

# ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЮ ЦИФРОВЫХ РАДИОСИСТЕМ МНОГОСТАНЦИОННОГО ДОСТУПА С ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ МАЛОЙ ШИРИНОЙ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ КАНАЛОВ (технология 6.25 кГц FDMA)

## ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Технология 6.25 кГц FDMA\* изначально была разработана с целью удовлетворить новым правилам Федеральной комиссии по связи США (FCC), выпущенным после их пересмотра в 1995 г. Этими правилами предусмотрено, что все радиостанции диапазонов 150-174 МГц и 421-512 МГц, подлежащие сертификации с 1 января 2005 г., должны содержать каналы с шириной полосы 6.25 кГц, а также обеспечивать один речевой канал в каждом канале шириной 6.25 кГц. Однако, вследствие обращений производящих компаний, в том числе – компании Motorola, проведение этих требований в жизнь было отложено.

Тем не менее, существует несколько предпосылок тому, чтобы технология 6.25 кГц FDMA так или иначе была разработана:

- чтобы удовлетворить требованиям FCC, когда они станут обязательными,
- чтобы реализовать стремление к увеличению эффективности использования спектра частот,
- чтобы улучшить соотношение «стоимость / эффективность» и преодолеть сложности, возникающие на пути перехода к цифровым средствам радиосвязи,
- чтобы убедиться в том, что технология 6.25 кГц FDMA не является неосуществимой.

## ПРИМЕРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОПЛОЩЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Стандарт (система)	ARCO P25	Tetra	TetraPol	DMR <sup>2</sup>	dPMR <sup>4</sup>
Тип стандарта	Открытый	Открытый	см.под табл. <sup>1</sup>	Открытый	Открытый
Тип системы	Цифровая	Цифровая	Цифровая	Цифровая	Цифровая
FDMA* / TDMA**	FDMA	TDMA	FDMA	TDMA	FDMA
обычн./транкингов.	доступны обе	транкинговая	транкинговая	предусм.обе <sup>3</sup>	обычная
Диапазон частот	VHF/UHF/800	UHF/800	UHF	VHF/UHF	UHF <sup>5</sup>
Ширина полосы канала (кГц)	25/12,5	25	12,5/10	12,5/25	6,25

- 1- техническая документация открыта для всех производителей
- 2- компания Motorola экспортирует изделия DMR в страны Европейского союза под брендом Mototrbo
- 3- транкинговые возможности пока еще не доступны, функционирования таких средств можно ожидать в будущем
- 4- dPMR соответствует понятию безлицензионных средств dPMR446, доступны также обычные лицензируемые изделия с полосой 6.25 кГц
- 5- для работы в диапазонах VHF и UHF доступны современные обычные лицензируемые средства FDMA PMR с полосой 6.25 кГц.

\* FDMA (Frequency-Division Multiple Access) – многостанционный доступ с частотным разделением каналов.

\*\* TDMA (Time-Division Multiple Access) – многостанционный доступ с временным разделением каналов.

## СРАВНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗОН ОБСЛУЖИВАНИЯ

Сравнение размеров зон обслуживания, обеспечиваемых различными радиосистемами, возможно на основе учета многих влияющих факторов (излучаемая энергия, высота подъема антенн, географическое местоположение средств, конструктивные особенности средств и систем, и т.д.). Настоящее рассмотрение этого вопроса основано на общепринятой методологии рыночных оценок каждой из систем.

**APCO P25 (FDMA):** размер зоны обслуживания сопоставим с размером зоны, покрываемой системой на базе аналоговых средств с частотной модуляцией. APCO P25 относится к классу систем с широкой зоной обслуживания и способна удовлетворить требованиям государств с обширной территорией, таких, например, как США и Австралия.

**Tetrapol (FDMA):** относится к этому же классу систем.

**dPMR (FDMA):** первые испытания показали сопоставимость с зоной обслуживания аналоговых систем, что позволяет отнести ее к классу систем с широкой зоной обслуживания.

**Tetra (TDMA):** для обеспечения зоны обслуживания, характерной для APCO P25 или Tetrapol, требуется в 1.2 – 1.5 раза большее количество базовых станций. Эта система больше подходит для городов с плотной застройкой. Известны факты, когда недостаточный размер зоны обслуживания Tetra создавал проблемы, например, полицейские в Великобритании вынуждены дополнительно иметь при себе аналоговые радиостанции, чтобы использовать их в случае выхода из зоны обслуживания Tetra.

**DMR (TDMA):** сравнение провести невозможно, так как соответствующие изделия пока не созданы. Ввиду того факта, что зона обслуживания Tetra не сопоставима с зоной APCO P25 или Tetrapol (т.е. системы FDMA в данном случае имеют преимущество), возникает особый интерес к выяснению реальных характеристик системы DMR.

