СЕТИ МОБИЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СВЯЗИ FRMCS: перспективы создания и внедрения

В.Тихвинский, д.э.н., академик РАЕН,
проф. МВТУ им. Н.Э.Баумана,
гл. науч. сотр. ФГУП НИИР / vtniir@mail.ru,
С.Портной, д.т.н., академик РАЕН,
вице-президент по технологиям ГК "Антарес" /
serg.portnoy@antares4G.ru

УДК 621.391.82, DOI: 10.22184/2070-8963.2021.95.3.54.64

Система железнодорожной связи следующего поколения FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) представляет собой телекоммуникационную систему, обеспечивающую связь между железными дорогами и состоящую из сетевого оборудования FRMCS, сетей радиодоступа 4G и 5G, транспортных сетей связи и серверов приложений сети. Устаревшие сети железнодорожного радиодоступа стандарта GSM-R не будут включены в систему FRMCS. В статье рассмотрены актуальные аспекты построения и внедрения системы FRMCS с учетом использования технологий связи 5G для пользователей железных дорог в Европе и Российской Федерации.

Международный союз железных дорог (UIC) и Европейское железнодорожное агентство (ERA) рассматривают возможность замены системы связи устаревшей технологии GSM-R на базе 2G на систему FRMCS к 2030 году. Функциональные рабочие группы UIC (FWG) и Партнерского проекта 3GPP, разрабатывающие будущую железнодорожную систему мобильной связи, сформулировали и специфицировали свои требования к системе железнодорожного сообщения следующего поколения FRMCS в спецификациях UIC и 3GPP/ETSI соответственно.

Пробные внедрения FRMCS начались уже в 2020 году.

Анализ работ по стандартизации FRMCS

В 2018 году в рамках деятельности UIC и ERA были начаты работы над проектом будущей сети железнодорожной связи [1–6], для чего были созданы следующие руководящие (Steering) и рабочие (Working) группы по разработке и управлению проектом создания и стандартизации FRMCS:

- рабочая группа, руководящая глобальной стратегией и планированием FRMCS;
- руководящая группа FRMCS по функциональности сети (FWG), обеспечивающая соответствие между функциональными возможностями системы связи и потребностями железной дороги;
- рабочая группа по архитектуре и технологиям FRMCS (ATWG), которая определяет целевую архитектуру сети и проводит оценку предлагаемых технологий-кандидатов для радиоинтерфейсов;

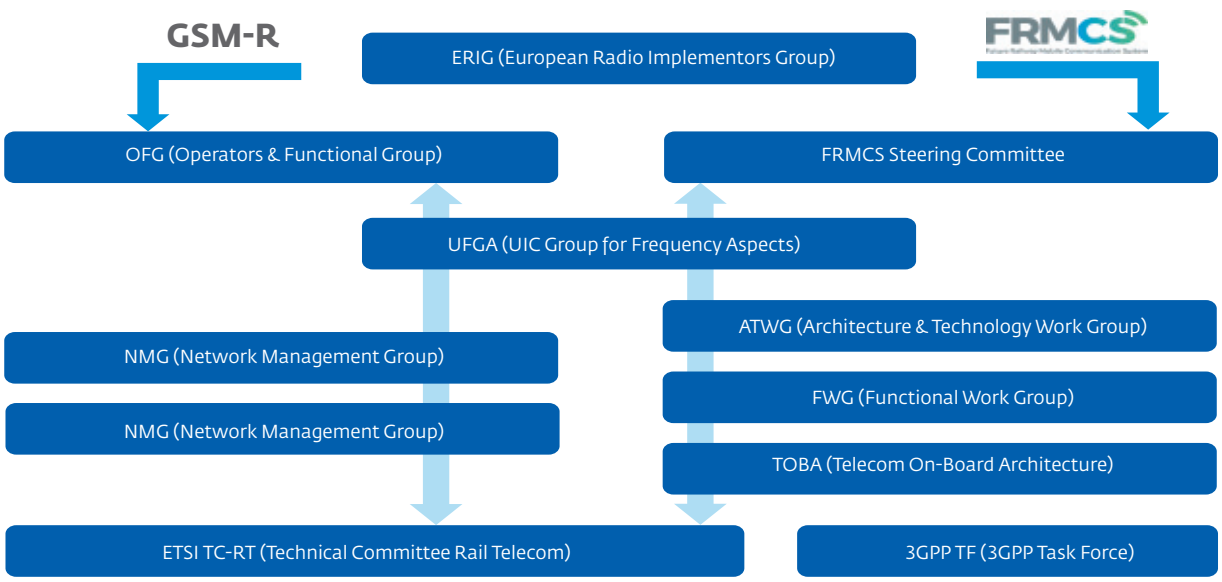

Рис.1. Структура рабочих групп проектов FRMCS (справа) и GSM-R (слева)

- группа UIC по частотным аспектам (UGFA), определяющая потребности FRMCS в спектре для различных сценариев миграции;
- группа UIC по архитектуре (TOBA), которая определяет логическую, техническую и физическую архитектуру сети FRMCS;
- целевая рабочая группа 3GPP (3GPP TF), разрабатывающая технические спецификации на сеть FRMCS и оборудование, также занимающаяся гармонизацией требований UIC и 3GPP.

К данному перечню надо добавить технический комитет Европейского института стандартизации электросвязи (ETSI) по железнодорожной электросвязи (TC-RT), который обеспечивает стандартизацию сети и гармонизацию технических требований с европейской нормативной базой стандартов.

Роли и взаимодействие рабочих групп UIC, 3GPP и ETSI в работе над проектом системы FRMCS, а также над предыдущим проектом GSM-R показаны на рис.1.

