в своем классе.

Виктор Алексеев
victor.alexeev@telemetry.spb.ru

Технические характеристики модуля WT11i

Модуль WT11i изготовлен в соответствии с требованиями нового стандарта Bluetooth 2.1 + EDR, класс 1. В моделях поддерживается функция AFH (Adaptive Frequency Hopping), позволяющая Bluetooth-устройствам работать в зоне действия Wi-Fi устройств, совместимых со стандартом 802.11. Модуль предназначен для работы в нелицензируемом диапазоне рабочих частот (ISM) 2402–2480 МГц. Используются следующие методы модуляции: 1 Мбит/с — GFSK (BDR); 2 Мбит/с — P/4DQPSK (EDR), 3 Мбит/с — 8DPSK (EDR).

В новой версии улучшена стабильность соединения между Bluetooth-устройствами, а также упрощен сам процесс соединения. Благодаря новой технологии модули потребляют значительно меньше энергии. Вместе с тем увеличена чувствительность приемника до –85 дБм (опорный уровень на милливатт). Кроме того, улучшена безопасность соединений, которая минимизирует возможность перехвата данных третьим лицом.

Модуль WT11i обеспечивает максимальную скорость передачи данных до 3 Мбит/с на расстоянии до 600 м в зоне прямой видимости. По сравнению с предыдущей моделью увеличена выходная мощность до 17 дБм. При чувствительности модуля –85 дБм Rx энергетический

баланс линии составляет 102 дБм. Модель WT11i предназначена для использования в следующих областях:

- переносные платежные терминалы;
- беспроводные промышленные датчики;
- беспроводные кассовые аппараты;
- беспроводная периферия для персональных компьютеров;
- персональные беспроводные медицинские приборы;
- Bluetooth-точки доступа;
- беспроводное автомобильное диагностическое оборудование.

Модуль WT11i представляет собой полностью законченное устройство и содержит аппаратную часть, встроенное программное обеспечение (стек протоколов Bluetooth, профили и API, операционная система uCLinux, поддержка JAVA, TCP/IP-стек и др.). В состав аппаратной части входят: базовый чип BlueCore4, трансивер, контроллер связи (Base Band); управляющий контроллер, с помощью которого реализуются верхние уровни стека Bluetooth-протокола; встроенная память, предназначенная для согласования пользовательских приложений. Flash-память модуля предназначена для хранения протокола Bluetooth и прикладных программных блоков (Virtual Machine Applications). Предусмотрена также возможность использования в качестве RAM для временного хранения приложений пользователя (for memory-intensive applications). В модуле используется центральный процессор 16 bit XAP2.

Программное обеспечение модуля включает полный стек протоколов iWRAP Bluetooth stack, содержащий 14 встроенных Bluetooth-профилей. Модуль может работать с интерфейсом как ASCII, так и HCI.

Диапазон рабочих температур –40...+85 °С. Габаритные размеры 35,8×14,5×2,6 мм. Модуль соответствует всем международным стандартам и имеет сертификаты CE, FCC, IC, Telec. Внешний вид модуля показан на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Внешний вид модуля WT11i-A со встроенной антенной



Рис. 2. Внешний вид модуля WT11i-E с разъемом для внешней антенны

Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 1.

Интерфейсы

В модуле имеются следующие интерфейсы:

- USB-2.0;
- UART;
- Audio;
- SPI (используется только для отладочных целей);
- пять цифровых программируемых вводов/выводов;
- аналоговый программируемый ввод/вывод (этот вывод может быть сконфигурирован как 8-битовый АЦП).

Рассмотрим их подробнее.

UART

Интерфейс UART (3,3 В) предназначен для работы как с протоколом iWRAP, так и с HCI. Интерфейс может быть использован в режиме RS-232 для обмена данными с внешними устройствами по последовательному порту. Он позволяет передавать данные со скоростями в диапазоне 1,2–3 Мбит/с и контролировать поток в режимах CTS/RTS. Кроме того, этот UART поддерживает Bypass mode.

При работе UART используются четыре базовых сигнала. В том случае, когда модуль WT11i подключен по последовательному порту к другому внешнему устройству, задействованы

будут два сигнала: UART_RX и UART_TX, обеспечивающие передачу данных между двумя устройствами. Сигналы UART_CTS и UART_RTS используются для реализации аппаратного контроля потока передачи данных. Аппаратная часть UART выполнена с использованием CMOS-технологии и имеет сигнальные уровни, соответствующие 0 В и VDD.

Программное обеспечение модуля позволяет менять базовые параметры UART, например такие, как скорость передачи, формат пакета, Data bits, Stop bit, HW handshaking. Следует обратить внимание, что для работы с внешним ПК на максимальных скоростях необходимо использовать дополнительный адаптер последовательного порта.

Интерфейс UART может быть использован для перезагрузки модуля. При подаче длительного сигнала логического нуля на вход UART_RX модуль будет перезагружаться [3]. В течение периода процесса сброса интерфейс поддерживается в положении с тремя состояниями. Это позволяет подключать модуль на физический UART к другим устройствам по последовательному соединению. Однако это возможно только в том случае, если внешнее устройство также имеет UART с тремя состояниями. После прекращения действия импульса перезагрузки модуль возвращается в нормальное рабочее состояние. В том случае, если внешнее подключаемое устройство не имеет UART с тремя состояниями, можно воспользоваться режимом

работы UART Bypass mode базового чипа BlueCore4-External.

После перезапуска по умолчанию выход BlueCore4-External переводится в пассивное состояние. При соединении шины UART ко входу BlueCore4-External UART можно подключать модуль WT11i к внешним устройствам, имеющим CMOS-UART.

Для работы в UART Bypass mode в модуле предусмотрена специальная ASCII-команда **BCCMD**.

Чтобы вернуть модуль в исходное состояние, нужно повторить процесс перезапуска (Reset). Следует учитывать, что перед тем, как переводить модуль в режим UART Bypass mode, необходимо закрыть все Bluetooth-соединения.

USB

Интерфейс USB представляет собой законченную версию высокоскоростного устройства со скоростью передачи до 12 Мбит/с. Для работы с этим интерфейсом не требуется внешний USB-преобразователь. Модуль можно напрямую подключать к другим USB-устройствам. При работе с USB модуль WT11i действует как периферийное устройство, отвечающее мастеру, например обычному ПК. При этом поддерживаются стандарты OHCI и UHCI. Необходимо подчеркнуть, что модулем WT11i нельзя управлять с помощью ASCII-команд через USB-порт. Вариант с прошивкой iWRAP создавался именно для работы с RISC-

Таблица 1. Технические характеристики модуля WT11i

Стандарт Bluetooth	Bluetooth 2.1 + EDR, class 1
Радиокласс Bluetooth	Bluetooth Class 1 radio based on CSR's BlueCore-4
Антенна	Встроенная антенна или U.FL разъем RF для внешней антенны
Базовый чип	CSR BlueCore-4
Совместимость	Bluetooth 2.1 + EDR, Bluetooth 3.0 Compliant, 802.11 совместимый интерфейс
Базовые интерфейсы	UART и USB (хост-интерфейс)
Профили Bluetooth	Bluetooth profiles: SPP, DUN, HFP, HSP, HID, AVRCP, DI, PBAP, OPP, FTP and HDP
Программное обеспечение	iWRAP firmware, HCI
Диапазон рабочих частот	2402–2480 МГц
Максимальный радиус действия в зоне прямой видимости на открытом воздухе для модели WT11i-A со встроенной антенной, м	600
Максимальная скорость передачи при работе в режиме HCI, Мбит/с	3
Количество одновременных соединений (ACL)	7
Максимальная скорость передачи через интерфейс UART, Мбит/с	1
Стандартное время задержки передачи, мс	15
PIN-код	Программируемое слово от 0 до 16 символов
Friendly name	Программируемое слово до 248 символов
RFCOMM	Программируемое значение от 21 до 1008
Суммарная выходная мощность передатчика (TX power), дБм	+18
Чувствительность приемника (RX sensitivity), дБм	-85
Процессор	16-битный RISC-processor; 64MIPS DSP; язык программирования ANSI C
Параметры встроенной чип-антенны, дБи	Усиление 0,5
Метод модуляции	1 Мбит/с – GFSK (BDR); 2 Мбит/с – P/4DQPSK (EDR); 3 Мбит/с – 8DPSK (EDR)
Параметры UART	1,200–4 Мбит/с; 3,3 В VCTS/RTS; контроль потока; режим Bypass; работа с HCI, iWRAP, PC tools
USB	USB-2.0; работа только в режимах Bluetooth HCI и PS-keys
Программируемые цифровые входы/выводы (IO)	Управляемые программно входы/выводы 5xGPIO
Аналоговый программируемый ввод/вывод	Вывод может быть сконфигурирован как 8-битовый АЦП или 8-битовый ЦАП
SPI	Используется только для смены программного обеспечения совместно с PS-key
Аудиоинтерфейс (Digital Bidirectional Audio Interfaces)	Цифровой, двунаправленный аудиоинтерфейс (PCM); прием и передача данных в формате Bluetooth SCO audio; программируемый для режимов «мастер» и «ведомый»; программируемый формат данных 8, 13 и 16 бит
Отладочные средства	BlueLab Professional Software Development Kit (SDK)
Диапазон рабочих температур, °C	-40... +85
Габаритные размеры, мм	35,8x14,5x2,6
Экранирующее покрытие по краям платы модуля	Медь

Таблица 2. Энергопотребление модуля WT11i

	Режим передачи	Мощность, дБм	MAX	AVG	Unit
TX	DH1	17	170	72	мА
		12	110	54	мА
	DH5	17	170	128	мА
		12	110	84	мА
	2DH5	12	120	93	мА
3DH5	12	120	93	мА	
RX	-	-	120	39	мА
Sleep	-	-	-	50	мкА
Inquiry	-	17	-	59	мкА

процессором. Поэтому управление модулем в режиме iWRAP через USB-интерфейс невозможно в принципе.

