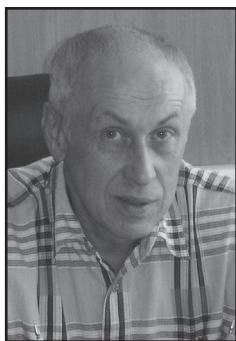




УДК 656.254.16:621.396

# Пакетная передача речи в сетях подвижной связи



Георгий ГОРЕЛОВ  
Georgiy V. GORELOV

Глеб КЛЕПЦОВ  
Gleb I. KLEPTSOV



Иван ПОПОВ  
Ivan L. POPOV

*Горелов Георгий Владимирович* – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

*Клепцов Глеб Игоревич* – аспирант кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» МИИТ, Москва, Россия.

*Попов Иван Леонидович* – студент 5-го курса МИИТ, Москва, Россия.

**Проблемы и ресурсы пакетной передачи речи в сетях подвижной связи железнодорожного транспорта.**

**Предлагается распространить методы исследования качества передачи при использовании на канальном уровне технологии стандарта IEEE 802.11 на анализ внедряемых на железных дорогах систем стандарта DMR.**

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, сети подвижной связи, пакетная передача речи, качество передачи, технологические стандарты, аналоговая система, цифровая система, дальность связи.

**И**нтегрированные (сочетающие различные виды трафика и различные методы доступа) телекоммуникационные сети зарекомендовали себя достаточно эффективным средством связи для потребностей железных дорог [1–4], мегаполисов (метрополитенов, монорельсовых транспортных систем [5]).

При этом рациональным является использование беспроводных сетей доступа мобильных абонентов к ресурсам стационарных сетей связи, использующих стремительно развивающиеся технологии стандарта IEEE Radio Ethernet 802.11 (WI FI) и 802.16 (WI MAX) в диапазоне 2,4 ГГц и других высокочастотных диапазонах [6,7].

Технологии широкополосного доступа (как проводного, так и беспроводного) стали самой быстрорастущей и видоизменяющейся областью телекоммуникационных технологий на железнодорожном транспорте и должны обеспечивать пользователю должное качество обслуживания (Quality of Service, QoS) [8,9].

Практически все современные беспроводные сети доступа мобильных абонентов к ресурсам стационарных сетей связи (сети подвижной связи), применяют технологии пакетной передачи речи.

## НА СТЫКЕ ТЕХНОЛОГИЙ

Наиболее значимым примером пакетной передачи речи является телекоммуникационная технология СТИ (Computer-Telephony Integration) – компьютерная телефония, возникшая на стыке технологий компьютерной обработки данных телефонии в середине 80-х годов прошлого столетия [10].

Технология компьютерной телефонии (Vo IP, IP-телефонии) основана на использовании для передачи речи сетей, изначально предназначенных для передачи данных. Речь оцифровывается, разделяется на пакеты, применяемые для работы с данными, и пересылается по сети. На приемной стороне пакеты собираются, речевой сигнал восстанавливается, и обеспечиваются телефонные переговоры между двумя устройствами, подключенными к сети передачи данных.

## ПОТЕРЯ ПАКЕТОВ РЕЧИ

Поскольку речевые пакеты не повторяются, при их потере (или искажении) на приемной стороне появляется короткая пауза в речи. Частые потери речевых пакетов, вызванные плохим качеством каналов связи и перегрузками в сети, могут привести к ухудшению разборчивости речи, а иногда и к полной невозможности общения [11]. Искажения от потери пакетов также зависят от применяемых в шлюзах сети кодеков. На качество речи при использовании низкоскоростных кодеков типа G.729 и G.723.1 в большей степени влияет именно потеря пакетов по сравнению с высокоскоростными кодеками типа G.711 [12,13]. Приблизительно можно считать, что при IP-телефонии хорошего качества допустимый уровень потерь пакетов должен составлять 1–3%, причем меньшая величина относится к низкоскоростным кодекам, а большая – к высокоскоростным.

