

ОРГАНИЗАЦИЯ

радиорелейных линий связи в горной местности

А.Артемов, коммерческий директор компании "Авалком" / info@avalcom.ru

Развертывание любых беспроводных систем связи связано с решением большого числа сопутствующих организационных и технологических задач. При развертывании же систем в горной местности трудности существенно возрастают. Это предъясняет ряд специфических требований к оборудованию, используемому для организации беспроводной связи.

Для того чтобы определиться с основными требованиями к оборудованию, необходимо четко представлять специфику работы в условиях гор. Во-первых, это малая плотность населения, удаленность населенных пунктов друг от друга и сложный географический рельеф. Поэтому организация в горах наземных (волоконно-оптических, проводных) каналов связи оказывается весьма сложной технически и крайне неэффективной экономически.

Второй особенностью организации радиорелейных систем связи в горной местности являются техническая и административная сложность их создания. Несмотря на общий принцип организации магистральных каналов, их строительство в горной местности существенно отличается от "равнинного" случая. Это отличие называется "безвариантность". Что имеется ввиду?

Рассмотрим пример организации радиорелейного интервала между двумя объектами в направлении, представляющем интерес для различных организаций (силовые структуры, операторы связи и др.). Первое, что необходимо – антенно-мачтовые сооружения и электропитание для них. Строительство антенных опор требует возведения фундамента, проведения геодезических исследований, проектирования, что весьма непросто для скального грунта. Организация электропитания предполагает либо создание отвода от существующих линий электропередач, либо установку автономного источника питания, например, дизель-генератора. Нужно также получить частотные разрешения, согласовать отвод территории для строительства, подключиться к существующим линиям электропередач или решить вопрос подвоза топлива для автономных источ-

ников питания.

Предположим, что все вышеописанные проблемы решены и первый пользователь построил антенно-мачтовые сооружения, установил на них оборудование, начал работать. Следующий заинтересованный в этом же направлении пользователь имеет две возможности – либо договориться об аренде мест на уже существующих сооружениях, либо рядом строить свои, повторяя тернистый путь первопроходца. Построить заново непросто, но вполне реально... на равнине. А в 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 установки антенно-мачтового сооружения и, соответственно, оборудования. Но ведь оно уже занято! Однако для нашего примера будем исходить из лучшего – второму пользова-

телю удалось договориться об аренде мест на существующих сооружениях и он начал работу. Приходит следующий пользователь. И ему удается договориться об установке 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 радиорелейного интервала. Чем длиннее интервал, тем ниже должна быть рабочая частота. Если, к примеру, на расстояниях 10–15 км можно использовать оборудование частотных диапазонов вплоть до 23 ГГц (при этом необходимо учитывать требуемую информационную емкость интервала), то для расстояний от 50 км и выше приемлем только диапазон 6–8 ГГц. А поскольку и данный ресурс вовсе не безграничен, то далеко не факт, что третьему (либо четвертому, пятому и т.д.) пользователю от него что-либо останется. На первый взгляд можно просто решить вопрос нехватки частот – перейти на другой, более высокий частотный диапазон. Но и здесь есть сложности. 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, эту проблему можно попытаться обойти за счет увеличения размера и, соответственно, коэффици-

ента усиления применяемых антенн. Но для установки большой антенны нужно достаточно свободного места на вышке, могут потребоваться специальные механизмы для подъема антенны и ее монтажа. Кроме того, увеличивается ветровая нагрузка на антенно-мачтовое сооружение, что может быть весьма критично для его эксплу-



атации в горных условиях. И даже если удастся решить эти проблемы, мы можем столкнуться с дилеммой – а есть ли смысл увеличивать размер антенн для более высоких диапазонов, если все равно атмосферные затухания и замирания сигнала в этих диапазонах на больших дистанциях зачастую превышают получаемый выигрыш? При этом не стоит забывать, что в горах суточные перепады температур – довольно час-

тое явление и, как следствие, возможны туманы, осадки и т.д. Конечно, они могут сказываться не круглый 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 практически нет – все "светят" в одном направлении, с одних антенно-мачтовых сооружений, на соседних частотных каналах. Значит, 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 должна быть его универсальность и способность к масштабированию с минимальными дополнительными затратами. Под универсальностью оборудования понимается его способность передавать различные форматы данных. Совсем необязательно, чтобы установленное оборудование изначально было оснащено всеми необходимыми интерфейсами – достаточно того, чтобы оно было готово к подобному расширению 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 необ-

ходимость в увеличении пропускной способности канала без изменения его структуры на уже имеющемся оборудовании в пределах выделенного частотного ресурса.

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

Поддержка по возможности широкого частотного диапазона.

Оптимальное использование частотного ресурса, т.е. возможность работы на соседних номиналах, предоставление возможности выбора ширины рабочей полосы канала в зависимости от доступного ресурса.

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 его аппаратной части.

Поддержка наибольшего количества доступных уровней модуляции – это позволяет увеличивать информационную скорость канала на уже имеющемся частотном ресурсе за счет применения более скоростной модуляции (разумеется, при достаточной энергетике сигнала).

Возможность одновременного использования различных сетевых интерфейсов с гибкой балансировкой пропускной способности канала связи между ними (напри-

мер, между потоками E1 и каналом Ethernet).

Масштабирование сформированной радиорелейной линии без замены аппаратной ее части.

Использование наиболее универсальных блоков и модулей 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 оборудование, которое нужно для конкретной задачи, не будет соответствовать каким-то из вышеперечисленных требований. Это не означает, что данное оборудование однозначно непригодно – оно может решать целый ряд других, более критичных для данной инсталляции проблем. Но, разумеется, чем

ближе возможности оборудования к перечисленным требованиям, тем лучше.

Хотелось бы сказать несколько слов и 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 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

двух плоскостях – 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 незначительного перепада высот между начальной и конечной точками радиорелейной трассы, ретранслятор на основе плоского 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 точ-

ками трассы лучшим решением может стать стыковка двух антенн по схеме "спинак-спине" через волновод. В этом случае, за счет юстировки антенн в вертикальной и горизонтальной плоскостях, упрощается решение задачи "угол падения – угол отражения". Однако и у такого метода есть отрицательная сторона. Угол между падающим и отраженным лучами должен быть как можно большим, так как в противном случае ретранслируемый сигнал будет подвержен интерференционному воздействию основного сигнала.

Таким образом, оба метода пассивной ретрансляции имеют свои плюсы и минусы, и выбор одного либо другого метода должен осу-

ществляться для каждого конкретного случая. Общим же минусом обоих вариантов является то, что любой пассивный отражатель требует существенного увеличения размеров антенн, применяемых на ретранслируемом интервале, и не снимает вопрос 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?

Учет приведенных в статье рекомендаций поможет снизить расходы на разработку, создание и эксплуатацию систем беспроводной связи в горной местности и повысить надежность таких систем. ■