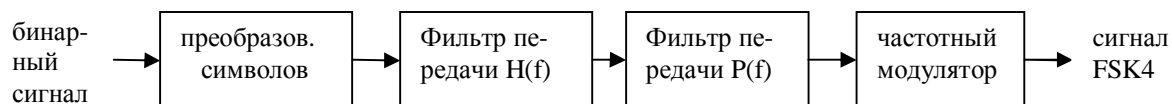
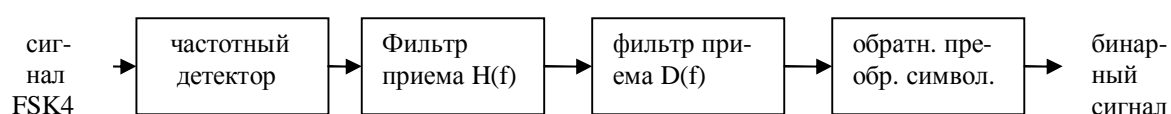
## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ, СОЗДАНЫХ ПО ТЕХНОЛОГИЯМ FDMA И TDMA

**Замечание:** все относящееся к технологии TDMA в данном рассмотрении связано с европейским протоколом DMR standard/Mototrbo.

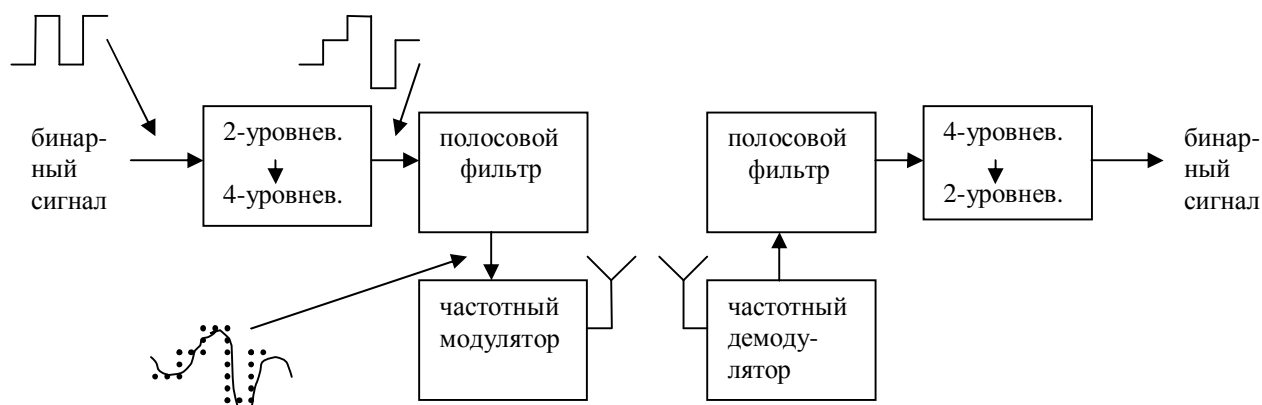
Наименование	FDMA	TDMA (DMR)
Разнос каналов	6.25 кГц <sup>1</sup>	12.5 кГц
Метод организации доступа	FDMA	TDMA
Скорость передачи данных	4800 бит/с	4800 бит/с <sup>2</sup>
Вид модуляции	4-уровневая FSK	4-уровневая FSK
Вокодер	AMBE+2 <sup>TM</sup>	AMBE+2 <sup>TM</sup>
Быстродействие кодека	3600 бит/с	3600 бит/с