## ПОДВИЖНЫЕ СЕТИ

Появление таких сетей связи с пакетной передачей речи можно также отнести к 80-м годам прошлого столетия. В 1982 году СЕПТ (Conference of European Posts and Telegraphs) для разработки общеевропейской системы сотовой подвижной связи создает рабочую группу GSM (Groupe Special Mobile), а с 1989 года к выполнению

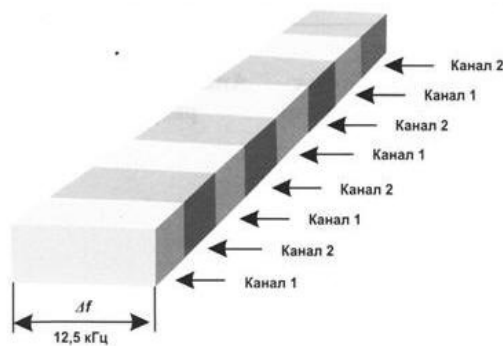


Рис. 1. Структура радиointерфейса стандарта DMR.

Fig. 1. The structure of air interface of DMR standard.

задачи приступает ETSI (European Telecommunication Standards Institute).

Технология GSM основана на многостанционном доступе с временным разделением каналов TDMA (Time Division Multiple Access) [2], обеспечивающем организацию на одной несущей частоте нескольких временных интервалов. В GSM используются технологии: HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data) – высокоскоростная передача данных в сетях подвижной радиосвязи с коммутацией каналов); GPRS (General Packet Radio Service) – пакетная коммутация в сетях подвижной радиосвязи со скоростью до 115 кбит/с; Packet GSM – для пакетной передачи речи с помощью технологии VoGPRS (Voice over GPRS) и данных.

На железнодорожном транспорте России при организации технологической радиотелефонной связи и каналов передачи данных для систем управления движением находят применение системы с пакетной передачей речи: сотовая система стандарта GSM-R и использующая основные принципы ее построения (прежде всего – TDMA) транкинговая система стандарта TETRA (Terrestrial Trunked Radio), а также системы беспроводного доступа модификаций стандарта IEEE Radio Ethernet [2,4,6,7,19].

Начинает внедряться и имеет хорошие перспективы и система стандарта DMR (Digital Mobile Radio), разработанного ETSI в 2005 году в качестве единого общеевропейского стандарта цифровой радиосвязи. В основу DMR снова закладывается технология TDMA (рис. 1) [20].



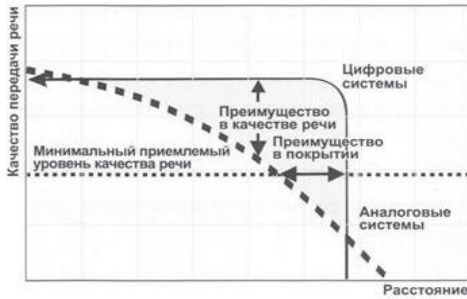


Рис. 2. Зависимость качества передачи речи от дальности связи.

Pic. 2. Dependence of voice transmission quality from communication range.

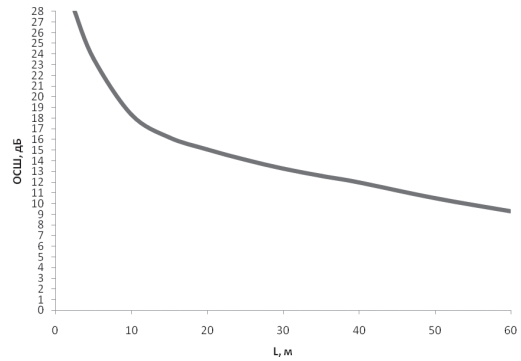


Рис. 3. Зависимость ОСШ от дальности связи L.

Pic. 3. Dependence of signal/noise ratio from communication range L.

