

Мониторинг сетей сотовой связи 3G и 4G

с использованием модуля Telit LE910-EU V2

Для мониторинга сетей сотовой связи можно использовать как подручные средства (смартфон с установленным специальным приложением), так и дорогие программно-аппаратные комплексы. Оба этих варианта имеют свои плюсы и минусы. Компания Telit предлагает использовать для мониторинга сетей сотовой связи выпущенный недавно серийный модуль LE910-EU V2.

Алексей Рудневский
rudnevsky.a@atoma.spb.ru

В настоящее время подавляющее большинство M2M-приложений, использующих в качестве среды передачи данных сети сотовой связи, работают в стандарте GSM/GPRS. Это обусловлено, в первую очередь, весьма низкой стоимостью модулей GSM, а также отсутствием необходимости в передаче больших объемов данных на высоких скоростях (что более актуально для мультимедийных приложений). С другой стороны, сети второго поколения GSM/GPRS постепенно вытесняются стандартами 3G и 4G, как раз по причине высоких скоростей, а также существенно более эффективного использования частотного ресурса и, как следствие, большей емкости сетей. Частотные диапазоны, выделенные в России под мобильные сети разных поколений, в ряде случаев одни и те же. Например, диапазон 900 МГц может быть использован как в стандарте GSM, так и UMTS/HSPA. Второй диапазон GSM, разрешенный к применению в РФ, — 1800 МГц — также лицензирован и для сетей LTE 4-го поколения. В настоящее время во многих регионах операторы активно расчищают диапазон 900 МГц от каналов GSM и запускают в нем сети UMTS/HSPA. При этом оставшийся диапазон GSM 1800 МГц оказывается перегружен, и зачастую в нем начинают наблюдаться как обрывы голосовых соединений, так и отказ в передаче пакетных данных по GPRS. Тем самым операторы стимулируют абонентов приобретать двух- или трехстандартные телефоны, которые будут большую часть времени работать в 3G- или 4G-сетях. Производители устройств для «Интернета вещей» (IoT) также ощущают эту тенденцию и рассматривают варианты модификации аппаратной части для работы в современных мобильных сетях. Другой тенденцией, направленной именно на развитие IoT, является появление пониженных категорий LTE. Это технологии, позволяющие

передавать данные в сетях LTE с пониженной скоростью, но при этом использующие модули с упрощенной конфигурацией и более дешевые. В крупных городах уже запущены тестовые сети LTE категории 1 (Cat. 1), обеспечивающие передачу данных на скорости до 5–10 Мбит/с. Операторами уже ведутся эксперименты по внедрению категории M, обеспечивающие скорость до 300 кбит/с, но при этом стоимость самих модулей будет сопоставима с сегодняшними модулями GSM/GPRS. Немаловажно отметить, что запуск сетей пониженных категорий LTE не потребует установки дополнительного оборудования: необходимо будет лишь обновить программное обеспечение (ПО) существующих базовых станций.

Компания Telit чутко улавливает тенденции рынка и предлагает несколько линеек pin-to-pin совместимых модулей всех стандартов сотовой связи. Таким образом, если производитель в настоящее время применяет 2G-модули Telit, переход на 3G- и 4G-модули (включая LTE пониженных категорий) не составит особого труда, поскольку в большинстве случаев уже имеются повыводные аналоги, а команды модулей Telit для разных стандартов унифицированы. Однако стоимость модулей разных стандартов (GSM, UMTS/HSPA, LTE и LTE пониженных категорий) отличается весьма существенно, и в ряде случаев стоит выбор — какой именно модуль использовать в той или иной ситуации. Если устройство будет работать в стационарных условиях или условиях ограниченной мобильности, то для оптимального выбора требуется произвести мониторинг сетей мобильной связи. Эта процедура эффективно позволит определить, какой стандарт сотовой связи лучше использовать, с каким оператором заключить договор на обслуживание и антенну какого диапазона применить. Кроме того, мониторинг сетей может быть весьма полезен



Рис. 1. Модуль LE910-EU V2

при определении источника возникновения проблем, а также при миграции сетей разных поколений, о которой говорилось выше.