1- при необходимости доступен разнос 12.5 / 25 кГц

2- 4800 бит/с в каждом временном интервале

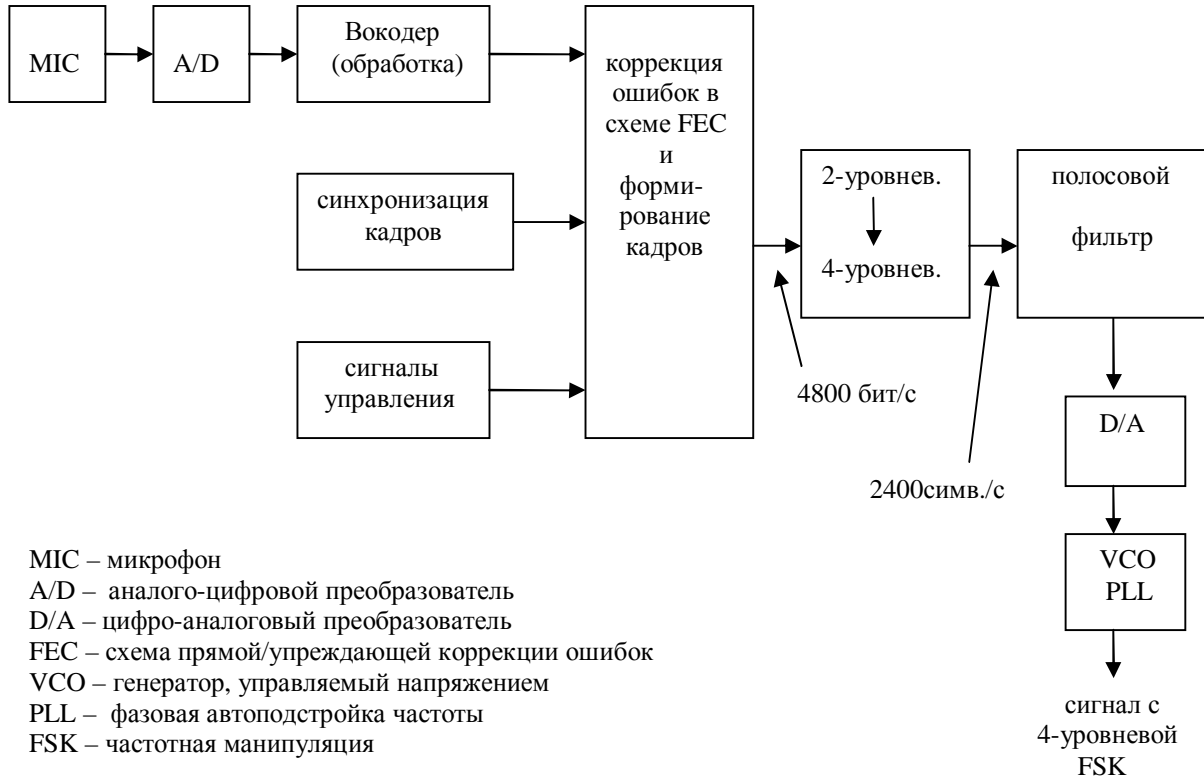
**ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ FDMA****Модулятор****Демодулятор****Структура приемника и передатчика.**

Структура приемника и передатчика позаимствована у существующих моделей радиостанций с ЧМ, а частотная полоса на передачу изменена в соответствии с требованиями цифровых систем. Полоса после частотного детектора также изменена с учетом этих требований.



**Схема передающего тракта**

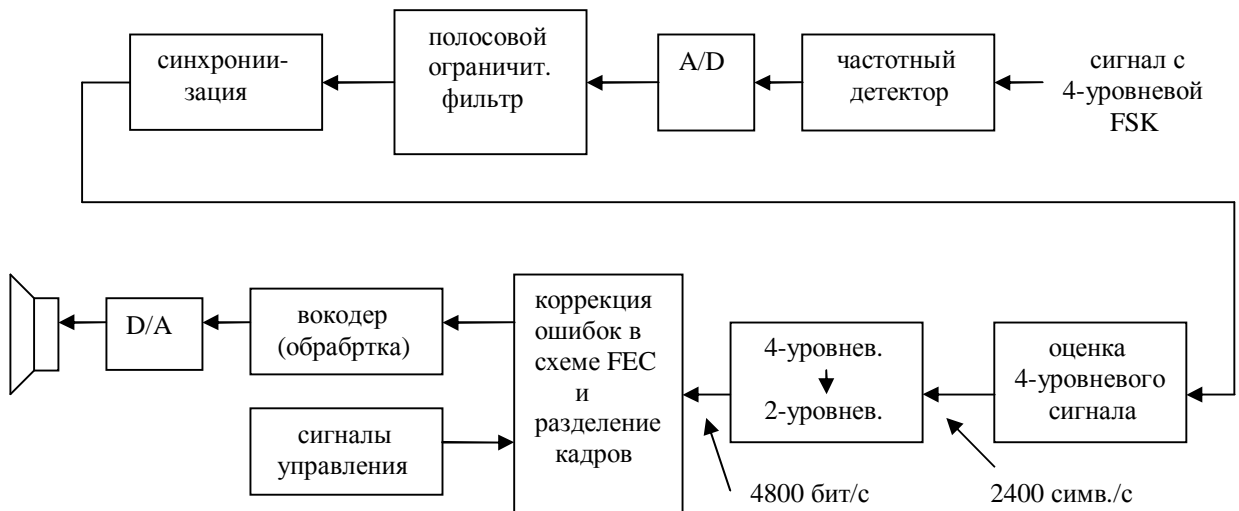
Цифровая обработка сигналов осуществляется начиная с выхода микрофона до выхода цифро-аналогового преобразователя.



- MIC – микрофон
- A/D – аналого-цифровой преобразователь
- D/A – цифро-аналоговый преобразователь
- FEC – схема прямой/упреждающей коррекции ошибок
- VCO – генератор, управляемый напряжением
- PLL – фазовая автоподстройка частоты
- FSK – частотная манипуляция

**Схема приемного тракта**

Цифровая обработка сигнала осуществляется, начиная с выхода частотного детектора до входа громкоговорителя.



