

Конвергентные сети связи нового поколения: архитектурные принципы и реализация глубокой интеграции ППР и LTE

А.Ю.Перепилицын, главный инженер проекта, заместитель начальника отдела инженерной поддержки продаж "ЛЕО ТЕЛЕКОМ" / a.perepilitsyn@leo.ru

УДК 621.396.2, DOI: 10.22184/2070-8963.2025.130.6.18.21



Рассматриваются современные подходы к построению конвергентных сетей связи, объединяющих надежность традиционных систем профессиональной подвижной радиосвязи и широкополосные возможности технологий LTE/5G. На примере решений компании Hytera анализируются архитектурные особенности, механизмы сквозной интеграции и практические аспекты внедрения таких систем на промышленных предприятиях. Особое внимание уделяется технологическим аспектам совмещения разнородных сетей, обеспечения беспрерывной связи и создания единого коммуникационного пространства для критически важных служб.

Введение

Цифровая трансформация промышленности предъявляет новые требования к телекоммуникационной инфраструктуре. Запросы заказчиков эволюционируют от простой голосовой связи к комплексным решениям, включающим видеонаблюдение с аналитикой, телеметрию, автоматизацию технологических процессов и концепцию "цифрового сотрудника". Однако на многих предприятиях уже развернуты и успешно

эксплуатируются узкополосные системы профессиональной подвижной радиосвязи (ППР, в англоязычной литературе PMR) – TETRA, DMR, – представляющие собой "золотой стандарт" надежной оперативной связи. "ЛЕО ТЕЛЕКОМ", как современный системный интегратор, давно определил для себя задачу не заменять, а органично дополнять и объединять эти системы в единую, унифицированную среду. Таким решением являются конвергентные сети на базе оборудования

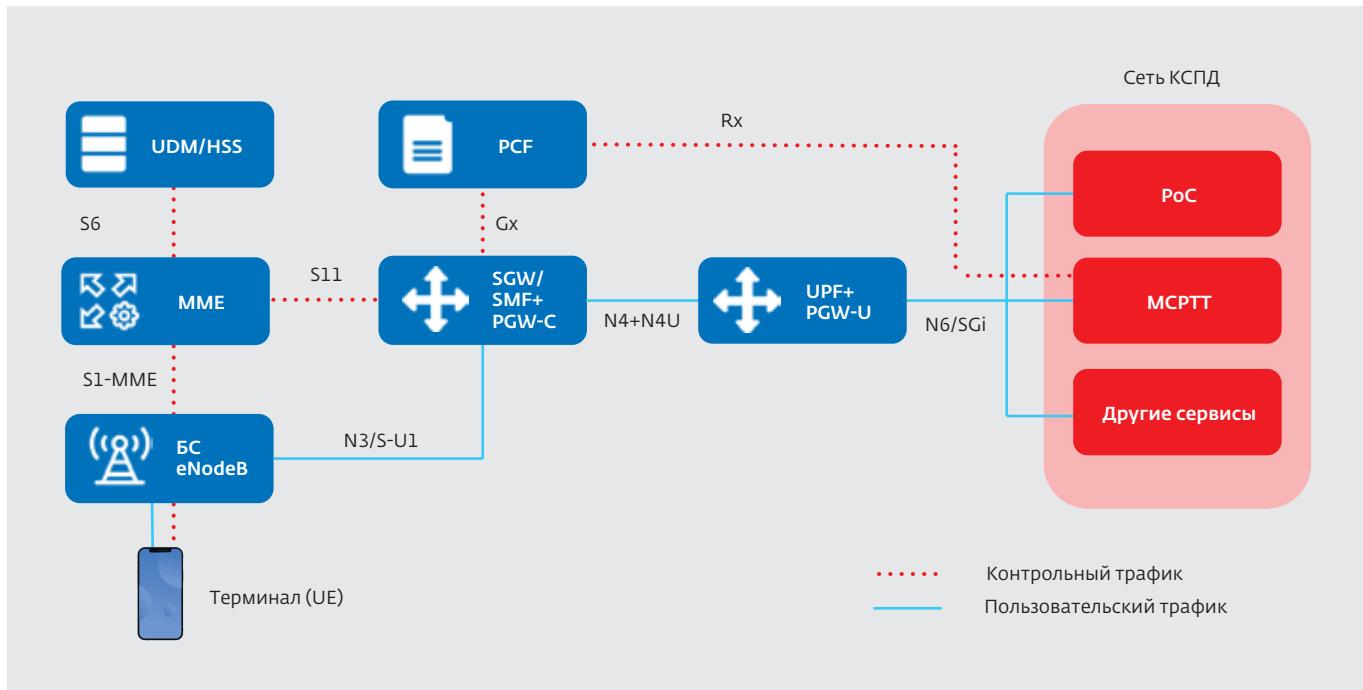


Рис.1. Топология EPC

Нутера, которое мы используем в своих проектах начиная с 2013 года.

