

*Т.М. Татарникова, Н.В. Яготинцева*

### ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ ОБРАЗЦОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ВООРУЖЕНИЯ КОРАБЛЯ

*Т.М. Tatarnikova, N.V. Yagotinceva*

### PROBLEM DESCRIPTION OF SHIP ARMAMENT RADIO ELECTRONIC STANDARDS INTEGRATION

*Рассматриваются современные задачи интеграции образцов радиоэлектронного вооружения с точки зрения обеспечения полноценного вхождения корабля в единое информационное пространство ВМФ.*

*Ключевые слова: радиоэлектронное вооружение, интеграция, информационная инфраструктура корабля, локальная вычислительная сеть корабля, технология коммутации сегментов сети.*

*Considers the problem of integration of modern electronic equipment designs in terms of providing a full entry of ship into a single information space of the Russian NAVY.*

*Key words: radio-electronic equipment, integration, information infrastructure ship's local area network of the ship, the technology switching network segments.*

Для решения задач навигации и кораблевождения, освещения обстановки корабля оснащаются многофункциональным радиоэлектронным вооружением (РЭВ).

В практике строительства и применения флота к радиоэлектронному вооружению, как правило, относят следующие классы РЭВ: радиолокационные комплексы и станции, средства связи, гидроакустические комплексы и станции, аппаратуру опознавания, комплексы радиоразведки, информационно-управляющие системы и другие средства, обеспечивающие преобразование и обработку электромагнитных (акустических) сигналов и данных.

Стремительный прогресс в области морской радиоэлектроники сделал корабельное РЭВ наиболее быстроразвивающимся, наукоемким и дорогостоящим элементом корабля. Проблемы совершенствования РЭВ корабля приобретают особую значимость и актуальность в строительстве флота России XXI века, в основу которого положен принцип совершенствования качественных параметров образцов вооружения и военной техники [1,2].

**Цель статьи** – определить основные задачи и пути совершенствования РЭВ корабля за счет применения возможностей существующих базовых технологий и поддерживающих их технических и программных средств.

Изучение функций, методов приема и обработки сигналов в комплексах, станциях и образцах РЭВ показало, что между устройствами различных классов РЭВ существуют тесные информационные взаимосвязи. Результаты работы одних являются исходными данными для других. Это обстоятельство позволяет утверждать, что существуют предпосылки для технической и информационной интеграции различ-

ных классов РЭВ корабля. Кроме того, исследования и анализ конкретных образцов РЭВ корабля показали, что существуют стандартные этапы обработки информации, а следовательно, любой образец РЭВ может быть описан шестью функциональными элементами (ФЭ).

ФЭ1: устройства, осуществляющие преобразование электромагнитной (акустической) энергии как в случае излучения, так и при приеме сигналов, или другими словами – антенны.

ФЭ2: устройства, осуществляющие прием, усиление, демодуляцию и декодирование сигналов – приемники.

ФЭ3: устройства, осуществляющие прием, усиление, модуляцию и передачу сигналов – передатчики.

ФЭ4: средства обработки сигналов и данных соответствующей прикладной платформой<sup>1</sup>.

ФЭ5: средства визуализации, обеспечивающие динамическое отображение целей и их траекторий движения; документирование данных на карту и бумажный носитель; просмотр документов и статистическое отображение наиболее важных данных.

ФЭ6: устройства, обеспечивающие преобразование воздействий окружающей среды в электромагнитные сигналы – датчики.

В целом обобщенная архитектура образца РЭВ с прикладной платформой обработки приведена на рис.1.

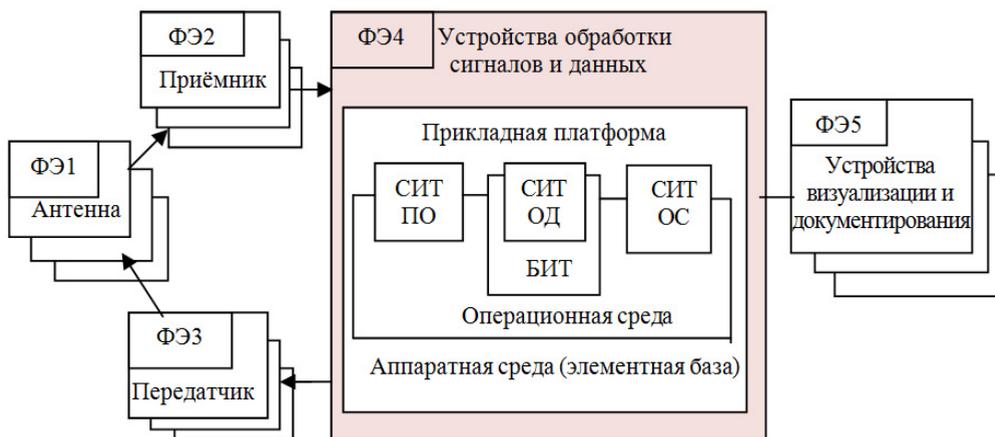


Рис. 1. Обобщенная архитектура образца РЭВ

СИТ ПО – специализированная информационная технология протоколов обмена;  
 СИТ ОД – специализированная информационная технология обработки данных;  
 СИТ ОС – специализированная информационная технология обработки сигналов;  
 БИТ – базовая информационная технология.

