

# Сравнительный анализ технологий мобильной связи.

## Обзор 2G/3G-модулей Cinterion (Gemalto M2M)

В статье «Сравнительный анализ технологий мобильной связи» (БТ №2'2016, с. 16) авторы представили обзор поэтапного развития сетей сотовой связи. В данном материале представлены 2G/3G/4G-модули Cinterion (Gemalto M2M).

Денис Можайков  
dm@euroml.ru

Сергей Дронский

### Краткая история компании Gemalto M2M

В 1994 г. компания Siemens communications выпустила первые M2M сотовые модули. После этого Siemens communication была

преобразована в отдельную компанию Cinterion, которая в 2010 г. выпустила первый SMT-модуль для автомобильного применения. На текущий момент Cinterion входит в крупный холдинг Gemalto, имеющий более 10 тыс. сотрудников в 43 странах мира. Основные вехи развития компании представлены на рис. 1.

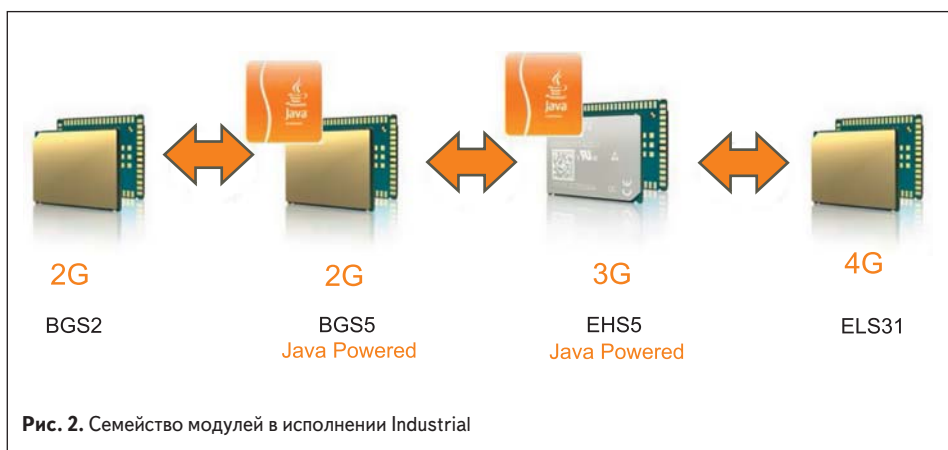
Помимо разработки и производства сотовых модулей, Gemalto выпускает системы безопасности, электронные карты, электронные паспорта, банковские карты, смарт-карты и т. д. На сегодня в производственной программе компании Cinterion имеется около 40 различных модулей в трех линейках: Industrial, Industrial Plus, Automotive.

### Модули серии Industrial

На рис. 2 представлено семейство модулей линейки Industrial. Все они имеют одинаковый форм-фактор (условно называемый BGS2) и pin-2-pin совместимы. 2G-модуль BGS2 предназначен для бюджетных применений; BGS5 отличается от BGS2 наличием встроенной Java-платформы; EHS5 работает с 3G и также имеет Java-платформу, что позволяет строить на основе двух последних модулей самодостаточные системы. Из программы пользователя на Java можно использовать разнообразные интерфейсы для обмена данными с внешними устройствами, обработки этих данных и передачи их по каналам связи. Особо следует отметить и наличие режимов загрузки «по воздуху» новых версий как микрокода, так и программ пользователя, что радикально сокращает стоимость поддержки устройств на основе этих модулей. 4G-модуль ELS31 запланирован к продаже в 2016 г.

### Функции и особенности BGS2 и EHS5-E

Основные характеристики модулей BGS2-E и EHS5-E (Rel. 3) приведены в таблице 1.



Общие для обоих модулей специальные функции:

- Informal Network Scan — сканирование GSM-сети;
- Jamming Detection — определение глушения сигнала;
- PING Command — проверка целостности и качества соединений;
- Audio Prompt — воспроизведение, сохранение, удаление аудиофайлов;
- SSL-протокол — безопасная передача данных;
- DTMF — встроенный декодер;
- Split Power Supply — раздельное питание цифровой и радиочасти (в BGS2-E функция появилась в третьем релизе);
- Audio loop function — функция тестирования аудиотракта.

Кроме того, в модуле BGS2-E предусмотрены Fast Shutdown (более быстрое и безопасное выключение GSM-модуля); Adaptive Cell Lock (функция привязки модуля к базовой станции); Triangulation — определение местоположения GSM-модуля; Fast SIM switch (быстрая регистрация в сети, для двух SIM-карт — быстрая перерегистрация, функция появилась в третьем релизе). Модуль EHS5-E оснащен такими функциями, как Java embedded (встроенная Java-платформа) и ЭРА-ГЛОНАСС/eCall. Отличаются модули объемом встроенной памяти: 10 Мбайт flash у EHS5-E и 2 Мбайт flash у BGS2-E. В BGS2 имеется аналоговая аудиочасть, а в EHS5 — только цифровая. Кроме того, в EHS5 есть USB-интерфейс 2.0.

