

Операционная система Open AT

для управления интеллектуальными модемами

В статье приведено описание операционной системы Open AT как ядра интеллектуальных GSM-модемов компании Sierra Wireless. Рассмотрены ее функциональные возможности, позволяющие задействовать ресурсы встроенного процессора для управления внешними устройствами, а также для получения, обработки и передачи данных по беспроводному каналу.

Кирилл Канкулов
kirill.kankulov@eltech.spb.ru

Введение

В настоящее время практически все устройства, работающие в M2M-индустрии (machine-to-machine), так или иначе имеют в своем составе модемы для передачи данных. Для разработчиков M2M-оборудования наиболее интересными являются GSM-модемы, использующие для передачи данных сотовые сети GSM-операторов.

Изначально предполагалось, что модем — это оконечное оборудование, выполняющее роль только передачи данных, а формирование самих данных и их обработку осуществляет терминал. Таким образом, модем является одним из периферийных устройств, подключаемых к оборудованию. Сегмент M2M-оборудования является очень динамичным по своему развитию, и в этой динамике хорошо прослеживаются тенденции к минимизации устройств. В этой ситуации на первый план выходит задача расширения функциональности модемов, их возможность самостоятельно обрабатывать данные и работать автономно, без внешнего процессора.

Интеллектуальные модемы AirPrime

Беспроводные GSM-модемы серии AirPrime от компании Sierra Wireless выполнены

на основе беспроводных микропроцессоров WMP (Wireless MicroProcessor) и поставляются с предустановленной полноценной операционной системой (ОС) реального времени Open AT, которая осуществляет управление модемом. Таким образом, разработчики получают возможность реализации собственных пользовательских приложений. В результате GSM-модем становится интеллектуальным устройством, способным заменить управляющий микропроцессор.

Для примера давайте рассмотрим устройство, которое будет выполнять следующие действия:

- собирать данные с подключенных к нему датчиков;
- выводить информацию на ЖК-экран;
- управляться с помощью подключенной клавиатуры;
- передавать данные по беспроводному каналу;
- управляться с помощью голосового меню, по GSM-каналу.

В классической схеме выбирается микропроцессор, к которому через интерфейсы SPI подключаются датчики, через GPIO — клавиатура, через I²C — ЖК-экран. Через UART подключается беспроводной модем, краткая схема показана на рис. 1. Далее реализуется программное обеспечение для

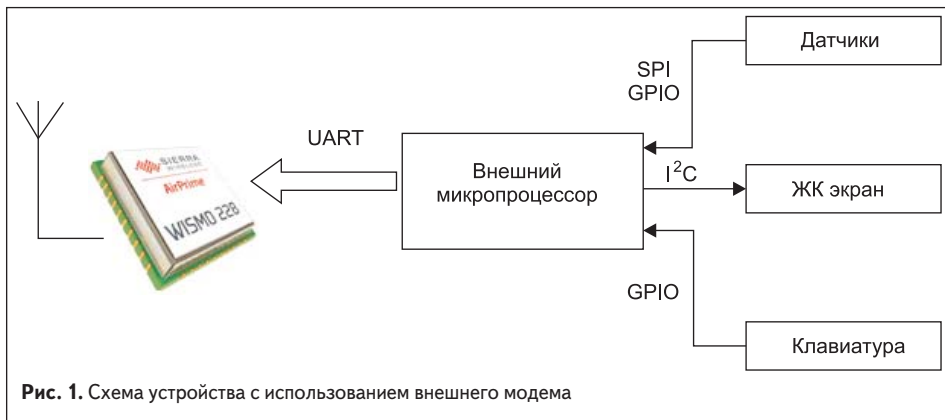


Рис. 1. Схема устройства с использованием внешнего модема

работы устройства. Та часть программного ядра, которая отвечает за работу с датчиками, экраном и клавиатурой, достаточно прозрачна, понятна для реализации и имеет стандартные решения. Другая же часть, отвечающая за работу с модемом и реализующая канал для передачи данных и голосовое меню, достаточно специфична. Она зависит от возможностей самого модема, например возможности декодирования DTMF и наличия поддержки сетевых протоколов (TCP/IP, FTP, HTTP, SMTP, POP3). Также необходима реализация работы с модемом со стороны контроллера в виде нескольких потоков, обрабатывающих различные задачи: передача данных по GPRS, работа голосового меню. Все это ложится на плечи разработчика.