<sup>1</sup> Под прикладной платформой понимают структурированный набор информационных технологий и стандартов их реализации, обеспечивающей создание и применение средств обработки сигналов и данных.

<p style="text-align: center;"><b>СИТ ПО включает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Поддержку протокола обмена по СНЧ, СДВ, СВ, КВ, УКВ, радиорелейным, космическим, гидроакустическим, проводным каналам.</li> <li>– Поддержку сетевых протоколов типа ТСР/IP, АТМ, X.25.</li> <li>– Поддержку стандартов защиты информации в каналах связи и сетях передачи данных.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>СИТ ОС включает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Обработку радиолокационных сигналов.</li> <li>– Обработку радиосигналов.</li> <li>– Обработку оптоэлектронных сигналов.</li> <li>– Обработку гидроакустических сигналов.</li> <li>– Оцифровка аналоговых сигналов.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>СИТ ОД включает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Обработку координат.</li> <li>– Обработку ЭДЦ.</li> <li>– Прокладку маршрутов.</li> <li>– Учет целей.</li> <li>– Выработку данных стрельбы.</li> <li>– Визуализацию данных.</li> <li>– Классификацию целей.</li> <li>– Обработку результатов измерений.</li> <li>– Выработку рекомендаций по маневрированию, счислению пути.</li> <li>– Ведение журналов учета.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>БИТ включает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Информационные технологии (ИТ) электронной почты.</li> <li>– ИТ документооборота.</li> <li>– ИТ СУБД.</li> <li>– ИТ ГИС.</li> <li>– Офисные ИТ.</li> <li>– Формирование, поиск и предоставление информационных ресурсов.</li> <li>– Защиту информационных ресурсов.</li> <li>– Электронные подписи.</li> <li>– Управление конфигурацией.</li> <li>– Сетевое планирование.</li> <li>– Санкционирование применения оружия.</li> </ul>

В соответствии с рассмотренной архитектурой образца РЭВ можно сформулировать основные направления развития РЭВ корабля:

1. Развитие устройств преобразования электромагнитной (акустической) энергии во всех диапазонах электромагнитного спектра за счет применения новых материалов, форм построения и технологий производства.
2. Развитие устройств генерирования и приема электромагнитных сигналов во всех диапазонах электромагнитного спектра за счет применения новой элементной базы и более совершенных схем их построения.
3. Развитие методов и способов обработки электромагнитных и акустических сигналов.
4. Развитие средств и прикладных платформ обработки сигналов и данных.
5. Развитие средств визуализации данных на основе применения новых технологий отображения информации, мультимедийных форм ее представления, а также за счет использования новой элементной базы.
6. Интеграция образцов РЭВ в единую информационную инфраструктуру корабля с переходом к новой архитектуре их построения.

Направления 1-4 относятся к числу традиционных и хорошо освоенных. В направлении 5 намечились за последние годы существенные позитивные сдвиги.

Анализ исследований в этом направлении с учетом достижений последнего десятилетия в области создания эффективных средств обработки сигналов и данных показывает, что наибольший эффект в реализации возможностей базовых инфор-

мационных технологий и поддерживающих их технических и программных средств может быть получен на пути интеграции образцов РЭВ в единую информационную инфраструктуру корабля. Таким образом, шестое направление развития РЭВ является наиболее перспективным.

Справедливость этого утверждения подтверждается тем, что сегодня на корабле отсутствуют:

- единое адресное пространство;
- прозрачный доступ в соответствии с полномочиями должностных лиц к удаленным и обособленно хранящимся информационным ресурсам;
- средства, обеспечивающие реализацию мультимедийного трафика обмена информацией;
- унифицированная система панелей диалога для разнородных автоматизированных рабочих мест.

Поэтому перспективным направлением развития вооружения корабля сегодня считается интеграция образцов РЭВ в единую информационную инфраструктуру корабля с переходом к новой архитектуре их построения.

Суть нового подхода заключается в следующем:

- в интеграции образцов РЭВ не на основе парных связей, а на основе базовой информационной транспортной сети корабля;
- в обеспечении возможности подключения к базовой корабельной сети комплексов, станций различных типов РЭВ и функциональных элементов;
- во введении в состав технической архитектуры нового элемента — комплекса серверов обработки сигналов и данных;
- в переходе от функционально-специализированных архитектур средств обработки сигналов и данных к распределенной сетевой обработке.