Поскольку будущая сеть железнодорожной связи будет иметь как международный, так и европейский уровень стандартизации, это существенно упростит процедуры сертификации, производства и внедрения на европейских железных дорогах оборудования FRMCS. Учитывая наличие общих для нашей страны с европейскими рынки железнодорожных перевозок, необходимо создать и внедрить российские стандарты на FRMCS и правила применения такого оборудования на сетях связи общего пользования 4G и 5G.

Общие требования к сети FRMCS

Сеть FRMCS (рис.2) представляет собой телекоммуникационную систему, соответствующую техническим спецификациям [2–5], состоящую из сети железнодорожной связи FRMCS и служб FRMCS, которая подключена к домену сервисных приложений через сеть радиодоступа 4G или 5G, стандартизованных 3GPP, либо через сеть радиодоступа другой технологии.

Сеть FRMCS будет обеспечивать более высокие скорости передачи данных, меньшие задержки данных, мультимедийную связь и улучшенную надежность соединения. Кроме того, эта сеть должна предусматривать возможность прямого соединения абонентских устройств (D2D), а также выполнять услуги и приложения, которые описаны в действующих спецификациях 3GPP или могут выходить за их рамки. Для облегчения плавного перехода от устаревших систем связи (например, GSM-R) к FRMCS предусмотрены сценарии перехода [6, 7], а также требования к взаимодействию между такими системами связи и сетью FRMCS.

Новая сеть будет предоставлять экстренную групповую связь с низкой задержкой и высоконадежную

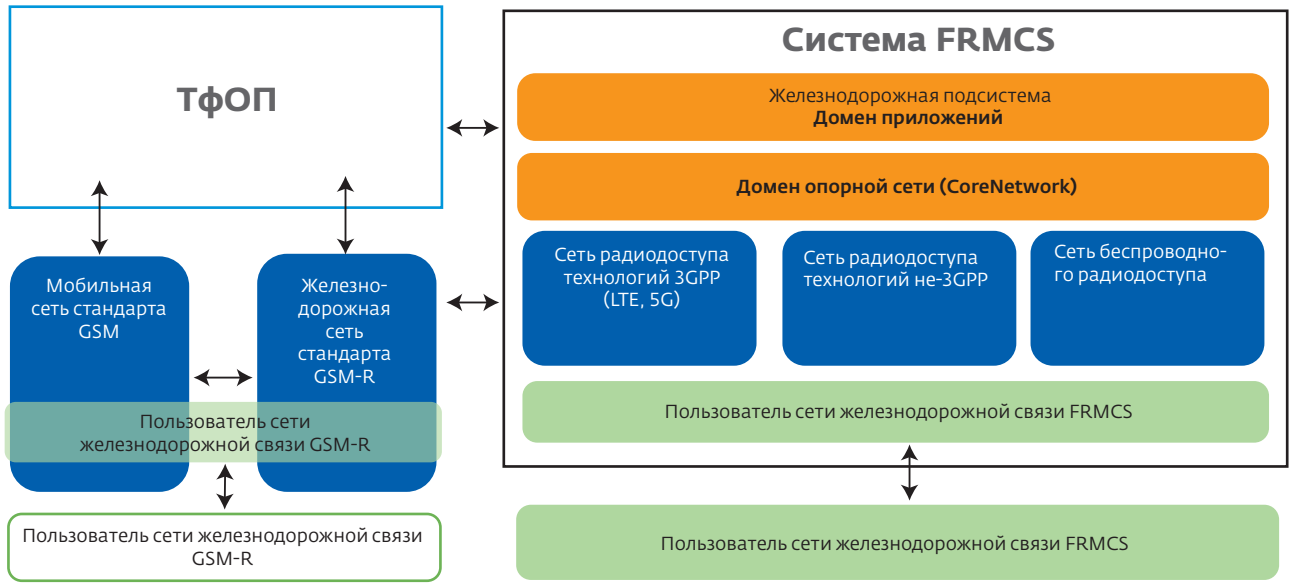

Рис.2. Архитектура системы железнодорожной связи FRMCS

передачу данных и видео в высокоскоростных поездах, а также обеспечивать:

- приоритетную групповую связь в чрезвычайных ситуациях, данные управления поездом и видеосервис;
- бесшовную связь на высокоскоростных железнодорожных линиях;
- низкую задержку и высокую надежность передачи данных и видео;
- мониторинг и управление поездом в реальном времени для безопасной его работы;
- надежное отслеживание местоположения, включая отслеживание туннелей;
- поддержку взаимодействия с устаревшими сетями связи железнодорожного сообщения стандарта GSM-R.

Услуги, оказываемые в сети железнодорожной связи FRMCS, можно разделить на:

- услуги управления и контроля за поездом;
- служебные сетевые услуги;
- обслуживание железнодорожных служб (таких как экстренный вызов на железной дороге, функциональная адресация и адресация на основе местоположения);
- дополнительные услуги (предоставление экипажам поездов или машинистам информации о работе поездов и взаимодействии с существующими системами железнодорожной связи).

Введенное 3GPP [8–12] деление сценариев использования FRMCS классифицирует все варианты использования этой сети с учетом присущих железным дорогам особенностей. В частности, рассматриваются следующие категории вариантов применения приложений (use cases) сети:

- базовая функциональность;
- критические коммуникационные приложения;
- высокопроизводительные коммуникационные приложения;
- приложения для делового общения;
- критические приложения поддержки;
- поддержка производительности приложений;
- приложения для поддержки бизнеса;
- поддержка принципиальных аспектов работы системы FRMCS.

