

2. *Ледовской М.И.* Учебная информационная система для управления тепловыми процессами. Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск: «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. №11(88). –С.138–143.
3. *Шнак Ю.А.* Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. – Киев, 2006. – 400 с.
4. *Шилдт Г.* Полный справочник по С. – М.: Изд-во Вильямс, 2004. – 704 с.

Ледовской Михаил Иванович,  
Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г.Таганроге  
E-mail: [kafmps@ttpark.ru](mailto:kafmps@ttpark.ru)  
347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81  
Тел. +7(8634)32-80-25

Ledovskoj Mikhail Ivanovich  
Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»  
E-mail: [kafmps@ttpark.ru](mailto:kafmps@ttpark.ru)  
81, Petrovskay street, Taganrog, 347900, Russia  
Phone: +7(8634) 328025

УДК 621.391

**Ю.М. Туляков**

### **ОЦЕНКА СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО РАДИОИНТЕРФЕЙСАМ В ДЕЙСТВУЮЩИХ СИСТЕМАХ СОТОВОЙ СВЯЗИ**

*Приводится оценка способов и скорости передачи данных в системах сотовой связи, основанных на TDMA технологии, на примере GSM систем. Результаты оценки показывают потенциальные возможности передачи данных в таких системах и полезны при организации межсистемного взаимодействия систем сотовой связи разного типа и поколений.*

*Временное разделение каналов; глобальная система; мобильной связи; служба коротких сообщений; общая радиослужба; пакетная передача.*

**J.M. Tulyakov**

### **ESTIMATION OF DATA LINK SPEED ON THE RADIO INTERFACE IN OPERATING SYSTEMS OF CELLULAR COMMUNICATION**

*The estimation of methods and link speed of the data in the systems of cellular communication based(founded) on TDMA of technology, on example GSM of systems are shown. Results of an estimation show potential possibilities of data transmission in such systems and are useful at the organisation of intersystem interaction of systems of cellular communication of different type and generations.*

*Time Division Multiple Access; Global System; Mobile Communications; Short Message Service; General Protocol; Radio Service.*

В связи с общей тенденцией перехода сотовой связи на стандарты третьего поколения, значительная часть из которых базируется на *TDMA* технологии, ниже приводится оценка возможностям передачи данных в системах сотовой связи с такой технологией *GSM* стандарта и его развития.

**Адресная передача SMS-данных** в системах *GSM* – первая востребованность в передаче данных абонентам в виде коротких текстовых сообщений – *SMS* (Short Message Service) была реализована за счет использования каналов управления и сигнализации. Длина *SMS* – сообщения не превышает 160 символов латинского алфавита (около 140 байт при 7 бит, приходящихся на один символ-знак).

Для расширения возможностей передачи данных была создана служба расширенных сообщений – *EMS* (Extended Message Service). *EMS* технология основана на тех же *SMS*-принципах использования каналов сигнализации путем «упаковки» («сшивания») отдельных коротких сообщений в одно более объемное с использованием существующей *SMS*-инфраструктуры.

Передача таких данных осуществляется по каналам управления (сигнализации), основное назначение которых – это передача служебной информации, из-за чего возникают ограничения в их передаче.

Радиоинтерфейс организуется на участке: базовая станция (БС) – абонентская станция (АС). На базе одной БС может быть создано до 16-ти дуплексных радиоканалов (т.е. может использоваться до 16-ти пар радиочастот). В одном радиоканале (одной несущей) с помощью сигналов гауссовской частотной манипуляции с минимальным частотным сдвигом – *GMSK* (Gaussian Minimum Shift Keying) организуется 8 физических каналов, размещенных соответственно в 8-ми временных окнах – **ВО** (тайм слотах). ВО образуют кадры (фреймы), каждый из которых имеет длительность  $t_k = 4,615$  мс, которые передаются последовательно друг за другом[1].

Физические каналы «заполняются» логическими цифровыми каналами (пакетами) двух типов:

- каналы трафика (**T**) для передачи речи и данных;
- каналы управления – для передачи сигналов управления (в том числе сигнализации) и синхронизации.

Для передачи **SMS (EMS)** – данных используются каналы управления **SACCH** (Slow Associated Control Channel «медленный»), т.е. это канал, совмещенный с каналом трафика –**SACCH/T** и **SDCCH** (Standalone Dedicated Control Channel) – выделенный индивидуальный сигнальный канал. **SDCCH**-канал может использоваться по двум назначениям: комбинированном, когда он применяется и для передачи команд управления, и для **SMS**-передачи, и выделенному назначению, когда он используется только для **SMS**-передачи. Исходя из условия, что на передачу одного символа латиницы требуется 7 бит, а для кириллицы – 16 бит, а также с учетом используемых способов формирования пакетов передачи и применяемого канального кодирования сделана оценка основных характеристик **SMS** – передачи данных, результаты которой приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Оценка основных характеристик SMS – передачи данных

Канал передачи SMS данных	SACCH/T *	SDCCH	
		комбини- рованное назначение	выделен- ное на- значение
Скорость передачи информации, кбит/с	0,38	0,391	0,782
Символьная скорость: латиница/ кириллица, символ/с	54,3/23,75	55,9/111,8	24,4/48,8
Время передачи SMS-данных максимальной величины: латиница 160 символов / кириллица 70 символов, с	2,95/2,95	2,86/2,87	1,43/1,43
*) по SACCH/T SMS – данные передаются во время речевого обмена.			