**Общий радиointерфейс**

Common Air Interface (CAI) – интерфейс транкинговых систем, разработанных ассоциацией APCO в рамках стандарта APCO 25. Представленная ниже диаграмма характеризует структуру данных в общем интерфейсе.

Область синхронизации данных	Область управления	Область речевой информации
------------------------------	--------------------	----------------------------

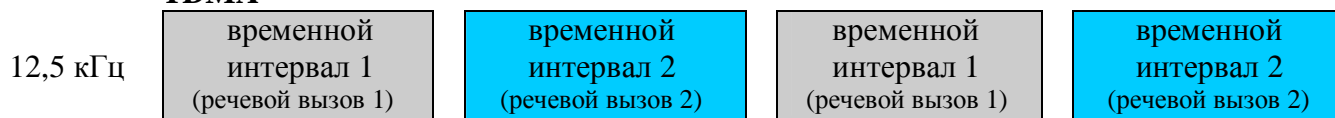
В структуру могут быть включены также пользовательские данные. Транспортировка данных производится совместно с речевой информацией.

**Сопоставление аналоговых и цифровых радиосредств**

	2×6.25 кГц цифровые каналы				
- 4800 бит/с	2450 бит/с речь	2450 бит/с речь	речевая информация или данные: 3600 (бит/с)/канал В сумме: 4800 (бит/с)/канал		
- совместная передача речи и данных (небольшая скорость)	1150 бит/с коррекция ошибок	1150 бит/с коррекция ошибок			
- данные GPS в речевом канале	1200 бит/с сигнализация	1200 бит/с сигнализация			
- отсутствуют модемы данных					
	<table border="1" style="width: 100%; height: 60px;"> <tr> <td style="text-align: center;">речь</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; background-color: #00FF00;">сигнализация</td> </tr> </table>		речь	сигнализация	
речь					
сигнализация					
	12,5 кГц аналоговый канал				

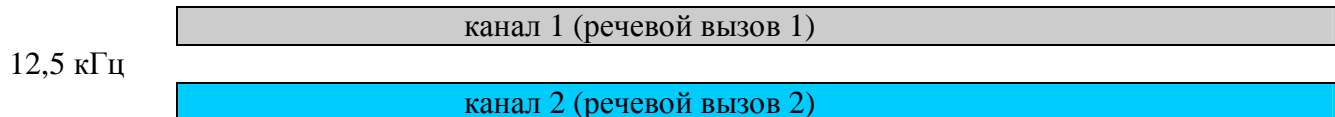
Приведенные ниже диаграммы для методов FDMA и TDMA показывают, как достигается удвоение пропускной способности речевого канала 12,5 кГц в том и другом случаях.

**TDMA**



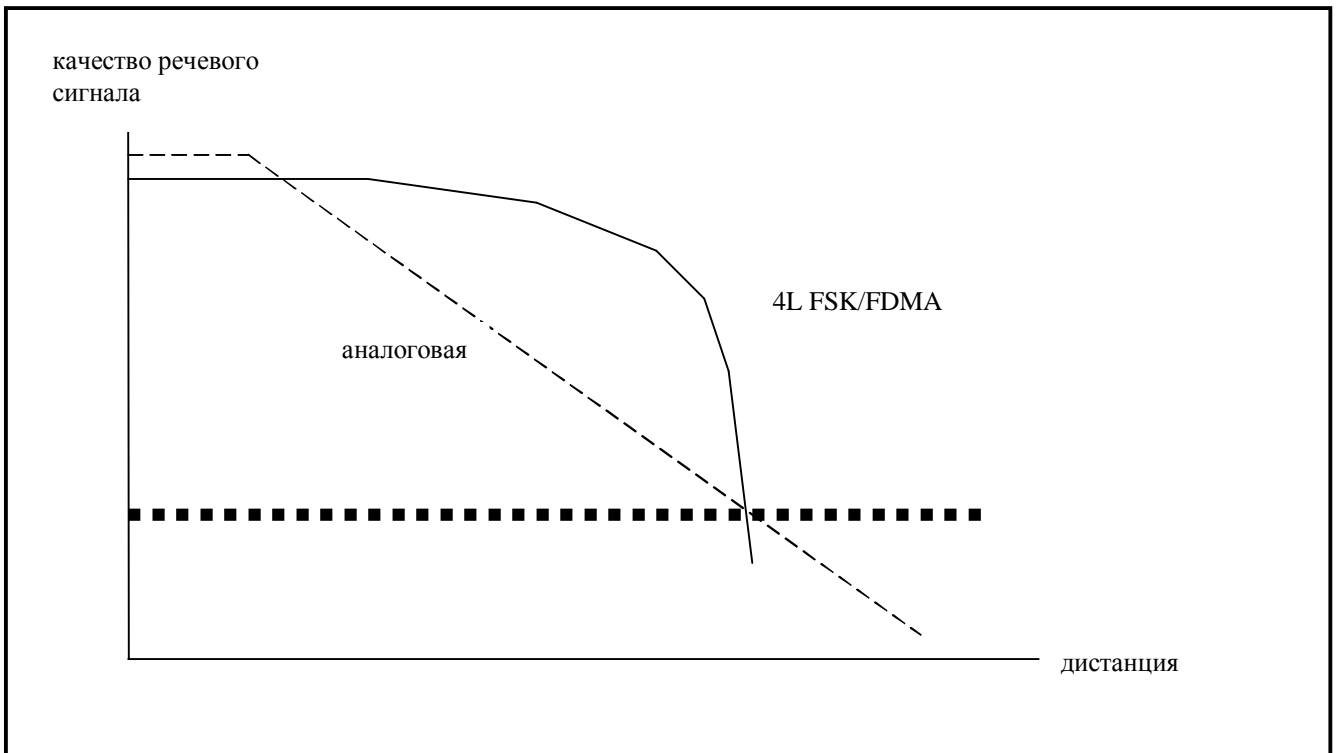
Удвоения пропускной способности в методе TDMA можно достичь при соответствующих характеристиках ретранслятора.

