

Перспективы технологий LTE для IoT

и их реализация в модулях Telit

Согласно данным авторитетных исследовательских центров, в ближайшие годы технология LTE будет развиваться наиболее быстрыми темпами и станет, вероятно, основным вариантом беспроводной передачи данных «Интернета вещей» (Internet of Things, IoT) через сети сотовой связи. Следуя этим тенденциям, компания Telit в настоящее время развивает линейку модулей LTE пониженных категорий в двух форматах — xE866 и xE910.

Алексей Рудневский
rudnevsky.a@atoma.spb.ru

История развития сотовой связи насчитывает на сегодня четыре поколения, называемых условно 1G–4G. Первое поколение базировалось на аналоговых принципах и практически не использовалось для передачи данных и межмашинного обмена (M2M). Начиная же с сетей второго поколения (включающего стандарты GSM/GPRS и CDMA) передача данных стала использоваться все активнее год от года. На рис. 1 показана динамика количества подключений к мобильным сетям

второго, третьего и четвертого поколений (вне зависимости от типа подключения, данные GSMA [1]) и на этом фоне количество подключений именно M2M/IoT-устройств по всем технологиям суммарно (данные ABI Research [2]). Из данного графика можно сделать несколько выводов.

Эра сетей второго поколения постепенно идет к закату. В США и Австралии эти сети уже активно сворачиваются, в других странах развитие GSM/GPRS (а именно GSM в итоге стал доминирующим стандартом второго поколения) практически прекращается. Вместе с тем европейские компании не планируют закрывать сети GSM как минимум до 2025 г. Поскольку общее число подключений падает, частоты GSM будут подвергаться рефармингу в 3G/4G. С другой стороны, количество подключений M2M в сетях GSM/GPRS будет падать (и то незначительно) только в США (табл. 1 [2]). Во всех остальных регионах динамика числа подключений M2M в ближайшие годы ожидается положительная, то есть налицо тенденция замещения части «живых» потребителей устройствами IoT. Это можно объяснить как хорошим покрытием существующих сетей, так и сильным падением цен на чипсеты и модули GSM/GPRS.

Сети третьего поколения на североамериканском континенте пока не сворачиваются, но развитие их прекращено. Это отражается и на количестве подключений M2M (табл. 2 [2]). В США и Канаде среднегодовой прирост подключений ожидается близким к нулю, в то время как в других странах и в мире в целом этот прирост будет находиться на уровне 30–40%. Причиной такого роста, по-видимому, являются большие вложения в инфраструктуру 3G, которые были сделаны как производителями оборудования, так и операторами сетей сотовой связи. В более отдаленной перспективе (в середине 2020-х годов) рост прекратится в связи с бурным развитием сетей LTE.

Предыдущий тезис подтверждает данные из табл. 3 [2], где показано количество

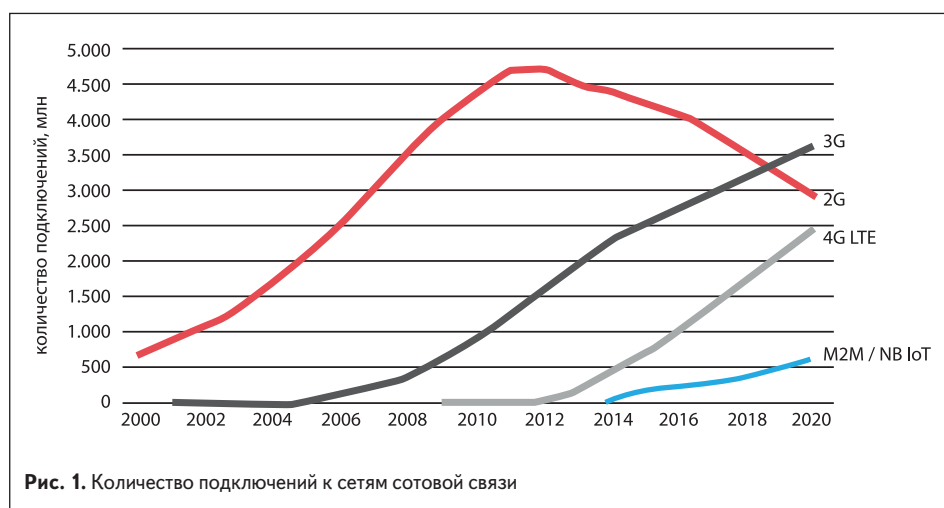


Рис. 1. Количество подключений к сетям сотовой связи

Таблица 1. Динамика подключений M2M в сетях GSM/GPRS [млн]

