

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОМОДЕМОВ УКВ-ДИАПАЗОНА на железнодорожном транспорте

С.Маргарян, заместитель генерального директора,  
главный конструктор ЗАО "НПП "Родник"

*Окончание. Начало см. в № 5.*

В статье рассматриваются вопросы создания и эксплуатации узкополосных радиосетей обмена данными на железнодорожном транспорте. Предыдущая часть статьи была посвящена вопросам выбора и использования модемов для АСУ интеллектуального железнодорожного транспорта.

### **ПЕРСПЕКТИВНАЯ ПОДВИЖНАЯ РАДИОСЕТЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Главным стратегическим направлением развития системы связи ОАО "РЖД" является передача служебной информации с целью реализации интервального регулирования движения поездов и обеспечения перехода к интеллектуальному железнодорожному транспорту. Развитие в этом направлении связано с увеличением объема данных, циркулирующих в технологических радиосетях между стационарными пунктами управления, локомотивами и устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики. Такая радиосеть должна гарантированно обеспечить своевременное доведение данных до всех заинтересованных пользователей на всей дорожной сети и в любой штатной ситуации. Сбой в работе и выход из строя комплектов оборудования в такой радиосети должны отрабатываться как штатные, не приводящие к срыву работы АСУ.

Формирование архитектуры радиосети для каждого перегона с ограничением объемов передаваемых данных и строгим расписанием трансляции представляется нецелесообразным: любой

пользователь системы должен иметь возможность передачи требуемого в данный момент объема информации с ее гарантированной доставкой в установленные сроки в любое время. Пропускная способность такой радиосети определяется на этапе проектирования исходя из имеющихся максимальных потребностей. Архитектура радиосети должна предусматривать возможность гибкого ее наращивания без замены ранее развернутых комплектов оборудования и изменения базовых первоначальных настроек.

Такие возможности в полной мере обеспечиваются специализированной радиотехнической платформой Paragon/Gemini, включающей в себя оборудование для базовых станций, в том числе многочастотных с повышенной надежностью и живучестью (Paragon), а также для подвижных объектов (Gemini).

Оборудование данной радиотехнической платформы разработано специально для создания распределенных подвижных радиосетей обмена данными с практически неограниченным количеством базовых станций, работающих с использованием IP-протокола и формирующих единую зону

электромагнитной доступности (ЭМД) для всех пользователей, которые могут свободно перемещаться в данной зоне без перерывов в связи. Оно позволяет организовать хэндовер – безразрывное переключение между соседними базовыми станциями (БС) с автоматическим распределением нагрузки между ними в общих зонах ЭМД. Надежность доставки данных обеспечивается встроенной функцией коррекции ошибок при передаче.

Базовый радиотехнический комплекс Paragon представляет собой приемопередающее устройство с открытой архитектурой, предназначенное для организации радиосети обмена данными с удаленными бортовыми радиомодемами Gemini. Он имеет в своем составе мощный приемопередатчик, радиомодем нового поколения на цифровом сигнальном процессоре с двумя адресуемыми последовательными портами RS-232, встроенным двухпортовым маршрутизатором Ethernet и портом

USB, а также блок питания. Обеспечивает обмен данными в пакетном режиме с поддержкой протокола TCP/IP. Технические характеристики радиомодема Paragon 4 представлены в табл.4.

Бортовой навигационно-связной комплекс Gemini представляет собой радиотехническое устройство нового поколения, объединяющее в себе 32-канальную радиостанцию с малым временем атаки, радиомодем на базе мощного цифрового сигнального процессора, спутниковый навигационный приемник, два последовательных порта RS-232, сконфигурированных для терминального сервера, порт 10/100Base-T Ethernet со встроенным маршрутизатором и порт USB, размещенные в едином корпусе. Работа обеспечивается через базовую станцию Paragon 4 с использованием двух антенн (разнесенный прием) и технологии параллельного декодирования и интеллектуального объединения принимаемых сигналов. Аппаратура радиотехнической

