

М.В. Абатурова, В.А. Бабошин, Е.А. Бубнова, А.С. Гузарев

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТЕКА ПРОТОКОЛОВ КОРАБЕЛЬНЫХ ВНУТРИОБЪЕКТОВЫХ СЕТЕЙ

Абатурова Марина Владимировна, окончила Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ». Аспирант кафедры автоматизации и процессов управления Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ». Инженер-программист ОАО «Интелтех». Имеет статьи в области моделирования систем связи, передачи мультимедийной информации по низкоскоростным каналам. [e-mail: voldemar24@yandex.ru].

Бабошин Владимир Александрович, окончил Ульяновское высшее военное командное училище связи им. Г.К. Орджоникидзе. Начальник отдела ОАО «НИИ «Рубин», кандидат технических наук, доцент. Имеет статьи в области систем связи специального назначения, систем беспроводного доступа, систем хранения данных. [e-mail: boboberst@mail.ru].

Бубнова Елена Алексеевна, бакалавр, окончила департамент фундаментальной подготовки Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. Аспирант ОАО «НИИ «Рубин». Занимается исследованиями проблем сбора и обработки информации в современных сенсорных сетях. [e-mail: inforubin@rubin-spb.ru].

Гузарев Антон Сергеевич, окончил Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. Аспирант кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. Инженер ОАО «Интелтех». Имеет статьи в области моделирования систем связи, передачи мультимедийной информации по низкоскоростным каналам. [e-mail: audit.tss@mail.ru].

Аннотация

Оснащение современных плавательных средств большим количеством различных специальных систем, систем вооружения, связи и радиотехнического обеспечения привело к необходимости совершенствования стека протоколов информационного обмена, технологического управления и сигнализации. Формирование стека протоколов для внутрикорабельных сетей специального назначения является актуальной задачей.

Ключевые слова: система управления, стек протоколов, внутриобъектовые сети, протоколы сигнализации, сенсорные сети, маршрутизация.

Система управления (СУ) корабля представляет собой распределенную (децентрализованную) сетевую СУ, состоящую из совокупности отдельных подсистем и

комплексов технических средств различного назначения, объединенных общекорабельной системой обмена данными (ОКСОД), входящей в систему связи. Система связи должна обеспечить информационный обмен:

- с береговыми пунктами управления;
- другими кораблями группировки, приданными и взаимодействующими надводными кораблями и судами обеспечения;
- летательными аппаратами корабельного и берегового базирования;
- взаимодействующими подводными лодками – во внутрикорабельной сети в интересах управления всеми системами корабля, в том числе и системой связи [1].

С точки зрения процессов, протекающих в системе связи, ее модель содержит несколько взаимодействующих слоев. В основании лежит транспортная подсистема, над ней работает слой сетевых операционных систем, организующий работу приложений и предоставление ресурсов пользователям. Над операционной системой выделяется слой приложений [2]. В частности, из-за особой роли хранилищ данных и систем управления базами данных (СУБД) этот класс системных приложений выделяется в отдельный слой сети [3]. На следующем уровне работают системные сервисы, использующие СУБД в качестве инструмента для поиска и предоставления информации в удобной для принятия решения форме должностным лицам (ДЛ) СУ, а также выполняющие некоторые процедуры обработки информации (служба каталогов, электронная почта, системы коллективной работы).

Комплексы технических средств размещаются в боевых частях (БЧ) и на боевых постах, объединяются между собой средствами ОКСОД, которая базируется на внутрикорабельной сети, выполняющей основные транспортные функции [4]. Эта сеть используется для организации взаимодействия систем корабля и БЧ, обеспечения доступа терминальных устройств ДЛ к каналам связи и решения других задач (рис. 1).

