(cc) BY

Сарычева Алёна Владимировна
бакалавр техн. наук, магистрант
Колесников Дмитрий Валерьевич
магистрант
ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»
г. Владивосток, Приморский край

ПОДВОДНАЯ БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПОДВОДНЫХ СЕТЕЙ

Аннотация*: в данной статье приводится обзор существующих систем связи с подводными объектами с использованием различных физических волн. Авторами рассматриваются их сравнение, эффективность, скорость передачи, сложности применения и многое другое.*

Ключевые слова*: волны, передача, акустические волны, радиочастотные волны, связь, частота, оптические волны, система связи, диапазон, подводные сети.*

Подводная беспроводная передача информации из различных подводных сетей (которая может включать автономное подводное транспортное средство (AUV) или беспилотное подводное транспортное средство (UUV) или сенсорные сети) находится в процессе активных исследований в течение многих десятилетий. В этом разделе будет представлен обзор различных физических волн (акустический, радиочастотный и оптический) и сравним их плюсы и минусы на основе эффективной подводной беспроводной связи.

I. Акустические волны. Среди упомянутых выше трех типов волн акустические волны используются в качестве основного носителя для подводной беспроводной связи из-за их относительно меньшего поглощения и дальнего расстояния. Первая подводная аудиосвязь была разработана в США с использованием подавленной несущей амплитудной модуляции одиночной боковой полосы (SSB) на несущих частотах от 8 до 15 кГц с использованием простых голосовых диапазонов и фильтров формирования импульса. Полученный сигнал имеет

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

низкое качество и требует способности человеческого уха и мозга обнаруживать и обрабатывать искаженную речь. С развитием цифровой связи в 1960 году наблюдалось относительное улучшение скорости передачи данных и операционного диапазона. Улучшенная пропускная способность наблюдалась с использованием методов компенсации многолучевости. С течением времени многие исследователи разработали сложные методы оценки канала и разработали различные алгоритмы для обеспечения более эффективной подводной акустической коммуникации. Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM) также широко использовалось в подводной акустической связи для достижения высоких скоростей передачи данных без использования сложных. Но, несмотря на невероятные технологические достижения, подводная акустическая связь по-прежнему создает различные препятствия для эффективной коммуникации. Это связано с тем, что подводная среда намного более яркая и сложная, так как не существует какого-либо типичного типа подводного акустического канала, т. е. Система, предназначенная для работы в одной среде (например, мелкая вода), может потерпеть неудачу в другой среде (скажем, в глубоком океане). Кроме того, эти волны характеризуются тремя основными факторами: зависящим от частоты затуханием, изменяющимся во времени многолучевым распространением и высокой задержкой. Многолучевое распространение приводит к разбросу задержки, который составляет около 10 мс, но может достигать 50–100 мс.Эти значения разброса задержки приводят к межсимвольной интерференции (ISI), которая может распространяться на 20–300 символов со скоростью передачи данных 2–10 килобита в секунду и тем самым ограничивать скорость передачи данных.

II. Радиочастотные волны: использование радиоволн в подводной беспроводной связи было изучено для дальнейшего улучшения скорости передачи данных, поскольку оно обеспечивает более высокую пропускную способность и более высокую скорость в подводной среде. В зависимости от архитектуры проектирования системы радиочастотные волны могут варьироваться от нескольких десятков герц до гигагерц. Связь на сверхнизких частотах (ELF), т.е. 30–300 Гц,

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

широко используются в военных применениях или в установлении связи между наземными и подводными объектами. Они используются для распространения на большие расстояния и успешно развертываются для связи с морскими подводными лодками. Первый проект ELF был разработан в 1968 году для связи между глубоко подводными лодками. В этом проекте система оповещения использовалась для вызова подводной лодки на поверхность для высокоскоростной связи с использованием наземных радиолиний. Ранее сообщалось, что радиочастотные частоты в диапазоне МГц способны распространяться в морской воде на расстояние до 100 м с использованием дипольного излучения с высокими скоростями передачи в 100 Вт. Однако для этого требуется сложная конструкция антенн и высокая мощность передачи.