В таблице 2 приведено сравнение интерфейсов BGS2 и EHS5.

**Антенный интерфейс EHS5 и BGS2**

На рис. 3 показаны особенности антенных интерфейсов модулей. Видно, что чувствительность приемника EHS5 выше на 3 дБ. Эта небольшая цифра на практике означает удвоение мощности сигнала и увеличение

**Таблица 1.** Основные характеристики модулей Cinterion Gemalto в исполнении Industrial

|                                 | BGS2-E (Rel. 3)   | EHS5-E (Rel. 3)  |
|---------------------------------|---|--|
| Частотные диапазоны             | GSM 900/1800  | GSM 900/1800, UMTS/HSDPA 900/2100  |
| Скорость передачи               | GPRS class 10   | GPRS class 12, HSDPA DL 7,2 Мбит/с, UL 5,7 Мбит/с  |
| Интерфейсы                      | два последовательных интерфейса: один аналоговый (аудио); один цифровой; 6 GPIO pins 1,8 В; I <sup>2</sup> C; ADC | два последовательных интерфейса: USB аудио — один цифровой; аудио — один цифровой; I <sup>2</sup> C; SPI; 9 GPIO |
| Питание, В                      | 3,3-4,5   |  |
| Потребление                     | 1,2 мА Режим Sleep (DRX=9); 0,97 А пиковый ток питания на GSM 1800; 1,35 А на GSM 900                             | 1,2 мА Режим Sleep (DRX=9); 1,1 А пиковый ток питания на GSM 1800; 2,3 А на GSM 900                              |
| Диапазон рабочих температур, °С | -40...+90   |  |
| TCP/IP-стек                     | TCP server/client/transparent, UDP client/transparent, HTTP, FTP, SMTP, POP3                                      | TCP client/listener, UDP client/endpoint, HTTP, FTP, SMTP.   |
| Габариты, мм                    | 18,8×26,7×2,7   |  |

**Таблица 2.** Сравнительные особенности интерфейсов BGS2 и EHS5

|                         | BGS2  | EHS5   |
|-------------------------|---|--|
| ASC0 логический уровень | 2,85 или 1,8 В  | 1,8 В  |
| ASC1 логический уровень | 1,8 В   |  |
| Аудио                   | Аналоговый  | Есть   |
|                         | Цифровой  | PCM/I <sup>2</sup> C 1,8 или 2,85 В                  |
| USB                     | Нет   | USB 2.0  |
| Выход сигналов          | 10 GPIO 1,8 или 2,85 В; I <sup>2</sup> C 1,8 или 2,85 В | 5+12 GPIO 1,8 В; I <sup>2</sup> C 1,8 В; SPI — 1,8 В |
| Интерфейс SIM           | 3 или 1,8 В (встроен ESD)                               | 3 или 1,8 В  |
| ADC1 V <sub>max</sub>   | 3,3 В   | 1,2 В  |

примерно в полтора раза дальности уверенного приема, что позволяет либо уменьшить мощность передатчика соты, либо увеличить линейный размер соты. Как будет показано далее, более высокая чувствительность приводит к большему числу обнаруженных при сканировании базовых станций (БС). Более высокая чувствительность обусловила особые рекомендации производителя по монтажу EHS5: не следует использовать разведенную на плате антенну, надо применять либо чип-антенну, либо внешнюю. Указанное ограничение касается только режима 3G.

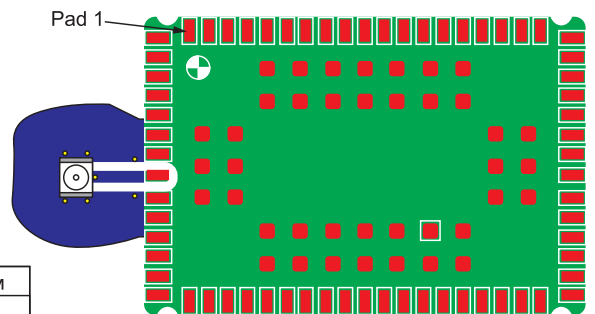
Функция разнесенного приема (Antenna diversity) означает возможность использовать две или более антенн для улучшения характеристик канала приема/передачи. Идея в том, что сигнал от антенн, расположенных в пространстве в разных точках, идет по разным путям и подвергается разным затуханиям и искажениям. Это позволяет выбрать наилучший сигнал на приемном конце. Если на БС использовать две или более приемных антенны, то получится, что при ограниченной мощности абонентского устройства БС получит возможность лучше

