

# EDGE — технология высокоскоростной передачи данных в GSM-сетях

Олег Пушкарев  
o.pushkarev@compel.ru

В публикации рассмотрены технические аспекты технологии EDGE и ее влияние на сетевую инфраструктуру GSM-сети.

Технология EDGE является очередным шагом в развитии GSM-сетей. Цель внедрения новой технологии — повышение скорости передачи данных и более эффективное использование радиочастотного спектра. С появлением EDGE в GSM-сетях фазы 2+ существующие параметры GPRS и HSCSD значительно улучшаются благодаря изменениям передачи сигнала на физическом уровне (модуляция и кодирование) и новым алгоритмам радиобмена при передаче данных. Сами технологии GPRS и HSCSD не изменяются и могут работать параллельно с EDGE. Наряду с аббревиатурой EDGE можно встретить и термин EGPRS (Enhanced GPRS — «улучшенный» GPRS), обозначающий использование сервиса GPRS с новым физическим уровнем EDGE. Далее мы будем рассматривать EDGE только применительно к GPRS, поскольку технология HSCSD не получила распространения в России.

Теоретический предел скорости передачи данных в радиоканале при использовании EGPRS составляет 473,6 кбод, в то время как с GPRS — только 160 кбод. Высокие значения скорости достигаются благодаря новому способу модуляции и применению измененного метода передачи радиосигнала, устойчивого к ошибкам. Кроме того, изменения коснулись алгоритмов адаптации к качеству канала.

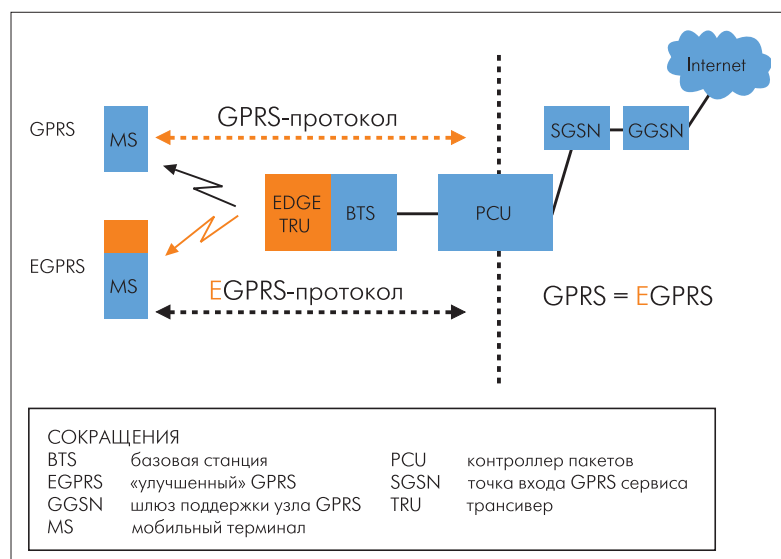


Рис. 1. Изменения в инфраструктуре GSM-сети при внедрении EDGE

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что EDGE является дополнением к GPRS и не может существовать отдельно. С точки зрения потребителя, GPRS расширяет возможности GSM-сети, в то время как EDGE улучшает технические параметры GPRS.

Применительно к инфраструктуре GSM-сети, EGPRS требует внесения изменений в базовые станции. При этом используется уже существующее ядро GSM-инфраструктуры, и внедрение EDGE означает лишь установку дополнительного оборудования (рис. 1).

## Параметры EDGE

В таблице приведены основные технические характеристики технологий GPRS и EDGE.

Таблица 1. Сравнение технических параметров GPRS и EDGE

	GPRS	EDGE
Модуляция	GMSK	8-PSK/GMSK
Символьная скорость	270 ксим/с	270 ксим/с
Скорость битовой модуляции	270 кбит/с	810 кбит/с
Скорость передачи данных в радиоканале на один тайм слот	22,8 кбит/с	69,2 кбит/с
Скорость передачи данных пользователя на один тайм слот	20 кбит/с (CS4)	59,2 кбит/с (MCS9)
Скорость передачи данных пользователя на 8 тайм слотов	160 кбит/с	473,6 кбит/с

