

Радиомодем Viper-SC+

для узкополосных технологических радиосетей обмена данными УКВ-диапазона нового поколения

Сергей Маргарян
sm@rodnik.ru

Времена «Интернета вещей» и сотовой связи очередного поколения не отменяют действия основополагающих законов радиотехники и теории информации, а лишь в очередной раз подтверждают их. Но так ли это? Хорошо известный закон Мура¹, которому в апреле текущего года исполнилось 50 лет, отражает быстрый рост производительности современных вычислительных средств, а также связанные с ним ускорение обработки и рост потоков данных в информационных системах. В то же время пропускная способность каналов связи, обеспечивающих функционирование этих информационных систем, растет значительно медленнее. Рост последней сдерживается не только технологическими, но и географическими факторами — средства связи и обмена данными должны функционировать на обширных территориях, зачастую с отсутствующей обеспечивающей инфраструктурой, надежно охватить которые становится все сложнее.

Поэтому возможности практического внедрения технологических достижений в области повышения скорости обмена данными при передаче их на большие расстояния оказываются весьма ограниченными. Использовать имеющиеся необходимую пропускную способность проводные каналы для решения данной задачи во многих случаях оказывается не только экономически нецелесообразным, но и технически невозможным. Увеличение же пропускной способности беспроводных каналов согласно теореме Шеннона — Хартли² требует повышения мощности радиосигнала, а использование диапазонов более высоких частот и более широкой полосы пропускания обусловлено уменьшением дальности работы беспроводного канала связи.

Возможности организации обмена данными на большие расстояния формализованы разрешительными документами, регулирующими использование радиочастотного ресурса и устанавливающими строгие рамки для беспроводной связи и передачи данных.

Масла в огонь противоречий между скоростью и дальностью обмена данными добавляют положения общеизвестных законов Мерфи³... В результате задача организации надежной радиосети обмена данными на большой территории превращается в серьезную головную боль, а ее эксплуатация ассоциируется с непосильными затратами.

Однако, как поется в знаменитой песне В. Высоцкого «Честь шахматной короны», все не так уж сумрачно вблизи. Свет в конце тоннеля в вопросе оптимизации беспроводных радиосетей обмена данными в части дальности — скорости — надежности ярко вспыхнул с появлением перспективной радиотехнической платформы Viper-SC+, предназначенной для работы по узкополосным каналам в диапазоне ультракоротких волн (УКВ).

Вышеуказанная платформа (технические характеристики оборудования представлены в таблицах 1 и 2) включает в себя:

- радиомодем Viper-SC+ (140-5018-502) с одним антенным входом;
- радиомодем Viper-SC+ (140-5018-503) с двумя антенными входами (разнесенный прием);
- базовую станцию Viper-SC+ (140-5118-502);
- базовую станцию Viper-SC+ (140-5318-502) повышенной надежности и живучести с резервированием всех компонентов;
- базовую станцию Viper-SC+ (140-5318-503) повышенной надежности и живучести с резервированием всех компонентов с двумя антенными входами (разнесенный прием).

Появление данной платформы в 2010 г., ее развитие и результаты эксплуатации впервые поставили под сомнение действие отдельных законов Мерфи в отношении технологических радиосетей обмена данными. Эти законы гласят:

- «Все не так легко, как кажется...»

Одной из непростых задач, связанных с развертыванием и настройкой технологической радиосети обмена данными, является организация сопряжения радиомодема с внешним устройством. Ранее оно выполнялось по последовательному

¹ Закон Мура — эмпирическое наблюдение, изначально сделанное Гордоном Муром, согласно которому (в современной формулировке) количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца.

² Теорема Шеннона — Хартли устанавливает шенноновскую емкость канала, верхнюю границу максимального количества безошибочных цифровых данных (то есть информации), которое может быть передано по такой связи коммуникации с указанной полосой пропускания в присутствии шумового вмешательства, согласно предположению, что мощность сигнала ограничена и гауссовский шум характеризуется известной мощностью или спектральной плотностью мощности. Данный закон получил название в честь Клода Шеннона и Ральфа Хартли.