Для проектирования радиочастотной системы, которая включает в себя линию связи между подводным и наземным приемопередатчиком, любой частотный диапазон от десятков мегагерц до гигагерца работает эффективно. Такие системы связи называются плавучей системой радиосвязи, и они не являются действительно подводной коммуникацией. Другая конфигурация включает в себя прямую линию радиосвязи между двумя приемопередатчиками, подводными или одним установленным под водой и другим, установленным над поверхностью воды. Этот тип системной конструкции называется прямой радиочастотной системой связи, и для связи используется диапазон очень низких частот (ELF) или низкочастотный диапазон (LF).

Сравнение радиочастотной и акустической связи дает максимальные расстояния распространения для нескольких диапазонов частот (6 м при 100 кГц, 16 м при 10 кГц и 22 м при 1 кГц). Скорость передачи данных в радиочастотной связи может быть улучшена с использованием схем множественного ввода с несколькими входами (MIMO). Схема модуляции квадратурного фазового сдвига (QPSK) с четырьмя передающими антеннами способна передавать 48 кбит / с при ширине полосы 23 кГц на расстояние 2 км. Много исследований было проведено на радиочастотных частотах для подводной связи, но они страдают от больших потерь из-за проводимости морской воды.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Радиочастотная связь в пресной воде является хорошим выбором, однако для нее требуется антенна очень большого размера (длина волны составляет 10 км при 30 кГц). Кроме того, для компенсации высоких потерь антенны требуется высокая мощность передатчика. Помимо потерь поглощения, потери на рефракцию на границе раздела воздух-вода составляют почти 60 дБ на низких частотах и уменьшаются с увеличением частоты. Видно, что преломляющие потери снижаются до 27 дБ на 1,8 МГц, что весьма привлекательно с радиолюбительской точки зрения.

III. Оптические волны : поскольку радиочастотные сигналы требуют огромного размера антенны, большой мощности передатчика в пресной воде и имеют сильное затухание в морской воде, следующий очевидный выбор для подводной связи для поддержки высокой скорости передачи данных – использование оптического сигнала. Хотя оптические сигналы в подводной среде сталкиваются с несколькими экстремальными проблемами из-за поглощения воды или рассеяния, вызванного взвешенными частицами или из-за сильного возмущения, вызванного Солнцем, все еще есть много доказательств для широкополосного оптического соединения под водой в умеренных пределах [2] Проведены различные теоретические и экспериментальные исследования для наблюдения за поведением оптического пучка под водой. Все эти литературные материалы свидетельствуют о высокой пропускной способности беспроводной оптической передачи в условиях ограниченной дальности. В 1992 году экспериментальная работа была продемонстрирована с использованием аргоно-ионного лазера, работающего при 514 нм для 50 Мбит/с на расстоянии 9 м. В 1995 году теоретический анализ UOWC на основе светодиодов проводился на скорости 10 Мбит/с на расстоянии 20 м и 1 Мбит/с на расстоянии 30 м. Позднее эта работа была расширена в 2005 году, когда теоретический анализ для разных скоростей передачи данных в разных подводных условиях предполагал, что рабочий диапазон варьируется от менее 10 м до более 25 м. Однонаправленная оптическая беспроводная связь, способная передавать данные со скоростью 320 кбит/с на расстояние до 2,2 м для сети подводного датчика, была представлена в [1], а затем в 2006 году была

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

проверена оптическая линия связи с оптической связью на основе всенаправленного света для обсерваторий морского дна, в [1] была установлена коротко диапазонная подводная оптическая линия беспроводной связи до 5 м с частотой 10 Мбит/с с использованием ЧМ-модуляции, далее JA Simpson et al. расширил работу и исследовал фундаментальные проблемы, такие как методы модуляции, коррекция ошибок, высокоскоростные каналы связи и т. д. В большинстве работ, выполненных до сих пор, расстояние между подводными оптическими линиями связи колеблется от нескольких метров до десятков метров.

В 2010 году для достижения диапазона связи 50 м с высокой скоростью передачи данных была разработана двунаправленная линия связи с использованием высокомощных светодиодных массивов с длиной волны 470 нм и дискретной импульсной модуляции.

Существует множество видов каналов связи, основанных на разной физике волн, каждый из них применим для определенных задач, с разной скоростью передачи, дальность и многими другими факторами.

Список литературы

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/icp.jsp?arnumber=7450595#ref_19

2. Сапрыкин В.А. Оптические устройства в радиотехнике: Учебное пособие. – Петродворец, 2006. – С. 134.

3. Веселовский П.Н. // Молодежный научно-технический вестник. – 2013. – №12. – Декабрь.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)