Регион	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Средний прирост за 2016–2021 гг.
Северная Америка	14,07	14,82	14,62	15,17	14,86	13,43	11,69	10,19	-1%
США	12,67	13,28	13,08	13,57	13,23	11,93	10,41	9,07	-1%
Канада	1,40	1,59	1,54	1,60	1,62	1,50	1,29	1,12	1%
Европа	49,48	55,80	62,82	72,04	82,90	94,03	106,11	120,48	14%
Азиатско-Тихоокеанский регион	30,85	39,93	49,92	60,52	71,74	82,26	94,51	111,53	22%
Латинская Америка	18,03	19,58	20,29	21,24	22,03	22,61	23,35	24,68	5%
Ближний Восток и Африка	6,58	7,14	7,64	8,20	8,88	9,76	10,88	12,39	8%
Всего	119,00	137,32	155,29	177,16	200,41	222,09	246,55	279,27	13%

подключений IoT в сетях 4G. Здесь мы видим однозначный существенный рост во всех регионах мира, причем темпы этого роста таковы, что в 2021 г. количество M2M-подключений в LTE-сетях превысит суммарное количество подключений в сетях предыдущего поколения. Исходя из этого на среднесрочную перспективу альтернативы LTE для беспроводной передачи данных IoT через сети сотовой связи нет.

Развитие IoT ставит перед разработчиками модулей беспроводной передачи данных весьма сложные и противоречивые задачи:

- минимизация энергопотребления, что должно позволить устройствам работать от одной батареи до нескольких лет;
- максимально эффективное использование частотного спектра для обеспечения стремительного роста подключений IoT;
- большая плотность размещения устройств IoT (до 1 млн на 1 км²);
- широкая зона покрытия, возможность передачи информации изнутри помещений;
- возможность использования инфраструктуры существующих сетей сотовой связи при минимуме их модернизации;
- низкая стоимость модулей передачи данных, сравнимая с ценой современных модулей GSM/GPRS.

Вместе с тем перед конечными устройствами IoT не ставится задача скоростной передачи данных (скорость 100–200 кбит/с, как правило, достаточна), а также нет жестких требований к скорости реакции на события — в большинстве случаев передача данных в течение десятков секунд после события вполне приемлема. Кроме того, значительная часть устройств IoT размещается стационарно либо имеет ограниченную мобильность.

Исходя из этих, а также ряда других требований, консорциум 3GPP стандартизовал три основные технологии с лицензированным использованием спектра:

- LTE категории M1 (eMTC) — эволюционное развитие LTE, оптимизированное под IoT. Первая версия MTC появилась в 3GPP rel. 12 и получила свое развитие в rel. 13. В 14 релизе планируется поддержка позиционирования, групповое вещание, улучшение мобильности, увеличение скорости передачи данных, а также расширение циклов энергосбережения (C-DRX и I-DRX).
- NB IoT (Narrow Band IoT) — технология узкополосного (шириной 180 кГц) радиointерфейса. Стандартизация начата в rel. 13 3GPP и продолжается по сей день. В планах развития — позиционирование, групповое вещание, снижение энергопотребления и излучаемой мощности, сокращение задержки распространения информации и расширение циклов энергосбережения.
- EC-GSM представляет собой эволюцию сетей GSM с прицелом на использование в IoT. Технология была стандартизована в rel. 13 3GPP, но до сих пор не получила серьезной поддержки производителей как сетевого оборудования, так и оконечных устройств. Причинами, по-видимому, являются менее эффективное использование частотного спектра, наименьшая скорость передачи данных, а также ограниченный

частотный ресурс сетей GSM. В дальнейшем наработки по EC-GSM будут использованы для развития NB IoT.

