

ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 623

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЕЖДУ НАДВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ В УСЛОВИЯХ МОРСКИХ ВОЛНЕНИЙ

© 2023 г. Д. В. Фролов¹, В. Л. Ржавитин^{2,*}

¹НИЦ ОСО НИИ ОСИС ВМФ ВУНЦ ВМФ “Военно-морская академия”, Санкт-Петербург, Россия

²Военный инновационный технополис “ЭРА”, Анапа, Россия

*E-mail: era_otd4@mil.ru

Поступила в редакцию 10.10.2023 г.

После доработки 10.10.2023 г.

Принята к публикации 10.10.2023 г.

Рассмотрен алгоритм формирования канала обмена данными между поплачковым модулем связи и навигации и обеспечивающим судном в условиях морских волнений. Применение предлагаемого алгоритма позволяет адаптивно, в зависимости от условий работы, передавать в пакетном формате результаты мониторинга водной среды, управлять мощностью излучаемых сигналов, тем самым обеспечивая скрытность проводимых работ и экономию энергетических ресурсов.

DOI: 10.56304/S2782375X23010047

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется работам, сущность которых заключается в обнаружении и идентификации морских неоднородностей (объектов и явлений) с применением автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА). Современные АНПА представляют собой новый вид робототехнических средств с присущими им задачами, применение которых характеризуется постоянно возрастающими требованиями к показателям их функционирования [1]. Особое внимание обращается на оперативность получения результатов мониторинга водной среды потребителем (обеспечивающее судно или пункт управления). Полученная информация обследованных подводных районов расшифровывается непосредственно на борту обеспечивающего судна либо на стационарном пункте управления и занимает достаточно продолжительный интервал времени обработки и получения данных. Поэтому расшифрованная информация может быть уже не актуальна, а подводная обстановка обследуемого района измениться. Повысить оперативность получения информации позволит комплексное использование проводного и беспроводного каналов обмена информацией между обеспечивающим судном и гидролокационным обзорно-поисковым комплексом АНПА. Связующим элементом проводного и беспроводного каналов является поплачковый модуль связи и навигации. Применение данного модуля обеспечит: непрерывную связь АНПА с

обеспечивающим судном; увеличение времени выполнения работ за счет экономии затрат энергии; коррекцию бортовой навигационной системы и т.п. Проводным каналом является оптоволоконный кабель между гидролокационным обзорно-поисковым комплексом АНПА и поплачковым модулем связи и навигации (ПМСН). Высокоскоростной модем, установленный на модуле связи, и приемное устройство обеспечивающего судна, настроенное на частотный канал модема, являются элементами для обеспечения беспроводного канала связи.

В [2, 3] предложены варианты применения поплачкового модуля связи и АНПА, но не учтены условия работы, а именно наличие водных возмущений. Существенное влияние на передачу информации оказывают дифракция, которая наблюдается на заостренных гребнях волн перед их опрокидыванием; шероховатости “барашков” и брызги волн, влекущие рассеяние энергии сигналов; склоны обрушивающихся волн, вызывающие переотражение сигналов и т.п. [4]. В условиях волнений модуль связи может накрыть волна, и он окажется под водой или скрывается за волной, высота которой превышает высоту антенны буя и т.д.

Следовательно, существует необходимость создания устойчивого канала обмена информацией между ПМСН и обеспечивающим судном (постом управления) в условиях мешающих водных возмущений.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основным условием передачи—приема данных является постоянное нахождение ПМСН и судна на линии прямой видимости, что при наличии волнений затруднительно. Однако за счет использования алгоритма формирования канала передачи данных между судном и ПМСН в зависимости от условий функционирования представляется возможным осуществлять передачу—прием информации, сущность которого заключается в следующем. Информационный поток с ПМСН начнет передаваться только при условии приема запросного сигнала с обеспечивающего судна (поста управления). Факт приема сигнала приемным устройством ПМСН будет являться признаком нахождения на прямой линии видимости антенн ПМСН и обеспечивающего судна, а следовательно, и наличием сформированного канала обмена информацией. Условием приема сигнала от обеспечивающего судна является превышение заданного значения отношения мощности сигнала на входе приемника ПМСН к минимальной мощности сигнала на входе приемника буя, при которой приемное устройство функционирует с заданными параметрами

