**Технологии FSO для корпоративной связи**

Георгий Башилов

**Воздушный извозчик**

Широкополосный доступ, а следовательно, и скорости, измеряемые единицами и десятками мегабит/с, сегодня явления обыденные. Стоимость передачи мегабайта информации из пункта А в пункт В продолжает снижаться, а качество связи, учитывая повсеместный переход к промышленным технологиям массового предоставления услуг и рост профессионализма операторов, напротив, повышается. Как результат, пользователям становятся доступны все более качественные услуги по все более привлекательной цене. Тем не менее, построение собственной региональной магистральной инфраструктуры, объединяющей несколько офисов или точек присутствия, в ряде случаев по-прежнему оказывается более предпочтительным вариантом. В первую очередь в ситуациях, когда необходимо передавать большие массивы данных, обеспечивать минимальные задержки или повышенный уровень безопасности и защиты данных. Издержки, связанные с построением традиционных, проводных или кабельных магистралей, общеизвестны (необходимость длительных согласований, разработки и утверждения проектов и т. д.). Если точки, которые необходимо связать в высокоскоростную сеть передачи данных, находятся в условиях прямой видимости, а дистанция не превышает нескольких километров, беспроводная оптическая линия может быть построена за несколько дней, а иногда (если все необходимое уже под рукой) за несколько десятков минут. И при этом без утомительных согласований и даже частотных присвоений. Дополнительным аргументом в пользу решений, рассматриваемых в этой статье, может оказаться отсутствие арендной или, тем более, абонентской платы. Однако существует и минус - довольно значительные (тысячи или даже десятки тысяч долларов) начальные затраты.

**Друг мой - враг мой**

Начнем, как принято, по старшинству - с беспроводных оптических линий связи (БОЛС), или, как их часто называют, атмосферных оптических линий. Другое, не менее распространенное определение - Free Space Optical (FSO).

Основу такой линии составляют два оптических приемопередатчика, использующих для генерации света инфракрасные свето-диоды или лазеры, а для приема модулированных оптических колебаний - фотодиоды. По счастливой случайности, окна прозрачности - диапазоны длин волн с минимальным затуханием - для оптоволокна и атмосферы совпадают. Это позволяет использовать для генерации и детектирования света широко распространенную и потому - дешевую и надежную элементную базу. Основную часть стоимости БОЛС составляют оптика и многочисленные ноу-хау, которыми так гордятся - а иногда даже делают достоянием гласности - фирмы-производители.

Нелицензируемость, по сути, неограниченность используемого оптического частотного спектра, позволяет избежать сложных схем модуляции - большинство систем FSO применяет простейшее кодирование по принципу «включено/выключено» (On-Off Keying - ООК), такое же, как в волоконно-оптических системах передачи данных. Общий метод модуляции обеспечивает реализацию прозрачности систем FSO для различных протоколов передачи данных (ATM, Ethernet, Feber Channel, и т. д.), а иногда и вовсе обойтись без каких бы то ни было преобразований, используя пассивные оптические приемопередатчики (в качестве примера можно назвать системы Terescope компании MRV).

Скорости - высоки. Время развертывания - минимально. Частотные разрешения - не нужны. Все бы ничего, если бы не сама среда передачи данных - атмосфера. В условиях отличной видимости ослабление инфракрасных оптических сигналов не превышает нескольких децибел на километр. В условиях сильного тумана ослабление может достигать 200 дБ/км, в особо тяжелых условиях - 350 дБ/км. В силу столь катастрофических затуханий коэффициент доступности оптической беспроводной линии практически не зависит от запаса мощности в канале. Для примера: в московских условиях увеличение запаса мощности на 24 дБ (сопровождаемое значительным повышением стоимости линии) на трассе длиной 3 км меняет коэффициент доступности лишь на 1% (рис. 1). В среднем, такая 3-километровая атмосферная линия будет работоспособна лишь 98-99% общего времени (при условии круглосуточной эксплуатации).

Вследствие высокого затухания и изменчивости погодных условий в приложениях, требующих высокой надежности и доступности канала передачи данных, принято считать, что длина оптической беспроводной линии должна быть в пределах 500-1000 м - за исключением южных и пустынных районов, где туманы — явление достаточно редкое. В таких регионах БОЛС способна обеспечить надежность связи на уровне 99,9% и выше при длине соединения в несколько километров. Большой запас мощности, закладываемый в БОЛС, обеспечивает относительно невысокую зависимость скорости от оптического тракта, которая определяется в основном используемой элементной базой, схемотехникой и ценой. БОЛС хорошо масштабируются по скорости передачи данных и, как уже говорилось, по этому параметру практически не отличаются от оптоволоконных линий.

