

УДК 623.4.01

© В. В. Коваленко¹, В. Ю. Корчак², А. И. Хилько³, В. Л. Чулков², 2014

¹Научный совет РАН по комплексной проблеме «Гидрофизика», Москва

²Секция прикладных проблем при Президиуме РАН, Москва

³Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

hydrophys@mail.ru

ТРЕБОВАНИЯ К СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ ПОДВОДНОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Рассматривается совокупность требований, которые предъявляются к сетецентрическим системам подводного наблюдения.

Ключевые слова: сетецентрические системы, системы подводного наблюдения, сенсорные сети, распределенные сетевые системы, мультистатический принцип.

Общие требования. Известно [1], что современные сетецентрические системы строятся путем объединения трех составляющих: наблюдение, управление и оружие. Каждая из составляющих состоит из элементов, размещаемых в различных природных средах и на различных носителях. Образование каждой из них и их объединение производится с помощью сетей связи. Результирующая система является целостным образованием. И это является одним из важных требований. Отделенная от контуров управления и оружия специализированная система наблюдения такому требованию не удовлетворяет. Приспособленность к выполнению функций по предназначению определяется связностью контуров (сенсорного, управления и оружия). Отсюда имеет место связь системы подводного наблюдения (СПН) с кораблестроением. В этом варианте должны создаваться не отдельно корабль и отдельно СПН, а система «корабль—СПН». При этом корабль должен быть приспособлен к развертыванию СПН, управлению и использованию СПН. Характеристике конечных задач уделено внимание в работе [1]. Критерии качества решения конечных задач являются главными ориентирами при создании СПН.

Одним из наиболее значимых критериев качества систем, формулируемым как требование, является время между обнаружением и нейтрализацией угрозы. Минимизация этого времени является обязательной. Важно отметить, что указанная особенность современных систем влечет за собой общее требование к формирующим их сетям связи — требование совместимости составляющих систем и согласованной их работы.

Системотехнические требования. Характерной особенностью СПН является необходимость передачи данных и команд между средами с различными физическими свойствами. Наличие обеспечивающих это качество специфических шлюзов является для систем подводного наблюдения важным требованием. Возможны различные варианты построения СПН и соответствующие им варианты организации шлюзов. Один из вариантов построения СПН основан на комбинации кабельных и беспроводных (акустических) каналов связи. Этим вариантом предусматривается создание заблаговременно развертываемой кабельной инфраструктуры передачи данных с множеством шлюзов — узлов обмена командами и данными. Здесь же развертывается ряд кластеров пространственно-разнесенных автономных акустических станций. Станции имеют антенны с рассчитанным для обнаружения подводных целей потенциалом, средства обработки данных и акустической связи. Каждый кластер — это наблюдательное поле, которое может управ-

ляться с берегового или корабельного центров. Однако широкому распространению кабельных систем в настоящее время препятствует высокая стоимость их развертывания, низкая устойчивость к повреждениям и отсутствие гибкости при необходимости переустановки и изменения конфигурации систем. Это важные системотехнические требования. Трудности с применением систем этого типа возникают также при необходимости оперативной установки систем в новых географических районах.

При значительном удалении кабельных систем от берега требование их устойчивости от повреждений выполнить труднее. К тому же, обеспечить другое требование — требование скрытности практически невозможно. Поэтому характерной современной тенденцией при создании морских информационных систем является ориентация на применение беспроводных сенсорных сетей. Сенсорные сети состоят из позиционных сенсоров и сенсоров, размещаемых на необитаемых подводных аппаратах (НПА). При организации распределенных систем мониторинга наибольшее распространение получила децентрализованная архитектура. Это совокупность автономных ячеек или терминалов, которые осуществляют связь (радио или акустическую) друг с другом с множеством транзитных участков для передачи сообщений и установки связи различными маршрутами децентрализованным образом. Реализуется концепция создания устойчивых систем подводного наблюдения и устойчивой сетевой связи. Требование устойчивости от любых повреждений здесь выполняется. Внедрение подводных акустических сетей является востребованной технологией. Однако возникают вопросы об ограничениях, которые имеют беспроводные каналы связи под водой. Подводным акустическим сетям часто приписывается ряд отрицательных свойств. Среди них: низкая скорость передачи данных и, как следствие, латентность всей сети, ограничения на полосу пропускания, и, соответственно, на объемы передаваемых данных, подверженность влиянию условий распространения акустических волн, открытый характер связи. При том, что все перечисленные свойства имеют место, продвижение в вопросах улучшения этих свойств значительно. Улучшение характеристик и устойчивости сетей акустической связи в последнее время оказалось обещающим настолько, что они стали рассматриваться в качестве основного варианта создания систем мониторинга. Известные требования к характеристикам существующих устройств, реализующих шлюз между акустической и радиосвязью: 1) расстояние от ближайшего источника акустических данных 3—5 морских миль; 2) продолжительность работы 30—90 сут; 3) работа в условиях волнения моря до 6 баллов; 4) функциональные возможности — подводная акустическая связь, спутниковая радиосвязь, радиосвязь с использованием низкоорбитальных спутников; 5) малые размеры; 6) развертывание — с авиационных и корабельных носителей.

