

Физические поля корабля, океана и атмосферы

DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2021-2-6>

УДК 656.61.052; 621.396.4; 004.716

И.С. Скварник

СКВАРНИК ИГОРЬ СВЯТОСЛАВОВИЧ – соискатель, wbfm@yandex.ru

Политехнический институт

Дальневосточный федеральный университет

Владивосток, Россия

Научный руководитель: Стаценко Любовь Григорьевна, д.ф.-м.н., профессор, директор Департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения Политехнического института
SPIN: 1082-8734, <https://orcid.org/0000-0001-7498-9534>, ResearcherID: F-8862-2014, ScopusID: 6507661729, lu-sta@mail.ru, Дальневосточный федеральный университет

Современные технологии в системе управления движением судов в рамках концепции е-Навигации: мировой опыт и региональные особенности (обзор)

Аннотация: В 2006 г. Международной морской организацией была принята концепция e-Navigation (е-Навигация), которая для повышения безопасности мореплавания подразумевает формирование единого информационного пространства обслуживающих судовождение служб. Решение такой задачи требует внедрения новых информационных технологий, в качестве которой в данном обзоре авторы рассматривают технологию беспроводного широкополосного доступа (БШД). Приведен анализ мирового опыта применения технологии БШД для систем морской связи и систем управления движением судов. Рассмотрена модернизация сети связи и передачи данных СУДС Владивосток, предложен вариант внедрения е-Навигации в Дальневосточном регионе – в акваториях морских портов Владивосток, Зарубино, Посыет и на подходах к ним.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, е-Навигация, система управления движением судов, морское облако, технология беспроводного широкополосного доступа

Введение: новые технические решения для безопасности мореплавания

Морской транспорт – один из основных видов путей сообщения, обеспечивающих перемещение людей и грузов различного назначения. Несмотря на достигнутые успехи в развитии системы безопасности мореплавания, уровень катастроф и чрезвычайных ситуаций в акваториях морей и проливов во всем мире остается высоким. Причины – ошибки восприятия обстановки, несоблюдение общепринятых приемов и способов управления судном, неучет гидрометеорологических особенностей района плавания и стоянки.

В целях повышения безопасности мореплавания Международной морской организацией (ММО) была предложена концепция e-Navigation (е-Навигация). Для обеспечения надёжности и безопасности мореплавания, а также для защиты морской окружающей среды концепция подразумевает согласованные сбор, интеграцию, передачу, воспроизведение и анализ информации о ситуации на море, на борту судна и на береговых объектах с использованием электронных средств в целях совершенствования процесса плавания «от причала к

© Скварник И.С., 2021

Статья: поступила: 05.03.2021; рецензия: 18.03.2021; финансирование: Дальневосточный федеральный университет.

причалу» и функционирования соответствующих служб. Иными словами, концепция предполагает интеграцию обеспечивающих и обслуживающих судовождение средств, систем и служб за счет создания единого информационного пространства на основе единых стандартов и алгоритмов [6].

Предпосылки создания концепции е-Навигации:

- разобщенность существующих технологий навигации и управления судоходством, затрудняющая оперативный обмен навигационной информацией для повышения безопасности и эффективности судоходства;
- отсутствие единых стандартов для берегового и судового навигационного оборудования и универсальных правил их применения;
- возрастающий риск влияния человеческого фактора на безопасность навигации при увеличивающемся уровне автоматизации без должной стандартизации и интеграции судового и берегового комплектов оборудования;
- возрастающий объем передаваемой информации, необходимой для обеспечения безопасности мореплавания [3, 9].

Схема информационного взаимодействия обеспечивающих и обслуживающих судовождение средств, систем и служб в рамках е-Навигации показана на рис. 1.

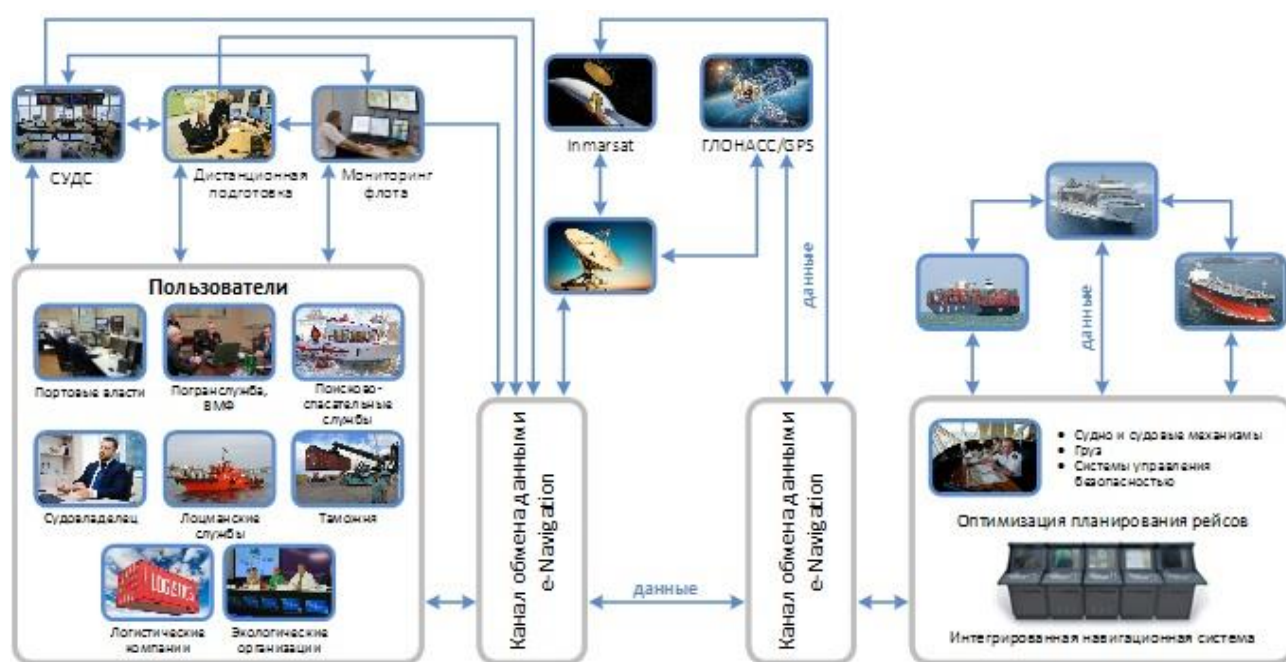


Рис. 1. Схема обмена данными в рамках е-Навигации [9]

Ведущая роль в организации обмена данными о надводной обстановке между органами управления судовождением в рамках е-Навигации принадлежит системе управления движением судов (СУДС), которая осуществляет взаимодействие различных служб и систем посредством существующей сети связи и передачи данных (ССПД), отражающей все процессы управления движением судов. Однако существующим ССПД СУДС, организованным на базе радиорелейных линий связи (РРЛ), присущ ряд принципиальных недостатков, которые сдерживают их развитие в рамках е-Навигации. Назовем основные:

- отсутствие согласованных межсетевых протоколов информационного обмена;
- отсутствие унифицированного оборудования для сопряжения различных служб и систем;
- низкая производительность (до 140 Мбит/с PDN иерархией);
- невозможность реализации полносвязной топологии;
- слабая защищенность каналов связи от многолучевости.

Именно поэтому существующие ССПД СУДС не могут обеспечить передачу больших объемов информации и организовать информационный обмен с судами и соответствующими службами. Следовательно, для повышения безопасности мореплавания необходимо увеличить производительность сети и объединить службы, системы и средства, обеспечивающие судовождение, в единое информационное пространство, которое обеспечит их ситуационную осведомленность в реальном масштабе времени.