³ Закон Мерфи (англ. Murphy's law) — шуточный философский принцип, который формулируется следующим образом: если есть вероятность того, что какая-нибудь неприятность может случиться, то она обязательно произойдет (англ. Anything that can go wrong will go wrong). Иностраный аналог русского «закона подлости», «закона падающего бутерброда» и «генеральского эффекта».

порту RS-232, но с появлением современных контроллеров, имеющих интерфейс Ethernet, задача усложнилась вследствие необходимости применять преобразователи. Наиболее широко с узкополосными радиомодемами используются преобразователи производства компаний Моха (от одного до 16 портов) и Lantronix (от одного до 48 портов). Простоту решению вернуло появление встроенного в радиомодем Viper-SC+ сетевого интерфейса RJ45 Ethernet и функции автоматического преобразования

RS-232 — Ethernet и обратно. Теперь узкополосный радиомодем поддерживает обмен данными по IP-протоколу в радиоканале и обеспечивает автоматическое преобразование данных при подключении к нему внешнего устройства по последовательному протоколу. Точнее, сразу двух внешних устройств, поскольку настроечный последовательный порт радиомодема (Viper-SC+ имеет два порта RS-232 — настроечный и информационный) также может быть сконфигурирован для об-

мена данными. Процедура настройки стала значительно проще — такой же простой, какой кажется с первого взгляда.

- «Всякая работа требует больше времени, чем вы думаете».

При развертывании технологической радиосети настройка отдельных радиомодемов и проверка правильности настройки занимают значительное время, которое иногда очень сложно спрогнозировать. Радиомодем Viper-SC+, как и некоторые другие современные устройства, от-

Таблица 1. Технические характеристики радиомодема Viper-SC+

Общие характеристики		Viper-SC+ 100/200/400/900			
		ОВЧ	200 МГц	УВЧ	900 МГц
		Диапазон частот, МГц	136–174	215–240	406–470; 450–512
Шаг сетки частот, кГц (настраивается программно)	50; 25; 12,5; 6,25	100; 50; 25; 12,5; 6,25	50; 25; 12,5; 6,25	100; 50; 25; 12,5	
Тип излучения	3К30F1D; 11К2F1D; 16К5F1D; 17К8F1D; 33К0F1D; 52К7F1D				
Потребляемый ток	прием, мА	450 (10 В); 240 (20 В); 170 (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	35				
Рабочее напряжение, В	10–30 (постоянный ток)				
Температура по спецификации, °С	–30...+60				
Рабочая температура, °С	–40...+70				
Температура хранения, °С	–45...+85 (без образования конденсата)				
Влажность, %	5–95 (без образования конденсата)				
Габариты, см (Ш×Г×В)	13,97×10,80×5,40				
Масса (в упаковке), кг	1,1				
Рабочий режим	Симплекс/полудуплекс				
Передатчик					
Полоса пропускания без подстройки, МГц	38	38	64 (406–470 МГц); 62 (450–512 МГц)	32	
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1–10			1–8	
Время переключения с передачи на прием, мс	<1				
Время переключения между каналами, мс	<15				
Импеданс, Ом	50				
Цикл работы на передаче, %	100				
Стабильность частоты, ppm	1,0	0,5	1,0	0,5	
Интерфейсы	2×RS-232 (DE-9F), 10Base-T RJ-45				
Антенна	TNC (мама) — прием/передача; SMA (мама) — прием (для двухпортовых устройств)				
Приемник					
Чувствительность, дБм (вероятность ошибки 1×10 ⁻⁶)	100 кГц	–	–103 (64 кбит/с); –96 (192 кбит/с); –89 (256 кбит/с)	–	–100 (64 кбит/с); –93 (192 кбит/с); –86 (256 кбит/с)
	50 кГц	–111 (32 кбит/с); –104 (64 кбит/с); –97 (96 кбит/с); –88 (128 кбит/с)			–108 (32 кбит/с); –101 (64 кбит/с); –94 (96 кбит/с); –85 (128 кбит/с)
	25 кГц	114 (16 кбит/с); –106 (32 кбит/с); –100 (48 кбит/с); –92 (64 кбит/с)			–111 (16 кбит/с); –104 (32 кбит/с); –97 (48 кбит/с); –89 (64 кбит/с)
	12,5 кГц	–116 (8 кбит/с); –109 (16 кбит/с); –102 (24 кбит/с); –95 (32 кбит/с)			–112 (8 кбит/с); –106 (16 кбит/с); –99 (24 кбит/с); –90 (32 кбит/с)
	6,25 кГц	–115 (4 кбит/с); –106 (8 кбит/с); –100 (12 кбит/с)			
Подавление помех по соседнем каналу, дБ	45/6,25 кГц; 60/12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц			60/12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц	
Интермодуляция, дБ	>75				
Избирательность, дБ	>70 (25 кГц); >60 (12,5 кГц); >55 (6,25 кГц)				
Время переключения с приема на передачу, мс	<2				
Время переключения между каналами, мс	<15				
Модем					
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64; 96; 128; 256				
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача				
Вид модуляции	2FSK, 4FSK, 8FSK, 16FSK				
Адресация	IP				

