

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ к радиорелейному оборудованию

Е.Евдокименко, независимый аналитик телекоммуникационного рынка

УДК 621.396.43

Во всем мире радиорелейные линии связи (РРЛС) наряду с волоконно-оптическими и спутниковыми каналами продолжают составлять основу телекоммуникационной инфраструктуры. Каким требованиям они должны удовлетворять сегодня?

Востребованность РРЛС обусловлена оптимальными экономическими показателями, высокой скоростью строительства и удобством масштабирования. На местности со сложным рельефом и гидрографией РРЛС часто являются наиболее экономически оправданным способом организации каналов связи.

В настоящее время и в обозримом будущем РРЛС будут иметь две основные области применения:

- магистральные линии связи;
- подключение базовых станций (БС) мобильных систем связи к магистральным телекоммуникационным сетям.

Сегодня неприменима традиционная градация РРЛС на магистральные, внутризональные и местные в зависимости от их протяженности. Правильнее рассматривать в качестве магистральной любую РРЛС, образующую транспортный уровень сети связи. В частности, эта точка зрения поддерживается Ассоциацией отечественных производителей и потребителей радиорелейных систем связи (АПОРРС).

В России магистральные РРЛС продолжают довольно широко использоваться в качестве опорных линий магистральных сетей различных операторов в малообжитых регионах (например, в районах Крайнего Севера и местностях, приравненных к ним) и районах со сложным рельефом. Однако в этой

области РРЛС постепенно замещаются волоконно-оптическими линиями связи (ВОЛС). Поэтому основным применением магистральных РРЛС становится организация ответвлений от магистралей к удаленным и труднодоступным населенным пунктам (объектам), а также использование их в качестве резерва для ВОЛС и временных линий связи.

Строительство и модернизация магистральных РРЛС наиболее активно осуществляется в районах Крайнего Севера, где ведется активная экономическая деятельность, прокладываются нефте- и газопроводы. Выбор технологии построения транспортной инфраструктуры в этих регионах во многом предопределен их климатическими и природными особенностями. Чрезвычайно низкие температуры в зимний период, наличие огромного количества водных преград и болот, а также вечная мерзлота грунта серьезно затрудняют использование волоконной оптики.

Кроме того, в таких регионах при построении линий связи протяженностью менее 2 тыс. км РРЛС более рентабельны по сравнению со спутниковыми каналами связи. Поставщики спутниковых услуг связи надеются, что с ростом группировки спутников высокой пропускной способности (HTS) цены на их каналы ощутимо снизятся, и их услуги станут более конкурентоспособными. Однако вследствие ограничений

на использование емкости иностранных спутников значительного увеличения предложения НТС-ресурса не следует ожидать ранее 2025 года.

Сегодня наиболее крупными владельцами магистральных РРЛС в России являются:

- операторы нефтегазовых предприятий, обеспечивающие технологическую связь вдоль нефте- и газопроводов;
- операторы магистральных телекоммуникационных сетей: Ростелеком, МегаФон, МТС, ВымпелКом и некоторые другие.

Если на магистральном уровне в результате масштабного строительства ВОЛС доля РРЛС постепенно снижается, то на распределительном уровне беспроводных сетей (в первую очередь мобильных) количество РРЛС (правда, в основном малоинтервальных) постоянно растет, и предел этому росту не наблюдается на горизонте ближайшего десятилетия. Преимуществом подключения БС с помощью РРЛС является оперативность построения и легкость наращивания соответствующих каналов связи на любой местности, в том числе в условиях городской застройки.

Крупнейшими владельцами РРЛС, используемых в распределительных сотовых сетях, является большая четверка мобильных операторов России: ВымпелКом, МегаФон, МТС и Т2 РТК Холдинг (Tele2).

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РРС

Хотя в российских телекоммуникационных сетях еще можно встретить аналоговое радиорелейное оборудование, в новых проектах используются исключительно цифровые системы. Поэтому далее мы будем рассматривать только цифровые радиорелейные станции/системы (РРС).

