

# Текущее состояние и перспективы магистральных РРС



**Леонид БРУСИЛОВСКИЙ,**  
председатель Совета Ассоциации  
отечественных производителей  
и потребителей радиорелейных  
систем связи

Были сформулированы также технические признаки магистральных РРС:

- по рабочей полосе частот: от 3,4 ГГц до 11,7 ГГц;
- по скорости передачи: от 155 Мбит/с (поток STM-1 синхронной цифровой иерархии, SDH);
- по количеству радиоканалов каналов: многоканальные.

Естественно рассматривать магистральную РРС как средство построения магистральной РРЛ. Но сегодня такая трактовка будет суженной. Правильнее рассматривать в качестве магистральной любую РРС, образующую транспортный уровень высокоскоростной системы связи.

Традиционными потребителями магистральных РРЛ были основной отечественный оператор фиксированной связи «Ростелеком», а также Центральное телевидение Гостелерадио СССР (ЦТ СССР). РРЛ использовались для ответвлений от оптоволоконных магистралей к удаленным

Что такое «магистральная РРС», которую нам предстоит рассмотреть? В нормативном документе Минсвязи России от 1993 г.<sup>\*</sup> дано определение магистральной радиорелейной линии (РРЛ): «...линия передачи, соединяющая две или более внутризональные первичные сети взаимосвязанной сети связи (ВСС). Внутризональная – радиорелейная линия передачи, соединяющая две или более местные первичные сети зоны или области». Таким образом, основным признаком магистральных РРЛ является их протяженность (РРЛ «Москва – Дальний Восток» – 12,5 тыс. км) и принадлежность к федеральному уровню.

и труднодоступным объектам, в качестве резервных линий связи для ВОЛС и временных каналов связи. В итоге к середине 70-х годов прошлого века суммарная протяженность радиорелейных линий в СССР превысила 100 тыс. км.

Сегодня основным потребителем магистральных РРЛ и локомотивом их развития стала мобильная связь. При внедрении сетей в стандартах 3G и 4G транспортная сеть (backhaul) должна обеспечивать скорость 150 Мбит/с от базовой станции к контроллеру и 450 Мбит/с – от контроллера к базовой станции (согласно требованиям альянса NGMN), причем для этого все реже используются трибунарные потоки данных E1. Поэтому наряду с оборудованием класса SDH появились скоростные РРС класса Super PDH, которые отличаются следующими особенностями:

1) служат универсальным средством связи, поддерживают любую среду передачи (высокоскоростные радиочастотные каналы до нескольких Гбит/с, кольца и ответвления на «витой паре», оптические кольца и ответвления);

2) обеспечивают объединение любого типа трафика: TDM,

IP (пакетного), смешанного с разделением полосы пропускания на TDM и пакетную; прямую передачу потокового сигнала для цифрового телевидения (ASI);

3) обеспечивают синхронизацию пакетов Ethernet (IEEE 1588), сквозные службы эксплуатации, администрирования и наладки (Ethernet OAM, IEEE 802.1ag), компрессию заголовков для увеличения пропускной способности;

4) имеют улучшенные характеристики радиоканала, а именно:

- максимальные скорости передачи в радиоканале за счет нового поколения сигнальных процессоров цифровой обработки радиосигналов;
- высокую спектральную эффективность за счет реализации высоких типов модуляции (от 256- до 2048-QAM);
- удвоение информационной емкости за счет передачи в одной полосе частот двух радиоканалов в ортогональных поляризациях с подавлением кросс-поляризационных помех (XPIC);
- использование всей возможной ширины спектра за счет адаптивной модуляции и кодирования

<sup>\*</sup> ВНТП-213-93 Москва, 1993 г.

с безобрывным переключением (АМС) и политики приоритета обслуживания (QoS), что позволяет не прерывать передачу приоритетного трафика;

- фактическое достижение теоретического порога Шеннона для помехоустойчивого кодирования за счет использования комбинации блочного кодирования LDPC (Low-Density Parity-Check Code) и полиномиального кода BCH;
- высокую энергетику пролетов за счет применения алгоритмов снижения искажений, что позволяет применять антенны меньшего размера;
- свободный выбор рабочей частоты путем программной настройки на заданные номиналы в рамках всего диапазона (механизм автоматической смены широкополосных фильтров);

5) обеспечивают оптимальную мощность и гибкость за счет универсального радиоблока, универсальных слотов для вставных интерфейсов на нижнем оборудовании узла связи и покупки только необходимых лицензий и ПО (Pay as you grow);

6) поддерживают развитые схемы резервирования с безобрывным переключением: 1+0, 1+1 (горячий резерв), 1+1 (пространственно разнесенный прием), 1+1 (частотно разнесенный прием), 2+0 (XPIC), 4+0 (XPIC), N+1.