Мировая практика [1–4, 7, 8, 9–22] подтверждает, что увеличение производительности сети и формирование единого информационного пространства достижимо на основе внедрения новых информационных технологий, которые используют новые способы передачи данных и согласованные межсетевые протоколы взаимодействия. Примеры – информационные системы, созданные в Сингапуре для обмена информацией с терминальными и контейнерными складами, платформа сообщества SmartPORT (Гамбург) для мониторинга данных, касающихся инфраструктуры, трафика и данных о движении судов, платформа порта Антверпен для обмена данными от морских и грузовых компаний, складов, таможенных брокеров и иных участников логистической цепочки доставки грузов морем и др.

Итак, приведенные источники свидетельствуют об актуальности задачи внедрения новых информационных технологий в СУДС для повышения безопасности мореплавания.

Технология морского облака как метод реализации e-Навигации

Результаты исследований и экспериментов [5, 7, 8, 9] показывают, что основой формирования единого информационного пространства должны стать облачные технологии, которые применимы для любых сервисов, предоставляемых через сеть интернет.

Пример облачной технологии для управления движением судов – Maritime Cloud (морское облако) [1, 4]. Данная технология внедряется в рамках проекта EfficienSea 2 и одобрена 13 странами Евросоюза в целях дальнейшего повышения навигационной безопасности.

Морское облако – это коммуникационная инфраструктура, обеспечивающая эффективный, безопасный и беспрепятственный электронный обмен информацией между уполномоченными морскими заинтересованными сторонами в рамках имеющихся коммуникационных систем. Она обеспечивает высокий уровень автоматизации морской отрасли и позволяет судам всех размеров и флагов подключаться к безбумажной системе обмена информацией. Это сделает навигацию и эксплуатацию судов более безопасными, а также повысит общую эффективность морского транспорта.

Технология морского облака обеспечивает:

- идентификацию судов, центров СУДС, офисов судовладельцев и т.д.;
- выбор наилучшей из доступных линий связи и их безопасность;
- предоставление информации о местонахождении соответствующих информационных служб;
- роуминг.

Кроме того, посредством морского облака предполагается осуществление передачи данных с использованием как существующих, так и перспективных каналов связи.

Технология морского облака – главный элемент не только судовой, но и береговой компоненты e-Навигации: она позволяет преодолеть сложности физической связи между абонентами и обеспечивает функциональную связь с системой соответствующего человеко-машинного интерфейса. Морское облако направлено на улучшение организации данных, обмена данными и безопасности данных путем предоставления набора открытых стандартов для разработки электронных навигационных систем. На рис. 2 представлена схема сети связи, отражающая принцип действия технологии морского облака.

Морское облако функционирует на основе IP-протоколов – базовых для современных телекоммуникационных сетей. Это позволяет осуществлять интеграцию различных сетей и систем в единое информационное пространство. Средой передачи данных в морском облаке могут быть как проводные, так и беспроводные каналы связи. Но в силу территориально

разнесенного расположения и труднодоступности объектов СУДС наибольший интерес при организации ее каналов связи представляют беспроводные технологии, к которым относится технология беспроводного широкополосного доступа (БШД). БШД – передовая информационная технология, внедряемая в сети связи и передачи данных общего и специального назначения. Она разработана для помехоустойчивой передачи информации с использованием сигналов малой мощности.

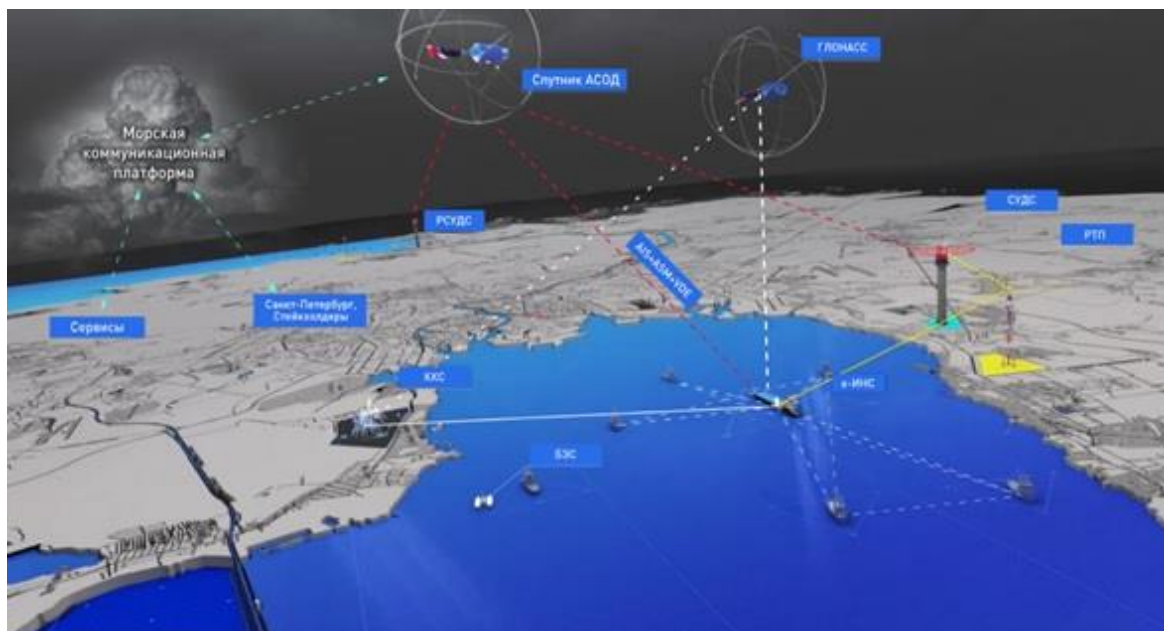


Рис. 2. Схема организации морского облака [1]

Идея БШД состоит в том, что для передачи информации используется значительно более широкая полоса частот, чем это требуется при обычной передаче в узком частотном канале. За счет такой избыточности достигается хорошая помехозащищенность сигнала при его малой мощности. К частотной добавляется и кодовая избыточность, обеспечивающая высокое значение отношения сигнал/шум. Это позволяет использовать в составе оборудования БШД приемо-передающие устройства существенно меньшей мощности, и, как следствие, меньших габаритов и более низкой стоимости. Кроме того, применение в технологии БШД OFDM-модуляции гарантирует высокую защищенность каналов связи от многолучевости при отражении от морской поверхности, а реализация полносвязной топологии позволяет оптимально использовать частотный ресурс, а также поставляемое оборудование. Высокая производительность оборудования БШД (сотни Мбит/с) обеспечит передачу больших объемов информации в реальном масштабе времени всем заинтересованным службам и системам.

Технология БШД может быть реализована посредством нескольких протоколов, основные: 802.11 (Wi-Fi), 802.16 (WiMax) и LTE. Каждый имеет свои особенности применения, но все они могут быть использованы в составе морского облака для решения определенного круга задач.

Технология LTE

Большое внимание практическому использованию технологии БШД в средствах морской связи уделяется в странах Юго-Восточной Азии.

