

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: ref@radio.ru

Приём статей — e-mail: mail@radio.ru

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 22.09.2023 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт редакция.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2023. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 03067-23 .

Dr.Web  Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com
Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINET 

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон: +7(495)981-4571
E-mail: info@rinet.ru
Сайт: www.rinet.ru

Вещи обретают интерфейсы

Часть 3

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Шум ещё ничего не докаживает: порой курица снесёт яйцо, а кудахчет так, словно снесла целую планету".

Марк Твен

Один из ключевых факторов развития отечественного рынка IoT — это развитие сетевой инфраструктуры и оборудования. Согласно решению Госкомиссии по радиочастотам (ГРЧ) РФ, с 1 декабря 2021 г. в России можно использовать только то оборудование (или базовые станции), которое выпустили отечественные компании. Этому оборудованию комиссия присваивает особый статус телекоммуникационного оборудования российского происхождения (ТОРП). Соответственно разработаны и новые отечественные радиотехнологии.

NB-Fi

NB-Fi — это разработанная компанией WAVEIoT технология радиосвязи класса LPWAN. Радиотехнологии LPWAN делятся на широкополосные и узкополосные. Так, в широкополосных системах один канал занимает полосу в эфире шириной, как правило, от 100 кГц до нескольких мегагерц, а в узкополосных системах один канал занимает полосу в эфире шириной от 50...100 Гц.

Одним из достоинств узкополосных систем, таких как NB-Fi, является эффективное использование радиочастотного спектра. В России для работы в нелицензируемом диапазоне частот доступна лишь небольшая полоса частот шириной 500 кГц (868,7...869,2 МГц), однако при ширине рабочего канала NB-Fi-системы всего 50 или 100 Гц таких каналов даже в ней можно уместить тысячи. При этом рабочая полоса частот NB-Fi-устройств для восходящих сигналов (Uplink, от устройства к базовой станции) составляет всего 50 кГц, для нисходящих сигналов (Downlink, от базовой станции к устройству) — 100 кГц, т. е. только небольшую часть доступного диапазона. Узкополосный сигнал и высокая энергетика на каждый бит передаваемой информации обеспечивают высокий энергетический потенциал канала связи и высокую помехоустойчивость.

Ключевая возможность высокочувствительного приёмника базовой станции NB-Fi — это способность принимать сигнал с низким отношением сигнал/шум, даже когда уровень сигнала не превышает уровень шума.

Все устройства WAVEIoT с двухсторонней связью поддерживают адаптивное изменение скорости передачи сигнала и при хорошем уровне принимаемого сигнала устройства автоматически переходят на более высокую скорость передачи данных, что позволяет не только освободить эфир, но и дополнительно снизить электропотребление на стороне абонента.

Стандарт NB-Fi поддерживает до 4,3 млрд устройств в одной сети, и каждому устройству присваивается идентификатор размером 32 бита. В целях оптимизации механизмов передачи малых объёмов данных в NB-Fi не используется IP-адресация (IPv4, IPv6). IoT-устройства, такие как датчики, могут передавать очень малые объёмы данных, всего несколько байт. Учитывая, что минимальный размер IP заголовка 20 байт, подход Non-IP Data Delivery (NIDD)

(отказ от поддержки IP-стека) ведёт к упрощению и удешевлению устройства. Обмен данными между устройствами и серверами приложений происходит посредством IoT-платформы WAVIoT.

XNB

При фиксированной мощности передатчика модуляция с более высокой скоростью передачи данных порождает более широкополосный, но менее энергоёмкий сигнал. Отношение сигнал/шум определяет надёжность и дальность связи. Проблема увеличения дальности заключается в том, что невозможно добиться узкополосного сигнала, снизив скорость передачи на прикладном уровне, поскольку многоуровневая сложность коммуникационного стека, кодирование и другие факторы приводят к "размыванию" спектра.

XNB (Extended Narrow Band) разработан для обмена данными устройств на больших распределённых территориях с минимальными энергетическими затратами и представляет собой переработку протокола связи "Стриж" на физическом уровне, где используется модуляция DBPSK. Ширина полосы канала передающего устройства при этом составляет 100 Гц при минимальной скорости передачи данных 50 бод. Узкополосный сигнал и высокая энергетика на каждый бит передаваемой информации обеспечивают высокий энергетический потенциал канала связи и высокую помехоустойчивость. Ширина доступного спектра — 500 кГц. Для передачи сигналов XNB доступно до 5 тыс. узкополосных каналов.