Как видно из таблицы, EDGE может передать в три раза больше данных, чем GPRS в тот же период времени. Разница между скоростью в радиоканале (Radio data rate) и фактической скоростью передачи данных пользователя (User data rate) объясняется тем, что при передаче по радиоканалу к блоку данных пользователя добавляются служебные данные в виде заголовка пакета. Это нередко приводит к путанице при определении пропускной способности GPRS и EGPRS, так как в публикациях встречаются разные показатели скорости. В связи с технологией EDGE чаще встречается цифра 384 кбит/с: международное объединение по теле-

коммуникациям (International Telecommunications Union — ITU) определяет данную скорость в соответствии с требованиями стандарта IMT-2000 (International Mobile Telecommunications), который предполагает использование восьми тайм-слотов со скоростью 48 кбит/с в каждом.

### Новый тип модуляции

При передаче данных в режиме GPRS используется гауссовская манипуляция с минимальным частотным сдвигом GMSK — Gaussian Minimum Shift Keying (рис. 2), которая является разновидностью фазовой модуляции. При передаче бита «0» или «1» фаза сигнала получает положительное или отрицательное приращение. Каждый передаваемый символ содержит один бит информации, то есть каждый фазовый сдвиг представляет один бит. Для достижения большей скорости передачи данных на одном временном интервале (в одном тайм-слоте) необходимо изменить метод модуляции.

EDGE разрабатывался для использования той же сетки частот, ширины каналов, методов канального кодирования и существующих механизмов и функций, применяемых GPRS и HSCSD. Для EDGE была выбрана восьмипозиционная фазовая модуляция 8PSK (8-Phase Shift Keying), которая удовлетворяет всем этим условиям. Если говорить об интерференции между соседними каналами, 8PSK имеет те же параметры качества, что и GMSK. Это позволяет интегрировать EDGE-каналы в существующий частотный план и назначать новые EDGE-каналы в том же порядке, как и обычные GSM-каналы.

8PSK представляет собой метод линейной модуляции, в котором одному переданному символу соответствуют 3 бита информации. Скорость передачи символов (или число символов, передаваемых в единицу времени) остается тем же, что и в GMSK, но каждый символ несет информацию в 3 вместо 1 бита. Следовательно, скорость передачи данных увеличивается в 3 раза. Фазовое расстояние между символами в 8PSK меньше, чем в GMSK, что повышает риск ошибки распознавания символа приемником. При хорошем отношении сигнал/шум это не является проблемой. Для успешной работы в условиях плохого радиоканала следует использовать коды коррекции ошибок. Только при очень слабом радиосигнале GMSK-модуляция имеет преимущество перед 8PSK. Для того чтобы иметь возможность эффективно работать при любом соотношении сигнал/шум,

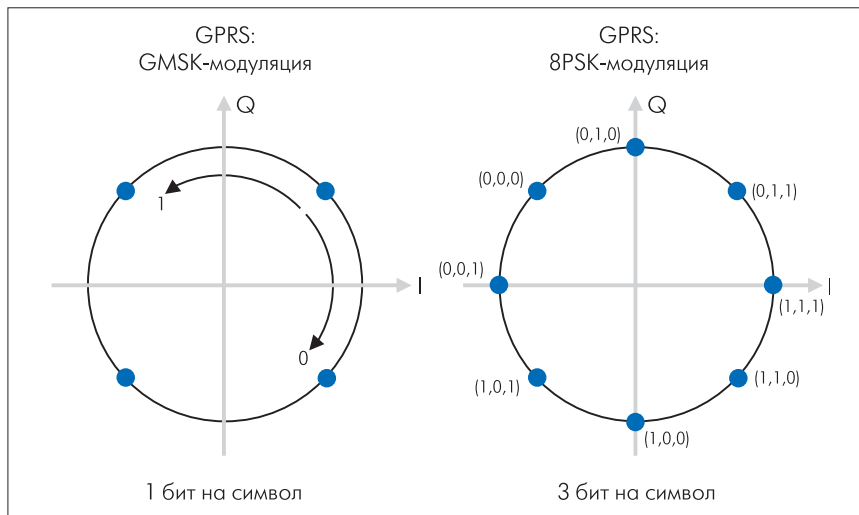


Рис. 2. Модуляция GMSK и 8PSK

в схемах кодирования EDGE применяются оба типа модуляции.

