

Модель системы управления сетью связи на основе Carrier Ethernet

Э. В. Логин¹, А. К. Канаев², М. А. Сахарова³

Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I

¹elinabeneta@yandex.ru, ²kanaevak@mail.ru, ³zuvakamariya@mail.ru

Аннотация. Разработана концептуальная модель системы управления сетью связи на основе технологии Carrier Ethernet с целью обеспечения ее устойчивого функционирования. Предложено на Element management system (EMS) использовать модуль интеллектуальной системы поддержки принятия решений, расположенной на оперативно-техническом уровне управления, и нейросетевые модели технологического уровня управления для оценки технического состояния элементов сети. На Network Management System (NMS) при имеющейся статистике работы сети связи предложено использовать агентную модель оценки маршрутов для передачи данных на основе информации, полученной с помощью механизмов OAM. Представлены результаты оценки оперативности решения задач управления на каждом этапе.

Ключевые слова: сеть связи; Carrier Ethernet; система управления сетью; агентная модель; нейронные сети; оперативность управления

I. ВВЕДЕНИЕ

Развитие сетей связи (СС) в части применения новых технологий, например, Carrier Ethernet, требует разработки и/или модернизации существующей системы управления (СУ) сетью. В рамках решения этой задачи авторами предлагается концептуальная модель СУ, учитывающая особенности функционирования СС на основе технологии Carrier Ethernet (CE).

II. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И СЕТИ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ CARRIER ETHERNET КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

При разработке СУ первичной задачей является детальное изучение объекта управления (ОУ), выявление отказов или неисправностей (как физических, так и логических) при его функционировании.

В данной работе ОУ выбрана сеть связи на основе CE, которая обеспечивает передачу различных видов данных в Ethernet (IEEE 802.3), при этом гарантируется своевременная доставка сообщений.

В рамках технологии CE описаны механизмы эффективного сетевого управления и взаимодействия через сеть связи [1]. Механизмы OAM (Operation, administration, maintenance) в CE позволяют осуществлять сквозное управление неисправностями, производительностью и конфигурацией, а также мониторинг параметров сети.

Исходными данными для работы СУ СС на основе CE (далее СУ СС) являются параметры элементов сети и характеристика маршрутов, а также параметры качества предоставления услуг связи (QoS).

Элементом взаимодействия ОУ и СУ выступает система технической эксплуатации как представлено на рис. 1.

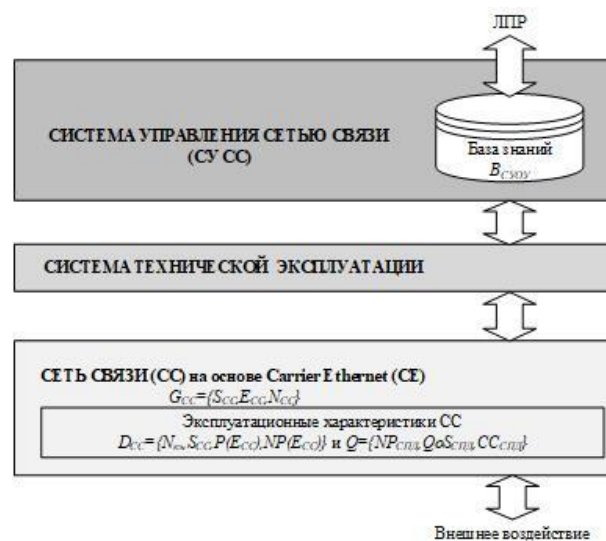


Рис. 1. Обобщенная схема взаимодействия СУ и СС на основе CE

III. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ CARRIER ETHERNET

С целью обеспечения требований к СС на основе CE и предоставления услуг заданного качества коллективом авторов разработана трехуровневая концептуальная модель СУ СС.

На уровне организационного управления (ОУ) обеспечивается выработка управленческих решений, выполняющих долгосрочное планирование действий по управлению СС. На ОУ СУ СС создается единая база знаний (БЗ), с помощью которой лицо, принимающее решение (ЛПР) получает доступ ко всей информации о состоянии СС [2].