Протокол XNB адаптирован для передачи сигнала на частоте 868,8 МГц (не требует лицензирования). Передача сигнала при мощности до 25 мВт не требует разрешения. Дальность связи — от 10 до 40 км.

Впрочем, что бы ни говорили многочисленные приверженцы многочисленных стандартов радиointерфейсов IoT, сегодня на этом рынке у всех из них есть серьёзный конкурент — существующие сети мобильной связи.

Мобильная связь IoT/M2M

Технология M2M актуальна для компаний любых разновидностей бизнеса, использующих SIM-карты операторов мобильной связи в своих устройствах и оборудовании. Одним из основных преимуществ услуги является простота её подключения, которое можно осуществить быстро, без дорогостоящей прокладки инфраструктуры и практически где угодно, включая места, куда почти невозможно провести кабель (было бы радиопокрытие). Но главное преимущество, а точнее, суть услуги, — возможность беспроводного удалённого управления сетью устройств с установленной SIM-картой.

Работа осуществляется в лицензированных диапазонах, что, кстати, абсолютно не волнует владельца устройств IoT/M2M, потому что его сеть является наложенной на работающую сеть мобильной связи.

О недостатках решения IoT/M2M говорилось ранее, но стоит повторить: использование значительных ресурсов пропускной способности сети мобильной связи для относительно небольших потребностей каждого подключённого устройства может превратиться в довольно дорогое удовольствие как для одной, так и для другой стороны. Тем не менее, если ваши вещи находятся, к примеру, на разных континентах, M2M будет для вас хорошим решением. Впрочем, есть и ещё проблемы.

Если речь идёт о какой-то более массовой истории либо о серийном оборудовании, то использование обычной SIM-карты имеет ряд недостатков. Со временем контакты в SIM-слоте окисляются, а установка, обслуживание и замена SIM-карт при большом числе устройств становятся затруднительными и затратными.

Проблемы с надёжностью SIM-карты решают путём использования SIM-чипа стандарта MFF2 (его роль аналогична роли стандартной SIM-карты), который впаивается при производстве в оборудование и вместе с иными элементами для защиты от агрессивной внешней среды может покрываться защитным слоем лака. В дополнение SIM-чип позволяет уменьшить габариты оборудования и улучшить надёжность и отказоустойчивость.

Впрочем, и тут не без проблем. В соответствии с законодательством РФ операторы связи передают своим абонентам SIM-карты/чипы только после заключения договора на оказание услуг связи. При перепродаже IoT/M2M оборудования с впаиваемым SIM-чипом его нельзя изъять и установить новый, поэтому требуется корректное перезаключение указанного договора на каждый SIM-чип с новым пользователем оборудования или корректное заведение в ЕСИА (Федеральную государственную информационную систему "Единая система идентификации и аутентификации").

Поскольку обычная SIM-карта и SIM-чип не позволяют изменить владельца без похода к оператору связи и замены физического носителя, появилась технология eSIM, которая позволяет удалённо "перепрошить" устройство и загрузить туда новый абонентский профиль. Это упрощает процедуру тестирования устройств IoT, снижает себестоимость и затраты на логистику и обслуживание SIM-карт, повышая надёжность оборудования. На текущий момент в мире есть две технологии eSIM от GSMA (Всемирная ассоциация GSM): eSIM Consumer и eSIM M2M.

Технология eSIM Consumer — технология для смартфонов, когда для "загрузки SIM-карты" требуется сканировать QR-код.

Технология eSIM M2M подразумевает под собой систему, которая состоит из нескольких составляющих:

— eUICC-чипы для IoT/M2M, установленные в оборудование на заводе-изготовителе;

— система RSP (Remote SIM Provisioning), установленная у оператора связи для организации загрузки

"по воздуху" цифровой SIM-карты в eSIM-чип.

eUICC (чип/карта) выглядит как обычная SIM-карта/чип, но внутри имеет другую аппаратную и программную начинку, которая работает по стандарту SGP.02 (Remote SIM Provisioning для eSIM M2M), т. е. поддерживает технологию eSIM M2M. В соответствии со стандартом SGP.02 eSIM-чип позволяет удалённо выполнять операцию, аналогичную установке новой SIM-карты на оборудование.

Впрочем, индустрия мобильной связи не забыла об экономии сетевых ресурсов при обслуживании IoT и заготовила соответствующий пакет изменений в стандартах 3GPP.

EC-GSM-IoT

IoT с расширенным покрытием на базе стандарта GSM (EC-GSM-IoT — Extended Coverage Global System for Mobile IoT или EC-GPRS) — один из стандартов LPWAN консорциума 3GPP, который работает в лицензируемом диапазоне.

