

Архитектура системы проактивного контроля технической надежности мобильных центров обработки данных

Михайличенко Антон Валерьевич

адъюнкт Военной академии связи, г. Санкт-Петербург, Россия, toni09_91@mail.ru

Парашук Игорь Борисович

профессор Военной академии связи, доктор технических наук, профессор, г. Санкт-Петербург, Россия, shchuk@rambler.ru

АННОТАЦИЯ

Введение: В работе проведен обзор в области современных подходов к созданию и совершенствованию методов контроля технической надежности мобильных центров обработки данных, предназначенных для предоставления информационных услуг в любом месте размещения пользователя. **Постановка задачи:** на основе анализа существующих подходов к формулировке частных и комплексных показателей, характеризующих различные аспекты надежности, осуществить разработку новой архитектуры и варианта практической реализации перспективной системы проактивного контроля технической надежности мобильных центров обработки данных для обеспечения анализа, реагирования, расследования причин и координации действий по упреждающему устранению угроз снижения их надежности и выработке предложений по недопущению повторения событий снижения надежности при разработке, проектировании и производстве систем такого класса. **Методы:** модели и методы теории надежности; методы и средства текущего и прогнозного контроля безотказности, долговечности, ремонтнопригодности и сохраняемости сложных управляемых комплексов хранения и обработки данных. **Результаты:** предложен вариант состава и взаимосвязи уровней общей архитектуры системы проактивного контроля технической надежности мобильных центров обработки данных. Он включает уровень компонентов системы контроля (компоненты сбора, предварительной обработки, интеллектуального анализа, расчета метрик), уровень аспектов надежности (безотказности, долговечности, ремонтнопригодности и сохраняемости) и уровень элементов (программная, вычислительная, телекоммуникационная, инженерная инфраструктура и средства хранения данных) мобильных центров обработки данных. Определены и сформулированы функциональные задачи по проактивному контролю надежности, решаемые на различных уровнях данной архитектуры. **Практическая значимость:** представленный подход к построению архитектуры позволяет сформировать вариант практической реализации системы проактивного контроля технической надежности мобильных центров обработки данных на основе единой аппаратно-программной интеграционной платформы, функционально объединяющей аппаратно-программные средства мониторинга и аудита надежности, средства контроля, хранилище информации, аналитические инструменты и средства генерации отчетов, а также средства управления системой и настраиваемые интерфейсы с пользователями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мобильный центр обработки данных; надежность; компонент; проактивный контроль; архитектура; система; уровень.

Введение

Одним из эффективных направлений совершенствования ИТ-инфраструктуры организаций, государственных ведомств (включая силовые ведомства) и отдельных особо значимых, критически важных для страны предприятий промышленности и торговли Российской Федерации, является направление, отвечающее за разработку и внедрение мобильных дата-центров – контейнерных или транспортируемых (автомобильных) центров обработки данных [1-3].

Создание таких мобильных центров обработки данных (МЦОД), а также построение и развертывание сетей МЦОД, направлены на улучшение качества информационного обеспечения критически важных для страны организаций, ведомств и предприятий, на повышение степени топологической и временной доступности информационно-поисковых и информационно-справочных услуг, а также на повышение защищенности и расширение номенклатуры предоставляемого пользователям контента [2, 4-6].

Отличительной особенностью МЦОД является их способность непрерывно и с высоким качеством предоставлять набор основных и, по запросу, дополнительных информационно-поисковых и информационно-справочных услуг в любом месте расположения пользователей, в любой точке их территориальной локации.

Возможности МЦОД, обуславливаемые их способностями по оперативному перемещению, установке в любом месте и оперативному развертыванию в отдаленных, иногда труднодоступных районах (например, в Арктической зоне), делают их незаменимым инструментом, позволяющим размещать набор информационных услуг в непосредственной близости от «потребителя». Помимо этого неоспоримого достоинства, в зарубежной литературе именуемого «приближение к клиенту», и характеризующего, так называемые, «граничные (периферийные) вычисления» (Edge Computing), МЦОД обладают способностью к оперативному наращиванию мощности (масштабированию) своей инфраструктуры, что позволяет делать их эффективным информационным «хабом» для выполнения роли резервного дата-центра для критически важных организаций, ведомств и предприятий [7-9].