Ядро модемов серии AirPrime выполнено на основе высокопроизводительного процессора ARM9 и операционной системы Open AT. Часть ресурсов ОС задействована на работу с GSM-радиочастью и обработкой GSM-стека, которые имеют самый высокий приоритет при работе системы. Остальная часть открыта для использования пользовательскими приложениями.

В новой концепции модем уже выступает не просто модулем для передачи данных. Так как модули AirPrime снабжены интерфейсами UART, SPI, I²C, GPIO, то всю предлагаемую схему можно выполнить через подключение датчиков, клавиатуры и экрана к модему (рис. 2). Open AT поддерживает набор библиотек для декодирования DTMF, воспроизведения аудиофайлов различных форматов, например таких как AMR. Также ОС имеет необходимый инструментарий для работы с портами ввода-вывода и многозадачностью (подробнее о самой операционной системе и ее возможностях будет рассказано далее). Таким образом, разработка программного ядра устройства значительно упрощается, экономятся время и ресурсы разработчика.

Интеллектуальные модули, выполненные на основе беспроводного микропроцессора WMP, входят в серии AirPrime и Airlink.

- AirPrime:
 - серия WMP — WMP50/100/120/150;
 - серия Q26 — Q2686RD, Q2687RD, Q26Extreme;
 - SL6087.
- Корпусные модемы Airlink:
 - Серия GL — GL6100, GL6110;
 - Серия FXT — Fastrack Xtend GPRS/EDGE/HSPA/CDMA.

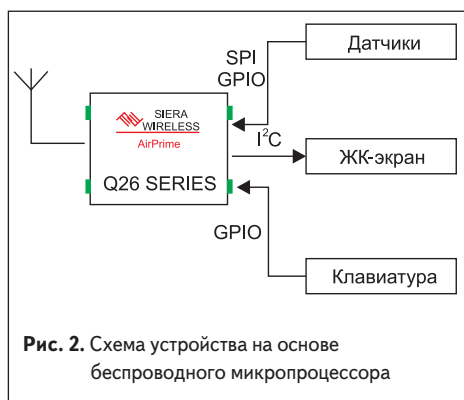


Рис. 2. Схема устройства на основе беспроводного микропроцессора

Sierra Wireless предоставляет целый программный комплекс для работы с беспроводными модемами, в который входят пять компонентов:

1. Операционная система Open AT — многозадачная (до 64 задач) ОС реального времени, предоставляющая набор интерфейсов для программного управления GSM-модулем — ADL (Application Development Layer).
2. Набор библиотек для расширения функциональных возможностей, операционной системы. Включает в себя пять библиотек:
 - TCP/IP Plug-In;
 - Internet Plug-In;
 - Security Plug-In;
 - Lua Scripting Plug-In;
 - Location Plug-In.
3. Developer Studio — интегрированная среда разработки программного обеспечения под ОС Open AT, выполненная на основе Eclipse и включающая в себя редактор кода, компилятор GCC, загрузчик ПО, менеджер проектов.
4. Firmware — встраиваемое программное ядро, работающее в беспроводном модуле. Оно включает в себя GSM/GPRS/EDGE/3G — беспроводной стек, выполненный непосредственно для работы в режиме M2M и автоматизации приложений, а также AT-парсер для управления модулем через AT-интерфейс. AT-интерфейс поддерживает версию ITU V.25 ter и 3GPP 27.007.
5. AirVantage — сервисы интеллектуальных устройств, позволяющие проводить удаленный мониторинг модема, получать данные о состоянии сети, интернет-трафика, количества звонков и СМС, проводить удаленное обновление операционной системы и пользовательской программы.

