

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА ТЯЖЁЛОГО КЛАССА, КАК ОБЪЕКТА ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

Иванов А.И., Лазутина Н.А.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
vonavi@ipu.ru, nellar@ipu.ru*

Аннотация: Предлагается в составе автономного обитаемого подводного аппарата тяжёлого класса применить систему мониторинга с всплывающими малыми автономными обитаемыми подводными аппаратами в качестве "чёрных ящиков". Рассматривается вариант реализации системы мониторинга с использованием рефлексивной памяти.

Ключевые слова: автономный обитаемый подводный аппарат тяжёлого класса, система мониторинга, рефлексивная память.

Интенсивное совершенствование технологий проектирования и изготовления средств автоматизации в различных сферах деятельности человека стимулирует развитие сложных макросистем в машиностроении, энергетике, оборонной промышленности. Вместе с тем возрастает опасность возникновения техногенных катастроф, сопровождающихся человеческими жертвами.

Ярким примером макросистем повышенной опасности являются крупногабаритные автономные обитаемые подводные аппараты (АНПА). Согласно устоявшимся представлениям и в соответствии с ГОСТ 356960-2016 "Аппараты обитаемые подводные" подобные устройства различаются по весу в диапазоне от легчайших аппаратов до аппаратов тяжёлого класса. Ниже будут рассматриваться именно АНПА тяжёлого класса.

В общем виде автономный обитаемый подводный аппарат – это программируемое устройство со встроенным аккумулятором, движительно-рулевым комплексом, выполняющий по заранее заданному заданию (миссии) различные перемещения и операции. В зависимости от назначения и технических характеристик аппараты различаются по назначению.

АНПА тяжёлого класса могут иметь вес до 50-100 т, длину свыше 20 м, глубину погружения до 6 км. Стоимость такого аппарата может составлять десятки миллионов долларов. Аппараты оснащаются навигационным оборудованием, энергетическими и приводными системами. АНПА тяжёлого класса могут выполнять множество работ на большой глубине, в том числе:

- обслуживание добывающих компаний;
- инспекция подводных кабелей и нефтепроводов;
- гидрографические исследования.

Из-за специфики эксплуатации и тактических характеристик АНПА указанного класса имеют крайне низкий уровень внешнего контроля за их поведением. Несанкционированные действия подобных аппаратов могут нанести непоправимый ущерб.

Актуальными являются задачи снижения риска потери подобного аппарата, устранения опасности неконтролируемого поведения и принятия мер по его нейтрализации.

Для предотвращения неуправляемых действий и контроля за состоянием тяжёлых АНПА целесообразно в состав его структуры ввести систему мониторинга (СМ), т. е. создать «систему в системе». СМ должна непрерывно регистрировать показания сенсоров в реальном времени, фиксировать на накопителях информацию и в случае аварии с помощью всплывающих устройств сообщать силам спасения о своём местонахождении.

В качестве одного из возможных вариантов СМ следует рассматривать автономную систему мониторинга для АНПА тяжёлого класса, состоящую из следующих составных частей:

- периферийные процессоры, обслуживающие сенсоры основных узлов и комплексов аппарата;

- сетевые подсистемы, образованные модулями рефлективной памяти (РФП) и волоконно-оптическими линиями связи (ВОЛС);
- серверные кластеры, формирующие пакеты информации о состоянии АНПА;
- малые АНПА, рассчитанные на глубоководные операции и выполняющие функции всплывающих «чёрных ящиков».

В качестве периферийных процессоров могут использоваться бортовые процессоры, разработки ИПУ РАН, выполненные в виде набора мезонинов. Такой процессор может содержать собственно мезонин вычислителя, мезонин микропроцессора ввода-вывода и мезонин рефлективной памяти, размещаемые на базовом блоке-носителе мезонинов, имеющем собственные внешние и внутренние интерфейсы. Такие периферийные процессоры относятся к классу необслуживаемых систем, ориентируемых на сложные условия эксплуатации, и отличаются минимальным потреблением электроэнергии.

Мезонины вычислителей могут быть выбраны из ряда взаимозаменяемых устройств типа «система-на-модуле», или «система-на-кристалле».

Мезонины микропроцессоров ввода-вывода могут представлять собой цифровые устройства для обслуживания сенсоров систем и комплексов АНПА.

Мезонины рефлективной памяти - это элементы двухпортовой памяти, включаемые через соответствующие ключи в ВОЛС.

Серверы, реализованные на основе периферийных процессоров, в зависимости от выбранной топологии системы мониторинга и использованного сетевого программного обеспечения, могут выполнять функции мостов, коммутаторов, Host-компьютеров.

Периферийные процессоры представляют собой миниатюрные мультипроцессоры, построенные по принципу асимметричного дублирования. Этот принцип подразумевает резервирование только отдельных наиболее важных функций вычислителя с помощью микропроцессора ввода-вывода, которому передаются функции диагностики и управления при определённых условиях. Это позволяет существенно снизить энергопотребление, сократить габариты, улучшить экономические показатели. Асимметричное дублирование создаёт предпосылки к обеспечению информационной безопасности, технологической независимости и масштабированию данных.

Мезонин РФП, как компонент скоростной сети, через последовательные оптические ключи включается в кольцевую ВОЛС. Со стороны процессора РФП представляется как обычная память с произвольным доступом типа СОЗУ. Другой порт РФП работает в автоматическом режиме, преобразуя информацию СОЗУ к виду, удобному для скоростной пересылки по оптическому каналу. Обмен РФП с каналом определяется через FIFO. Сети на базе РФП позволяют обеспечить высокую скорость передачи, детерминизм транзакций, безарбитражную логику обмена, независимость от процессоров и операционных систем.