Иными словами, МЦОД являются важным и эффективным инструментом в любой критической информационной инфраструктуре, а от их качества и технической надежности зависит многое в устойчивом, непрерывном и оперативном управлении организацией или промышленным производством.

Вместе с тем, в настоящее время не сформулирован единый системный подход к вопросам управления качеством МЦОД и в вопросах контроля и обеспечения их технической надежности. Эти обстоятельства делают, безусловно, актуальной задачу выработки отдельных процедур и общей архитектуры системы контроля технической надежности МЦОД, а также задачу разработки моделей и методов повышения технической надежности как элементов таких систем (аппаратных и программных), так и МЦОД в целом.

Таким образом, важным и своевременным является решение задачи создания методологических основ и технологических средств (систем) оценивания технической надежности, достоверных и оперативных механизмов и математических методов ее контроля, которые позволят максимально точно, в отведенные сроки и полноценно (многокритериально, с различных точек зрения и с учетом различных технических аспектов безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости) анализировать надежность МЦОД.

При этом контроль технической надежности должен быть проактивным, т.е., должен позволять выявить и устранить потенциальные проблемы надежности МЦОД еще задолго до того, как они возникнут и примут угрожающий характер. Помимо этого, контроль технической надежности МЦОД должен происходить с учетом динамики изменения условий их применения, а также с учетом неопределенности исходных данных, необходимых для принятия решения по контролю и управлению надежностью систем такого класса. В этой связи разработка общей архитектуры перспективной системы проактивного контроля технической надежности МЦОД, в том числе, с учетом неполных и неопределенных исходных данных (данных наблюдения), является важной, актуальной задачей.

Основные понятия и компоненты общей архитектуры системы проактивного контроля технической надежности МЦОД

Понимая под архитектурой принципиальную организацию системы, воплощенную в ее элементах, их взаимоотношениях друг с другом и со средой, а также принципы, направляющие ее проектирование и эволюцию, остановимся на формулировке понятия «проактивный контроль технической надежности МЦОД».

Проактивный контроль технической надежности МЦОД связан с процессом постоянного повышения надежности систем такого класса путем тщательного априорного понимания потребностей эксплуатации, технического обслуживания и качества мобильных дата-центров в различных условиях их функционирования.

Идея состоит в том, чтобы выявить и устранить потенциальные проблемы надежности МЦОД до того, как они возникнут. При этом проактивный контроль технической надежности нацелен на выявление отклонений в состоянии параметров, характеризующих различные аспекты надежности (параметров безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости) МЦОД на сегодняшний день, которые в будущем могут привести к негативным последствиям [10].

При этом частными параметрами, характеризующими различные аспекты надежности МЦОД принято считать:

параметры безотказности (характеризуют способность МЦОД не иметь отказов в течение требуемого периода его эксплуатации в заданных условиях): вероятность безотказной работы, среднюю наработку до отказа, среднюю наработку на отказ, гамма-процентную наработку до отказа, интенсивность отказов, параметр потока отказов, среднюю долю безотказной наработки, плотность распределения времени безотказной работы;

параметры долговечности (характеризуют свойство МЦОД или его элемента сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами на ремонт): средний ресурс, гамма-процентный ресурс, назначенный ресурс, средний срок службы, гамма-процентный срок службы, назначенный срок службы;

параметры ремонтпригодности (характеризуют свойство МЦОД или его элемента, описывающее их приспособленность к восстановлению работоспособного состояния после отказа или повреждения): вероятность восстановления работоспособного состояния, среднее время восстановления работоспособного состояния и интенсивность восстановления;

параметры сохраняемости (характеризуют свойство МЦОД непрерывно сохранять требуемые эксплуатационные показатели в течение и после срока хранения и транспортировки): средний срок сохраняемости и гамма-процентный срок сохраняемости [11].

К комплексным показателям технической надежности МЦОД относят коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования, коэффициент планируемого применения и коэффициент сохранения эффективности [11].