**BGS2**

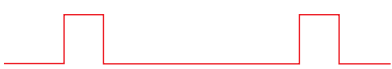
|   | Тип., дБм |      |
|---|-----------|------|
| Входная чувствительность приемника @ ARP BER класс II ≤2,43% @ статический уровень входного сигнала (без замирания) | GSM 850   | -107 |
|   | E-GSM 900 |      |
|   | GSM 1800  |      |
|   | GSM 1900  |      |

**EHS5**


|  | Мин., дБм           | Тип., дБм    |      |
|--|---------------------|--------------|------|
| UMTS/HSPA подключения                    | Band I, II, V, VIII |              |      |
| Входная чувствительность приемника @ ARP | UMTS 850 Band V     | -104,7/106,7 | -110 |
|  | UMTS 850 Band VIII  | -103,7       | -110 |
|  | UMTS 1900 Band II   | -104,7       | -109 |
|  | UMTS 2100 Band I    | -106,7       | -110 |



**Рис. 3.** Сравнение интерфейсов антенны BGS2 и EHS5

| Функция          | Сигнал                                     | IO | Форма и уровень сигнала  |
|------------------|--|----|--|
| Источник питания | BATT+ <sub>BB</sub><br>BATT+ <sub>RF</sub> | I  | $V_{I\max} = 4,5\text{ V}$<br>$V_{I\text{norm}} = 4\text{ V}$<br>$V_{I\text{min}} = 3,3\text{ V during Tx burst on board}$<br><br>$I \approx 1,35\text{ A, during Tx burst (GSM)}$<br><br>$n\text{ Tx} = n \times 577\ \mu\text{s peak current every } 4,616\text{ ms}$ |

а

| Функция          | Сигнал                                     | IO | Форма и уровень сигнала   |
|------------------|--|----|---|
| Источник питания | BATT+ <sub>BB</sub><br>BATT+ <sub>RF</sub> | I  | <u>GSM activated:</u><br>$V_{I\max} = 4,5\text{ V}$<br>$V_{I\text{norm}} = 3,8\text{ V}$<br>$V_{I\text{min}} = 3,3\text{ V during Tx burst on board}$<br><br>$I \approx 2,3\text{ A, during Tx burst (GSM)}$<br><br>$n\text{ Tx} = n \times 577\ \mu\text{s peak current every } 4,616\text{ ms}$<br><u>WCDMA activated:</u><br>$V_{I\max} = 4,5\text{ V}$<br>$V_{I\text{norm}} = 3,8\text{ V}$<br>$V_{I\text{min}} = 3,3\text{ V during Tx burst on board}$<br>$I_{\max} = 700\text{ mA during Tx}$ |

б

Рис. 4. Сравнение импульсных токов в режиме передачи: а) BGS2; б) EHS5

«слышать» сигнал от передатчика. Для абонентского устройства, особенно подвижного, множество антенн трудно применить, поскольку имеются серьезные ограничения по месту и размерам — то есть антенны сложно разместить на достаточное расстояние. Следует отметить, что этот режим в EHS5 не использован, но в более дорогих модулях на чипсете QUALCOMM он имеется.

**Питание модулей, токи потребления**

Качественная система питания для модулей очень важна, поскольку ток потребления может достигать нескольких ампер (более 2 А) в пике. Источник питания, соответственно, должен быть рассчитан на такой импульсный ток потребления и не допускать значительного падения напряжения, не более 400 мВ в соответствии с фирменной документацией. Токи потребления для модулей BGS2 и EHS5 показаны на рис. 4.

Из приведенных значений видно, что для модуля BGS2 импульсный ток потребления достигает 1,35 А, а для EHS5 — 2,3 А. Сквозность при этом составляет 8 (4616/577), т. е. средний ток будет составлять 1,35/8 = 0,169 А и 2,3/8 = 0,288 А соответственно. Такие значения среднего тока позволяют использовать в качестве источника питания USB-порт, для которого максимальное значение отдаваемого тока по стандарту составляет 0,5 А. На рис. 5 приведена схема питания модуля EHS5, рекомендуемая в фирменной документации.

Следует отметить совпадение скважности с числом временных слотов для стандарта GSM: каждому абонентскому устройству выделяется один тайм-слот, всего их восемь. Иначе говоря, сотовое устройство излучает сигнал только во время своего тайм-слота. Это, с одной стороны, снижает требования к среднему потребляемому току при передаче, а с другой — уменьшает максимальную скорость в те же восемь раз.