Требования к сетевым беспроводным системам наблюдения и связи: 1) устойчивость к условиям среды и намеренным внешним воздействиям; 2) дальность связи общая и на элементарном участке; 3) энергетическая экономичность работы – месяцы; 4) закрытость; 5) неуязвимость от перехвата; 6) объемы и скорость передачи данных; 7) гибкая архитектура; 8) время формирования и переустановки; 9) управление сетью; 10) возможность работы с позиционными и мобильными платформами; 11) унифицированные протоколы и способность работы совместно с сетями связи более высокого уровня.

Конкурирующие требования: 1) установление необходимого качества связи между ячейками сети; 2) выбор лучшего расположения и организации сенсорных элементов средств наблюдения для обнаружения цели; 3) минимизация энергопотребления.

Требования по эффективности. Известно [1, 2], что с точки зрения качества решения задач подводной войны, локальный наблюдатель не является эффективным. Бортовая гидроакустика [2] не может обеспечить противостояние подводным угрозам. Основной причиной такой ситуации является малая дальность обнаружения подводных объектов в пассивном режиме из одной точки. Возможности увеличения этого показателя не

свидетельствуют о том, что ситуация может улучшиться принципиально. В 1992 г. так сформулированная причина отождествлялась с недостатками пассивного режима вообще [3]. Выходом из затруднения виделась активная гидроакустика. Появилось стремление к максимизации дальности обнаружения подводной цели в активном режиме и оценками этого показателя в сотни километров. Казалось, что это решение проблемы. Однако в 2002 г. тенденции изменились. Примечательно, что эту смену охарактеризовал тот же автор [4], которому принадлежала работа [3]. Несмотря на кажущуюся привлекательность моностатической гидролокации, она обладает рядом ограничений. Для начала отметим, что этот вариант не скрытен. Известны [5] отмеченные в литературе оценки многократного упреждения в обнаружении пассивной ГАС подводной лодки поискового корабля с гидролокатором. Здесь надо подчеркнуть ключевое слово «поисковый». Осуществлять поиск с помощью локального активного устройства, которое фактом работы говорит о своем местоположении, значит обеспечить реализацию ограничений: возможность уклонения цели и уязвимость.

Поиск рациональных решений приводит к следующим выводам: 1) надо сохранить положительное свойство активной гидролокации, но убрать ее поисковый режим. Это значит, что первичное обнаружение цели должно осуществляться скрытно. В этом случае образование большой зоны «засветки» для подводного объекта будет неожиданным, а уклонение — запоздалым маневром. Наиболее распространенным современным приемом является использование пассивной акустики для первичного обнаружения цели и последующее использование активного режима; 2) надо использовать разнесенную гидролокацию, при которой расположение пассивных элементов системы остается скрытным.

Заслуживающим внимания фактом является появление работ, ставящих под сомнение само стремление к достижению больших дальностей [6]. Суть аргументации заключается в том, что разработки систем низкочастотной гидролокации (НЧГЛ) плохо учитывают тактический и оперативный аспекты применения таких систем. Расчет неопределенности местоположения цели на больших расстояниях свидетельствует о несоответствии характеристик этого показателя требованиям применения оружия. Целеуказание невозможно. Допойск? Это длинная цепочка действий, в конце которой вновь возникает проблема вторичного поиска и обнаружения цели и вопрос: каким способом? Более естественно говорить о вероятности обнаружения и зоне покрытия, как основных показателях эффективности. Но не применительно к локальному наблюдателю, а к распределенной системе. Зона покрытия имеет заданную площадь и геометрию. Для первичного обнаружения цели оправдано использование барьерных, пассивных систем. Для распределенных систем кумулятивная вероятность связана с дальностью обнаружения заданной цели отдельным сенсором, пространственной плотностью расположения сенсоров и геометрией зоны покрытия. Это регулируемые параметры. Требование по вероятности обнаружения цели могут быть жесткими. В литературе встречаются значения, доходящие до 0.99 [7]. Смысл расчета распределенного обнаружителя заключается в оптимизации указанных показателей применительно к условиям акватории. Из-за ограниченной эффективности каждого отдельного локального наблюдателя вероятность обнаружения им цели обычно характеризуется малой величиной. А требования к кумулятивной вероятности могут быть высокими. Обнаружение распределенной системой может быть уподоблено поисковой процедуре, которая занимает некоторое время. Это время должно быть оптимизировано также. Таким образом, задача оптимизации решается по следующим критериям-требованиям: максимизация кумулятивной вероятности обнаружения для заданного уровня поисковых усилий и минимизация поисковых усилий для достижения заданной вероятности.