Проактивный подход к контролю технической надежности МЦОД заключается в предварительный анализ рисков выхода из строя путем идентификации проблем надежности для подготовки предупредительных мер снижения количества таких проблем и оперативного их решения в случае возникновения [12-17].

Проактивный контроль технической надежности МЦОД подразумевает, что каждый проектировщик (разработчик) или производитель МЦОД должен [12]:

проводить сбор данных о значениях параметров надежности МЦОД и анализировать их; устанавливать ключевые показатели надежности МЦОД, отражающие его безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость;

определять и намечать цели надежного функционирования МЦОД;

проводить мониторинг технического состояния системы на месте, путем оценки общей надежности МЦОД и частных параметров их безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости;

усовершенствовать и поддерживать свои показатели надежности МЦОД;

выделять наиболее эффективные ресурсы для достижения целей надежного функционирования МЦОД.

Архитектура перспективной системы проактивного контроля технической надежности МЦОД может включать следующие элементы (подсистемы, компоненты):

подсистему сбора данных о значениях параметров технической надежности МЦОД;

подсистему предварительной обработки и корреляции данных о значениях параметров технической надежности МЦОД;

надежную, доверенную шину данных;

хранилище данных о значениях параметров технической надежности МЦОД;

подсистему обнаружения (в реальном времени) проблем технической надежности – обнаружения отклонений в состоянии параметров, характеризующих различные аспекты надежности (параметров безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости) МЦОД, которые в будущем могут привести к негативным последствиям;

подсистему вычисления первичных и интегрированных метрик для оценивания (контроля) параметров технической надежности МЦОД;

подсистему анализа истории событий, характеризующих (обуславливающих) проблемы технической надежности МЦОД, прогнозирования негативных последствий, вызванных проблемами технической надежности МЦОД.

При этом система проактивного контроля может быть дополнена компонентами управления технической надежностью МЦОД:

подсистемой автоматизированного реагирования на проблемы технической надежности МЦОД на основе хранилища данных о значениях параметров безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости и основанного на экспертных знаниях и системе логического вывода;

подсистему проактивного, динамического и многоаспектного управления технической надежностью МЦОД с учетом их элементов (отдельных инфраструктур): программных, вы-

числительных (серверных), хранения данных, телекоммуникационных и инженерных (транспорт, электроснабжение, охлаждение и вентиляция, безопасность).

При практической реализации перспективной системы проактивного контроля технической надежности МЦОД важно определить структуру информационных потоков, циркулирующих между компонентами этой системы и разработать обобщенные алгоритмы ее функционирования в различных режимах (сбора данных, их обработки и выработки оценок параметров технической надежности МЦОД).

В рамках решения задачи проактивного контроля технической надежности МЦОД должны быть разработаны методы, модели, методики и алгоритмы работы компонентов системы, взаимодействующих с разнородными устройствами, в том числе, представляющими элементы МЦОД – программную инфраструктуру, вычислительную (серверную) инфраструктуру, инфраструктуру (комплекс) средств хранения данных, телекоммуникационную инфраструктуру, инженерную (транспорт, электроснабжение, охлаждение и вентиляция, безопасность) инфраструктуру, и учитывающие особенности их поведения с целью выполнения свойства многоаспектности проактивного контроля надежности – по аспектам безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости этих элементов МЦОД.

При этом методы, модели, методики и алгоритмы работы компонентов системы проактивного контроля технической надежности МЦОД должны быть основаны на методиках и алгоритмах аналитического моделирования событий, характеризующих (обуславливающих) проблемы технической надежности МЦОД, на методиках и алгоритмах прогнозирования негативных последствий, вызванных проблемами их надежности, использование которых позволит реализовать полноценный проактивный контроль.

В свою очередь, динамический подход к решению задач проактивного контроля технической надежности МЦОД может быть реализован за счет методов применения облачных сервисов для сбора, предварительной обработки и анализа больших объемов информации, а также дальнейшего принятия решения по оценке параметров безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости систем такого класса.

