

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ атмосферных оптических линий связи

Е. Милютин, д.т.н., профессор СПбГУТ

В статье рассматриваются наиболее проявившиеся тенденции развития атмосферных оптических линий связи за пятьдесят лет их существования.

Прошло лишь несколько лет с момента появления лазера, и уже в 1964 году в СССР, почти одновременно в Москве и Ленинграде, для передачи телефонных сигналов начали работать атмосферные оптические линии связи (АОЛС), использовавшие в качестве передатчика гелий-неоновый лазер [1]. Таким образом, в 2014 году исполняется 50 лет АОЛС – срок вполне достаточный для уяснения основных тенденций их развития.

Необходимо сразу же отметить, что АОЛС, как, впрочем, и почти все другие виды связи, развивались в двух направлениях – коммерческом и военном, хотя основные узлы аппаратуры для этих приложений практически одинаковы.

При рассмотрении тенденций развития коммерческих АОЛС первое, что обращает на себя внимание, – это последовательный переход на все более длинные волны оптического диапазона: от видимого участка спектра, в котором работал гелий-неоновый лазер с длиной волны 0,63 мкм, к инфракрасному (ИК). Объясняется это следующими причинами:

- в ИК-диапазоне находятся излучения наиболее перспективных для практического использования лазеров, представляющих интерес как по длительности работы, так и по мощности. Так, например, если излучаемая мощность гелий-неонового лазера в одномодовом режиме составляла

20 мВт, то лазеры на волнах, лежащих в областях 0,85 и 1,5 мкм обладают мощностью в сотни милливольт. Предполагаемый к использованию лазер на CO_2 с длиной волны 10,6 мкм развивает мощность в ватты, что позволяет резко увеличить энергетический запас АОЛС и тем самым повысить надежность работы линии;

- характерная особенность АОЛС состоит в том, что среда распространения сигналов – атмосфера – представляет в то же время основное препятствие, ограничивающее надежность и дальность действия линий. ИК-излучение значительно меньше, нежели видимое, ослабляется из-за рассеяния на частицах аэрозоля, а окна прозрачности атмосферы в ИК-диапазоне обладают высоким коэффициентом пропускания. Кроме того, на этом участке уменьшаются и флуктуации лазерного сигнала из-за турбулентности атмосферы;
- в ИК-диапазоне разработаны быстродействующие детекторы излучения, на порядок превосходящие по эффективности приемники видимой части спектра.

Другая очевидная тенденция в развитии АОЛС – непрерывное увеличение скорости передаваемой информации, которая лавинообразно возрастала в последние годы. Достаточно для сравнения

сказать, что если еще в 2007 году наиболее продвинутые образцы аппаратуры обеспечивали передачу информации со скоростью 100 Мбит/с, то в 2014 году стандартная аппаратура АОЛС, выпускаемая компанией "МОСТКОМ", работает со скоростью 10 Гбит/с. Однако и это не предел. В ближайшее время, по заявлению представителя этой компании, должна появиться АОЛС со скоростью передачи данных 30 Гбит/с. Передаче сообщений с такими скоростями способствует то обстоятельство, что атмосферный канал – почти идеальная среда: сигналы в нем распространяются без дисперсии, интерференции и временной задержки.

АОЛС, будучи "младшим родственником" классических радиолиний, стремятся достичь той же устойчивости работы, что и радиолинии, то есть стать всепогодными. Эта тенденция наталкивается на трудности, связанные с ослаблением и замиранием сигналов в атмосферном канале. Преодоление этих эффектов в основном обеспечивается прогрессом аппаратуры АОЛС.

Для борьбы с замираниями, помимо хорошо известного в оптике явления усреднения флуктуаций сигнала путем увеличения апертуры приемной антенны (линзы), используется и сложная система разнесения лазерных лучей как на приемном, так и на передающем терминалах линии. Повышение помехоустойчивости АОЛС в турбулентном атмосферном канале обеспечивается и разнообразными вариантами кодирования с использованием кодов Рида-Соломона.

Ослабление сигнала вызвано появлением в атмосферном канале дождя, тумана, дымки и т.п. Наиболее опасными, вызывающими наибольшие потери излучения, представляются туманы, снегопады и сильные дымки. Сильный туман вызывает ослабление сигнала до 200–300 дБ/км [2]. Разумеется, при такой величине ослабления работа АОЛС на сколько-нибудь существенных расстояниях становится невозможной. Для борьбы с влиянием этих негативных факторов применяются более мощные лазеры и чувствительные приемники, использующие лавинные фотодиоды с поддержкой технологии Super Avalanche. Используются и такие меры, как переход на более узкую диаграмму направленности передающей антенны, автоматическая регулировка мощности излучения и в случае гибридных АОЛС – переключение на резервный радиочастотный канал в миллиметровом диапазоне волн. Однако последний способ почти вдвое удорожает АОЛС, лишая ее тем самым одного из значительных достоинств. Поэтому при определении места размещения АОЛС заранее требуется обследовать территорию,

чтобы определить степень вероятности возникновения на ней метеоявлений, вносящих ослабление, превышающее энергетический потенциал линии. Лишь затем следует делать выбор между обычной и гибридной АОЛС. Все указанные меры дают возможность на трассе длиной до 3 км обеспечивать надежность 0,9999.

Появляющиеся регулярно сообщения о создании более протяженных линий, как правило, содержат данные за сравнительно короткие временные промежутки. Среднегодовая устойчивость таких линий остается ниже нормативных показателей, поскольку при переходе на резервный канал в миллиметровом диапазоне в качестве главного препятствия в атмосферном канале начинают выступать осадки.

Основные технические данные [3] современной АОЛС отечественного производства:

скорость передачи в дуплексе, Гбит/с	10
длина волны, мкм	1,55
запас по усилению на трассе 1 км, дБ	28
вес, кг	8

Параметры аппаратуры АОЛС зарубежных производителей по многим позициям совпадают с этими данными.

Области применения коммерческих АОЛС достаточно четко очерчены. Это организация последней мили в интересах интернет-провайдеров, системных операторов и операторов фиксированной связи; связь между базовыми станциями и внутри микросот сотовых операторов; корпоративные линии связи. Для последних предлагаются следующие решения: подключение к точкам доступа оператора, представляющего полный комплекс современных IP-услуг, и создание высокоскоростных каналов для локально разнесенных объектов.

Анализ показывает, что большинство АОЛС принадлежит корпоративным потребителям. Что же касается военных приложений АОЛС, то они отличаются разнообразием и широкими областями применения. Некоторые сведения об их функционировании содержатся в [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмичев В.Н., Маккавеев В.И., Светиков Ю.В. Зарождение и развитие оптической многоканальной связи в СССР. – Электросвязь. 2013. № 6. С. 9–14.
2. Милютин Е.Р. Оценка ослабления лазерного излучения в аэрозоле. – Техника связи. 2010. № 1. С. 28–30.
3. www.mostkom.ru.
4. Милютин Е.Р. Зарубежные атмосферные оптические линии связи. – Вестник связи. 2013. № 10. С. 42–43.