Для передачи данных через USB-интерфейс используется линия USB_DP-USB_DN. Контакты этой линии подключены непосредственно к буферу USB базового чипа BlueCore4-External, который имеет низкий выходной импеданс. Поэтому при подключении модуля через USB-интерфейс к устройствам с высоким импедансом необходимо использовать согласующий резистор между кабелем и выводом USB_DP/USB_DN and the cable.

В модуле WT11i имеется встроенный нагрузочный повышающий резистор (USB pull-up resistor), предназначенный для плавного повышения напряжения на выводе USB_DP при больших скоростях передачи данных. Схема повышающего резистора выполнена в соответствии со спецификацией v1.2 USB. В модуле WT11i предусмотрен экономичный режим работы интерфейса USB. В этом случае питание внешних цепей по VBUS (5 В) невозможно. Ток потребления по цепи VBUS-USB-кабель в этом случае меньше 0,5 мА [3].

В модуле WT11i предусмотрена возможность передачи контрольных сигналов по линии USB_DETACH и USB_WAKE_UP. Эта опция может быть полезной в том случае, когда не задействован интерфейс USB. При этом используются входы/выходы модуля, которые позволяют подключать линии PSKEY_USB_PIO_DETACH и PSKEY_USB_PIO_WAKEUP ко внешним исполнительным устройствам.

SPI

Порт SPI модуля WT11i предназначен только для отладки и программирования flash-памяти и замены прошивки модуля. Этот порт используется для конфигурирования PSKEY. В модуле WT11i используется 16-разрядный интерфейс данных и 16-разрядный последовательный адресный интерфейс. При подключении SPI-интерфейса используются стандартные выводы MOSI, MISO, CSB, CLK.

Audio

Модуль WT11i имеет цифровой двунаправленный аудиointерфейс, который позволяет работать с различными форматами, включая Long Frame Sync, Short Frame Sync, GCI. В модуле WT11i реализован PCM Codec-интерфейс с импульсно-кодовой модуляцией. Это стандартный метод, используемый для того, чтобы перевести аудио в цифровую форму (особенно

голос) с последующей передачей по цифровым каналам связи. Благодаря использованию интерфейса PCM в модуле WT11i осуществляется одновременная передача и прием данных и звука (двунаправленный интерфейс цифровой звукозаписи).

Модуль WT11i может работать в качестве мастера интерфейса PCM на частотах 128, 256 или 512 кГц. При специальной конфигурации в режиме ведомого возможна работа на частоте 2048 кГц.

Модуль WT11i может напрямую взаимодействовать с такими, например, PCM-аудиоустройствами, как Qualcomm MSM 3000, MSM 5000, CDMA, OKI MSM7705, Motorola MC145481, Motorola MC145483, STW 5093, 5094.

Цифровые и аналоговые программируемые входы/выходы

Модуль WT11i имеет пять цифровых программируемых пользовательских входов/выходов PIO и один аналоговый вход/вывод AIO. Цифровые входы/выходы PIO включают пять двунаправленных программируемых линий, поддерживающих сигналы в диапазоне 0–3,6 В. Все линии питаются от напряжения VDD.

Входы/выходы PIO могут конфигурироваться с помощью программного обеспечения модуля WT11i с таким расчетом, чтобы работать в качестве повышающей (pull-up) или понижающей (pull-down) линий. Все PIO при перезагрузке модуля по умолчанию конфигурируются как понижающие входы (pull-down).

WT11i			
1	GND	GND	28
2	VDD_PA	AIO	27
3	PIO2	UART_TX	26
4	PIO3	PIO5	25
5	UART_RTS#	SPI_MOSI	24
6	UART_RX	SPI_MISO	23
7	PCM_OUT	SPI_CLK	22
8	USB+	SPI_CS#	21
9	USB-	PIO4	20
10	UART_CTS#	PIO7	19
11	PCM_IN	PIO6	18
12	PCM_CLK	RESET	17
13	PCM_SYNC	VDD	16
14	GND	GND	15

Рис. 3. Выводы модуля WT11i

В модуле WT11i есть один аналоговый вывод общего назначения AIO (вывод 27, рис. 3). Этот вывод может быть сконфигурирован с помощью специальных iWRAP-команд как 8-битовый АЦП. К этому выводу можно подключать аналоговые датчики и считывать их показания с помощью специальных команд. Подробно эта процедура описана в [16].

Входы/выходы могут быть использованы в качестве линий прерывания или пробуждения из «спящего» режима. Кроме того, эти линии можно использовать для связи с интерфейсами устройств стандарта 802.11.

Благодаря использованию новых технологий и современной элементной базы в модуле WT11i значительно снижено энергопотребление (таблица 2).

Все интерфейсные группы (электропитание, внешняя антенна, UART, SPI, PCM, USB, GPIO) выведены на контакты корпуса для поверхностного монтажа. Выводы модуля WT11i показаны на рис. 3.

Антенны

Модуль выполнен в конструктиве для печатного монтажа. В зависимости от модификации, WT11i поставляется либо со встроенной антенной, либо с разъемом U.FL для подключения внешней антенны.

В модели WT11i-A-AI используется все-направленная чип-антенна с максимальным коэффициентом преобразования 0,5 дБи (дБи — децибел относительно изотропного излучателя). Коэффициент преобразования (gain) иногда неправильно переводят с английского, как «усиление». На самом деле антенна ничего не усиливает. Как правило, коэффициент преобразования измеряют в дБи, величине, которая характеризует коэффициент направленного действия реальной антенны относительно коэффициента направленного действия идеального изотропного излучателя.

Коэффициент преобразования чип-антенны очень сильно зависит от деталей и материалов, экранирующих антенну, а также от источников радиочастотных помех. Этому вопросу нужно уделить особое внимание при проектировании конечного оборудования. При неправильном размещении модуля WT11i-A со встроенной антенной на печатной плате или в корпусе прибора эффективность действия антенны может составлять всего несколько процентов. Так, например, если на печатной плате пересекаются проводящие линии питания и земли, то эти точки будут источником радиочастотных помех. Длинные проводники аудиointерфейса также являются источником помех (рис. 4) [4].

Модель WT11i-E разработана для использования со стандартными дипольными антеннами 2,14 дБи с импедансом 50 Ом.

Фирма Bluegiga настоятельно не рекомендует использовать любые другие типы антенн или антенны с коэффициентом передачи выше, чем 2,14 дБи, без предварительного согласования с техническими специалистами фирмы.

Для использования с модулем WT11i-E рекомендованы следующие антенны:

- Pulse, W1030;
- Linx Technologies, ANT-2.4-CW-CT-SMA;
- EAD, EA-79A;

- Antenova, B4844/B6090;
- Litecon, CAR-ATR-187-001.

Эти антенны были использованы при сертификации FCC. В случае применения антенн другого типа Bluegiga не несет ответственности за любые возможные последствия [6].

Отличия от предыдущей модели

Основные различия между старой моделью WT11 и новым модулем WT11i заключаются в незначительном расхождении в габаритных размерах, в мощности передатчика и чувствительности приемника, а также в радиусе действия (табл. 3).

Отладочные инструменты

Для разработки и настройки оборудования на базе WT11i фирма Bluegiga выпускает отладочный комплект EBWT11i-A, который состоит из WT11i Evaluation board, блока питания, кабеля RS-232.