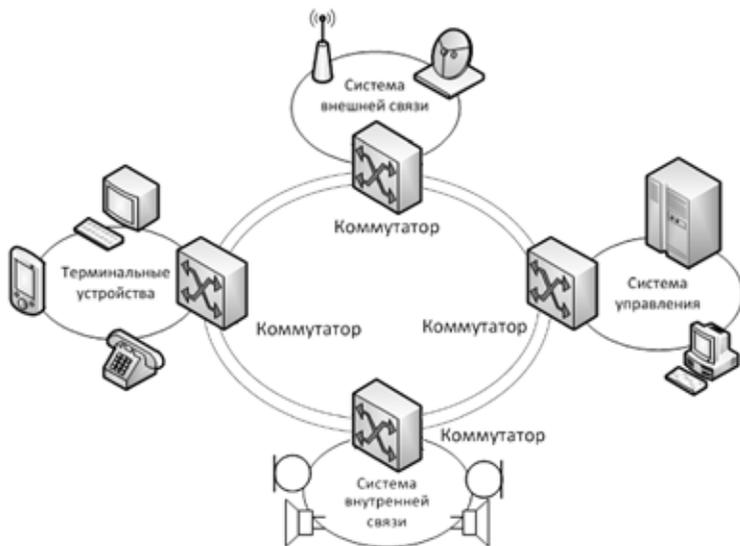


Рис. 1. Обобщенная схема внутриобъектовой сети связи

Основной топологии внутриобъектовой сети может служить двойное волоконно-оптическое кольцо по технологиям SDH (Synchronous Digital Hierarchy) совместно с ATM (Asynchronous Transfer Mode) и технологией IP over ATM. В качестве альтернативы может быть применена технология POS (Packet Over SDH) с классическим IP-адресом, позволяющая передавать пакеты IP с использованием фрейминга SDH.

Особый интерес представляют проприетарные протоколы, позволяющие строить сеть Ethernet с двойным кольцом (DPT, Dynamic Packet Transport, Cisco) и кольцевые сети стандарта IEE 802.17 (RPR, Resilient Packet Ring) [2]. Сети RPR/DPT поддерживают QoS (Quality of Service), обеспечивают приоритетную транспортировку трафика, позволяют бороться с перегрузками и реализуют алгоритм равных возможностей для различных потоков с высокой эффективностью использования ресурсов сети. Трафик в кольце RPR/DPT передается в обоих направлениях двойного кольца, скорость ограничивается только уровнем насыщения канала, время формирования маршрута не превышает 50 мс, алгоритм STP (Spanning Tree Protocol) при этом не используется.

В соответствии с требованиями к оперативности и качеству технологического управления используется концепция систем поддержки эксплуатации (Operation Support System, OSS), в которой акцент сместился от управления отдельными сетевыми элементами и технологиями к управлению услугами (сервисами). Основой идеологии управления служит технология TMN (Telecommunications Management Network), построенная с учетом модели FCAPS (Fault Management, Configuration Management, Accounting Management, Performance Management, Security Management).

Фрагмент типового стека протоколов приведен на рисунке 2.

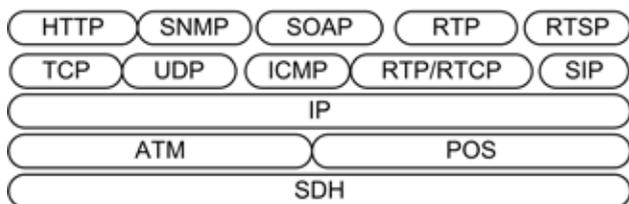


Рис. 2. Фрагмент типового стека протоколов внутриобъектовой сети

Для технологического управления используется протокол SNMP и базы управления MIB (Management Information Base). Протокол SOAP (Simple Object Access Protocol) служит для удаленного вызова объектов приложений и получения результата запросов. Для передачи трафика реального времени используется протокол RTSP (Real Time Streaming Protocol). В качестве транспортного применяется протокол RTP (Real Time Protocol), осуществляющий передачу в реальном времени и работающий совместно с RTCP (Real Time Transport Control Protocol), позволяющим контролировать QoS. Управление сеансами речевой связи реализуется с помощью протокола SIP (Session Initiation Protocol).

В настоящее время сектор стандартизации электросвязи международного союза электросвязи (ITU-T) ведет работу над протоколом H.325 или AMS (Advanced Multimedia System), в основе которого лежит центральный управляющий объект (AMS-контейнер), предлагающий интерфейсы, управляющие предоставлением полосы пропускания абонентским приложениям [4]. Приложения системы управления, терминалов связи, систем внутренней и внешней связи регистрируются в AMS-контейнере, каждому назначается сессия и логический канал. Приложения СУ регистрируются с наибольшим приоритетом, перед отправкой в сеть сообщения от всех приложений мультиплексируются. Совокупность контейнера и зарегистрированных в нем приложений или сборка AMS (AMS Assemblage) и определяет перечень доступных услуг (рис. 3).