Аппаратно-программная архитектура Open AT

Общая структура Open AT состоит из четырех частей (рис. 3).

- На самом нижнем уровне находится аппаратная часть — центральный процессор и RF.

- Open AT Firmware — операционная система, исполняемая на модуле и имеющая все необходимые инструменты для управления аппаратной частью модуля. В свою очередь она делится на три слоя:
 - BSP (Board Support Package) — пакет драйверов, поддерживающий работу с аппаратной частью центрального процессора WMP100. Сюда входят группа BSP Device, работающая со всеми интерфейсами модема, такими как SPI, UART, GPIO и т. д.; BSP System — набор драйверов, организующий работу с памятью и аппаратными таймерами; группа драйверов BSP GSM&Audio, организующая взаимодействие с радиочастью модуля, отвечающей за работу в сети GSM, и аудиочастью.
 - Операционная система, контролирующая работу беспроводного модуля и отдельно исполняемого GSM-стека, обрабатывающего данные из сети GSM.
 - Firmware application — приложение, работающее на модуле и реализующее интерфейс для управления модемом.
- ADL-уровень — Application Development Layer, программный интерфейс для работы пользовательского приложения с GSM-модулем. Также в нем реализована работа с многозадачностью, таймерами, прерываниями.
- Open AT плагины — программные библиотеки, расширяющие программную функциональность модуля: например, реализована работа с сетевыми протоколами FTP, HTTP, SMTP, POP3, криптографические алгоритмы, алгоритмы определения GSM-глушения.

На рис. 4 представлена диаграмма задач, выполняемых на беспроводном микропроцессоре WMP100.

Разработчику доступны следующие уровни:

- Low level Interrupt handlers — обработчик прерываний низкого уровня;
- High level interrupt handlers — обработчик прерываний высокого уровня;