Таблица 4. Технические характеристики радиомодема Paragon 4

Диапазон рабочих частот (передача / прием), МГц	403–512	(762–773 / 792–803)	(851–869 / 806–824)
Шаг сетки радиочастот, кГц	25; 50		
Габариты, мм	192,6 × 56,0 × 81,3		
Номинальный ток в режиме передачи, А, при напряжении питания 13,8 В	20	24	28
Диапазон рабочих температур, °С	-30... +60		
Режим работы	Дуплекс, 100% цикл		
Избирательность, дБ (шаг сетки, кГц)	75 (50), 85 (25)		
Защита данных	128-битный ключ		
Избирательность приемника, дБ (шаг сетки, кГц)	87 (25)	75 (50)	85 (25)
Интермодуляция, дБ (сетка, кГц)	85 (25)	80 (50)	80 (25)
Чувствительность, дБм (скорость, кбит/с) **	-98 (64); -104 (48); -110 (32)	-96 (128); -102 (96); -108 (64)	-95 (64); -101 (48); -107 (32)
Выходная мощность передатчика, Вт	20–100	35–70	20–70
Тип излучения (скорость, кбит/с)	16K0F1D (32); 13K7F1D (48, 64);	30K0F1D (64, 96, 128)	16K5F1D (32, 48, 64)
Вид модуляции (скорость, кбит/с)	SRRC16FSK (32; 48; 64; 128); SRRC8FSK (96); SRRC4FSK (64)		
Коррекция ошибок в модеме	Hypercode10		
Уровень сигнала, дБм, при котором уровень ошибок после коррекции <1% (скорость, кбит/с)	-107 (32); -110 (25,6); -112 (19,2)		
Протокол обмена данными	TCP/IP		

\* Поврежденные пакеты посылаются повторно

\*\* 1% поврежденных пакетов на несущей частоте с применением технологии параллельного декодирования

платформы Paragon/Gemini позволяет существенно расширить функциональные возможности подвижных технологических радиосетей, обеспечив, наряду с оперативным обменом и трансляцией докладов о местоположении, передачу графической информации, файлов большого объема и видеоданных. Технические характеристики радиомодема Gemini G3 представлены в табл.5.

Работа в радиосети на оборудовании радиотехнической платформы Paragon / Gemini организуется по протоколам UDP (User Datagram Protocol) или TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) с автоматическим сжатием пакетов данных. Применение сигнализации ООВ (Out-of-Band) для передачи навигационной информации и данных о техническом состоянии позволяет существенно

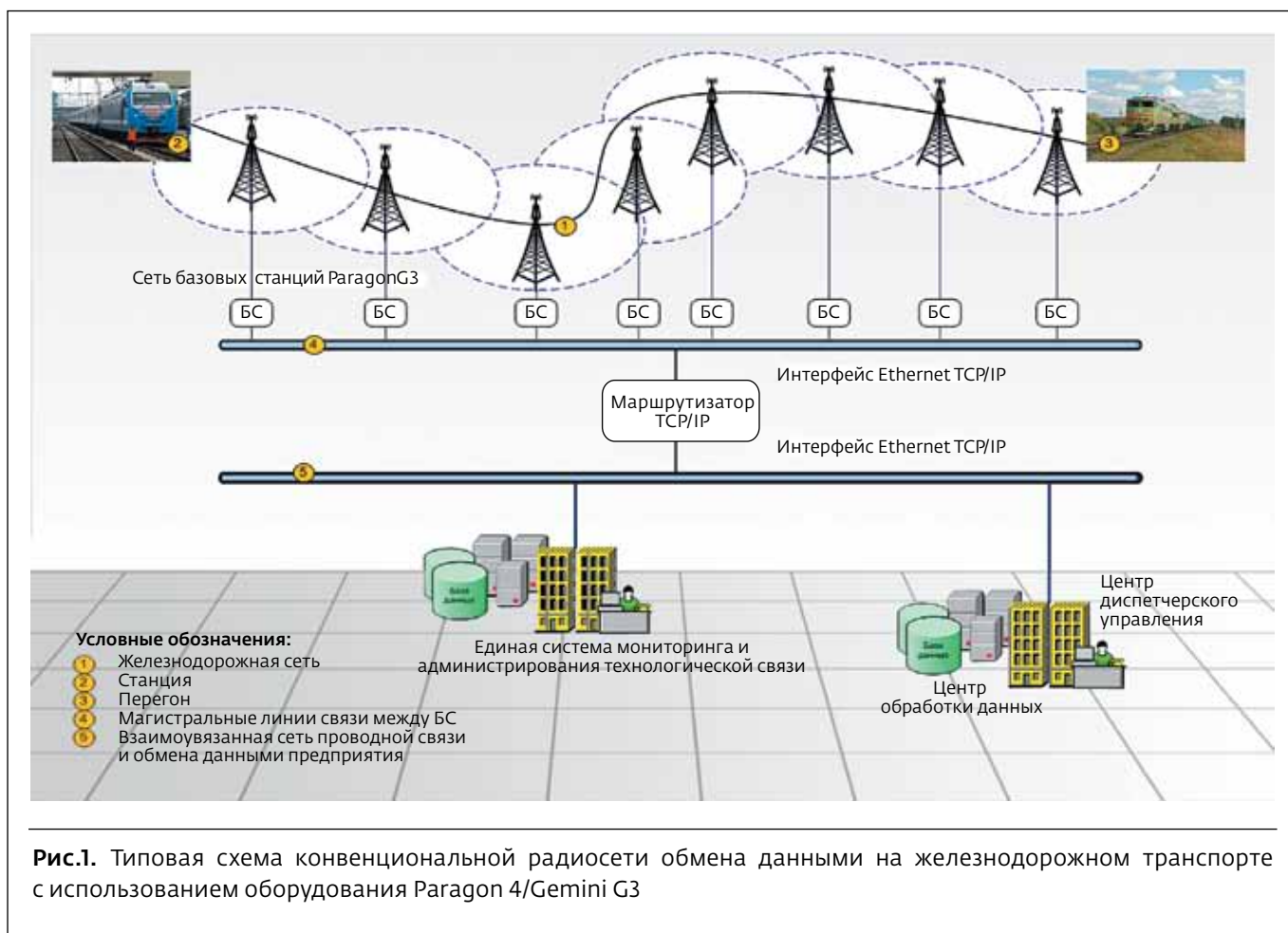
увеличить количество работающих на одном радиоканале подвижных объектов за счет автоматической передачи навигационной и диагностической информации при каждом сеансе связи. В аппаратуре реализована функция встроенной диагностики, которая позволяет получать информацию о техническом состоянии оборудования в реальном масштабе времени.

