



информационно-деловой **ВЕСТНИК** ОАО ЦНПО «КАСКАД»



Качество - достойное Державы!

www.kaskad.ru vestnik@kaskad.ru

Издается с 2005 года

Июль 2009 № 6 (53)



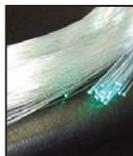
Экономичная альтернатива

ТЕХНОЛОГИИ



26 июля — день Военно-морского флота России

ПОЗДРАВЛЯЕМ!



Похитители света
Методы несанкционированного съема информации с волоконно-оптических систем

БЕЗОПАСНОСТЬ



4000 км без ретрансляторов
Ближайшее будущее волоконной оптики

РЫНОК

ТЕМА НОМЕРА: Оптоволоконные линии связи

Экономичная альтернатива

Суммарная протяженность радиорелейных линий (РРЛ) связи в СССР к середине 70-х годов прошлого века составляла более 100 тысяч км. Можно сказать, это был «золотой век» РРЛ. В дальнейшем получили активное развитие проводные технологии, в частности ВОЛС, и сотовая связь и «релейка» перестали восприниматься как современные и передовые технологии. Но так ли это на самом деле?



Для ОАО ЦНПО «КАСКАД» строительство и обслуживание радиорелейных линий связи составляет значительную часть хозяй-

ственной деятельности. Эти работы осуществляются Объединением в различных климатических зонах (от Архангельской об-

ласти до Краснодарского и Ставропольского краев), в интересах различных заказчиков, как военных, так и гражданских, и, со-

ответственно, с различными конечными задачами. При сравнении методов использования радиорелейных и волоконно-оптических линий связи становятся очевидны преимущества беспроводных технологий, которые, с одной стороны, требуют гораздо меньших затрат и времени на развертывание, чем ВОЛС, а с другой — могут быть оперативно проложены в условиях, где ВОЛС прокладывать либо очень дорого, либо вообще невозможно (горная местность, город, промышленные зоны и пр.). В «Вестнике» № 8, 2008 нами подробно рассматривался один из вариантов прокладки линий ВОЛС в горах и оригинальная технология, применяемая специалистами ОАО ЦНПО «КАСКАД» для решения этой задачи. Однако эта технология не универсальна и может быть применена лишь там, где уже имеется линия ЛЭП. Модернизация РРЛ позволяет найти относительно простую и дешевую альтернативу.

РРС нового поколения

В пользу применения радиорелейных систем для построения территориально-распределенных сетей связи говорит и тот факт, что в мире большинство междугородних каналов связи в развитых странах образовано именно на таких системах (в США — 60–70 %, в странах Западной Европы — свыше 50 %, в Японии — порядка 50 %). Это обусловлено прежде всего относительной простотой сооружения линии при незначительных затратах на строительство и эксплуатацию, а также возможностью оперативного разрешения вопросов развития и реконструкции сети без дополнительных капитальных затрат. На российском рынке в последнее время достаточно широко представлены отечественные радиорелейные станции (РРС) нового поколения, которые, не уступая зарубежным аналогам по основным техническим характеристикам, имеют значительно более низкую цену и неоспоримые преимущества в части обеспечения их монтажа и ввода в эксплуатацию, организации обслуживания, расширенного рабочего

продолжение на стр. 2

ПОЗДРАВЛЯЕМ!



СЛАВА РОССИЙСКОМУ ФЛОТУ!

26 июля – день Военно-морского флота России!

На протяжении вот уже более 300 лет российский Военно-морской флот был и остается предметом нашей национальной гордости. В любых испытаниях, во все времена он высоко нес свой флаг, являя собой образец самоотверженности и высокого патриотизма. И мы гордимся тем, что нам выпала честь сотрудничать с флотом нашей Родины, создавая новые образцы военной техники и средств обеспечения. Мы желаем всем военным морякам богатейшего здоровья, всем нашим флотам — новых, современных мощных кораблей, оснащенных новейшим оружием!

Пусть наши корабли бороздят просторы Мирового океана и пусть они всегда возвращаются к родным берегам, где вас любят и ждут!

С праздником вас, дорогие моряки!

