

УДК 004.722

ОПТИЧЕСКИЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ ДЛЯ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Веселовский П.Н., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Автономные информационные и управляющие системы»*

Научный руководитель: Мещерякова Р.И. преподаватель

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана

sm42@sm.bmstu.ru

На сегодняшний день явно наметилась тенденция по переходу с медного кабеля на оптическое волокно. При этом если в сфере телекоммуникаций оптоволокно представляет интерес в основном для магистральных провайдеров услуг связи или как долгосрочная перспектива, то в подводной технике оно является, зачастую, единственным возможным решением. Некоторые свойства медного кабеля являются принципиальными недостатками при его использовании в подводной технике.

Малая дальность. Распределенные параметры электрической линии вносят существенные искажения в сигнал при передаче на большие расстояния. Так, технология Ethernet 100BASE-T использует для передачи одну витую пару категории 5 при скорости 100 Мб/с при этом, максимальная длина сегмента – 100 м. Оптические линии связи позволяют передавать информацию на расстояния до 100 км без установки регенераторов.

Низкая помехозащищенность. Линия связи проходит в одном кабеле с силовыми линиями питания, по которым в моменты изменения нагрузки протекают большие токи. Наводимые этими токами помехи могут существенно исказить данные. Оптический сигнал в меньшей мере подвержен влиянию электромагнитных помех.

Скорость передачи. Задачи, решаемые телеуправляемыми необитаемыми подводными аппаратами (ТНПА), определяют требования к пропускной способности канала. Например, для реализации алгоритмов распознавания образов или стабилизации аппарата по видеоизображению, требуется получать изображение с максимальной точностью. Несжатый оцифрованный видеопоток ITU-RBT-656 требует для передачи линейной скорости 216 Мб/с. В электрической линии связи несущая частота ограничена, так как сама линия связи, в общем случае, представляет из себя НЧ-фильтр. Частота несущей волны прямо определяет пропускную способность канала. В оптических линиях (в частности в оптоволоконных), в качестве несущих используются волны спектра

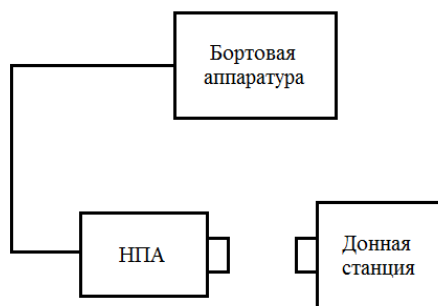
<http://sntbul.bmstu.ru/doc/641087.html>

1300 нм – 1500 нм из оптического диапазона. Это позволяет выделять достаточную полосу для передачи несжатого видеопотока. На данный момент, достигнута пропускная способность 100 Гбит/с по одному одномодовому оптическому волокну, это заложено, например, в стандарте 100GBASE-LR4 [3]. Естественно, такие скорости требуют специального оборудования и пока более применимы для транспортных сетей, нежели для подводной техники.

Гальваническая развязка элементов сети. Так как основа кабеля – диэлектрик, отсутствуют требования экранирования и заземления такого кабеля. Также, отсутствует возможность повреждения дорогостоящего оборудования ввиду высоковольтных наводок. Недостатком является меньшая прочность волокна по сравнению с медью. Однако, современные волоконные кабели, как правило, армируются прочной металлической жилой, поэтому данный недостаток можно считать несущественным.

Задача построения канала связи

Основная задача канала связи заключается в подключении бортовой аппаратуры к донной сети информационного обмена. Упрощенно, структура системы представлена на рисунке.



Донная станция является узлом информационной сети обмена, расположенной под водой. Бортовая аппаратура формирует команды управления, обрабатывая информацию, получаемую с ТНПА, который стыкуется с донной станцией. После стыковки, бортовая аппаратура имеет прямой доступ к информационной сети. При этом, систему можно представить в виде сети с топологией типа шина со следующими независимыми узлами: аппаратура ТНПА, аппаратура донной станции, аппаратура доступа к информационной сети обмена. Ниже рассмотрены различные концепции построения такой сети.

Сетевая архитектура

Для осуществления связи между бортовой электроникой и забортным аппаратом достаточно одного оптоволокну. При этом входящий и исходящий потоки информации

передаются на разных длинах волн. Такой подход прост в реализации, надежен и не требует дорогостоящего оборудования. Однако, в случае, когда необходимо подключить несколько устройств – каждому придется выделить отдельное волокно. Существующие вращающиеся оптические соединители, позволяют соединять до шести кабелей. Однако, в таких соединителях с увеличением количества оптических волокон возрастают потери, внося существенные потери в оптический тракт. Более того, они достаточно дороги и плохо представлены на отечественном рынке.