**FDMA**



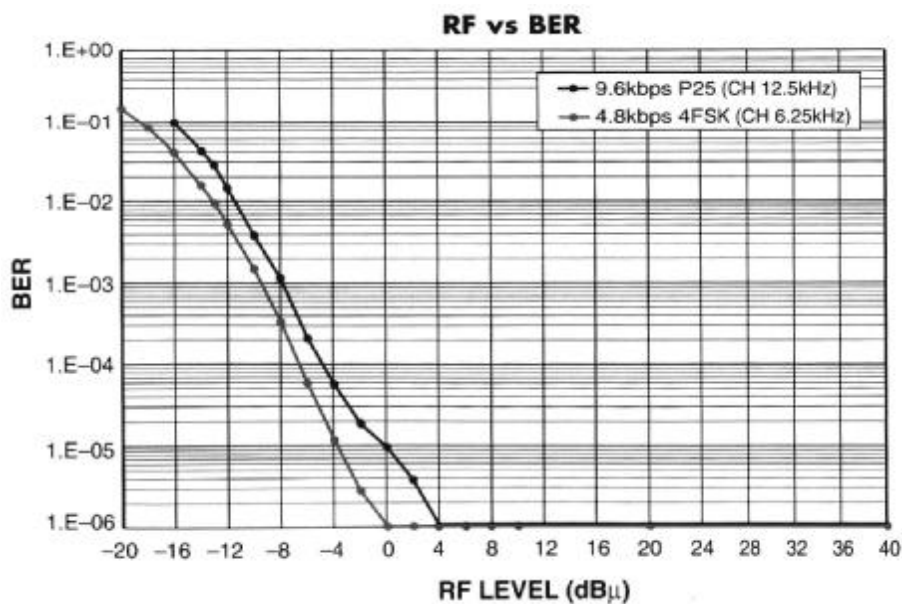
Метод FDMA по сути своей обеспечивает удвоение пропускной способности в канале 12,5 кГц.

**Сопоставление размеров зоны обслуживания в аналоговых и цифровых радиосистемах.**  
 Метод FDMA позволяет достичь аналогичных (или даже лучших) размеров зоны обслуживания при речевой связи по сравнению с аналоговыми радиосистемами на одной и той же дистанции.



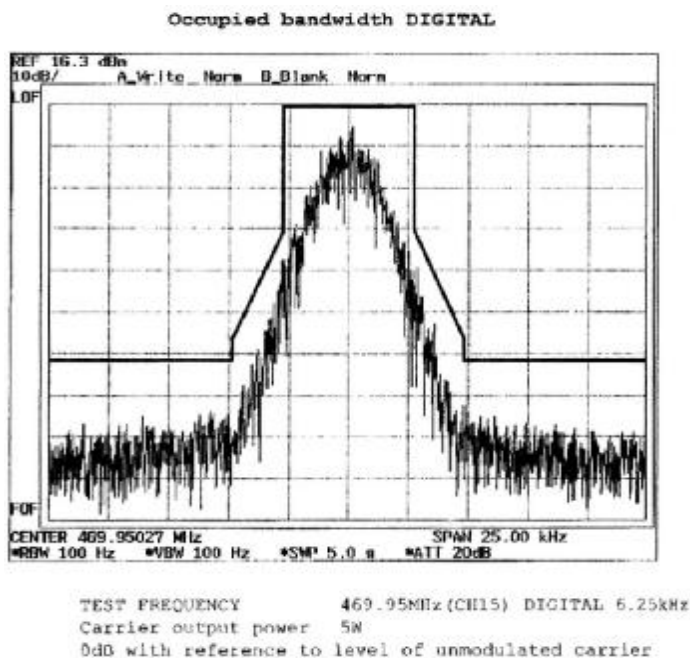
**Частота появления ошибок по битам (BER)**

Характеристика BER в методе 6,25 кГц FDMA лучше, чем в APCO P25, который уже принят в качестве стандарта. О соответствующей характеристике в методе TDMA данных нет.