Для мониторинга сетей сотовой связи можно использовать как подручные средства (смартфон с установленным специальным приложением), так и дорогие программно-аппаратные комплексы. Вместе с тем первый вариант дает недостаточно информации об имеющихся сетях: по сути, можно получить только информацию об одной базовой станции (БС), обслуживающей смартфон в данный момент времени. Есть возможность переключения в разные стандарты связи — средствами Android, но возможности выбора диапазонов, как правило, нет. Для мониторинга разных операторов связи необходимы SIM-карты всех операторов, действующих в данном регионе. Второй вариант позволяет получить полную информацию обо всех сетях, но исключительно дорог и требует для обслуживания высококвалифицированного персонала.

Telit предлагает использовать для мониторинга сетей сотовой связи серийный модуль LE910-EU V2 (рис. 1). Модуль работает как средство передачи данных в следующих стандартах и диапазонах [1]:

- GSM/GPRS 900/1800 МГц;
- UMTS/HSPA+ 900/2100 МГц;
- LTE Cat. 4 B3 (1800 МГц), B7 (2600 МГц), B20 (800 МГц), B1 (2100 МГц), B8 (900 МГц).

Таким образом, модуль LE910-EU V2 работает во всех разрешенных диапазонах GSM/GPRS, UMTS/HSPA+ и подавляющем большинстве диапазонов LTE FDD, за исключением нишевого диапазона 450 МГц (но и для этого диапазона Telit выпускает отдельный модуль). Во всех рабочих диапазонах модуль LE910-EU V2 имеет возможность сканировать все каналы всех операторов на предмет наличия несущих частот стандартов 2G, 3G и 4G. На сегодня это уникальная функция: ни один из массовых LTE-модулей других производителей не позволяет сканировать каналы всех операторов LTE. В лучшем случае это можно сделать только для одного оператора, SIM-карта которого

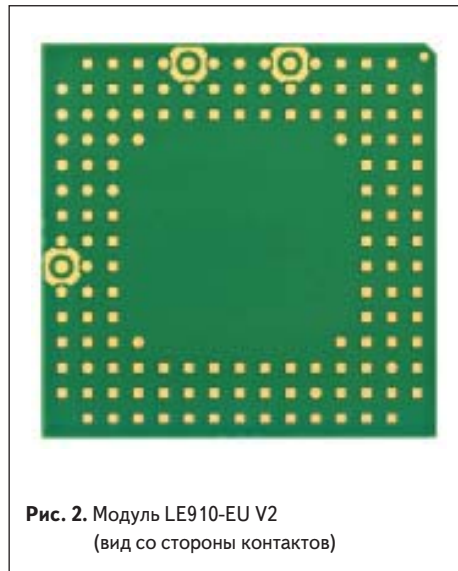


Рис. 2. Модуль LE910-EU V2 (вид со стороны контактов)

в настоящий момент зарегистрирована в сети. Модуль же LE910-EU V2, напротив, работает в режиме без регистрации в сети при сканировании каналов, что позволяет получить объективную картину.

Модуль LE910-EU V2 выпускается в корпусе LGA (рис. 2), поэтому для выполнения как функций передачи данных, так и мониторинга сетей он должен быть интегрирован в отдельное устройство. Если такого устройства нет, можно использовать модификацию LE910-EU V2 MiniPCIe (рис. 3) и установить ее в слот MiniPCIe стандартного ноутбука. Дополнительно потребуется подключить две ММО-антенны с разъемами UFL. Рассмотрим в качестве примера именно подключение LE910-EU V2 MiniPCIe к ноутбуку с Windows как самое простое в реализации.

После установки драйверов в системе появляется пять виртуальных последовательных портов, модем, а также сетевой адаптер, соответствующий модулю (рис. 4). Через последовательный порт можно подавать AT-команды модулю (включая команду #CSURV для сканирования сетей). Для этого рекомендуется использовать фирменную утилиту Telit AT controller [2]. Через



Рис. 3. Модуль LE910-EU V2 MiniPCIe

сетевой адаптер или модем можно установить соединение с Интернетом и протестировать скорости передачи данных.

Как было упомянуто выше, для сканирования сетей используется команда AT#CSURV. Команда имеет множество параметров и режимов работы, описанных в [3], но при подаче без параметров сканирует все частотные каналы во всех диапазонах всех поддерживаемых стандартов. Ниже приведен пример выдачи #CSURV, разделенный по стандартам.