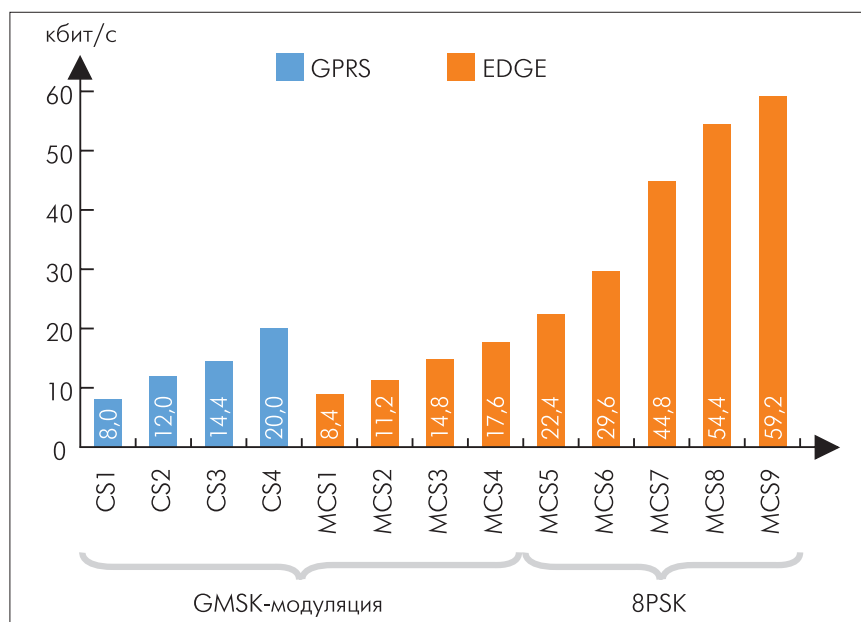
### Схемы кодирования и формирование пакетов

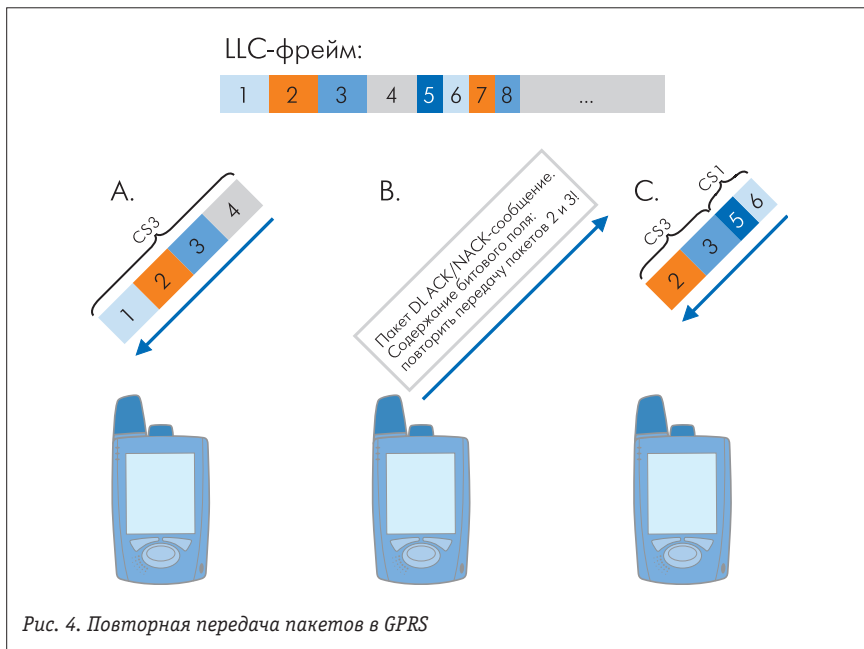
Для GPRS определены четыре схемы кодирования: CS1–CS4. Каждая содержит разное количество корректирующих бит, оптимизируя каждую схему кодирования под определенное качество радиолинии. В EGPRS применяется девять схем кодирования, которые обозначаются MCS1–MCS9. Младшие четыре схемы используют модуляцию GMSK и предназначены для работы при худшем соотношении сигнал/шум. В схемах MCS5–MCS9 используется модуляция 8PSK. На рис. 3 представлены мак-

симальные скорости передачи данных, достижимые при использовании разных схем кодирования. Пользователь GPRS может получить предельную скорость передачи данных в 20 кбод, в то время как скорость EGPRS увеличивается вплоть до 59,2 кбод по мере повышения качества радиолинии (приближение к базовой станции).