Отладочная плата Evaluation board включает в себя:

- базовую плату с питаемым модулем;
- RS-232 последовательный интерфейс (D9, DTE);
- USB-интерфейс;
- SPI для перепрошивки ПО;
- Reset и DSR;
- схемы выбора устройства для I/O или UART и I/O или LED/USB/UART;
- разъем 3,5 мм audio jack для подключения аудиогарнитуры;
- программируемый аудиоинтерфейс (микрофонный вход моно, стереовход, стереовыход, дифференциальный аудиовход/выход).

Отладочный комплект поставляется с модулем WT11i в варианте базового программного обеспечения iWRAP.

Программное обеспечение

Модули Bluegiga выпускаются с двумя базовыми прошивками программного обеспечения: iWRAP, предназначенного для решения простых задач, и HCI (Host Controller Interface) для более сложных приложений.

В первом варианте программное обеспечение Bluegiga основано на «платформе беспроводного удаленного доступа» — WRAP (Wireless Remote Access Platform). ПО iWRAP разработано для работы со встроенным в модули RISC-процессором. Структурная схема работы iWRAP показана на рис. 5.

Это ПО дает возможность управления модулем с помощью простых ASCII-команд (стандартные коды обмена информацией). Поэтому iWRAP позволяет работать с WT11i как начинающим разработчикам, так и опытным программистам.

В конфигурации iWRAP модуль поставляется с уже установленным интерфейсом ASCII-команд, и управление осуществляется при помощи простых символьных команд, аналогично тому, как это делается при работе с обычными модемами через AT-команды. При этом нет необходимости в использовании дополнительных специальных программ поддержки Bluetooth-протоколов верхнего уровня. В последней версии iWRAP-4 поддерживается более ста ASCII-команд, которые охватывают

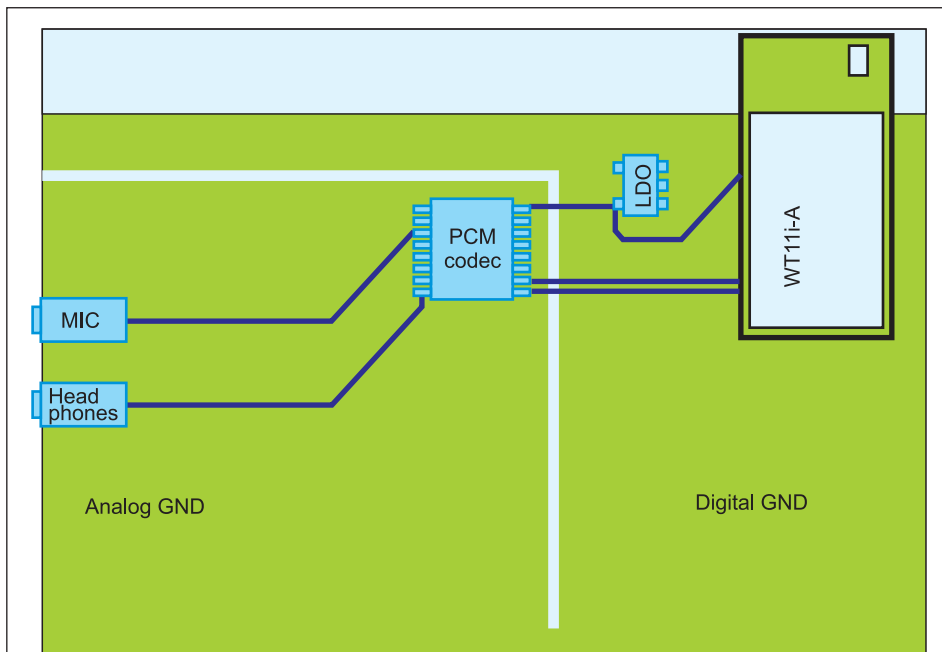


Рис. 4. Источники радиочастотных помех на печатной плате

Таблица 3. Различия между модулями WT11i и WT11

Параметр	WT11i	WT11
Максимальный радиус действия в зоне прямой видимости, на открытом воздухе для модели WT11i-A со встроенной антенной, м	600	300
Суммарная выходная мощность передатчика (TX Power), дБм	+18	+12
Чувствительность приемника (RX sensitivity), дБм	-85	-83
Габаритные размеры, мм	35,8×14,5×2,6	35,3×14,0×2,5
Экранирующее покрытие по краям платы модуля	медь	нет

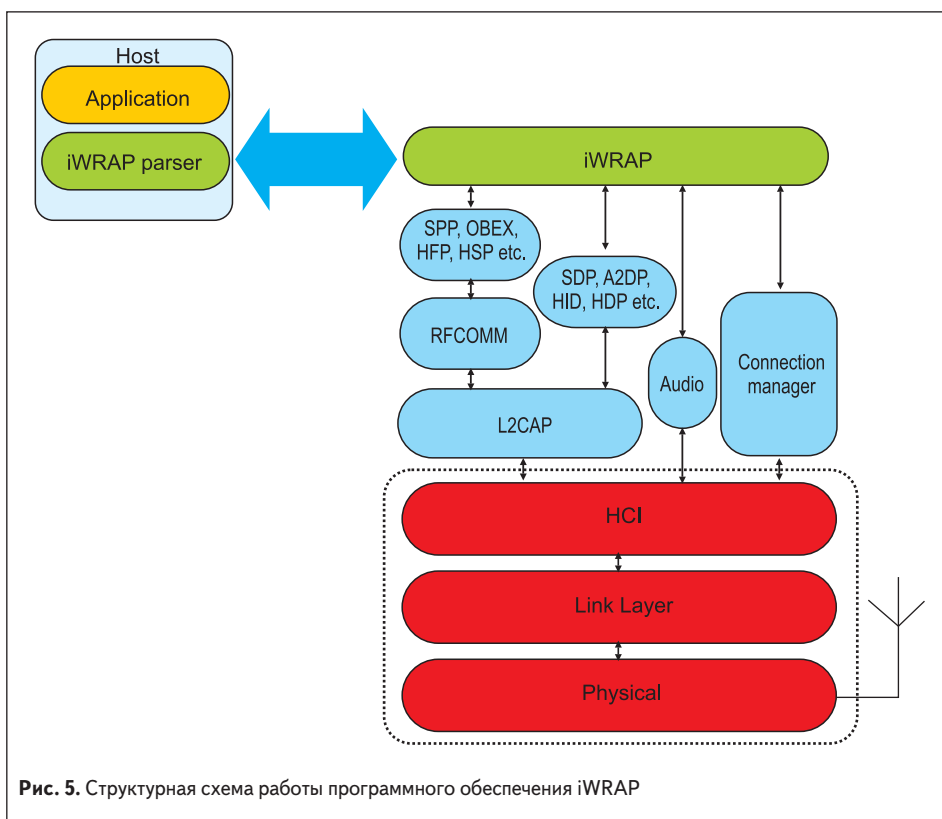


Рис. 5. Структурная схема работы программного обеспечения iWRAP

Таблица 4. Функциональные группы ASCII-команд в версии iWRAP-4

Наименование группы	Пример ASCII-команды	Описание ASCII-команды
SET	SET BT NAME WT11i-A	Показать текущие настройки
Generic iWRAP (базовые команды)	CALL	Установить Bluetooth-соединение
Set BT(команды настроек)	SET BT CLASS	Выбрать класс устройства
Link control (команды определения маршрута связи)	SET {link_id} MASTER	Установить Bluetooth-соединение с устройством «мастер»
Bluetooth profile (команды контроля профилей)	PROFILE SPP	Активировать/деактивировать порт – профиль соединений по последовательным портам
Set control (команды управления функциями)	CONTROL AUTOCALL	Установить автоматический вызов

основные стандартные действия с Bluetooth-модулем. Эти команды подразделяются на шесть функциональных групп (табл. 4).

Каждая из подгрупп содержит специализированные команды. Так, например, группа SET показывает настройки конкретного модуля:

- SET BT BDADDR 00:07:80:ff:ff:f1
- SET BT NAME WT32-A
- SET BT CLASS 001f00
- SET BT IDENT BT:47 f000 4.0.0 Bluegiga iWRAP
- SET BT LAP 9e8b33 SET BT PAGEMODE 4 2000 1
- SET BT POWER 0 0 0
- SET BT ROLE 0 f 7d00
- SET BT SNIFF 0 20 1 8
- SET BT MTU 667 SET CONTROL BAUD 115200,8n1
- SET CONTROL CD 00 0
- SET CONTROL ECHO 7
- SET CONTROL ESCAPE 43 00 1
- SET CONTROL GAIN 8 8
- SET CONTROL MSC DTE 00 00 00 00 00 00
- SET CONTROL READY 00 SET PROFILE SPP Bluetooth Serial Port.

Программное обеспечение iWRAP включает в себя профили и API операционной системы uCLinux, Java-апплетов для взаимодействия Man-to-Machine, TCP/IP, стек серверов WEB и Telnet и др. Кроме того, встроенный процессор и встроенная память дают возможность согласования работы пользовательских приложений на той же платформе.