Любопытной особенностью рассматриваемых модулей является возможность отдельного питания цифровой части (+3,3 В) и усилителя мощности, которому достаточно 2,8 В. Это резко снижает требования к преобразователю питания в случае использования аккумулятора. Цифровую часть в этом случае можно питать от мало мощного, экономичного и дешевого преобразователя на 3,3 В/200 мА, а усилитель мощности — напрямую от аккумулятора. Такой способ снижает потери мощности на бесполезный нагрев устройства и продлевает жизнь аккумуляторной батареи. При максимальной потребляемой мощности около 9 Вт экономия на лишней потере может составить около 1 Вт, что достаточно много, учитывая максимальную допустимую температуру окружающей среды +90 °С. То есть при конструировании устройства, рассчитанного на большой диапазон допустимых температур, снижение рассеиваемой внутри устройства тепловой мощности на «лишний» 1 Вт может привести к значительной экономии затрат на обеспечение правильного теплового режима.

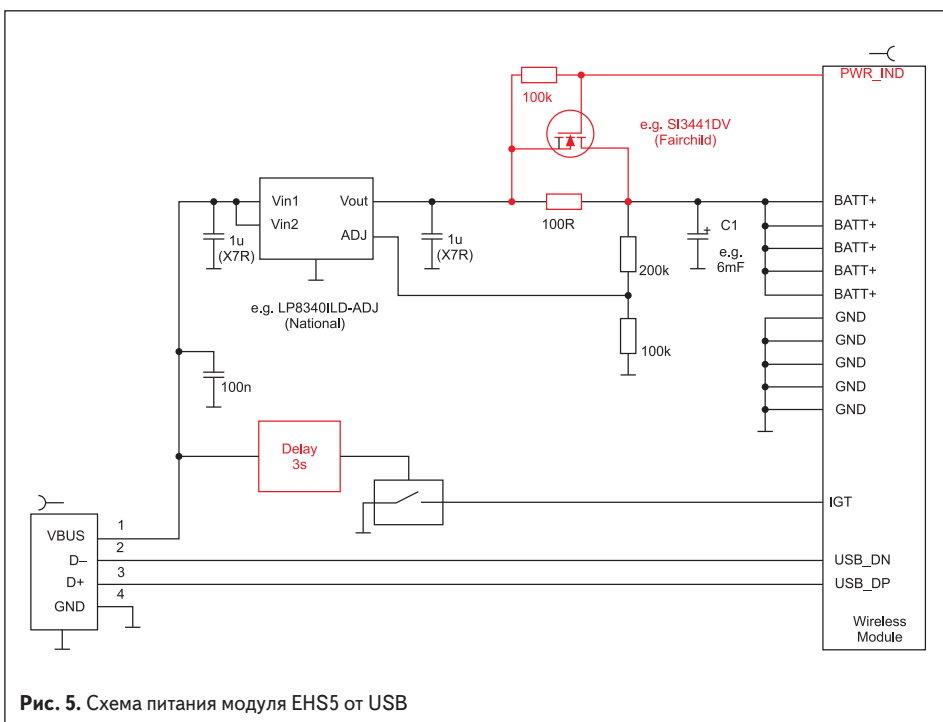


Рис. 5. Схема питания модуля EHS5 от USB

Второй плюс отдельного питания заключается в том, что модуль будет работать при снижении напряжения аккумулятора вплоть до 2,8 В, т. е. до практически разряженной батареи, максимально продля тем самым время автономной работы.

**Потребление модулей в режиме 2G и 3G**

В таблице 3 представлены значения потребляемого тока модулей BGS2 и EHS5, которые приводятся в фирменной документации. Как видно из представленных данных, ток потребления EHS5 выше от полутора до двух раз, кроме режима сна.

Измеренные значения (по оценке специалистов компании «ЕвроМобайл») отличаются (в меньшую сторону) по очевидным причинам: изготовитель указывает (и гарантирует) в спецификации максимальные значения, средние же величины обычно заметно меньше. Максимальные значения потребляемого тока достигаются при значительном удалении от БС, при плохой помеховой обстановке, когда абонентское устройство по команде от БС увеличивает мощность излучения до максимума. БС измеряет параметры принимаемого сигнала, оценивает соотношение сигнал/шум и на основе этой оценки вырабатывает команды управления мощностью излучения абонентского устройства.

На рис. 6 представлены осциллограммы тока потребления в разных режимах работы абонентского устройства.