ТЕХНОЛОГИИ

Экономичная альтернатива

начало на стр. 1



температурного диапазона (от минус 50 °С до плюс 50 °С). Одним из ведущих российских производителей радиорелейной аппаратуры является ЗАО «Радиан» (Санкт-Петербург).

Решением ГКРЧ РФ от апреля 1996 г. для новых РРЛ определены следующие диапазоны: 7 ГГц (7,25–7,55), 8 ГГц (7,9–8,4), 11 ГГц (10,7–11,7), 13 ГГц (12,75–13,25), 15 ГГц (14,4–15,35), 18 ГГц (17,7–19,7), 23 ГГц (21,2–23,6), 38 ГГц (36–40,5). Но наряду с ними еще длительное время будут использоваться уже построенные и эксплуатируемые сегодня линии в диапазонах 1,5–2,1 ГГц, 3,4–3,9 ГГц и 5,6–6,4 ГГц, причем, если эти линии модернизировать, произвести замену устаревшей оконечной аппаратуры на современное оборудование, можно получить необходимое качество связи по

ценам существенно ниже рыночных. В пользу такой модернизации говорит также и то, что при строительстве нового ретранслятора порой достаточно сложно получить пакет необходимой разрешительной документации, особенно если речь идет о прокладке РРЛ в городских условиях. Радиорелейные станции, работающие в диапазонах 8, 15 и 23 ГГц, обеспечивают передачу потоков со скоростью 2 Мбит/с (один поток Е1), 8 Мбит/с (4 потока Е1), 17 Мбит/с (8 потоков Е1) и 34 Мбит/с (16 потоков Е1). Кроме того, в организуемых стволах можно передавать ТВ-программы, как в аналоговом, так и в цифровом (со сжатием MPEG-2) виде. Сжатый цифровой канал ТВ вещательного качества с двумя каналами звукового сопровождения занимает 8 Мбит/с или 4

потока Е1. (Канал (поток) Е1 (в американской версии Т1) — канал, образуемый за счет увеличения частоты стробирования и по пропускной способности равный 24 аналоговым каналам с полосой 0–3,3 кГц по американской версии стандарта или 30 каналам с пропускной способностью 2048 кбит/с в европейском стандарте.)

Цифровизация аналоговых РРЛ

В России существует широко развитая сеть аналоговых магистральных, внутризоновых и ведомственных радиорелейных линий, что делает экономически целесообразным использование существующих РРС для организации цифровых трактов. Наиболее распространено построение аналоговых магистральных и внутризоновых РРЛ — один телефонный, два телевизионных и один резервный ствол для реализации системы резервирования 3+1. Кроме того, есть и 8-ствольные РРЛ с вариантом резервирования 7+1 или 6+2. На многих направлениях существуют незагруженные аналоговые стволы, которые освободились из-за уменьшения числа передаваемых телевизионных каналов или каналов телефонии.

Эти существующие радиорелейные линии можно использовать для организации цифровых потоков; планы частот, используемых на магистральных и внутризоновых РРЛ, позволяют передавать в одном стволе цифровой сигнал со скоростью до 34 Мбит/с. К числу РРС, цифровизация которых возможна, можно отнести «Восход-М»,

«КУРС-4», «КУРС-6», «КУРС-4М», ГТТ-70/4000, ГТТ-70/6000, ГТТ-70/8000, «РАКИТА-8», «РАДУГА-4», «РАДУГА-6», «РАДУГА-АЦ», «КОМПЛЕКС» и др. При цифровизации указанных РРС используется оборудование, обычно подключаемое по промежуточной частоте в 70 МГц. Возможен и вариант дополнительной передачи цифрового сигнала Е1 (2048 кбит/с) без нарушения работы аналоговой РРЛ.

Другая сторона цифрового ТВ

Есть еще один довольно дешевый способ получить дополнительную емкость цифровых каналов, используя каналы, занятые аналоговым телевидением. Для этого проводится цифровизация аналоговых телевизионных радиорелейных линий, а телевидение по ним передается не аналоговым способом, занимающим всю полосу частот радиорелейного ствола, а только частью потока, полученного после оцифровки. Это может давать до 16 потоков Е1, из которых часть можно отдать под передачу телевидения в цифровом виде, а часть использовать для передачи трафика. Кроме того, передача телевидения в цифровом виде через стандартные каналы Е1 позволяет строить гибридные SDH/PDH-системы доставки телевизионного сигнала, использующие одновременно и магистраль ВОЛС и радиорелейные линии, что также способствует загрузке оптоволоконных каналов трафиком.