В таблице 4 приведены сравнительные характеристики технологий передачи данных для IoT в лицензированных диапазонах, основанные на 3GPP rel. 13 [3].

Из рассмотрения таблицы 4 видно, что преимуществами LTE Cat M1 являются более высокая скорость передачи данных, а также мобильность, что позволит использовать устройства на базе eMTC для мониторинга движущихся объектов. Относительными недостатками являются меньшая зона покрытия (по сравнению с NB IoT) и достаточно широкий частотный диапазон (1,08 МГц), что требует выделения таким устройствам отдельных ресурсных блоков. NB IoT же имеет лучшее

покрытие и существенно меньшую полосу, позволяющую использовать защитные интервалы и тем самым никак не влияя на емкость LTE-сети при работе с повышенными категориями. Кроме того, некоторые производители оборудования анонсировали, что модернизация сетей LTE для работы с NB IoT потребует лишь обновления программного обеспечения, что существенно менее затратно для операторов. Минусом же NB IoT, в свою очередь, является ограниченная мобильность

Промежуточные итоги «борьбы» LTE Cat M1 и NB IoT показаны на рис. 2 [4]. Как видим, большинство операторов связи в мире пока остановились на NB IoT, хотя ряд операторов рассматривают и возможность использования обеих технологий. Применительно к России, операторы «большой тройки» тестируют NB IoT,

Таблица 2. Динамика подключений M2M в сетях WCDMA [млн]

Регион	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Средний прирост за 2016–2021 гг.
Северная Америка	15,12	24,05	30,14	34,93	36,86	34,27	32,27	30,91	1%
США	13,89	22,18	27,85	32,32	34,11	31,62	29,69	28,45	0%
Канада	1,24	1,87	2,29	2,61	2,76	2,65	2,59	2,46	1%
Европа	6,46	9,41	13,62	19,74	27,94	37,90	50,40	65,80	37%
Азиатско-Тихоокеанский регион	5,41	8,48	12,75	19,23	28,36	40,75	57,36	82,53	45%
Латинская Америка	1,72	2,28	2,92	3,56	4,49	5,69	8,31	9,62	27%
Ближний Восток и Африка	0,74	1,17	1,55	1,83	2,41	3,17	4,44	5,56	29%
Всего	29,46	45,39	60,98	79,30	100,07	121,78	152,80	194,41	26%

Таблица 3. Динамика подключений M2M в сетях LTE [млн]

Регион	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Средний прирост за 2016–2021 гг.
Северная Америка	4,84	16,72	35,16	59,69	94,58	141,74	210,97	347,38	58%
США	4,54	16,31	34,12	57,67	91,15	135,52	199,70	325,47	57%
Канада	0,30	0,41	1,04	2,02	3,43	6,42	11,27	21,91	84%
Европа	0,14	0,29	0,97	2,00	4,96	12,35	29,36	71,47	137%
Азиатско-Тихоокеанский регион	0,70	1,67	4,54	9,49	17,72	31,57	58,31	115,38	91%
Латинская Америка	-	-	-	0,01	0,15	0,62	1,96	6,84	-
Ближний Восток и Африка	-	-	-	0,01	0,06	0,14	0,27	0,44	-
Всего	5,68	18,68	40,67	71,21	117,47	186,42	300,87	541,51	68%