носится к программно-определяемым системам, созданным с использованием технологии SDR (Software Defined Radio)⁴. Встроенное программное обеспечение (ПО) позволяет устанавливать заданные номиналы рабочих частот (память радиомодема рассчитана на одновременное хранение 32 номиналов), шага сетки радиочастот, выходной мощности и скорости обмена данными. Все эти параметры после настройки в одном

радиомодеме могут быть перенесены в другой (функция клонирования настроечных данных). В результате практическая настройка большого количества радиомодемов занимает существенно меньше времени, чем вы думаете.

- «Из всех возможных неприятностей произойдет именно та, ущерб от которой больше». Наибольший ущерб при эксплуатации технологической радиосети возникает при выходе из строя

базовой станции. Типовая базовая станция в типовых радиосетях поддерживает работу 12–15 удаленных объектов (технически возможно и существенно больше), вследствие чего из-за прекращения ее работы теряется контроль над значительными ресурсами. Несмотря на высокую надежность современного оборудования (среднее время наработки на отказ радиомодемов Viper-SC+ составляет около 418 000 ч⁵), поломки и сбои в работе неизбежны.

Таблица 2. Технические характеристики радиомодема Viper-SC+ base station

Общие характеристики		Viper-SC+ 100/200/400/900 base station			
		ОВЧ	200 МГц	УВЧ	900 МГц
		Диапазон частот, МГц	136–174	215–240	406–470; 450–512
Шаг сетки частот, кГц	50; 25; 12,5 или 6,25 (настраивается программно)				50, 25 или 12,5
Тип излучения	6K00F1D, 9K30F1D, 15K3F1D				
Номинальная задержка при холодном старте, с	60				
Рабочее напряжение, В	10–30 постоянного тока				
Рабочая температура, °С	–30...+60				
Температура хранения, °С	–45...+85				
Влажность, %	5–95 (без образования конденсата)				
Габариты, см (Ш×Г×В)	41×12×29				
Масса (в упаковке), кг	5,2				
Рабочий режим	Симплекс/полудуплекс				
Передатчик					
Полоса пропускания без подстройки, МГц	38	38	64 (406,1–470 МГц); 62 (450–512 МГц)	32	
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1–10				
Время переключения с передачи на прием, мс	<1				
Время переключения между каналами, мс	<15				
Импеданс, Ом	50				
Цикл работы на передачу, %	100				
Стабильность частоты, ppm	1,0	0,5	1,0	0,5	
Интерфейсы	2×RS-232 (DE-9F), 2×10Base-T RJ-45				
Антенна	N-типа (мама)				
Приемник					
Чувствительность, дБм (вероятность ошибки 1×10 ⁻⁶)	100 кГц	–	–103 (64 кбит/с); –96 (192 кбит/с); –89 (256 кбит/с)	–	–100 (64 кбит/с); –93 (192 кбит/с); –86 (256 кбит/с)
	50 кГц	–111 (32 кбит/с); –104 (64 кбит/с); –97 (96 кбит/с); –88 (128 кбит/с)			–108 (32 кбит/с); –101 (64 кбит/с); –94 (96 кбит/с); –85 (128 кбит/с)
	25 кГц	–114 (16 кбит/с); –106 (32 кбит/с); –100 (48 кбит/с); –92 (64 кбит/с)			–111 (16 кбит/с); –104 (32 кбит/с); –97 (48 кбит/с); –89 (64 кбит/с)
	12,5 кГц	–116 (8 кбит/с); –109 (16 кбит/с); –102 (24 кбит/с); –95 (32 кбит/с)			–112 (8 кбит/с); –106 (16 кбит/с); –99 (24 кбит/с); –90 (32 кбит/с)
