

# Системы документальной электросвязи и телематические службы

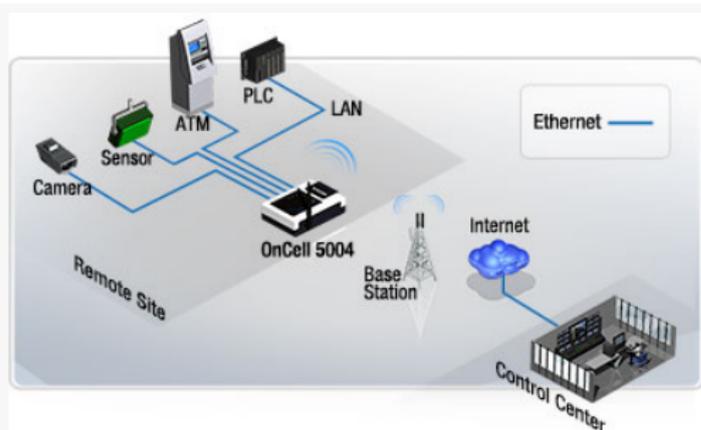
## Лекция № 11 Модемы для сотовых систем связи

доц. каф. СС и ПД, к.т.н. С. С. Владимиров

2016 г.

## Беспроводной сотовый модем (GSM-модем)

Это приёмопередатчик, использующий сети операторов мобильной связи для передачи и приёма информации.



Для использования сети сотовой связи в модем вставляется SIM-карта оператора мобильной связи. Беспроводной модем может быть интегрирован в различные телеметрическое, диспетчерское, охранное и другое оборудование. Беспроводные модемы могут использоваться вместо обычных телефонных модемов (в банкоматах, торговых автоматах, охранных системах, системах дистанционного управления, компьютерах), а также для интеграции в программно-аппаратные комплексы. В своей работе беспроводные модемы используют дополнительные устройства управления.

Некоторые типы беспроводных модемов могут работать как телефонные шлюзы для передачи голосовых, видео и текстовых данных там, где не может быть использована традиционная фиксированная линия или где дешевле использовать сотовое средство сообщения.

# Классификация сотовых модемов

## По технологии сотовой связи беспроводные модемы разделяют на

- ▶ *GPRS-терминалы (модемы)*. Позволяют использовать технологию GSM в устройствах, не требовательных к объему передаваемой информации. Обычно подобные терминалы применяются в системах M2M для обеспечения беспроводной связи между элементами различного рода оборудования.
- ▶ *EDGE-терминалы (модемы)*. Данные модемы используют более высокоскоростные протоколы беспроводной передачи данных, что позволяет применять их для доступа в Интернет или для организации беспроводной связи между элементами систем M2M, требующих передачи больших объемов данных.
- ▶ *3G-модемы (UMTS-модемы) и 3.5G-модемы (HSDPA-модем)*. Подобные устройства используют более высокоскоростные протоколы беспроводной передачи данных: UMTS и HSDPA.
- ▶ *4G-модемы*. Данные устройства поддерживают *4G-технологии (WiMAX, LTE)*, которые превосходят по скорости 3G-технологии. Технологии, относящиеся к поколению 4G, должны обеспечивать скорость передачи данных на уровне 100 Мбит/с и более — для мобильных абонентов и 1 Гбит/с — для стационарных абонентов.

Как правило, 3G и 4G модемы поддерживают и технологии GPRS и EDGE. Такой модем автоматически будет переходить на них в том случае, когда сеть оператора не поддерживает скоростные протоколы или когда условия приема не позволяют использовать высокую скорость передачи данных.

Сотовые модемы поддерживают те же интерфейсы, что и обычные телефонные модемы: RS-232, USB, PCI, ...

Сотовые модемы, работающие по интерфейсу RS-232 как правило используются при решении задач автоматизации вместо обычных телефонных модемов — получение данных с удаленных устройств (банкоматы, камеры), системы дистанционного управления, системы автоматического обзона и рассылки коротких сообщений. Модемы с интерфейсом USB широко используются как для бытового применения (доступ в интернет для абонентов сотовой связи), так и для задач автоматизации.

Как и телефонные модемы, GSM-модемы поддерживают общий набор AT-команд, но, кроме этого, они поддерживают расширенный набор AT команд. Эти дополнительные команды определены стандартом GSM, они позволяют читать, писать, удалять и отправлять SMS-сообщения, производить мониторинг сигнала и уровень заряда аккумулятора, читать, писать и искать записи телефонной книги.