Компания Hytera, являясь признанным лидером рынка профессиональной связи, разработала комплексный архитектурный подход к глубокой интеграции различных технологий связи в единую инфраструктуру. Предлагаемое решение позволяет преодолеть традиционное противопоставление "надежность ППР против скорости LTE", обеспечивая синергетический эффект от использования преимуществ обеих технологий.

Конвергенция как идеология: от изолированных систем к единой экосистеме

Традиционно сети ППР и рLTE существовали параллельно, что приводило к росту затрат на эксплуатацию, необходимости работы с разными диспетчерскими пультами и сложностям в координации сотрудников.

Конвергентный подход Hytera предполагает архитектурное объединение различных стандартов связи (TETRA, DMR, LTE, 5G) в рамках единой платформы управления. Это позволяет:

- интегрировать голосовую связь: объединить групповые вызовы РТТ из сетей ППР и LTE в общие динамические группы с единой иерархией приоритетов;

- добавить широкополосные сервисы: использовать рLTE как транспорт для видеонаблюдения, видеоаналитики (контроль СИЗ, опасных зон, технологических процессов), передачи телеметрии и данных с датчиков АСУ ТП;
- обеспечить единое управление: администрировать абонентов, терминалы и сервисы через общую систему диспетчеризации и платформу управления (Smart MDM).

Архитектурные основы конвергентного решения

Основой конвергентного решения Hytera выступает ядро (EPC – Evolved Packet Core), поддерживающее одновременную работу с сетями LTE и 5G в режимах как standalone, так и non-standalone. В отличие от изолированных систем, данное ядро обеспечивает единую базу абонентов (UDM/HSS) для всех типов сетей (ППР, LTE, 5G), общую политику управления QoS (PCF) с поддержкой сетевых срезов, а также интегрированную маршрутизацию трафика (UPF) с возможностью обработки на границе сети (MEC).

Ключевым преимуществом архитектуры является реализация принципа NF Pooling (Network Function Pooling), позволяющего объединять вычислительные ресурсы для нескольких сетевых функций. Это

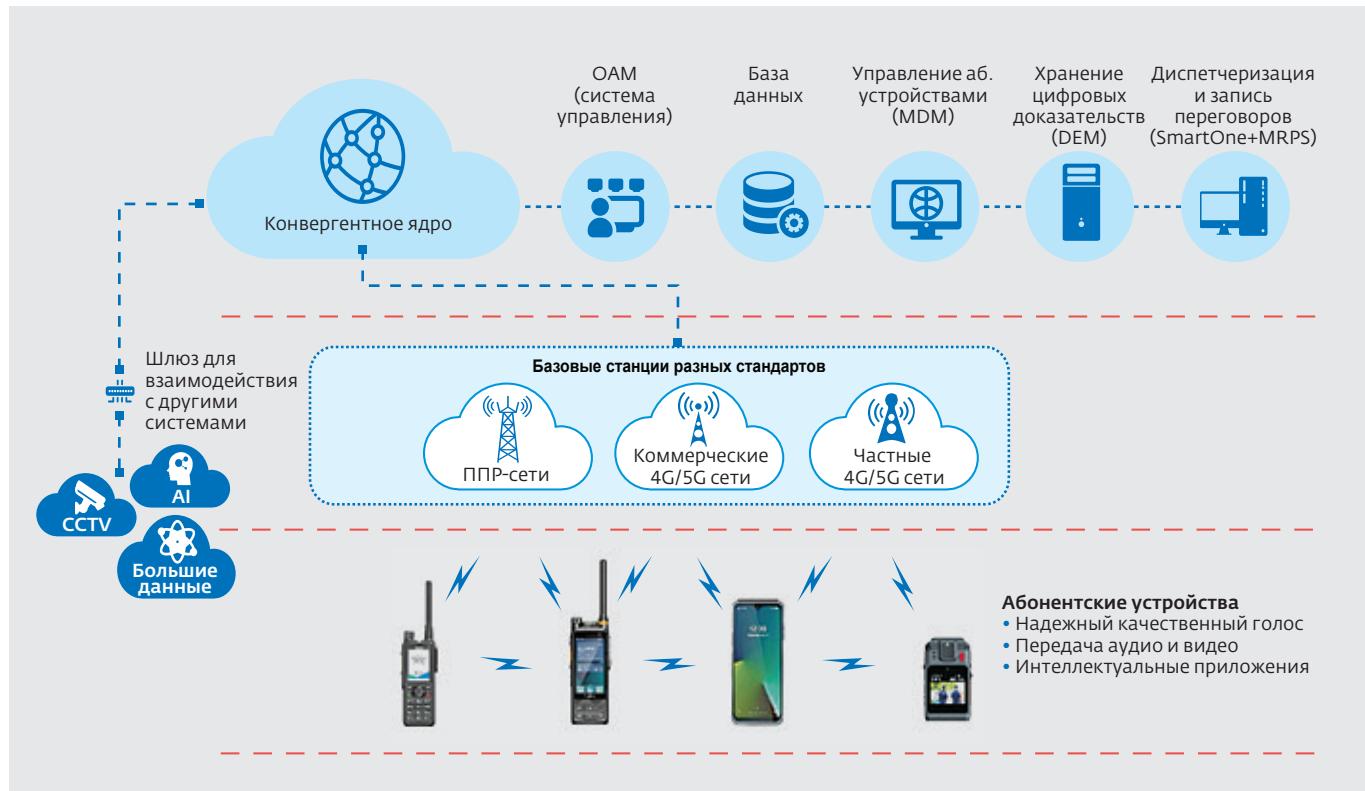


Рис.2. Экосистема pLTE от Hytera

обеспечивает горизонтальное масштабирование и повышенную отказоустойчивость за счет механизмов локального и географического резервирования.