Результат сканирования GSM-каналов в одном из регионов России (несколько сокращенный) приведен ниже.

```
arfcn: 741 bscic: 30 rxLev: -70 ber: 0.00 mcc: 250 mnc: 01 lac: 7109 cellId: 2055 cellStatus: CELL_SUITABLE numArfcn: 4 arfcn: 745 802 805 811
```

```
arfcn: 516 bscic: 17 rxLev: -76 ber: 0.00 mcc: 250 mnc: 20 lac: 7070 cellId: 751 cellStatus: CELL_SUITABLE numArfcn: 6 arfcn: 516 521 526 531 533 592 numChannels: 18 array: 65 513 515 516 538 539 540 551 561 563 564 581 598 617 632 634 658 660
```

```
arfcn: 723 bscic: 22 rxLev: -79 ber: 0.00 mcc: 250 mnc: 99 lac: 21281 cellId: 48232 cellStatus: CELL_LOW_PRIORITY numArfcn: 2 arfcn: 694 723
```

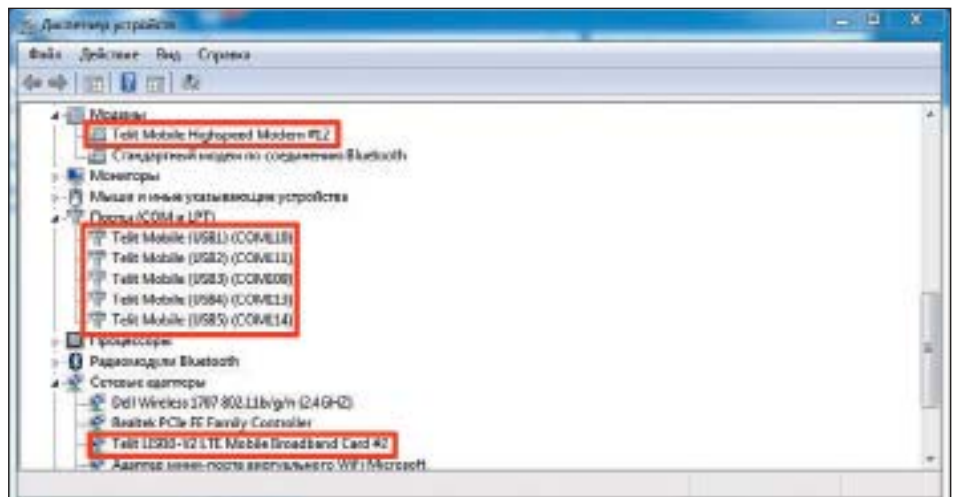


Рис. 4. Устройства USB при подключении LE910-EU V2

arfcn: 694 rxLev: -83

arfcn: 87 bsic: 27 rxLev: -92 ber: 0.00 mcc: 250 mnc: 01 lac: 7109 cellId: 2052 cellStatus: CELL_SUITABLE numArfcn: 3 arfcn: 10 18 87

arfcn: 816 bsic: 34 rxLev: -97 ber: 0.00 mcc: 250 mnc: 02 lac: 1835 cellId: 678 cellStatus: CELL_LOW_LEVEL numArfcn: 2 arfcn: 816 836

arfcn: 810 rxLev: -101

arfcn: 707 bsic: 10 rxLev: -103 ber: 0.01 mcc: 250 mnc: 99 lac: 21281 cellId: 28642 cellStatus: CELL_LOW_PRIORITY numArfcn: 3 arfcn: 696 707 721

arfcn: 539 bsic: 10 rxLev: -103 ber: 1.07 mcc: 250 mnc: 20 lac: 7070 cellId: 1922 cellStatus: CELL_SUITABLE numArfcn: 7 arfcn: 535 539 541 544 557 613 618

arfcn: 695 rxLev: -105

arfcn: 743 bsic: 40 rxLev: -106 ber: 4.03 mcc: 250 mnc: 01 lac: 7109 cellId: 3035 cellStatus: CELL_LOW_LEVEL numArfcn: 4 arfcn: 740 806 808 810

arfcn: 820 bsic: 33 rxLev: -106 ber: 0.00 mcc: 250 mnc: 02 lac: 1835 cellId: 677 cellStatus: CELL_LOW_LEVEL numArfcn: 2 arfcn: 820 828