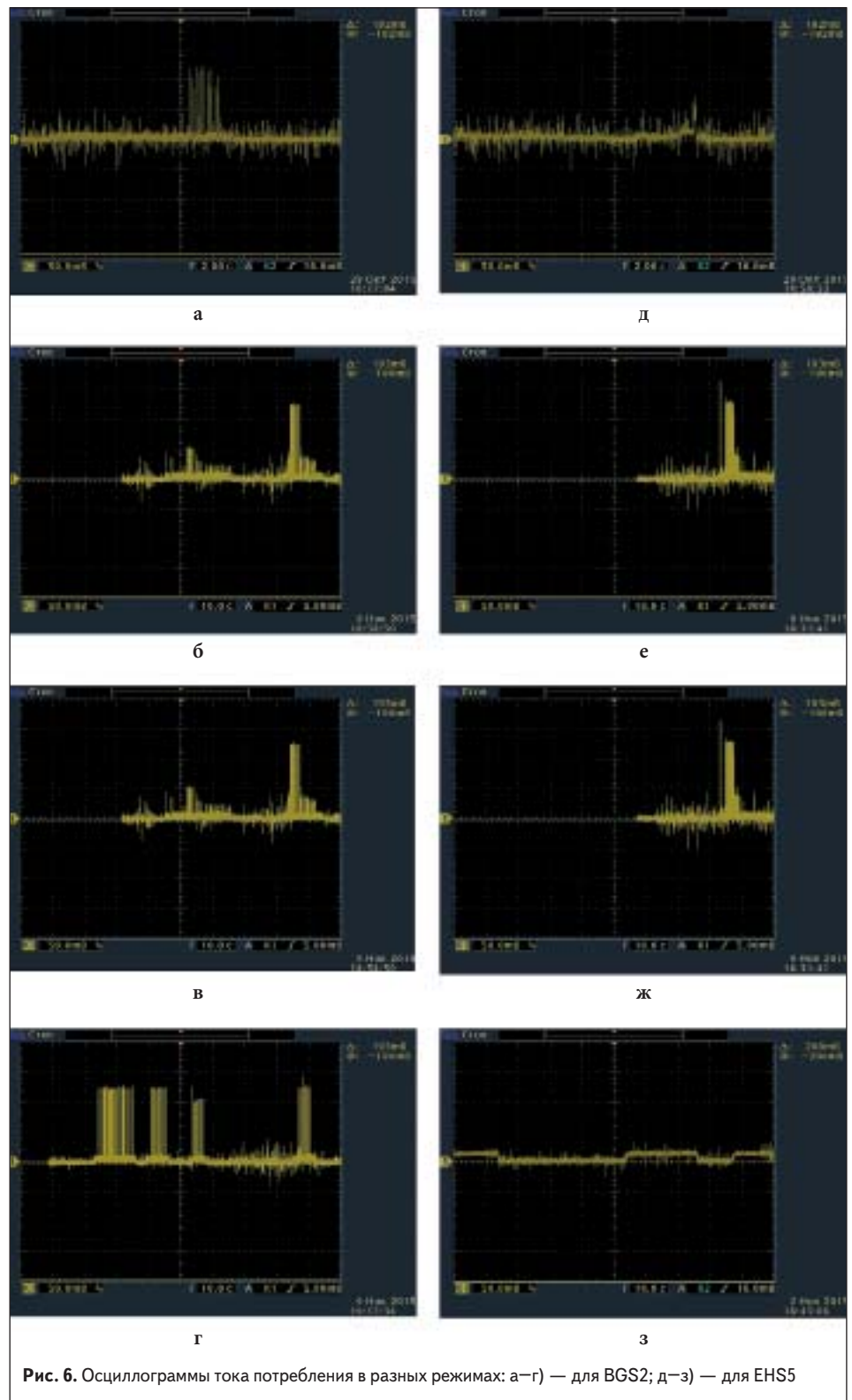
Результаты измерений потребляемого тока в разных режимах сведены в таблице 4. Указаны максимальные токи и время выполнения каждого режима. Похожие режимы выделены одним цветом.

Из анализа этих данных следует, что ток потребления в импульсе больше в режиме 3G. Обращает на себя внимание и заметная разность времен регистрации в сети для режима 2G и 3G. В первом случае это время составляет 10 с, а во втором — 16 с. Такая существенная разность объясняется разным алгоритмом работы микрокода BGS2 и EHS5. При старте второго модуля запускается Java-подсистема, приложение сначала читает записную книжку из SIM-карты и лишь потом выполняет процедуру регистрации в сети. Для доказательства этого утверждения был проделан следующий эксперимент: после старта модуля EHS5 из консоли выдавалась команда принудительной