Техническая архитектурная модель информационной инфраструктуры корабля с учетом нового подхода представляет собой локальную вычислительную сеть (ЛВС) корабля с коммутацией сегментов (рис. 2).

Модель ЛВС корабля будем рассматривать на основе модели, предложенной А.И. Обрезковым, применительно к научно-исследовательским судам [3].

Технология коммутации сегментов основана на отказе от использования разделяемых линий связи между всеми узлами сегмента и применении коммутаторов, позволяющих одновременно передавать пакеты между всеми парами его портов. Тогда каждый такой канал можно представить в виде СМО типа  $M|M|1$  с дисциплиной кругового опроса RR (Round Robin).

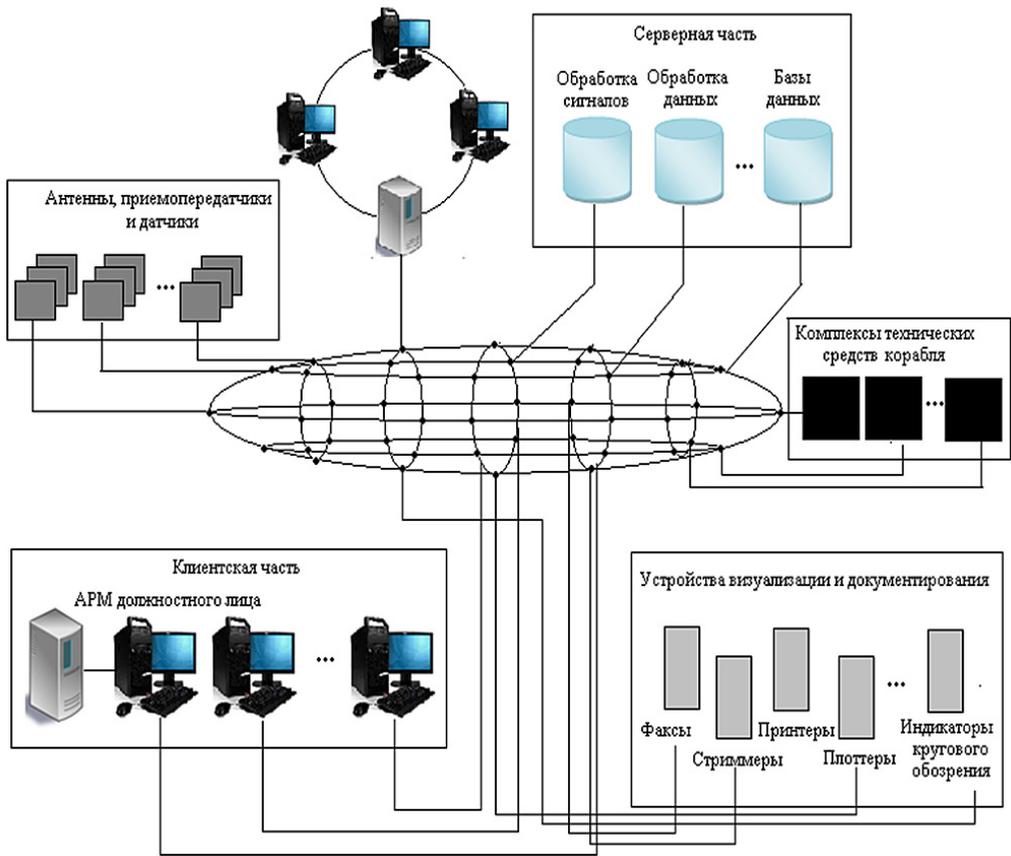


Рис. 2. Архитектура информационной инфраструктуры корабля на основе базовой информационной транспортной сети

Распределение длительности пребывания сообщения в подобной системе описывается в терминах преобразования Лапласа-Стилтьеса (ПЛС). На вход системы поступает  $K$  независимых пуассоновских потоков сообщений различных классов интенсивности  $\lambda_k$ . Длительности передачи сообщений каждого класса – независимые случайные величины с распределениями

$$F_k(x) = 1 - e^{-\mu_k x}, \quad (1)$$

где  $\mu_k = C/L_k$ ,  $C$  – пропускная способность канала;  $L_k$  – длина сообщения,  $k=1, \dots, K$ .

Для коммутатора вся сеть представляется наборами MAC-адресов устройств РЭВ, используемых на канальном уровне, причем каждый набор связан с определенным портом. Вся информация об адресах сетей, относящаяся к более высокому – сетевому уровню, им недоступна. Поэтому процессы обучения коммутаторов, филь-

трации и продвижения ими пакетов основаны на существовании одного логического пути между любыми двумя узлами сети.

