



Центр научно-технической информации и библиотек
– филиал ОАО «РЖД»

Дифференцированное Обеспечение Руководства

95/2024

Мультигигабитная связь «поезд-земля» российской разработки

Широкополосный доступ к Интернету в скоростных поездах – не решенная пока техническая проблема во всем мире. Используемые модемы сотовой связи не обеспечивают одинаково качественное мульти-гигабитное соединение «поезд-земля» на всем маршруте движения поездов, поэтому в настоящее время многие страны ведут исследования и внедряют пилотные проекты в этой области.

Год назад петербургская компания «ДОК» сообщила о завершении испытаний системы связи «поезд-земля» 70-80 ГГц PPC-10G-Rail собственной разработки.

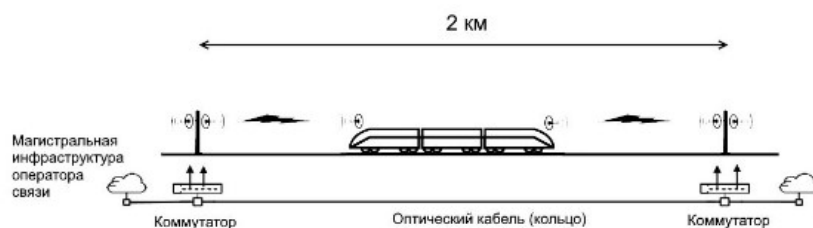


Рис. 1. Схема обеспечения мультигигабитной связи «поезд-земля»

Испытания проводились на специально подготовленной сетевой инфраструктуре железнодорожного полотна полигона АО «ВНИИЖТ», включающей проложенный оптоволоконный кабель между базовыми станциями и широкополосное соединение с удаленным сервером в здании института. Такая инфраструктура полностью моделировала условия промышленной эксплуатации мультигигабитных систем связи PPC-10G-Rail при их развертывании на существующих и планируемых скоростных пассажирских маршрутах.

Удаленный сервер в здании института использовался для обмена трафиком с сетевым оборудованием, смонтированным в электропоезде «Ласточка». С поезда в хранилище данных и обратно передавались объемные файлы, а также видеопоток Full HD с камеры внутри электропоезда. Этот видеопоток затем возвращался в режиме реального времени с удаленного сервера обратно на поезд для показа технической комиссии. При этом быстрота движения электропоезда в диапазоне от 20 до 110 км/ч на качество соединения не влияла (110 км/ч является предельной разрешенной скоростью на данном круговом участке).

Проверка возможности передачи данных в режиме Full Duplex на поезд была ключевым пунктом в программе испытаний. Состав оснастили двумя комплектами оборудования для двух каналов связи, вперед и назад по ходу поезда, включающими в себя по два 10-гигабитных приемопередатчика диапазона 70-80 ГГц с антеннами.

По факту обеспечивалось стабильное соединение 2,8 Гбит/с на каждый комплект приемопередатчиков, что позволило говорить, о пропускной способности 5,6 Гбит/с на поезд. При промышленной эксплуатации PPC-10G-Rail на подвижном составе также предполагается установка двух комплектов оборудования связи на каждый скоростной пассажирский поезд (вперед и назад по ходу поезда).

Для проведения испытаний на кольцевом маршруте на опорах контактной сети были смонтированы базовые станции системы связи PPC-10G-Rail в комплектации, обеспечивающей уверенный прием и передачу IP-пакетов по беспроводному каналу связи «поезд-земля» в кривом участке пути. Общая длина отрезка пути для измерения подвижной связи составила 2,2 км.

Базовые станции (БС) были смонтированы на высоте 5 м от уровня рельсов, что соответствует высоте эксплуатируемых в РФ скоростных поездов – Ласточки и Сапсана. После монтажа БС специалисты проехали маршрут на дрезине с подъемной платформой, где был установлен тестовый комплект поездных радиолинков для юстировки антенн базовых станций на опорах контактной сети. В процессе юстировки подстраивалось наведение антенн БС и поезда по параметру RSL (Received Signal Level, уровень принимаемого сигнала). Работа беспроводного соединения с внешней сетью проверялась в режимах передачи файлов и видеопотоков от удаленных серверов до поезда и обратно, включая проверку бесшовного хэндовера (handover) – процесса передачи обслуживания от одной базовой станции к другой в подвижной связи.