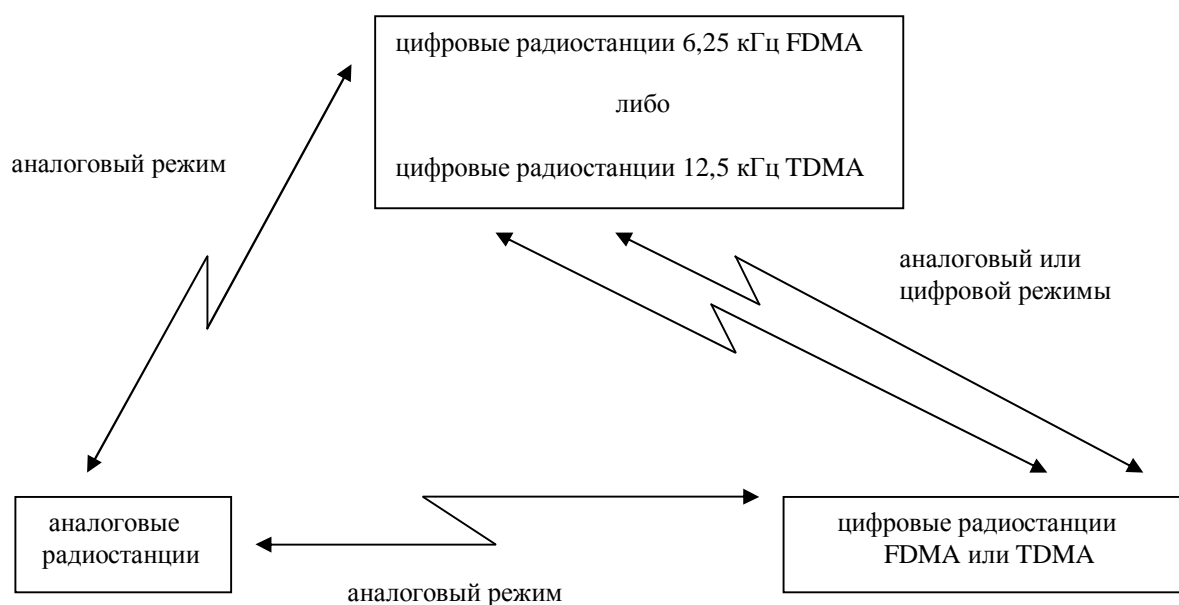


**Ослабление внеполосного излучения**

Экспериментальная характеристика излучения при методе 6,25 кГц FDMA показывает, что сигнал с точки зрения уровня внеполосного излучения удовлетворяет требованиям FCC.

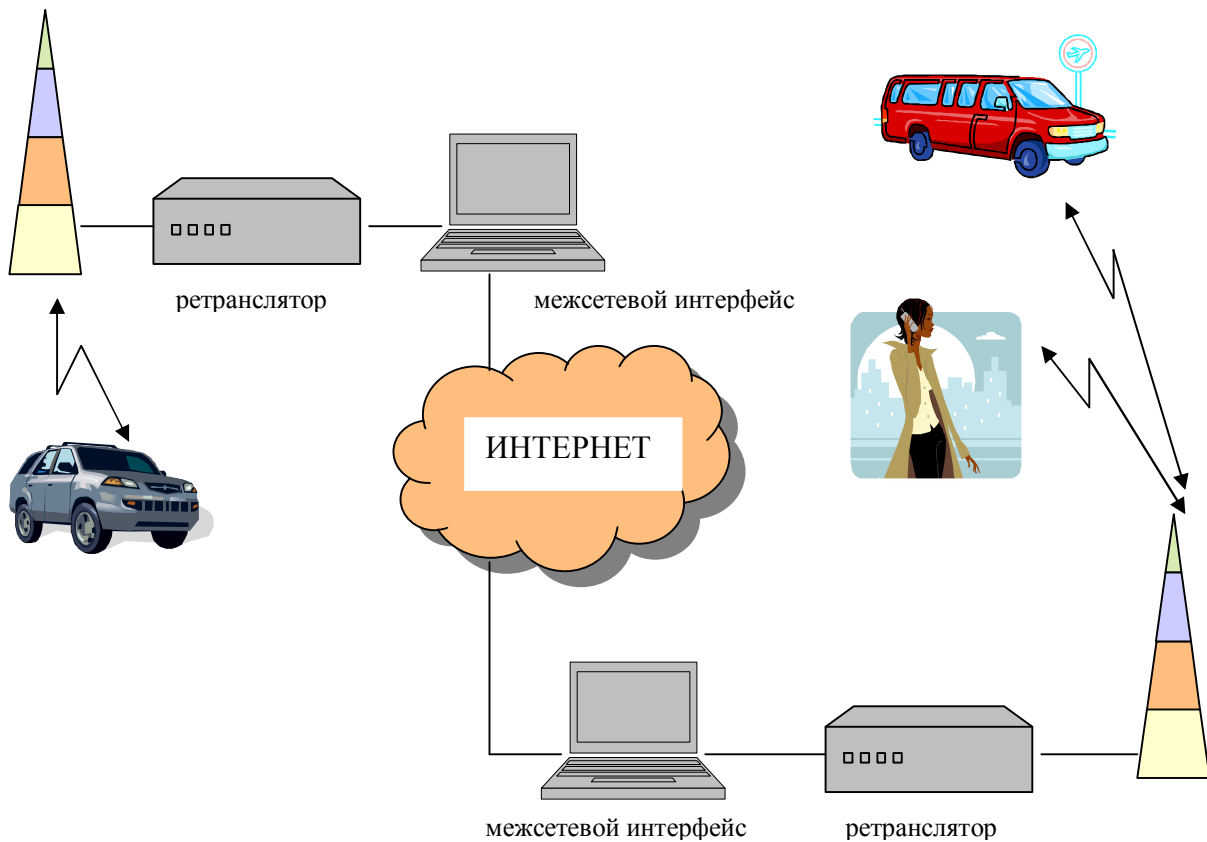
**Совместимость с предшествующими системами**