Так, в Южной Корее ведутся работы по внедрению проекта LTE-Maritime [18]. Его идея заключается в применении технологии LTE с зоной покрытия порядка 100 км и скоростью передачи данных в несколько Мбит/с. Результаты экспериментов показали, что предложенное решение сети LTE-Maritime может удовлетворить потребности морского обслуживания в корейских водах в высокоскоростной связи (до 30 Мбит/с) и при дальности связи до 100 км. На

рис. 3 показаны результаты испытаний каналов связи по технологии БШД в направлении корабль–берег, где отражены реализуемые дальности радиосвязи и скорости передачи данных в восходящих и нисходящих потоках.

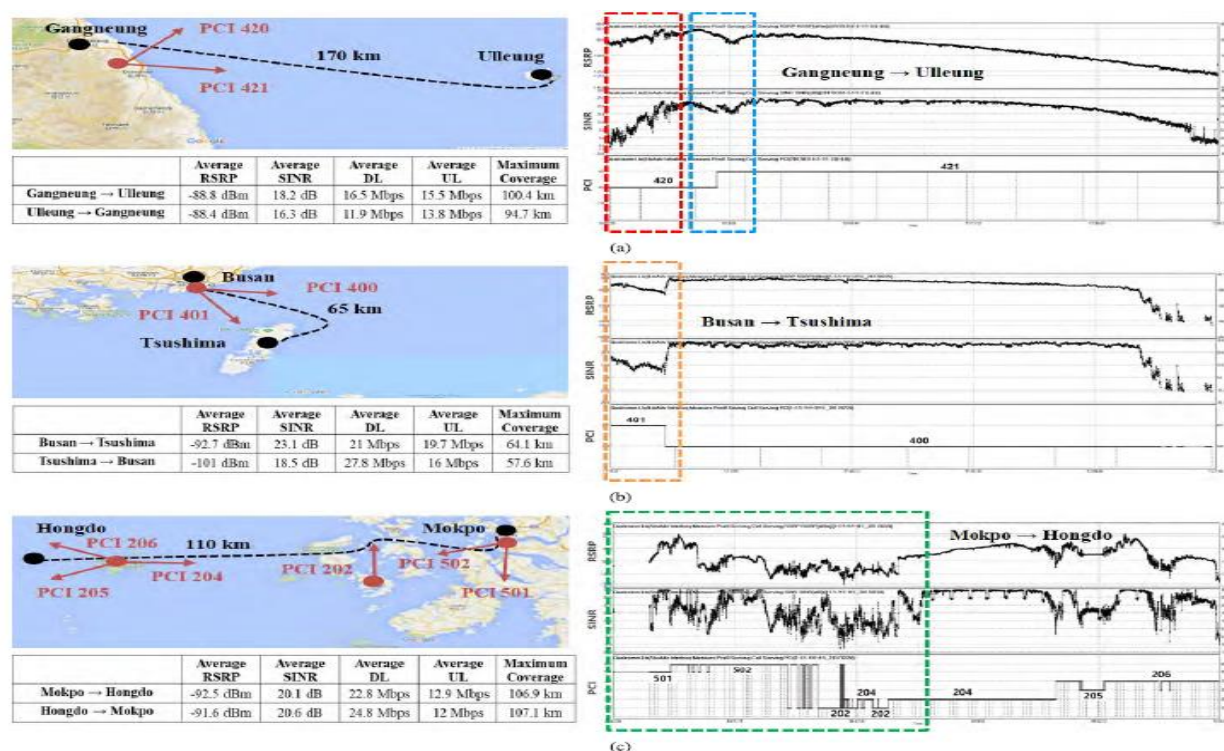


Рис. 3. Результаты эксперимента по проекту LTE-Maritime [18]

В проекте netBaltic [13] представлена идея разработки и развертывания в реальной морской среде широкополосной системы беспроводной связи. Такая система сможет обеспечивать обмен информацией между кораблями через многопролетную сеть, состоящую из наземных базовых станций, судов и других транзитных элементов, таких как буи, маяки и т.д. Авторы исследования предлагают разделить всю территорию на зоны, относящиеся к одному из трех типов: А, В, С (рис. 4): А-зона – связь судно-берег; В-зона – связь между кораблями; С-зона предназначена для связи узлов, расположенных далеко от других судов (эти суда способны устанавливать соединения лишь изредка, следовательно, должны быть обеспечены выделенными устойчивыми к задержке каналами связи). В качестве решения для прямой связи в зоне А использовались соединения стандарта LTE, а в зоне В – запатентованная беспроводная технология, работающая в диапазоне 5,8 ГГц – RADWIN Fiber-In-Motion. В зоне В все узлы netBaltic выполняют обнаружение других узлов в пределах их дальности связи и устанавливают межузловые связи, когда это возможно, таким образом динамически формируя структуру сети. Эта самоорганизующаяся структура сети с множеством транзитных участков позволяет группам кораблей обмениваться данными на гораздо более длинных расстояниях. В случае областей, которые лишь частично заняты судами (зона С), система netBaltic использует сеть, устойчивую к разрывам (DTN), что позволяет ее узлам готовить пакеты данных значительного размера (десятки МБ), которые будут храниться узлами системы и обмениваться между судами (когда они проходят в пределах дальности связи), чтобы в конечном итоге достичь своего предполагаемого получателя. Эта функциональность реализована в режиме наложения, т.е. она доступна во всех зонах. В такой ситуации С определяется как зона, где система не поддерживает никакой иной метод связи, кроме DTN. При подобном решении число судов, способных подключаться к интернету, значительно увеличилось: с 14 до 127%.

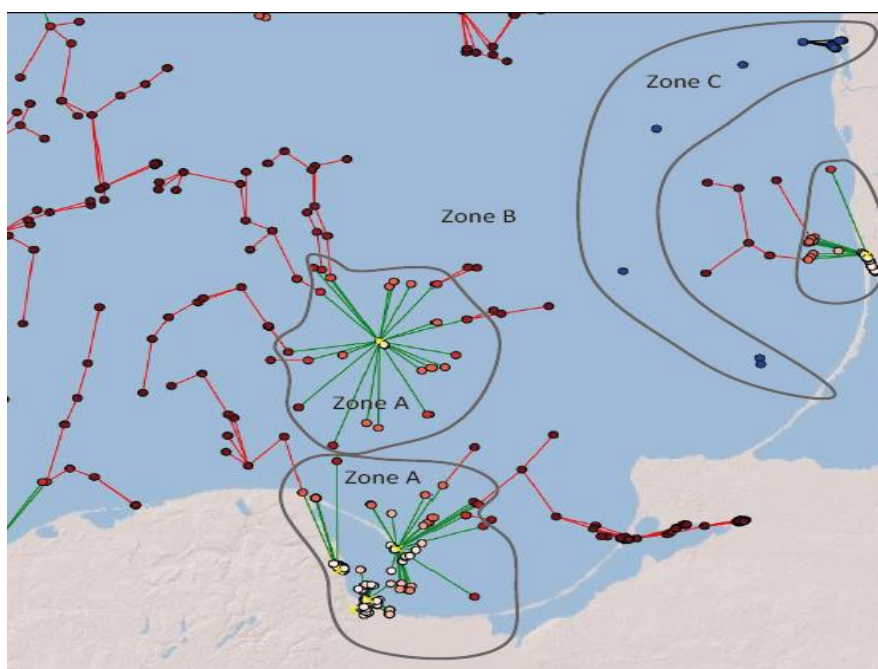


Рис. 4. Структура системы netBaltic [13]

Для поддержки безопасности мореплавания исследователи из Южной Кореи разработали систему широкополосной морской связи MariComm [12]. Данная система предназначена для обеспечения высокоскоростной и надежной связи и передачи данных в оффшорных зонах и между судами. Система MariComm предлагает беспроводную гетерогенную многопролетную ретрансляционную сеть на основе технологий LTE и WLAN, структура которой приведена на рис. 5. Также система MariComm была установлена на судах для проверки ее функциональности и оценки производительности. Результаты эксперимента показывают, что система MariComm может обеспечить скорость передачи данных более 1 Мбит/с на расстоянии около 100 км от берега с поддержкой функции многопролетной ретрансляции.