Согласно общемировой тенденции перехода на IP-транспорт от РРС требуется, чтобы они обеспечивали не только поддержку каналов PDH/SDH/ATM, но и передачу IP-трафика по протоколам Ethernet или MPLS. В первом случае специалисты употребляют термин "TDM-транспорт", во втором – "пакетный транспорт". В настоящее время для решения этой задачи в основном используются гибридные РРС, обеспечивающие параллельную передачу обоих видов трафика в радиостволе. Однако во все больших масштабах новые РРЛС строятся полностью пакетными, в которых TDM-трафик передается прозрачно или посредством эмуляции каналов PDH/ATM в единой среде Ethernet. Параметры этой технологии включены в стандарт MEF 8 консорциума Metro Ethernet Forum

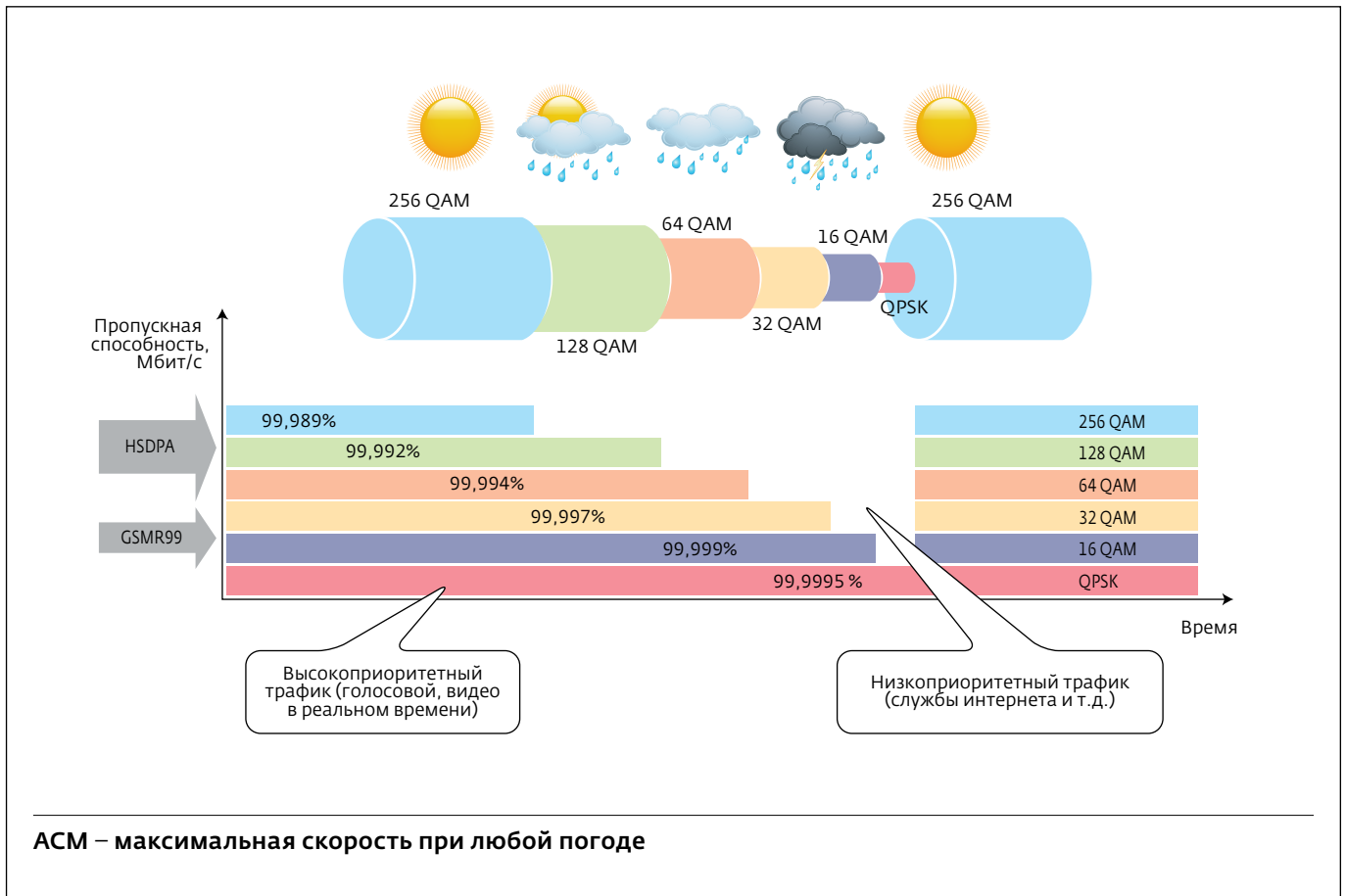
(MEF) под названием "Служба эмуляции каналов поверх Ethernet" (CESoETH).

