

Сведения об авторах

- Владимир Анатольевич Богатырев** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники, Санкт-Петербург; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий;
E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com
- Анатолий Владимирович Богатырев** — аспирант; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники, Санкт-Петербург; E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com

Рекомендована кафедрой
прикладных информационных
технологий СПбГЭУ

Поступила в редакцию
28.04.14 г.

УДК 004.78

Т. М. ТАТАРНИКОВА, Н. В. ЯГОТИНЦЕВА

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ КОРАБЕЛЬНОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Выполнение оказываемых сетями передачи данных услуг по своевременной доставке сообщений зависит от надежности установления соединений между взаимодействующими сторонами. Предлагается вероятностная модель процесса установления (неустановления) соединения в корабельной сети передачи данных как количественного показателя функциональной надежности сети.

***Ключевые слова:** единая информационная инфраструктура корабля, корабельная сеть передачи данных, функциональная надежность, живучесть информационной сети корабля, распределение времени пребывания сообщения.*

Введение. Одним из перспективных направлений развития радиоэлектронного вооружения (РЭВ) корабля считается интеграция образцов РЭВ в единую информационную инфраструктуру корабля. К РЭВ относят 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.

В целом, современное РЭВ корабля по своей архитектуре и характеристикам еще не образует единую информационную инфраструктуру. Справедливость этого утверждения подтверждается тем, что в настоящее время на кораблях отсутствуют единое адресное пространство, возможность прозрачного доступа к удаленным и обособленно хранящимся информационным ресурсам, средства реализации мультимедийного обмена информацией, унифицированная система панелей диалога для разнородных автоматизированных рабочих мест [1].

Модель информационной инфраструктуры корабля. Суть нового подхода к совершенствованию инфраструктуры корабля заключается в следующем:

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

Модель информационной инфраструктуры корабля с учетом нового подхода (см. рисунок) представляет собой локальную вычислительную сеть (ЛВС) с коммутацией сегментов, которая была предложена в работе [2] применительно к научно-исследовательским судам. Технология коммутации сегментов основана на отказе от использования разделяемых линий связи между всеми узлами сегмента и применении коммутаторов, позволяющих одновременно передавать пакеты данных между всеми парами портов.



При практической реализации нового подхода важным является обеспечение высокой функциональной надежности информационной сети, так как она является физической средой передачи информации и распределенной обработки сигналов и данных в реальном масштабе времени [3, 4].

Оценка функциональной надежности. Функциональная надежность сети характеризуется возможностью предоставления соединения абонентам в течение заданного интервала времени, начиная с момента поступления вызова. Установление требуемого соединения, несмотря на повреждения или отказы отдельных элементов сети, позволяет сохранять ее работоспособность (живучесть) [5]. Для оценки функциональной надежности сети количественным показателем может служить вероятность установления (неустановления) соединения в сети при поступлении соответствующего требования.

Процесс установления соединения представляет собой передачу и доставку сообщения от источника к адресату по путям обмена между ними. Пути состоят из цепочки транзитов, каждый из которых, в свою очередь, представляет собой совокупность каналов, соединяющих два смежных узла в цепочке. Если в транзите все каналы заняты, то сообщение не проходит, и в этом случае за счет рестарта оно будет возвращено либо к одной из предшествующих станций, либо к станции-источнику для повторной передачи по другому пути. Эта особенность должна быть отражена при моделировании процесса установления соединения в корабельной сети передачи данных.

Кроме фазы доставки сообщения до адресата, процесс установления сквозного соединения включает в режиме „обратной волны“ фазу переключения коммутационных полей станций, через которые сообщение прошло при его доставке к конечной станции. Фаза „обратной

волны“ — детерминированный процесс, который происходит за фиксированное время. Случайность связана с фазой доставки сообщения.