Определим ПЛС длительности передачи сообщения  $k$ -го класса от абонента  $i$  к абоненту  $j$ . Пусть  $\pi_{ij} = \{e_{ijs}\}$  – множество элементов маршрута  $ij$ ,  $N_{ij} = \|\pi_{ij}\|$  – мощность этого множества,  $l$  – номер элемента маршрута, вносящего наибольшую задержку, т.е. «узкое» место маршрута. Тогда соответствующее ПЛС будет иметь вид:

$$\beta_{kij}(z) = \beta_{kl}(z) \prod_{\substack{s=1 \\ s \neq l}}^{N_{ij}} \beta_s(z), \quad (2)$$

где  $\beta_{kl}(z)$  – ПЛС длительности пребывания сообщения  $k$ -го класса в «узком» месте маршрута;  $\beta_s(z)$  – ПЛС длительности пребывания пакета в  $s$ -м элементе маршрута.

Данное распределение будет функцией от векторов интенсивностей поступления и обслуживания сообщений на элементы маршрута  $\beta_{kij}(z) = f(\bar{\Lambda}, \bar{M})$ .

Следует отметить, что интенсивность обслуживания напрямую зависит от длины сообщения, которая определяется прикладными процессами, реализуемыми в сети. Следовательно, исходная длина сообщений определяется верхним уровнем функциональной архитектуры ЭМВОС. Верхние уровни эталонной модели в процессе конвертации сообщения добавляют в него свою служебную информацию. Нижние уровни после фрагментации на пакеты добавляют в каждый свою служебную информацию.

Тогда, к моменту передачи сообщения по каналу, его длина наращивается в соответствии с

$$L_c^* = L_c \prod_{i \in I} (1 + \Delta_i), \quad (3)$$

где  $\Delta_i$  – избыточность, вносимая  $i$ -м уровнем эталонной модели;  $I$  – число уровней, участвующих в формировании сообщения.

Аналогичным образом наращивается и длина пакета:

$$L_n^* = L_n \prod_{j \in J} (1 + \Delta_j), \quad (4)$$

где  $\Delta_j$  – избыточность, вносимая  $j$ -м уровнем эталонной модели;  $J$  – число уровней, участвующих в формировании пакета.

Кроме того, при возникновении ошибки, которая не исправляется корректирующими кодами, происходит повторная передача пакета. Среднее число передач пакета при заданной вероятности возникновения ошибки в пакете  $P_{\text{ош}}$  будет

$$S = \sum_{k=1}^{\infty} k (1 - P_{\text{ош}})^{k-1} P_{\text{ош}} = \frac{1}{1 - P_{\text{ош}}}. \quad (5)$$

Таким образом, необходимо учитывать накладные расходы на организацию взаимодействия протоколов стека и на исправление ошибок. Для этого следует откорректировать интенсивности обслуживания сообщений.

Среднее количество бит, передаваемых по каналу, будет

$$L_b = L_n^* N, \quad (6)$$

где  $N$  – количество пакетов, передаваемых по каналу.

Благодаря экспоненциальному распределению длины сообщения можно выразить интенсивность передачи сообщения каналом с учетом накладных расходов на организацию взаимодействия протоколов стека и повторную передачу пакетов из-за ошибок в канале:

$$\mu = -C \ln \left( 1 - \frac{1}{L_b} \right). \quad (7)$$

Таким образом, предложенная модель дает распределение времени пребывания сообщения  $k$ -го класса в локальной сети корабля, построенной на основе технологии коммутации сегментов и узлов, при заданном векторе вероятностей возникновения ошибок на элементах маршрута для всех пар сетевых абонентов.

В заключение можно сделать следующие выводы.

Придание информационной инфраструктуре корабля новых качеств в смысле сетевой организации транспортировки информации и распределенной обработки сигналов и данных может кардинально изменить информационный облик корабля [2].

Локальная вычислительная сеть корабля позволит:

- исключить параллелизм в выполняемых функциях образцов РЭВ;
- сократить стоимость создания и эксплуатации образцов РЭВ;
- повысить надежность, живучесть и ремонтпригодность образцов РЭВ.

### Литература

1. *Директоров Н.Ф., Катанович А.А.* Современные системы внутрикорабельной связи. – СПб.: Судостроение, 2001.
2. *Воскресенский В.В., Доценко С.М., Чудаков О.Е.* Информационное обеспечение управления и флот. – СПб.: Ника, 2002.
3. *Обрезков А.И.* Анализ систем массового обслуживания с неоднородными потоками заявок. – СПб.: ВУС, 1999. – 74 с.