Цифровой поток для передачи одной программы телевидения в цифровом виде вещательного качества требует пропускной



способности от 6 до 8 Мбит/с. Для передачи таких высокоскоростных потоков по стандартным каналам Е1 необходимо оборудование, позволяющее демультиплексировать на передающей стороне и собрать на приемной стороне поток из каналов Е1. Такое оборудование есть, оно также производится в России и постав-

ляется по вполне конкурентным ценам. Кроме вышеперечисленного, надо отметить, что появление на рынке отечественного радиорелейного оборудования, позволяющего передавать цифровые потоки со скоростью 155 Мбит/с, открывает новые возможности для «старой релейки».

НОВОСТИ

Японские специалисты предлагают отказаться от дорогостоящих серверов

Еще совсем недавно охранное видеонаблюдение в очень большой степени зависело от качества работы операторов — им приходилось сидеть перед целыми стенами мониторов и неустанно высматривать признаки каких-либо угроз в отображаемых на множестве экранов событиях. Альтернатива — интеллектуальная видеоаналитика, в особенности если речь идет о традиционных аналоговых системах CCTV, требует достаточно дорогого аппаратного обеспечения, а для математической обработки изображений — применения серверных компьютеров

Компания Sony предложила новый принцип построения сетевых систем видеонаблюдения — DEPA (англ. distributed enhanced processing architecture), который предполагает кардинальный отказ от современных процессорных систем, основанных на интенсивной обработке данных централизованными серверами. Архитектура предусматривает, как видно из ее названия, распределение вычислительных мощностей по всей системе видеонаблюдения, что позволяет избежать перебоев в обработке информации, которые нередки в системах предыдущих поколений. В системе, построенной на основе архитектуры DEPA, каждому отдельному компоненту назначен ряд специализированных задач по обработке данных, а вычислительные ресурсы распределены между всеми компонентами одного и того же типа. Это открывает перед такими системами новые возможности с точки зрения гибкости и масштабируемости. Анализ видеозаписей проводится в два этапа.



Первый из них — это предварительная обработка видеoinформации: в ходе нее происходит ее в кадре трансформируется в поток логических данных (так на-

зываемых метаданных). Принятие же решений выведено на второй этап — этап окончательной обработки информации, в ходе которой происходит сохранение

и фильтрация данных, а также, в соответствующих ситуациях, формирование сигналов тревоги. В популярной сегодня аналоговой системе CCTV и первый, и второй этапы видеоаналитического процесса производятся на уровне центрального сервера системы; это зачастую приводит к перегрузке каналов передачи данных и падению эффективности всей системы в целом. В системе, основанной на архитектуре DEPA, эти два этапа физически разделены, более того — их процедуры выполняются на разных компонентах системы. Оценка ситуации и формирование соответствующих ее результатам метаданных производится на периферии системы — то есть средствами самих камер видеонаблюдения. Поэтому для окончательной обработки данных не требуется применения дорогостоящих высокопроизводительных серверов и с ней в состоянии справиться даже недорогой цифровой видеорегистратор. В процессе предварительной обработ-

ки видеоданных охранные камеры компании Sony, поддерживающие архитектуру DEPA, используют алгоритмы интеллектуального обнаружения движения (intelligent motion detection, IMD) и интеллектуального обнаружения объектов (intelligent object detection, IOD). Коренное отличие технологии IMD от общепринятых способов обнаружения движения в кадре состоит в том, что система в состоянии отличить реальное движение в кадре от перемещений фона, например ветвей деревьев, раскачивающихся на ветру, или волн на поверхности озера. На практике это выражается в почти полном исключении ложных тревог, а также в существенном сокращении трудозатрат операторов по поиску в архивах системы событий, относящихся к безопасности охраняемого объекта. Окончательная обработка информации в системе, построенной на указанных принципах, производится на цифровых видеорегистраторах, работающих под управлением программного пакета RealShot Manager компании Sony. В ходе

этой обработки происходит фильтрация событий на предмет обнаружения потенциальных угроз и формирование сигналов тревоги при наступлении определенного рода событий, например, при пересечении объектом заранее определенной граничной линии либо при появлении в кадре предмета определенной формы и размеров. В системах на основе архитектуры DEPA используется множество недорогих устройств обработки данных, предназначенных для решения определенных специализированных задач, — таким образом удается избежать необходимости приобретения дорогостоящего сервера обработки данных, функционирование которого являлось бы критическим для производительности всей системы в целом. Распределение нагрузки по периферии сети позволяет существенно повысить уровень возможностей системы, обеспечить ее наилучшую масштабируемость и значительно снизить объем инвестируемых средств.