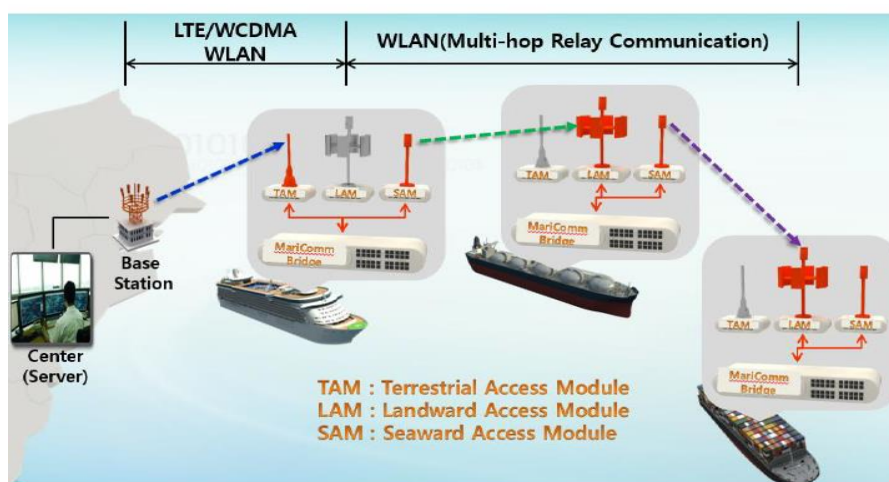


Рис. 5. Концепция многопролетной системы морской широкополосной связи MariComm [12]

Технология WiMAX

Для организации системы управления движением судов в Гибралтарском проливе в качестве оператора, который может предоставлять надежную, экономически эффективную и безопасную услугу связи, учеными из Марокко была предложена технология мобильного

WiMAX (IEEE802.16e-2005) (рис. 6) [10]. Данная технология позволила обеспечить устойчивую связь в направлениях корабль–берег и корабль–корабль на удалении до 60 км: передаваемые сигналы стали устойчивы к многолучевому распространению из-за наличия метода передачи данных OFDM.



Рис. 6. Схема организации управления судами в Гибралтарском проливе [10]

Ming-Tuo Zhou, Minh Dien Hoang и Hiroshi Narada предложили телематическую океанографическую сеть TRI-media (TRITON) для расширения покрытия связи на основе протокола IEEE 802.16d (фиксированный WiMAX) [14]. Обеспечивающая связь между кораблями высокоскоростная беспроводная сеть, образованная между судами, морскими маяками и буями, может маршрутизировать и ретранслировать пакеты для других узлов в соответствии с собственным протоколом маршрутизации, разработанным в проекте (рис. 7). WiMAX может гарантировать высокое качество обслуживания и дальность передачи (35 км для связи судно–берег и 20 км – судно–судно).

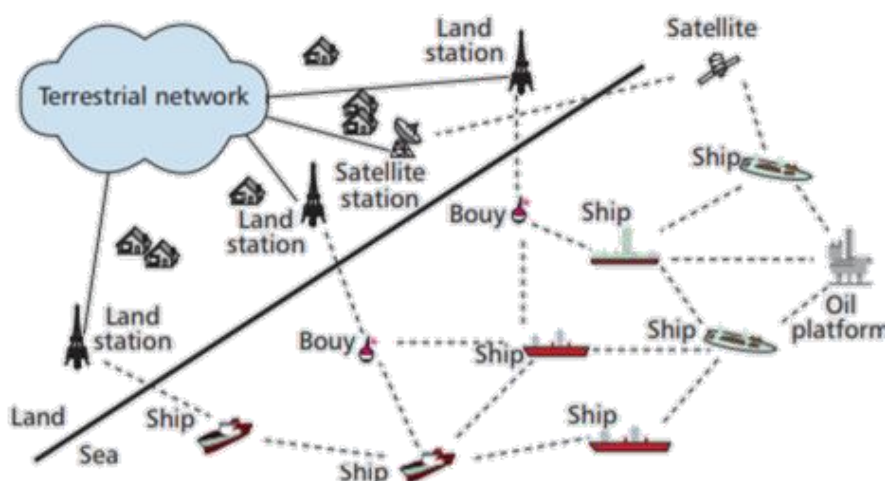


Рис. 7. Телематическая океанографическая сеть TRI-media [14]

В ходе международного сотрудничества между Институтом информационных исследований (Сингапур) и Центром передовых исследований в области коммуникационных технологий NICTA принято решение о слиянии технологии высокоскоростной морской сети (основанной на TRITON) со спутниковой связью для наиболее эффективного использования в морских

условиях. Такой подход позволил автоматически переключаться на спутниковую связь, когда суда находятся далеко друг от друга или от береговых коммутационных блоков.

Аналогичный проект, расширяющий покрытие наземной беспроводной широкополосной сети до моря с помощью WiMAX, был реализован для морского порта (WISEPORT) в Сингапуре [20]. WISEPORT обеспечивает скорость передачи данных до 5 Мбит/с зоной покрытия 15 км от береговой линии Сингапура.

Китайская исследовательская группа провела обзор по теоретическим и техническим проблемам, связанным с беспроводной сетью в морской среде. Так, Wu Huafeng представил структуру сети передачи данных, в которой используется коротковолновая ВЧ-система MANET [11] для осуществления связи на расстояние десятков и более миль между судами. MANET – это временная многопролетная беспроводная сеть, которая не зависит от предоставленных средств связи. Схема морской системы связи предполагает объединение трех беспроводных сетей (MANET, сотовая и спутниковая связь). Сеть Mesh распространяется на морскую среду для поддержки беспроводной связи между судами (рис. 8). На каждом корабле есть точка беспроводного доступа, а весь флот представляет собой многосетевую беспроводную ячеистую сеть. Стандарт протокола беспроводной сети Mesh имеет IEEE 802.11s и систему WiMAX в режиме ячеистой сети. Для поддержки связи между судном и берегом судовой шлюз и спутниковый шлюз используются в качестве интерфейса для MANET. Терминалы связи корабля сначала получают доступ к MANET, а затем соединяют сотовую сеть или сеть спутниковой связи через судовой шлюз. Сеть спутниковой связи обладает большой зоной покрытия, MANET имеет гибкую и экономичную сеть, а сеть сотовой связи может функционировать как на суше, так и на море.