Несмотря на то что схемы CS1–CS4 и MCS1–MCS4 используют один и тот же вид модуляции GMSK, радиопакеты EGPRS имеют иную длину заголовков и объем полезных данных. Это позволяет изменять схему кодирования «на лету» для повторной передачи пакета. Если пакет со старшей схемой кодирования (с меньшей помехоустойчивостью) получен с ошибкой, то он может быть отправлен повторно с использовани-

Рис. 3. Скорость передачи при использовании разных схем кодирования





ем схемы кодирования меньшего номера (с большей помехоустойчивостью) для компенсации ухудшившихся параметров радиолинии. Передача с другой схемой кодирования (ресегментация) требует изменения числа полезных бит в радиопосылке. В GPRS подобная возможность не предусмотрена, поэтому схемы кодирования GPRS и EGPRS имеют разную эффективность.

В GPRS повторение пакета возможно только с оригинальной схемой кодирования, даже если данная схема кодирования перестала быть оптимальной в силу ухудшения качества радиолинии. Рассмотрим на примере схему повторной передачи пакетов (рис. 4).

A. GPRS-терминал получает данные от базовой станции. На основании предыдущего рапорта о качестве радиолинии контроллер базовой станции решает послать следующий блок данных (номера 1–4) со схемой кодирования CS3. Во время передачи состояние радиолинии ухудшилось (снизилось соотношение сигнал/шум), в результате пакеты 2 и 3 были получены с ошибкой. После передачи группы пакетов базовая станция запрашивает новый рапорт — оценку качества радиолинии.

B. GPRS-терминал передает базовой станции информацию о неправильно доставленных пакетах вместе с информацией о качестве радиолинии (в рапорте-подтверждении).

C. Учитывая ухудшение качества связи, алгоритм адаптации выбирает новую, более помехоустойчивую схему кодирования CS1 для передачи пакетов 5 и 6. Однако из-за невозможности ресегментации в GPRS повторная передача пакетов 2 и 3 будет происходить с прежней схе-

мой кодирования CS3, что значительно увеличивает риск неправильного приема этих пакетов GPRS-терминалом.

Алгоритм адаптации GPRS требует очень осторожного выбора схемы кодирования для предотвращения, насколько это возможно, повторной передачи пакетов. Благодаря ресегментации EGPRS может использовать более эффективный метод выбора схемы кодирования, так как вероятность доставки пакета во время повторной передачи здесь значительно выше.

#### Адресация пакетов

При передаче блока пакетов через радиоканал пакеты внутри блока нумеруются — от 1 до 128. Этот идентификационный номер включается в заголовок каждого пакета. При этом количество пакетов в блоке, переданном конкретному GPRS-терминалу, не должно превышать 64. Может возникнуть ситуация, когда

номер повторно передаваемого пакета совпадет с номером нового пакета в очереди. В этом случае приходится заново передавать весь блок целиком. В EGPRS пространство адресов пакетов увеличено до 2048, а размер скользящего окна составляет 1024 (максимальное количество пакетов в одном блоке), что значительно снижает вероятность возникновения подобных коллизий. Уменьшение повторных передач на уровне RLC (Radio Link Control) в итоге приводит к увеличению пропускной способности (рис. 5).