Методологическую основу системы должна составлять комплексная методика проактивного, динамического и многоаспектного контроля технической надежности МЦОД, которая включает следующие стадии: стадию сбора исходных данных о надежности МЦОД, построение моделей событий, характеризующих (обуславливающих) проблемы технической надежности МЦОД, моделей прогнозирования негативных последствий, вызванных проблемами их надежности, а также динамический анализ частных параметров безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости и комплексных параметров надежности МЦОД.

Таким образом, разработка архитектуры и, в будущем, программных прототипов компонентов системы проактивного контроля технической надежности МЦОД, производится с целью проверки работоспособности тех методов, моделей, методик и алгоритмов аналитического моделирования событий, характеризующих (обуславливающих) проблемы технической надежности МЦОД, с целью апробации применимости создаваемых методик и алгоритмов прогнозирования негативных последствий, вызванных проблемами их надежности.

Уровни общей архитектуры системы проактивного контроля технической надежности МЦОД

Исходя из анализа понятий, компонент, аспектов надежности и решаемых задач, рассмотрим вариант состава и взаимосвязи уровней (граней) общей архитектуры системы проактивного контроля технической надежности МЦОД. При этом разрабатываемая архитектура системы контроля больших массивов данных о значениях параметров технической надежности МЦОД во многом аналогична с точки зрения состава компонент и может быть построена, в том числе, на базовых принципах и механизмах архитектуры интеллектуальной системы аналитической обработки цифрового сетевого контента [18].

Вариант общей архитектуры системы проактивного контроля технической надежности МЦОД предложен на рис. 1.

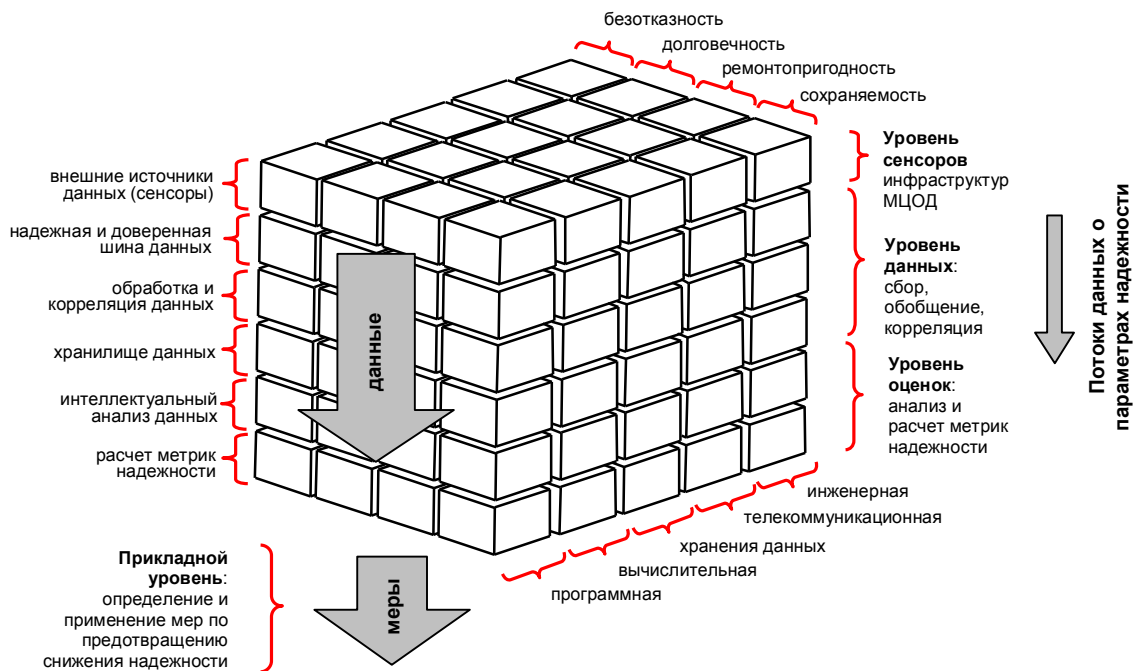


Рис. 1. Вариант общей архитектуры системы проактивного контроля технической надежности МЦОД

