

радиосеть управления и сбора данных для железнодорожных приложений

ООО «НЦПР» (Технический бюллетень)

В данной статье представлена краткая информация о возможностях узкополосных технологических радиосетей управления и сбора данных в интересах организации перспективной командной радиосети обмена данными между стационарными и подвижными объектами, входящими в структуру железных дорог. Описаны некоторые особенности использования вышеуказанных технических средств, применительно к созданию автоматизированной системы управления движением с использованием современных методов и алгоритмов.

Изложенные в статье общие принципы организации технологических радиосетей могут успешно применяться на распределенных объектах в других отраслях промышленности и транспорта.

Статья предназначена для руководителей и технических специалистов, связанных с организацией работы железнодорожного транспорта, управления напольным оборудованием, удаленного сбора производственной телеметрии, а также компаний-интеграторов, разрабатывающих и внедряющих автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) в промышленности и на транспорте.



Мы благодарим руководство компании «АВП-технология» (<http://www.avpt.ru>), лидера в отрасли автоматизации процессов управления подвижным составом железных дорог, за возможность публикации настоящих материалов.

6.3 Азия, Африка и Австралия

Наиболее активно работы по внедрению систем управления движением железнодорожного транспорта с использованием радиоканала ведутся в Китае. В 2007 г. компания Nokia Siemens Networks заключила контракт с Министерством Железных Дорог Китая для реализации системы GSM-R для планируемой пассажирской линии между г. Ухань и г. Гуанчжоу на юге Китая. Однако, в основной массе выполненных и реализуемых в настоящее время проектов применяется система связи GSM-R, производство которой освоено китайской компанией Huawei Technologies, специализирующейся на системах сотовой связи общего назначения.

Выполненные вышеуказанной компанией проекты включают в себя:

- железная дорога, соединяющая центр Шанхая с аэропортом (движение поездов на скорости до 430 км/час);
- железная дорога Дацин (провинция Шанси) — Циньхуандао (провинция Хэбэй) общей протяженностью 670 км. Местность между конечными пунктами исключительно сложная, в основном, горы и холмы, а также около 60 тоннелей общей протяженностью 48 км, с самым длинным из них — 8,4 км. Емкость сети — 5000 абонентов и 1000 пользователей GPRS;
- скоростная магистраль Гуандун — Шэньчжэнь — Гонконг протяженностью 115 км, одна из крупнейших высокоскоростных линий в мире, где скорость поездов достигает 350 км/час;
- самая длинная железная дорога в Китае «Пекин — Гонконг» протяженностью 2364 км;
- железная дорога «Пекин — Чэнду — Ухань» с кольцевой структурой протяженностью более 800 км.

Активные работы по созданию системы управления поездами ведутся в Индии. Однако, эти работы имеют ограниченные цели и направлены, в первую очередь, на повышение безопасности движения по проектам TCAS (Train Collision Avoidance System) и ATP (Automatic Train Protection).

Система управления включает в себя бортовое оборудование локомотива и станционное оборудование, связь между которыми организуется на расстоянии не менее 3000 метров. В состав системы входит также наземное оборудование. Предполагается, что для предотвращения столкновения система должна автоматически регулировать скорость движения поезда средствами встроенной системы управления торможением.

Создаваемая система предполагает реализацию следующих функций:

- предотвращение лобовых столкновений (Head On Collision Prevention);
- предотвращение столкновений при попутном следовании (Rear End Collision Prevention);
- предотвращение боковых столкновений (Side On Collision Prevention);
- трансляция сигнала тревоги с поезда и станции;
- автоматическое включение звукового сигнала при приближении к переездам.

Обмен данными в системе управления производится по каналам связи и обмена данными УВЧ-диапазона с использованием серийно выпускаемых радиомодемов Guardian. Работа организована в дуплексном режиме. Используются дуплексные базовые станции повышенной надёжности и живучести со 100% дублированием. Разработчик выполнил доработку оборудования, направленную на сокращение задержек в передаче данных, возникающих при организации связи, с 40 до 30 мс. Длина пакета передаваемых с локомотива данных составляет 512 бит.