Группирование приложений в соответствии с их уровнем значимости в сети FRMCS проиллюстрировано на рис.3.

Архитектура сети FRMCS на борту поездов

Архитектура FRMCS включает различные виды архитектур с соответствующими различиями:

- логическая архитектура описывает систему FRMCS в форме логических функциональных

Рис.3. Уровни значимости приложений сети FRMCS

блоков и точек сопряжения (интерфейсов) между ними. Логическая архитектура не зависит от решения;

- техническая реализация архитектуры определяет одну или несколько возможностей реализации системы FRMCS с использованием функциональных модулей, определенных 3GPP или ETSI. Варианты технической реализации системы FRMCS рассматриваются для выявления возможных технологических пробелов и обеспечения интерфейсов логической архитектуры;
- физическая архитектура определяет, каким образом система FRMCS (или ее части) может быть реализована соответствующими физическими модулями (блоками) сети и приложениями от различных производителей.

Бортовая архитектура сети FRMCS представляет собой подсистему сети, размещаемую в поезде, которая охватывает следующие функциональные компоненты:

- железнодорожные приложения для поездов, поддерживающие услуги передачи голоса, данных и видео и требующие транспортных услуг FRMCS и, возможно, изначально включающие "клиента" из клиент-серверной архитектуры сети FRMCS или применяющие отдельного клиента сети FRMCS для использования

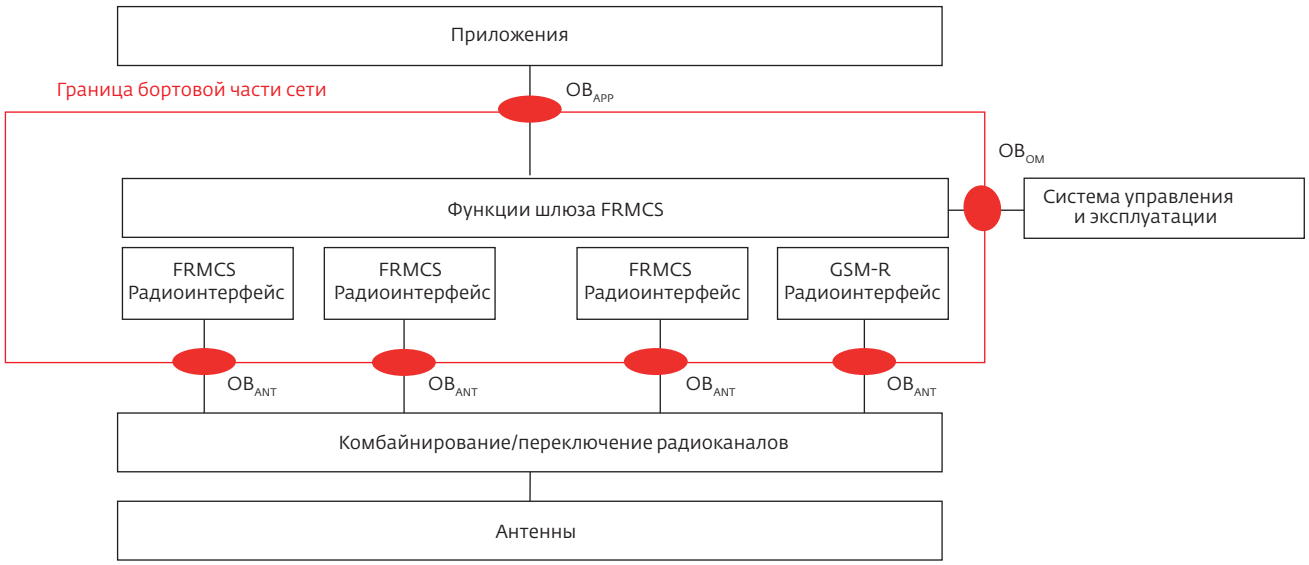

Рис.4. Архитектура бортовой части системы FRMCS. *Источник: UIC*

услуг связи FRMCS, помимо транспортных услуг FRMCS;

- маршрутный шлюз FRMCS (или несколько шлюзов) для координации транспортных и коммуникационных услуг FRMCS между различными железнодорожными приложениями на борту, а также между железнодорожными приложениями на борту и вдоль пути;
- оборудование пользователя (UE) в поезде (или несколько единиц UE), которое поддерживает транспортные услуги FRMCS с использованием одной или нескольких сетей радиодоступа.

Предполагается, что несколько пользователей сети FRMCS и/или железнодорожных приложений будут использовать одни и те же бортовые устройства для работы при движении поезда.

Шлюз FRMCS обеспечивает физическую адаптацию и включает в себя средства для управления бортовым оборудованием, а также для управления наземной сетью связи и потребностями в транспортных услугах.

Для повышения доступности бортовая сеть поезда может поддерживать взаимодействие с одним и более шлюзами FRMCS, количество которых зависит от уровня требований интеграции сети поезда. Шлюз обрабатывает транспортные услуги в сети FRMCS и обеспечивает доступ к одному или нескольким железнодорожным приложениям в поезде через бортовую сеть связи на основе IP-протокола. Бортовая сеть связи должна быть совместима с внутренней сетью связи поездов (TCN), как определено в стандарте МЭК 61375-1 [13], и она не входит в сферу функциональной архитектуры FRMCS.

Архитектура бортовой части системы FRMCS показана на рис.4.