Первый уровень (грань) общей архитектуры, отвечающий за компоненты системы проактивного контроля технической надежности МЦОД, на наш взгляд, должен содержать: внешние источники данных (сенсоры) о значениях параметров технической надежности МЦОД; надежную и доверенную шину данных; компонент предварительной обработки и корреляции данных о значениях параметров технической надежности МЦОД; хранилище данных о значениях параметров технической надежности МЦОД; компонент интеллектуального анализа событий, характеризующих (обуславливающих) проблемы технической надежности МЦОД; компонент расчета метрик для оценивания (контроля) параметров технической надежности МЦОД.

Данный компонентный уровень (грань) общей архитектуры предполагает, что поток данных начинается с внешних сенсоров, предоставляющих информацию наблюдения (изме-

рения) о значениях параметров технической надежности МЦОД как от программной, вычислительной (серверной), телекоммуникационной, инженерной (транспорт, электроснабжение, охлаждение и вентиляция, безопасность) инфраструктуры, так и от комплекса средств хранения данных в разных форматах. Затем через внешние компоненты системы данные о значениях параметров технической надежности МЦОД поступают на надежную и доверенную шину данных. Затем через шину данных информация о значениях параметров технической надежности МЦОД поступает в компонент обработки и корреляции данных такого типа, а затем в хранилище информации.

Далее данные (значения параметров технической надежности МЦОД) обрабатываются в компоненте интеллектуального анализа событий, характеризующих (обуславливающих) проблемы технической надежности МЦОД. В данном компоненте производится обнаружение в реальном времени проблем технической надежности – обнаружение отклонений в состоянии параметров, характеризующих различные аспекты надежности (параметров безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости) МЦОД, которые в будущем могут привести к негативным последствиям, а также анализ истории событий, характеризующих (обуславливающих) проблемы технической надежности МЦОД и прогнозирование связанных с этим негативных последствий. Данные, получаемые от компонентов корреляции, интеллектуального анализа событий нарушения надежности и хранилища отправляются в компонент расчета метрик для расчета первичных и интегрированных метрик оценивания (контроля) параметров технической надежности МЦОД.

Обнаруженные проблемы технической надежности МЦОД (критические прогнозные оценки параметров надежности), вычисленные первичные и интегрированные метрики параметров надежности и результаты анализа истории и прогнозирования «угроз» надежности МЦОД в дальнейшем могут поступать в компоненты системы управления технической надежностью МЦОД, где осуществляется автоматизированный выбор наиболее эффективных мер для устранения возможных негативных последствий.

Второй уровень (грань) общей архитектуры, отвечает за конкретные аспекты технической надежности МЦОД – безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Для данных уровней общей архитектуры должны быть созданы модели оценки параметров различных аспектов надежности и выработаны требования к их критичным значениям.

В рамках общей архитектуры системы проактивного контроля технической надежности МЦОД необходимо определить еще несколько функциональных уровней: уровень сенсоров, уровень данных и уровень оценок. Эти уровни накладываются на уровни элементов (отдельных инфраструктур) МЦОД: программных, вычислительных (серверных), хранения данных, телекоммуникационных и инженерных (транспорт, электроснабжение, охлаждение и вентиляция, безопасность), как показано на рис. 1.

На уровне сенсоров общей архитектуры системы осуществляется получение от датчиков (сенсоров) различных инфраструктур МЦОД данных наблюдения (измерения) о значениях параметров их надежности.

На уровне данных общей архитектуры системы проактивного контроля технической надежности МЦОД осуществляется сбор и сортировка данных о значениях параметров надежности МЦОД, их обобщение, нормализация и предварительная корреляция.

Уровень оценок отвечает за анализ и расчет метрик надежности, т.е., по сути, за получение прогностических оценок параметров надежности для различных отдельных инфраструктур МЦОД: программной, вычислительной (серверной), хранения данных, телекоммуникационной и инженерной.