Общий вид терминала машиниста вышеупомянутой системы представлен ниже.



1. Внешний вид терминала машиниста системы управления поездами индийских железных дорог на этапе внедрения.

Общий вид рабочего макета бортового комплекса системы управления поездами индийских железных дорог представлен ниже.



2. Внешний вид рабочего макета бортового комплекса системы управления поездами индийских железных дорог на этапе внедрения.

Внешний вид радиомодема Guardian представлен ниже.



3. Внешний вид радиомодема Guardian.

Основные технические характеристики радиомодема Guardian представлены ниже.

7. Основные технические характеристики радиомодема Guardian.

Характеристика	Радиомодем Guardian-100/200/400/900		
	ОВЧ	УВЧ	900 МГц
Диапазон частот, МГц	136-174	215-240	406-470 450-512 928-960
Шаг сетки частот, кГц	25 или 12,5 (настраивается программно)		
Тип излучения	9K55F1D, 9K35F1D, 11K6F1D, 14K6F1D, 16K4F1D		
Потребляемый ток:			
- приём, мА	360 (10 В); 200 (20 В); 150 (30 В)		
- передача 40 дБм (10 Вт), А	4,6 (10 В); 2,04 (20 В); 1,37 (30 В)		
- передача 30 дБм (1 Вт), А	1,2-3,6 (10 В); 0,6-1,8 (20 В); 0,4-1,2 (30 В)		
Номинальная задержка при холодном старте, с	20		
Рабочее напряжение, В	10-30 (постоянный ток)		
Рабочая температура, °С	от -30 до 60		
Температура хранения, °С	от -45 до 85		
Влажность, %	5-95 (без образования конденсата)		
Габаритные размеры, см	13,97 (Ш) x 10,80 (Г) x 5,40 (В)		
Масса (в упаковке), кг	1,1		
Рабочий режим	Симплекс, полудуплекс, дуплекс		Симплекс, полудуплекс
Приемник			
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}), дБм:			
- 25 кГц	-100 (19,2 кбит/с), -107 (9,6 кбит/с), -110 (4,8 кбит/с)		
- 12,5 кГц	-107 (9,6 кбит/с), -110 (4,8 кбит/с)		

Характеристика	Радиомодем Guardian-100/200/400/900			
Подавление помех по соседнему каналу, дБ	60/12,5 кГц; 70/25 кГц			
Интермодуляция, дБ	>75			
Избирательность, дБ	>70/25 кГц; >60/12,5 кГц			
Передатчик				
Полоса пропускания без подстройки, МГц	38	38	64 (406,1-470)	32
			62 (450-512)	
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1-10			1-8
Время атаки, мс	<1			
Время переключения между каналами, мс	<15			
Импеданс, Ом	50			
Цикл работы на передачу, %	100			
Стабильность частоты, ppm	1,0			
Интерфейсы	RS-232 (DB9)			
Антенна	TNC (мама) – приём/передача, SMA (мама) – приём (для дуплексных моделей)			
Модем				
Скорость, кбит/с	4,8; 9,6; 19,2			
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, приём/передача			
Вид модуляции	2FSK			

Оборудование Guardian имеет встроенную диагностику и позволяет организовать автоматический сбор данных о текущем техническом состоянии в реальном масштабе времени. Диагностическая информация передается с каждым отправляемым сообщением. Для ее получения не требуется отдельного запроса, поскольку данные поступают в режиме ООВ (Out-of-band), не загружая радиоканал и не требуя отправки отдельного запроса о техническом состоянии и ответа на него.