Атмосферное затухание, вызванное туманом и другими атмосферными аэрозолями, оказывает определяющее влияние на параметры систем FSO. Тем не менее, при разработке и эксплуатации таких систем приходится учитывать целый ряд других факторов, среди которых:

- мелкие неоднородности, вызванные конвекцией - перемещением нагретых слоев воздуха с разными показателями оптического преломления, могут приводить к случайным ошибкам, особенно в жаркие летние дни. Как следствие, приходится увеличивать апертуру (диаметр объектива приемника/приемников) и использовать несколько работающих одновременно оптических излучателей, чаще всего лазеров;

- ошибки наведения, обусловленные узкими диаграммами направленности систем FSO и механической нестабильностью мачт и зданий (например, вследствие ветровой нагрузки или температурных градиентов), на которых устанавливаются приемопередатчики. Для исключения таких погрешностей в системы FSO устанавливают контуры автоматического слежения, управляющие положением оптических лучей и/или фотоприемников (например, с помощью микроподвижек или даже микроминиатюрных электромеханических устройств - MEMS). В некоторых системах FSO компании LightPonte используются аналоговые микрозеркала компании Texas Instruments;

- солнечная и другие паразитные засветки могут привести к перегрузке фотоприемника и прерыванию связи. Для борьбы с этими явлениями используются бленды, спектральные и поляризационные фильтры;

- обледенение и загрязнение внешних оптических элементов приемника и передатчика; помехи обратного рассеяния, вызываемые обратным отражением света на осадках и снеге.

Таким образом, за кажущейся простотой систем FSO может скрываться целый лес технических решений (более подробно о некоторых из них можно узнать на http://www.moctkom.ru/brief.htm).

**Все выше, выше и выше...**

Тем не менее, благодаря высоким скоростям передачи данных, отсутствию частотного регулирования, мобильности и зрелости решений, FSO получают все более широкое распространение. Во всем мире работают уже тысячи беспроводных оптических линий связи, они находят все более широкое применение именно в тех случаях, когда требуется высокая надежность, например, в сетях операторов сотовой связи, для подключения базовых станций, в госструктурах, учебных заведениях, корпоративном секторе и т. д.

Косвенным фактором, доказывающим зрелость технологии, является прокатившаяся в этом году череда поглощений и объединений производителей систем FSO. Некоторые из них стремятся расширить спектр предлагаемых беспроводных решений, дополняя их «традиционными» радиочастотными системами. Например, компания Terabeam поглотила этим летом обанкротившуюся Proxim - да так, что от сайта самой Terabeam ничего не осталось, а поиск на сайте «новоиспеченной» Proxim Networks аббревиатуры FSO не дает никаких совпадений. Хотя сами системы FSO на сайте, по крайней мере пока, представлены. Кто-то объединяет маркетинговые усилия и даже продуктовые линейки. Так, fSona и LaserBit решили, что расширенное предложение будет стимулировать спрос (http://www.lightreading.com/document.asp?doc\_id=71586).

Всерьез заинтересовалась FSO небезызвестная RAD Group, образовав подразделение RAD-OP, которое занимается разработкой и продвижением малогабаритных систем FSO с дальностью нескольких сот метров, внутрикомнатным размещением, весом менее килограмма и потреблением не более 5 Вт - при скорости 100 Мбит/с или даже 1000 Мбит/с.

Компания LightPointe предложила «коробочное» решение - RAPID DEPLOYMENT KIT - набор, специально «заточенный» на случай природных катаклизмов, техногенных аварий и террористических актов. В компактном ящике - полностью готовые к применению системы FSO вместе с треногой и всеми комплектующими и инструкциями, необходимыми, как сообщает LightPointe, для быстрого восстановления проводной инфраструктуры.

Итак, производители FSO достигли зрелости и предлагают сегодня широчайший спектр решений, на любой вкус и кошелек - с питанием по Ethernet-кабелю (РоЕ), для внешнего или комнатного размещения, для различных дальностей, скоростей и требований по надежности передачи данных. Дополнительную информацию по российским производителям и поставщикам систем FSO можно найти, например, на сайтах www.infrared.ru, www.moctkom.ru, www.micromax.ru.