Исходя из предложенной группой UIC архитектуры сети FMRCS интерфейсы бортовой части сети FRMCS включают:

- ОВ$_{APP}$. Представляет собой интерфейс уровня 3 (IP) между бортовой частью системы FRMCS и приложением(ями), при этом:
  - в плоскости пользователя этим интерфейсом прозрачно переносятся данные из приложений и в приложения,
  - в плоскости управления этим интерфейсом осуществляется обмен данными между приложением(ями) и бортовой системой FRMCS;
- ОВ$_{ANT}$. Соединяет бортовую часть системы FRMCS с функцией комбинирования/коммутации RF или антенной(ами);
- ОВ$_{OM}$. Является интерфейсом между бортовой частью системы FRMCS и системой управления эксплуатацией (O&M), отвечающей за работу и управление бортовой системой FRMCS. Через этот интерфейс осуществляется обмен данными, относящимися к системе управления эксплуатацией.

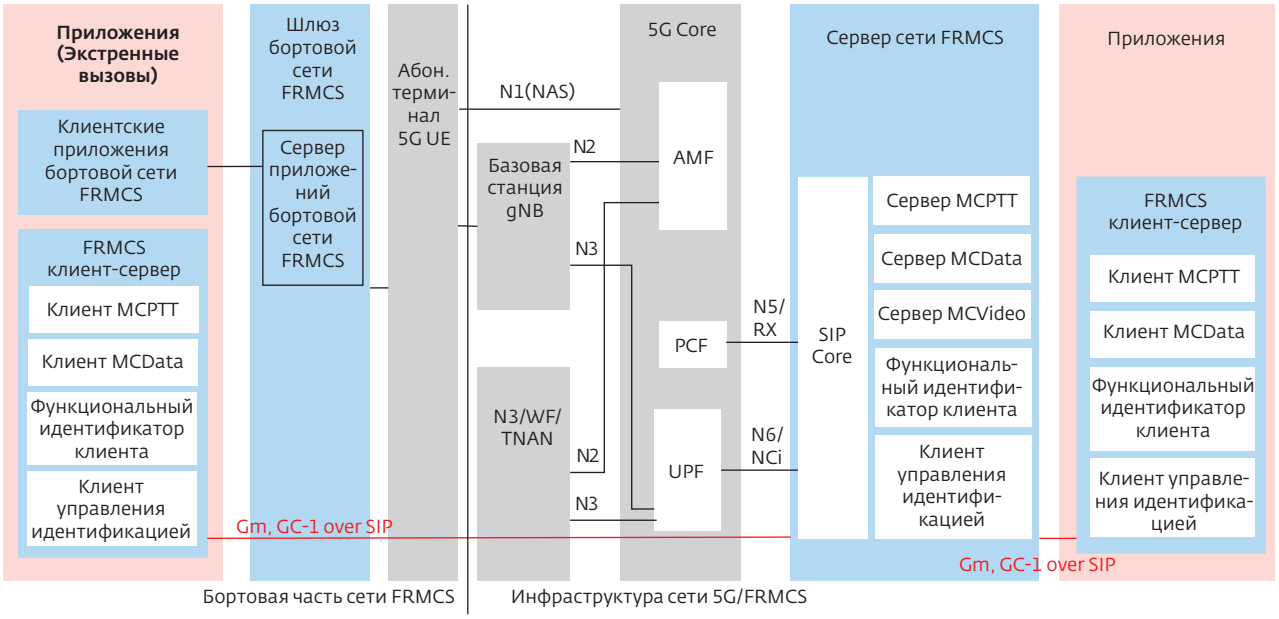

Рис.5. Логическая архитектура сети FRMCS с использованием сети 5G

Реализация сети FRMCS с использованием сети 5G показана на рис.5 [14].

Логическая архитектура сети FRMCS включает бортовую и инфраструктурную части и для взаимодействия использует интерфейсную часть сети 5G на основе N3/Rx и N6/Sci, а также протоколов Gm и GC-1 over SIP.

Трафик в сетях FRMCS

Требования к трафику в сетях FRMCS определены в технических спецификациях TS22.289 [10]. Эти требования определены для различных категорий услуг передачи речи, видео и данных, которые используются в следующих сценариях железнодорожной связи с учетом скорости движения поезда:

- речевая связь для служебных целей, влияющих на безопасность поездов;
- важная видеосвязь, критическая для целей наблюдения с возможностью косвенного влияния на работу поезда, например наблюдение за пассажирами;
- критически важная видеосвязь с прямым воздействием на управление и работу критически важных функций поездов, связанных с безопасностью поездов. Используется в режиме для автоматического обнаружения объектов (например, уровень автоматизации GoA3/GoA4 без участия человека) или дистанционного управления на основе видеоизображений (при задействовании человека в контуре управления);
- стандартная передача данных, используемая для обмена диагностической информацией поездов или аналогичной информацией;
- передача критических данных для существующих систем управления железнодорожным движением;
- критически важная передача данных для усовершенствованных интеллектуальных систем управления железнодорожным движением (например, полностью автоматизированные системы управления поездом – без машиниста для дистанционного управления), которая требует высоконадежной передачи и сохранения информации обмена данными (картины отклика);
- обмен данными, обеспечивающий высоконадежную передачу коротких сообщений, например о порядке отправления поезда.

При нормальной эксплуатации железнодорожного транспорта в контексте уровня автоматизации (GoA3 и GoA4) будут использоваться видео/радарные/лидарные датчики в поездах и на земле. Скорость современных поездов может достигать 500 км/ч, и в этих условиях должна быть обеспечена передача речи, видео и данных. Кроме того, связь при управлении поездом особенно важна для обеспечения безопасности пассажиров.