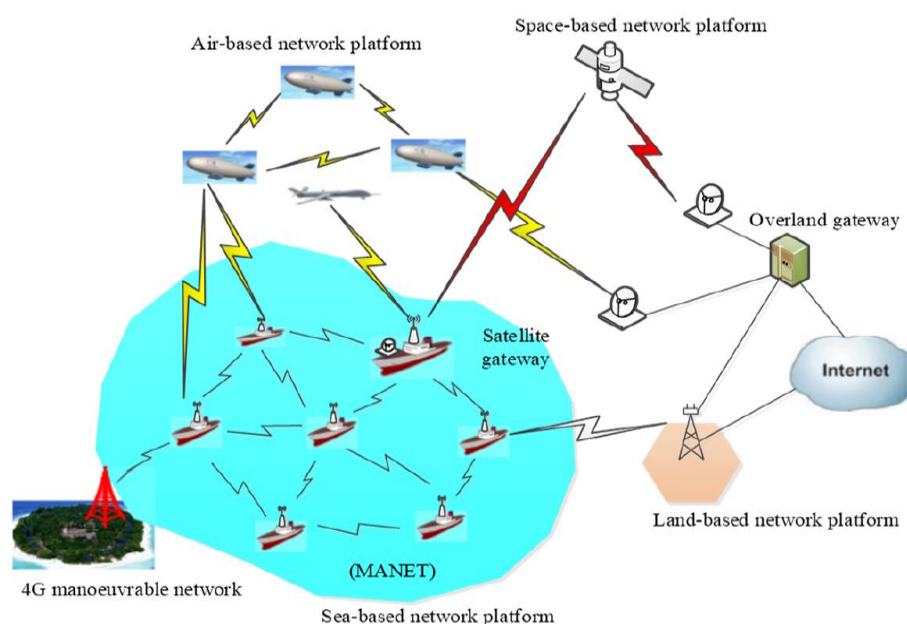


Рис. 8. Комплексная система связи между сушей и морем MANET [11]

Технология Wi-Fi

В данном направлении ведут исследования и ученые из Индонезии. В [22] обсуждается применение технологии беспроводной связи для поддержки системы мониторинга судов, такой как LR Wi-Fi от производителя Ubiquiti, с использованием частоты 2,4 ГГц на островах и на морской поверхности, которые не были охвачены сигналом ближайшей сети мобильной связи на суше. Внедрение системы предполагает область покрытия до 8 км, что облегчит пользователям судов отправку срочной информации (о местонахождении судна, например) на приемопередающую станцию на суше для мониторинга положения судов. Сетевая архитектура состоит из наземной базовой станции, обеспечивающей соединение с оборудованием клиента,

которая перенаправляет Wi-Fi-соединение на мобильный телефон, используя топологию ячеистой сети (рис. 9). Это позволяет максимально использовать сети для поддержки служб мониторинга судов в морской и островной областях. Полевые испытания, проведенные в прибрежных районах Индонезии, показали, что предложенное решение способно поддерживать связь до 8 км с измерением уровня сигнала на клиентской стороне до 76 дБм.

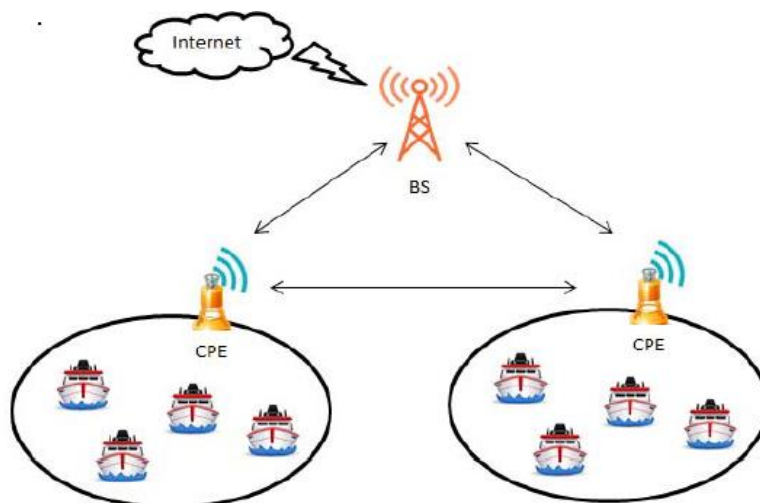


Рис. 9. Технология Long Range Wi-Fi [22]

Кроме этого вопросы связи с судами в прибрежных районах исследовались в Норвежском университете естественных и технических наук, здесь разработана концепция WiCAN [19], которая использует базовые станции на побережье с различными технологиями мобильной связи и вне зоны действия наземных систем переключается на спутниковую связь SatCom (рис. 10). Этому способствует «интеллектуальный» маршрутизатор на корабле, преимущество которого – наличие гетерогенной беспроводной системы связи с несколькими несущими HeWiMuCS. Коммутатор/маршрутизатор на основе выбранных критериев производительности решает, какую несущую использовать, и облегчает задачу перехода между ними. В Тронхеймс-фьорде (Норвегия) проведены измерения в течение одного дня с максимальным расстоянием 45 км, полученные данные сравнивались с моделями распространения радиоволн над морской поверхностью: эмпирическая модель, основанная на рекомендации МСЭ-R P.1546-4, и две аналитические модели – PEL, REL. Установлено: с предлагаемым решением возможно иметь покрытие со скоростью 80 Мбит/с на расстоянии 100 км и более от побережья.



Рис. 10. Концепция WiCAN [19]

Исследователями из Индии разработана сеть морской связи MICRONet, которая расширяет покрытие наземной беспроводной широкополосной сети до моря через многопролетную ячеистую сеть в штате Керала (Индия), предоставляя услуги беспроводной широкополосной связи рыбацким лодкам [21]. Прототип MICRONet состоит из береговой станции (Ubiquiti Rocket M5), оснащенной направленной антенной (секторная антенна Ubiquiti airMAX AM-5G19-120), установленной на вершине 16-этажного здания (примерно 56 м над поверхностью моря), и клиентского устройства (Ubiquiti NanoStation M5), оборудованного на рыбацкой лодке на высоте примерно 9 м над поверхностью моря (рис. 11). Лодки движутся небольшими группами и образуют беспроводную ячеистую сеть; одна из лодок в группе устанавливает связь с береговыми станциями, расположенными в гавани. Оборудование рыбацкой лодки включает: точку доступа для связи с другими лодками без LR Wi-Fi и Ubiquiti NanoStation M5 для связи с береговой станцией с технологией LR Wi-Fi. При использовании данной технологии дальность передачи может достигать 17,7 км между береговой станцией и лодкой со скоростью передачи данных около 1,7 Мбит/с.

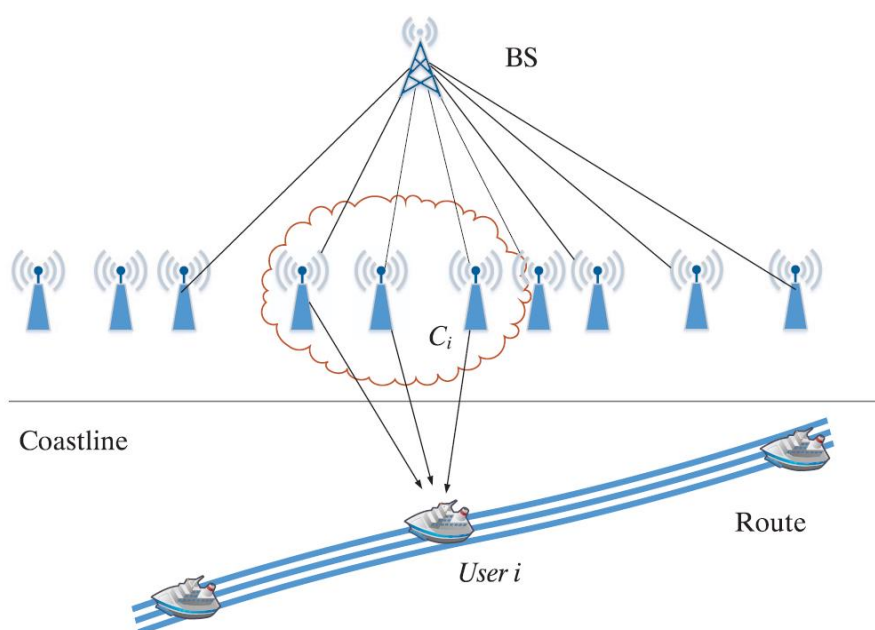


Рис. 11. Структура сети MICRONet [21]