Таблица 1 / Table 1

Центральная частота полосы $\Delta f^* = 1/3$ октавы, Гц Octave band center $\Delta f^* = 1/3$ , Hz	Уровень в полосе $\Delta f^*$ , раз при дальности связи L, м The level in the band $\Delta f^*$ , times at communication range oL, m		Величина искажения Disturbance value	
	0	35	абсолютного, раз absolute, times	относительного, % relative, %
315	0,157656	0,106721	-0,050935	-32,308
400	0,439081	0,466607	0,027526	6,269
500	0,246210	0,261654	0,015444	6,273
630	0,060293	0,064075	0,003782	6,273
800	0,011280	0,011988	0,000708	6,277
1000	0,011550	0,012275	0,000725	6,277
1250	0,017571	0,018674	0,001103	6,277
1600	0,019662	0,020896	0,001234	6,276
2000	0,011730	0,012465	0,000735	6,266
2500	0,011051	0,011744	0,000693	6,271
3150	0,013914	0,012901	-0,001013	-7,280
Всего/Total	1,0	1,0	0	

**КАЧЕСТВО ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ**

При оценке качества передачи речи в подвижных сетях прежде всего следует учитывать языковую специфику речи [14–18] и влияние дальности связи [19].

На рис.2 представлена зависимость качества передачи речи от дальности связи (расстояния) для аналоговых и цифровых систем [20].

Демонстрируемая зависимость сугубо иллюстративна и отражает качественную сторону вопроса (не приведен критерий оценки качества передачи речи и его значения, не приведены значения расстояния). Действительно, при применении цифровых систем наблюдается порог дальности связи, преодоление которого снижает качество передачи речи до непри-

емлемого уровня. И здесь заслуживают внимания исследования ухудшения качества в зависимости от величины этого порога.

С увеличением дальности начинает искажаться спектральная плотность мощности (СПМ) речевого сообщения. Доли мощности в полосе  $\Delta f^*$  СПМ для полосы 300–3400 Гц и значения абсолютного и относительного ее искажения для центральных частот полосы  $\Delta f^* = 1/3$  октавы при дальности связи L=0 и 35 м представлены в таблице 1 [6]. Данные в ней приведены для стандарта IEEE 802.11 (WI FI). Использовалась реализация речевого сообщения устной речи на русском языке продолжительностью 35 минут в формате wav (wave), с частотой дискретизации 44100 Гц и рав-

номерным квантованием на  $2^{16} = 65536$  уровней.

Искажения СПМ речевого сообщения неизбежно приводят к уменьшению отношения сигнал/шум по мощности ОСШ, дБ.

На рис. 3 для тех же условий приведена зависимость ОСШ от дальности связи L, м.

## ВЫВОДЫ

Увеличение дальности связи при пакетной передаче речи с использованием на канальном уровне технологии стандарта IEEE 802.11, как следует из нашего анализа, приводит к уменьшению отношения сигнал/шум воспроизведения речевого сообщения.

Представляется целесообразным провести отдельные исследования пакетной передачи речи с применением на канальном уровне технологии внедряемого на железнодорожном транспорте стандарта DMR, что позволило бы сделать аналогичные по целям заключения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Современные телекоммуникационные технологии. Моделирование / Под ред. Г. В. Горелова. — М.: МИИТ, 2009. — 161 с.
2. Телекоммуникационные технологии на железнодорожном транспорте / Под ред. Горелова Г. В. — М.: Желдориздат, 1999. — 576 с.
3. Цифровые телекоммуникационные сети / Под ред. Горелова Г. В. — Харьков, 2000. — 216 с.
4. Горелов Г. В., Чуриков В. Н., Ваванов К. Ю. Радиосети передачи данных в тоннелях с использованием излучающих кабелей // Проектирование и технология электронных средств. — 2009. — № 4. — С. 52–56.
5. Горелов Г. В., Ромашкова О. Н., Казанский Н. А. Многофункциональная единая цифровая сеть связи (МЦСС) для городской транспортной системы // Наука и техника транспорта. — 2003. — № 4. — С. 18–29.
6. Горелов Г. В., Ромашкова О. Н., Житнов А. А. Искажения энергетического спектра речевого сообщения при использовании технологии VOICE OVER WI FI // Телекоммуникации. — 2011. — № 1. — С. 10–12.
7. Горелов Г. В., Житнов А. А., Вин Хан. Пакетная передача речи с использованием динамической бес-

проводной сети AD-HOC NETWORK стандарта 802.11 // Проектирование и технология электронных средств. — 2011. — № 3. — С. 24–25.

