

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ DMR РАДИОСВЯЗИ

Запариванный А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Герасимов А.С.

Аннотация. В данной работе прослеживается путь становления стандарта Digital Mobile Radio (DMR) от первых спецификаций ETSI до современных транкинговых систем. Рассматриваются технические особенности технологии TDMA, обеспечивающей два логических канала в одной полосе частот, и этапы эволюции уровней Tier I, II и III.

Истоки стандарта DMR восходят к 1990-м годам, когда на рынке профессиональной радиосвязи стала очевидна необходимость унификации цифровых технологий для малых и средних предприятий. Аналоговые системы уже не справлялись с растущими требованиями по качеству связи и эффективности спектра. В этот период формировались фундаментальные принципы DMR — использование TDMA, цифровое кодирование голоса и базовые протоколы управления вызовами.

Стандарт Digital Mobile Radio (DMR), утвержденный ETSI в 2005 году, стал ответом на острую нехватку радиочастотного спектра и необходимость перехода от устаревающих аналоговых систем к цифровым. Сегодня это не просто протокол двусторонней голосовой связи, а комплексная мультисервисная платформа. Цель доклада — проанализировать историческую трансформацию архитектуры DMR-сетей и рассмотреть векторы их интеграции в современные ИТ-инфраструктуры.[1]

Историческим прорывом DMR стало внедрение технологии временного разделения каналов (TDMA). Организация двух независимых тайм-слотов на одной частоте шириной 12,5 кГц позволила удвоить абонентскую емкость сети без выделения новых номиналов частот, одновременно существенно снизив энергопотребление абонентских терминалов.

В первые годы развития DMR основное внимание уделялось созданию простых и доступных цифровых устройств, способных заменить аналоговые радиостанции с улучшенным качеством звука и повышенной эффективностью использования спектра.

Начальный уровень стандарта DMR — Tier I, он представляет собой простейшее применение технологии, ориентированное на локальную, персональную и маломасштабную радиосвязь. Tier I предназначен для работы в не лицензируемом диапазоне частот и не требует использования ретрансляторов или инфраструктуры базовых станций. В этом режиме устройства функционируют в режиме «точка-точка» или «точка-многоточка» на ограниченном радиусе действия, обеспечивая базовую цифровую голосовую связь и низкую сложность эксплуатации.

Развитие стандарта характеризуется последовательным усложнением сетевой архитектуры:

Tier II (Конвенциональные сети): Переход к использованию ретрансляторов и технологии IP Site Connect. Объединение базовых станций по IP-каналам стерло географические границы радиовидимости, позволив строить распределенные региональные сети. Компании начали массово внедрять Tier II-конвенциональные сети с ретрансляторами и IP Site Connect, что позволило строить распределенные сети с расширенным радиусом действия. Это был важный этап, поскольку он позволил перейти от локальной связи к региональной, интегрированной через IP-инфраструктуру.

Tier III (Транкинговые системы): Внедрение выделенного канала управления (Control Channel) обеспечило динамическое и автоматическое распределение радиоресурсов, что стало обязательным стандартом для крупных промышленных и ведомственных сетей с высокой плотностью абонентов.[2]

Драйвером эволюции DMR стало технологическое соревнование и сотрудничество ведущих вендоров (Motorola Solutions, Hytera и др.). Разработка ими проприетарных расширений — продвинутых алгоритмов роутинга, диспетчеризации и шифрования — сформировала современный облик стандарта, сохранив при этом необходимую межоборудованную совместимость на базовом уровне.

Параллельно с сетевой архитектурой развивалось конечное оборудование. Современный этап требует узкоспециализированных решений: от высокопроизводительных базовых станций до защищенных терминалов (таких как радиостанции серии «Клён» и их аналоги). Фокус сместился на отказоустойчивость, поддержку сложных криптографических протоколов и возможность кастомизации под конкретные задачи заказчика.

Значительным этапом в истории развития DMR стало формирование мощных аппаратно-программных экосистем вокруг решений ведущих производителей. Конкурентная борьба таких гигантов, как Motorola и Hytera, исторически стимулировала быстрое расширение базового стандарта за счет дополнительных функций — от передачи телеметрии до сложных систем диспетчеризации. Однако не менее важным вектором эволюции стала возможность разработки на базе открытого стандарта DMR специализированных, криптографически защищенных платформ. Ярким примером такого развития является создание локализованных линеек оборудования — профессиональных

радиостанций серии «Клён». Появление подобных устройств продемонстрировало, что гибкая архитектура DMR позволяет проектировать высокозащищенные узлы связи, полностью адаптированные под строгие региональные стандарты информационной безопасности, сохраняя при этом все фундаментальные преимущества технологии TDMA.[3]

Основным преимуществом цифрового сигнала от аналогового сигнала является то, что цифровой обработанный сигнал останется четким до тех пор, пока сигнал не будет потерян, в то время как аналоговый сигнал теряет свое качество и разборчивость по мере уменьшения его мощности. Основное отличие в поведении сигналов при снижении мощности заключается в том, что аналоговый сигнал деградирует постепенно, а цифровой — сохраняет качество до резкого обрыва. Цифровой сигнал кодирует информацию в виде дискретных значений (обычно 0 и 1). Благодаря этому цифровой сигнал устойчив к шумам и искажениям: пока уровень сигнала остается выше определенного порога, данные могут быть восстановлены без потерь, что представлено на рисунке 1 [4]

