

УДК 621.396

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СВЯЗИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Л.М. Коновалов, к.т.н., проф., начальник лаборатории №4231 филиала ФГУП НИИР–ЛОНИИР, klm@loniir.ru.

Аннотация: статья посвящена рассмотрению основных тенденций развития радиорелейной связи в современных условиях. Приведены организационные, технологические и технические предпосылки её развития, раскрыто их содержание. Особое внимание уделено роли и значимости пакетных радиорелейных систем.

Ключевые слова: радиорелейная связь, пропускная способность, трафик, пакетная радиорелейная система.

Введение. В телекоммуникационной научно-технической и бизнес среде в последнее время ведется дискуссия о роли и месте радиорелейной (РР) связи в системе передачи информации. Особенно она обострилась с началом широкого внедрения в практику связи волоконно-оптических линий с их огромными возможностями обеспечения пропускной способности на значительные расстояния при минимальном воздействии на них внешней среды. С появлением столь могучего конкурента РР связи прочили непереносимое забвение. Однако, как показывает практика, этого не произошло. Более того, на сегодняшний день каждый из этих родов связи имеет свои четко очерченные границы применимости, более того они мирно сосуществуют и очень часто взаимно дополняют друг друга. Впрочем, так и должно быть, когда во главу угла ставится решение единой задачи.

Целью данной статьи является рассмотрение основных тенденций развития радиорелейной связи в современных условиях непрерывного расширения и совершенствования как самой инфокоммуникационной среды, так и предоставления услуг в этой сфере.

Основные предпосылки развития радиорелейной связи на современном этапе.

Основные предпосылки (не касаясь конкурентной рыночной борьбы в сфере производства и сбыта радиорелейной продукции), предопределяющие устойчивое внутреннее развитие РР связи и сохранение её достаточно высокого удельного веса на рынке предоставления услуг, условно можно разделить на организационные, технические и технологические.

По взглядам научно-технического сообщества данные предпосылки могут быть обусловлены следующими факторами:

1. Организационные предпосылки:

- объективной необходимостью повышения пропускной способности в связи с устойчивой тенденцией роста числа пользователей и все большими возможностями расширения номенклатуры и повышения качества предоставляемых инфокоммуникационных услуг;
- все более ярко выраженным переходом к передаче данных (ПД), мультимедийной, в том числе видеoinформации, в том числе и в движении;
- снижением удельного веса передачи голосовых сообщений, появлением устойчивой тенденции к передаче разнородной информации (ПД, видео, голос) в пакетированном виде;

- возможностями реализации современных схем объединения и разделения цифровых потоков, каналов, сообщений и сопряжения разнородных линий связи с целью перераспределения телекоммуникационного ресурса на складывающихся информационно важных направлениях;
- возможностями построения разветвленных динамически реконфигурируемых сетей РР связи с адаптацией режимов работы обусловленных потребностями пользователей и влиянием среды распространения.

2. Технологические предпосылки:

- возможностями по внедрению автоматизации в управление процессами установления и ведения связи, адаптивной регулировки мощности, смены режимов работы, непрерывного контроля качества связи и его поддержание на заданном уровне, документирования (ведение альманаха событий и т.д.), удобства пользования оборудованием, реализации дистанционного управления оборудованием и т.д.

3. Технические предпосылки:

- необходимостью поиска и применения простых недорогих технических (в том числе и интерфейсных) решений для доведения разнородной информации непосредственно до потребителя, в том числе находящегося в движении (использование технологий пакетных РР-систем, LTE и т.д.), при работе в условиях межсимвольной интерференции и сложной радиоэлектронной обстановки (применение сигнально-кодовых конструкций, многочастотных сигналов OFDM, COFDM и т.д.);
- необходимостью обеспечения высокой надежности функционирования оборудования и линий связи путем автоматизации управления ими, резервирования элементов основного оборудования, внедрением поучасткового тестирования линий (сетей), путем широкого использования шлейфов по трактам интерфейса, ПЧ и СВЧ, необходимостью быстрого поиска неисправностей;
- использованием современной элементной базы, микроминиатюризацией СВЧ узлов, освоением более высоких участков диапазона СВЧ (с целью возможности более компактного размещения оборудования в одном малогабаритном контейнере) и т.д.

Заметим, что распределение перечисленных предпосылок по отмеченным уровням весьма условно в силу их сложной зависимости и взаимовлияния. Приведем простой пример. Техническая предпосылка миниатюризации узлов СВЧ, широкое применение схем с программируемой логикой приводит к возможности компоновки внутреннего и внешнего РР оборудования в одном малогабаритном контейнере внешнего размещения (например, на трубостойке), что весьма выгодно решает проблему необходимости выделения (аренды) площадей для его развертывания. Зачастую в этом просто может не быть необходимости (становится возможным развертывание окончательных и промежуточных РР станций с нулевой занимаемой площадью). Кроме того, унификация интерфейсов позволяет непосредственно к РР контейнеру подводить волоконно-оптический кабель, что снимает ряд проблем стыковки рассматриваемого разнородного оборудования, упрощает процесс сопряжения линий связи, благотворно влияет на вероятностно-временные характеристики доставки сообщений до пользователей и, в конечном счете, на экономику связи.