БЕЗОПАСНОСТЬ

Похитители света

Методы несанкционированного съема информации с волоконно-оптических систем

Не будет преувеличением сказать, что в сложившемся на сегодня информационном обществе главным ресурсом является информация. Для предотвращения потери информации разрабатываются различные механизмы ее защиты, которые используются на всех этапах работы с ней. Пожалуй, самой совершенной физической средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния считается оптическое волокно. В этой связи весьма актуальной является проблема защищенности его от несанкционированного доступа

В области систем передачи информации с большой информационной емкостью и высокой надежностью работы волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) не имеют конкурентов. Это объясняется тем, что они значительно превосходят проводные каналы по таким показателям, как пропускная способность, длина регенерационного участка, а также помехозащищенности. ВОЛС практически не имеют недостатков, если таковыми не считать относительно высокую стоимость. Они обладают высокой надежностью, для их массового производства не требуются дефицитная чистая медь (кварцевое сырье доступно практически без ограничений) и они, как может показаться, надежно защищены от несанкционированного доступа, настолько надежно, что сигнал, передаваемый по каналам ВОЛС, не нуждается в дополнительной кодировке.



Подобную путаницу проводов можно наблюдать на половине, если не больше, крыш жилых домов больших городов. Уже сами операторы с трудом определяют где чей проводник. Добраться до них составляет большого труда

Действительно, ВОЛС, в силу особенностей распространения электромагнитной энергии в оптическом волокне, обладают повышенной скрытностью. Это объясняется тем, что оптическое излучение, являющееся носителем информации, распространяется по волокну согласно закону полного внутреннего отражения, а за предела собственного оптоволоконного электромагнитное излучение экспоненциально спадает. Но понятие «ВОЛС» является в известной мере собирательным. Оно включает приемники, передатчики оптического сигнала, оптический тракт, регенераторы и иное оборудование. И защищенность каждого из этих участков не одинакова. Локальные участки, включающие в себя модуляторы, оптические передатчики и приемники, регенераторы, наиболее защищены от несанкционированного съема ввиду локализованной области их расположения. Распределенные участки (волоконно-оптические тракты) обладают наибольшей протяженностью и, соответственно, наименьшей защищеннос-

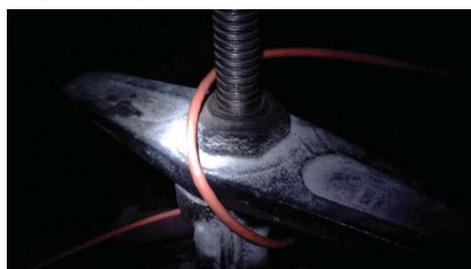
тью от несанкционированного съема информации. Следует при этом заметить, что в отличие от всех других сред передачи информации для формирования каналов утечки на участках оптического тракта, как правило, требуется прямой доступ к оптоволокну и специальные меры по отводу части излучения из оптоволоконной или регистрационной части прохождения излучения.

«Неприступная» крепость
Некоторое время назад одной российской компанией был собран стенд для исследования возможной уязвимости ВОЛС, представляющий собой модель распределенного центра обработки данных. Оптическая магистраль имитировалась кросс-панелью с петлей из разделанного многожильного оптического кабеля для внешней проводки. В качестве перехватчика использовалось пассивное



устройство типа «ответвитель-прицепка» FOD 5503. Такое устройство создает микроизгиб в волокне и отвечает сигнал, который может быть получен через имеющийся патч-корд. В процессе тестирования удалось перехватить сигнал, передаваемый в одном направлении.