Таблица 1. Требования к характеристикам трафика для различных сценариев железнодорожной связи

Сценарии	Задержка E2E	Надежность связи (Прим. 1)	Лимит скорости	Скорость передачи данных по опыту абонентов	Размер полезной нагрузки (Прим. 2)	Плотность трафика в зоне обслуживания	Размер зоны обслуживания (Прим. 3)
Речевая связь для рабочих целей	≤100 мс	99,9%	≤500 км/ч	От 100 до 300 кбит/с	Малая	До 1 Мбит/с на 1 км ж/д путей	200 км ж/д путей
Важная видеосвязь для целей наблюдения	≤100 мс	99,9%	≤500 км/ч	10 Мбит/с	Средняя	До 1 Гбит/с/км	200 км ж/д путей
Высококритичная видеосвязь с прямым влиянием на безопасность поездов	≤100 мс	99,9%	≤500 км/ч	От 10 до 20 Мбит/с	Средняя	До 1 Гбит/с/км	200 км ж/д путей
	≤10 мс	99,9%	≤40 км/ч	От 10 до 30 Мбит/с	Средняя	До 1 Гбит/с/км	2 км ж/д путей в городе или на станции
Стандартная передача данных	≤500 мс	99,9%	≤500 км/ч	От 1 до 10 Мбит/с	От малой до большой	До 100 Мбит/с/км	100 км ж/д путей
Экстренная передача данных	≤500 мс	99,9999%	≤500 км/ч	От 10 до 500 кбит/с	От малой до средней	До 10 Мбит/с/км	100 км ж/д путей
Экстремальная передача данных	≤100 мс	99,9999%	≤500 км/ч	От 100 кбит/с до 1 Мбит/с	От малой до средней	До 10 Мбит/с/км	200 км ж/д путей
	≤10 мс	99,9999%	≤40 км/ч	От 100 кбит/с до 1 Мбит/с	От малой до средней	До 100 Мбит/с/км	2 км ж/д путей
Короткие сообщения	Не определена	99,9%	≤500 км/ч	100 кбит/с	Малая	До 1 Мбит/с/км	2 км ж/д путей

Прим. 1: Надежность связи определена в TS 22.289 [9].
Прим. 2: Малая нагрузка: ≤ 256 октетов, средняя нагрузка: ≤512 октетов; большая нагрузка: 513–1500 октетов.
Прим. 3: Оценка для максимальных размеров зоны обслуживания.
Прим. 4: Все значения в TS 22.289 являются целевыми и предполагают использование для железнодорожного сообщения выделенной сети связи.

Требования 3GPP [9] к характеристикам трафика для различных сценариев железнодорожной связи представлены в табл.1. Сквозная задержка (E2E) и надежность связи для различных сценариев услуг, перечисленных в таблице, приведены отдельно с учетом индивидуально используемого приоритета каждой услуги связи.

Требования к характеристикам трафика для сценариев связи с абонентами за пределами сети FRMCS для услуг передачи данных железнодорожной связи, отличающихся скоростью движения поездов, приведены в табл.2. Эти услуги железнодорожной связи обеспечивают передачу данных для критически важных приложений усовершенствованной интеллектуальной системы управления движением, таких как виртуальные соединения, которые требуют высоконадежной передачи данных и сохранение образцов ответов.

Анализ требований из табл.1 и 2 к трафику системы FRMCS показывает, что сеть должна обеспечивать передачу данных в каналах со скоростью от 10 кбит/с до 30 Мбит/с и плотностью трафика в зонах обслуживания сети от 1 Мбит/с/км до 1 Гбит/с/км пути.

Использование спектра для сетей FRMCS

В ЕС вопрос о выделении полос частот для железнодорожной связи, позволяющих внедрить FRMCS на основе технологии 5G, был поднят еще в 2017 году. К сожалению, первоначально предпринятые действия продемонстрировали общее непонимание со стороны европейских регуляторов потребностей сектора с реальным риском того, что FRMCS получит самый минимум спектра. То есть только тот объем спектра, который в настоящее время используется для сетей GSM-R (4 МГц в диапазоне 900 МГц).

Поэтому Комитет по электронной связи (ECC) Конференции европейских администраций почт и связи (CEPT) в ноябре 2020 года принял решение ECC 20(02) [15], согласно которому парный спектр в полосах частот 874,4–880,0 МГц и 919,4–925,0 МГц

Таблица 2. Требования к характеристикам трафика для сценариев связи с абонентами за пределами сети FRMCS

Сценарии	Задержка E2E	Надежность связи (Прим. 1)	Лимит скорости	Скорость данных по опыту абонента	Размер полезной нагрузки (Прим. 2)	Плотность трафика в зоне обслуживания	Размер зоны обслуживания (Прим. 3)	Максимальная требуемая дистанция связи, м (Прим. 4)
Скорость передачи данных по опыту абонента	Размер полезной нагрузки (Прим. 2)	99,9999%	≤500 км/ч	От 100кбит/с до 1Мбит/с	От малой до средней	До 10Мбит/с на км	3 км ж/д путей	[1000 ~ 3000]
	≤300 мс	99,9%	≤40 км/ч	От 100кбит/с до 1Мбит/с	От малой до средней	До 100 Мбит/с на км	3 км ж/д путей	[1000 ~ 3000]

Прим. 1: Надежность связи определена в TS 22.289.
Прим. 2: Малая нагрузка: ≤ 256 октетов; средняя нагрузка: ≤512 октетов; большая нагрузка: 513–1500 октетов.
Прим. 3: Оценка для максимальных размеров зоны обслуживания.
Прим. 4: Актуально только для службы MCData вне сети, поддерживающей формирование колонны поездов. Все поезда в колонне движутся в одном направлении.