Основные направления развития радиорелейной связи. Вначале рассмотрим становление РР связи с точки зрения перечисленных предпосылок.

В организационном плане РР связь прошла путь от применения линий (одно- и многоинтервальных: местной, зонной и магистральной связи) до сетей: опорных, распределительных и доступа. На этапе становления сетевых структур каналаобразующие средства, в том числе и

средства РР связи использовались в интересах так называемой первичной сети, в то время как средства коммутации, распределения трафика и его доведения до пользователя выполняла вторичная сеть. Успехи научно-технического прогресса, создание новой элементной базы, переворот в технологиях проектирования и производства современных средств связи позволили достичь такого уровня унификации, что приведенное выше деление средств на современном этапе представляется искусственным и постепенно изживает себя. Особенно мощный стимул в своем совершенствовании средства РР связи получили в связи с развитием сотовой связи и интернета в первую очередь для построения соответствующих опорных и распределительных сетей, в том числе для реализации мобильных приложений. Представляется, что отмеченная тенденция сохранит свое влияние на весьма длительную перспективу, ввиду отсутствия сколь-нибудь заметных альтернатив.

С технической точки зрения развитие средств РР связи до недавнего времени шло традиционно в направлении совершенствования их возможностей и технических характеристик за счет освоения новых частотных диапазонов, задействования новых видов сигналов, применения новых, в том числе многопозиционных методов модуляции и т.д.

За последние 10–15 лет средства РР связи буквально преобразились. Отметим основные направления, по которым происходило развитие средств РР связи и покажем их основное содержание.

Смена парадигмы непрерывного времени на дискретное привело к повсеместному переходу к цифровым методам передачи и широкому применению цифровой обработки сигналов. Что позволило в свою очередь перейти к программно-аппаратной реализации основных узлов РР оборудования на основе программируемой логики, задействованию спецвычислителей для автоматизации основных технологических процессов формирования и обработки сигналов. В конечном итоге это привело к существенному снижению массогабаритных характеристик оборудования, дало реальную возможность компоновать его в одном конструктиве внешнего размещения без деления на внутреннее (IDU) и внешнее (ODU) оборудование. Дополнение РР оборудования элементами вторичной сети (коммутаторами, маршрутизаторами) позволяет рассматривать средства РР связи полноправными элементами сетевой структуры. Это позволяет избежать структурирования оборудования по его принадлежности к первичной либо вторичной сети, как следствие – этого позволяет упростить структуру управления и взаимодействия элементов между собой, сократить обслуживающий персонал, ускорить и сделать более удобным проключение маршрутов сообщений, маневрирование отдельными цифровыми каналами, потоками и т.д.

Стремление без ухудшения качества связи снизить энергетику РР линий привело к комплексированию методов обработки сигналов с помехоустойчивым кодированием в виде сигнально-кодовых конструкций. Незначительное (в единицы процентов) снижение их пропускной способности стало разумной платой за определенные выигрыши: снижение остроты проблемы ЭМС, повышение удельной плотности применения радиоизлучающих средств в ограниченном пространстве и т.д.

Проблема повышения пропускной способности РР линий неразрывно связана с переходом в более высокочастотную область диапазона (к миллиметровым волнам), межсимвольной интерференцией сигналов и эффективным использованием спектра. Это привело разработчиков РР оборудования к повсеместному широкому использованию многопозиционных методов модуляции, широкому применению адаптивных корректоров частотно-фазовых характеристик канала и задействованию многочастотных сигналов, например, OFDM и COFDM. Среда распространения радиоволн особенно в области диапазона выше 15 ГГц также накладывает свой отпечаток на архитектурный облик РР оборудования и динамику обеспечиваемых им параметров. Это выражается в необходимости внедрения адаптивного управления скоростью передачи информации с адаптивным выбором вида модуляции в зависимости от состояния среды распространения и (или) требуемого качества связи. Вместе с тем многократно возросшие требования к средствам связи по пропускной способности разработчики не в состоянии разрешить задействованием

какого-либо одного метода. Поэтому для решения этой проблемы они вынуждены прибегать к комплексированию целого ряда обособленных методов. Практика подтверждает, что достаточно эффективным способом решения поставленной задачи является комплексирование одного или нескольких рассмотренных выше методов с технологией MIMO. Образно говоря, данная технология повышает масштабируемость линии за счет увеличения мерности независимых трактов распространения и обработки сигналов [1, с. 28].