В варианте iWRAP программно реализованы все уровни стека протокола Bluetooth. Это дает возможность пользователю устанавливать беспроводное последовательное соединение между двумя Bluetooth-модулями и осуществлять обмен данными между ними при помощи набора простых команд интерфейса iWRAP.

В модулях WT11i программа iWRAP обеспечивает поддержку интерфейсов UART, GPIO, Analog audio, Digital audio, AIO.

В последних версиях iWRAP реализованы функции OBEX, HEADSET, SDP. Также имеется возможность управлять программируемыми вводами/выводами, получать информацию об уровне сигнала, самостоятельно варьировать выходную мощность модуля. Полное описание ASCII-команд iWRAP-интерфейса приведено в документе iWRAP User Guide [6]. В настоящее время выпускаются модули с прошивкой iWRAP-4. Программное обеспечение может быть обновлено в автоматическом режиме с использованием программы iWRAP Update Client. Достаточно запустить исполнительный файл и следовать инструкциям программы-установщика.

Кроме того, можно обновлять ПО и в ручном режиме через интерфейсы UART или

RS232 методом Device Firmware Upgrade (DFU). Для этих целей используется программа DFU Wizard Tool, работающая в среде Windows на стандартных ПК. При использовании данного метода необходимо перевести модуль в режим BCSP mode, используя команду *bcsp_enable*.

В случаях, когда по каким-либо причинам невозможно подключить модуль к ПК, его можно перепрограммировать через хост-процессор. Существует также вариант перепрограммирования с использованием Onboard Installation Kit.

Следует обратить внимание на то, что вариант iWRAP накладывает некоторые ограничения на работу модуля. Прежде всего, это относится к скорости передачи.

В середине 2012 г. планируется выпустить в коммерческую продажу новую версию программного обеспечения пятого поколения iWRAP-5.

Версия iWRAP-5 объединит в себе три отдельные версии:

- стандартный вариант — Standard iWRAP;

- медицинские приложения — iWRAP eHealth;
- приложения для Apple — iWRAP with Apple iAP.

По сравнению с предыдущей версией в варианте iWRAP-5 добавлены новые профили и блоки, такие, например, как Apple iAP support (подробнее профили Bluetooth рассмотрены в следующем разделе).

Пример использования iWRAP-5 показан на рис. 6. Медицинский прибор, точка доступа Bluetooth, смартфоны клиентов и персональные планшетные компьютеры могут работать в единой системе под управлением iWRAP-5. Для создания такой системы и работы с ней не требуется специальных знаний. Система будет работать в диалоговом режиме. Благодаря простому интерфейсу обычный врач сможет без труда использовать ее в повседневной практике.

Кроме iWRAP, существует «профессиональный» вариант программного обеспечения, в котором модули WT11i поставляются с интерфейсом HCI (Host Controller Interface). В этом случае необходимая поддержка портов определяется самим заказчиком и зависит от типа хоста внешнего сопрягаемого устройства. В таких модулях управление может быть реализовано также и с помощью HCI-команд через UART или USB. В случае, когда необходимо использовать USB-порт компьютера в режиме работы HCI-USB, достаточно изменить начальную установку опции PS-KEY на «bootmode = 3». Для работы с портом USB существует специальный драйвер, который находится в свободном доступе на сайте фирмы Bluegiga. Структурная схема работы программного обеспечения HCI показана на рис. 7.



Рис. 6. Пример использования iWRAP-5 в медицинском оборудовании

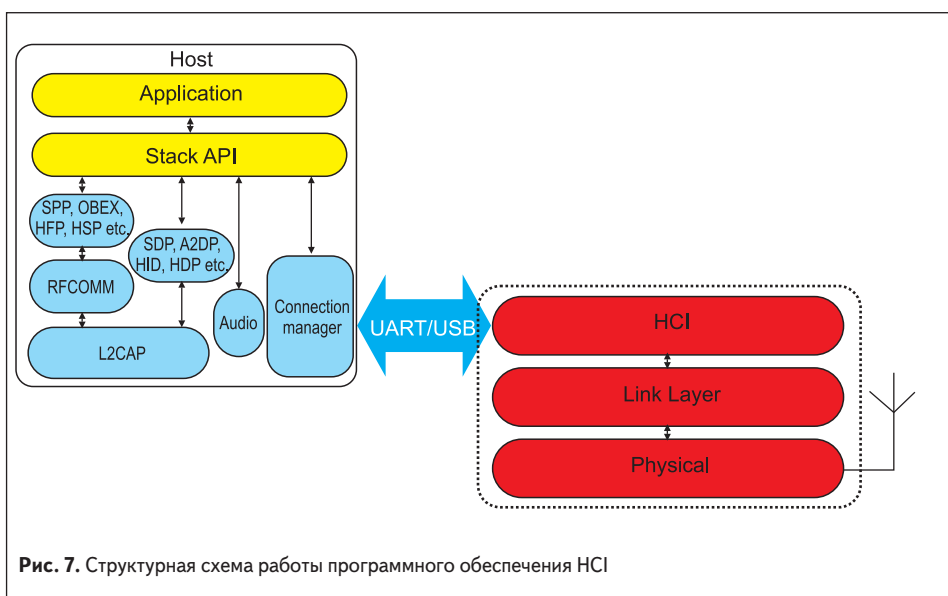


Рис. 7. Структурная схема работы программного обеспечения HCI

Вариант HCI представляет собой программную реализацию трех нижних уровней стека протокола Bluetooth (Bluetooth Radio, Baseband, LMP). Этот вариант предоставляет пользователям значительно больше возможностей для управления Bluetooth-модулем при помощи команд интерфейса хост-контроллера (Host Controller Interface). Однако в этом варианте появляются и дополнительные сложности. Например, чтобы установить беспроводное последовательное соединение между двумя устройствами и передавать данные между ними, разработчику необходимо программно реализовать верхние, более сложные уровни стека протокола Bluetooth, такие как L2CAP, RFCOMM, SDP.

Интерфейс HCI полезен в тех случаях, когда нужно получить максимально большие скорости и выполнять задачи, не предусмотренные ASCII-командами в iWRAP. Это относится, прежде всего, к системам, управляемым с помощью встроенных операционных систем, например Linux или Windows Mobile.

Для решения специальных задач, предусматривающих создание собственных нестандартных приложений пользователя, существует программно-аппаратный комплекс BlueLab Professional Casira. Этот профессиональный комплекс, работающий совместно с программным обеспечением Blue Casira CSR, позволяет редактировать программы, записанные во Flash-памяти модулей, а также писать новые управляющие программы. Для того чтобы самостоятельно перезагружать модуль в HCI-интерфейс, используется программа PSTool.

Bluetooth-профили программного обеспечения iWRAP Bluegiga

Чтобы использовать беспроводную технологию Bluetooth, устройство должно быть в состоянии интерпретировать определенные профили Bluetooth. Профили определяют возможность конкретного устройства использовать те или иные приложения. Они представляют собой общие протоколы работы, которые позволяют различным устройствам Bluetooth взаимодействовать друг с другом.

Технология Bluetooth определяет широкий диапазон профилей, которые описывают много различных типов устройств и случаев их применения. Используя документацию и стандарты Bluetooth, разработчики могут создавать свои собственные новые приложения для работы с устройствами, которые не учтены существующими профилями. При этом каждая новая спецификация должна содержать как минимум информацию о связи с другими профилями, а также подробное описание форматов интерфейсов пользователя.

Следует учитывать тот факт, что каждый профиль неразрывно связан с определенным стеком протокола Bluetooth. Поэтому новые профили и протоколы должны быть согласованы с существующей иерархической структурой Bluetooth.

Программное обеспечение iWRAP (версии 4 и 5) поддерживает все протоколы стека Bluetooth и обеспечивает полноценное функционирование следующих Bluetooth-профилей:

- Device Identification Profile (DI);

- Serial Port Profile (SPP);
- Human Interface Device (HID);
- Hands Free Profile (HFP);
- Headset Profile (HSP);
- Object Push Profile (OPP);
- File Transfer Profile (FTP);
- Dial-up Networking Profile (DUN);
- Health Device Profile (HDP);
- Advanced Audio Distribution Profile (A2DP);
- A/V Remote Control Profile (AVRCP);
- Phonebook Access Profile (PBAP);
- Bluegiga I/O Profile (BGIO);
- Over-the-Air Configuration (OTA);
- Apple iAP support, (AiAP) [iWRAP-5];
- HFP v.1.6 with Wide Band Speech (WBS) [iWRAP-5].

Ниже приведены основные функциональные характеристики профилей, которые поддерживаются iWRAP-4 и iWRAP-5.