Одновременно с РРС класса Super PDH мобильными операторами, перед которыми не стоит задача обеспечения преемственности между старыми сетями и сетями 4G, востребованы скоростные пакетные IP РРС. В них обеспечивается Ethernet операторского класса (Carrier Ethernet), который характеризуется наличием стандартизованных сервисов, масштабируемостью, высокой надежностью, возможностью управления и поддержкой QoS для передачи голоса, видео и данных. При этом в них часто присутствует встроенный коммутатор уровня L2 или L3. IP РРС более экономичны, поскольку обычно имеют только наружное исполнение и питание PoE.

Использование на магистральных РРЛ современного радиорелейного оборудования транспортного уровня существенно снижает капитальные затраты и эксплуатационные расходы за счет перехода на

улучшенную сеть и сервисы с использованием существующего оборудования, уменьшения затрат на электроэнергию, а также на оборудование за счет высокой эффективности использования спектра.

Все основные зарубежные производители РРС, представленные на отечественном рынке (см. табл. 1), предлагают наряду с традиционным оборудованием SDH оборудование

гораздо лучше адаптированы к суровым зимним условиям эксплуатации, что особенно важно для добывающих отраслей с учетом федеральных программ освоения регионов Арктики. Конечно, на технический уровень отечественного оборудования существенно повлияло то, что с 2000-х годов радиорелейная связь оказалась в немилости у наших регуляторов. Прежде всего это

## Сегодня основным потребителем магистральных РРЛ и локомотивом их развития стала мобильная связь.

класса Super PDH. При этом общепринятые характеристики каждый дополняет своими «изюминками»: компактным размером и минимальным весом радиоблока, использованием антенн ММО вплоть до 4×4, изощренными схемами резервирования вплоть до горячего резерва 16+1 или 4+0 XPIC. Особый интерес

выражается в процедуре получения частотных присвоений. Действующая редакция Федерального закона № 126-ФЗ «О связи» устанавливает разрешительный порядок доступа пользователей к радиочастотному спектру. В результате процедура получения частотных присвоений имеет непредсказуемый результат: отказ

## Отечественные производители также выпускают РРС класса Super PDH, и они гораздо лучше адаптированы к суровым зимним условиям эксплуатации.

к оборудованию сейчас вызван интенсивным освоением Е-диапазона (60–90 ГГц). Особенность затухания радиочастот в атмосфере позволяет создавать сверхвысокоскоростные гигабитные радиоканалы длиной до 10 км в полосах 71–76/81–86 ГГц, 92–94 ГГц, 94,1–95 ГГц (см. табл. 2). Их востребованность обусловлена тем, что высокая производительность сетей LTE обеспечивается за счет плотного расположения базовых станций (до 5 км), и тем, что в большинстве стран, в том числе и в России, этот диапазон является безлицензионным.

Отечественные производители также выпускают РРС класса Super PDH (табл. 1, 2). По некоторым показателям они уступают продвинутому зарубежным образцам, но зато они

на этапе анализа электромагнитной совместимости с радиоэлектронной аппаратурой гражданского и особенно военного назначения может быть дан без объяснения причин. А положение прежней редакции ФЗ от 7 июля 2003 г. о том, что российским потребителям необходимо индивидуально получать федеральное разрешение на использование отечественного оборудования, имеющего все необходимые лицензии и сертификаты, чуть полностью не погубило отрасль. Этим воспользовались зарубежные производители, независимо развивающиеся на мировом рынке, где подобные строгости отсутствуют, и умеющие решать для себя административные проблемы в России. В результате

Таблица 1. Традиционные PPC (4...38 ГГц)