Еще одним важным направлением развития является многофункциональность и многоопционность средств РР связи. Впрочем, данное направление вообще присуще большинству современных радиотехнических разработок. В значительной степени это обусловлено программно-аппаратной реализацией радиосредств и возможностями технологии современного производства. Количество функций и опций того или иного устройства в большей степени определяется программированием в меньшей степени аппаратно и направлено на удобство пользования услугами, поэтому стало возможным нивелирование стоимости одно- и многофункциональных устройств, что и послужило катализатором развития этого направления.

Весьма эффективным и многообещающим представляется развитие такого направления в РР связи как пакетный метод передачи информации. В последнее время этот подход получил заметное распространение в плане его технической реализации и применения на практике [2-6]. С технико-экономической точки зрения внедрение данного метода обусловлено простотой и удобством пользования интерфейсом средств РР связи для стыковки с оконечным оборудованием пользователя, что, несомненно, благотворно сказывается на экономических показателях. На сегодняшний день наибольшее распространение получила пакетная технология IP/Ethernet, в которой независимо друг от друга сочетаются обработка TDM-трафика (по сути, кросс-коммутация TDM-поток) и механизм Ethernet-коммутации для передачи Ethernet-кадров. Данная технология основана на том, что конвертирование TDM-трафика в Ethernet-кадры осуществляется с помощью специальной функции межсетевого взаимодействия D-IWF (Dedicated Interworking Function) [2, с. 44], которая регулирует передачу разнородного трафика и обеспечивает слаженную работу пакетного РР оборудования по радиоканалу. Техническая реализация данного направления терминологически закреплена в названии – пакетная РР-система [2, с. 44]. Определяющим в пакетной РР-системе является наличие механизма распознавания и обработки пакетных услуг (механизм планировки, обеспечивающий, например, оптимальность параметра качества услуг, фрагментация пакетов для того, чтобы время ожидания пакета было детерминированным, давало возможность дискретной обработки пакетов и минимизировать вариации задержки высокоприоритетного трафика и т.д.). Данную систему выгодно отличает более высокая эффективность передачи информации (предоставление TDM-услуги с производительностью как и в TDM-радио), минимальное время задержки вносимое системой, улучшение параметров FER (Frame Error Ratio – частота появления ошибок кадра).

Таким образом, понятие пакетной РР-системы шире, чем понятие традиционных РР-сетей на основе Ethernet. Не случайно пакетные РР-системы, являясь более прогрессивными, устойчиво развиваются в направлении применения в сетях 4G/LTE [7-9].

Заключение. Развитие информационного общества, стремление к более широкому удовлетворению потребностей его членов в различных видах информационных услуг, в том числе мультимедийных, неуклонно ведут к необходимости создания средств со все большей пропускной способностью. Это заставляет искать новые пути реализации выдвигаемых требований. Особенно это характерно для сотовой связи с точки зрения социальных предпосылок: ее массового использования, привлекательности для бизнеса на рынке предложения услуг, быстрой отдачей капиталовложений. С технической точки зрения, принятие таких решений на построение сетей, чтобы имелась возможность сочетания в них существующих и перспективных средств, масштабируемость сетей и т.д. С технологической точки зрения – задействование единых технологий

доступа к сети, унификация интерфейсного оборудования и т.д.

Подводя итоги выше изложенного, можно с уверенностью сказать, что в обозримом будущем РР связь не утратит своего значения и далее будет занимать достойное место в телекоммуникационной системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Уилки Ю.** Влияние канальных эффектов на характеристики систем MIMO // Электронные компоненты. 2009. № 10. С. 27–30.
2. **Вольпато П.** Повышение производительности пакетной радиорелейной сети за счет фрагментации и улучшения функциональности FER // Электросвязь. 2013. № 4. С. 44–46.
3. **Котов С.Г.** Современные тенденции в радиорелейном оборудовании // Вестник связи. 2010. №9. С. 51–52
4. **Москалев П.В., Петренко А.А.** Системы радиорелейной связи: от гибридных к пакетным // Вестник связи. 2011. №2. С. 51–54.
5. **Матвиив Р.М.** Системы РРЛ: время пакетных технологий // Вестник связи. 2010. №10. С. 41–42.
6. **Радиорелейные линии связи во второй декаде XXI века** // Вестник связи. 2011. №2. С. 55–56.
7. **Варукина Л.А.** Технология MIMO в системах LTE // Электросвязь. 2009. №11. С. 52–55.
8. **Райал Ф.** Физический уровень LTE // Электронные компоненты. 2010. № 10. С. 36–41.
9. **Бочкарев Н.** Обзор стандарта связи LTE. Часть IV. Стандарт LTE Advanced // Электронные компоненты. 2013. № 4. С. 23–26.