Однако все это можно выполнить без применения специализированного дорогостоящего



Кабель ВОЛС, «проложенный» через вентиль теплотрассы. Надо ли говорить о том, что доступ к нему имеют как минимум сотрудники обслуживающей коммунальной компании. Если вдруг понадобится поднять или опустить задвижку, сколько абонентов и каких (?) окажется без связи

го инструмента (приемлемая стоимость средств перехвата позволяет их использовать не только организациям, но и частным лицам) и за сравнительно небольшое время. Линии связи остались без разрывов: в процессе подготовки стенда кабель был освобожден лишь от внешних защитных оболочек, а волокна находились в защитном цветном буфере толщиной 250 мкм. Электромагнитное излучение оптического диапазона выходит за пределы волокна на расстоянии не более длины волны (менее 2 мкм) при ненарушенном канале связи, поэтому в окружающем волновом пространстве отсутствуют поля на оптических частотах несущей информации.

В современных ВОЛС основной способ передачи информации основан на модуляции интенсивности света. Это наиболее простой способ передачи информации по ВОЛС, поэтому каналы утечки информации напрямую связаны с интенсивностью светового потока. Волоконно-оптический кабель представляет собой сложную конструкцию с несколькими слоями покрытия оптического волновода. Параметры его таковы, что в окружающем кабель пространстве информативное оптическое излучение практически не создает каких-либо электромагнитных полей диапазона близкого к частоте модуляции. Формирование каналов утечки информации из ВОЛС можно разделить на три типа, которые связаны с различными особенностями распространения света в волоконно-оптических линиях связи. Первый способ несанкционированного доступа связан с отводом части светового потока из оптического волновода при нарушении полного внутреннего отражения. В идеальном случае свет не выходит из оптического волокна вследствие полного внутреннего отражения на его границах. Любые отклонения в распространении света приводят к выводу части излучения из волновода, которое образует канал утечки информации.

Больше, чем можно было ожидать

Варианты формирования каналов утечки информации из ВОЛС при нарушении полного внутреннего отражения можно разделить по виду воздействия на оптоволоконно.

Механическое воздействие
Простейший пример механического воздействия на волокно — изгиб. При изгибе волокна локальная концентрация механических напряжений вызывает уменьшение угла падения света на границе, который может оказаться меньше предельного угла и как следствие — нарушение полного внутреннего отражения, то есть часть светового потока выходит из оптоволоконно.

Оценка радиуса изгиба для многомодового волокна с диаметром сердцевины 50 мкм и оптической оболочки 125 мкм показывает, что при радиусе изгиба 3,5 см начинает наблюдаться сильное прохождение излучения в точке изгиба (до 80 % значения интенсивности основного светового потока в оптоволоконно). При этом возникают и другие факторы, влияющие на этот показатель, — форма светового потока, цилиндрическая форма преломляющей поверхности, фотоупругий эффект и пр. Но, конечно же, их вклад значительно меньше. Кроме изгиба волокна, нарушение полного внутреннего отражения при механическом воздействии возможно и при локальном давлении на оптоволоконно, что вызывает неконтролируемое рассеяние (в отличие от изгиба) в точке деформации.

Акустическое воздействие
на оптическое волокно так же изменяет угол падения. При этом в сердцевине оптоволоконно создается дифракционная решетка периодического изменения показателя преломления, которая вызвана воздействием звуковой волны. Электромагнитная волна отклоняется от своего первоначального направления, и часть ее выходит за пределы канала распространения. Физическим явлением, с помощью которого возможно решить поставленную задачу, является дифракция Брэгга на высокочастотном звуке (более 10 МГц). Деформации, создаваемые упругой волной, формируют периодическое изменение показателя преломления внутри оптоволоконно, которое для света является дифракционной решеткой.

Свет внутри туннеля

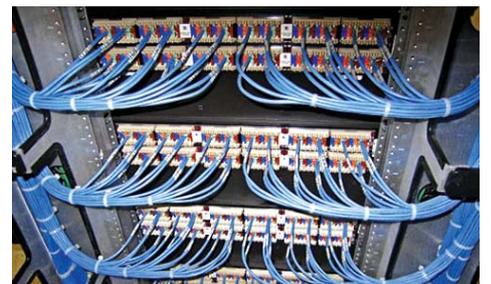
Вычисления показывают, что для многомодового оптоволоконно с параметрами (50/125 мкм) при акустическом воздействии на расстоянии от проводника в 1 см максимальный угол отклонения от первоначального направления распространения составляет 5 градусов. Даже при невысокой интенсив-