На уровне оперативно-технического управления (ОТУ) СУ СС определяются цели управления сетью и формируется план восстановления (ПВ) сети [3].

Уровень ОТУ СУ СС предусматривает следующие элементы управления для решения поставленных задач:

- на EMS: интеллектуальная система поддержки принятия решений, подсистема формирования решений, подсистема определения цели управления, подсистема формирования плана восстановления СС [2,3];
- на NMS: подсистема контроля и управления состоянием СС, подсистема формирования решений, подсистема определения механизмов управления в составе процесса управления ОАМкп, подсистема формирования плана реконфигурации СС [4].

Предложенная в [5] ИСППР выполняет функции планирования, оперативного управления, контроля и учета данных и удовлетворять требованиям к СУ СС [6].

На технологическом уровне (ТУ) управления СС обеспечивается сбор и обработка эксплуатационных характеристик элементов сети, решение многократно повторяющихся задач и операций, а также оперативное реагирование на изменения большого объема входной текущей информации о сети в условиях ограниченности временных ресурсов на анализ данных [7].

На ТУ СУ СС предусмотрены следующие элементы управления:

- подсистема сбора информации;
- подсистема контроля и управления состоянием элементами,
- подсистема определения текущего состояния элементов сети, использующий нейросетевые модели для решения задач технического диагностирования;
- подсистема формирования плана мероприятий по восстановлению исправного состояния СС;
- подсистема формирования варианта решения по реконфигурации СС на основе СЕ.

Одним из свойств процесса оперативного управления является оперативность, количественным показателем которого выступает время цикла оперативного управления (T_u) [5]:

$$T_u = tk + tcb + toб + tnp + tфи,$$

где tk – время контроля элемента системы связи, включающее время обнаружения несоответствия параметров контроля элемента системы связи требуемым (допустимым) значениям и время формирования информации состояния; tcb – время сбора информации о состоянии системы (элемента, сети); $toб$ – время обработки информации о состоянии; tnp – время принятия решения по сложившейся ситуации; $tфи$ – время формирования управляющей информации органом управления.

Предложенная концептуальная модель СУ СС охватывает процессы управления на уровнях EMS и NMS. В связи с этим представим результаты оценки функционирования СУ СС по показателю оперативности на каждом уровне управления.

IV. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СУ СС НА EMS

На уровне управления элементами сети частные подпроцессы СУ СС реализуются за некоторое время с заданной функцией распределения (ФР), а именно: формирование запроса $twnn=1,5с$, решение задачи технического диагностирования СС с помощью нейросетевой модели $tn=25с$, принятие решения $tr=1,5с$, сохранение результатов в базе данных $tb=1,5с$, формирование плана восстановления $tvcc=3600с$. Подпроцесс, отражающий сохранение полученных результатов анализа диагностических данных и принятого решения исправного технического состояния элемента СС, наступит с вероятностью $P1$.

Разработана математическая модель процесса функционирования СУ СС на уровне EMS с применением стохастических сетей [8] и представлена на рис. 2.

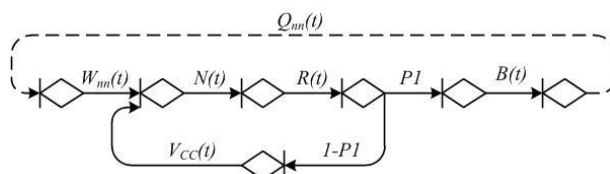


Рис. 2. Стохастическая сеть процесса функционирования СУ СС на уровне EMS

Результаты моделирования представлены на рис. 3 и 4. Показан эффект применения нейросетевой модели для решения задач технического диагностирования элементов СС по сравнению с решением ЛПР, который решает аналогичную задачу за 3600 с.