При этом, если система проактивного контроля дополнена компонентами управления технической надежностью МЦОД – подсистемой автоматизированного реагирования на проблемы технической надежности МЦОД и подсистемой управления технической надежностью, может иметь место прикладной уровень (см. рис. 1), который осуществляет обработку полученных результатов контроля (поддержку принятия решений) с точки зрения определения и предварительного, проактивного применения мер (мер реагирования) по предотвращению снижения надежности.

Третий уровень (грань) общей архитектуры, отвечающий за элементы МЦОД – программную инфраструктуру, вычислительную (серверную) инфраструктуру, инфраструктуру средств хранения данных, телекоммуникационную инфраструктуру, инженерную (транспорт, электроснабжение, охлаждение и вентиляция, безопасность) инфраструктуру (рис. 1).

Таким образом, в рамках общей архитектуры системы проактивного контроля технической надежности МЦОД, данные наблюдения (измерения) о значениях различных параметров надежности (включая параметры безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости) для различных инфраструктур МЦОД формируются на уровне сенсоров, подлежат предварительной обработке на уровне данных, анализируются и рассчитываются с помощью уровня оценок и направляются к требуемым элементам прикладного уровня, отвечающего за эффективную реализацию мер противодействия снижению надежности систем такого класса.

Вариант реализации системы проактивного контроля технической надежности МЦОД на основе интеграционной платформы

Практическая реализация системы проактивного контроля технической надежности МЦОД может быть осуществлена на основе единой аппаратно-программной интеграционной платформы. Подобные подходы нашли свое применение в работах, ориентированных на обеспечение информационной безопасности систем хранения данных [18-21].

По аналогии с работой [18], где представлена основанная на интеграционной платформе архитектура системы управления инцидентами информационной безопасности, архитектура системы проактивного контроля технической надежности МЦОД может включать в себя следующие основные элементы (см. рис. 2):

- интеграционную платформу;
- аппаратно-программные средства мониторинга и аудита надежности;
- аппаратно-программные средства контроля;
- хранилище информации;
- аналитические инструменты и средства генерации отчетов;
- средства управления системой и настраиваемые интерфейсы с пользователями.

Предполагается, что интеграционная платформа является ядром системы проактивного контроля технической надежности МЦОД, она реализует функции по интеграции и взаимодействию всех элементов, ее составляющих. Интеграционная платформа предоставляет: интерфейсы для интеграции средств мониторинга и аудита надежности, обеспечивая сбор дан-

ных; интерфейсы к средствам проактивного контроля надежности для оперативного изменения их конфигурации; интерфейс к хранилищу данных, а также сервисы по использованию аналитических функций и средств генерации отчетов.

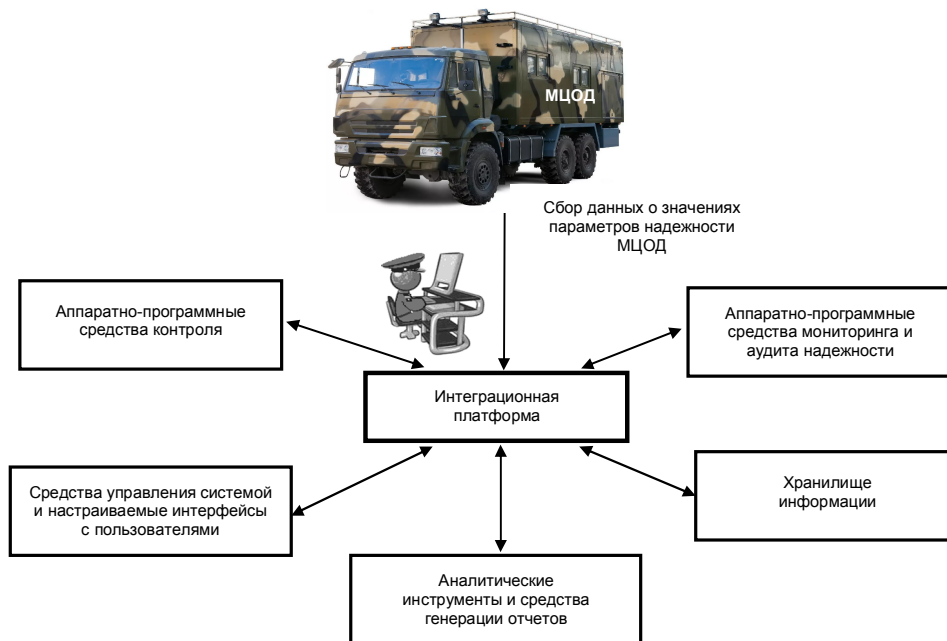


Рис. 2. Вариант взаимосвязи интеграционной платформы и основных элементов в составе системы проактивного контроля технической надежности МЦОД