	6,25 кГц	–115 (4 кбит/с); –106 (8 кбит/с); –100 (12 кбит/с)			
Подавление помех по соседнем каналу, дБ	45/6,25 кГц; 60/12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц				60/12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц
Интермодуляция, дБ	>75				
Избирательность, дБ	>70 (25 кГц); >60 (12,5 кГц); >55 (6,25 кГц)				
Время переключения с приема на передачу, мс	<2				
Время переключения между каналами, мс	<15				
Модем					
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64; 96; 128; 256				
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача				
Вид модуляции	2FSK, 4FSK, 8FSK, 16FSK				
Адресация	IP				

⁴ Программно-определяемая радиосистема (англ. Software-defined radio, SDR) радиопередатчик и/или радиоприемник, функционирующий на основе технологии, которая позволяет с помощью программного обеспечения устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры, в частности диапазон частот, тип модуляции или выходную мощность, за исключением варьирования рабочих параметров, используемых в процессе обычной предварительно определенной работы с предварительно установленными установками радиоустройства согласно той или иной спецификации или системы.

⁵ Данные результатов эксплуатации по состоянию на март 2014 г.: радиомодемов в эксплуатации — 19 533; проведено ремонтов — 618; проработавших без поломок в течение четырех лет — 97%; общее время наработки — 258 254 000 ч.

ны. Базовая станция повышенной надежности и живучести в случае сбоя в работе или выхода из строя одного комплекта оборудования автоматически переключает работу на резервный, что предотвращает возникновение перерыва в работе. Использование такой базовой станции позволяет на практике создать технологическую радиосеть, очень хорошо защищенную от наиболее опасных неприятностей, приносящих большой ущерб.

- «Если четыре причины возможных неприятностей заранее устранены, то всегда найдется пятая».

Данное положение пока не удалось ни опровергнуть, ни подтвердить. В настоящее время серийно выпускается третья модификация радиомодема с версией встраиваемого программного обеспечения 3.8, в которой устранены все выявленные в процессе эксплуатации недостатки. Возможно, другие минусы проявятся позже, а пока значение параметра средней наработки на отказ только возрастает.

- «Предоставленные сами себе события имеют тенденцию развиваться от плохого к худшему».

Техническое состояние технологической радиосети на радиотехнической платформе Viper-SC+ могут оперативно контролировать средства программно-технического комплекса (ПТК) «Балтика», предназначенного для мониторинга рабочих параметров аппаратуры, включая идентификационный номер устройства, температуру внутри корпуса, напряжение питания, уровень сигнала, принимаемого базовой станцией радиосети от удаленного устройства, излучаемую мощность передатчика, мощность обратной волны.