Факт доставки сообщения устанавливается с помощью имитации процесса доставки. В силу возможности рестартов число транзитов, пройденных сообщением при его доставке к адресату, оказывается случайным числом. Именно этот аспект придает стохастичность процессу установления соединения. Тогда время доставки сообщения — случайная величина — определяется выражением

$$t_{уст} = n_g t_{тр} + n_p t_{п.п} + r t_r, \quad (1)$$

где n_g — число транзитов, пройденных сообщением с учетом случившихся рестартов; n_p — число транзитов в пути, по которому устанавливается соединение в режиме „обратной волны“; r — число рестартов, имевших место в ходе установления соединения, в общем случае $0 \leq r < r_{доп}$, где $r_{доп}$ — допустимое число рестартов при установлении соединения; $t_{тр}$, $t_{п.п}$, t_r — фиксированное время прохождения сообщением транзита, переключения коммутационного поля в узле и рестарта соответственно.

При имитации доставки сообщения каждая серия экспериментов при моделировании обеспечивает получение случайных величин n_g , n_p и r , по значениям которых в соответствии с выражением (1) рассчитывается время доставки $t_{уст}$. Если $t_{уст} \leq t_{доп}$, где $t_{доп}$ — допустимое время доставки, то фиксируется факт установления соединения. Если же $t_{уст} > t_{доп}$, либо $r > r_{доп}$ при имитации доставки, либо среди всех возможных путей между источником и адресатом не оказалось путей со свободными каналами, то фиксируется факт неустановления соединения.

Входными данными для задачи оценки функциональной надежности корабельной сети передачи данных являются структурная и потоковая метрики; дерево кратчайших путей; значения вероятностей полной занятости транзитов и ограничения, при которых должно выполняться соединение, а именно: n_{max} , $t_{доп}$, $t_{тр}$, $t_{п.п}$, r и t_r .

Выходными данными являются статистические характеристики, позволяющие оценить вероятность установления соединения за время, не превышающее допустимое, и средние и среднеквадратические значения $t_{уст}$, которые могут быть использованы при упрощенных аналитических расчетах [6].

Распределение времени пребывания сообщения в локальной вычислительной сети корабля. Распределение длительности пребывания сообщения в сети описывается в терминах преобразования Лапласа — Стильтьеса (ПЛС) [7]. На вход системы поступает K независимых пуассоновских потоков сообщений различных классов с интенсивностью λ_k . Длительности передачи сообщений каждого класса — независимые случайные величины с распределениями

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

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. Поэтому процесс фильтрации и продвижения сообщений в коммутаторах основан 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 $H_{ij} = \{h_{ijs}\}$ — множество s -х этапов маршрута ij ; $N_{ij} = \|H_{ij}\|$ — мощность этого множества; l — номер этапа маршрута, вносящего наибольшую задержку, т.е. „узкое“ место маршрута. Тогда соответствующее ПЛС определяется как

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

где $\beta_{kl}(z)$ — ПЛС длительности пребывания сообщения k -го класса в „узком“ месте маршрута; $\beta_s(z)$ — ПЛС длительности пребывания сообщения на s -м этапе маршрута.

Данное распределение — есть функция от векторов интенсивности поступления (Λ) и обслуживания (\mathbf{M}) сообщений на этапах маршрута:

$$\beta_{kij}(z) = f(\Lambda, \mathbf{M}).$$

Следует отметить, что интенсивность обслуживания напрямую зависит от длины сообщения, которая определяется вычислительными процессами, реализуемыми в сети. В результате конвертации сообщения к моменту передачи по каналу длина сообщения увеличивается в соответствии с выражением

$$L_c^* = L_c \prod_{a \in I} (1 + \Delta_a),$$

где Δ_a — избыточность, вносимая a -м уровнем эталонной модели; I — число уровней, участвующих в формировании заголовка сообщения.

Кроме того, при возникновении ошибки при передаче сообщения, которая не исправляется корректирующими кодами, происходит повторная передача. Число передач сообщения при заданной вероятности возникновения ошибки P определяется как

$$S = \sum_{q=1}^{\infty} q (1 - P) P^{q-1} = \frac{1}{1 - P}.$$

Таким образом, необходимо учитывать накладные расходы на организацию взаимодействия протоколов стека и на исправление ошибок. Для этого следует откорректировать интенсивности обслуживания сообщений [8].

Среднее количество бит, передаваемых по каналу,

$$L_b = L_c^* X,$$

где X — количество сообщений, передаваемых по каналу.

