



**Артемьев  
Андрей Юрьевич,**  
коммерческий директор  
компании «Авалком»

## Организация радиорелейных линий связи в горной местности

Развертывание любых беспроводных систем связи связано с решением большого количества сопутствующих организационных и технологических задач. А при их развертывании в горной местности влияние различных нюансов существенно возрастает и определяет специфические требования к оборудованию.

Для того чтобы определиться с основными требованиями к оборудованию, необходимо четко представлять специфику работы в условиях гор. На вопрос «А почему именно беспроводные каналы?» ответ дается довольно простой: в районах с малой плотностью населения или сложным географическим рельефом организация наземных (волоконно-оптических, проводных) каналов связи оказывается весьма сложной технически и крайне неэффективной экономически. В горной же местности имеются оба усложняющих фактора — малочисленное население и удаленность населенных пунктов. К этому прибавляются естественные преграды: горные хребты, ущелья и реки. Правда, организация наземных каналов связи не всегда возможна и оправдана и в городских условиях.

Второй особенностью организации радиорелейных систем связи в горной местности являются техническая и административная сложности их создания. Несмотря на общий принцип организации магистральных каналов, их строительство в горной местности существенно отличается от «равнинного» варианта. Это отличие называется «безвариантность». Что имеется в виду?

Рассмотрим пример организации всего одного радиорелейного интервала между двумя объектами в направлении, пользующимся повышенным спросом со стороны различных пользователей, таких,

например, как силовые структуры, операторы связи, корпоративные пользователи. Первое, что необходимо для этого, — антенно-мачтовые сооружения (увы, в случае работы с радиорелейным оборудованием от них никуда не деться) и подвод к ним электропитания. Строительство антенных опор требует возведения фундамента, проведения геодезических исследований, проектирования, что весьма непросто в условиях скального грунта, а организация электропитания предполагает либо создание отвода от существующих линий электропередач, либо установку автономного источника питания, например дизель-генератора. Как показывает практика, зачастую и первое, и второе мероприятия могут оказаться нереализуемыми (либо финансово нецелесообразными), и тогда в качестве альтернативы может рассматриваться организация пассивных ретрансляторов.

Помимо базового комплекта административных проблем — частотные разрешения, рабочее проектирование и т. п. — первопроходцу горных трасс приходится сталкиваться и с рядом дополнительных проблем, таких, например, как проведение согласований и получение соответствующих разрешений по отводу территории, на которой будет осуществляться строительство, а также разрешения на подключение к существующим линиям электропередач, либо возникает вопрос подвода (подвоза) топлива для автономных источников питания.

Предположим, что все описанные выше проблемы решены и первый пользователь построил антенно-мачтовые сооружения, установил на них оборудование, начал работать. Следующий, заинтересованный в этом же направлении пользова-

тель, потенциально имеет две возможности: либо договориться об аренде мест на уже существующих сооружениях, либо строить рядом свои, повторяя тернистый путь первопроходца. Построить заново непросто, но вполне реально. На равнине... А горах из-за рельефа местности все гораздо сложнее: зачастую для того, чтобы закрыть какое-то одно направление (например, для организации радиорелейной трассы вдоль ущелья), возможно только одно место для установки антенно-мачтового сооружения и, соответственно, оборудования. Но ведь оно уже занято! Однако, для нашего примера будем исходить из лучшего: нашему второму пользователю удалось договориться об аренде мест на существующих сооружениях, и он начал работу... Приходит следующий пользователь. И ему удается договориться с установкой своего оборудования на этом же объекте. Но будет ли он иметь возможность работать? А вот это уже будет зависеть от наличия частотного ресурса — остался ли он?