Другим подходом является передача информации по одномодовому оптическому волокну с разделением нисходящего (downstream) и восходящего (upstream) потоков по длине волны. В каждом бортовом устройстве расположен модуль оптического приемопередатчика. Каждый такой модуль выполняет преобразование оптического сигнала в электрический, полное демультиплексирование потоков, извлечение информации из нисходящего и добавление в восходящий потоки, и преобразование электрических сигналов в оптические. Такой подход хорош тем, что на каждом устройстве происходит регенерация оптического сигнала. Это снижает влияние дисперсионных явлений, возникающих в оптическом волокне на проходящие сигналы и, соответственно снижает вероятность битовой ошибки. С другой стороны, надежность такой системы невелика, так как выход из строя одного приемопередатчика приведет к потере связи с остальными. Энергопотребление такой линии значительно больше, чем у чисто пассивных систем, описанных ниже.

Другой подход к решению задачи связи – использование сетевой архитектуры. Концепция частично заимствована из технологии пассивных оптических сетей PON [1] (Passive Optical Network), применяемой в сфере телекоммуникаций. Основная идея – использование одного оптического волокна для передачи нисходящего потока от бортовой электроники всем бортовым устройствам и передачи восходящего потока обратно [2]. При этом нисходящий поток – информация управления, передается всем устройствам по заданным адресам (широковещательно). Каждое устройство, считывая адресное поле посылки, выделяет из потока информацию, предназначенную только ему. Восходящий поток передается всеми устройствами на одной длине волны, используя протокол множественного доступа с разделением по времени TDMA (Time Division Multiple Access), при котором каждому устройству выделяется временной интервал для передачи информации. Ответвление потоков осуществляется с помощью оптических разветвителей (сплиттеров). При расчете оптического бюджета важно учесть потери мощности в сплиттерах, так как они определяют максимальное количество подключаемых к линии устройств. Надежность в этом случае значительно выше, так как не происходит

электрооптического преобразования сигналов на каждом приемеопередатчике, поэтому выход из строя одного модуля не приведет к полной потере связи.

Общим для этих схем недостатком является сложность используемого оборудования и низкая пропускная способность канала. Это связано с необходимостью временного мультиплексирования потоков, исходящих от устройств сети. Эти ограничения возможно обойти используя технологию спектрального уплотнения WDM (Wavelength Division Multiplexing). Идея остается прежней – нисходящий поток информации является широковещательным и «виден» всем устройствам сети. В свою очередь, каждому устройству выделяется отдельная длина волны. Для введения и вывода определенной длины волны в оптоволокно применяются специальные оптические устройства – мультиплексоры ввода-вывода OADM [4] (Optical Add/Drop Multiplexor). Такая сеть является чисто пассивной, поэтому требует тщательного расчета оптического бюджета, а также, учета всех оптических явлений, возникающих в волокне при распространении по нему волн разной длины. При таком построении сети обеспечивается максимальная пропускная способность для передачи информации от каждого устройства. Также, упрощается конструкция приемеопередатчиков. Каждый приемеопередатчик формирует посылку определенного формата в соответствии с протоколом и отправляет ее на оптический трансивер. Оптический трансивер для каждого модуля выбирается в соответствие с длиной волны, на которой требуется выполнить передачу. Таким образом, приемеопередатчики всех устройств различаются только «цветом» лазера. На сегодняшний день, на отечественном рынке представлен широкий ассортимент таких трансиверов. Дополнительным плюсом является их модульное исполнение в форм-факторе SFP. При необходимости, любой трансивер приемеопередатчика может быть извлечен и вместо него установлен аналогичный.

Заключение

В статье рассмотрены некоторые варианты построения сетей для подводной техники. С ростом парка подводных аппаратов и возлагаемых на них функций, появляются новые требования к организации канала связи. Очевидно, что простая топология типа точка-точка не может удовлетворять им. Необходимо учитывать высокие требования к надежности функционирования такой сети. Потеря связи с одним узлом не должна прерывать связь с остальными.

Более того, требуется учитывать особенности технического обслуживания подводных аппаратов. Например, оборудование донной станции должно безотказно работать на протяжении всего срока эксплуатации, так как устранение неисправностей в

ней требует больших затрат. С этой точки зрения, пассивная аппаратура, реализующая функции оптической сети обладает более высокой надежностью и долговечностью.

Список литературы

1. Glen Kramer, «Ethernet Passive Optical Networks», New York: McGraw-Hill, 2005.
2. Слепов Н.Н., Дмитриев С.А. Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы. – 2-е изд. – М.: АО «ВОТ», 2005. – 576 с.
3. IEEE Std 802.3ba-2010, 40Gb/s and 100Gb/s Ethernet.
4. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети. – М.: «Эко-Трендз», 2008, 271 с.