Этот пакет изменений предусматривает относительно небольшие коррекции относительно базовой технологии GSM/GPRS/EDGE, что позволяет использовать подавляющее большинство установленных базовых станций GSM без замены или модернизации аппаратного обеспечения, а только с программным обновлением.

Фактически используется стандартная несущая GSM/GPRS/EDGE с изменениями, позволяющими увеличить бюджет линии, число подключённых устройств и снизить стоимость реализации технологии в конечном устройстве.

Основные дополнения:

— Extended DRX (eDRX, Extended Discontinuous Reception) и Power Saving Mode (PSM) — снижение периодичности обязательных сигнальных сообщений, оптимизация интервалов приёма и получения информации, поддержка длительных, до 52 мин., периодов молчания, в течение которых устройство остаётся подключённым к сети, не передавая и не получая информацию;

— Extended coverage — адаптация канального уровня сети, использующая, в том числе, многократное повторение передаваемой информации для улучшения покрытия по сравнению с традиционными системами;

— упрощение сетевой сигнализации (отказ от поддержки той части сигнализации, которая обеспечивает совместную работу с WCDMA/LTE сетями);

— расширение механизмов аутентификации и безопасности соединения и др.

Ключевое преимущество EC-GSM — в готовности сетевой инфраструктуры (в большинстве случаев требуется только обновление программного обеспечения на узлах сети), а также в распространённости сетей стандарта GSM и их охвате.

Впрочем, из вариантов обслуживания IoT с помощью сетей мобильной связи стандарт EC-GSM-IoT имеет наименьшее количество преимуществ.



eMTC

Технология eMTC называется также LTE-M/LTE-MTC (Machine Type Communication — машинная связь) или LTE Cat.M1.

Помимо полной совместимости с существующими сетями LTE, основное преимущество, выделяющее её рыночную нишу, — высокая пропускная способность, составляющая до 1 Мбит/с в направлении Uplink и Downlink. eMTC призван обеспечить снижение стоимости конечного IoT устройства за счёт отказа от множества функциональностей стандарта LTE, которые востребованы и широко применяются в сетях мобильного широкополосного доступа (МШПД), но становятся избыточными при массовом подключении IoT устройств. В общем, надо быть проще.

Стандартизация eMTC началась в Release 12 3GPP и продолжилась в Release 13 и 14. По сравнению с классическими LTE системами в eMTC определены:

- механизмы Extended DRX и PSM для LTE, которые призваны решить задачу снижения энергопотребления;
- TTI bundling (улучшает покрытие в Uplink) и множественные повторения пакетов, обеспечивающих повышение помехоустойчивости;
- введены новая категория LTE Cat.0 для IoT устройств и новый класс мощности 20 дБмВт;
- позиционирование (E-CID и OTDOA);
- групповое вещание (Multicast SC-PTM);
- межчастотная (interfrequency) мобильность;
- увеличение скорости передачи данных и пр.

eMTC имеет высокую степень готовности сетевой инфраструктуры (современные базовые станции выполняются по технологии SDR — Software Define Radio или программно-определяемое радио, позволяя работать в разных стандартах и различных радиочастотных диапазонах), благодаря чему может быть развёрнута на существующих сетях LTE путём простого обновления ПО. Более того, сети LTE для мобильного ШПД и IoT могут сосуществовать и динамически перераспределять используемые ресурсы (частотный спектр, вычислительную мощность базовой станции и др.) в зависимости от типа и числа подключённых устройств и создаваемого ими трафика.

NB-IoT

Narrowband IoT (NB-IoT или "Узкополосный Интернет вещей"), называемый ещё LTE Cat.M2, — третий стандарт LPWAN, выпущенный консорциумом 3GPP, имеет несколько кардинальных отличий от LTE-M. NB-IoT относится к так называемому CIoT, Cellular IoT (по терминологии 3GPP) или MIoT, Mobile IoT (по терминологии GSMA) и продвигается операторами сотовой связи и производителями соответствующего оборудования. Узкополосный (Narrow

Band) этот вид связи назвали по сравнению с традиционным LTE, где используются существенно более широкие полосы частот (3, 5, 10, 15, 20 МГц), что позволяет разделить общий ресурс пропускной способности базовой станции между гораздо большим числом абонентских устройств.