**Таблица 3.** Сравнение потребления тока модулей в режимах 2G и 3G (согласно технической документации на приборы)

| Режимы                     | Энергопотребление, мА        |   |
|----------------------------|------------------------------|---|
|                            | BGS2                         | EHS5  |
| HSDPA 900/2100 МГц         | -                            | 440/470   |
| GPRS(2Tx 3Rx) 900/1800 МГц | 330/260                      | 430/310*  |
| Пиковый ток 900/1800 МГц   | 1,35/0,97                    | 1,6 (2,3)/1,1 (1,4)                             |
| SLEEP                      | 1,1-1,2 (DRX = 9, GSM, GPRS) | 0,9-1,4 (DRX = 9, GSM, WCDMA, USB – вкл./откл.) |
| Voice call 900/1800 МГц    | 200/150                      | 245/180   |

\* ROPR (Radio Output Power Reduction) 0,4



**Рис. 6.** Осциллограммы тока потребления в разных режимах: а-г) — для BGS2; д-з) — для EHS5

**Таблица 4.** Результаты измерений потребляемого тока в разных режимах

| Условия измерения                       | BGS2   |          | EHS5   |          |
|---|--------|----------|--------|----------|
|   | Ток, А | Время, с | Ток, А | Время, с |
| Регистрация в сети, GSM 900, -80 дБм    | 1,2    | 11       |        |          |
| Регистрация в сети, UMTS 2100, -102 дБм |        |          | 0,7    | 16       |
| Регистрация в сети, GSM 900, -60 дБм    | 1,2    | 10       |        |          |
| Регистрация в сети, GSM 900, -58 дБм    |        |          | 1,5    | 16       |
| Звонок, GSM 900                         | 0,75   |          | 1,25   |          |
| Передача данных, GSM 900                | 1,2    |          |        |          |
| Передача данных, UMTS 2100              |        |          | 1,2    |          |

```

18:11:51.078>SYSLOADING
18:12:08.890>^SMONI: 3G,10687,52,-4.0,-69,250,02,1E80,079A0D7,10,42,NOCON
18:05:14.890>^SYSLOADING
18:05:32.453>+COPS: 0,0, "MegaFon RUS",0

18:13:13.703>^SYSLOADING
18:13:21.765>AT+COPS=0
18:13:21.765>OK
18:13:23.890>+COPS: 0,0, "MegaFon RUS",2
    
```

Рис. 7. Ускоренная регистрация модуля EHS5 в сети

регистрации  $AT+COPS=0$ , и замерялось время до выполнения команды по ответу модуля:  $+COPS: 0,0, "MegaFon RUS",2$ . Упрощенный лог приведен на рис. 7. Верхняя часть показывает процедуру регистрации в соответствии с логикой приложения в модуле, а нижняя — принудительно выполненную регистрацию. Время первой процедуры составило 17 с, второй — 10 с, т. е. столько же, что и для модуля BGS2.

Любопытной особенностью EHS5 является приложение Java remote control (JRC), при разрешении запуска которого модуль становится дистанционно управляемым, в том числе по SMS.

Из анализа приведенных данных следует, что ни время регистрации, ни потребляемый ток сильно не зависят от мощности принимаемого сигнала БС. В первом случае сигнал от БС составляет  $-80$  дБм и  $-102$  дБм (плохие условия приема), а во втором —  $-60$  дБм и  $-58$  дБм соответственно.

**Измерение задержек в канале**

Для измерения задержки в канале были проделаны одинаковые запросы в обоих режимах. Логи показаны на рис. 8. Задержка в канале

**PING**

**EHS5, ping 96 мс**

```

14:17:22.031>AT^SISX="ping",0,8.8.8.8,6,10000
14:17:22.468>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",111
14:17:22.781>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",109
14:17:23.156>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",104
14:17:23.593>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",144
14:17:23.968>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",104
14:17:24.343>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",104
14:17:24.343>^SISX:"Ping",2,0,6,6,0,0
14:17:23.343>^SISX:"Ping",3,0,104,144,112
14:17:24.343>OK
14:17:26.406>AT^SISX="ping",0,8.8.8.8,6,10000
14:17:26.781>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",111
14:17:27.156>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",93
14:17:27.468>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",92
14:17:27.843>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",94
14:17:28.218>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",96
14:17:28.593>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",91
14:17:28.593>^SISX:"Ping",2,0,6,6,0,0
14:17:28.593>^SISX:"Ping",3,0,91,111,96
    
```

**BGS2, ping 613 мс**

```

14:15:14.843>AT^SISX:"ping",0,8.8.8.8,6,10000
14:15:15.781>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",-1
14:15:16.718>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",516
14:15:18.093>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",392
14:15:19.593>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",452
14:15:21.156>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",558
14:15:22.843>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",669
14:15:22.843>^SISX:"Ping",2,0,6,5,1,16
14:15:22.843>^SISX:"Ping",3,0,392,669,517
14:15:22.843>OK
14:15:25.156>AT^SISX="ping",0,8.8.8.8,6,10000
14:15:26.156>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",-1
14:15:27.781>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",775
14:15:29.343>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",572
14:15:30.843>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",475
14:15:32.281>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",433
14:15:34.093>^SISX:"Ping",1,0,"8.8.8.8",812
14:15:34.093>^SISX:"Ping",2,0,6,5,1,16
14:15:34.093>^SISX:"Ping",3,0,433,812,613
    
```