Таблица 4. Сравнение технологий передачи данных IoT

Характеристики	LTE Cat M1 (eMTC)	NB IoT	EC-GSM
Сценарий развертывания	В полосе лицензируемых частот LTE (in-band)	Три варианта (in-band LTE, guard-band LTE, standalone)	Только на частотах GSM (standalone)
Покрытие*, дБм	155,7	164	164
Радиус действия, км	До 11	До 15	До 15
Ширина полосы	1,08 МГц	180 кГц	200 кГц на канал, типичная полоса 2,4 МГц
Виды доступа и модуляции при передаче вверх	SC-FDMA-доступ, модуляция 16QAM	FDMA-доступ с GMSK-модуляцией и SC-FDMA-доступ с одностотной несущей	TDMA/FDMA, модуляция GMSK или 8PSK
Виды доступа и модуляции при передаче вниз	OFDMA-доступ с разносом поднесущих 15 кГц, модуляция 16QAM	OFDMA-доступ с разносом поднесущих 15 кГц	TDMA/FDMA, модуляция GMSK или 8PSK
Скорость передачи данных (макс.)	1 Мбит/с	200 кбит/с	70 кбит/с
Режим работы	Дуплекс, полудуплекс	Полудуплекс	Полудуплекс
Мобильность объекта	Допускается	Ограничена	Ограничена
Режимы энергосбережения	PSM, I-DRX, C-DRX	PSM, I-DRX, C-DRX	PSM, I-DRX
Излучаемая мощность, дБм	23 и 20	23	33 и 23
Необходимость модернизации сети	Требуется	Для ряда производителей требуется только обновление ПО	Требуется

* Минимальные потери при затухании (Minimal Coupling Loss, MCL)

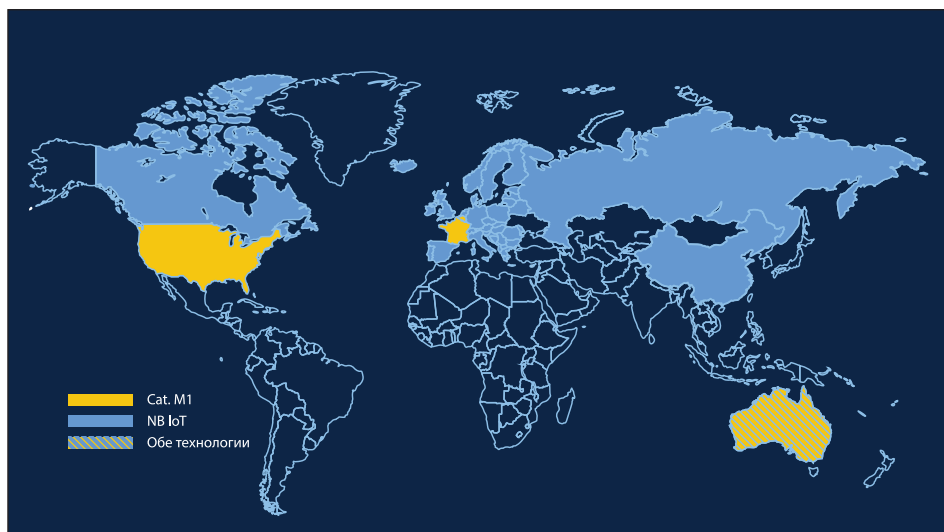


Рис. 2. Распространение сетей NB IoT и eMTC в мире

и запуски первых коммерческих сетей ожидаются в 2018 г.

Компания Telit, как ведущий производитель модулей беспроводной передачи данных для IoT, чутко отслеживает все тенденции рынка и предлагает своим потребителям наиболее актуальные на текущий момент времени решения. Следуя собственным традициям «один форм-фактор — множество технологий», Telit приняла решение развивать линейку модулей LTE пониженных категорий в двух форматах — xE866 и xE910.

xE866 — самая малогабаритная линейка модулей передачи данных Telit [5]. Модули разных технологий имеют фиксированную ширину 15 мм, а длина может варьироваться от 19 до 25 мм, причем модуль меньшего размера может быть легко установлен на то же место, где использовался модуль большего

размера. Для IoT компания выпустила модули NB IoT NE866 (рис. 3) для европейского рынка и eMTC ME866 для США.

xE910 — самая широкая линейка Telit. В ней представлены модули практически всех современных технологий сотовой связи, от GSM и CDMA до LTE как скоростных, так и пониженных категорий [6]. Для M2M/IoT-приложений также есть модули NB IoT (NE910) и eMTC (ME910, рис. 4). Габариты модулей этой серии несколько больше — 28×28 мм, но при этом и функционал более широкий. В частности, имеются модификации с поддержкой GSM/GPRS, GPS/ГЛОНАСС, возможность написания собственных приложений AppZone C [8], а также есть двухстандартный модуль eMTC/NB IoT. Последний может быть особенно интересен, поскольку технологией eMTC заинтересовались как некоторые ев-