*Замечание к символьной скорости передачи.* При передаче SMS-данных часть передаваемых бит используется для служебной информации. Поэтому скорости передачи данных могут несколько отличаться от выше рассчитанных. При максимальной длине сообщения погрешность не превышает десяти процентов.

**Широковещательная и многоадресная передача.** При широковещательной передаче данные передаются одновременно (безадресно) и могут приниматься без подтверждения всеми АС, находящимися в зоне действия системы или отдельных её участках. При многоадресной передаче данные поставляются только тем пользователям, которые “подключились” к определённой группе абонентов. Эти данные могут передаваться по каналу *CBCH* – *Cell Broadcast Chanel* (логический канал передачи широковещательных текстовых сообщений) [6], организованному на канале *SDCCH*, специально выделенному для широковещательной передачи. Скорость передачи по такому каналу определена выше и составляет 0,782 кбит/с.

**GPRS/EDGE- технологии передачи данных.** Повысить скорость и объем передаваемых данных удалось за счет внедрения *GPRS* (General Protocol Radio Service) – службы пакетной передачи данных, когда вместо голосового использования трафиковых каналов их применяют для пакетной передачи данных. Благодаря этому появилась возможность предоставлять мультимедийную услугу *MMS* – (Multimedia Message Service) в виде значительного объема текстовых сообщений, видео, аудио клипов и т.д., когда платформой передачи данных становятся *MMS-центры*.

При *GPRS* данные непосредственно передаются в пакетном режиме протоколами *WAP* по трафиковым каналам адаптивно (в зависимости от помехоустойчивости этих каналов и занятости их под голосовой трафик), объединяющимся в некий «единый канал», что позволяет значительно увеличить скорость передачи. Скорость передачи информации данных, по  $n_{\text{вопд}}$  – трафиковым таймслотам (ВО), используемых для передачи данных, будет определяться как:

$$V_{\text{инфп}} = n_{\text{вопд}} \cdot V_{\text{во инфТ}},$$

где  $V_{\text{во инфТ}} = 22,8$  кбит/с – скорость передачи данных в одном полно – скоростном трафиковом канале «нормальными» пакетами.

Однако для оценки скорости передачи информационных бит необходимо учитывать кодирование в передаваемых пакетах [2] и канальное кодирование. При передаче пакетов *GPRS* используются [3,5] варианты канального кодирования (Coding Scheme) – *CS1...CS4*, значения скоростей передачи для которых может меняться от 8 до 21,4 кбит/с. Вариант кодирования адаптивно меняется в зависи-

мости от изменения качества связи (отношения сигнал/помеха), что соответственно отражается на скорости передачи.

Для оценки потенциально максимальной скорости передачи в режиме *GPRS* возьмем за основу код *CS4* с максимальной скоростью в одном канале ( $n_{BO}$ ) –  $B_{CS4} = 21,4$  кбит/с. Тогда скорость передачи при использовании (объединении)  $n_{BO}$  – каналов определится следующим образом:

$$B_{n\ GPRS} = n_{BO} \cdot B_{CS4} = n_{BO} \cdot 21,4 \text{ кбит/с.}$$

Развитие *GPRS* получила в новой её версии – **EDGE** (Enhance Dote rates for Global Evolution – повышенная скорость передачи данных для глобальной эволюции), рассчитанная на повышение скорости передачи данных. Основное повышение скорости достигается за счёт внедрения радиосигналов с повышенной энтропией – переход от частотной манипуляции типа *GMSK* к фазовой манипуляции – **ФМ-8** (*8PSK* – Pose Shift Keying) [4,3,5] и использования вариантов девятиуровневого канального кодирования *MCS1...MCS9* с различными характеристиками помехоустойчивости. Смена кодирования происходит при изменении помехоустойчивости радиосвязи с изменением скорости передачи от 8,4 до 59,2 кбит/с. Следует заметить, что переход на модуляцию ФМ-8 осуществляется, начиная с уровня кодирования *MCS5* (при скорости 22,4 кбит/с) и выше, а при кодах *MCS1...MCS4* используется частотная манипуляция вида *GMSK*, которая используется при *GPRS*.

Для оценки максимальной скорости передачи данных в режиме *EDGE* используем код *MCS9* с наивысшей скоростью –  $B_{MCS9} = 59,2$  кбит/с. Тогда в зависимости от количества используемых каналов –  $n_{BO}$ , скорость передачи определится так:

$$B_{n\ EDGE} = n_{BO} \cdot B_{MCS9} = n_{BO} \cdot 59,2 \text{ кбит/с.}$$

На рис.1 приводятся результаты расчетов по приведенным выше соотношениям максимальных скоростей передачи данных без канального кодирования и при канальном кодировании в режимах *GPRS* и *EDGE* в зависимости от количества используемых трафиковых каналов ( $n_{BO}$ ) –  $n_{BO}$ .