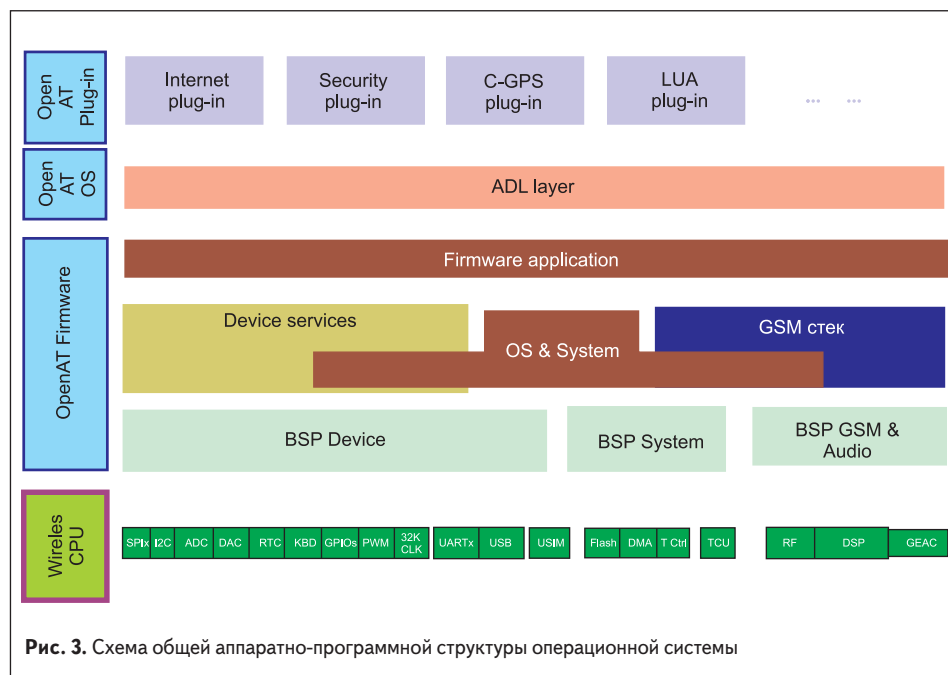


Рис. 3. Схема общей аппаратно-программной структуры операционной системы

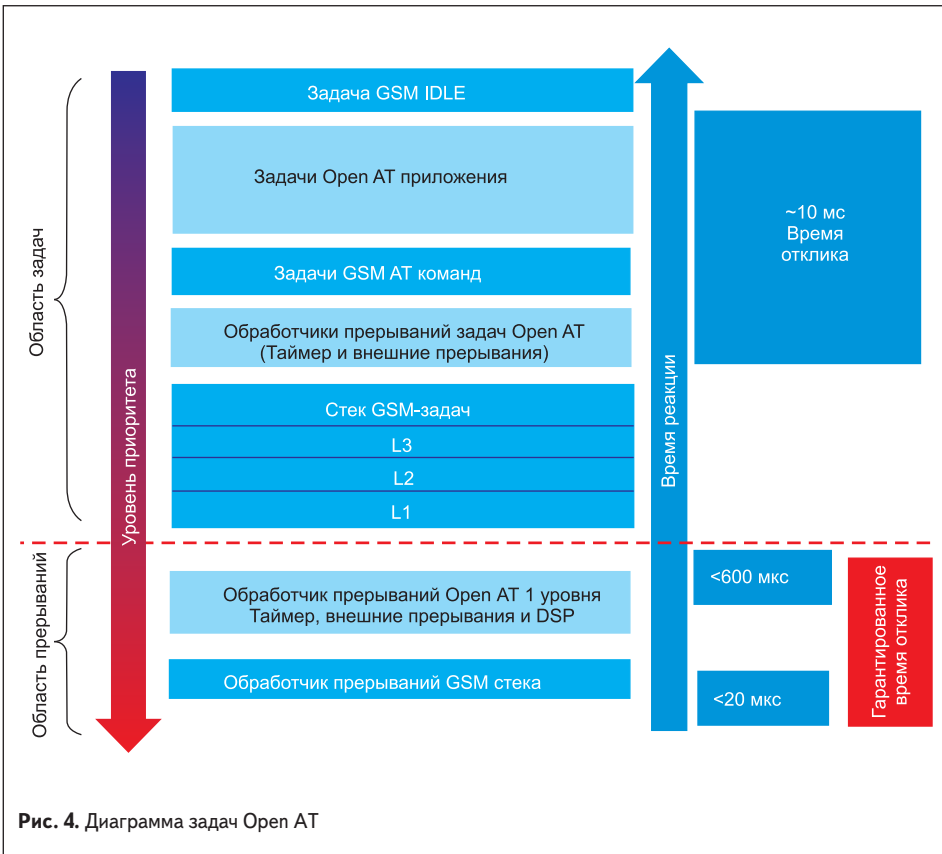


Рис. 4. Диаграмма задач Open AT

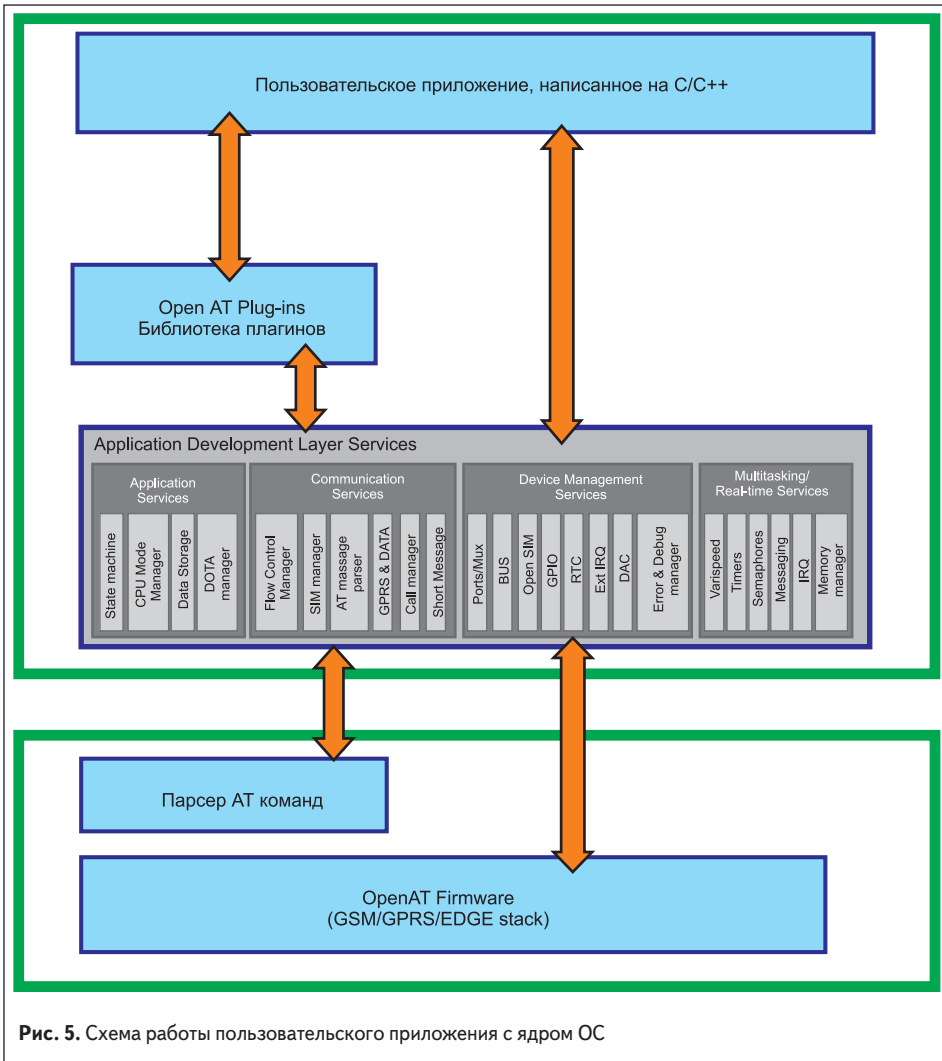


Рис. 5. Схема работы пользовательского приложения с ядром ОС

- Open AT Applications — уровень пользовательского приложения.

Обработчик прерывания первого уровня Open AT (Open AT Interrupt handler Level 1) имеет приоритет выше, чем приоритет ядра Open AT. В нем можно сделать обработку внешних прерываний; внутренних прерываний таймера; прерываний DSP (Audio).

Время прерываний и вызовов задач составляет:

- для Open AT Interrupt handler Level 1 менее 600 мкс;
- Open AT Interrupt Task handler — 1–10 мс;
- Open AT Application Task (s) — примерно 10 мс.

Таким образом, мы получаем очень гибкий механизм работы с прерываниями и задачами для управления внешними устройствами, который может быть реализован только с помощью ОС реального времени.

Взаимодействие пользовательского приложения с ОС

Управлять GSM-модулем можно в трех режимах:

- через AT-интерфейс, соответствующий описанному в документах 3GPP, в этом случае требуется использование внешнего контроллера;
- через пользовательское приложение, которое выполняется на модуле и взаимодействует с операционной системой;
- в кооперативном режиме, в котором управление происходит как через AT-интерфейс, так и через пользовательское приложение одновременно.

Пользовательское приложение в виде исполняемого файла загружается во флеш-память модуля. После этого оно стартует автоматически при запуске модуля вместе с операционной системой.

Приложение управляет беспроводным модемом двумя способами: через ADL (Application Development Layer) и набор плагинов. ADL-слой может взаимодействовать с ядром модуля, непосредственно вызывая те или иные интерфейсы, или через AT-парсер (рис. 5). Также пользовательское приложение может воспользоваться библиотекой плагинов, которые, в свою очередь, работают с ADL-уровнем.