arfcn: 538 bsic: 12 rxLev: -107 ber: 0.02 mcc: 250 mnc: 20 lac: 7070 cellId: 762 cellStatus: CELL_SUITABLE numArfcn: 6 arfcn: 538 543 548 553 582 628

arfcn: 56 rxLev: -108

Описание выдачи #CSURV в режиме GSM подробно приведено в [3] и [4], поэтому не будем здесь описывать все поля. Заметим лишь, что в месте сканирования работают все операторы из «большой четверки» (это видно по полям *mcc* и *mnc*), но почти все они работают в диапазоне 1800 МГц (это видно по номерам каналов *arfcn*). Только один оператор работает в диапазоне 900 МГц, причем у него работает только один канал (*arfcn: 87*). Поскольку федеральные операторы имеют лицензии на частоту 900 МГц на всю Россию, можем предположить, что этот диапазон готовится к запуску 3G-сетей. В связи с этим использование одностандартных GSM/GPRS-модулей в данном месте явно не рекомендуется: сеть GSM 1800 будет однозначно работать с перегрузками, что приведет к потерям при передаче данных.

Подтверждает вышеизложенное и результат сканирования сетей UMTS/HSPA, выполненного в том же регионе:

uarfcn: 10762 rxLev: -80 mcc: 250 mnc: 01 scr code: 8 cellId: 90022986 lac: 7109 cellStatus: CELL_SUITABLE rscp: -82 ecio: -2.0

uarfcn: 10737 rxLev: -81 mcc: 250 mnc: 01 scr code: 8 cellId: 90002986 lac: 7109 cellStatus: CELL_SUITABLE rscp: -86 ecio: -5.0

uarfcn: 10713 rxLev: -87 mcc: 250 mnc: 01 scr code: 8 cellId: 89982986 lac: 7109 cellStatus: CELL_SUITABLE rscp: -90 ecio: -3.0

uarfcn: 3042 rxLev: -94 mcc: 250 mnc: 20 scr code: 32 cellId: 1669151 lac: 7070 cellStatus: CELL_SUITABLE rscp: -99 ecio: -5.0

uarfcn: 10788 rxLev: -80 mcc: 250 mnc: 99 scr code: 93 cellId: 7781486 lac: 21281 cellStatus: CELL_SUITABLE rscp: -83 ecio: -3.0

uarfcn: 10687 rxLev: -97 mcc: 250 mnc: 02 scr code: 13 cellId: 13668020 lac: 1835 cellStatus: CELL_SUITABLE rscp: -108 ecio: -11.0

uarfcn: 10638 rxLev: -98 mcc: 250 mnc: 02 scr code: 13 cellId: 13668025 lac: 1835 cellStatus: CELL_SUITABLE rscp: -106 ecio: -8.0

uarfcn: 10563 rxLev: -99 mcc: 250 mnc: 20 scr code: 20 cellId: 1670325 lac: 7070 cellStatus: CELL_SUITABLE rscp: -112 ecio: -13.0

uarfcn: 10662 rxLev: -97 mcc: 250 mnc: 02 scr code: 13 cellId: 13668023 lac: 1835 cellStatus: CELL_SUITABLE rscp: -105 ecio: -8.0

Здесь каналы обозначаются как *uarfcn*, *mcc* и *mnc* и имеют то же значение, что и в GSM-сетях. Остальные обозначения расшифрованы в [3]. Результат сканирования показывает, что те же операторы «большой четверки» работают в диапазоне 2100 МГц. Один из них уже запустил сеть в диапазоне 900 МГц. Таким образом, для обеспечения надежной передачи данных в данном регионе можно рекомендовать использование двухстандартных 2G/3G-модулей.