Проблема частотного ресурса напрямую связана с протяженностью нашего радиорелейного интервала. Чем длиннее интервал, тем ниже должна быть рабочая частота. Если, к примеру, расстояния в 10–15 километров можно закрыть оборудованием частотных диапазонов вплоть до 23 ГГц (при этом необходимо учитывать требуемую информационную емкость интервала), то для расстояний от 50 км и выше имеет смысл вести разговор только о диапазонах 6–8 ГГц. А поскольку и данный ресурс вовсе не резиновый, то далеко не факт, что нашему третьему (либо четвертому, пятому, энному) пользователю от него что-либо достанется. На первый взгляд, решить вопрос нехватки частот



можно просто, перейдя на другой, более высокий, частотный диапазон. Но как всегда есть НО. И, простите за каламбур, не одно. Первое НО состоит в том, что при всем желании нам не обмануть природу — для различных частотных диапазонов имеются свои особенности распространения радиоволн, и чем выше диапазон, тем больше в нем затухание сигнала. Теоретически, данное «но» можно попытаться обойти за счет увеличения размера и, соответственно, усиления применяемых антенн. Вроде бы все просто. Но тут проявляется второе НО — установка большой антенны требует наличия достаточного свободного места на вышке, может потребовать специальных механизмов по подъему антенны, ее монтажу и влечет за собой увеличение ветровой нагрузки на антенно-мачтовое сооружение, что может оказаться весьма критичным для их эксплуатации в горных условиях. И даже если мы смогли решить эти проблемы, всё равно можем столкнуться с дилеммой — а есть ли смысл увеличивать размер антенн на более высоких диапазонах, если все равно атмосферные затухания и замирания сигнала в этих диапазонах на больших дистанциях зачастую превышают получаемый выигрыш от усиления антенн? При не стоит забывать, что

в горах суточные перепады температур — явление довольно частое, и, как следствие, возможны туманы, осадки и т. д. Конечно, это может сказываться не весь календарный год, но нужна ли нам система, которая работает только летом, а зимой впадает в «медвежью спячку»?

Получается, что для организации магистральных каналов в горной местности вариантов у нас практически нет — все «светят» в одном направлении, с одних антенно-мачтовых сооружений, на соседних частотных каналах. Значит, у нас остается только один выход из ситуации — выбор оборудования, которое позволит как можно лучше вписаться в определенные рамки. Это можно считать первым критерием отбора.

Еще одним критерием выбора магистрального оборудования должны быть его универсальность и способность к масштабированию с минимальными дополнительными затратами. Под универсальностью оборудования понимается его способность передавать различные форматы данных — каналы E1, потоки IP, структуру SDH/ATM. Совсем необязательно, чтобы установленное оборудование изначально было оснащено данными интерфейсами — достаточно того, чтобы оно было готово к подобному рас-

ширению в дальнейшем. Подобное расширение является одной из составляющих понятия «масштабирование». А вторая составляющая данного понятия определяется постоянно возрастающими запросами по информационной емкости уже сформированного канала — зачастую возникает необходимость в увеличении пропускной способности канала без изменения его структуры (например, в увеличении скорости Ethernet-канала) на уже имеющемся оборудовании в пределах выделенного частотного ресурса.

**Исходя из всего сказанного, основными требованиями к оборудованию беспроводных радиорелейных магистральных каналов связи, применяемых в горной местности, должны быть:**

1. Поддержка по возможности широкого частотного диапазона;
2. Оптимальное использование частотного ресурса, т. е. возможность работы на соседних номиналах, предоставление возможности выбора ширины рабочей полосы канала в зависимости от доступного ресурса (например, настройки на полосы шириной 3,5, 7, 14, 28 МГц), несколько вариантов исполнения для различных значений дуплексных разносов, четкое соответствие указанным паспортным параметрам ширины рабочей полосы;
3. Возможность наиболее безболезненной перестройки рабочей частоты в пределах определенных частотных диапазонов — зачастую для того, чтобы осуществить перестройку оборудования даже в одном частотном диапазоне, требуется замена аппаратной его части;
4. Поддержка наибольшего количества доступных уровней модуляции позволяет увеличивать информационную скорость канала на уже имеющемся частотном ресурсе за счет применения более скоростной модуляции (разумеется, при достаточной энергетике сигнала);
5. Возможность увеличения емкости уже сформированного канала без изменений в аппаратной части за счет применения более скоро-





- стной модуляции и/или расширения применяемых частотных номиналов (при достаточной энергетике сигнала);
6. Возможность одновременного использования различных сетевых интерфейсов с гибкой балансировкой пропускной способности канала связи между ними (например, между потоками E1 и каналом Ethernet);
  7. Масштабирование сформированной радиорелейной линии без замены аппаратной ее части;
  8. Наиболее универсальные блоки и модули для минимизации количества запасных частей (например, интерфейсные модули оборудования должны работать с радиоблоками различных диапазонов, интерфейсные модули должны предполагать возможность их перестановки из одного шасси в другое и т. д.).