Хотя оборудование PPC-10G-Rail в первую очередь предназначено для скоростного движения, где преобладают прямолинейные участки железной

дороги с большими расстояниями между базовыми станциями, на кольце АО «ВНИИЖТ» была экспериментально подтверждена и возможность использования радиосвязи в диапазоне частот 70-80 ГГц в кривых. Для обеспечения устойчивой связи в таких участках при скорости поезда 110 км/ч (30.5 м/с), где базовые станции расположены каждые 230-270 м, было применено специальное программное обеспечение маршрутизации пакетов.

Учитывая длину поезда 130 м, на скорости 110 км/ч переключение маршрутов между сервером на борту электропоезда и наземной инфраструктурой через радиолинки на головном и хвостовом вагонах происходило в среднем каждые 4,5 с. При этом разработчикам удалось достигнуть высокой надежности канала беспроводной связи при сохранении пропускной способности 2 Гбит/с и более (фактическая, 2,8 Гбит/с).

Существующие сейчас и планируемые к внедрению системы подключения рельсового транспорта к Интернету в массе своей основаны на применении GSM-модемов с агрегацией нескольких сим-карт от разных операторов на поездной роутер.

В частности, в 2022 году Nokia получила контракт на развертывание 160 базовых станций LTE/4.9G на 250 км маршрутной сети в Западной Австралии, а немецкие железные дороги DB и оператор Vodafone заявили об обновлении инфраструктуры придорожных базовых станций сотовой связи по всей маршрутной сети с характеристиками LTE 125 Мбит/с на 13,8 тыс. км пригородных маршрутов и LTE/5G 225 Мбит/с на маршрутах скоростных поездов общей протяженностью 7,8 тыс. км.

Немецкие железные дороги (DB) объявили о работе двух лабораторий поездной связи TrainLab на базе поездов модели Siemens Velaro (в России такие составы эксплуатируются под маркой «Сапсан»), где испытывается связь «поезд-земля» в диапазоне 1,9 ГГц в вариантах LTE и 5G.

В обоих проектах в Германии и Австралии заложено несколько лет на выполнение работ, что сегодня выглядит как явное отставание от темпов роста потребностей пассажиров в широкополосном соединении с Интернетом.

Общий недостаток всех существующих сегодня проектов широкополосной связи «поезд-земля» — это очень дорогостоящее мероприятие. Поэтому для выбора технологии проекта важное значение имеет соотношение «цена за 1 км/скорость передачи данных».

К примеру, заявленная стоимость вышеназванного сотового проекта Nokia в Австралии составляет немногим менее 1 млн долларов за 1 км.

В Японии компания JR Central, являющаяся оператором высокоскоростной железнодорожной линии Tokaido Shinkansen запустила масштабный проект внедрения гигабитной связи «поезд-земля» в

миллиметровом диапазоне волн (40 ГГц) на всей маршрутной сети протяженностью более 500 км. Заявленная стоимость проекта составляет 0,6 млн долларов за 1 км пути при пропускной способности 1 Гбит/с.

В Японии также проводились исследования по использованию еще более высокочастотного диапазона 92-95 ГГц для организации связи «поезд-земля». В опубликованных RTRI (японский НИИ железнодорожного транспорта) результатах указывалась достигнутая пропускная способность 1,5 Гбит/с при расположении базовых станций на расстоянии 250-300 м друг от друга.

Для сравнения, российская система PPC-10G-Rail 70-80 ГГц на прямых отрезках пути обеспечивает пропускную способность более 10 Гбит/с (2x5,6 Гбит/с) при расстоянии между базовыми станциями 2 км (испытания на прямом участке под Выборгом), и 2x2,8 Гбит/с в кривой пути (испытания на кольце АО «ВНИИЖТ»), где в том числе получены значения 2x5,6 Гбит/с с базовыми станциями на расстоянии до 300 м друг от друга.

Оценочная стоимость развертывания системы PPC-10G-Rail также предполагается на порядок ниже, чем у зарубежных проектов даже с учетом стоимости прокладки оптического кабеля, установки повторителей, иных сетевых устройств и организации электропитания на всем протяжении маршрута. Значительную роль в удешевлении проекта играет возможность монтажа базовых станций на опоры контактной сети, что исключает затраты на установку коммуникационных вышек.

Проведенные на кольце АО «ВНИИЖТ» испытания связи с применением серийных систем PPC-10G-Rail 70-80 ГГц показали высокую пропускную способность беспроводной связи «поезд-земля» и надежность технологического решения.

Источник: по материалам сайта «Беспроводные технологии», (wireless-e.ru), 2024, habr.com, 2023