Топология СМ, в зависимости от поставленных целей перед проектировщиками аппарата тяжёлого класса, может быть представлена в виде кольца, звезды или различных композиций из нескольких дублированных колец.

Структура СМ может содержать два взаимодублирующих сервера с накопителями, два всплывающих малых АНПА, осуществляющих передачу силам спасения сохранённую информацию, и внутреннюю сеть на базе периферийных процессоров в виде мультикольцевой структуры. Система бесперебойного электропитания также выполняется в виде дублированной сети.

При обнаружении признаков, характеризующих состояние аппарата как аварийное, автоматически отстыковываются один или оба всплывающих малых АНПА с собранной информацией на энергонезависимых носителях. Подача команд на всплытие малых аппаратов может осуществляться через специальный гидроакустический канал для внешнего управления.

Всплывающие при аварии малые АНПА предназначены для передачи на поверхность текущей информации о состоянии аварийного аппарата:

- характеристики аварии;
- конкретные значения состояния основных узлов и блоков аппарата;
- относительные координаты;
- глубина погружения и внешняя гидрографическая обстановка;
- положение аппарата.

Малые АНПА, установленные на борту аппарата тяжёлого класса, должны удовлетворять всем эксплуатационным требованиям основного аппарата и, в первую очередь, выдерживать глубинное гидростатическое давление, ударные нагрузки, иметь высокую отказоустойчивость. Всплывающие АНПА должны иметь собственную навигационную систему и приёмопередающую радиоаппаратуру

для связи с силами спасения и для внутреннего использования. Глубоководный подводный аппарат может иметь металлический торпедоподобный корпус с размещёнными в нём герметичными сферическими контейнерами из радиопрозрачного материала, внутри которых находится электронная аппаратура, собственные источники электроэнергии и радиомодули, объединяющие электронные устройства в единую беспроводную информационно-управляющую сеть. Металлический корпус, помимо обеспечения механической прочности АНПА, создаёт экранировку от внешнего электромагнитного излучения и препятствует попаданию сигналов внутренних радиосетей во внешнюю среду. Зарядка встроенных в каждый сферический контейнер аккумуляторов может осуществляться бесконтактным методом.

Структурная схема АНПА, предназначенного для спасения результатов мониторинга аварийного состояния тяжёлого аппарата может быть представлена в следующем виде, см. рис. 1.

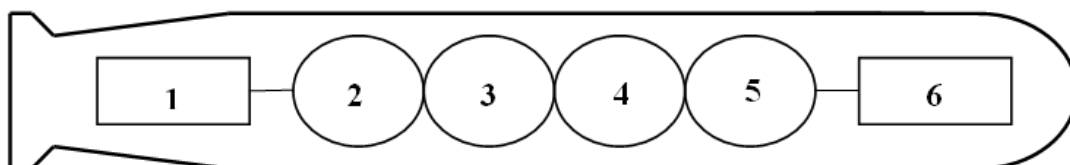


Рис. 1. Структурная схема глубоководного малого АНПА

На схеме представлены основные блоки АНПА.

1. Двигательно-рулевой блок, осуществляющий маневрирование под управлением процессора миссии, обеспечивающий отведение аппарата от места аварии и обход препятствий.

2. Блок управления движением, размещённый в сферическом контейнере, принимающий по внешним гидроакустическим каналам команды управления всплытием и выполняющий регулировку скорости подъёма аппарата.

3. Блок процессора миссии и накопителей, размещённый в сферическом контейнере, обеспечивающий через внутренние радиоканалы координацию основных узлов согласно заложенным программам и картам, реализующий интерфейс с серверами сетевой подсистемы и формирующий пакеты информации об аварии, накапливаемой в энергонезависимой памяти.

4. Блок навигации и внешней радиосвязи, размещённый в сферическом контейнере, вычисляющий текущие относительные координаты аппарата и обеспечивающий двухсторонний радиообмен с силами спасения.

5. Блок управления внешней кибер-защитой, размещённый в сферическом контейнере, предназначенный для анализа поступающих внешних сигналов и выявления адресной информации.

6. Блок устранения внешних препятствий, содержащий манипуляторы и пиропатроны.

Идея включения в состав АНПА тяжёлого класса системы мониторинга с использованием современных архитектурных комплексов, как в составе основного аппарата, так и во вновь вводимых в состав СМ глубоководных малых АНПА позволит снизить или даже устранить вероятную опасность возникновения критической ситуации при аварии на основном аппарате.

Литература

1. Sahiha Wadoo, Pushkin Kachroo. Autonomous Underwater Vehicles: Modeling // Control Design and Simulation. CRC Press 19 Apr. 2016. – 165P.
2. Войтов Д.В. Автономные необитаемые подводные аппараты. – М.: МОРКНИГА, 2015. – С.23.
3. Иванов А.И. Программно-аппаратный комплекс для отказоустойчивого мониторинга подвижных морских объектов. // Подводные исследования и робототехника. 2007, № 2(4). – С.21-29.
4. www.gefanuembedded.com. Real Time Networking with Reflective Memory.
5. Atul Kumbhar. Research and Realization of Reflective Memory Network. // Proc. of Chinese Academy, Sept. 03.2011, – P.1-17.
6. R.U. 24.09.2018. ФГБУ ИПУ РАН. Патент на изобретение № 2667674. Модульный автономный необитаемый подводный аппарат.