ПТК «Балтика» позволяет следить за целостностью и качеством каналов технологической радиосети обмена данными, контролировать рабочие параметры радиотехнической аппаратуры, извещать оператора о нештатной работе каналов обмена данными, выявлять сбои в функционировании

основной электросети и факт перехода на питание от резервной сети (аккумуляторов).

Программное обеспечение ПТК производит сбор, анализ, отображение и архивирование информации, обеспечивая:

- конфигурирование (описание структуры) ПТК мониторинга технологической радиосети обмена данными, а также установку пороговых значений для измеряемых параметров оперативной диагностики;
- слежение за поступлением данных оперативной диагностики от радиомодемов Viper-SC+ на основании их идентификаторов и выдачу сигнала «авария», если эти данные пропадают;
- анализ отклонений значений данных оперативной диагностики от радиомодемов Viper-SC+ относительно пороговых значений и формирование сигнала «авария» при их выходе за установленные пределы;
- анализ данных оперативной диагностики для косвенного определения исправности абонентских радиомодемов Viper-SC+, работающих через удаленные ретрансляторы технологической радиосети обмена данными, не подключенные непосредственно к комплексу мониторинга;
- ведение журнала аварий, формирование и представление отчетов по видам аварий и времени их возникновения;
- анализ изменений данных оперативной диагностики с целью предсказания возможных аварийных ситуаций и сбоев.

Таким образом, технологическая радиосеть обмена данными на радиотехнической платформе Viper-SC+ может быть поставлена под жесткий контроль, исключающий самопроизвольное развитие ситуации по принципу «от плохого к худшему».

- «Как только вы принимаетесь делать какую-то работу, находится другая, которую надо сделать еще раньше».

Задача организации сопровождения развернутой радиосети по своей сложности во многих случаях оказывается на порядок сложнее, чем ее первоначальное развертывание. Это ежедневный трудоемкий процесс, направленный на поддержание радиосети в работоспособном состоянии. Радиомодемы семейства Viper-SC+ представляют собой устройства, функционирующие в необслуживаемом режиме и не требующие периодической юстировки. При наличии комплекта запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП) восстановление работоспособности радиосети заключается в замене блока радиомодема, которая сводится к подключению трех кабелей: антенного, информационного и питания. Такие скромные требования позволяют без труда переключаться на выполнение другой работы, которую надо сделать еще раньше.

- «Всякое решение плодит новые проблемы».

Проектирование технологической радиосети обмена данными на базе радиотехнической платформы Viper-SC+ в настоящее время приобрело характер типовой задачи, не представляющей серьезных трудностей для подготовленного персонала. Ее внедрение связано с решением ряда организационно-технических задач, включая получение радиочастотного присвоения, процедура которого, на радость владельцам таких сетей, максимально упрощена. А вот после решения этих задач полностью теряется основание для возникновения новых проблем, поскольку радиомодем Viper-SC+ разработан по принципу «установил — забыл».

Можно ли утверждать, что сам факт появления современной перспективной радиотехнической платформы Viper-SC+ отменил перечисленные выше положения закона Мерфи? Делать это прямо сейчас, наверное, будет преждевременно. Но у любого технического специалиста в области АСУ ТП и связи теперь есть возможность самостоятельно проверить это и сделать собственные выводы. ■

Новый модуль Sierra Wireless

для систем спутникового мониторинга

AirPrime HL8549-G Sierra Wireless — это совмещенный (WWAN/GNSS) модуль, предназначенный для систем спутникового мониторинга транспорта. В этом устройстве объединены блоки 3G и GPS/GLONASS. HL8549-G может работать в стандартах GPRS/EDGE/WCDMA/HSDPA/HSUPA. Модуль выполнен в едином для серии HL конструктиве LGA-146, что позволяет переходить от предыдущих версий к моделям следующих поколений с минимальными затратами.

Виктор Алексеев, к. ф.-м. н.