Марка	Производитель	Пропускная способность (Мбит/с) в одном радиоканале (1+0, 28 МГц)	Схемы резервирования	Интерфейсы (макс.)	Тип трафика в радиоканале
МИК-РЛ4...15P+	НПФ «МИКРАН» www.micran.ru (Россия)	5...156,8	1+0, 2+0 (XPIC), 1+1 (ГР, ПРП, ЧРП)	3x16E1/E3/ FE/ STM-1	TDM и IP
NATEKS MICROLINK-S	ГК «НАТЕКС» www.nateks.ru (Россия)	155	1+0, 2+0 (XPIC), 4+0 (XPIC), 1+1 (ГР, ПРП, ЧРП), 2+2	63xE1, 2xSTM-1, 5x1GbE	TDM и IP
РАДИАН/STM-1 N+1	ЗАО «РАДИАН» www.radian.spb.ru (Россия)	155	N+1	STM-1	TDM и IP
РАДИАН/STM-1		155	1+0, 2+0 (XPIC), 1+1 (ГР, ПРП, ЧРП)	STM-1	TDM и IP
РАДИАН/STM-1/ASI/ Ethernet		188		63xE1+E1, 2xSTM-1, 4xASI, FE	TDM и IP
FibeAir IP-20C	CERAGON Networks www.ceragon.com (Израиль)	1000	LoS 4x4 MIMO/XPIC	5xFE, 2xGbE	TDM и IP
RTN IP LH	Huawei Technologies www.huawei.com/ru/ (Китай)	до 8000 суммарно	N+0 (N ≤ 8) / N+1 (N ≤ 7; no XPIC) / XPIC N+0 (N ≤ 7)	E1, STM-1, FE, GE	TDM и IP
RTN Agile IP LH		до 14 000 суммарно	N+0 (N ≤ 14) / N+1 (N ≤ 7) / XPIC N+0 (N ≤ 7)	E1, STM-1, FE, GbE	TDM и IP
iPasolink 100	NEC Corporation www.nec.com (Япония)	230	1+0	16xE1 (до 91xE1), 2xFE, 2xGbE	TDM, IP, гибридный
iPasolink 200			1+0, 2+0 (XPIC), 4+0 (XPIC), 1+1 (ГР, ПРП, ЧРП), 2+2		
iPasolink 400				4xGbE, 64T1, 10GbE	
iPasolink 1000		200	1+0	1xGbE	IP
iPasolink AX		155 на 1 линию	N+1 (N: ≤ 9) 2x(N+1)/XPIC (N: ≤ 4) N+0 (N: ≤ 10) 2x(N+0) (N: ≤ 4)	STM-1	TDM
DMR5000S	SAF Tehnika AS www.saftehnika.com (Латвия)	175	11+0, 1+1 (ГР, ПРП, ЧРП), Кольцо/ячейки (с STP), 2+0, 3+0, 4+0 (Агрегация Ethernet)	До 63xE1, 1xFE/ GbE, 3xSTM-1	TDM и IP

## Сокращения:

AMC – адаптивное кодирование и модуляция  
CCDP – сонаправленная передача стволос с двойной поляризацией (используя XPIC)  
FE – Fast Ethernet 10/100baseT  
GbE – Gigabit Ethernet 1000baseT (SX, LX)

IDU – внутреннее оборудование PPC  
ODU – наружное оборудование PPC  
QAM – Quadrature Amplitude Modulation  
QPSK – Quadrature Phase Shift Keying  
STM-1 – Synchronous Transport Module 1

Таблица 2. PPC E-диапазона (E-band, 71–76 / 81–86 ГГц)

Марка	Производитель	Пропускная способность (Мбит/с) в указанной полосе (МГц)	Схемы резервирования	Интерфейсы (макс.)	Вид модуляции	Максимальная дальность (км) с достоверностью 99,9 для антенны 1/2 ft
PPC-1000-E60	ЗАО «ДОК» www.dokitd.ru	1250 FDD / 1250	1+0, 1+1, 2+0	1GbE	QPSK	7,2 / 8
E-Link 1000	E-Band Communication Corp. (США) www.e-band.com	1250 FDD / 1000	1+0, 1+1, 2+0	1GbE	QPSK	8 / 10 AMC
EtherHaul-1200F	Siklu Communication Ltd www.siklu.com	1000 FDD	1+0, 1+1, 2+0	4xGbE	QPSK/ QAM16/ QAM64	2 / 4
EtherHaul-1200T		1000 суммарно		2xGbE	QPSK	
iPasolink EX	NEC Corporation www.nec.com	3200 FDD / 500	1+0, 1+1, 2+0 (XPIC)	2xGbE	QPSK.. 256QAM	3,5 / 5,5 AMC
RTN-380	Huawei Technologies www.huawei.com/ru/	2500 FDD / 500	1+0, 1+1, 2+0	3xGbE	QPSK.. 64QAM	3,5 / 5,5 AMC

## Общие характеристики для всех производителей

Исполнение: наружный моноблок с интегрированной антенной диаметром 1 или 2 ft

Тип трафика в радиоканале – IP  
Обеспечивается Ethernet операторского класса (Carrier Ethernet)