**Скоростная радиопередача**

Следующий шаг к повышению надежности оптического канала - его резервирование. Как правило, системы FSO используют резервные радиоканалы более низкого класса: со значительно более низкими скоростями передачи данных, более широкими диаграммами направленности, при этом работающие в не-лицензируемых диапазонах и, как следствие, в значительной мере подверженные влиянию помех. Ситуация начинает ме няться с освоением миллиметрового диапазона длин волн (ММДВ) и радиочастот выше 40 ГГц. В силу малой длины волны достаточно легко и просто сделать антенны с высоким коэффициентом усиления (на уровне 40 дБ), малыми боковыми лепестками (на уровне - 20 дБ) и малыми размерами. Диаметр тарелки для городских линий, работающих на дальностях несколько километров, может составлять всего 30 см при коэффициенте усиления на уровне 40 дБ, что позволяет использовать передатчик с выходной мощностью на уровне 100 мВт. Использование антенн Кассегрена дает возможность значительно уменьшить глубину антенны и выполнить ее во всепогодном корпусе, защищенном от внешних воздействий и погодных условий (рис. 3), заодно обеспечив необходимую жесткость конструкции. Благодаря узким диаграммам направленности двухточечные линии практически не мешают друг другу - в мире ММДВ действуют почти те же правила, что и в оптике.

Сравнение систем передачи данных «точка — точка» оптического и ММДВ-диапазонов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика | FSO | Радиолинии диапазонов 71 - 76 и 81 - 86 ГГц |
| Максимальная скорость коммерческих образцов, Гбит/с | 1,25-2,5 | 1 (10 Гбит/с - в 2006 г.) |
| Ослабление в прозрачной атмосфере, дБ/км | Менее 1 | Менее 1 |
| Максимальное затухание в атмосфере, дБ/км | 225, туман | 50, проливной дождь |
| Средняя дальность для коэффициента доступности 99,9% | -600 | -4800 |
| Средняя дальность для коэффициента доступности 99,999% | -150 | -1600 |
| Частотное регулирование | Нет | Да |
| Лицензирование частоты | Нет | Упрощенное лицензирование в США (100 долл., 30-минутная процедура регистрации) и Европе |

Более того, как и в случае оптических линий, относительно высокая несущая частота позволяет радикально, в сравнении с Wi-Fi и WiMAX, увеличить скорость передачи данных. Линии ММДВ-диапазона на скорости 1 Гбит/с производятся сегодня и в США (GigaBeam, BridgeWay), и в России. Компания ДОК предлагает клиентам постепенный переход на гигабитные скорости - младшие модели, по ставшей уже привычной в России традиции, используют оборудование стандарта 802.llg с переносом несущей частоты из 2,4 ГГц в диапазон 40,5-43,5 ГГц (при цене линии около 5 тыс. долл.), а старшие - реализуют «честный» гига-бит немного более чем за 30 тыс. долл. При этом гигабит для ММДВ отнюдь не предел.

Летом 2005 г. компания Gigabeam заключила эксклюзивное соглашение с Vitesse Semiconductor об использовании ее СВЧ-микросхем на основе фосфида индия для создания ММДВ-линий со скоростью передачи данных 10 Гбит/с. Как сообщается, такие линии станут доступны уже в следующем году.

Сегодня компания BridgeWay предлагает ММДВ-системы, использующие нелицензируемый в США (в первую очередь, из-за высокого затухания в атмосфере) диапазон частот 60 ГГц для передачи данных со скоростью 1 Гбит/с на расстояние в пределах 1 км. Стоимость такой линии в США составляет около 19 тыс. долл. По сообщениям представителей компании, столь невысокую цену удалось обеспечить во многом благодаря использованию все тех же MEMS, или нанотехнологий.

Следует отметить большую технологичность и простоту конструкции ММДВ-систем - здесь нет независимых приемопередающих каналов, которые нужно юстировать относительно друг друга, нет сложных линзовых систем и систем автоматического слежения (благодаря более широкой, чем у лазерных источников, диаграмме направленности). При этом сама антенна просто штампуется из листа металла, пусть даже и с меньшими, чем спутниковые антенны, допусками и посадками. Таким образом, можно ожидать, что с увеличением объемов продаж линии ММДВ-диа-пазона смогут составить весьма серьезную конкуренцию привычным уже сегодня FSO, а вместе с ними - обеспечить построение гибридных беспроводных линий с очень высокими скоростью и надежностью передачи данных при дальности в пределах 4-5 км. Ведь туман и дождь очень редко ходят вместе...

Правда, для того чтобы это произошло в одной, отдельно взятой стране, в ней, видимо, следует принять правила лицензирования волн ММДВ-диапазона, которые сегодня становятся обычными во многих странах мира. Тем более что 100 долл. или 100 евро за регистрацию двухточечной ММДВ-линии передачи данных в масштабах организации незаметны, а в масштабах госудрства могут стать еще одним источником дохода. Сама по себе регистрация необходима для того, чтобы пользователи в дальнейшем не мешали друг другу ни при каких условиях.

**Список литературы**

www.moctkom.ru/kmb.htm

www.systemsupportsolutions.com/

bridgewave.htm

www.gigabeam.com

www.dokltd.ru

Журнал «Connect!», №11.2005