RFCOMM

Протокол RFCOMM-TS07.10 регламентирует процесс передачи данных по последовательному порту RS-232. Он определяет работу оборудования на нижнем уровне через стек L2CAP. Кроме того, RFCOMM определяет алгоритм работы с протоколом OBEX. Протокол определяется стандартами ETSI TS 07.10. Он может поддерживать до 60 одновременных соединений между двумя Bluetooth-устройствами.

RFCOMM предназначен для того, чтобы работать с приложениями, которые используют последовательные порты. В простой конфигурации два Bluetooth-устройства могут быть соединены кабелем по последовательному порту. Такая схема получила название «коммуникационный сегмент». При этом действия протокола RFCOMM касаются только работы по последовательному порту и не затрагивают Bluetooth-канал.

В основном RFCOMM используется для двух типов устройств: проводные коммуникационные точки (компьютеры, принтеры и другие) и беспроводные устройства с интерфейсом RS-232.

Service Discovery Protocol

Service Discovery Protocol (SDP) определяет протокол работы беспроводного устройства Bluetooth в процессе поиска заданного удаленного партнера. В принципе, возможны три варианта: прямой запрос по известному адресу; сканирование в определенном режиме; сервисный поиск с использованием SDP. Принцип работы с профилем SDP подразумевает наличие информации о технологии Bluegiga, используемой искомым

устройством, а также данных, определяемых GAP. Иными словами, SDP определяет, как устройство Bluetooth-клиент должно действовать, чтобы определить, что доступный Bluetooth-сервер дает разрешение на установку соединения с определенными параметрами. SDP обеспечивает средства, необходимые для открытия новых доступных соединений, когда Bluetooth-клиент попадает в зону действия работы Bluetooth-сервера. При этом SDP может работать как на стороне сервера, так и на стороне клиента. Чтобы узнать, какие услуги и службы доступны, клиент SDP общается с сервером SDP, используя специальный резервный канал на уровне L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol). Когда клиент находит желаемое обслуживание (Service Discovery), он просит установить связь с использованием необходимых сервисных параметров. Резервный канал предназначен для установки связи SDP таким образом, чтобы всегда было известно, какие параметры нужно использовать для связи с другим устройством. В ответ на запрос о возможности установки соединения сервер посылает сервисный отчет, в котором указывается уникальный идентификационный номер UUID, необходимый для установления связи.

Для установления связи с использованием SDP в модулях Bluegiga используются специальные команды iWRAP. Так, например, доступ к профилю SDP осуществляется с помощью команды `SDP {bd_addr} {uuid}`. Подробно процедуры установки соединения SDP описаны в [6].

Device Identification Profile

Device Identification Profile (DI) предназначен для идентификации типа, марки, даты изготовления, серийного номера, названия фирмы-изготовителя, IEMI Bluetooth-устройства. Данный профиль является дополнением к рассмотренному выше SDP. У Bluetooth-устройства, пытающегося зайти в сеть, запрашивается так называемая «паспортная информация» — PNPI Information. Если устройство обладает такими официальными данными, то оно отправляет их с использованием протокола Device ID Service Record DI.

Serial Port Profile

Serial Port Profile (SPP) предназначен для соединения по Bluetooth-каналу двух устройств, имеющих последовательные порты. В этом случае одно устройство («ведущий»), например WT11i-1, берет на себя инициативу установить связь с другим устройством WT11i-2. Второе устройство выступает в качестве «ведомого» и пассивно ожидает вызова [8]. Характерный пример использования SPP показан на рис. 8.

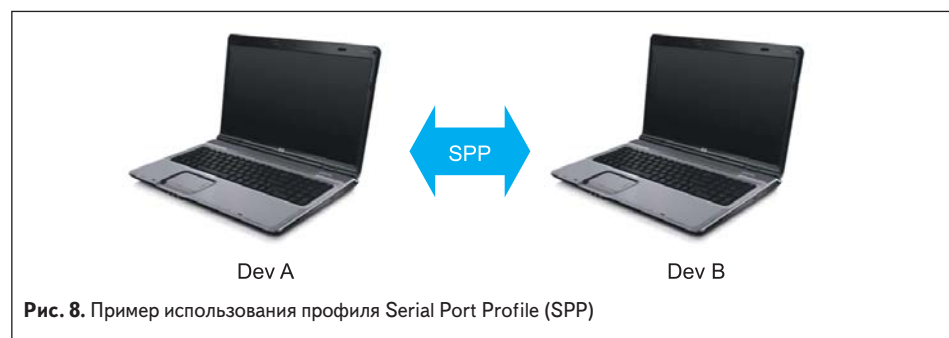


Рис. 8. Пример использования профиля Serial Port Profile (SPP)

Для эмуляции последовательного порта используется транспортный протокол RFCOMM, который является адаптацией для Bluetooth-канала известного протокола GSM TS 07.10. По профилю SPP может быть установлено до семи одновременных соединений. При этом скорость передачи зависит от количества задействованных устройств. Для одновременной передачи данных от одного устройства нескольким другим используется режим MUX mode.

Чтобы перевести модуль в режим SPP, необходимы всего две команды:

```
SET PROFILE SPP ON
RESET
```

Health Device Profile

Health Device Profile (HDP) используется для беспроводных каналов в медицинской технике. Это позволяет отказаться от множества переходных кабелей и передавать измеренные параметры по каналу Bluetooth на удаленное анализирующее или измерительное устройство. Подобный тип медицинских приборов постепенно вытесняет с рынка старое, громоздкое оборудование с огромным количеством проводов и разъемов.

В настоящее время выпускается огромное количество медицинского оборудования как с аккумуляторным питанием, так и с питанием от сети 220 В. До недавнего времени SPP был практически единственным, используемым на практике для связи между собой различных медицинских Bluetooth-устройств. Поэтому оборудование, изготовленное разными производителями, имело свои собственные профили верхнего уровня Bluetooth и не могло быть взаимозаменяемым и согласованным.

В частности, одной из проблем беспроводных медицинских устройств является нестыковка диагностических датчиков с различными моделями измерительных приборов, изготовленных в разных странах и по разным

стандартам. Учитывая возникшие проблемы, группа ведущих мировых информационно-технологических компаний и медицинских учреждений создала консорциум Continua Health Alliance, в который в настоящее время входит более 240 компаний, в том числе Intel, Motorola, Cisco Systems, Royal Philips Electronics N.V., Samsung, Bluegiga, Kaiser Permanente, Medtronic и Welch-Allyn и другие. Этот консорциум разработал процедуру сертификации беспроводного оборудования на предмет соблюдения рекомендаций и стандартов совместимости.

Кроме консорциума Continua, ведущие мировые производители Bluetooth-оборудования сформировали международную рабочую группу Medical Device Working Group, основной целью которой является разработка и создание Bluetooth-профиля, позволяющего стыковать между собой медицинские сенсоры и медицинские измерительные устройства различных производителей. В результате этой работы были созданы и в 2008 г. одобрены два основных нормативных документа: Multi-channel Adaptation Protocol (MCAP) и Bluetooth Health Device Profile (HDP). В 2009 г. эти документы были приняты к исполнению подавляющим большинством ведущих мировых производителей Bluetooth-оборудования и закреплены в стандартах Application-level Interoperability IEEE 11073-xxxxx Personal Health Devices.

Bluetooth Health Device Profile регламентирует процессы взаимодействия и управления различных медицинских приборов и датчиков по Bluetooth-каналу (рис. 9).

При взаимодействии двух Bluetooth-устройств HDP обеспечивает установление контрольного канала, а также наиболее надежного канала для передачи данных. Профиль также поддерживает процедуру идентификации взаимодействующих устройств и синхронизирует их работу [9].

В схеме работы HDP одно из устройств рассматривается в качестве получателя данных (Sink). Другие устройства определяются как

источники данных. Такой подход позволяет выводить информацию от нескольких измерительных блоков на единый диспетчерский пульт, что значительно облегчает работу врачей при массовых обследованиях пациентов.

Данные с измерительного устройства можно вводить в ПК любого типа и передавать на центральный диспетчерский пульт по GSM/GPRS-каналу или Wi-Fi. Подобное оборудование используется в телемедицине, когда результаты диагностики пациента могут быть переданы для консультации в любую клинику мира и в операциях участвуют ведущие мировые специалисты.

HDP обеспечивает строгое соответствие взаимодействующего оборудования протоколу обмена ISO/IEEE 11073-20601 Personal Health Data Exchange Protocol. Для контроля доступа в беспроводные сети медицинского оборудования используется Bluetooth Service Discovery Protocol (SDP). Оптимизированный протокол обмена IEEE 11073-20601 предназначен для бытовых медицинских приборов, использующих Bluetooth-канал. Этот протокол регламентирует правила доступа к информации, процессы передачи результатов измерений, а также описывает базовые методики обработки результатов измерений и их визуализации. Кроме того, этот протокол содержит основные требования, предъявляемые к различного рода датчикам бытового медицинского оборудования. В разделе Device Data Specializations (DDS) этого протокола содержится подробное описание того, какие именно требования предъявляются к конкретному медицинскому оборудованию.