Вид модуляции	Адаптация к эфиру	Потребляемая мощность / рабочая температура / масса наружного блока / габариты	Конструктив	«Июминка»	Демонстрация на выставке «Связь-Экспокомм' 2013
QPSK. 256QAM	Рид-Соломон, адаптивная мощности передатчика	<60 Вт / -55...+55 °C / 10 кг / 264x370x125 мм	Split (ODU+IDU)	Работа при низких температурах в условиях Крайнего Севера и Сибири	Стенд производителя
QPSK. 128QAM	AMC	<35 Вт / -50...+55 °C / 6 кг / 243x243x72 мм	Split (ODU+IDU)	Схема резервирования 4+0 (XPIC). Поддержка Sync-E для сетей LTE; поддержка VLAN и Q-in-Q	Стенд производителя
QPSK. 128QAM	Рид-Соломон, цифровая фильтрация, адаптивный эквалайзер	60 Вт	Indoor ODU	Работа при низких температурах. До 4 ASI/SDI. Компрессия заголовков для потокового трафика (ASI)	Стенд производителя
QPSK. 256QAM	- " - AMC	<50 Вт / -50...+50 °C / 5,5 кг / 277x142x194 мм	Split (ODU+IDU)		
QPSK. 256QAM	- " - AMC				
QPSK. 1024QAM	Параллельная работа радиолиний, LoS 4x4 MIMO	25 Вт / -45...+55 °C / 4 кг / 200x200x85 мм	Split (ODU+IDU)	Многоядерная радиотехнология. Параллельная работа радиолиний	Стенд производителя
QPSK. 1024QAM	8 уровней QoS	730 Вт	Split (ODU+IDU) All indoor, Split (ODU+IDU), All outdoor	До 16xSTM-1 на антенну; TDM/Hybrid/Packet; E2E QoS. Ускоритель производительности Ethernet	Стенд производителя
QPSK. 256QAM	AMC, программная настройка на рабочие частоты в пределах целого диапазона	30 Вт (6-11G) или 23 Вт (13-42G) / -33...+50 °C / 3кг / 237x237x101 мм (6-8G) 239x247x68 мм (10-42G)	Split (ODU+IDU)	Универсальные интерфейсные слоты. Полный диапазон синхронизации (TDM, Sync-E, внутренняя). Поддержка кольцевой защиты TDM и Ethernet для радиоканалов	Стенд производителя
QPSK. 512QAM			Split (ODU+IDU) до 2 линий		
			Split (ODU+IDU) до 4 линий		
			Split (ODU+IDU) до 16 линий		
QPSK. 256QAM	AMC	40 Вт / -33...+50 °C / 4,8 кг / 294x294x88 мм	ODU only	Поддерживаются функции пакетных сетей VLAN, QoS	
64, 128 QAM	Рид-Соломон, адаптивный корректор	250 Вт / -10...+55 °C / 200 кг Стойка 2200x660x300 мм	Indoor ODU	Флагманская модель	
QPSK. 256QAM	AMC	18 Вт / -33...+55 °C / 3,9 кг / 288x288x80 мм	Split (ODU+IDU)	Конфигурации: кольцо, восток-запад	Не участвовал

XPIC – передача в ортогональных поляризациях с подавлением кросс-поляризационной помехи  
 ГР – горячий резерв  
 ПРП – пространственно-разнесенный прием  
 ЧРП – частотно-разнесенный прием

Для антенны 1 ft: потребляемая мощность / рабочая температура / масса наружного блока / габариты	«Июминка»	Демонстрация на выставке «Связь-Экспокомм 2013
35 Вт / -50...+60 °C / 6 кг / 340x230x120 мм	Адаптирована к условиям Крайнего Севера	Стенд производителя
<44 Вт / -45...+60 °C / 3,9 кг / ø524x79 мм	Наибольшая мощность передатчика в классе E-band	Стенд дистрибьютора – ООО «Центр Социнтех» <a href="http://www.socintech.com">www.socintech.com</a>
25 Вт / -45...+55 °C / 4 кг / 254x225x50 мм	Самое экономичное оборудование в классе E-band	Основа Телеком LTE
???	Встроенный коммутатор L2	Стенд производителя
PoE / -40...+65 °C / 5,5 кг / 265x265x75 мм	PPC 2-го поколения. Ускоритель производительности	Стенд производителя

#### Сокращения:

FDD – Full Duplex

доля зарубежного оборудования в гражданском секторе отечественного рынка явно превышает 90–95%. Особенность таможенного регулирования, беспопытно пропускающего готовую зарубежную продукцию, но устанавливающего пошлины на компоненты, даже отсутствующие в России, также не стимулируют нашу радиопромышленность. Поддерживают сейчас отечественных производителей в основном заказы силовых ведомств да небольшие ниши гражданского рынка специальных приложений. Созданный в 2013 г. Совет Ассоциаций предприятий радиоэлектронной промышленности России тесно сотрудничает с Министерством промышленности и торговли для сохранения этой важной народнохозяйственной отрасли. ■