Одна из наиболее современных схем управления движением поездов на промышленном железнодорожном транспорте реализована в автоматизированной системе диспетчерского управления и интервального регулирования, созданной для компании «Рио Тинто» (Австралия). АСУ обеспечивает автоматическое ведение поезда без участия машиниста с дистанционным управлением параметрами движения из объединенного центра диспетчерского управления на железнодорожной сети общей протяженностью более 1800 км. Технологическая радиосеть обмена данными функционирует на скорости 64 кбит/с использованием радиомодемов ParagonG3 (базовая станция) и GeminiG3 (подвижный объект). Базовые станции подключены к центру диспетчерского управления по волоконно-оптическому

каналу связи. В центр управления собираются данные о параметрах движения и техническом состоянии поездов, информация о техническом и оперативном состоянии средств железнодорожной автоматики, включая информацию с автоматически регулируемых железнодорожных переездов.

Внешний вид радиомодема базовой станции ParagonG3 представлен ниже.



4. Внешний вид радиомодема базовой станции ParagonG3.

Основные технические характеристики радиомодема базовой станции ParagonG3 представлены ниже.

8. Основные технические характеристики радиомодема базовой станции ParagonG3.

Характеристика	ParagonG3		
Диапазон рабочих частот, МГц	403-512	Передача: 762-773	Передача: 851-869
		Приём: 792-803	Приём: 806-824
Шаг сетки радиочастот, кГц	25 или 50		
Габаритные размеры, см	192,6 (Ш) x 56,0 (В) x 81,3 (Г)		
Потребление тока в режиме передачи, В	20 А/13,8 (ном.)	24 А/13,8 (ном.)	28 А/13,8 (ном.)
Рабочая температура, °С	от -30 до +60		
Температура хранения, °С	от -40 до +70		
Режим работы	дуплекс, 100% цикл		
Избирательность, дБ	75 (50 кГц), 85 (25 кГц)		
Программная синхронизация	Поддерживается при затухании сигнала		

Характеристика	ParagonG3		
Достоверность	1 x 10 ⁻⁹ (номинально, поврежденные пакеты посылаются повторно)		
Защита данных	128-битный ключ		
Приемник			
Избирательность:			
- 50 кГц		75	
- 25 кГц	87		85
Интермодуляция:			
- 50 кГц		80	
- 25 кГц	85		80
Побочное излучение, дБм	-90 до 4 ГГц		
Чувствительность, дБм (1% поврежденных пакетов на несущей частоте с применением технологии параллельного декодирования)	-98 (64 кбит/с)	-96 (128 кбит/с)	-95 (64 кбит/с)
	-104 (48 кбит/с)	-102 (96 кбит/с)	-101 (48 кбит/с)
	-110 (32 кбит/с)	-108 (64 кбит/с)	-107 (32 кбит/с)
Передатчик			
Выходная мощность, Вт	20-100	35-70	20-70
Тип излучения:			
- 32,0 кбит/с	16K0F1D		16K5F1D
- 48,0 кбит/с	13K7F1D		16K5F1D
- 64,0 кбит/с	13K7F1D	30K0F1D	16K5F1D
- 96,0 кбит/с		30K0F1D	
- 128,0 кбит/с		30K0F1D	
Вид модуляции:			
- 32; 48 и 64 кбит/с (25 кГц)	SRRC16FSK		
- 128,0 кбит/с	SRRC16FSK		
- 96,0 кбит/с	SRRC8FSK		
- 64,0 кбит/с	SRRC4FSK		
Побочное излучение:			
- в режиме передачи	-36 дБм до 1 ГГц/-30 дБм до 4 ГГц		

Характеристика	ParagonG3
- в режиме ожидания	-57 дБм до 1 ГГц/-47 дБм до 4 ГГц
Стабильность	5:1

Внешний вид бортового радиомодема GeminiG3 представлен ниже.



5. Внешний вид бортового радиомодема GeminiG3.

Основные технические характеристики радиомодема GeminiG3 представлены ниже.

9. Основные технические характеристики радиомодема GeminiG3.