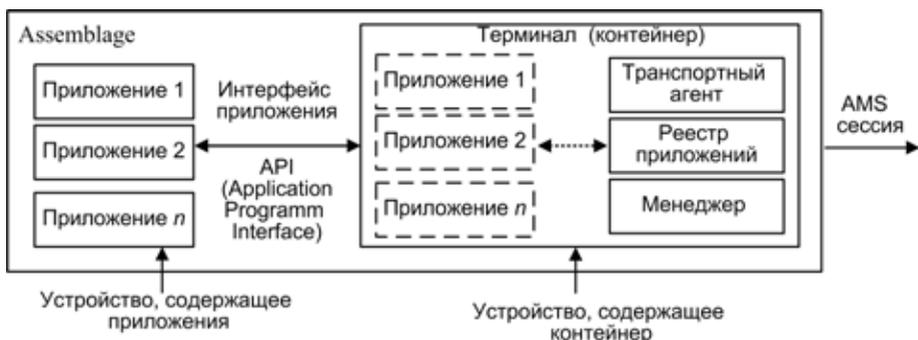


Рис. 3. AMS-сборка

Транспортный уровень протокола H.325 отвечает за передачу данных, контроль доставки и качество обслуживания QoS. Уровень приложений описывает типы и функции регистрации приложений, элементы пользовательского интерфейса, базовые методы кодирования, определяет взаимодействие приложений, основанное на передаче XML-команд. Для эффективного использования полосы пропускания применяется технология EXI (Efficient XML Interchange). Переход на технологии H.325 в сочетании с протоколами DPT/RPR позволит упростить стек протоколов транспортной составляющей и получить более дешевую и удобную в обслуживании сеть с топологией двойного кольца (рис. 4).

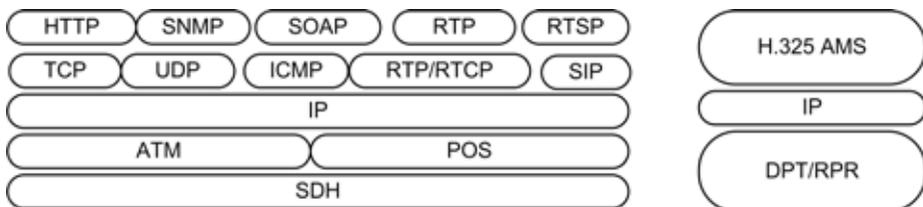


Рис. 4. Преобразование стека протоколов с использованием H.325 и DPT/RPR

В связи с усложнением оборудования современных кораблей предусматривается создание контуров управления, решающих отдельные задачи (контур освещения воздушной, надводной и подводной обстановки, контуры ПВО, ПЛЮ, борьбы с надводными кораблями, управления корабельной авиацией), но объединенных в рамках боевой информационно-управляющей системы (БИУС).

Все эти контуры входят в состав БИУС, функции которой заключаются в следующем:

1. Обеспечение командира корабля и других ДЛ СУ информацией о тактической обстановке, действиях отдельных контуров по решению боевых задач; решение задач информационной поддержки принятия решений по использованию оружия и маневрированию корабля; планирование боевых действий; передача команд и решений командира; обеспечение межконтурного обмена информацией для взаимодействия контуров.

2. Создание единой интегрированной системы вооружения корабля, оптимизированной для решения определенного круга боевых задач и предполагающей полную интеграцию всех информационных средств и систем оружия.

При создании функциональных контуров управления БИУС возможно использование технологии беспроводных сенсорных сетей WSN (Wireless Sensor Networks) или всепроникающих сенсорных сетей USN (Ubiquitous Sensor Networks), одним из важных свойств которых является простота развертывания, высокая живучесть, способность к самоорганизации. Под самоорганизацией понимается автоматизация выбора топологии сети, подключения новых устройств, присвоения IP-адреса любому сенсорному узлу, выбора маршрутов передачи пакетов в сети [6]. К числу наиболее известных стандартов сенсорных сетей относятся протоколы ZigBee, 6LoWPAN, MeshLogic, One-Net, стек протоколов приведен на рисунке 5.