Экспоненциальное распределение длины сообщения позволяет выразить интенсивность передачи сообщения по каналу с учетом взаимодействия протоколов стека и повторной передачи, вызванной ошибками, следующим образом:

$$\mu = -C \ln(1 - 1/L_b).$$

Таким образом, предложенная модель дает распределение времени пребывания сообщения k -го класса в локальной вычислительной сети корабля, построенной на основе технологии коммутации сегментов и узлов, при заданном векторе вероятностей возникновения ошибок на этапах маршрута для всех пар сетевых абонентов [9].

Заключение. Придание информационной инфраструктуре корабля новых качеств, т.е. сетевая организация передачи информации и распределенной обработки сигналов и данных, позволит изменить информационный облик корабля.

Модель оценки характеристик локальной вычислительной сети корабля позволит планировать архитектуру сети передачи данных и обеспечить необходимый уровень ее надежности и живучести.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Татарникова Т. М., Яготинцева Н. В. Характеристика проблемы интеграции образцов радиоэлектронного вооружения корабля // Ученые записки РГМУ. 2012. № 25. С. 156—162.
2. Обрезков А. И. Анализ систем массового обслуживания с неоднородными потоками заявок. СПб: ВУС, 1999.
3. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Функциональная надежность вычислительных систем с перераспределением запросов // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 10. С. 53—56.

4. Богатырев В. А., Богатырев А. В. Функциональная надежность систем реального времени // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 4. С. 150—151.
5. Миронов В. В., Головкин Ю. Б., Юсупова Н. И. Об автоматной модели динамической ситуации // Управление сложными техническими системами: Межвуз. науч. сб. Уфа: УАИ, 1986. № 9. С. 3—10.
6. Татарникова Т. М., Яготинцева Н. В. Модель оценки характеристик локальной вычислительной сети корабля // Материалы Междунар. конф. „Теоретические и прикладные проблемы науки и образования в 21-м веке“. Тамбов: Изд-во ТРОО „Бизнес—Наука—Общество“, 2012. Ч. 5. С. 143—144.
7. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Оценка вероятности эрланговского старения информации // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6. С. 25—28.
8. Татарникова Т. М., Тонг Минь Дык. Аналитическая модель коммутатора с общей шиной // Межвуз. сб. науч. трудов. СПб: СПбГУВК, 2006. С. 44—50.
9. Татарникова Т. М., Шанти Й. Аналитическая модель коммутатора с общей памятью // Технические средства судовождения и связи на морских и внутренних водных путях: Междунар. межвуз. сб. науч. тр. СПб: СПбГУВК, 2006. Вып. 7. С. 141—146.

Сведения об авторах

- Татьяна Михайловна Татарникова** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: tm-tatarn@yandex.ru
- Наталья Владимировна Яготинцева** — аспирант; Российский государственный гидрометеорологический университет, кафедра информационных технологий и систем безопасности, Санкт-Петербург; E-mail: solnishko234@yandex.ru

Рекомендована кафедрой
прикладных информационных
технологий СПбГЭУ

Поступила в редакцию
28.04.14 г.

УДК 004.942, 658.51

А. А. ЕМЕЛЬЯНОВ

ПСИХОДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Рассматривается проблема повышения надежности программного обеспечения путем формирования групп его разработчиков на основе результатов тестирования.

Ключевые слова: надежность, программное обеспечение, тестирование.

Введение. Надежность сложных программно-аппаратных комплексов, используемых на предприятиях и в организациях, в том числе сферы сервиса, во многом определяется надежностью программного обеспечения и применяемых технических средств [1, 2], а также надежностью управления вычислительными процессами [3, 4]. Разработка сложного программного обеспечения в настоящее время выполняется лишь в рамках коллектива, при формировании которого, однако, довольно редко учитываются индивидуальные психологические характеристики участников. Это зачастую приводит к возникновению конфликтных ситуаций и ряду других негативных факторов, влияющих на эффективность работы и, следовательно, на качество выпускаемого программного обеспечения (ПО).

Для оценки различных индивидуальных характеристик разработчиков ПО применяются методы психодиагностического тестирования. Психодиагностическое тестирование — спла-