ADL-уровень содержит различные группы интерфейсов для доступа ко всем функциям операционной системы:

- Интерфейс AT-команд, содержащий набор функций для работы с парсером AT-команд.
- Интерфейсы для доступа к оперативной и флеш-памяти, а также интерфейс для работы с секретной областью памяти, доступ к которой осуществляется только через специальные ключи, генерируемые криптографическими алгоритмами, что позволяет регламентировать доступность хранимых данных.
- Набор интерфейсов, позволяющих работать с различными портами, имеющимися на модуле для обмена данными с другими устройствами: GPIO, SPI, I2C, АЦП, ЦАП и др.
- Сервис для стандартной работы с SIM-картами, а также Open SIM Access, позволяющий работать

с несколькими SIM-картами, подключенными к портам UART, I²C, SPI, USB.

- На уровне ADL реализован интерфейс для работы со списками, организация данных в виде которых очень востребована в приложениях.
- Также в состав ADL входит сервис для работы со звуковыми данными, такими как DTMF, тоны, PCM-файлы и AMR/AMR-WB.

Все модули серии AirPrime на основе микропроцессора WMP имеют внешний аппаратно-независимый сторожевой таймер, который следит за работой модуля в целом и перегружает его в исключительных ситуациях, например, во время зависания модуля или входа в бесконечный цикл. Для управления сторожевым таймером также существует отдельный сервис, позволяющий настроить его в зависимости от работы приложения.

Имея доступ к ADL через предоставляемые API, мы получаем очень мощный инструмент для построения как самых простых приложений, реализующих работу тех или иных функций, так и сложных многозадачных приложений для обработки данных, имеющих звуковые меню, поддерживающих самостоятельно соединение с сервером и контролирующую работу внешних устройств.

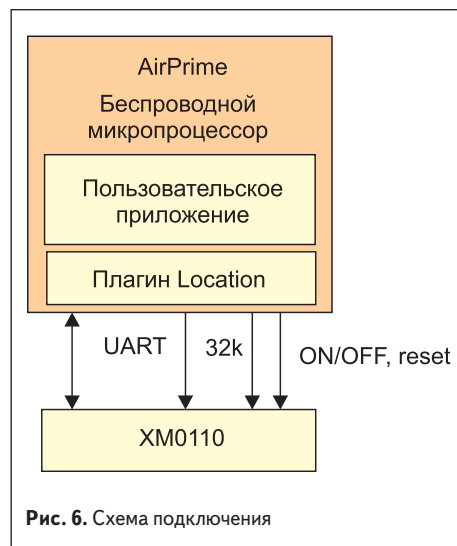
Интегрированная среда разработки Developer Studio

Разработку пользовательского приложения под ОС Open AT можно вести как на языке C, так и на C++, используя объектно-ориентированную модель. Для разработки приложений компанией Sierra Wireless выпущена интегрированная среда разработки Developer Studio, которая включает в себя все необходимое для создания, компиляции, загрузки и отладки приложений. Среда разработки выполнена на основе Eclipse, поэтому пользовательский интерфейс удобен и интуитивно понятен. В состав Developer Studio входят: редактор исходных текстов; менеджер проектов; компилятор, по умолчанию это свободно распространяемый GCC (GNU C Compiler), также есть возможность добавить платные версии коммерческих компиляторов ADC и ARM RVDS; менеджер загрузки приложений, включающий в себя командную строку и трейсер для загрузки и трассировки приложений; отладчик для пошаговой отладки приложения; менеджер обновлений для периодической загрузки обновлений. При этом сама среда разработки бесплатная и доступна для загрузки с сайта компании-производителя.

Плагины Open AT

Помимо стандартного набора сервисов, входящих в состав Open AT, Sierra Wireless предоставляет ряд библиотек, так называемых плагинов, являющихся дополнительным расширением для ADL. На данный момент поддерживается 5 плагинов:

- TCP/IP Plug-In;
- Internet Plug-In;
- Location Plug-In;
- Security Plug-In;
- Lua Scripting Plug-In.



TCP/IP-плагин входит в базовую конфигурацию GSM-модуля и представляет собой реализацию TCP/IP-стека. С ним можно работать как в приложении, подключив его в студии разработчика, так и через интерфейс AT-команд, загрузив приложение WIPSoft. С помощью программы WIPSoft можно гарантированно создать одновременно 4 серверных сокета и 8 клиентских. Этот показатель очень важен при разработке мультисокетных систем.