Рассмотрим теперь чуть более подробно протокол сканирования сетей LTE, поскольку, как было сказано выше, это уникальная функция LE910-EU V2. Представленные ниже данные измерений были получены в Санкт-Петербурге.

earfcn: 6350 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 02 phyCellId: 276 cellId: 202061836 tac: 7815 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -96 rsrq: -8.0 bw: 0

earfcn: 6350 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 02 phyCellId: 174 cellId: 202066444 tac: 7815 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -97 rsrq: -9.0 bw: 0

earfcn: 6350 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 02 phyCellId: 379 cellId: 202002445 tac: 7815 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -102 rsrq: -11.0 bw: 0

earfcn: 6350 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 02 phyCellId: 491 cellId: 202016781 tac: 7813 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -103 rsrq: -13.0 bw: 0

earfcn: 6275 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 01 phyCellId: 77 cellId: 51228936 tac: 17838 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -121 rsrq: -16.0 bw: 0

earfcn: 1721 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 01 phyCellId: 428 cellId: 51708164 tac: 17838 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -87 rsrq: -10.0 bw: 0

earfcn: 1287 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 20 phyCellId: 3 cellId: 199807243 tac: 19657 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -99 rsrq: -8.0 bw: 0

earfcn: 1287 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 20 phyCellId: 430 cellId: 199794188 tac: 19657 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -100 rsrq: -9.0 bw: 0

earfcn: 2850 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 02 phyCellId: 324 cellId: 201216257 tac: 7815 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -82 rsrq: -8.0 bw: 0

earfcn: 3200 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 01 phyCellId: 106 cellId: 51708161 tac: 17838 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -87 rsrq: -5.0 bw: 0

earfcn: 3300 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 99 phyCellId: 447 cellId: 200124678 tac: 1578 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -93 rsrq: -7.0 bw: 0

earfcn: 3048 rxLev: -0 mcc: 250 mnc: 02 phyCellId: 324 cellId: 201216260 tac: 7815 cellStatus: CELL_SUITABLE rsrp: -82 rsrq: -4.0 bw: 0

Параметр *earfcn* — это номер частотного канала LTE. По номеру канала можно определить диапазон, в котором работает БС. Для

Таблица 1. Нумерация каналов LTE FDD

Название диапазона	Частоты (UL/DL), МГц	Номера каналов
B3	1710-1785/1805-1880	1200-1949
B7	2500-2570/2620-2690	2750-3449
B20	832-862/791-821	6150-6449

разрешенных в России диапазонов B3, B7 и B20 номера каналов приведены в таблице 1.

Параметры *rxLev*, *mcc*, *mnc*, *cellId* и *cellStatus* аналогичны используемым в сетях 2G и 3G и отражают уровень сигнала, код страны, код оператора, идентификатор БС и ее статус соответственно. *phyCellId* — физический номер соты LTE (0-503). *tac* — tracking area code, аналог зоны обслуживания LAC в GSM. *rsrp* и *rsrq* — это критерии определения качества радиоканала, *bw* — ширина полосы (последний параметр пока не используется LE910-EU V2). Результаты сведены в таблицу 2 и наводят на некоторые размышления.

Таблица 2. Распределение каналов LTE FDD на юго-западе Санкт-Петербурга

mcc/mnc	Диапазон	Число phyCellId
250 01	B3 (1800 МГц)	1
	B7 (2600 МГц)	1
	B20 (800 МГц)	1
250 02	B7 (2600 МГц)	2
	B20 (800 МГц)	4
250 20	B3 (1800 МГц)	2
250 99	B7 (2600 МГц)	1

Не будем комментировать полученные результаты, поскольку измерения проводились в одной точке и не претендуют на полноту. Однако понятно, что для обеспечения надежной передачи данных в данной точке лучше подключиться к оператору, работающему в разных диапазонах и/или имеющему большее количество базовых станций. Если же по какой-то причине приходится подключаться к оператору, работающему в одном диапазоне, то по итогам сканирования можно подобрать узкополосную антенну, обеспечивающую оптимальные результаты.

Все вышеизложенное — всего лишь малая часть функционала модуля LE910-EU V2, который обещает быть новым флагманом в линейке модулей сотовой связи Telit. Разработчики же этой компании не останавливаются на достигнутом и воплощают в жизнь еще более современные технологии для «Интернета вещей». ■

Литература

- www.telit.com/fileadmin/user_upload/products/Downloads/4G/Telit_LE910-V2_Datashet.pdf
- <http://atoma.spb.ru/documentation/1563/utilita-dlja-testirovanija-gsm3g-modulej-telit-controller>
- www.telit.com/fileadmin/user_upload/products/Downloads/4G/Telit_LE910-V2_Series_AT_Commands_Reference_Guide_r2.pdf
- Рудневский А. В. Определение местоположения по базовым станциям в сетях GSM // Беспроводные технологии. 2010. № 3.