Проект португальских ученых Mare-Fi [15] нацелен на экспериментальные исследования и разработку системы морской связи с высокой скоростью передачи и на большие расстояния. Особое внимание здесь уделяется доступному интернету при высоких скоростях передачи данных с использованием нелицензируемых полос частот и рыболовных судов как узлов ретрансляции. Доступ обеспечивался двумя наземными станциями. Первые экспериментальные результаты, полученные для ТВ-частот (полоса 700 МГц), показали, что возможна передача данных по протоколу «судно–берег» с использованием простого Wi-Fi со скоростью 1 Мбит/с и расстоянием до 10 км. Это решение зависит от доступности и траектории кораблей. В работе [16] для решения этой проблемы предлагается беспроводная гетерогенная многопролетная ретрансляционная сеть BLUECOMC+ с привязанными воздушными шарами над поверхностью океана в качестве беспроводного маршрутизатора для расширения радиосвязи (рис. 12). Линии связи воздух–воздух используют технологию IEEE 802.11g на частотах ниже ГГц, а каналы воздух–суша работают на стандартных технологиях доступа, таких как IEEE 802.11a/g/n/ac и UMTS/LTE. Результаты эксперимента показали, что предлагаемая сеть с воздушно-воздушными и воздушно-наземными линиями связи LTE, работающими на частотах 500 и 800 МГц соответственно, может обеспечивать передачу данных между сушей и морем со скоростью свыше 3 Мбит/с на расстоянии до 150 км с помощью двух ретрансляторов.

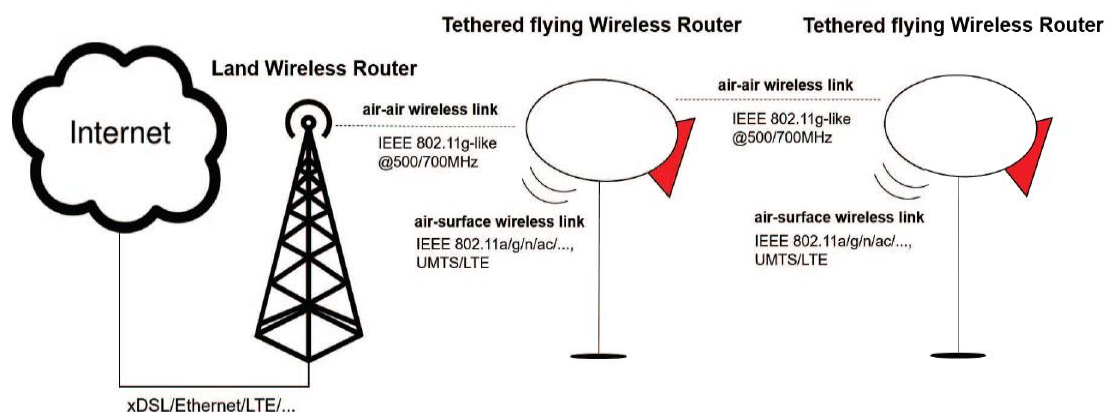


Рис. 12. Архитектура связи BLUECOM+ [16]

Итак, труды [10–16, 18–22] заложили основу разработки и реализации стратегии рентабельной, надежной, гибкой, эффективной и multifunctional системы связи, которая может охватить морской регион.

Российские исследования: технология БШД

Из отечественных работ, связанных с внедрением передовых информационных технологий для обеспечения безопасности мореплавания на основе БШД стоит отметить реализацию в 2015 г. проекта по модернизации сети радиосвязи ФГУП «Росморпорт» в акватории Финского залива, включающего порты Санкт-Петербурга и Ленинградской области – Кронштадт, Усть-Луга, Высоцк, Приморск [8]. Главные цели проекта – обеспечение пользователей высокоскоростным доступом к интернету и базам данных, а также объединение всех государственных организаций, работающих в акватории залива, в единую информационную сеть. При реализации проекта применены новейшие технические решения на базе технологии БШД для беспроводной связи как с фиксированными, так и с подвижными объектами. Особенность этой работы – для безопасности мореплавания проект учитывает специфику развития технологии БШД в России. На различных объектах морского порта было установлено 33 сектора базовых станций и 200 стационарных абонентских станций, которые обеспечили подключение к сети БШД локальных проводных сетей на расстояние до 20 км с пропускной способностью до 50 Мбит/с. Организованная сеть предоставляла сервисы по передаче данных, видео, VoIP, соответствующие основным требованиям к качеству обслуживания (QoS), обеспечивала приоритезацию трафика. Кроме того, была внедрена подсистема мониторинга, диагностики и автоматического восстановления работоспособности сети.

Опыт проведенных исследований и экспериментов показывает, что применение технологии БШД в системах морской связи позволяет организовать обмен данными в направлениях корабль–корабль и корабль–берег с высокой производительностью. Эта технология может быть применена для интеграции береговых и судовых служб и систем, обеспечивающих судовождение, в единое информационное пространство.

Применение технологии БШД в ССПД СУДС Владивосток

Существующая ССПД СУДС Владивосток обеспечивает обмен данными в направлениях берег–берег и берег–корабль. Направление берег–берег характеризуется большим объемом транслируемой информации (видеонаблюдение, речевое взаимодействие между оператором и судами и др.). Каналы связи входят в состав ССПД СУДС Владивосток, организованной на базе РРЛ, которая имеет линейную топологию построения (рис. 13). В то же время направление берег–корабль характеризуется незначительным объемом транслируемой информации – речевого взаимодействия с судами. Иными словами, из-за отсутствия широкополосных каналов связи необходимую для обеспечения безопасности судовождения

информацию (картографическую, маршрутную, навигационную и др.) передать невозможно. Таким образом, ССПД СУДС Владивосток присущи сдерживающие ее развитие недостатки, характерные для РРЛ. Предпринятый нами обзор литературы показал: внедрение технологии БШД в ССПД СУДС Владивосток обеспечит увеличение объема передаваемой информации и предоставление широкополосных услуг капитанам судов и береговым службам, что будет способствовать формированию единого информационного пространства посредством полносвязной топологии построения сети, повышения ее производительности и использования IP протоколов.

Так, покрытие портовых и прибрежных территорий ССПД СУДС Владивосток на базе технологии БШД с топологией «точка–многоточка» в направлении берег–корабль будет обладать следующими характеристиками:

- дальность действия от базовой станции до судна – до 36 км,
- скорость передачи данных – в среднем 15 Мбит/с,
- сетевые функции– L2/L3/L4, передача телеметрии и потокового видео, доступ в интернет, подключение ЛВС.



Рис. 13. Схема действующей ССПД СУДС Владивосток.
Здесь и далее рисунки И.С. Скварника

Ожидаемая характеристика покрытия портовых и прибрежных территорий ССПД СУДС Владивосток на базе технологии БШД с топологией точка–точка в направлении берег–берег:

- пропускная способность БШД канала – до 1 Гбит/с;
- дальность связи без ретрансляции – свыше 100 км при наличии прямой видимости;
- неограниченное количество узлов ретрансляции;
- гибкое частотное планирование и полная поддержка QoS (предоставление приоритета разным классам трафика).