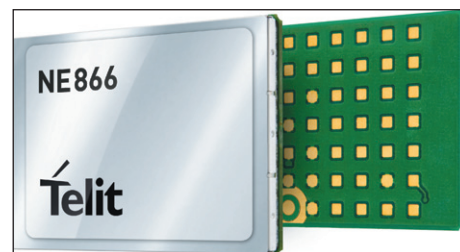


Рис. 3. Модуль NB IoT NE866

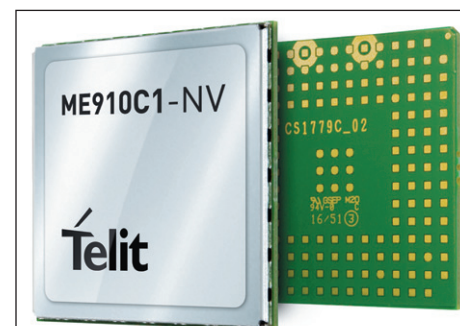


Рис. 4. Модуль ME910

ропейские, так и отечественные операторы. В рамках Mobile World Congress в Барселоне Telit продемонстрировала успешную работу модуля ME910C1 в режиме eMTC в испанской сети Telefonica в диапазоне B20 [7].

В таблице 5 приведено сравнение основных характеристик модулей NB IoT и eMTC.

Таким образом, модули передачи данных для IoT не только полностью удовлетворяют обязательным требованиям 3GPP rel. 13, но и предлагают новые функциональные возможности, что еще раз подтверждает статус Telit как инновационной компании и лидера рынка IoT. Использование решений Telit позволит всегда быть на пике технологий, что весьма важно при нынешней динамике их развития. ■

Литература

1. www.iotthingsmilan.com/wp-content/uploads/2017/05/Mursia.pdf
2. www.abiresearch.com/market-research/product/1022977-cellular-m2m-connectivity-services/
3. Тихвинский В. О., Бочечка Г. С. Перспективы внедрения технологии узкополосной передачи данных NB IoT в сетях LTE // Электросвязь. 2016. № 8.
4. http://images.tmcnet.com/expo/iot-evolution/presentations/florida17/TTR-01-1030_Tech_Track_BEDNASZ.pdf
5. Рудневский А. Новая концепция унификации Telit: «гнездовая» система в семействе xE866 // Беспроводные технологии. 2016. № 2.
6. Рудневский А. Telit xE910: один дизайн — множество применений // Беспроводные технологии. 2013. № 2.
7. www.telit.com/press-media/press-releases/press-details/item/telit-to-demonstrate-live-cat-m1-network-applications-at-mobile-world-congress/

Таблица 5. Характеристики модулей IoT компании Telit

Параметр	NE866	ME866	NE910	ME910
Технология	NB IoT	eMTC	NB IoT	eMTC
Габариты, мм	15×19	15×25	28×28	28×28
Чипсет	Neul/HiSilicon	Altair	MDM9206	MDM9206
Диапазоны	B8/B20	B4/B13 B2/B4/B12	B8/B20	B2/B4/B12/B13 (Cat M1)
				B3/B8/B20 (Cat M1/NB IoT)
				B3/B28 (Cat M1/NB IoT)
GPS/ГЛОНАСС	-	-	Опционально	Опционально
GSM/GPRS	-	-	-	В разработке
Встроенный SIM-чип	+	-	-	-
VoLTE	-	-	-	+
AppZone	-	-	В разработке	В разработке
UART	+	+	+	+
USB	-	-	+	+
TCP V4/V6	Только V4	Только V4	V4/V6	V4/V6
TCP/UDP	Только UDP	TCP/UDP	TCP/UDP	TCP/UDP
Энергопотребление в различных режимах				
PSM	7 мкА	н/д	н/д	7 мкА
eDRX	1 мА	н/д	н/д	0,9 мА
Передача (0 dBm)	90 мА	н/д	н/д	130 мА
Передача (23 dBm)	195 мА	н/д	н/д	190 мА
Прием	100 мА	н/д	н/д	100 мА