- Современные РРС должны также обеспечивать:
- эффективность использования спектра (ЭИС);
 - поддержку интерфейсов для различных сред передачи, в том числе с пропускной способностью 1 Гбит/с;
 - качество обслуживания (QoS) пакетного трафика, не уступающее по своим параметрам TDM-транспорту;
 - возможность интеграции с любой другой средой передачи (в частности, поддержку колец и ответвлений по "оптике" и кабелям "витая пара").

В современных РРС высокий уровень ЭИС достигается главным образом за счет следующих средств:

- многопозиционная модуляция QAM: от 256 до 1024 позиций (в стандартной полосе 28 МГц при уровне 256 QAM достигаются скорости в 200 Мбит/с, а в полосе 56 МГц – вдвое больше; при уровне 1024 QAM пропускная способность увеличивается еще на 25%);
- двойная ортогональная поляризация и применение технологии подавления кросс-поляризационных помех (Cross Polarization Interference Canceller, XPIC)*, что позволяет удвоить пропускную способность в радиостволе;
- передовые технологии помехоустойчивого кодирования – например, турбокодирование, основанное на комбинации блочного кодирования LDPC (Low-Density Parity-check Code) и полиномиального кода BCH (Bose-Chaudhuri-Nocquenghem);
- адаптивное кодирование и модуляция (АСМ), обеспечивающие максимально возможную пропускную способность при текущих условиях распространения радиосигнала (см. рисунок). Требуемый уровень QoS пакетного трафика обеспечивается благодаря поддержке следующих протоколов и технологий:
- VLAN, включая стандарты IEEE 802.1Q и IEEE 802.1ad (Q-in-Q);
- синхронизации кадров Ethernet по стандарту IEEE 1588v2;
- резервирования – Ethernet Line Protection (G.8031) и Ethernet Ring Protection (G.8032v2);

* Требуется дополнительный радиоблок и антенна с двойной поляризацией.



- управления и контроля сервисов Ethernet – 802.1ag и Y.1731.

В целях реализации вышеописанного функционала пакетные РРС имеют в своем составе устройства с функциями маршрутизации и коммутации. Согласно рекомендациям MEF, встроенный в РРС Ethernet-коммутатор может также поддерживать функцию агрегации каналов (Link Aggregation, LA), благодаря чему два или более физических радиоканалов объединяются в один логический канал. Его пропускная способность может достигать несколько гигабит в секунду. Функция LA служит также для дополнительной защиты трафика с высоким приоритетом. В случае отказа какого-либо из агрегированных каналов высокоприоритетный трафик в соответствии с политикой QoS будет распределен между действующими каналами.

Пакетные РРС расширяют также возможность применения РРС в сетях распространения программ цифрового ТВ. Поскольку основным физическим интерфейсом в цифровом вещании является DVB-ASI, то оптимально его наличие в РРС, используемых в транспортных сетях

цифрового ТВ. Это позволяет избежать установки конвертеров интерфейсов, которые вносят джиттер в ТВ-сигнал. Кроме того, наличие ASI-мультиплексора дает возможность добавления в общий поток локального контента.

В РРС транспортных сетей ЦТВ полезно иметь еще две функции. Во-первых, возможность передачи сигнала опорной синхронизации передатчиков DVB-T2, чтобы не устанавливать дорогостоящие опорные генераторы, работающие от GPS. Во-вторых, возможность преобразования потока MPEG в IP-ТВ.

В обозримом будущем основной сферой применения РРС останутся распределительные сети мобильных операторов. По данным исследования компании Ericsson, в 2020 году в регионе, к которому относится Россия, посредством РРС будет подключено около 60% технических площадок (сайтов) под БС. Отдельно следует остановиться на использовании пакетных РРС в новой архитектуре распределенных базовых станций.