Для бесшовного объединения разнородных сетей применяются современные технологические механизмы, включая Radio over IP (RoIP) для передачи голосового трафика ППР через IP-инфраструктуру LTE/5G, мультирежимные шлюзы (MPUC/VPUC), обеспечивающие подключение аналоговых, DMR- и TETRA-терминалов к ядру EPC, а также единую систему диспетчеризации SmartOne с общим интерфейсом для управления абонентами всех типов сетей.

Поскольку Hytera производит полный спектр оборудования для построения конвергентных сетей – ППР, LTE/5G, и само ядро, это позволяет строить моновендорные сети с максимальной эффективностью взаимодействия компонентов.

Технологические аспекты глубокой интеграции

Центральным элементом конвергенции является объединение ключевых элементов, таких как Mission Critical Push-to-Talk (MCPTT) с сетями ППР, реализованное в соответствии со стандартами 3GPP Release 14+.

В отличие от обычного PoC (Push-to-Talk over Cellular), MCPTT в решениях Hytera обеспечивает прямую интеграцию с ядром сети, что позволяет выстраивать сложные иерархии приоритетов, сквозное шифрование голосового трафика и сигнализации, автоматическое переключение между сетями LTE и ППР при потере покрытия, а также поддержку групповых вызовов с участием абонентов разных сетей.

Платформа SmartOne обеспечивает унифицированное управление всеми ресурсами связи, включая визуальное отображение абонентов и групп на электронной карте, создание динамических групп по различным критериям (местоположение, функция), интеграцию с системами видеонаблюдения (CCTV) и видеоаналитики, а также запись и воспроизведение мультимедийных данных.

Для критически важных применений реализованы специальные механизмы обеспечения надежности, включая Isolated Operation for Public Safety (IOPS) – возможность работы базовых станций в автономном режиме при разрыве связи с ядром сети, географическое резервирование с репликацией критических компонентов в разных data-центрах, а также автоматическое восстановление соединений при смене сетей с LTE на ППР и обратно.



Рис.3. Конвергентная система ППР+LTE

Терминальные устройства для комплексного оснащения

Еще одна составляющая часть конвергентной экосистемы – это терминалы. Hytera как производитель комплексных решений имеет в своей линейке продуктов полный спектр абонентских устройств для обеспечения работы в комбинированных сетях:

- PoC/MCPTT-терминалы – портативные и автомобильные радиостанции для работы в сетях LTE;
- персональные видеорегистраторы – функциональные носимые камеры с возможностью передачи видео в реальном времени и голосовой связью по PTT;
- мультирежимные терминалы – устройства, способные работать как в сетях TETRA/DMR, так и в рLTE, обеспечивая бесшовный роуминг между технологиями.

Вызовы и перспективы развития

Основным вызовом для развертывания частных сетей в России остается отсутствие выделенных частот для промышленных предприятий. В настоящее время реализация проектов рLTE возможна преимущественно в партнерстве с операторами "большой четверки", которые предоставляют свой частотный ресурс.

Перспективным направлением является выделение части диапазона 5G 4,4-5,0 ГГц (п79) непосредственно для промышленных предприятий, что откроет путь к развертыванию полноценных изолированных сетей 5G SA. Развитие конвергентных решений тесно связано

с эволюцией стандартов 3GPP, в частности с реализацией возможностей Release 16-17 для критической связи в 5G и внедрением Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) [1] как замены сетям GSM-R на базе 5G.

Заключение

Конвергентные решения Hytera представляют собой не простое совмещение разнородных сетей, а глубокую интеграцию на архитектурном, сервисном и управлении уровне. Основные преимущества такого подхода включают сохранение инвестиций в существующую ППР-инфраструктуру, постепенную эволюцию к широкополосным сервисам без потери надежности, создание единого пространства для всех видов коммуникаций, а также повышение операционной эффективности за счет унификации управления. Опыт внедрения таких систем на промышленных предприятиях демонстрирует их высокую эффективность, особенно в условиях, когда надежная связь является критически важной для безопасности и операционной деятельности. Дальнейшее развитие конвергентных решений будет связано с преодолением регуляторных барьеров и внедрением новых возможностей стандартов 3GPP Release 16+.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихвинский В.О., Портной С.Л., Сивицкий П.А., Тихонюк А.И. Эволюция технологий сети FRMCS в релизах 3GPP: вызовы и перспективы // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2023. № 2. С. 56–64.