Рис. 8. Сравнение задержек выполнения команды ping в 2G и 3G

**EHS5**

```

14:16:39.218>AT+COPS?
14:16:39.281>+COPS:0,0,"MegaFon RUS",2
14:16:39.281>OK
14:16:44.281>at^sics=0,contype,gprs0
14:16:44.343>OK
14:16:45.406>at^sics=0,apn,internet
14:16:45.468>OK
14:16:46.593>at^siss=0,srvtype,socket
14:16:46.781>OK
14:16:48.156>at^siss=0,conid,0
14:16:48.218>OK
14:16:48.968>at^siss=0,address,"socket://46.47.229.62:8001"
14:16:49.031>OK
14:16:52.718>AT^SISO=0
14:16:52.843>OK
14:16:55.468>^SISW:0,1
14:17:01.218>^SISR:0,1
14:17:05.156>AT^SISR=0,1020
14:17:05.281>^SISR:0,3
14:17:05.406>123
14:17:05.406>OK
14:17:08.406>AT^SISW=0,10
14:17:08.468>^SISW:0,10,0
14:17:12.156>OK
14:17:12.250>^SISW:0,1
    
```

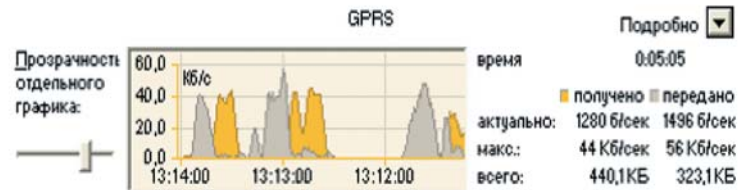
**BGS2**

```

14:14:22.156>AT+COPS?
14:14:22.156>+COPS:0,0,"MegaFon RUS"
14:14:22.156>OK
14:14:23.906>at^sics=0,contype,gprs0
14:14:23.906>OK
14:14:24.958>at^sics=0,apn,internet
14:14:24.958>OK
14:14:26.718>at^siss=0,srvtype,socket
14:14:26.718>OK
14:14:28.343>at^siss=0,conid,0
14:14:28.343>OK
14:14:28.455>at^siss=0,address,"socket://46.47.229.62:8001"
14:14:29.406>OK
14:14:31.468>AT^SISO=0
14:14:33.843>OK
14:14:34.718>^SISW:0,1
14:14:44.343>^SISR:0,1
14:14:48.593>AT^SISR=0,1020
14:14:48.593>^SISR:0,3
14:14:48.593>123
14:14:48.593>OK
14:14:53.781>AT^SISW=0,10
14:14:53.781>^SISW:0,10,0
14:14:59.156>OK
14:14:59.281>^SISW:0,1
    
```

Рис. 9. Работа внутреннего стека TCP/IP

**BGS2 GPRS: 44/56K6**



**EHS5 3G: 5736/1895K6**

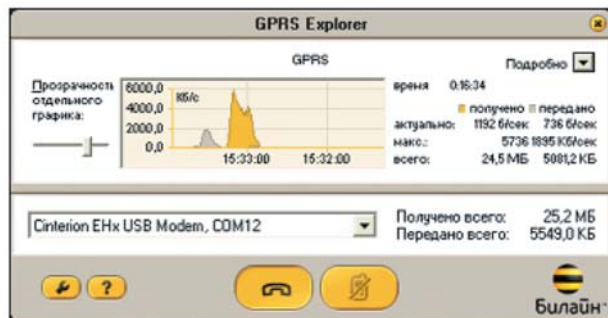


Рис. 10. Сравнение скорости передачи данных в 2G и 3G при использовании внешнего стека TCP/IP

при работе в режиме 2G достигла 613 мс, а в режиме 3G — 96 мс. Из практики известно, что паузы в обмене данными могут достигать нескольких секунд и более. Это явление следует учитывать при проектировании устройств с использованием радиообмена.

### Использование встроенного стека TCP/IP

На рис. 9 показано использование встроенного стека TCP/IP для двух модулей. Работа со стеком практически аналогична, за исключением незначительных отличий при организации прозрачного стека. Приведенные логи выполнения команд работы со стеком иллюстрируют отличную программную совместимость модулей двух поколений.