Характеристика	GeminiG3		
Диапазон рабочих частот, МГц	403-460, 450-512	Приём: 792-803	Приём: 851-869
		Передача: 762-773	Передача: 806-824
Шаг сетки радиочастот, кГц	25 или 50		
Скорость обмена данными, кбит/с	32,0; 48,0 или 57,6 в канале с шагом сетки 25 кГц	64,0; 96,0 или 128,0 в канале с шагом сетки 50 кГц	32,0; 48,0 или 64,0 в канале с шагом сетки 25 кГц
Габаритные размеры, см	15,4 (Ш) x 5,1 (В) x 18,2 (Г)		
Количество каналов	32 (программируемые, удаленная настройка)		
Режим работы	полудуплекс		
Питающее напряжение, В	13,6 (ном.); 10,9-16,3		
Рабочая температура, °С	от -30 до +60		
Защита данных	AES 128-бит		
Защита по питанию	15 А (внешний предохранитель), защита от переплюсовки		

Характеристика	GeminiG3		
Потребляемый ток:			
- передача при 13,3 В, А	<12 А		
- приём при 13,3 В, мА	<750 (включая навигационный приемник)		
Приемник			
Чувствительность, дБм	-98 (64 кбит/с)	-94 (128 кбит/с)	-95 (64 кбит/с)
	-104 (48 кбит/с)	-100 (96 кбит/с)	-101 (48 кбит/с)
	-108 (43,2 кбит/с)	-106 (64 кбит/с)	-105 (43,2 кбит/с)
	-110 (32 кбит/с)		-107 (32 кбит/с)
Избирательность, дБ	77, номинально	68, номинально	77, номинально
	>75 мин. (25 кГц)	>65 мин. (50 кГц)	>75 мин. (25 кГц)
Интермодуляция, дБ	80, номинально,	78, номинально,	80, номинально,
	>75 мин.	>75 мин.	>75 мин.
Передачик			
Время атаки, мс	<10 (отклонение не более 1 мс)		
Выходная мощность, Вт	10-40	10-35	
Модем			
Коррекция ошибки	гиперкод		
Программная синхронизация	Поддерживается при затухании сигнала		
Достоверность	1×10^{-9} (номинально, поврежденные пакеты посылаются повторно)		
Частота появления ошибок	<1% @ -107 с коррекцией ошибки на скорости 32,0 кбит/с;		
	<1% @ -110 с коррекцией ошибки на скорости 25,6 кбит/с;		
	<1% @ -112 с коррекцией ошибки на скорости 19,2 кбит/с.		
Защита данных	128-битный ключ		
Протокол обмена данными	TCP/IP		

Внедрение системы позволило не только исключить локомотивную бригаду из процесса управления поездом, но коренным образом изменить всю систему диспетчерского управления и интервального регулирования. Возможность одновременного управляющего воздействия на все локомотивы позволила реализовать новую схему интервального регулирования, отказаться от использования значительной части железнодорожной автоматики и существенно сократить интервалы движения при сохранении высокого уровня безопасности. В результате были существенно увеличены объемы перевозок, поскольку новая система обеспечивает одновременное начало торможения для двигающихся в попутном направлении составов, что обеспечивает повышение плотности движения на железнодорожной сети.

В 2014 году началось внедрение на территории Республики Казахстан Системы интервального регулирования движения поездов на базе радиоканала СИРДП-Е. В качестве системы передачи данных между подвижными объектами и стационарным оборудованием СИРДП была выбрана система радиосвязи TETRA. По оценке казахских специалистов, преимуществами этой системы связи по сравнению с GSM-R являются ее более низкая стоимость и более высокая эффективность использования радиочастотного спектра. При построении сети связи применялся принцип двойного перекрытия оперативной зоны с позиций соседних базовых станций.

Средствами системы оборудованы несколько участков железнодорожной сети АО «НК «Казахстан Темир Жолы» общей протяженностью более 1600 км.

(продолжение следует)

Сноски