Основная цель интеграционной платформы состоит в обеспечении четкой и оперативной координации и взаимодействия лиц, отвечающих за проактивный контроль технической надежности МЦОД и реагирование на события, характеризующих (обуславливающие) проблемы технической надежности систем такого класса. Такими лицами могут быть: пользователи МЦОД – оповещение о снижении (проблемах) надежности; администраторы и персонал МЦОД – оповещение, реагирование, локализация, разбор причин снижения надежности и т.п. И главное, в рамках проактивного контроля – разработчики, проектировщики и производители МЦОД – контроль, реагирование, координация действий по проактивному устранению угроз снижения надежности, расследование причин, выработка предложений по недопущению повторения угроз снижения надежности при разработке, проектировании и производстве.

Аппаратно-программные средства мониторинга и аудита надежности выполняют функции надежной и доверенной шины данных и компонента предварительной обработки и корреляции данных о значениях параметров технической надежности МЦОД. Это средства, реализующие функции по протоколированию, сбору, накоплению, передаче и обработке информации о значениях параметров технической надежности МЦОД. К таким средствам относятся как встроенные (штатные средства операционных систем, приложений, устройств, средств защиты и автоматизированных подсистем МЦОД), так и специализированные средства, разработанные по техническим заданиям подразделения контроля надежности, а также

классические специализированные средства контроля – сканеры параметров надежности, программные агенты, сенсоры, датчики, собирающие информацию о значениях параметров технической надежности МЦОД и пр.). Результатом работы всех перечисленных средств являются данные, на основе которых системой автоматически или после их анализа экспертом принимается решение о наступлении ситуации снижения надежности. Данные средства составляют подсистему сбора информации о параметрах надежности. На деятельности этой подсистемы и основан проактивный контроль технической надежности МЦОД.

Аппаратно-программные средства контроля в контексте системы проактивного контроля технической надежности МЦОД выполняют функции оценивания параметров безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Хранилище информации о значениях параметров технической надежности МЦОД представляет собой гибридное хранилище данных.

Аналитические инструменты и средства генерации отчетов отвечают за обработку, корреляцию и интеллектуальный анализ событий, характеризующих (обуславливающих) проблемы технической надежности МЦОД и расчет метрик надежности.

Средства управления и настраиваемые интерфейсы с пользователями, наряду задачами, решаемыми в интересах системы проактивного контроля технической надежности МЦОД, могут также отвечать за выбор, доведение и реализацию мер противодействия снижению надежности систем такого класса.

Заключение

Таким образом, отсутствие адекватных современным требованиям методов и средств оценки надежности сложных управляемых средств и комплексов хранения и обработки данных, обуславливает актуальность и подчеркивает объективную необходимость создания перспективной системы проактивного контроля технической надежности МЦОД. Проведен анализ существующих методологических основ и технологических средств (систем) оценивания технической надежности, механизмов и математических методов ее контроля. Рассмотрены особенности современных МЦОД, которые необходимо учитывать при максимально точном, многокритериальном (с различных точек зрения и с учетом различных технических аспектов безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости) анализе надежность систем такого класса. Сделан предварительный вывод о потенциально более эффективном типе контроля – проактивном контроле технической надежности МЦОД. Он представляет собой процесс выявления отклонений в состоянии параметров, характеризующих различные аспекты надежности МЦОД на сегодняшний день, которые в будущем могут привести к негативным последствиям в вопросах их безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Рассмотрены и описаны основные понятия и компоненты общей архитектуры перспективной системы проактивного контроля технической надежности МЦОД, приведен перечень основных параметров, характеризующих их безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Проведен анализ сущности и функционального содержания возможных уровней общей архитектуры системы проактивного контроля технической надежности МЦОД. Результатом анализа является вариант состава и взаимосвязи уровней (граней) общей архитектуры си-

системы проактивного контроля технической надежности МЦОД, включающий уровень компонентов системы, уровень аспектов надежности и уровень элементов МЦОД.