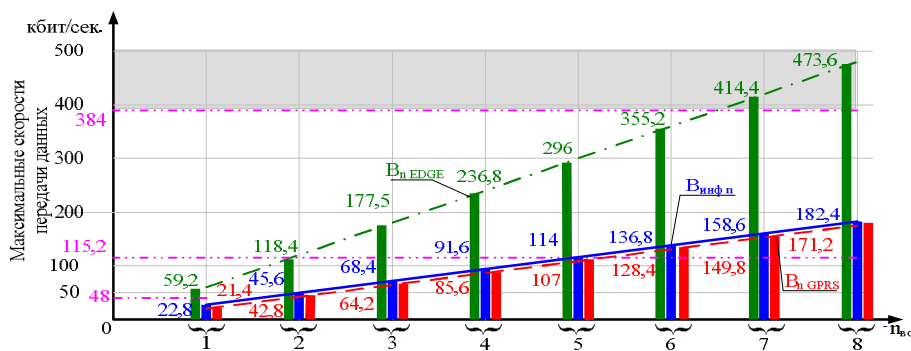


Рис.1. Зависимость максимальной скорости передачи от числа используемых каналов

**Замечания:** Полученные данные следует уточнить для условий практического использования *GPRS* и *EDGE*-передачи:

- при потенциально максимальном использовании восьми каналов для *GPRS* при *CS4* из-за наличия в передаче протокольных блоков данных [3] реальная максимальная скорость передачи данных (см. рис.1) составляет 115,2 кбит/с (сравните с рис.1), т.е. 14,4 кбит/с на один канал;

- одним из распространённых в практике *GSM/GPRS* является случай [3] использования кодирования *CS2* и четырёх каналов со скоростью  $B = 13,4 \cdot 4 = 53,6$  кбит/с, а также одного обратного канала со скоростью  $B = 13,4$  кбит/с;
- в соответствии со спецификацией *IMT-2000* (International Mobile Telephone) максимальная скорость при использовании 8-ми таймслотов для *EDGE* передачи принимается [4] равной 384 кбит/с, и соответственно на один таймслот – 48 кбит/с.

Пакетная передача данных с возможностями *MMS* нашла широкое применение не только для адресной их передачи, но и планируется для многоадресного и широковещательного режимов в виде услуги *MBMS* (Multimedia Broadcast and Multicast Service) [4,6] с доставкой контента с высокообъемной информацией, например – телевидения. Реализация этого сервиса, когда для передачи видеосигналов на портативные АС достаточна скорость 40 - 64 кбит/с для малоподвижных изображений, а для высокоподвижных – 128 кбит/с, вполне может быть достигнута на базе *EDGE* технологии в GSM (см. рис.1) и в системах третьего поколения (3G).

**Выводы.** Проведенная оценка различных вариантов передачи данных в современных системах сотовой связи на примере *GSM*-систем позволяет охарактеризовать потенциальные возможности такой передачи, и тем самым определить виды контента, которые можно предоставлять пользователям.

Результаты этой оценки могут быть полезны при организации межсистемного взаимодействия систем сотовой связи разного типа и поколений при организации единой связанной сети, как это планируется [4] партнерскими объединениями 3GPP и 3GPP2.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Маковеева М.М., Шинаков Ю.С.* Системы связи с подвижными объектами. Учебное пособие для вузов, –М.: Радио и связь, 2002. – 400 с.
2. *Туляков Ю.М.* Анализ характеристик развития адресной передачи данных в подвижной наземной связи. Материалы доклада в трудах Российского НТО РЭС им. А.С. Попова «Научная сессия, посвященная Дню радио». Вып. XL1, – М.: 2006.
3. *Громаков Ю.А., Северин А.В., Шевцов В.А.* Технологии определения местоположения в GSM и UMTS: Учебное пособие. – М: Эко – Трендз, 2005. – 144 с.
4. Материалы партнерских объединений (проектов) 3GPP и 3GPP2.
5. Стандарты GSM: 03,40; 03,41; 04,01; 04,03... 04,08; 04,11; 04,12; 05,01; 05,02; 06,02; 09,02.
6. *Бахуизен М., Хорн У.* Широковещательная и многоадресная передача информации в сетях мобильной связи // Мобильные системы, 2005. № 12.

Туляков Юрий Михайлович

Московский технический университет связи и информатики (Волго-Вятский филиал г. Нижний Новгород)

E-mail: [tym@kis.ru](mailto:tym@kis.ru).

603011, Нижний Новгород, ул. Менделеева,15.

Тел.: +7(8312) 457505

Tulyakov Jury Mihaiylovich

Moscow Technical University of Communication and Information Sciens (Volgo-Vyatskiy Branch)

E-mail: [tym@kis.ru](mailto:tym@kis.ru).

15, Mendeleev street, Nizhny Novgorod, 603011, Russia

Phone: +7(8312) 457505