Internet-плагин предоставляет библиотеку для работы с сетевыми протоколами POP3, HTTP, FTP, SNMP.

Плагин Internet содержит библиотеку WIPLib для работы на уровне прикладного приложения, а также приложение WIPSoft, реализующее AT-парсер для работы с Internet-плагином на уровне AT-команд. Все это освобождает разработчика от собственной реализации работы с этими протоколами, тем самым ускоряя и упрощая процесс разработки сетевых приложений.

Плагин Location создан специально для управления GPS-модулем XM0110 через GSM-модуль, подключенный по интерфейсу UART (рис. 6), тем самым исключая из связки внешний микропроцессор. Плагин включает библиотеку API, позволяющую приложению:

- управлять работой GPS-модуля, переключать его в различные режимы, контролируя мощность и энергопотребление;
- получать данные в виде NMEA-строки или PVT-структуры (Position-Velocity-Time);
- получать данные о положении по трем осям координат, информацию о последней позиции, спутниках, статусе GPS-приемника.

Управлять GPS-модулем с помощью плагина Location можно как в режиме AT-команд, так и в пользовательском приложении. В режиме AT-команд требуется внешний микропроцессор, подключенный к GSM-модулю.

Для защиты данных, передаваемых по беспроводному каналу, во избежание воздействия помех на GSM-модуль и искажения сигнала был создан **плагин Security**. Он содержит в себе инструменты для определения влияния помех на модуль, различные криптографические библиотеки для шифрования

данных и поддержки криптографических протоколов. В состав плагина входят следующие группы:

- **Jamming Detection** — ряд функций для определения степени глушения радиопередачи. Используя их, можно определить степень глушения радиоканала и предпринять какие-либо меры для сигнализации об этом действии или для защиты объекта, попавшего под воздействие глушения.
- **Защищенный режим работы приложения**. В этом режиме можно контролировать команды +WOPEN и +WDWL, служащие для запуска, остановки, удаления и установки приложения и данных во флеш-память, тем самым предотвращая вмешательство посредством AT-команд в приложение, запущенное на модуле.
- **Группы для работы с криптографическими сетевыми протоколами SSL 3.0/SSL 2.0 и протоколом с шифрованием HTTPS**.
- **Крипто-библиотека**, в которой реализованы основные криптографические алгоритмы для шифрования данных.
- **Open SIM Access** — интерфейс для работы с несколькими SIM-картами, подключенными к различным портам ввода-вывода.

Плагин Lua включен для поддержки одноименного интерпретируемого языка программирования. Плагин включает в себя компилятор, виртуальную машину, библиотеки и интерактивное ядро для создания и исполнения приложений в ОС Open AT. Менеджер для работы с проектами Lua включен в среду разработки Developer studio, что позволяет в ней создавать, компилировать и загружать файлы Lua на беспроводной модуль. Сам язык Lua является свободно распространяемым, с открытыми исходными текстами на C. По возможности, идеологии и реализации язык ближе всего к JavaScript, однако Lua отличается более мощными и более гибкими конструкциями.

Заключение

Рассмотрев ОС Open AT и окружающие ее компоненты, можно сделать вывод, что модемы от компании Sierra Wireless снабжены мощным программным ядром, позволяющим реализовывать многоуровневые и многозадачные системы, требующие надежности работы и скорости исполнения. Такие модемы идеально подходят для применения в таких областях, как контроль и мониторинг автотранспорта, разработка авторекегов и навигаторов, контроль за энергоресурсами, системы АСКУЕ, «Умный дом» и т. д. — то есть, именно там, где от модуля требуется не только передавать данные, но и управлять процессом, поддерживать связь, обрабатывать данные, в случае внештатных ситуаций сигнализировать об опасности.

Литература

1. AirPrime WMP100-150 Technical Specification and Customer Design Guidelines
2. TRAINING COURSEWARE «Open AT» Software Suite v2.0»
3. Ле Бодик Г. Технологии и службы мобильной передачи данных. М.: Техносфера. 2008.