Данная архитектура предполагает обслуживание одним блоком цифровой обработки

(BBU) нескольких вынесенных на различные расстояния удаленных радиоблоков (Remote Radio Unit/Head, RRU/RRH). Каналы соединения BBU с RRH/RRU получили название fronthaul, русскоязычный эквивалент которого пока не установлен. Для обеспечения совместимости продукции разных производителей блоки распределенной БС общаются между собой по специальному протоколу CPRI (Common Public Radio Interface), который поддерживает передачу данных на скоростях от 614,4 до 9 830,4 Мбит/с.

Архитектура распределенных БС все чаще применяется в сетях 3G/4G, где очень высоки требования к пропускной способности распределительной сети. Например, в сетях LTE теоретическая пиковая скорость загрузки данных абонентом составляет 150 Мбит/с. Таким образом, каждая трехсекторная БС LTE (eNodeB) требует подключения на скорости до 450 Мбит/с, а так как архитектура распределенных БС позволяет устанавливать на одной площадке несколько BBU, то требование гигабитного подключения сайта вполне оправдано.

В городах и вдоль основных автодорог полным ходом идет развертывание сетей LTE-Advanced (4G+), которые уже сейчас поддерживают теоретические пиковые скорости приема данных на абонентские терминалы до 300 Мбит/с, а в обозримом будущем эти скорости возрастут до 1 Гбит/с на сектор. Таким образом, площадка размещения BBU должна быть подключена каналами с пропускной способностью от нескольких до десятка гигабит в секунду. Наиболее эффективно такую скорость обеспечивает технология Ethernet с интерфейсами 1 и 10 Гбит/с.

Поддержка таких скоростей наилучшим способом решается с помощью ВОЛС. Однако с появлением широкополосных РРС для диапазонов V и E (60–90 ГГц), обеспечивающих гигабитные скорости передачи данных, стало возможным применения для этих целей и РРЛС.

В частности, МегаФон с прошлого года использует РРС NEC iPASOLINK EX с интерфейсом CPRI в Сибири и на Дальнем Востоке. Эти станции работают в E-диапазоне и способны обеспечить скорость передачи данных до 3 Гбит/с на расстоянии до 1 км.

РЕАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ СОВРЕМЕННЫХ РРС РАЗЛИЧНЫМИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ

Современное поколение иностранных РРС, выпускаемых как крупнейшими универсальными

телекомпроизводителями (Ericsson, Huawei, NEC, Nokia), так и специализированными поставщиками радиорелейного оборудования (Aviat, Ceragon, E-Band, Intracom, Siklu и др.), реализует практически весь функционал, описанный выше, и обладает сходными показателями энергетики, помехоустойчивости и надежности. Об этом свидетельствует множество сравнительных испытаний и анализ характеристик РРС [1].

В результате основным критерием выбора импортного оборудования становятся технико-экономические особенности контракта, в частности, условия поставки, оптовые скидки и гарантийные обязательства.

Ряд отечественных компаний продвигает РРС под своими торговыми марками. В их числе такие фирмы, как НПФ "Микран", ООО "Микролинк-Связь", ГК "НАТЕКС", ЗАО "Радиан", ООО "Кьютэк", ООО "Имаклик Сервис" (ТМ Imaqliq).

Отечественные вендоры пока мало представлены в самом выгодном сегменте, а именно в сегменте распределительных сетей операторов мобильной связи, которые являются главным потребителем оборудования для РРЛС малой протяженности. В первую очередь это связано с тем, что сотовые операторы предпочитают покупать БС и средства их подключения к магистральным сетям у одних и тех же производителей. По их мнению, это обеспечивает полную совместимость транспортной сети и сети беспроводного доступа (RAN), благодаря чему не требуется никакой их адаптации друг к другу, в том числе по системам управления и мониторинга.

Российские поставщики РРС в основном работают для корпоративных и государственных заказчиков. Это относительно нишевые сегменты, поэтому доля отечественных ТМ на российском рынке РРС в традиционных частотных диапазонах (от 4 до 38 ГГц) составляет, по разным оценкам, не более 10–20%, а в набирающих популярность (особенно среди сотовиков) новых V- и E-диапазонах пока невелика. При этом российские бренды преобладают в специфических диапазонах 400 МГц и ниже, используемых в технологических сетях и РРЛС госзаказчиков, в том числе из сферы обороны, общественной и государственной безопасности.