Приведенные параметры ССПД СУДС Владивосток обеспечат передачу дополнительных объемов информации в реальном масштабе времени:

- электронные карты и информация о погоде;
- электронные сигналы о позиции;
- электронная информация о маршруте судна, о курсе, о маневрировании;
- передача навигационной информации;
- отображение информации на графических дисплеях ЦУ СУДС и на судах;

- информационные сообщения, определение приоритетов и возможность предупреждений;
- передача оповещений о бедствии и морская информация по безопасности.

Схема ССПД СУДС Владивосток, построенная на базе технологии БШД, показана на рис. 14.



Рис. 14. Схема ССПД СУДС Владивосток, построенная на базе БШД

В соответствии с моделью Longley-Rice, реализованной в открытом программном продукте RadioMobail, в совокупности с цифровой картой территории SRTM выполнен расчет зоны обслуживания ССПД СУДС Владивосток на базе БШД. Расчетное поле покрытия радиосвязи БШД представлено на рис. 15. Достоинство модели: она учитывает ослабление сигнала в свободном пространстве, дифракционные эффекты, тропосферное рассеивание, что при наличии цифровых карт исследуемой территории обеспечивает высокую точность расчета для сложных трасс различной длины. Модель достоверна для частот от 20 МГц до 40 ГГц и для трасс длиной от 1 км до 2000 км.

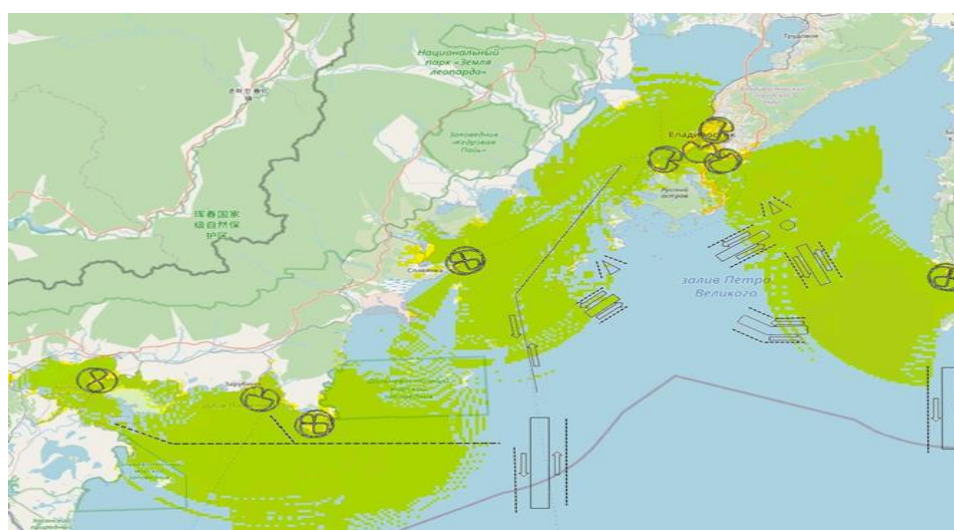


Рис. 15. Расчетное поле радиосвязи, построенное на базе технологии БШД

Проведенные расчеты параметров покрытия поля радиосвязи ОВЧ-диапазона на базе технологии БШД показывают, что оно полностью охватывает район ответственности СУДС Владивосток.

Таким образом, в ССПД СУДС Владивосток данное решение может найти применение в системе «корабль–берег» района А1, на участках РТП–корабль и ЦУ СУДС–корабль, в сочетании с действующими техническими средствами, обеспечивающими получение, обработку, отображение и регистрацию информации о судоходной и навигационной обстановке.

Выводы

Предпринятый нами анализ существующих ССПД СУДС РФ показывает, что присущие им недостатки не позволяют обеспечить их развитие на перспективу в свете требований концепции е-Навигации. Это ограничивает возможности СУДС РФ по повышению безопасности мореплавания и требует поиска новых технологических решений.

Проведенный нами анализ мирового опыта показал: практическая реализация концепции е-Навигации возможна на основе внедрения новых информационных технологий, одна из них – технология БШД. В настоящее время эта технология активно внедряется в средства морской связи как за рубежом, так и в нашей стране.

Предложенный нами вариант построения ССПД СУДС Владивосток в заливе Петра Великого на основе технологии БШД может быть применена для других ССПД СУДС в различных районах РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базаров Ю.И., Исмагилов М.И., Рогов А.Н. Новая морская цифровая связь для е-Навигации // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 3(76). С. 48–54.
2. Боран-Кенишьян А.Л., Попов В.В. Оптимизация надежности каналов обмена данными в связанных системах национальной концепции российского сегмента е-Навигации Азовско-Черноморского бассейна // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 3(41). С. 162–169.
3. Губернаторов С.С. Навигация будущего – стратегическая программа е-Navigation // Морской и речной транспорт. 2014. № 8. С. 52–56.
4. Перевалов М. Устойчивая связь берега с судном, мобильный интернет и многое другое // Морские порты. 2019. № 3(174). С. 58–59.
5. Попов А.Н., Ботнарюк М.В. Обеспечение эффективности экосистемы судоходства в парадигме цифровой экономики: концепция е-Навигации // Морские интеллектуальные системы. 2019. № 1(43). С. 86–91.
6. Ривкин Б.С. Е-Навигации – десять лет // Гирокоспия и навигация. 2015. № 4(91). С. 173–191.
7. Скварник И.С., Совкова О.И., Стаценко Л.Г., Турмов Г.П. Технологии беспроводного широкополосного доступа: оценка возможности применения для управления движением судов // Вестник Инженерной школы Дальневост. федерал. ун-та. 2019. № 4(41). С. 113–124. DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2019-4-12>
8. Технологическая сеть радиосвязи «Росморпорт» в акватории Финского залива. URL: <https://clck.ru/UEcrS> (дата обращения: 13.03.2021).
9. Титов А.В., Баракат Л., Хаизаран А. Состояние и перспективы развития е-Навигации // Вестник ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова. 2019. № 4(56). С. 621–630.
10. Abdelmoula Ait Allal, Khalifa Mansouri, Mohamed Youssfi, Mohammed Qbadou. Toward a new maritime communication system in Detroit of Gibraltar where conventional and autonomous ships will co-exist. IEEE international conference on wireless networks and mobile communications WIN-COM'17. Rabat, Morocco, 2017, p. 255–262.
11. Chunxia Liu, Ermin Lin, Lisha Cai, Guo Huang. The Challenges and Key Technologies of Wireless Transmission and Mobile Networking in Near Maritime Environment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018, p. 1–7.
12. Dae-Seung Yoo, Hyung-Joo Kim, Jin-Kyu Choi, Byung-Tae Jang, Soong-Hwan Ro. Novel Antenna Tracking Technique for Maritime Broadband Communication (MariComm) System. ICACT 2015 17th IEEE Intern. Conf. on Advanced Communications Technology. South Korea, 2015, p. 225–229.