Рис. 5. Стек протоколов сенсорных сетей

Стек протокола 6LoWPAN (IETF, IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) является более простым по структуре, чем стек ZigBee (IEEE 802.15.4), более прозрачным с точки зрения приложений, а поскольку он является протоколом сетевого уровня, то может использоваться с любой реализацией физического и канального уровня.

Выделяют три типа сетей 6LoWPAN: 1) Ad-hoc; 2) простая сеть; 3) расширенная сеть (обозначены цифрами на рисунке 6). Сеть Ad-hoc является самоорганизующейся сетью, не имеющей граничного маршрутизатора и подключения к внешней IP-сети. Простая 6LoWPAN-сеть подключена к IP-сети при помощи одного граничного маршрутизатора. Расширенная 6LoWPAN-сеть состоит из одной или нескольких подсетей, подключенных к внешней IP-сети через несколько граничных маршрутизаторов EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) или другие беспроводные устройства, ее узлы могут свободно перемещаться в пределах сети и осуществлять обмен с внешней сетью через любой доступный граничный маршрутизатор (рис. 6).

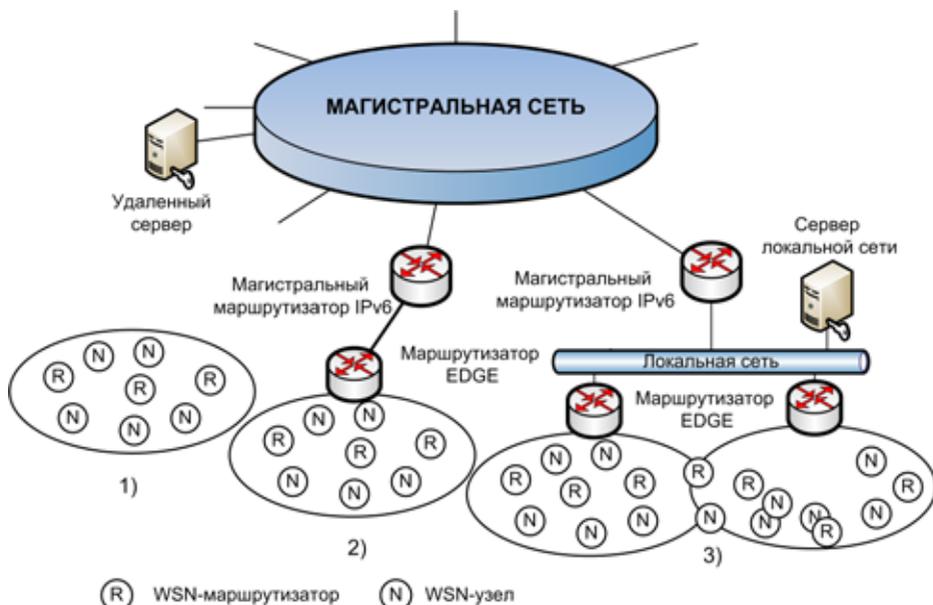


Рис. 6. Типы сенсорных сетей

Каждый сенсор в сети имеет уникальный IPv6-адрес, что позволяет ему при соединении взаимодействовать с существующими хостами сети и сетевым оборудованием. В свою очередь, каждый узел WNS-сети становится доступен из внешних сетей по IP-адресу, а поддержка шифрования AES-128 закладывает основу для надежной аутентификации и безопасности. Подобное решение избавляет от необходимости иметь шлюзы для каждого локального протокола IEEE 802.15.4 и для адаптеров, поддерживающих связи через эти шлюзы для существующих приложений, упрощает процедуры аутентификации и безопасности. Множество программных инструментов управления, основанных на протоколах IP и SNMP (ping, traceroute и т. д.), может быть сразу же использовано для объединения в сеть и управления WPAN-устройствами. На базе протокола IP реализуется преобразование сетевых адресов NAT (Network Address Translation), распределение нагрузки, кэширование [7].

Кроме того, существующие модели передачи данных на программном уровне и сервисы на базе HTTP-XML-SOAP позволяют упростить процесс разработки новых приложений для WPAN-сетей и унифицировать интеграцию устройств в существующую сеть для действующих приложений, что особенно важно для динамичных условий применения корабля по боевому предназначению.