Оба типа радиосистем (т.е. аналоговые с ЧМ и цифровые) обеспечивают совместимость с действующими аналоговыми системами. Системы, создаваемые по методу TDMA требуют более высокой степени линейности приемного тракта, что ведет к увеличению стоимости разработки радиосредств по сравнению с методом FDMA. Используемые в нем радиосредства разрабатываются на базе аналоговых ЧМ радиостанций. Приведенная ниже диаграмма показывает совместимость как FDMA так и TDMA с предшествующими радиосистемами. Причем, сами системы FDMA и TDMA несовместимы.

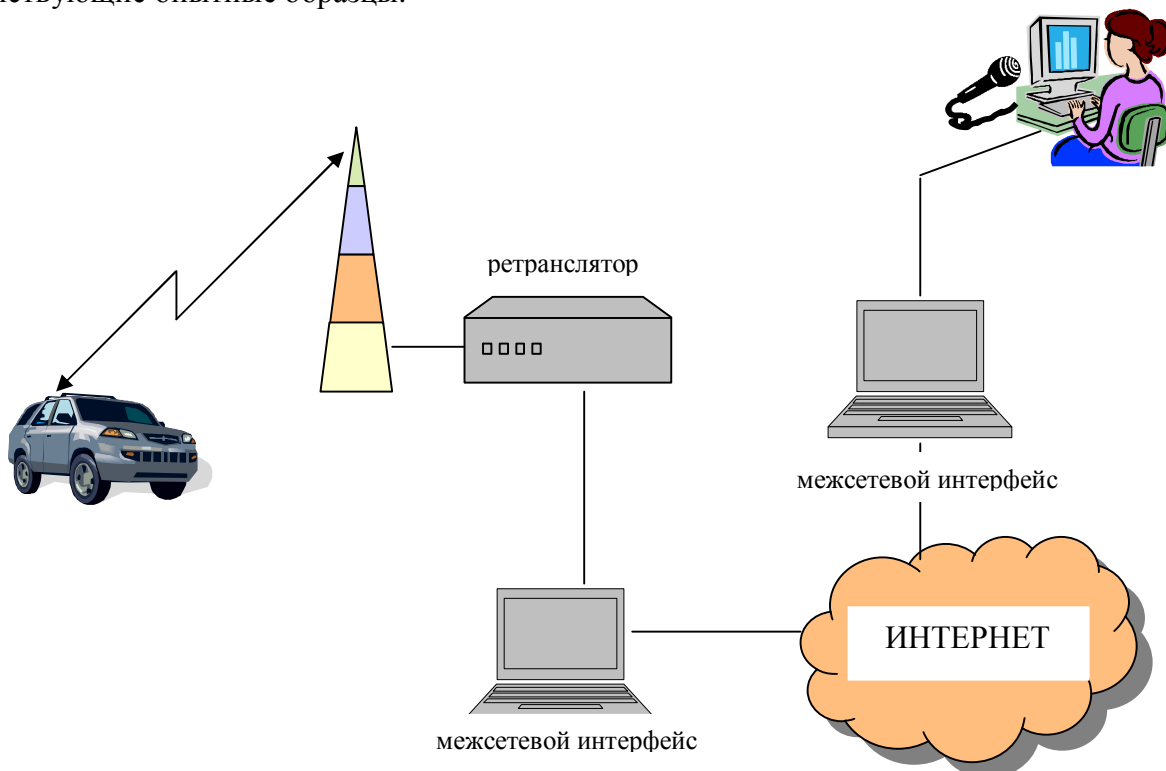


**Возможности систем будущего**

На нижеприведенной диаграмме показан пример многобазовой системы. В настоящее время создаются действующие опытные образцы.