# Примеры сотовых модемов

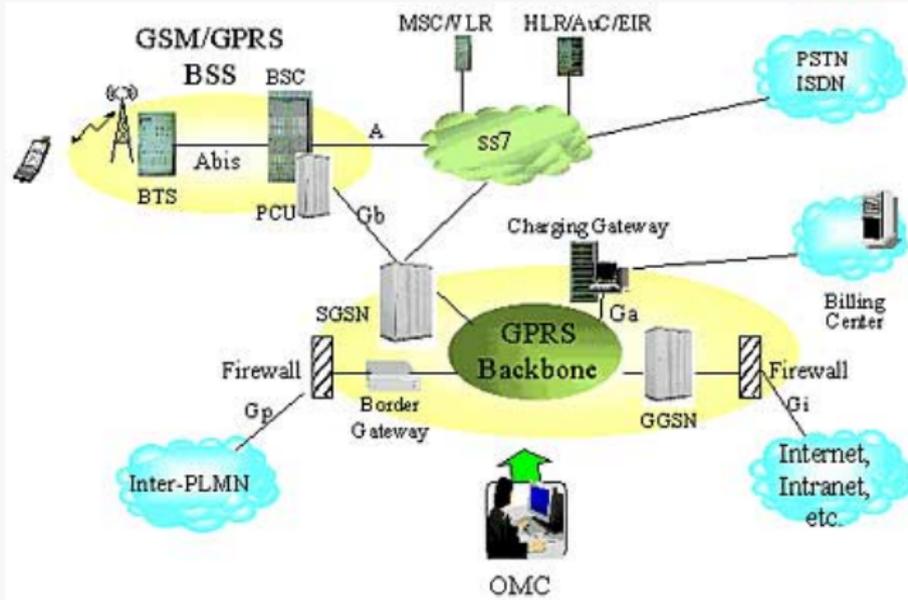


# Технология GPRS

General Packet Radio Service — «пакетная радиосвязь общего пользования»

Надстройка над технологией мобильной связи GSM, осуществляющая пакетную передачу данных.

## Схема сети GPRS



## Структура GPRS

На структурном уровне систему GPRS можно разделить на две части: подсистему базовых станций (BSS) и опорную сеть GPRS (GPRS Core Network).

В BSS входят все базовые станции и контроллеры, которые поддерживают пакетную передачу данных. Для этого BSC (Base Station Controller) дополняется блоком управления пакетами — PCU (Packet Controller Unit), а BTS (Base Transceiver Station) — кодирующим устройством GSM в форматы, используемые протоколами TCP/IP.

Шлюзы с внешними сетями (Internet, intranet, X.25) называют GGSN (Gateway GPRS Support Node). Обмен информацией между SGSN и GGSN происходит на основе IP-протоколов. Также в состав GPRS Core входят DNS (Domain Name System) и Charging Gateway (шлюз для связи с системой тарификации).

## Принцип передачи информации

При использовании GPRS информация собирается в пакеты и передаётся через неиспользуемые в данный момент голосовые каналы. Такая технология предполагает более эффективное использование ресурсов сети GSM. При этом, что именно является приоритетом передачи — голосовой трафик или передача данных — выбирается оператором связи. Федеральная тройка в России использует безусловный приоритет голосового трафика перед данными, поэтому скорость передачи зависит не только от возможностей оборудования, но и от загрузки сети. Возможность использования сразу нескольких каналов обеспечивает достаточно высокие скорости передачи данных, теоретический максимум при всех занятых таймслотах TDMA составляет 171,2 кбит/с. Существуют различные классы GPRS, различающиеся скоростью передачи данных и возможностью совмещения передачи данных с одновременным голосовым вызовом. Передача данных разделяется по направлениям «вниз» (downlink; DL) — от сети к абоненту, и «вверх» (uplink, UL) — от абонента к сети. Мобильные терминалы разделяются на классы по количеству одновременно используемых таймслотов для передачи и приёма данных. Современные телефоны поддерживают до 4-х таймслотов одновременно для приёма по линии «вниз» (то есть могут принимать 85 кбит/с по кодовой схеме CS-4), и до 4-х для передачи по линии «вверх» (class 12 или 4+4, всего 5).