Однако сенсорные сети обладают рядом технических и архитектурных особенностей, которые не позволяют применять существующие решения по маршрутизации для проводных сетей, а также протоколы семейства MANET (Mobile Ad Hoc Networks). В качестве альтернативы существующим решениям был разработан протокол RPL – Routing Protocol for Low power and Lossy Networks, относящийся к семейству протоколов Distant Vector. Он использует принципы построения направленных ациклических графов DODAG (Destination Oriented Directed Acyclic Graph) и поддерживает маршрутизацию по множественной топологии MTR (Multi-topology routing), мобильность узлов и все механизмы для восстановления графов в случае перемещения узла [7]. Для создания графа каждое соединение в RPL-сети представляется рядом метрик (скорость передачи, энергопотребление, шифрование и т. д.). Таким образом, в одной сети может существовать несколько графов с уникальным идентификатором для разделения маршрутов, а узел будет передавать данные в зависимости от их целевого назначения [8].

Предлагаемая на данный момент реализация стека протоколов 6LoWPAN рассчитана на субгигагерцевый диапазон, не требующий лицензирования. При равных затратах энергии на прием и передачу (по сравнению с диапазоном 2,4 ГГц) за счет большей длины волн можно обеспечить устойчивую связь на большем расстоянии, меньшее влияние препятствий в виде стен, перегородок, машин, что важно для систем, работающих в условиях корабля. Верхний предел дальности связи колеблется на отметке 800 метров при скорости передачи данных от 50 до 200 кбит/с, что вполне достаточно для типовых приложений сенсорных сетей [7, 8].

Подобное решение целиком укладывается в концепцию построения БИУС и служит повышению своевременности информационного обмена, так как можно организовать граф для передачи срочных сообщений с наименьшими задержками или граф для передачи данных телеметрии наиболее энергетически эффективным способом.

Очевидно, что приведенные возможности WSN позволят расширить стек протоколов внутрикорабельных сетей, создавать системы сбора и обработки информации о состоянии распределенных объектов и могут оказаться востребованными для реализации элементов функциональных подсистем БИУС, когда необходимо срочно развернуть сеть и обеспечить ее гарантированную работу даже при условии возможной потери части элементов. Дешевизна и относительная простота аппаратных средств, малое энергопотребление и возможность практически неограниченного тиражирования делают актуальной задачу разработки типового узла распределенной сенсорной системы сбора и обработки данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.А. Катанович. Комплексы и системы связи надводных кораблей. – СПб. : Судостроение, 2006. – 312 с.
2. Бабошин В.А., Абатурова М.В. Моделирование системы управления услугами корабельной внутриобъектовой сети // Сб. науч. статей II Международной науч.-техн. и науч.-метод. конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании, 26–27 февраля». – СПб. : СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2013. – С. 420–425.
3. Бабошин В.А., Сиротенко Ф.Ф. Методы построения систем хранения данных в телекоммуникационной сети специального назначения // Вопросы радиоэлектроники. – 2012. – Вып. 2. – С. 29–44.
4. Бабошин В.А., Гузарев А.С. Предложения по формированию стека протоколов корабельных внутриобъектовых сетей // Сб. науч. статей II Международной науч.-техн. и науч.-метод. конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании, 26–27 февраля». – СПб. : СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2013. – С. 425–430.
5. Бабошин В.А., Михайлов М.Ю., Павлович А.А. К вопросу формирования макросистемной модели мультисервисной инфокоммуникационной сети связи в контексте проекта AMS // Труды XI Российской научно-технической конференции. Калуга, 6 июня. Секция 1. Фундаментальные и прикладные исследования проблем создания перспективных систем связи и управления. – Калуга : ООО «Ноосфера», 2012. – С. 40–43.
6. Проектирование беспроводных сенсорных сетей. – URL: <http://isca.su>.
7. Кучерявый Е.А., Молчан С.А., Кондратьев В.В. Принципы построения сенсоров и сенсорных сетей // Электросвязь. – 2006. – № 6. – С. 10–15.
8. Кучерявый А.Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е.А. Самоорганизующиеся сети. – СПб. : Любавич, 2011.