Представленная ниже диаграмма показывает интегрированную компьютерную систему с использованием технологии передачи речи с помощью IP протокола (VoIP). Создаются действующие опытные образцы.





## **РАЗРАБОТКА РАДИОСТАНЦИЙ В ИНТЕРЕСАХ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ 6,25 кГц FDMA**

На сегодняшний день уже созданы соответствующие радиосредства и предлагаются на различных мировых рынках:

### **в Европе**

уже доступна безлицензионная носимая радиостанция dPMR446, удовлетворяющая требованиям технологии 6,25 кГц FDMA. Доступна также лицензируемая радиостанция, находящаяся на рассмотрении местных администраций (используются только каналы 12,5 кГц).

### **в США**

на рассмотрении комиссии FCC находится лицензируемая LMR радиостанция 6,25 кГц FDMA (мобильная / носимая). В ближайшее время ожидается завершение этапа выделения частот.

### **в Японии**

доступна цифровая система на базе безлицензионных LPD радиосредств, поддерживающих технологию 6,25 кГц FDMA. Узкополосные средства диапазона UHF появятся в ближайшем будущем.

### **В России**

Фирмой Сайком осуществляются поставки радиостанций с поддержкой цифрового режима. Наибольшей популярностью пользуется модель IC-4029SDR.

## **РАДИОСТАНЦИИ, ПОДДЕРЖИВАЮЩИЕ ЦИФРОВУЮ ТЕХНОЛОГИЮ 6,25 кГц**

**IC-F3063T/S (VHF) и IC-F4063T/S (UHF) – современные носимые радиостанции японской корпорации ICOM**

### **Технические характеристики и функциональные возможности**

- LTR / обычная система / цифровая 6,25 кГц\*
- многорежимность:
  - LMR (2-тоновая), LMR (LTR), LMR (цифровая)
  - PMR (5-тоновая / DTMF), PMR BIIS
- 512 каналов
- 128 зон
- возможность работы в обычном аналоговом режиме
- работа в цифровом режиме:
  - 63 номера радиодоступа
  - функция АОН ( пока только числовая)
  - 250 идентификаторов группы с буквенной меткой идентификации
  - 32 буквенно-числовых статусных сообщений в режимах приема и передачи
  - возможность организации смешанного режима работы

---

\*дополнительно требуется установка цифрового модуля UT-119H

**IC-F5061 (VHF) и IC-F6061 (UHF) – современные мобильные радиостанции японской корпорации ICOM**

### **Технические характеристики и функциональные возможности**

- LTR / обычная система / цифровая 6,25 кГц\*

- многорежимность:
  - LMR (2-тоновая), LMR (LTR), LMR (цифровая)
  - PMR (5-тоновая / DTMF), PMR VIIS, MDC 1200
- 512 каналов
- 128 зон
- возможность работы в обычном аналоговом режиме
- работа в цифровом режиме:
  - 63 номера радиодоступа
  - функция АОН ( пока только числовая)
  - 250 идентификаторов группы с буквенной меткой идентификации
  - 32 буквенно-числовых статусных сообщений в режимах приема и передачи
  - возможность организации смешанного режима работы

---

\*дополнительно требуется установка цифрового модуля UT-119Н

**IC-FR5000 (VHF) и IC-FR6000 (UHF) – перспективные ретрансляторы японской корпорации ICOM (планируемый срок начала выпуска – конец 2007 г.)**

**Ожидаемые характеристики и функциональные возможности**

- версии с выходной мощностью 25 Вт и 50 Вт
- возможность работы в обычном аналоговом режиме
- работа в цифровом режиме 6,25 кГц\*
- высокая стабильность частоты ( $10^{-6}$  в диапазоне VHF и  $0,5 \times 10^{-6}$  в диапазоне UHF)
- широкий диапазон рабочих частот (версии на 136-174 МГц, 400-470 МГц, 450-520 МГц)
- возможность установки в стандартную стойку 19"
- улучшенная организация АСС- портов для более удобного сопряжения ретранслятора с транкинговыми контроллерами ( LTR, Passport, SmartTrunk и т.д.), а также с прочими внешними устройствами
- возможность сопряжения с контроллерами будущих цифровых транкинговых систем

---

\*дополнительно требуется установка цифрового модуля UT-119Н

© 2007. Подготовлено фирмой Сайком по материалам Icom Inc.  
При размещении статьи ссылка на [www.sicom.ru](http://www.sicom.ru) обязательна!