$$\alpha = P_{\text{вх}}/P_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{вх}}$ — мощность сигнала на входе приемника ПМСН, $P_{\text{пр}}$ — минимальная мощность сигнала на входе приемника ПМСН, при которой устройство функционирует с заданными параметрами (предельная чувствительность). Значение мощности излучаемого сигнала с обеспечивающего судна ($P_{\text{и}}$) в данном случае оценивается выражением

$$P_{\text{и}} = \frac{\alpha \cdot P_{\text{пр}} \cdot D^2}{C^2}, \quad (2)$$

где D — расстояние от обеспечивающего судна (поста управления) до ПМСН, C — коэффициент пропорциональности. В процессе работы расстояние между ПМСН и обеспечивающим судном изменяется, а в условиях волнений имеют место переотражения сигнала от водной поверхности, капелек воды и т.п., что является помеховой составляющей в канале обмена. При условии приема запросного сигнала от обеспечивающего судна аппаратура буя начнет передачу данных. Сигнал в условиях волнений подвергается влиянию различных мешающих воздействий, что приводит к искажению или потере части информации или информационного пакета в целом. Для увеличения достоверности и снижения риска искажения или потери передаваемой информации с буя в состав каждой кодовой посылки следует включать информационную составляющую, характеризующую начало и окончание передаваемых данных, что является кодом коррекции при обработке [7].

Признаком передачи полного пакета данных на обеспечивающее судно является наличие в составе запросного сигнала с обеспечивающего судна кода окончания передаваемых данных последнего сеанса связи. В случае отсутствия в составе запросного сигнала кода с ПМСН повторяется трансляция последнего переданного пакета данных.

Имеет место противоречие между требованием по передаче данных и расстоянием между ПМСН и обеспечивающим судном. Чем ближе обеспечивающее судно и модуль связи друг к другу, тем выше качество передаваемой информации, с одной стороны, а с другой — обеспечивающее судно за время, затраченное на прием данных от модуля связи, их расшифровку, принятие решения на обследование, может войти в запрещенный район, например в зону поражения подводного оружия (мин). Следовательно, необходима постоянная оценка дальности между судном и ПМСН. Максимальное расстояние между ПМСН и судном ограничивается дальностью прямой радиосвязи D_m . Данное расстояние делится на равные зоны, протяженность которых зависит от времени реакции аппаратуры ПМСН на принятый запросный сигнал r :

$$r = c \cdot t_0, \quad (3)$$

где t_0 — время реакции аппаратуры ПМСН на запросный сигнал, c — скорость распространения электромагнитной волны.

Разделив максимальное расстояние прямой видимости на протяженность одной зоны, получаем общее число зон n :

$$n = \frac{D_m}{r}. \quad (4)$$

Оценка дальности между судном и ПМСН определяется по формуле [5]:

$$D = r(n - 1). \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что оценка дальности между ПМСН и обеспечивающим судном не зависит от момента излучения запросного сигнала, а определяется только номером зоны, в которой находится ПМСН. Номер зоны определяется моментом прихода ответной посылки от ПМСН и ограничен временным интервалом канала связи:

$$t_{\text{пр}} \in [t_1, t_2], \quad (6)$$

где t_1 — момент начала излучения запросного сигнала с судна, t_2 — момент окончания работы приемного устройства на обеспечивающем судне.