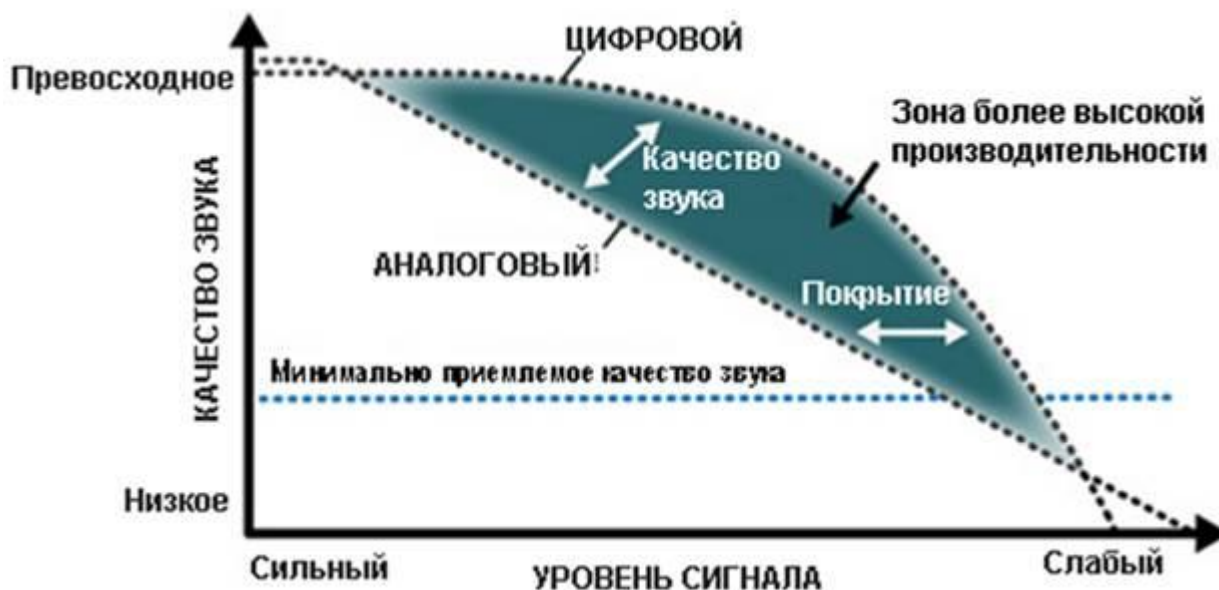


Рисунок 1 — Расширение зоны качественной связи в DMR по сравнению с аналоговыми системами радиосвязи.

Продолжая тему истории развития DMR-сетей радиосвязи, стоит отметить, что с течением времени требования к системам связи значительно выросли, что стимулировало дальнейшее совершенствование стандарта. В частности, с развитием мобильных и корпоративных коммуникаций появилась необходимость интеграции DMR с современными информационными технологиями и сетями передачи данных. Это привело к появлению гибридных решений, сочетающих традиционную радиосвязь с IP-технологиями, что расширило функциональные возможности систем и повысило их масштабируемость.

Важным этапом стало внедрение поддержки передачи данных в реальном времени, включая текстовые сообщения, геолокацию и телеметрию. Эти функции позволили использовать DMR не только для голосовой связи, но и для комплексного мониторинга и управления объектами, что особенно актуально для промышленных и муниципальных служб. Кроме того, развитие криптографических методов защиты информации стало ключевым направлением. С ростом угроз информационной безопасности производители начали активно внедрять в DMR-оборудование современные алгоритмы шифрования и аутентификации, что обеспечило высокий уровень конфиденциальности и устойчивости к внешним воздействиям.

Исторический путь узкополосного стандарта DMR сегодня пересекается с широкополосными сетями (LTE/5G). Внедрение гибридных терминалов и PoC-решений, а также использование радиосети как надежного транспортного уровня для интернета вещей и систем телеметрии определяют будущее профессиональной радиосвязи. Развитие сетей DMR демонстрирует пример исключительно успешной и гибкой стандартизации. Начав с решения базовой физической проблемы нехватки частот, архитектура стандарта эволюционировала до уровня глобальных транкинговых систем, способных бесшовно интегрироваться в единую цифровую среду.

**Список использованных источников:**

1. TS 102 361-1. Digital Mobile Radio (DMR) Systems. – ETSI, 2005. – 121 p.
2. Стандарты и технологии подвижной радиосвязи / Ю.А. Громаков. – М. : Эко-Трендз, 2009. – 232 с.
3. Современное состояние стандарта DMR / А.В. Смирнов [и др.] // Вестник связи, 2018. – С. 15-20.
4. DIGITAL MOBILE RADIO THE VERY BASICS / John 'Miklor', 2018. – 4 с.