Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»

На правах рукописи

БУДКО Никита Павлович

МЕТОД СИНТЕЗА ПОДСИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННО- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Специальность

05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Диссертация

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель

доктор технических наук, доцент Каретников Владимир Владимирович

Санкт-Петербург – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1 ПОДСИСТЕМА СЕТЕВОГО МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННО- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ КАК ОБЪЕКТ СИНТЕЗА 19

1.1 Информационно-телекоммуникационная сеть и ее подсистема мониторинга как объекты многоуровневого синтеза 19

1.2 Анализ рынка межведомственных систем сетевого мониторинга 28

1.3 Анализ научно-методического аппарата структурного и параметрического синтеза сетевых инфраструктур 41

1.3.1 Методы оптимизации при структурном синтезе сетей связи 41

1.3.2 Базовые понятия методов на основе расстояния редактирования графов 46

1.3.2.1 Взвешенные и невзвешенные расстояния на графах 48

1.3.2.2 Анализ редактирования на основе спектра графов сети 48

1.3.2.3 Сетевые измерения на основе структуры графа 50

1.3.3 Методы оптимизации при параметрическом синтезе сетей связи 51

1.4 Выбор показателей качества оценки состояния ИТКС ОП 58

1.5 Постановка научной задачи 60

Выводы по первому разделу 68

2 КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИТКС ОП 71

2.1 Требования к перспективной подсистеме сетевого мониторинга 71

2.2 Общие принципы организации и функционирования подсистемы интеллектуального мониторинга состояния ИТКС ОП 74

2.3 Объектно-субъектное описание подсистемы мониторинга ИТКС ОП 76

2.3.1 Формирование структуры подсистемы мониторинга ИТКС ОП 79

2.3.2 Формирование архитектуры подсистемы мониторинга ИТКС на основе ее функций и реализации функциональной модели управления FCAPS 89

2.4 Обобщенная схема метасистемы и особенности этапов концептуального моделирования 94

2.5 Общая модель подсистемы мониторинга ИТКС ОП 98

2.6 Обобщенная модель представления знаний в подсистеме мониторинга ИТКС ОП 103

Выводы по второму разделу 110

3 МЕТОД СИНТЕЗА ПОДСИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАСПРЕДеЛЕННОЙ ИТКС ОП 112

3.1 Структурный анализ при выявлении аномального состояния ИТКС ОП на основе модифицированной процедуры кластеризации k-средних 112

3.1.1 Сравнение среднего графа с последующим одиночным (msa) 113

3.1.2 Сравнение среднего графа с последующим средним (mma) 113

3.1.3 Сравнение среднего графа с удаленным одиночным (msd) 114

3.1.4 Сравнение среднего графа с удаленным средним (mmd) 114

3.2 Алгоритм выявления аномального состояния ИТКС ОП на основе модифицированной процедуры кластеризации k-средних 115

3.3 Методика синтеза подсистемы интеллектуального мониторинга ИТКС ОП 122

3.3.1 Этап структурного синтеза подсистемы мониторинга ИТКС ОП 122

3.3.2 Этап параметрического синтеза подсистемы мониторинга ИТКС ОП 124

3.4 Метод синтеза подсистемы интеллектуального мониторинга состояния ИТКС ОП как совокупность предложенных модели, алгоритма и методики 132

Вывод по третьему разделу 137

4 НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА СИНТЕЗА ПОДСИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИТКС ОП 139

4.1 Способ распределенного контроля и адаптивного управления многоуровневой системой 139

4.2 Устройство контроля и адаптивного управления многоуровневой системой 140

4.3 Модель обслуживания заявок 142

4.4 Программная и схемотехническая реализация подходов к построению (синтезу) подсистемы сетевого мониторинга 143

Выводы по четвертому разделу 145

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 146

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ 148

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 151

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Оценка эффективности предлагаемого метода 161

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование посвящено решению актуальной научной задачи по разработке метода синтеза подсистемы интеллектуального мониторинга распределенной ИТКС ОП на основе этапов ее структурного и параметрического синтеза, а также этапа структурного анализа, позволяющего идентифицировать переход сети в предотказное и неработоспособное (аварийное) состояние в интересах системы ее ситуационного управления. При этом на защиту выносятся следующие научные положения:

1) концептуальная модель подсистемы интеллектуального мониторинга состо- яния ИТКС ОП, представленная как совокупность требований и общих принципов ее построения и функционирования, структуры и общей архитектуры, общей модели подсистемы сетевого мониторинга и обобщенной модели представления знаний, ак- кумулирующих в себе опыт эксплуатации сети и процедур выявления аварийных си- туаций на ней позволяет подтвердить жесткие требования, заданные на уровне МЕТА-описания системы за счет чего обеспечивается формирование нижней гра- ницы эффективности ее функционирования на основных этапах эволюционного раз- вития (при ее наращивании, деградации и восстановлении) путем формирования при- емлемых наборов параметров и ВВХ информационного обмена для каждой новой конфигурации сети, не допуская ее отказа (аварии).

2) метод синтеза подсистемы интеллектуального мониторинга состояния рас- пределенной ИТКС ОП, описываемый следующими элементами научной новизны:

– при выявлении аномального состояния ИТКС ОП на основе модифицирован- ной процедуры кластеризации k-средних, отличающейся от классической, где работа ведется над точками Евклидова пространства, тем, что оперирует терминами про- странства сетевых графов с метриками в виде графовых расстояний, при этом в каче- стве исходных данных для классификации в алгоритме k-средних используют облака данных как неупорядоченные наборы данных, не привязанные к какой-либо из шкал измерений, а в предложенном алгоритме данные представлены множеством графов в топологическом пространстве их метрик, описывающих состояния сети во времени. При этом выявление аномального состояния ИТКС ОП формализовано в виде

отдельного частного модифицированного алгоритма k-средних, входящего в предло- женный метод синтеза;

– при синтезе подсистемы интеллектуального мониторинга ИТКС ОП, приме- няются не только этапы структурного и параметрического синтеза, отличающиеся ис- пользованием расчета рациональных наборов параметров и ВВХ для каждой из дина- мически меняющейся структуры сети (ее графа), но также этап структурного анализа, при котором в реальном масштабе времени идентифицируют класс ее состояния в ин- тересах ситуационного управления путем последующей переконфигурации под рас- четный рациональный набор параметров и ВВХ с целью недопущения перехода в ано- мальные предотказное и неработоспособное состояния. Этапы синтеза формализо- ваны в виде отдельной частной методики синтеза подсистемы интеллектуального мо- ниторинга состояния распределенной ИТКС ОП, также входящей в предложенный одноименный метод синтеза;