Ну и, наконец, оборудование должно быть надежным! Обслуживание узлов связи в горных условиях является весьма дорогостоящим мероприятием — только для того, чтобы добраться до удаленного горного узла связи, может потребоваться специализированное транспортное средство (например, вертолет — в зимних условиях, когда дороги на перевалах либо завалены снегом либо перекрыты из-за вероятности схода лавин и селей).

Разумеется, любое оборудование необходимо выбирать, в первую очередь исходя из задачи, которую оно должно решать. Поэтому не исключено, что ТО оборудование, которое нужно именно для ЭТОЙ задачи, по каким-то критериям не будет соответствовать вышеперечисленным восьми пунктам. Это не означает, что данное оборудование однозначно плохое и негодное — нет, оно просто не соответствует конкретному требованию. Зато закрывает целый перечень других, более критичных для данной инсталляции проблемных точек, что является более важным для данного случая. Но, разумеется, чем возможности оборудования ближе к перечисленным требованиям, тем лучше — большие возможности

и функциональность редко бывают лишними.

Ну и в конце обзора хотелось бы сказать пару слов о ретрансляции сигнала. При работе в горных условиях, например вдоль изогнутых ущелий, иногда возникает необходимость в организации поворота радиорелейной трассы. В идеальной ситуации в точке излома целесообразно устанавливать активное оборудование, соответствующее по своей функциональности характеристикам ретранслируемого канала. Однако установка активных ретрансляторов требует (так же как и установка основного радиорелейного оборудования) строительства антенно-мачтовых сооружений, подвода электропитания и установки аппаратного контейнера для активного оборудования. Сопутствующие этому проблемы были озвучены в начале данной статьи и, зачастую, их решение является технически невозможным либо экономически нецелесообразным. В таком случае на помощь могут прийти пассивные ретрансляторы. Что это такое?

В обычных условиях самым простым типом пассивного ретранслятора является обычный плоский металлический лист нужного размера и геометрии. Основной принцип работы такого ретранслятора известен еще со времен школьного курса физики — «угол падения равен углу отражения». Однако при работе в горных условиях эти углы падения и отражения должны рассматриваться в обеих плоскостях — и горизонтальной, и вертикальной. К сожалению, на плоском листе далеко не всегда возможно обеспечить требуемый угол переотражения сразу в обеих плоскостях. В этой ситуации необходимо проводить специализированные расчеты, на основании которых изготавливается лист переотражения сложной геометрии. Однако в случае незначительно перепада высот между начальной и конечной точками радиорелейной трассы ретранслятор на основе металлического листа может оказаться вполне оправданным решением, как с технической, так и с экономической стороны.

Для ситуаций с большой разницей высот между начальной и конечной точками радиорелейной трассы, требующих сложных расчетов и отражающего листа сложной геометрии, более подходящим решением задачи пассивной ретрансляции может являться стыковка двух антенн по схеме «спина-к-спине» через волновод. В этой ситуации за счет юстировки антенн в вертикальной и горизонтальной плоскостях упрощается решение задачи «угол падения — угол отражения». Однако и у этого метода есть отрицательная сторона. Угол между падающим и отраженным лучами должен быть как можно большим, т. к. в противном случае ретранслируемый сигнал будет подвержен интерференционному воздействию основного сигнала.

Как видно из вышесказанного, оба метода пассивной ретрансляции имеют свои плюсы и минусы, и выбор одного либо другого метода должен осуществляться для каждого конкретного случая отдельно. Общим же минусом обоих вариантов является то, что любой пассивный отражатель требует существенного увеличения размеров антенн, применяемых на ретранслируемом интервале (двух в случае с металлическим листом либо четырех в случае ретранслятора на двух антеннах) и не снимает вопроса построения хоть какого-то антенно-мачтового сооружения. А раз требуется антенно-мачтовое сооружение, то, может быть, имеет смысл завести туда электропитание и получить качественный активный ретранслятор?



#### Компания «Авалком»

Россия, 107023, г. Москва  
Большая Семеновская ул., д.40, стр. 1

Тел.: (495) 785-1498

Факс: (495) 785-1489

E-mail: info@avalcom.ru

URL: <http://www.avalcom.ru>