8. Горелов Г. В., Казанский Н. А., Лукова О. Н. Оценка качества различных методов восстановления речи в цифровых сетях с коммутацией пакетов речи и данных // Автоматика и вычислительная техника. — 1993. — № 4. — С. 11–14.

9. Горелов Г. В., Ромашкова О. Н. Оценка качества обслуживания в сетях с пакетной передачей речи и данных // Вестник РУДН. Серия «Прикладная и компьютерная математика». Т. 2. — 2003. — № 1. — С. 23–31.

10. Горелов Г. В., Венедиктов М. Д., Шалимов И. А. Компьютерная телефония в вопросах и ответах. Учебное пособие. — М.: МИИТ, 2009. — 124 с.

11. Горелов Г. В., Ромашкова О. Н., Чан Туан Ань. Качество управления речевым трафиком в телекоммуникационных сетях / Под ред. Г. В. Горелова. — М.: Радио и связь, 2001. — 215 с.

12. Горелов Г. В., Пчелищев А. В. Анализ кодеков G.711 с использованием распределения Парето длительности интервалов в потоке отсчетов // Телекоммуникации. — 2003. — № 5. — С. 7.

13. Горелов Г. В., Чуриков В. Н., Ваванов К. Ю. Имитационные оценки качества речепреобразования низкоскоростного кодека // Проектирование и технология электронных средств. — 2009. — № 3. — С. 62–64.

14. Горелов Г. В., Бахтиярова Е. А. Вероятностные характеристики сообщения устной казахской речи // Телекоммуникации. — 2007. — № 9. — С. 8–10.

15. Gorelov Georgy V., Romashkova Oksana N. Influence of Russian, Spanish and Vietnamese speech characteristics on digital information transmission quality. Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE'96. Part 1 (of 2). (Sponsors: IEEE, Warsaw University of Technology). Warsaw, Poland, 1996. — С. 311–313.

16. Горелов Г. В., Бахтиярова Е. А., Карпов А. В. Вероятностные характеристики речевого трафика // Мир транспорта. — 2007. — № 1. — С. 22–25.

17. Горелов Г. В., Ромашкова О. Н., Горелов Г. В., Житнов А. А., Вин Хан. Спектральная плотность мощности и корреляционная функция сообщения устной мьянманской речи // Проектирование и технология электронных средств. — 2010. — № 3. — С. 49–51.

18. Горелов Г. В., Житнов А. А., Вин Хан. Сопоставление оценок энергетического спектра устной русской и мьянманской речи // Телекоммуникации. — 2010. — № 8. — С. 8–11.

19. Горелов Г. В., Вин Хан, Житнов А. А. Мощность речевого сопровождения. Проверка расстоянием // Мир транспорта. — 2010. — № 3. — С. 46–49.

20. Чивилев С. В. DMR — новый стандарт радиосвязи // Специальная техника. — 2008. — № 2. — С. 72–73. ●

## PACKET VOICE TRANSMISSION IN MOBILE NETWORKS

**Gorelov, Georgiy V.** — D. Sc. (Tech.), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Kleptsov, Gleb I.** — Ph. D. student of the department of rail transport automation, remote control and communication of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Popov, Ivan L.** — 5th year student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

### ABSTRACT

In the article the authors represent problems and resources of packet voice transmission in mobile networks on rail transport. It is proposed to extend the

research methods of transmission quality by using the data link layer of IEEE 802.11 standard for analysis of systems introduced in railways with DMR standard.