В качестве примеров приборов, на которые распространяется IEEE 11073-20601, можно назвать различные измерители температуры и веса тела, тонометры, фиксаторы граничной частоты сердечбиений (пульса), глюкометры, бытовые кардиографы и др.

На конец февраля 2010 г. введены в действие следующие регламентирующие документы на бытовые, диагностические, медицинские Bluetooth-приборы:

- IEEE 11073-10404 — Pulse Oximeter (пульс);
- IEEE 11073-10407 — Blood Pressure Monitor (артериальное давление);
- IEEE 11073-10408 — Thermometer (температура тела);
- IEEE 11073-10415 — Weighing Scale (вес тела);
- IEEE 11073-10417 — Glucose Meter (сахар в крови).

Схема, поясняющая принцип функционирования профиля Bluetooth Health Device Profile в структуре iWRAP, приведена на рис. 10.

В данной схеме iWRAP поддерживает исполнение протокола MCAP, а также обеспечивает необходимыми средствами работу профилей HDP и SDP. При этом IEEE stack должен обрабатываться на центральном узле (IEEE host). Данные IEEE передаются через UART на Bluetooth-профиль L2CAP. Для такой работы UART нужно перевести в режим MUX.



Пример реализации режима HDP sink mode (Blood Pressure monitor) при работе с iWRAP MUX mode:

```
SET PROFILE HDP SINK 2 Manager (Enables HDP profile – sink mode)
SET BT SSP 3 0 (Enables SSP “Just works” mode)
SET BT AUTH * 0000 (Set s Bluetooth pin code to 0000 for non SSP devices)
SET CONTROL MUX 1 (Enables iWRAP s MUX mode)
READY. (READY encapsulated into a MUX frame)
RESET (Must be sent using the MUX protocol)
```

Hands-Free Profile

Hands-Free Profile (HFP) используется для автоматического приема и передачи информации по каналу Bluetooth. Хорошо знакомым примером использования данного профиля может служить взаимодействие обычного мобильного телефона с автомобильной системой Hands-Free (рис. 11). Программа iWRAP в этом случае обеспечивает контроль и управление устройствами. В данном режиме модули WT11i обеспечивают передачу звука в монорежиме 8 кГц 8 бит со скоростью 64 кбит/с [11].

Пример реализации профиля HFP:

```
SET PROFILE HFP ON
SET BT CLASS 200408
RESET
```

Head Set Profile

Head Set Profile (HSP) является, по существу, упрощенным вариантом рассмотренного выше HFP [11]. В данном профиле вводится понятие устройства Audio Gateway (AG), которое представляет собой аудиошлюз, работающий как на прием, так и на передачу. В данном профиле также рассматривается устройство Head Set (HS), которое является удаленным аудиошлюзом. Типичным примером использования такого профиля является пара мобильный телефон+ПК.

Пример реализации HSP:

```
SET PROFILE HSP-AG ON
SET BT CLASS 200404
RESET
```

Human Interface Device

Профиль Human Interface Device (HID) определяет протоколы, процедуры и характерные особенности работы по Bluetooth-каналу различного офисного оборудования, такого, например, как клавиатура, принтер, мышь, игровые приставки, мониторы и др. (рис. 12). В среде iWRAP осуществляется независимая, одновременная поддержка мыши и клавиатуры. Данные с клавиатуры транслируются в виде стандартных ASCII-команд (ASCII-коды 32–126 и специальные ключевые слова). В последней версии iWRAP-4 поддерживается трехкнопочная двухкоординатная мышь. Для обмена информацией с другими HID-устройствами используется режим Raw mode [12].

Профиль HID поддерживает универсальную последовательную шину (USB)

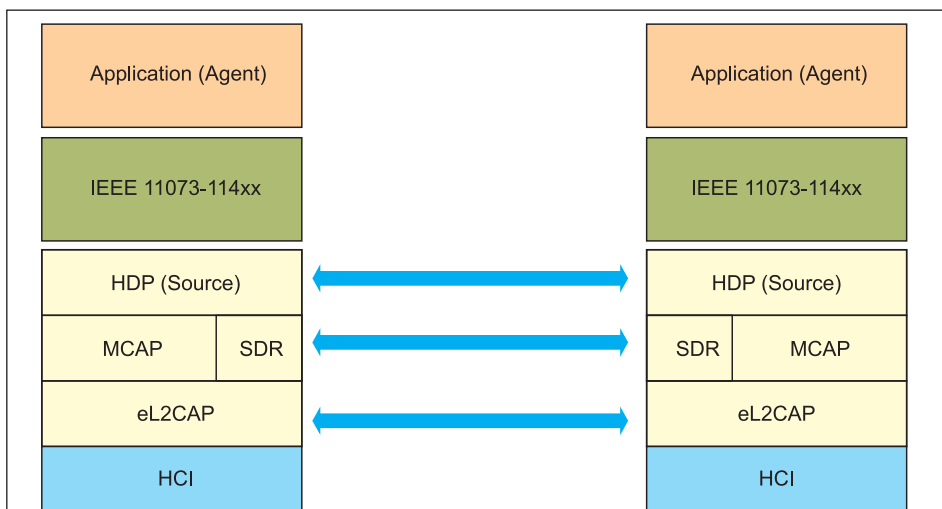


Рис. 10. Принцип функционирования профиля Bluetooth Health Device Profile в структуре iWRAP



Рис. 11. Стандартный случай использования Hands-Free Profile (HFP)

и описывает, как именно нужно использовать протокол ПК с USB-интерфейсом. HID позволяет обнаружить набор характерных признаков устройства, определенного в слое Logical Link Control and Adaptation Protocol стандартной семиуровневой модели. Этот профиль реализуется на уровне основного доступа GAP, определенного в стандартах профилей Bluetooth, что обеспечивает наиболее простой протокол взаимодействия между собой самого различного офисного оборудования.

Профиль реализуется предельно просто:

```
SET PROFILE HID ON
RESET
```

Object Push Profile и File Transfer Profile

Рассмотрим профили Object Push Profile (OPP) и File Transfer Profile (FTP).

OPP предназначен для автоматической доставки информации с сервера на устройство клиента (обмена файлами) по каналу Bluetooth. С его помощью разграничиваются роли между клиентом и сервером в соответствии GOEP; в iWRAP поддерживается только сервер, то есть устройство, которое является инициатором обмена файлами. Для работы клиента OPP следует использовать MUX mode. В среде iWRAP входящие и исходящие файлы утилизуются в формате OBEX (Object Exchange Protocol) [13].

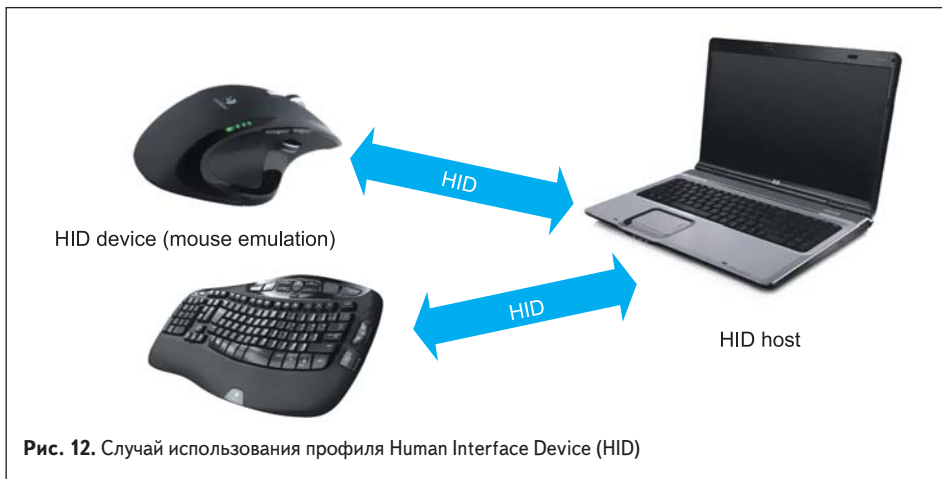


Рис. 12. Случай использования профиля Human Interface Device (HID)

Пример процесса OPP-соединения с удаленным устройством через iWRAP (соединение с удаленным устройством устанавливается с помощью команды **CALL "CALL {bd_addr} 1105 OPP", bd_addr Bluetooth**):

- LINK 255: CALL 00:07:80:93:0c:aa 1105 OPP;
- LINK 255: CALL 0;
- LINK 255: CONNECT 0 OPP 2;
- LINK 255: OBEX 0 READY.