Абоненту, подключенному к GPRS, предоставляется виртуальный канал, который на время передачи пакета становится реальным, а в остальное время используется для передачи пакетов других пользователей. Поскольку один канал могут использовать несколько абонентов, возможно возникновение очереди на передачу пакетов, и, как следствие, задержка связи. Например, современная версия программного обеспечения контроллеров базовых станций допускает одновременное использование одного таймслота шестнадцати абонентами в разное время и до 5 (из 8) таймслотов на частоте, итого — до 80 абонентов, пользующихся GPRS на одном канале связи (средняя максимальная скорость при этом  $21,4 \cdot 5 / 80 = 1,3$  кбит/с на абонента). Другой крайний случай — пакетирование таймслотов в один непрерывный с вытеснением голосовых абонентов на другие частоты (при наличии таковых и с учётом приоритета). При этом телефон, работающий в режиме GPRS, принимает все пакеты на одной частоте и не тратит времени на переключения. В этом случае скорость передачи данных достигает максимально возможной.

## EDGE (EGPRS) (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

Цифровая технология беспроводной передачи данных для мобильной связи, которая функционирует как надстройка над 2G и 2.5G (GPRS)-сетями. Эта технология работает в TDMA- и GSM-сетях. Для поддержки EDGE в сети GSM требуются определённые модификации и усовершенствования. EDGE был впервые представлен в 2003 году в Северной Америке.

EDGE использует два вида модуляции: GMSK (Gaussian minimum-shift keying) для 4 кодовых схем и 8PSK (8 Phase Shift Keying) для пяти из девяти кодовых схем (MCS). При 8PSK EDGE получает 3-битовое слово за каждое изменение фазы несущей. Это эффективно (в среднем в 3 раза, в сравнении с GPRS) увеличивает общую скорость, предоставляемую GSM. EDGE, как и GPRS, использует адаптивный алгоритм изменения подстройки модуляции и кодовой схемы (MCS) в соответствии с качеством радиоканала, что влияет, соответственно, на скорость и устойчивость передачи данных. Кроме того, EDGE представляет новую технологию, которой не было в GPRS — Incremental Redundancy (нарастающая избыточность) — в соответствии с которой вместо повторной отсылки повреждённых пакетов отсылается дополнительная избыточная информация, которая накапливается в приёмнике. Это увеличивает возможность правильного декодирования повреждённого пакета.

EDGE обеспечивает передачу данных со скоростью до 474 кбит/с в режиме пакетной коммутации (8 тайм-слотов x 59,2 кбит на схеме кодирования MCS-9) соответствуя требованиям ИТУ к сетям 3G. Данная технология была принята ИТУ как часть семейства IMT-2000 стандартов 3G. Она также расширяет технологию передачи данных с коммутацией каналов HSCSD, увеличивая пропускную способность этого сервиса.

Для использования EDGE в подсистеме базовых станций (BSS) необходимо установить трансиверы, поддерживающие EDGE (8PSK-модуляцию) и обновить их программное обеспечение. Также требуются и сами телефоны, обеспечивающие аппаратную и программную поддержку модуляции и кодовых схем, используемых в EDGE.

## Кодовые схемы EDGE

Схема кодирования (MCS)	Скорость (kbit/s/slot)	Модуляция
MCS-1	8,4	GMSK
MCS-2	11,2	GMSK
MCS-3	14,8	GMSK
MCS-4	17,6	GMSK
MCS-5	22,4	8-PSK
MCS-6	29,6	8-PSK
MCS-7	44,8	8-PSK
MCS-8	54,4	8-PSK
MCS-9	59,2	8-PSK

## UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

Технология сотовой связи, разработана Европейским Институтом Стандартов Телекоммуникаций (ETSI) для внедрения 3G в Европе. В качестве способа передачи данных через воздушное пространство используется технология W-CDMA, стандартизованная в соответствии с проектом консорциума 3GPP.

### Базовые услуги в сетях 3G

- ▶ передача данных;
- ▶ передача голоса.

### Скорости передачи данных в 3G согласно регламентам ITU

- ▶ для абонентов с высокой мобильностью (до 120 км/ч) — не более 144 кбит/с;
- ▶ для абонентов с низкой мобильностью (до 3 км/ч) — 384 кбит/с;
- ▶ для неподвижных объектов — 2048 Кбит/с.