(2×5,6 МГц), а также непарный спектр частот 1900–1910 МГц (10 МГц) могут быть использованы в железнодорожной мобильной радиосвязи (RMR) как стандарт CEPT для целей FRMCS. Данное решение обеспечивает потребности высокоскоростной передачи данных и защиты ее от помех, а также значительно снижает стоимость инвестиций в инфраструктуру сети радиодоступа 5G [16]. Решение ECC должно быть ратифицировано государствами – членами CEPT, весной 2021 года.

Выделение парных полос спектра в диапазонах 874,4–880,0 МГц и 919,4–925,0 МГц определялось применением для технологии GSM-R частотного разделения каналов (FDD) и реализовывало подход по гармонизированному использованию спектра в Европе. Это решение было необходимо для обеспечения эксплуатации Панъевропейской сети железнодорожной связи как для пассажирских, так и грузовых поездов, следующих по железным дорогам внутри Евросоюза без применения систем радиосвязи с использованием национальных особенностей использования спектра. Данные участки спектра предназначены для решения задач межсетевого взаимодействия и обеспечения миграции от стандарта GSM-R в новые критические приложения системы FRMCS для железнодорожного транспорта, такие как автоматическое управление поездом, удаленный контроль двигателя, интеграция поезда и железнодорожных датчиков сети железных дорог.

Непарный спектр 1900–1910 МГц будет использован для обеспечения мобильной связи на основе сети радиодоступа 5G как для целей технологической связи, так и доступа пассажиров и персонала железных дорог к сети связи общего пользования. Технические требования к спектру, обеспечивающие решение задач ЭМС, включая спектральные маски передатчиков FRMCS, приведены в упомянутом выше решении ECC 20(02).

Построение сетей связи на железнодорожном транспорте на базе FRMCS

Разрабатываемый стандарт FRMCS позволит построить многофункциональную мультисервисную сеть на железнодорожном транспорте, решающую все возможные задачи служебной связи, сигнализации, диспетчеризации, Интернета вещей, а также доступа пассажиров в сети телефонной связи и передачи данных общего пользования. Если упомянутый выше парный диапазон частот является в основном наследием GSM-R, то непарный диапазон есть абсолютно новое слово в железнодорожной связи по обеспечению покрытия 5G. В России непарный частотный ресурс в полосе работы FRMCS выделен ГК "Антарес" (частные решения Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) получены в ООО "Антарес", ООО "Арктур", ООО "Интеграл").

Концепция построения сети на базе технологий связи 4G и 5G отражена на рис.6 [16]. Ее важной особенностью является то, что если задачи диспетчеризации, сигнализации, поездной автоматики и телемеханики разрабатывались десятилетиями и как-то решались на оборудовании второго поколения (GSM-R), то в новой концепции речь идет о встраивании этих задач в стандарты и оборудование новых поколений: 4G и 5G. Отметим, что задача обеспечения связью пассажиров в концепции системы FRMCS в большинстве случаев решается, как отмечено на рис.2, различными конкурирующими