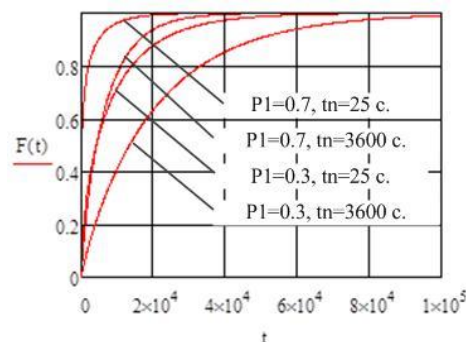


Рис. 3. Функция распределения времени $F(t)$ реализации цикла управления СУ СС на уровне EMS

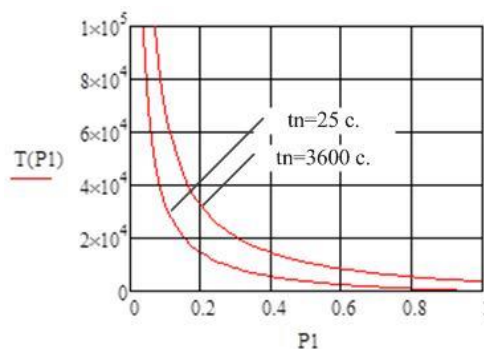


Рис. 4. Среднее время реализации цикла управления СУ СС на уровне EMS

V. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СУ СС НА NMS

На уровне управления сетью частные подпроцессы СУ СС реализуются за некоторое время с заданной ФР, а именно [9]: формирование запроса $tw=1,5$ с, локализация неисправного элемента $ta=12$ с, оценка связности маршрута $tm=2$ с, формирование базы данных подсистемы контроля и управления состоянием СС $tbm=1,5$ с, формирование базы данных СУ $tb=1,5$ с, формирование варианта решения по реконфигурации СС $tvBBP=30$ с. Подпроцесс, отражающий сохранение полученных результатов анализа диагностических данных и принятого решения исправного состояния СС, наступит с вероятностью $P2$.

Разработана математическая модель процесса функционирования СУ СС на уровне NMS с применением стохастических сетей и представлена на рис. 5.

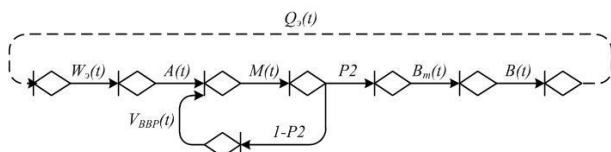


Рис. 5. Стохастическая сеть процесса функционирования СУ СС на уровне NMS

Результаты моделирования представлены на рис. 6 и 7. Полученные результаты позволяют сделать вывод о выполнении требования по оперативности принятия решения СУ СС на основе СЕ.

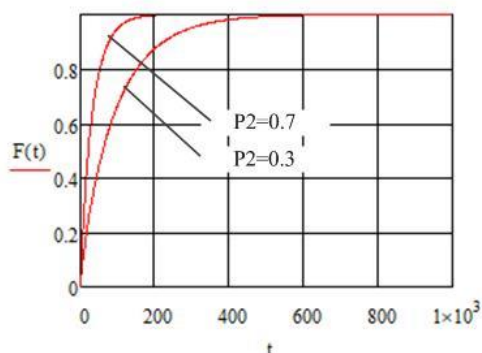


Рис. 6. Функция распределения времени $F(t)$ реализации цикла управления СУ СС на уровне NMS

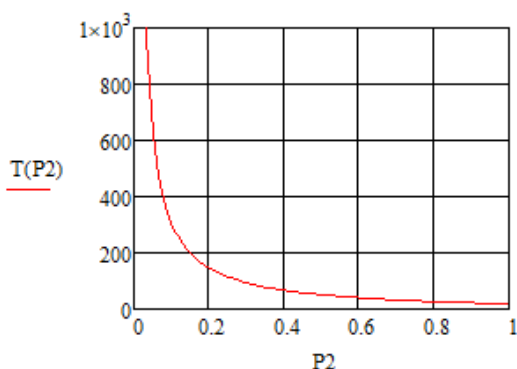


Рис. 7. Среднее время реализации цикла управления СУ СС на уровне NMS

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная концептуальная модель СУ СС на основе СЕ обеспечивает оперативное управление на уровнях EMS и NMS, что подтверждается результатами расчета на основе метода топологического преобразования стохастических сетей.