Типовая структура технологической радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте включает в себя сеть базовых станций, устанавливаемых вдоль железнодорожного пути и соединенных каналами магистральной проводной или беспроводной связи с пунктами сбора данных и управления. Каждая БС обеспечивает связь с группой поездов, находящихся в ее оперативной зоне. Зоны соседних

Таблица 5. Технические характеристики радиомодема Gemini G3

Диапазон рабочих частот (прием/передача), МГц	403–460, 450–512	(792–803 / 762–773)	(851–869 / 806–824)
Шаг сетки радиочастот, кГц	25; 50		
Скорость обмена данными, кбит/с (шаг сетки, кГц)	32,0; 48,0; 57,6 (25)	64,0; 96,0; 128,0 (50)	32,0; 48,0; 64,0 (25)
Размеры, мм	154 × 51 × 182		
Количество каналов	32		
Режим работы	Полудуплекс		
Номинальное напряжение питания, В	13,6		
Рабочая температура, °С	-30 ... +60		
Защита данных	AES 128 бит		
Потребляемый ток, А, передача/прием	12/0,7		
Чувствительность приемника, дБм (скорость, кбит/с)	-98 (64); -104 (48); -108 (43,2); -110 (32)	-94 (128); -100 (96); -106 (64)	-95 (64); -101 (48); -105 (43,2); -107 (32)
Избирательность, дБ, номинальная/минимальная (сетка, кГц)	77/75 (25)	68/65 (50)	77/75 (25)
Интермодуляция, дБ, номинальная/минимальная	80/75	78/75	80/75
Время атаки передатчика, мс	<10		
Выходная мощность, Вт	10–40	10–35	
Коррекция ошибки в модеме	Hypercode10		
Уровень сигнала, дБм, при котором уровень ошибок после коррекции <1% (скорость, кбит/с)	-107 (32,0); -110 (25,6); -112 (19,2)		
Протокол обмена данными	TCP/IP		

\* Поврежденные пакеты посылаются повторно



БС полностью перекрывают друг друга, в результате чего формируется единая оперативная зона с повышенной надежностью и живучестью, работу в которой обеспечивает не менее двух базовых станций, каждая из которых может быть в отказоустойчивом исполнении. Переключение поездов на работу с соседней станцией осуществляется автоматически с учетом текущей загруженности соседних БС и уровней сигнала. Таким образом, отпадает необходимость в жестком определении точки выполнения хэндовера и привязке ее к границам перегона. Учитывая, что рассматриваемое оборудование для конвенциональных радиосетей обмена данными использует открытый протокол TCP/IP, наращивание комплектов оборудования и создание многоканальных базовых станций в составе радиосети, равно как сопряжение с любой современной автоматизированной системой управления, не представляет трудностей.

Типовая схема конвенциональной радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте представлены на рисунке.

Данная схема в полной мере удовлетворяет требованиям, установленным в "Белой Книге"

ОАО "РЖД" и направленным на создание единого информационного пространства, интегрированного с информационными системами других видов транспорта и промышленности, а также иностранных железных дорог. Выпускаемые в настоящее время узкополосные радиомодемы УКВ-диапазона могут эффективно использоваться для создания радиосетей удаленного сбора данных и управления в интересах создания перспективных АСУ для интеллектуального железнодорожного транспорта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гапанович В.А., Розенберг Е.Н. Современные средства обеспечения комплексной безопасности движения поездов с применением спутниковых технологий. – Евразия весты, 2011, № 1.
2. Маргарян С.А. Радиосети для систем управления поездами. – Автоматика, связь, информатика, 2014, № 4.
3. Ваванов Ю.В. Радиосети системы АБТЦ-М. Подходы к проектированию. – Автоматика, связь, информатика, 2014, № 3.