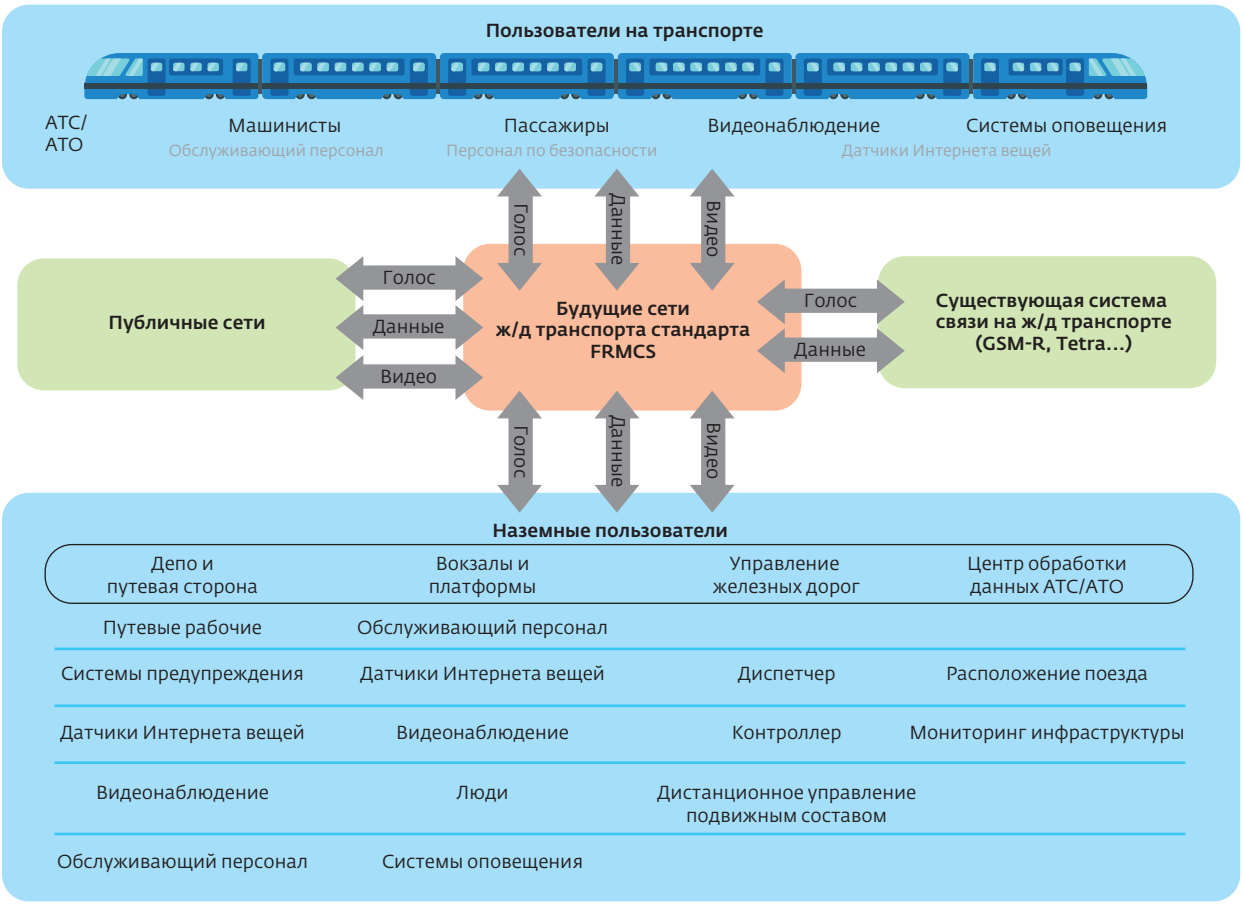

Рис.6. Концепция построения сети связи на железнодорожном транспорте на базе 4G/5G в соответствии со стандартом FRMCS

технологиями, к которым относятся массовые мобильные технологии связи 4G и 5G, специализированные системы беспроводного ШПД, спутниковая связь, технологические сети private LTE/5G. Таким образом, концепция FRMCS объединяет все эти конкурирующие технологические подходы.

На базе упомянутой концепции можно предложить концепцию расширенной сети 4G/5G ГК "Антарес" для диапазона 1900–1920 МГц, которая приведена на рис.7. Согласно ей, сеть связи железнодорожного транспорта может сегментарно повторяться для других видов транспорта и других корпоративных сетей.

Анализ продемонстрированной на рис.7 архитектуры показывает, что сеть может включать следующие укрупненные блоки: сеть радиодоступа (CloudRAN/vRAN/O-RAN на базе дезагрегированной открытой архитектуры с выделенными позициями для критических задач), городская транспортная сеть (с интерфейсами FM/MH и, возможно, DWDM для обеспечения связью между элементами радиодоступа и магистральной транспортной сети), собственно магистральная транспортная сеть (на базе технологий MPLS/EVPN/Segment Routing/PCEP), а также ЦОДы (на базе частных облаков – вычислительных ресурсов с поддержкой технологий виртуализации и SON), приложения, ЦУС, средства информационной безопасности и системы OSS/BSS.

Оборудование для сетей FRMCS

Реализация стандарта FRMCS в оборудование уже начата ведущими телекоммуникационными производителями, несмотря на то, что спецификации 3GPP и ETSI еще не завершены, что

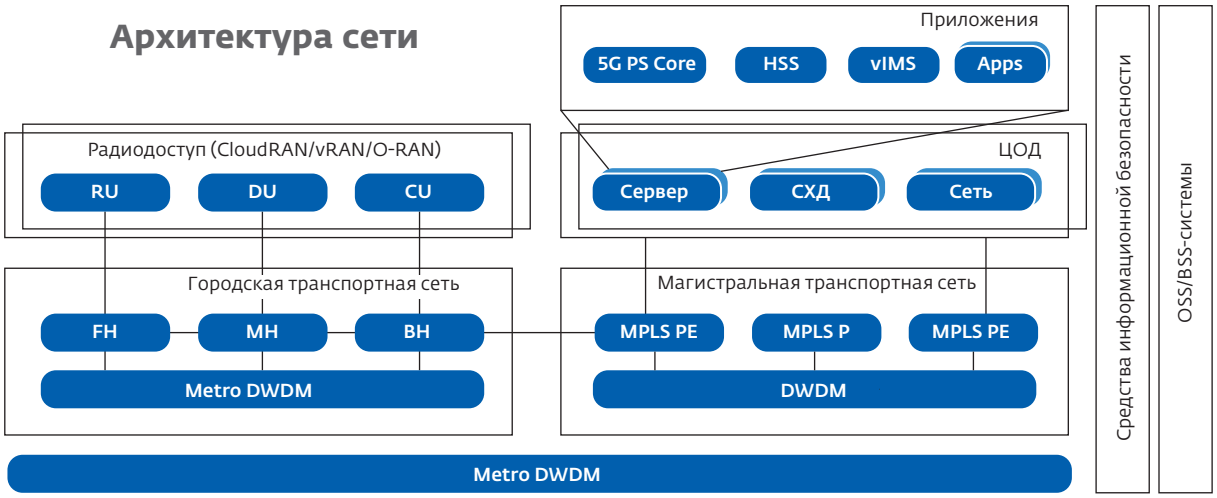

Рис.7. Примерная архитектура построения сегмента сети 4G/5G для железнодорожного транспорта

сдерживает начало массового запуска производства. Однако уже имеются разрозненные публикации, свидетельствующие о заделе у отдельных вендоров. Так, компания Nokia и Федеральные железные дороги Швейцарии (SBB) завершили экспериментальное исследование возможности

XIII Международный бизнес-форум

Wireless Russia & CIS: Сети LTE, 5G и IoT»

30 лет сотовой связи в России

27–28 мая 2021

отель «Хилтон Гарден Инн Москва Красносельская», Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 11а, стр. 4

Организатор:

COMNEWS CONFERENCES

Золотой спонсор:

ERICSSON

Спонсор сессии:

ISKRATEL S&T Group

Генеральный участник выставки:

2TEST

Ключевые темы Wireless Russia & CIS 2021:

- Будущее беспроводных сетей. Подходы к архитектуре и первые разработки в области технологий 6G
- Дорожная карта развития 5G: уточненные сроки финализации LTE Release 17 и перспективы разработки LTE Release 18
- Подготовка к Всемирной конференции радиосвязи 2023 года (WRC-23)
- 5G как катализатор разработки новых прикладных технологий – возможности международных партнерств в сфере искусственного интеллекта (AI), виртуальной и дополненной реальности (VR/AR)
- Инфраструктура и оборудование для строительства сетей связи нового поколения
- 5G made in Russia: первые технологические проекты в России по созданию отечественного сетевого оборудования пятого поколения
- Взаимодействие государства и операторского сообщества в эпоху глобальной цифровизации экономики и модернизации сетей связи
- Сети 5G для «умной» промышленности IoT в эпоху 5G
- Перспективы развития MVNO-бизнеса в РФ и мире

www.comnews-conferences.ru/wireless2021

реализации концепции сети FRMCS и применения в ней технологии радиодоступа 5G [17].