Более чем сомнительный способ крепления оптоволоконного кабеля на крыше одного из московских домов. Доступ на крыши и чердаки считается ограниченным, но на практике, понятно, дело обстоит далеко не так

ности звуковой волны выводимое электромагнитное излучение достаточно велико для регистрации его современными фотоприемниками. При фиксированной интенсивности звука путем изменения области озвучивания можно добиться максимального значения интенсивности в дифракционном максимуме, тем самым увеличить интенсивность света, отводимого в канал утечки. Оптическое туннелирование света, т. е. приведение в оптический контакт с волокном дру-

способ съема информации наиболее трудновывяемый. Специальные напыляемые покрытия и оптические смазки основного оптоволоконно, которые приводят к эффекту интерференции света в тонких пленках, позволяют вывести часть излучения также без обратного рассеяния. Воздействие стационарных электромагнитных полей, вызывающее изменение оптических свойств на границе сердцевины и оболочки оптоволоконно, приводит к нарушению пол-



К оптоволоконному кроссу, находящемуся в шкафу, не составляет большого труда ограничить доступ, но как быть со многими километрами проводников?

го оптического волокна с показателем преломления равным или большим основного, приводит к «захвату» части информационного светового потока без обратного рассеянного излучения.

На принципах оптического туннелирования в интегральной и волоконной оптике создаются такие устройства, как оптический ответвитель, оптофоны, волоконно-оптические датчики физических величин. Излучение периодического периода из одного волновода в другой. Отличительной особенностью оптического туннелирования является отсутствие обратного рассеянного излучения, что затрудняет детектирование несанкционированного доступа к каналу связи. Этот

ного внутреннего отражения. Несмотря на то, что изменения значения предельного угла, вызываемые как механическими напряжениями, так и электрическими воздействием совместно с другими способами может привести к эффективному способу формирования канала утечки. Рассмотренные выше методы обладают одним недостатком — все, кроме одного, позволяют легко фиксировать каналы утечки. Это определяется значительным обратным рассеянием света в местах каналов утечки. С помощью рефлектометрии обратно рассеянного света такие подключения легко выявляются специалистами.

(продолжение следует)

РЫНОК

4000 км без ретрансляторов

Ближайшее будущее волоконной оптики

Волоконно-оптические линии — одно из самых перспективных направлений в области связи. Оптическое волокно аналитики называют «ключевым средством» доставки широкополосных сетевых услуг со скоростью на уровне гигабит, включая сети бизнеса Ethernet, IP VPN, VoIP и IP-видео



Провайдеры услуг рассматривают экспансию оптического волокна как свою основную задачу. Не охваченные ВОЛС зоны осваиваются, но не настолько быстро, чтобы удовлетворить спрос во всех сегментах потребительского рынка. Сегмент волоконной оптики в России постоянно увеличивается. Она используется прежде всего там, где к надежности и безопасности связи предъявляются наиболее серьезные требования. Более интенсивное распространение ВОЛС наблюдается в крупном бизнесе. В 86 городах действуют оптические соединительные линии между АТС с цифровыми системами передачи ИКМ-120. Довольно широко распространены зональные линии внутриобластного назначения: Петербург — Соновский бор, Уфа — Стерлитамак, Тула — Щекино, Воронеж — Павловск, Рязань — Мосолово, Майкоп — Краснодар, Клин — Солнечногорск, Ростов — Азов и др. Построена одноименная магистраль Петербург — Минск на большое число каналов протяженностью 1000 км. Один из самых масштабных проектов, реализуемых сегодня в этой сфере, — Транссибирская оптическая линия (ТОЛ) протяженностью около 17 000 км, проходящая через всю территорию России. ТОЛ связывает Японию и Европу. Общее число каналов составляет 30 000, и половина их предназначена для России. Остальные каналы идут транзитом на Европу. Транссибирская линия после включения в мировую межконтинентальную сеть связи замкнет глобальное волоконно-оптическое кольцо, которое охватит четыре континента (Европу, Америку, Азию, Австралию) и пройдет через три океана (Атлантический, Тихий, Индийский). Возможности волоконной оптики позволяют

проектировать линии, хорошо работающие в широком диапазоне температур и маловосприимчивые к влажности. Это делает ВОЛС незаменимым современным решением при прокладке подводного кабеля.