#### Измерение качества радиоканала

Оценка качества связи радиолинии в GPRS производится путем измерения уровня принимаемого сигнала, оценки параметра BER (bit error rate — относительное число неверно принятых битов) и т. д. Выполнение этой оценки отнимает у GPRS-терминала некоторое количество времени, что, в принципе, не играет большой роли при постоянном использовании одной схемы кодирования. При пакетной коммутации данных необходимо оперативно отслеживать качество радиолинии, чтобы быстро менять схему кодирования в зависимости от состояния радиоэфира. Процедура оценки качества канала в GPRS может выполняться только дважды в течение 240-мс периода. Это затрудняет оперативный выбор правильной схемы кодирования. В EGPRS измерения производятся при каждом приеме путем оценки вероятности ошибочных битов (BER — bit error probability). Основываясь на данных каждой передачи, параметр BER отражает текущее соотношение сигнал/шум и временную дисперсию сигнала. В результате такого подхода оценка параметров качества канала передачи оказывается достаточно точной даже на коротком измераемом периоде. Это определяет более

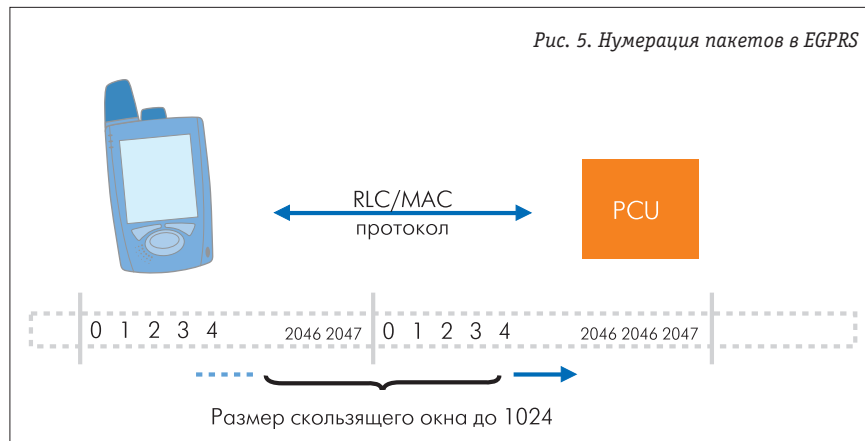


Таблица 2. Группа схем кодирования

Схема канального кодирования	Пропускная способность	Группа кодирования
MCS9	59,2	A
MCS8	54,4	A
MCS7	44,8	B
MCS6	29,6	A
MCS5	22,4	B
MCS4	17,6	C
MCS3	14,8	A
MCS2	11,2	B
MCS1	8,8	C

высокую эффективность схемы адаптации по сравнению с GPRS.

#### Функции контроля радиолинии и повышенная избыточность

Для обеспечения максимальной скорости передачи в условиях существующего качества радиоканала в EGPRS используются такие механизмы:

1. Адаптация к качеству канала. Основываясь на измерениях качества линии при передаче данных (как в направлении мобильного терминала, так и от него), адаптационный алгоритм выбирает но-

вую схему кодирования для следующей последовательности пакетов. Схемы кодирования сгруппированы в три семейства — А, В и С. Новая схема кодирования выбирается из того же семейства, к какому относилась прежняя (рис. 5).

2. Увеличение избыточности кода. Повышенная избыточность (Incremental Redundancy) используется для старших схем кодирования в случаях, когда вместо анализа параметров радиолинии и изменения схемы кодирования применяется отправка дополнительной информации при последующих передачах. Если при приеме пакета произошли

ошибки, то в следующем пакете может быть отправлена избыточная информация, которая поможет скорректировать предыдущие неверно принятые биты. Данная процедура может повторяться до полного восстановления информации в ранее принятом пакете.

В России операторы «большой тройки» уже предоставляют услугу EDGE в нескольких районах Москвы и в ряде регионов страны. Внедрение EDGE происходит постепенно, по мере обновления оборудования базовых станций. «МегаФон» планирует до конца 2005 года охватить технологией EDGE порядка 500 базовых станций. «ВымпелКом» собирается фрагментарно внедрить EDGE на территории Москвы в пределах МКАД (на участках с повышенным GPRS-трафиком), а по России — во всех регионах к концу 2006 — началу 2007 года. МТС заявляет, что «работы ведутся очень интенсивно: покрытие EDGE в Московском регионе расширяется практически ежедневно» [2].

#### Литература

1. EDGE. Introduction of high-speed data in GSM/GPRS networks ([www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)).
2. Материалы сайта «Мобильный форум» (<http://mforum.ru/news/article/01-5533.htm>).