NB-IoT предполагает меньшую пропускную способность — 250 кбит/с против 1 Мбит/с LTE-M. Вообще, сам принцип функционирования IoT не предполагает значительного обмена информацией с устройствами, а соответственно приводимые значения весьма условны и достигаются при высоком качестве радиосигнала. Другое отличие заключается в том, что стандарт NB-IoT основан на модуляции с расширением спектра методом прямой последовательности (DSSS), так что он не связан с LTE, как LTE-M. К тому же стандарт не ограничивает используемые полосы диапазоном LTE.

Самое важное в NB-IoT — возможность работы при более низких уровнях сигнала и при высоком уровне шумов, а также экономия источника питания. Также NB-IoT предназначен для передачи коротких сообщений, и от него не требуется передача аудио-видеоконтента, больших файлов и прочего. На физическом уровне есть определённые особенности, которые помогают обеспечить необходимые характеристики:

- общая полоса для NB-IoT ограничена шириной в 180 кГц;
- радиотракт пользовательского устройства имеет всего одну антенну, приёмник и передатчик;
- передача и приём разнесены по времени, т. е., по сути, реализован полудуплексный режим;
- возможность передавать в направлении Uplink на одной поднесущей;
- используемые типы модуляции ограничены BPSK и QPSK;
- переповторы передаваемого сигнала (coverage enhancement).

Для NB-IoT могут использоваться практически все те же диапазоны частот, что и для 2G/3G/4G: 800 МГц, 900 МГц, 1800 МГц. Более высокие частоты смысла использовать нет из-за большего затухания сигнала.

Если сравнивать возможности NB-IoT с другими технологиями построения глобальных сетей IoT, такими как eMTC, SigFox и LoRa, то NB-IoT обеспечивает более высокую производительность. Кроме того, когда все технологии рассматриваются с точки зрения инвестиций в сеть, обеспечения радиопокрытия, ёмкости и надёжности сети, видно, что NB-IoT является наиболее подходящей технологией.

3GPP определил три сценария развёртывания радиоканалов NB-IoT:

- в защитной полосе между каналами — Guard Band;
- внутри существующих каналов — In Band;
- автономное развёртывание — Standalone.

Standalone в основном использует отдельный диапазон частот, разворачи-

вание в режиме Guard Band осуществляется с использованием полосы частот, зарезервированной в качестве защитной полосы между существующими каналами сети LTE, разворачивание в режиме In Band реализуется в тех же ресурсных блоках, что и существующая LTE-сеть.

Стандартизация NB-IoT началась с Release 13 3GPP и продолжилась в последующих, включая:

- позиционирование (OTDOA и UTDOA);
- групповое вещание (Multicast SC-PTM);
- новый класс мощности (14 дБмВт);
- мобильность;
- новые механизмы, призванные дополнительно уменьшить энергопотребление.

NB-IoT ориентирован, скорее, на неподвижные (стационарные) устройства, так как в этом режиме не поддерживается автоматическое переключение между сотами (handover). При перемещении в другую соту устройству NB-IoT придётся снова регистрироваться в сети. Таким образом, NB-IoT предназначается в первую очередь для таких приложений, как автоматический сбор показаний со счётчиков, датчиков, дистанционное управление уличным освещением и т. п. В отличие от NB-IoT, другая ветка CIoT — LTE-M поддерживает как переключение между сотами, так и обеспечивает в несколько раз большие скорости приёма/передачи.

В NB-IoT возможны большие задержки связи при использовании режимов энергосбережения. Дело в том, что оконечное устройство, находясь в режимах энергосбережения, оказывается недоступно со стороны сети (сервера приложений).

В целом считается, что NB-IoT — более эффективный протокол IoT для более быстрых приложений. Сеть на базе NB-IoT также может быть развёрнута на существующих сетях LTE путём простого обновления ПО, и, если этого пока не сделано, значит, операторы мобильной связи просто пока не видят большого числа потенциальных клиентов, оставляя нишу IoT на откуп операторам LPWAN из нелицензируемого радиочастотного пула. Там, где они увидят выгоду, оперативно внедрят новые технологии, предоставив лучшие условия и лучшее качество. Не стоит забывать, что нелицензируемые диапазоны имеют относительно узкие полосы частот, что подчас приводит их пользователей к взаимным помехам (не только случайным) и различным коллизиям, причём без претензий к источникам последних.

Кстати, на рубеже 2008 г. и 2009 г. произошёл переход от Интернета людей к IoT, когда число подключённых к сети предметов превысило число людей, как в Интернете, так и на планете. Сравнительные технические характеристики некоторых распространённых стандартов IoT приведены в **таблице** (источник — URL: <https://waviot.ru/technology/about-NB-Fi/?ysclid=ij5etg1qls629245604> (24.06.23)).