ADSL уходит в прошлое?

Волоконно-оптические линии все шире распространяются по всему миру. В Японии, согласно последним исследованиям Министерства внутренних дел и связи, уже к концу 2007 года домашние пользователи подключались к Интернету через ВОЛС в 31 % случаев, т. е. есть чаще, чем по более медленным каналам передачи данных, в том числе по линиям ADSL (сегмент ADSL сократился с 27,7 % до 18,9 %). Применяются эти линии и для IP-телефонии. Кабельным телевидением теперь пользуется 16,6 % семей. В США за последние пять лет доля предприятий и организаций, охваченных сетями волоконной оптики, увеличилась до 15,3 %. Преимущество ВОЛС несомненно. Их пропускная способность на порядок выше, чем у информационных линий на основе медного кабеля. Сигнал передается на далекие расстояния с минимальными потерями. Малое затухание и небольшая дисперсия позволяют строить участки линий без ретрансляции протяженностью до 100 км и более. Широкополосность и способность передавать одновременно тысячи каналов информации делают эту технологию исключительно продуктивной. А габаритные размеры и масса такого кабеля в 10 раз меньше, чем электрического. Материал волокна — диэлектрик, что дает массу преимуществ. Он невосприимчив к электромагнитным полям. Волоконная оптика безопасна. Она безвредна во взрывоопасных средах, не искрит, на таких

линиях не бывает короткого замыкания. Это актуально на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенного риска. Еще несколько десятилетий назад металлическим проводам практически не было альтернативы. Но появление волоконной оптики заставило по-другому взглянуть на требования, предъявляемые к системам связи. В наше время линии, проложенные на основе медного провода, модернизируются, меняются усилительные станции, уплотняются каналы. Примером может служить технология ADSL. Однако, судя по всему, возможности медных линий приближаются к своим предельным значениям и развитие этого направления требует все больших затрат. В то время как по оптоволокну можно передать одновременно до 10 миллионов телефонных разговоров и миллион видеосигналов. Скорость передачи данных может быть увеличена за счет передачи информации сразу в двух направлениях, так как световые волны могут распространяться в одном волокне независимо друг от друга. Кроме того, в оптическом волокне могут распространяться световые сигналы двух разных поляризаций, что позволяет удвоить пропускную способность оптического канала связи. На сегодняшний день предел плотности передаваемой по оптическому волокну информации не достигнут.



Хорошо, но дорого...

Строго говоря, из недостатков ВОЛС, пожалуй, можно назвать лишь один, но существенный — их высокая стоимость. Из чего она складывается? Высоконадежные активные элементы, необходимые для преобразования электрического сигнала в свет и обратно, должны изготавливаться с большой точностью. То же можно сказать и об оптических коннекторах (соединителях) с малыми оптическими потерями и большим ресурсом на подключение-отключение. При изготовлении этих устройств погрешность не может превышать

долей микрона, чтобы точность соответствовала длине волны излучения. Прецизионное оборудование, которое используют при монтаже оптических волокон, тоже стоит дорого. А если обрывается кабель, затраты на его ремонт будут куда выше, чем в случае с витой парой. И хотя цены на оптические компоненты постоянно снижаются, ВОЛС продолжает оставаться дорогим удовольствием. Поскольку в ВОЛС используется особый материал, то и «болезни» у него особые. Если не говорить об аварийных ситуациях, ВОЛС могут серьезно пострадать, например, от радиации, причем именно от радиации, а не от электромагнитного импульса, который является одним из поражающих факторов ядерного взрыва. От нее волоконные световоды покрываются пятнами затемнения, в результате чего сигнал затухает быстрее. Плохо отражается на состоянии волокна и воздействие водорода, потому что водородная коррозия способствует появлению микротрещин.

Все только начинается...

В последнее время появилось новое направление в развитии волоконно-оптической техники: использование среднего инфракрасного диапазона волн 2–10 мкм. Ожидается, что потери в этом диапазоне не будут превышать 0,02 дБ/км. Это позволит осуществлять связь на большие расстояния с частотами регенерации до 1000 км. Ис-

пользования волоконной оптики происходит разделение сигналов. Такой метод разделения каналов в ВОЛС получил название спектрального уплотнения, или мультиплексирования.