$$t_1 = t_{\text{н}} + \tau_{\text{сиг}}, \quad (7)$$

где t_n – момент времени начала излучения запросного сигнала с судна, $\tau_{\text{сиг}}$ – длительность запросного сигнала

$$t_2 = t_c + t_6 + t_0, \quad (8)$$

где t_c – время прохождения сигнала от антенны обеспечивающего судна до антенны ПМСН при условии, что ПМСН находится на максимальном расстоянии D_m от судна, t_6 – время прохождения сигнала от антенны ПМСН до антенны приемного устройства обеспечивающего судна при условии, что судно находится на максимальном расстоянии D_m от ПМСН. Подтверждение номера зоны, в которой находится модуль связи с привязкой ко времени, определяется как отношение временного интервала канала связи ко времени реакции аппаратуры ПМСН на запросный сигнал:

$$\frac{t_{\text{пр}}}{t_0} = n. \quad (9)$$

В условиях морских волнений скорость распространения радиоволн не будет постоянной на всем пути распространения, отсюда следует, что будет возникать дальномерная ошибка [4]:

$$\Delta D = \frac{D}{C} \Delta C + \frac{C}{2} \Delta t_3, \quad (10)$$

где Δc – ошибка среднего значения скорости распространения радиоволн, Δt_3 – ошибка интервала времени t_3 .

Результирующее расстояние между ПМСН и обеспечивающим судном есть сумма значения дальности, измеренной приемной аппаратурой обеспечивающего судна D , и дальномерной ошибки ΔD :

$$D_p = D + \Delta D. \quad (11)$$

Получив результирующее значение расстояния между ПМСН и обеспечивающим судном, определяем, в какой зоне он находится:

$$k = \frac{D_p}{r}. \quad (12)$$

Алгоритм формирования канала передачи данных между ПМСН и обеспечивающим судном (постом управления) представляет собой инструмент управления характеристиками сигналов и аппаратуры в зависимости от условий функционирования. Исходными данными для работы алгоритма являются значения D_p и время реакции аппаратуры ПМСН на запросный сигнал t_0 . Выразив отношение $P_{\text{пр}}/C^2$ через максимальное расстояние прямой видимости между ПМСН и обес-

печивающим судном D_m , мощность излучаемого сигнала $P_{\text{им}}$ и соответствующее значение α , получим равенство [6]:

$$P_u = \alpha P_{\text{им}} \cdot \left(\frac{D_p}{D_m} \right)^2, \quad (13)$$

$$\alpha = k/n, \quad (14)$$

где k – номер зоны, в которой находится ПМСН по результатам обработки принятого сигнала на обеспечивающем судне $k \in [1, n]$, $P_{\text{им}}$ – максимальная мощность излучения передатчиком.

Алгоритм формирования канала передачи данных между судном и ПМСН с учетом дальномерной ошибки в зависимости от условий функционирования имеет следующий вид:

$$A_p: \begin{cases} P_u = \frac{k}{n} \cdot P_{\text{им}} \cdot \left(\frac{k \cdot r}{D_m} \right)^2, & \forall D \in \left[D_{\text{мин}}, \frac{D_m \cdot k}{n} \right], \\ P_u = P_{\text{им}}, & \forall D \in \left[\frac{D_m \cdot k}{n}, D_m \right] \end{cases}, \quad (15)$$

где $D_{\text{мин}}$ – минимальное расстояние между обеспечивающим судном и ПМСН.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение предложенного алгоритма в составе аппаратуры канала обмена информацией между ПМСН и обеспечивающим судном позволяет получать результаты мониторинга водной среды АНПА в реальном масштабе времени. Кроме того, алгоритм позволяет повысить скрытность проводимых работ и увеличить время обследования водных ресурсов АНПА за счет экономии энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лопота А.В., Николаев А.Б. Морские робототехнические комплексы военного и специального назначения. СПб.: РТК, 2016. 48 с.
2. Костенко В.В., Львов О.Ю. // Подводные исследования и робототехника. 2017. Т. 1. № 23. С. 31.
3. Костенко В.В., Мокеева И.Г. // Подводные исследования и робототехника. 2020. Т. 2. № 32. С. 34.
4. Юровский Ю.Ю., Малиновский В.В. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны. 2011. № 24. С. 341.
5. Сайбель А.Г. Основы радиолокации. М.: Советское радио, 1961. 385 с.
6. Апорович А.Ф. Проектирование радиотехнических систем. Минск.: Высшая школа, 1988. 223 с.
7. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. М.: Мир, 1976. 600 с.