Однако полностью пассивная зональная система потребует нереалистично большого числа своих элементов. Пассивный барьер достаточной глубины и протяженности ну-

жен для скрытного обнаружения и включения активных средств. Мультистатический формирователь освещенной зоны является здесь составной частью СПН. Излучатели в рамках таких схем включаются после первичного обнаружения цели и образуют освещаемую зону. Ее размер может соответствовать требованию применения оружия без до-поиска. Отсюда возникает требование к самому размеру освещаемой зоны. Как следствие, получаются технические характеристики — требования по рабочим частотам, разрешению и излучаемой мощности. Получение пространственного разрешения порядка размеров корпуса цели является решаемой задачей. Точность целеуказания является одним из основных показателей эффективности СПН. Размеры освещаемой в мультистатическом режиме зоны связаны со временем сопровождения цели и временем, потребным на применение оружия.

Информационно-управляющая система. Функции и требования. В случае, когда платформа-носитель является потребителем информации от внешней системы и управляет ею, образуется соответствующая общим требованиям сетцентрическая система. Для того чтобы реализовать такую систему, надо, чтобы платформа имела соответствующее оборудование. Речь идет о системе сбора данных и информационно-управляющей системе (ИУС). В определенном смысле СПН включает в себя ИУС. Полученные под водой данные передаются через интерфейс и портал данных в систему сбора, обработки и управления. Туда же поступают данные от системы оперативной океанологии. С ее помощью осуществляются текущее оценивание и прогноз окружающих условий, в том числе, условий распространения звука и шума. Размещаемое на платформе оборудование, в соответствии с примером в работе [8], состоит из следующих процессоров: 1) адаптация к условиям среды, 2) слежение за целью сетевой структурой узлов, 3) оптимальный поиск, обнаружение, классификация, 4) оптимальная передача данных, 5) контроллер сети и поля наблюдения. Первые четыре из них обеспечивают установочные рекомендации для узлов системы в море. Управление забортной частью осуществляется пятым процессором — контроллером сети и наблюдательного поля. Объединенная обработка данных от совокупности элементов сети осуществляется ИУС. Функции ИУС (функциональные требования): управление наблюдательным полем и объединенная обработка данных от него. Управление включает адаптацию расположения мобильных элементов сети и обработки данных в ее ячейках в зависимости от окружающих условий и/или тактической ситуации. Обработка данных в ячейках сети нацелена на обнаружение, классификацию и, отчасти, на локализацию целей. Объединенная обработка данных от наблюдательного поля нацелена на улучшение качества обнаружения и определение параметров движения цели. К функциям ИУС надо отнести также формирование интегрального представления тактической обстановки. Таким образом, управляющий характер платформы должен трактоваться как требование.

В настоящей работе на основе анализа современных достижений в области подводного наблюдения характеризуются и формулируются требования к системам нового поколения. По мнению авторов, эти требования существенно отличаются от тех, которые предъявляются к существующим системам, важны при создании будущих систем и, потому, заслуживают внимания.

Литература

1. Коваленко В. В., Корчак В. Ю., Чулков В. Л. Концепция и ключевые технологии подводного наблюдения в условиях сетцентрических войн // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2011. Т. 4, № 3. С. 49—64.
2. John Schuster. Recent Progress in Submarine Sonar [Электронный ресурс]: Presentation [2007]. URL: <http://acoustics.mit.edu/dyerparty/Ira%20Dyer%20talk%20rev%201.pdf> (дата обращения: 01.06.2013).

3. Tyler G. D. The Emergence of Low-frequency Active acoustics as critical antisubmarine warfare technology // J. Hopkins APL Tech. Digest. 1992. V. 13, N 1b. P. 145—159.
4. Tyler G. D. Responding to a Dynamic Environment // J. H. APL Tech. Digest. 2002. V. 23, N 4. P. 341—352.
5. DelBalzo D. R., Hemsteter K. P. GRASP Multi-sensor Search Tactics against Evading Targets // Oceans. 2002. P. 54—60.
6. Iain Shepherd Low frequency active sonar a users perspective // Underwater Defense Technology. 1995. P 138—141.
7. Polyani D. G. Effectiveness of the Distributed Sensor Concept for Underwater Detection // Oceans. 1977. 15A-1-15A-6.
8. Stewart M. S., Pavlos J. A Means of the persistent littoral surveillance // Submarine Technology Symposium (STS), Session 5, May, 2006.



Статья поступила в редакцию 23.03.2014 г.

V. V. Kovalenko¹, V. Yu. Korchak², A. I. Khil'ko³, V. L. Chulkov²

¹Hydrophysical Scientific Council RAS, Moscow

²Defense Problem Section RAS, Moscow

³Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod

Underwater Network-Centric Surveillance Requirements

Underwater surveillance suite of requirements is analyzed for future distributed netted systems in network-centric warfare (NCW). According to the main principles of NCW underwater surveillance system is considered together with control and gun grids.

Key words: net-centric systems, underwater surveillance systems, sensor networks, distributed surveillance systems, multi-static principle, operational oceanography.