Совместные испытания были организованы с целью оценки требуемого частотного ресурса для новой системы, поскольку ширина полосы эксплуатируемой SBB радиосвязи стандарта GSM-R недостаточна для реализации всех преимуществ, предоставляемых FRMCS. Испытания проходили в двух кантонах в частотном диапазоне 1900 МГц с использованием удаленных радиостанций стандарта TD-LTE (с временным разделением каналов) и измерительной аппаратуры, установленной на подвижном составе.

Nokia стала партнером Национального общества железных дорог Франции (SNCF) в создании совместной лаборатории для отработки технологий перехода от сети GSM-R к будущему стандарту FRMCS. Есть многочисленные публикации о работах в данном направлении и других производителей.

Следует отметить, что спецификой нашей страны является то, что в ней разрешено использование оборудования для сетей 5G только российского производства [18]. Насколько это требование распространяется на оборудование FRMCS, пока не ясно и подлежит дальнейшему уточнению.

Заключение

Появление новой международной системы железнодорожной связи FRMCS и первых стандартов на ее оборудование создает новую нишу применения технологий 5G, которая уже успешно осваивается мировыми производителями телекоммуникационного оборудования.

Решение ECC CEPT 20(02) позволяет решить проблему гармонизированного задействования спектра при использовании сетей радиодоступа на территории стран – членов CEPT.

Принятые ГКРЧ решения по выделению полосы частот 1900–1920 МГц позволяют определить рыночных игроков, имеющих потенциал для создания сети FRMCS в России.

Литература

1. **Плеханов П.А., Роенков Д.Н.** Стандартизация систем беспроводной связи для железных дорог // Труды ежегодной НТК СПб НТОРЭС. 2020. № 1(75). С. 188–190.
2. TOBA-7515-1.2. Description and Evaluation of Possible FRMCS Migration Variants for Existing ETCS and Cab Radio On-Board Units. UIC TOBA WG, 2019.
3. FU-7100-v.5. Future Railway Mobile Communication System User Requirements Specification. FRMCS Functional Working Group, 2020.
4. MG-7900-v.2. Future Railway Mobile Communication System User Requirements Specification. UIC FRMCS Functional Working Group & Architecture and Technology Group, 2020.
5. TOBA-7540-1. FRMCS Telecom On-Board System – Architecture Migration Scenarios. UICFMC Telecom On-Board Architecture Workgroup, 2020
6. **Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Коваль В.А.** Сети мобильной связи 5G: технологии, архитектура и услуги. М.: Медиа Паблишер, 2019. 376 с.
7. ETSI TR 103 459. Rail Telecommunications (RT); Future Rail Mobile Communication System (FRMCS); Study on system architecture.
8. ETSI TR 103 333. System Reference document (SR Doc); GSM-R networks evolution.
9. 3GPP TS 22.289. Mobile communication system for railways.
10. 3GPP TR 22.889. Study on Future Railway Mobile Communication System (FRMCS)
11. 3GPP TR 23.790. Study on application architecture for the Future Railway Mobile Communication System (FRMCS); Stage 2
12. 3GPP TR 23.796. Study on application architecture for the Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) Phase 2
13. IEC 61375-1:2012 Standard / Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) – Part 1: General architecture.
14. **Marsch P.** Update on ETSI Work Item on FRMCS System Architecture // The ERTMS conference. Valenciennes, 2019, October 15 Ц17.
15. ECC CEPT Decision 20(02). Harmonized use of the pair frequency bands 874.4-880.0 MHz and 919.4-925.0 MHz and of the unpaired frequency band 1900–1910 MHz for Railway Mobile Radio (RMR). Approved 20 November 2020.
16. FRMCS and 5G for rail: challenges, achievements and opportunities. UIC Rail System Department. December, 2020.
17. В Швейцарии прошли частотные испытания железнодорожной системы радиосвязи стандарта FRMCS // Железные дороги мира. [Электронный ресурс]. URL: http://www.zd-mira.com/news/vsvejcariiproslicastotnyeispytaniazeleznodoroznojsistemyradiosvazistandartafrmcs.
18. **Portnoy S., Sakharchuk D., Lukin S.** From Russia with 5G // The Standard. 2019, February. PP. 18–20.

XIV МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАВИГАЦИОННЫЙ ФОРУМ

www.glonass-forum.ru

НАВИТЕХ

www.navitech-expo.ru

РОСКОСМОС

Конгресс

СФЕРА

15 июня

2021

ЦВК «Экспоцентр»

www.glonass-forum.ru

Организатор Форума: ГЛОНАСС/ГНСС Форум

Генеральный партнёр Форума: РОСКОСМОС

Стратегический партнёр Форума: SBER AUTOTECH

Экспертные партнеры Форума: Автонет; НП «ГЛОНАСС»

Организатор выставки «Навитех-2021»/спонсор Форума: ЭКСПОЦЕНТР МОСКВА

Оператор Форума: ПроКонф