Профиль FTP предназначен для обмена файлами между различными Bluetooth-устройствами. В этом профиле вводятся понятия двух устройств: «клиент» и «сервер». «Клиент» инициализирует процесс обмена файлами, принимает файлы с сервера и передает их ему обратно. Это устройство должно быть адаптировано к работе с OBEX Folder [13]. «Сервер» является ответственным за процесс передачи, обработки и хранения данных. Это устройство должно поддерживать работу с протоколами OBEX Folder, Listing format, FTP-client, FTP-server.

File Transfer Profile в основном аналогичен Object Push Profile. Однако кроме функций OPP, этот профиль может работать с файловой системой сервера.

Advanced Audio Distribution Profile

Advanced Audio Distribution Profile (A2DP) регламентирует процесс передачи по Bluetooth-каналу высококачественного стереозвука от источника до динамиков (рис. 13).



Рис. 13. Пример использования профиля A2DP

В данной спецификации термин Advanced Audio введен специально для того, чтобы отличать протоколы передачи голоса в сотовой телефонии от трансляции HF-stereo. Протоколы A2DP включают дополнительную поддержку низкочастотных кодеков (SBC) и опционально поддерживают аудиопротоколы MPEG-1,2 Audio, MPEG-2,4 AAC, ATRAC. В версии iWRAP-4 профиль A2DP работает в полудуплексном режиме. Сложные системы амбиофонического звука не поддерживаются.

Следует обратить внимание также на возможность реализации аудиотракта как через Analog Audio, так и через PCM, I²S, SPDIF. В этом случае для поддержки A2DP пользователь может программно выбрать либо SBC-кодек, либо APT-X. Кроме того, имеется также возможность программного выбора настраиваемого сигнала входящего вызова. Эта функция может быть полезной при работе с Hands Free Profile.

Из других новых функций, введенных в версии iWRAP-4, следует отметить разделение аналогового звукового сигнала на правый

и левый каналы, а также функцию остановки A2DP при входящем звонке.

Эти опции могут быть полезны при использовании дополнительного, расширительного аудиопрофиля Audio/Video Remote Control Profile, который используется, например, при прослушивании стереозвука со смартфона. В данном случае управление осуществляется с помощью простых ASCII-команд типа **AV PLAY** или **AV PAUSE** [14].

Пример установки модуля в режим A2DP:

```
SET PROFILE A2DP SOURCE
SET PROFILE AVRCP CONTROLLER
SET BT CLASS 240428
RESET
```

Bluegiga Input–Output Profile

Bluegiga Input–Output Profile (BGIO) предназначен для удаленного управления по Bluetooth-каналу пользовательскими вводами/выводами модулей WT12, WT11i, WT32, WT41. Профиль позволяет удаленно контролировать состояние цифровых и аналоговых вводов/выводов модуля [15].

К пользовательским вводам/выводам модулей Bluegiga можно подключать различные промышленные, медицинские и охранные датчики, объединяя их в локальную Bluetooth-сеть. В стандартном варианте информация, собранная с отдельных датчиков, передается по Bluetooth-каналу на точку доступа Bluegiga AP3241 (или AX4 Access Server). В зависимости от структуры сети собранная информация затем по кабелю или по сети GSM/GPRS поступает на центральный диспетчерский пункт. Таким образом, можно организовать систему сбора информации, которая состоит из модуля WT11i с подключенным к нему датчиком.

Профиль BGIO поддерживает работу двух устройств — сенсора (Sensor) и базового модуля (Host). BGIO Sensor — это Bluetooth-модуль, к цифровым или аналоговым вводам которого подключены какие-либо измерительные датчики. BGIO Host — это Bluetooth-модуль, который получает результаты измерений от сенсора (рис. 14).

Профиль BGIO можно реализовать с использованием ASCII-команды в модулях с прошивкой iWRAP-4 и iWRAP-5.

Установка модуля в режим BGIO Sensor осуществляется с помощью команды:

```
SET PROFILE BGIO {service_name}.
```

Параметр **service_name** определяет наименование, которое пользователь задает своему устройству. По умолчанию каждому модулю в заводских настройках задано имя «ON».

Что активировать BGIO, необходимо сначала выполнить команду **Reset**.

Пример установки модуля в режим BGIO Sensor:

```
SET PROFILE BGIO ON
RESET
```

Для установки модуля в режим BGIO Host нужно знать уникальный универсальный идентификационный номер модуля (Universally Unique Identifier Bluetooth, UUID). Для этой цели можно воспользоваться протоколами описанного выше профиля SDP. Доступ к профилю SDP осуществляется с помощью команды **SDP {bd_addr} {uuid}**, где **bd_addr** — адрес Bluetooth-модуля.

Для BGIO значение **uuid** задается как «af5c7d47-350b-45f6-bdf6-b403441edb77».

Пример реализации доступа в режим Service discovery для BGIO Sensor:

```
SDP 00:07:80:93:0c:aa af5c7d47-350b-45f6-bdf6-
b403441edb77
SDP 00:07:80:93:0c:aa < I SERVICENAME S «Bluegiga IO» >
< I PROTOCOLDESCRIPTORLIST << U L2CAP >
< U RFCOMM I 05 >>>
SDP,
```

где: Bluegiga IO — Service name; 05 = RFCOMM channel for BGIO.

Чтобы создать соединение между BGIO Sensor и BGIO Host, нужно воспользоваться UUID af5c7d47-350b-45f6-bdf6-b403441edb77.

Если хост-устройство поддерживает iWRAP, то соединение открывается с помощью простой команды **CALL**:

```
CALL {bd_addr} af5c7d47-350b-45f6-bdf6-b403441edb77
RFCOMM,
```

где **bd_addr** — это Bluetooth-адрес устройства. Если соединение прошло успешно, то будет по-

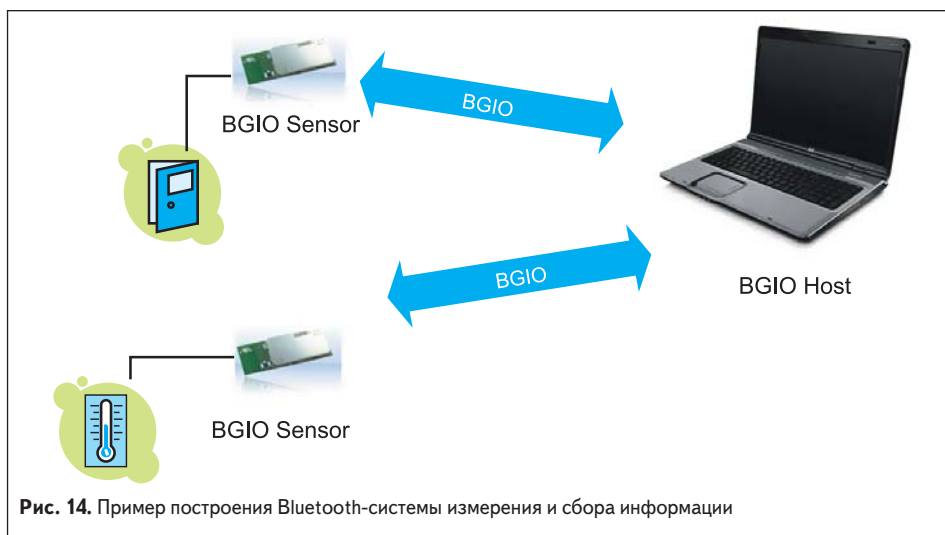


Рис. 14. Пример построения Bluetooth-системы измерения и сбора информации

лучено сообщение «CONNECT {link_id} RFCOMM {channel} {bd_addr}», где: link_id — локальный идентификатор соединения; channel — сервисный канал удаленного устройства; bd_addr — Bluetooth-адрес устройства.

Пример записи команды соединения:

```
CALL 00:07:80:ffff:af5c7d47-350b-45f6-bdf6-b403441edb77
RFCOMM
CONNECT 0 RFCOMM 1 00:07:80:ffff
```

Пример записи команды отключения соединения:

```
CLOSE 0;
NO CARRIER 0 ERROR 0
```

Считывание значений с аналоговых и цифровых датчиков осуществляется с помощью специальных команд:

- **ADS read** — чтение значений с вывода ADC;
- **ADC set event interval** — определяет интервалы времени, через которые Sensorg будет посылать данные на Host;
- **PIO write** — определяет статус выбранного цифрового ввода/вывода;
- **PIO get direction** — дает направление использования («ввод» или «вывод»).

Следует учитывать, что прошивка iWRAP-4 дает возможность использовать аналоговый ввод/вывод только для модуля WT32, который изготовлен на базе чипа BlueCore5. Прошивка iWRAP-5 позволяет управлять аналоговыми вводами/выводами также и в модулях, изготовленных на базе BlueCore4. В принципе, в этих модулях для работы с аналоговыми выводами можно использовать так называемый BGIO Proprietary Profile. Подробнее об этом изложено в [6].