В перспективе в ВОЛС предлагается использовать преобразование речевых сигналов в оптические непосредственно с помощью акустических преобразователей. Уже разработан оптический телефон и проводятся работы по созданию новых АТС, коммутирующих световые, а не электрические сигналы. Имеются примеры создания многопозиционных быстродействующих оптических переключателей, которые могут использоваться для оптической коммутации. Оптическое волокно широко используется при создании локальных вычислительных сетей (ЛВС). Во-первых, это выгодно — при установке протяженных сегментов сети не требуются повторители. Во-вторых, это надежно — в оптических линиях связи очень низкий уровень шумов. В-третьих, это перспективно. Волоконно-оптические линии связи позволяют наращивать вычислительные возможности сети без замены кабельных коммуникаций. Для этого нужно просто установить более быстройдействующие передатчики и приемники. Это важно для тех пользователей, кто ориентируется на развитие своей ЛВС.

Fiber to the desk

Волоконно-оптические технологии не только обеспечивают интеграцию ATM и IP в одной сети, но и позволяют эффективнее использовать сетевые средства при большей пропускной способности. Для потребителя это означает более высокую производительность и емкость сети при относительно низкой стоимости услуг. С ростом пропускной способности кабеля повышается и привлекательность внедрения оптики до рабочего стола. Выполняется горизонтальная разводка при реализации проектов класса «fiber to the desk» (FTD, «волокно до рабочего стола») и «fiber to the room» («волокно до комнаты»). Использование ВОЛС «до рабочего стола» вместо меди открывает беспрецедентную возможность предложить не только неограниченную полосу передачи каждому пользователю, но и добиться значительного сокращения расходов на текущую и последующую модернизацию и поддержку приложений. Обновление сети сводится к смене электроники и не предполагает прокладки нового кабеля. Проект реализуется с незначительными трудозатратами. Используются недорогие высококачественные одномодовые соединители. FTTD позволяет ликвидировать лишнее оборудование в

офисе, отказавшись при этом от дорогостоящих кабельных каналов внутри помещения. Получается привлекательная по цене, почти не нуждающаяся в обслуживании высококачественная широкополосная сеть FTDD, которая позволяет учесть даже будущие запросы пользователей. Как правило, в ВОЛС применяются когерентное излучение. Но в последние годы развивается альтернативное направление — солитонные системы связи. Солитонное называется световой импульс, сохраняющий свою форму и способный распространяться по «идеальному» световоду бесконечно далеко (теоретически), то есть оптимальный световой импульс для связи. При использовании солитонных систем передачи достигнута дальность 4000 км без регенерации (то есть только с использованием оптических усилителей на промежуточных узлах) при скорости передачи выше 10 Гбит/с. На практике это означает, что на магистрали можно не делать ни одного промежуточного регенератора. Все волокна сращиваются напрямую.

Что дальше?

В России и во всем мире продолжается исследование и разработка новых возможностей волоконно-оптических сетей. Здесь перед учеными открывается огромное поле деятельности. Некоторые исследования связаны с очень малым (по сравнению с другими средами) затуханием светового сигнала в волокне. Лучшие образцы российского волокна имеют затухание 0,22 дБ/км при длине волны 1,55 мкм, что позволяет строить линии связи длиной до 100 км без регенерации сигналов. Для сравнения: лучшее волокно Sumitomo при длине волны 1,55 мкм имеет затухание 0,154 дБ/км. В оптических лабораториях мира разрабатываются еще более «прозрачные», так называемые фторцирконатные волокна с теоретическим пределом порядка 0,02 дБ/км при длине волны 2,5 мкм. Лабораторные исследования показали, что на основе таких волокон могут быть созданы линии связи с регенерационными участками через 4600 км при скорости передачи порядка 1 Гбит/с. Конечно, для практической реализации таких систем связи потребуются новые исследования и разработка новой элементной базы, в частности создание широкополосных оптических усилителей, мультиплексоров и демultipлексоров, оптических переключателей света. Но бурный прогресс в части развития волоконно-оптических технологий позволяет уверенно утверждать, что и такие системы будут реализованы на практике.