Предложенная СУ СС и выделенные в ней подсистемы уровня EMS позволяют с высокой степенью точности и детализации определить техническое состояние отдельных элементов сети и сформировать соответствующее управляющее воздействие на сеть с целью обеспечения ее исправного состояния.

Для алгоритма функционирования СУ СС уровня EMS разработана математическая модель в виде стохастической сети. Получены зависимости времени реализации цикла управления в условиях выявления отказов элементов сети. Также выявлено существенное преимущество применения нейросетевых алгоритмов по критерию времени при решении задач технического диагностирования элементов сети по сравнению с ЛПП.

Тогда как предложенные подсистемы СУ СС, соответствующие решаемым задачам на уровне NMS, позволили редуцировать параметрическое множество диагностических параметров и обеспечить оперативное формирование управляющего воздействия, что в свою очередь повышает устойчивость сети.

Для алгоритма функционирования СУ СС уровня NMS также разработана математическая модель в виде стохастической сети, позволяющая оценить времени реализации цикла управления при различном решении по результатам оценки состояния сети.

Полученные в работе результаты позволяют выбрать необходимую модель (нейросетевая или агентная) для оценки состояния СС с заданной точностью в процессе принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Бенета Э.В. Анализ функций ОАМ в технологии Carrier Ethernet / Бенета Э.В., Канаев А.К. // Труды 71-ой Международной научно-технической конференции, посв. Дню радио. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. С. 241-242
- [2] Камынина М.А. Создание интеллектуальной системы поддержки принятия решений по управлению сетью передачи данных / А.К. Канаев, М.А. Камынина, А.К. Тоцев // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2013. № 4. С. 107-122.
- [3] Канаев А.К. Подход к формированию плана восстановления сети передачи данных в интеллектуальной системе поддержки принятия решений / Канаев А.К., Сахарова М.А. // Электрификация, развитие электроэнергетической инфраструктуры и электрического подвижного состава скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта (Элтранс-2015) VIII Международный симпозиум, тезисы докладов. 2015. С. 35-36.
- [4] Логин Э.В. Мультиагентный подход к формированию структуры системы управления транспортной сетью связи на основе технологии Carrier Ethernet / Э.В. Логин, А.В. Ануфренко, А.К. Канаев // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: сб. научн. ст. СПб.: СПбГУТ, 2017. Т. 2. С. 57-59
- [5] Сахарова М.А. Разработка моделей функционирования и методики формирования интеллектуальной системы поддержки принятия решений по управлению сетью передачи данных // автореферат дис.

кандидата технических наук / Гос. ун-т морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова. Санкт-Петербург, 2015.

- [6] Буренин А. Н., Курносов, В. И. / Теоретические основы управления современными телекоммуникационными сетями. М.:Наука, 2011. 464 с.
- [7] Научно-методические основы управления надежностью и безопасностью эксплуатации сетей связи железнодорожного транспорта: монография / В.К. Котов, В.Р. Антонец, Г.П. Лабеекая, В.В. Шмытинский. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. 193 с.
- [8] Привалов А.А. Метод топологического преобразования стохастических сетей и его использование для анализа систем связи ВМФ. СПб: ВМА, 2000 г. 166 с.
- [9] Логин Э.В. Имитационная модель процесса контроля состояния и управления доменами сети Carrier Ethernet / Э.В. Логин, А.К.Канаев // Сборник трудов конференции INTHITEN 2017 «Интернет вещей и 5G», Санкт-Петербург, 20-21 декабря 2017 г. СПб.: СПбГУТ, 2017. С. 16-20.