В августе 2015 г. Sierra Wireless объявила о начале продаж нового модуля AirPrime HL8549-G, в котором в одном корпусе объединены два устройства: WWAN-блок, предназначенный для приема и передачи данных в сетях 2G/3G, и ГНСС-приемник, работающий с сигналами навигационных спутников ГЛОНАСС и GPS [1]. Модуль спроектирован для работы в следующих диапазонах UMTS WCDMA FDD: 800(B19)/850(B5/B6)/900(B8)/1900(B2)/2100(B1) МГц. В стандарте

2G модуль работает в четырех диапазонах GSM/GPRS/EDGE: 850/900/1800/1900 МГц. Максимальная скорость передачи данных составляет 7,2 Мбит/с в режиме HSDPA (вниз) и 5,76 Мбит/с в режиме HSUPA (вверх). Кроме того, модуль HL8549-G поддерживает следующие функции стандарта HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access):

- полное соответствие 3GPP Release 7;
- модуляция Higher-Order Modulation (HOM);

Таблица 1. Частотные диапазоны модуля HL8549-G

Частотный диапазон	Полоса частот передатчика, МГц	Полоса частот приемника, МГц	Максимальная выходная мощность
UMTS B1	1922-1978	2112-2168	23 дБм (±2 дБм) Класс 3bis
UMTS B2	1852-1908	1932-1988	
UMTS B5	826-847	871-892	
UMTS B6	832-838	877-883	
UMTS B8	882-913	927-958	
GSM 850	824-849	869-894	2 Вт GSM, GPRS
E-GSM 900	880-915	925-960	2 Вт GSM, GPRS, EDGE
DCS 1800	1710-1785	1805-1880	1 Вт GSM, GPRS
PCS 1900	1850-1910	1930-1990	
GPS	-	1575,42 ±20	-
ГЛОНАСС	-	1597,5-1605,8	-

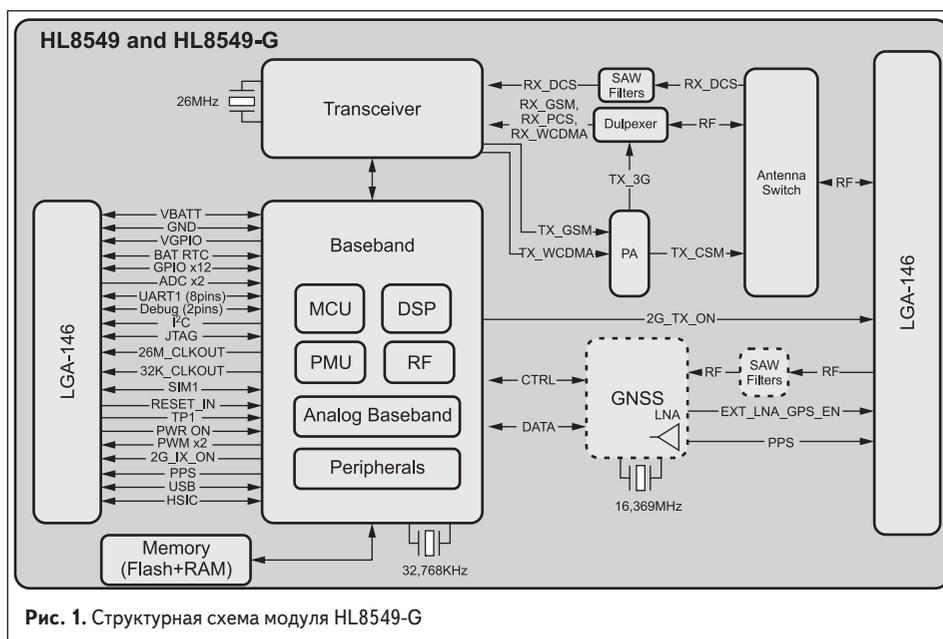


Рис. 1. Структурная схема модуля HL8549-G