UMTS развёртывается путём внедрения технологий радио-интерфейса W-CDMA, TD-CDMA, или TD-SCDMA на «ядро» GSM. В настоящий момент большинство операторов, работающих на сетях UMTS, используют в качестве технологии воздушного интерфейса W-CDMA.

**WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access — широкополосный множественный доступ с кодовым разделением)**

Технология радиointерфейса, использующая широкополосный множественный доступ с кодовым разделением каналов, использующий две широкие полосы радиочастот по 5 МГц.

Радио-интерфейс UMTS использует в своей работе пару каналов с шириной полосы 5 МГц. Здесь же кроется и недостаток сетей связи, использующих W-CDMA: неэкономичная эксплуатация спектра и необходимость освобождения уже занятых под другие службы частот, что замедляет развёртывание сетей.

Согласно спецификациям стандарта, UMTS использует следующий спектр частот: 1885 МГц — 2025 МГц для передачи данных в режиме «от мобильного терминала к базовой станции» и 2110 МГц — 2200 МГц для передачи данных в режиме «от станции к терминалу». В США по причине занятости спектра частот в 1900 МГц сетями GSM выделены диапазоны 1710 МГц — 1755 МГц и 2110 МГц — 2155 МГц соответственно. Кроме того, операторы некоторых стран (например, американский AT&T Mobility) дополнительно эксплуатируют полосы частот 850 МГц и 1900 МГц. Далее, правительство Финляндии на законодательном уровне поддерживает развитие сети стандарта UMTS900, покрывающей труднодоступные районы страны и использующей диапазон 900 МГц (в данном проекте участвуют такие компании как Nokia и Elisa).

**HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access)**

HSDPA (высокоскоростная пакетная передача данных от базовой станции к мобильному телефону) — протокол передачи данных мобильной связи 3G (третьего поколения) из семейства HSPA.

Позволяет сетям, основанным на UMTS, передавать данные на более высоких скоростях — практически реализованы скорости до 42 Мбит/с. Теоретический предел — до 337 Мбит/с.

В зависимости от версии стандарта 3GPP могут использоваться разные виды модуляции: QPSK, QAM-16, QAM-64.

## 4G (fourth generation — четвертое поколение)

Поколение мобильной связи с повышенными требованиями. К четвертому поколению принято относить перспективные технологии, позволяющие осуществлять передачу данных со скоростью, превышающей 100 Мбит/с -подвижным и 1 Гбит/с — стационарным абонентам.

На конференции в Женеве в 2012 году МСЭ официально признал беспроводными стандартами связи четвертого поколения 4G. Технологии LTE Advanced (LTE-A) и WiMAX 2 (WMAN-Advanced, IEEE 802.16m).

## LTE (Long-Term Evolution — долговременное развитие, 4G LTE)

Стандарт беспроводной высокоскоростной передачи данных для мобильных телефонов и других терминалов, работающих с данными. Он основан на GSM/EDGE и UMTS/HSPA сетевых технологиях, увеличивая пропускную способность и скорость за счёт использования другого радиointерфейса вместе с улучшением ядра сети. Стандарт был разработан 3GPP и определён в серии документов Release 8, с незначительными улучшениями, описанными в Release 9.

## LTE Advanced

LTE-A стандартизирован 3GPP как главное улучшение стандарта Long Term Evolution (LTE). Определён в серии документов Release 10.

## WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

Телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов). Основана на стандарте IEEE 802.16, который также называют Wireless MAN (WiMAX следует считать жаргонным названием, так как это не технология, а название форума, на котором Wireless MAN и был согласован).

В общем виде WiMAX сети состоят из базовых и абонентских станций, а также оборудования, связывающего базовые станции между собой, с поставщиком сервисов и с Интернетом.

Для соединения базовой станции с абонентской используется высокочастотный диапазон радиоволн от 1,5 до 11 ГГц. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой станцией и приёмником.

Между базовыми станциями устанавливаются соединения (прямой видимости), использующие диапазон частот от 10 до 66 ГГц, скорость обмена данными может достигать 140 Мбит/с. При этом, по крайней мере одна базовая станция подключается к сети провайдера с использованием классических проводных соединений. Однако, чем большее число БС подключено к сетям провайдера, тем выше скорость передачи данных и надёжность сети в целом.

- ▶ Статьи "GPRS"; "EDGE"; "UMTS"; "HSDPA"; "W-CDMA"; "LTE"; "WiMAX". С сайта <https://ru.wikipedia.org>