13. Hoeft M., Gierłowski K., Rak J., Woźniak J. NetBALTIC system – heterogeneous wireless network for maritime communications. Gdańsk University of Technology, Poland, 2018, p. 14–26.
14. Ming-Tuo Zhou, Minh Dien Hoang, Hiroshi Harada. TRITON: High-speed maritime wireless mesh network. *IEEE Wireless Communications* 2013;20(5):134–142.
15. Monica P., Martins A., Olivier A., Matos A., et al. TEC4SEA – A modular platform for research, test and validation of technologies supporting a sustainable blue economy. *OCEANS'14 MTS/IEEE St. John's, Canada*, 2014, p. 1–6.
16. Rui Campos, Tiago Oliveira, Nuno Cruz, Aníbal Matos, José Miguel. Al-meida. BLUECOM+: Cost-effective Broadband Communications at Remote Ocean Areas. *OCEANS-2016, Shanghai, China*, 2016.
17. Skvarnik I.S., Sovkova O.I., Statsenko L.G. Wireless Broadband Access Technology for Building of Communication and Data Transfer Networks of Vessel Traffic Management System. 2019 Intern. Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). 1–4 Oct. 2019. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934744
18. Sung-Woong Jo, Woo-Seong Shim. LTE-Maritime: High-Speed Maritime Wireless Communication Based on LTE Technology. Marine Safety and Environmental Research Department, Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering (KRISO). South Korea, IEEE Access, 2019, p. 53172–53181.
19. Terje Roste, Kun Yang. Coastal Coverage for Maritime Broadband Communications. Norwegian Univ. of Science and Technology. Trondheim, Norway, 2013, p. 1–8.
20. Tingting Yang, Hao Liang, Nan Cheng et al. Efficient scheduling for video transmissions in maritime wireless communication networks, *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2015;64(9), p. 4215–4229. DOI:10.1109/TVT.2014.2361120
21. Unni S., Raj D., Sasidhar K., Rao S. Performance measurement and analysis of long range Wi-Fi network for over-the-sea communication. *Proc. 13th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks (WiOpt)*. Mumbai, India. 2015, p. 36–41.
22. Zahir Zainuddin, Wardi, Yurika Nantan. Applying Maritime Wireless Communication to Support Vessel Monitoring. 4th Intern. Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE). Gowa, Indonesia, 2017. p. 158–161.

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2021. N 2/47

Physical Fields of Ship, Ocean and Atmosphere

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2021-2-6>

Skvarnik I.

IGOR SKVARNIK, External Student, wahm@yandex.ru
Far Eastern Federal University
 Vladivostok, Russia

Modern technologies in the vessel traffic control system within the framework of the e-Navigation concept: world experience and regional features (review)

Abstract: In 2006, the International Maritime Organization adopted the concept of e-Navigation, which, in order to improve the safety of navigation, implies the formation of a single information space for services serving navigation. The solution of such a problem requires introduction of new information technologies; and in this review the authors consider the technology of wireless broadband access (WBA) as such. Analysis of the world experience in application of WBA technology for maritime communication systems and vessel traffic control systems is presented. Modernization of the communication and data transmission network of Vladivostok vessel traffic system (VTS) is considered, the option of introducing e-Navigation in the region is proposed.

Keywords: safety of navigation, e-Navigation, vessel traffic control system, sea cloud, wireless broadband access technology

REFERENCES

1. Bazarov Yu.I., Ismagilov M.I., Rogov A.N. New marine digital communication for E-navigation. *Transport of the Russian Federation*. 2018(76):48–54.
2. Boran-Kenishyan A.L., Popov V.V. Optimization of the reliability of data exchange channels in the connected systems of the national concept of the Russian segment of the e-Navigation of the Azov-Black Sea basin. *Marine Intelligent Technologies*. 2018(41):162–169.
3. Gubernatorov S.S. Navigation of the future – strategic program e-Navigation. *Sea and River Transport*. 2014(8):52–56.
4. Perevalov M. Stable connection between the coast and the ship, mobile Internet and much more. *Sea Ports*. 2019(174):58–59.
5. Popov A.N., Botnaryuk M.V. Ensuring the efficiency of the shipping ecosystem in the paradigm of the digital economy: the concept of e-Navigation. *Marine Intelligent Systems*. 2019(43):86–91.
6. Rivkin B.S. E-navigation – ten years. *Gyroscopy and Navigation*. 2015(91):173–191.
7. Skvarnik I.S., Sovkova O.I., Statsenko L.G., Turmov G.P. Technologies of wireless broadband access: assessment of the possibility of application for ship traffic control. *FEFU: School of Engineering Bulletin*. 2019(41):113–124. DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2019-4-12>
8. Technological radio communication network *Rosmorport* in the water area of the Gulf of Finland. URL: <https://clck.ru/UEcrS> – 13.03.2021.
9. Titov A.V., Barakat L., Khaizaran A. State and prospects of development of e-Navigation. *Bulletin of the GUMRF im. Adm. S.O. Makarov*. 2019(56):621–630.
10. Abdelmoula Ait Allal, Khalifa Mansouri, Mohamed Youssfi, Mohammed Qbadou. Toward a new maritime communication system in Detroit of Gibraltar where conventional and autonomous ships will co-exist. *IEEE international conference on wireless networks and mobile communications WIN-COM'17*. Rabat, Morocco, 2017, p. 255–262.
11. Chunxia Liu, Ermin Lin, Lisha Cai, Guo Huang. The Challenges and Key Technologies of Wireless Transmission and Mobile Networking in Near Maritime Environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018, p. 1–7.
12. Dae-Seung Yoo, Hyung-Joo Kim, Jin-Kyu Choi, Byung-Tae Jang, Soong-Hwan Ro Novel Antenna Tracking Technique for Maritime Broadband Communication (MariComm) System. *ICACT 2015 17th IEEE Intern. Conf. on Advanced Communications Technology*. South Korea. 2015, p. 225–229.
13. Hoeft M., Gierłowski K., Rak J., Woźniak J. NetBALTIC system – heterogeneous wireless network for maritime communications. *Gdańsk University of Technology, Poland*, 2018, p. 14–26.
14. Ming-Tuo Zhou, Minh Dien Hoang, Hiroshi Harada. TRITON: High-speed maritime wireless mesh network. *IEEE Wireless Communications* 2013;20(5):134–142.
15. Monica P., Martins A., Olivier A., Matos A., et al. TEC4SEA – A modular platform for research, test and validation of technologies supporting a sustainable blue economy. *OCEANS'14 MTS/IEEE St. John's, Canada*, 2014, p. 1–6.
16. Rui Campos, Tiago Oliveira, Nuno Cruz, Aníbal Matos, José Miguel. Al-meida. BLUECOM+: Cost-effective Broadband Communications at Remote Ocean Areas. *OCEANS-2016, Shanghai, China*, 2016.
17. Skvarnik I.S., Sovkova O.I., Statsenko L.G. Wireless Broadband Access Technology for Building of Communication and Data Transfer Networks of Vessel Traffic Management System. 2019 Intern. Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). 1–4 Oct. 2019. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934744
18. Sung-Woong Jo, Woo-Seong Shim. LTE-Maritime: High-Speed Maritime Wireless Communication Based on LTE Technology. *Marine Safety and Environmental Research Department, Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering (KRISO)*. South Korea, IEEE Access, 2019, p. 53172–53181.
19. Terje Roste, Kun Yang. Coastal Coverage for Maritime Broadband Communications. *Norwegian Univ. of Science and Technology*. Trondheim, Norway, 2013, p. 1–8.
20. Tingting Yang, Hao Liang, Nan Cheng, et al. Efficient scheduling for video transmissions in maritime wireless communication networks, *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2015;64(9), p. 4215–4229. DOI:10.1109/TVT.2014.2361120
21. Unni S., Raj D., Sasidhar K., Rao S. Performance measurement and analysis of long range Wi-Fi network for over-the-sea communication. *Proc. 13th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks (WiOpt)*. Mumbai, India. 2015, p. 36–41.
22. Zahir Zainuddin, Wardi, Yurika Nantan. Applying Maritime Wireless Communication to Support Vessel Monitoring. 4th Intern. Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE). Gowa, Indonesia, 2017, p. 158–161.