### Использование внешнего TCP/IP стека

На рис. 10 приведено сравнение скоростей передачи данных в режимах 2G и 3G с использованием стека Windows. В режиме 2G достигнуты скорости приема/передачи 44/56 Кбит/с соответственно. В режиме 3G скорость обмена составила 4,48/1,22 Мбит/с при задержках порядка 40 мс. Задержка уменьшилась вдвое по сравнению с работой со встроенным стеком модулей.

У разработчика есть альтернатива — либо использовать встроенные возможности модуля и сэкономить на стоимости разработки, либо использовать внешние системы для увеличения скорости.

### Сканирование сети

На рис. 11 показаны логи выполнения команды сканирования сети с целью обнаружения БС. Более высокая чувствительность модуля EHS5 (на 3 дБм) выразилась в том, что было найдено суммарно 42 БС по сравнению с 21 для BGS2. Знание координат конкретных БС позволит определить местоположение абонентской станции методом триангуляции, хотя и с относительно невысокой точностью — порядка сотен метров. Впрочем, для многих приложений такой точности вполне достаточно.

Следует также отметить наличие функции сканирования сети без SIM-карты.

## Заключение

### Основные выводы

Для 3G-устройств:

- Ток потребления устройств в режиме 3G больше, в пиках в режиме передачи почти вдвое, что требует более совершенного источника питания.
- В среднем энергопотребление также больше.
- Чувствительность больше. БС обнаруживается примерно вдвое больше.
- Скорость передачи данных существенно выше.
- Латентность сети заметно меньше (почти на порядок).
- Улучшенная защита от обрывов связи в движении. Используется «мягкий хендвер», переход на другую БС плавный, а не скачком.
- Более высокая защищенность каналов.
- Высокая помехозащищенность.
- Повышение качества телефонии за счет устранения замираний.
- Гибкое распределение ресурсов.

### EHS5

```
12:15:03.906>AT^SNMON="INS",2,2,1,11556,14757, Beeline, 80,49
12:15:37.906>^SNMON="INS",2,2,1,12020,7810,MegaFon RUS,19,49
12:15:37.906>^SNMON="INS",2,2,1,11557,14757, Beeline, 74,44
12:15:37.906>^SNMON="INS",2,2,1,12021,7810,MegaFon RUS,119,38
```

... 31 базовая станция 2G

```
12:14:06.531>^SNMON="INS",2,256,2,7985827,7808,MegaFon RUS,10662,-80,246
12:14:06.531>^SNMON="INS",2,256,2,11715442,19726,TELE2 RU, 10587,-85,248
12:14:06.531>^SNMON="INS",2,256,2,57552167,14757,Beeline,10788,-91,250
```

... 11 базовых станций 3G

### BGS2

```
13:01:45.906>^SNMON="INS",0,1,3,"2EF4","1E82","25002",19,31
13:01:46.062>^SNMON="INS",0,2,3,"2F4D","1E82","25002",705,28
13:01:46.062>^SNMON="INS",0,1,3,"2D25","39A5","25099",74,24
13:01:46.062>^SNMON="INS",0,1,3,"2D24","39A5","25099",80,24
13:01:46.062>^SNMON="INS",0,2,3,"0BC5","4D0E","25020",862,22
```

... 21 базовая станция 2G

Рис. 11. Сравнение количества обнаруженных БС в режимах 2G и 3G

Таблица 5. Сравнительные характеристики BGS2 и EHS5 по результатам натурных тестов

|                                       | 2G                            | 3G                      |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Потребление, мА                       | Макс. 330/260                 | Макс. 440/470           |
| Требования к ИП                       | пиковый ток 1,35 А            | выше, пиковый ток 2,3 А |
| Чувствительность, дБ                  | -107                          | -110                    |
| Время регистрации в сети, с           | 10                            |                         |
| Разнесенный прием (Antenna diversity) | -                             | +                       |
| Скорость передачи, кбит/с             | 44/56                         | 5736/1895               |
| Время отклика сети, мс (ping)         | 612                           | 96                      |
| Голос + данные                        | - (приоритет отдается голосу) | +                       |
| CSD                                   | +                             | - (только в режиме 2G)  |
| Fallback                              | -                             | 2G/3G                   |
| Сканирование сети                     | 21 БС                         | 42 БС                   |

- Высокое качество речи в 3G.

Иначе говоря, 3G-устройства очевидно совершеннее во всем, но за это совершенство приходится расплачиваться повышенным расходом энергии.

### Перспективы

Следующее поколение сетей стандарта LTE, в который уже включены режимы (категории) связи, оптимизированные под потребности M2M/IoT-устройств, позволит строить реально более экономные и долгоживущие приборы с автономным питанием. Ожидается, что абонентская станция M2M/IoT стандарта LTE Cat. 0, LTE Cat. 1, LTE NB сможет использовать один источник питания типа батареи AAA в течение 10 лет. ■