Вместе с тем оборудование отечественных производителей обладает рядом преимуществ по сравнению с продукцией зарубежных

конкурентов. Весьма важно наличие локальных сервисных центров, техническая поддержка и консультации на русском языке, а также быстрая реакция на запросы клиентов. В частности, российские поставщики более оперативно производят ремонт оборудования. Кроме того, как рассказал заместитель генерального директора ЗАО "Радиан" Максим Махх, отечественное радиорелейное оборудование, в отличие от импортного, располагает специфическими "российскими" интерфейсами аналоговой телефонии и низкоскоростной передачи данных.

Регулятор также стимулирует спрос на российские разработки – обобщенное решение ГКРЧ облегчает процедуру получения частотных присвоений для отечественного оборудования. Еще одним его конкурентным преимуществом является отсутствие финансовых и временных издержек, связанных с таможенными процедурами.

Соответствие отечественной радиорелейной продукции современным требованиям к РРС можно оценить на примере оборудования нескольких ведущих производителей, представленных ниже.

ЗАО НПФ "Микран" (Томск)

Новейшей разработкой компании является семейство магистральных гибридных РРС МИК-РЛ4...15Р+, основанное на собственных схемотехнических решениях и элементной базе. Изделия этой линейки работают в традиционных диапазонах от 4 до 15 ГГц, поддерживают безобрывное изменение модуляции в пределах QPSK-1024QAM и помехоустойчивое кодирование. Встроенный в систему коммутатор позволяет из пакетного (до 4×GE), синхронного (до 4×STM-1) и плезиохронного (до 96×E1) трафика сформировать в любом сочетании от одного до четырех групповых потоков, которые распределяются между активными стволами согласно установленному виду резервирования и приоритета.

ООО "Микролинк-связь" (Москва)

Гибридные РРС семейства MLink-G предназначены для работы как в традиционных диапазонах, так и в E-диапазоне (71-76/81-86 ГГц). В последнем пропускная способность в радиостволе может достигать 2,5 Гбит/с. Поддерживаются технологии адаптивной модуляции (в пределах QPSK – 1024QAM) и помехоустойчивого кодирования.

В системе MLink-G используются высокочастотные виды модуляции, позволяющие получить высокую спектральную эффективность (4-1024QAM, QPSK). Малая ширина рабочей полосы частот упрощает создание интервалов с большим числом радиоканалов и частотное планирование.

Система MLink-G обеспечивает как прозрачную передачу различных видов трафика, так и инкапсуляцию TDM-трафика в IP-пакеты (TDMoIP). Имеется встроенный коммутатор уровня L2/L3. Поддерживаются агрегация каналов, режим двойной поляризации и технология подавления кросс-поляризационных помех (XPIC).

ЗАО "РАДИАН" (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

Компания уже четверть века продвигает РРС на основе собственных схемотехнических решений и импортной элементной базы. Современные РРС этого производителя являются гибридными, то есть позволяют передавать в одном радиостволе трафик TDM и Ethernet. Они работают в традиционных диапазонах от 4 до 38 ГГц, поддерживают безобрывную адаптивную модуляцию в пределах QPSK-1024QAM и помехоустойчивое кодирование Рида-Соломона. Максимальная пропускная способность в одном радиостволе – 400 Мбит/с (в радиоканале шириной 56 МГц). Всего стволов может быть восемь, схема резервирования – "7+1" или "6+2".

Радиорелейное оборудование может поставляться в комплекте с мультиплексорами собственной разработки Радиан каналов STM-1 или E1. РРС, позволяющие передавать телевизионный сигнал, имеют интерфейсы ASI/SDI и Ethernet 10/100 с гибким перераспределением полосы пропускания. Канал Ethernet может использоваться как для управления оборудованием цифрового ТВ, так и для передачи IP-трафика.

В заключение отметим, что, по мнению председателя совета АПОРРС Леонида Брусиловского, российские компании по уровню функционала своих решений стараются не отставать от мировых лидеров, однако добиваться этого при сохранении собственной схемотехники все труднее. Экономически выгодным становится использование зарубежных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ругайн Ю.В. Тенденции развития современных радиорелейных систем распространения диапазонов // Инженерный вестник. 2014. № 10.