Dial-Up Networking Profile

Dial-Up Networking Profile (DUN) предназначен для обеспечения доступа к Интернету с использованием технологии Bluetooth. В данном случае два устройства объединяются в Bluetooth/GSM-шлюз с использованием программного обеспечения iWRAP. Например, если есть современный сотовый телефон с GSM/GPRS-каналом и Bluetooth, то через него можно выйти в Интернет, связаться через Bluetooth с компьютером и работать в сети с большими объемами информации, одновременно получая SMS и разговаривая по телефону.

Phonebook Access Profile

Phonebook Access Profile (PBAP) является, по существу, расширением профиля FTP и определяет регламент работы двух устройств, участвующих в обмене по Bluetooth-каналу информацией из телефонных книг. Одно из устройств, запрашивающих информацию, называется Phone Book Client Equipment (PCE). Другое устройство, ответственное за передачу, называется Phone Book Server Equipment (PSE).

Over-the-Air Configuration

Дополнительный профиль Over-the-Air Configuration позволяет организовать удаленный доступ к интерфейсу iWRAP по Bluetooth-каналу. Этот профиль используется в тех случаях, когда

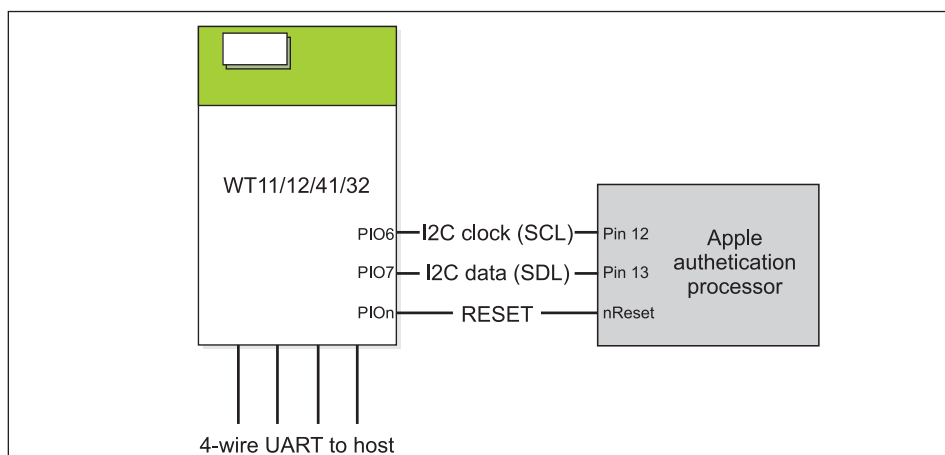


Рис. 15. Схема подключения оборудования Apple к модулю WT11i

нужно удаленно изменить конфигурацию установок iWRAP.

Профиль имеет двухуровневую защиту. При попытке установления удаленного доступа к интерфейсу ПО запрашивается пароль и PIN-код.

Apple support

В новой версии iWRAP-5 реализован профиль Apple support (AiAP) поддержки мобильных устройств iPhone, iPod и iPad производства фирмы Apple [18, 19].

На начало 2012 г. Bluegiga поддерживает следующие изделия Apple:

- iPhone 3G Apple;
- iPhone 3GS Apple;
- iPhone 4 Apple;
- iPod Touch 2, 3, 4 Apple.

AiAP, по существу, представляет собой комплект протоколов, адаптированных к оборудованию Apple. Он поддерживает следующие рассмотренные выше профили:

- Human Interface Device (HID);
- Hands Free Profile (HFP);
- Advanced Audio Distribution Profile (A2DP);
- A/V Remote Control Profile (AVRCP);
- Phonebook Access Profile (PBAP).

Кроме того, AiAP совместим с Personal Area Networking Profile (PAN).

Personal Area Networking Profile

Профиль PAN поддерживается в новой версии iWRAP-5 и описывает, как несколько Bluetooth-устройств могут сформировать сеть типа Ad-Нос. Этот тип сетей представляет собой хаотически образующиеся сети, кото-

рые не имеют формальной инфраструктуры и ограничены только пространственными и временными рамками.

PAN определяет, как один и тот же механизм может использоваться для того, чтобы получить доступ к отдаленной сети через точку доступа локальной сети. Этот профиль определяет работу группы устройств, состоящей из точки доступа, сети типа Ad-Нос и пользователей Bluetooth PAN. В качестве точки доступа может быть использована стандартная точка доступа к сети LAN. При работе с PAN используется протокол BNEP для третьего слоя транспортного протокола беспроводной технологии Bluetooth. Оборудование фирмы Apple, поддерживаемое в iWRAP-5, может быть напрямую подключено к модулям WT11i через пользовательские входы/выводы (рис. 15). Версия iWRAP-5 обеспечивает взаимодействие между iOS-процессором Apple с помощью простых ASCII-команд.

Таким образом, iPhone, iPod и iPad с помощью профиля AiAP могут быть подключены к любой Bluetooth-сети, состоящей из устройств, поддерживающих описанные выше профили. Это могут быть и диагностические автомобильные системы, и торговое оборудование, и медицинские приборы.

Следует отметить, что новая версия iWRAP-5 поддерживает модернизированные варианты профилей HDD, HID, HFP. Например, в профиле HDD добавлено новое совместимое медицинское оборудование, а также дополнительно поддерживаются такие устройства, как мультимедийный ключ, джойстик для игровых программ, беспроводная мышь. Последняя версия HFP поддерживает Wide Band Speech (WBS) v.1.6.

Таблица 5. Описание модулей Bluegiga в соответствии с номенклатурой

Наименование	Описание
WT11i-A-AI4	WT11i со встроенной антенной и iWRAP-4
WT11i-A-HCI21	WT11i с USB и HCI 2.1 + EDR
WT11i-A-eHealth	WT11i со встроенной антенной и iWRAP HDP
WT11i-A-mgr 2738	WT11i со встроенной антенной и IEEE manager
WT11i-E-A4	WT11i с разъемом под внешнюю антенну и iWRAP-4

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что фирма Bluegiga впервые выпустила интеллектуальные Bluetooth-модули около пятнадцати лет назад. Фирма постоянно совершенствует свою продукцию. За это время сменилось несколько поколений модулей. Сейчас WT11i и iWRAP-5 представляют пятое поколение. Номенклатура выпускаемых фирмой модулей и их описание представлены в таблице 5.

На рынке появляются все новые и новые производители, рекламирующие свою продукцию как более дешевую альтернативу модулям Bluegiga. Понятно, что конкуренция хороша всегда. Однако нужно рассматривать изделия одного технического класса. Как нельзя сравнивать «Мерседес» с «Ладой-Калина», так нельзя сравнивать и модули Bluegiga с дешевой китайской продукцией. При выборе модуля в первую очередь стоит прояснить для себя

технические характеристики устройства и разобратся в его программном обеспечении. С уверенностью можно говорить, что в настоящее время по этим показателям интеллектуальные модули Bluegiga не имеют аналогов на мировом рынке. ■

Литература

1. WT11 to WT11i Migration Bluegiga Technologies. 2011.
2. WT11i Bluetooth Module Product Presentation.
3. WT11i-A. Data Sheet. 13 January 2012. V. 1.51.
4. WT11i. Design Guide. 28 November 2011. V. 1.1.
5. WT11i-E. Data Sheet. 10 January 2012. V. 1.03.
6. iWRAP-4. User Guide. 02 January 2012. V. 4.1.
7. iWRAP-5. Bluetooth stack Bluegiga Technologies.
8. Bluetooth Serial Port Profile iWRAP. Application Note. 29 April 2010. V. 1.2.
9. Health Device Profile iWRAP. Application Note. 29 November 2011. V. 3.0.
10. <http://www.continuaalliance.org/index.html>
11. Hands-Free and HeadSet PROFILES iWRAP. Application Note. 31 August 2009. V. 1.3.
12. Bluetooth HID Profile iWRAP. Application Note. 14 July 2010. V. 1.4.
13. OBEX OPP and OBEX FTP Profiles iWRAP. Application Note. 27 May 2010. V. 1.0.
14. A2DP and AVRCP Profiles iWRAP. Application Note. 04 April 2011. V. 1.1.
15. Bluegiga I/O Profile iWRAP. Application Note. 22 September 2009. V. 1.0.
16. Bluetooth Wireless Technology Profiles.
17. http://techforum.bluegiga.com/faq_item?id=10367677
18. Bluetooth Solutions for Apple iOS Devices Bluegiga Technologies.
19. iPhone Bluetooth connectivity iWRAP. Application Note. 28 September 2010. V. 1.1.