Практическим результатом исследований является создание варианта реализации системы проактивного контроля технической надежности МЦОД на основе единой аппаратно-программной интеграционной платформы, который может выступать эффективным инструментом для поддержки принятия решения при контроле, реагировании и координации действий по проактивному устранению угроз снижения надежности, по расследованию причин и выработке предложений по недопущению повторения угроз снижения надежности при разработке, проектировании и производстве мобильных центров обработки данных.

Литература

1. Мобильные центры обработки данных. [Электронный ресурс] // Инженерно-техническая компания «ИЛТОР». URL: <https://iltor.ru/projects/data-centry/> (дата обращения 21.06.2022).
2. *Новиков В. А.* Мобильный ЦОД GreenMDC TelecomOutdoor NGm – новый, компактный и масштабируемый // ЦОДы РФ. Проектирование, строительство, эксплуатация, 2017. № 20. С. 14-19.
3. Мобильный модульный центр обработки данных. [Электронный ресурс] // Питер-ЭнергоМаш. URL: <http://piterenergomash.ru/index.php/katalog-produktsii/kontejnnye-resheniya/kontejnnye-tsod> (дата обращения 21.06.2022).
4. *Докучаев В. А., Кальфа А. А., Маклачкова В. В.* Архитектура центров обработки данных / Под ред. профессора В.А. Докучаева. М.: Горячая линия-Телеком, 2020. 240 с.
5. *Parker P. M.* The 2021-2026 World Outlook for IT and Telecom Micro-Mobile Data Centers. New York: ICON Group International, Inc. 2020. 301 p.
6. *Михайличенко Н. В., Паращук И. Б., Михайличенко А. В.* Общие задачи и содержание этапов разработки методики анализа информационной безопасности мобильных центров обработки данных // Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Вып. 10. СПб.: СПОИСУ, 2021. С. 43-47.
7. *Mudassar B. A., Ko J. H., Mukhopadhyay S.* Edge-cloud collaborative processing for intelligent internet of things // The 55th Annual Design Automation Conference (DAC 2018), 2018. Pp. 1–6.
8. *Dutt D. G.* Cloud Native Data Center Networking: Architecture, Protocols, and Tools. Sebastopol: O'Reilly Media, 2019. 486 p.
9. *Ясинский С. А., Михайличенко А. В., Паращук И. Б.* Формулировка и формальное описание состава подсистемы показателей качества услуг, предоставляемых пользователям современными мобильными дата-центрами // Труды ЦНИИС. Санкт-Петербургский филиал. Научно-технический сборник статей, 2021. Т.2. №12. С. 10-19.
10. *Chang A., Ide J., Li H., Chen C., Li C.* Proactive Control: Neural Oscillatory Correlates of Conflict Anticipation and Response Slowing // eNeuro. 2017. No. 61 (17). Pp. 1–14. doi:10.1523/ENEURO.0061-17.2017.
11. *Sokolov B., Gnidenko A., Shalyto A.* Models and algorithms of operational planning and control of dynamical objects with application of the Pontryagin's Maximum principle // Proceedings of the 2017 IEEE 5th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering, AIEEE, Latvia, Riga, 24-25 November, 2017. IEEE, 2017. Pp.1-5.
12. *Дубровин М. Г.* Концепция проактивного мониторинга и управления объектами ИТ-инфраструктуры // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении, 2020. №1. С. 44-49.
13. *Larson K. E., Pas E. T., Bradshaw C. P., Rosenberg M. S., Day-Vines N. L.* Examining How Proactive Management and Culturally Responsive Teaching Relate to Student Behavior:

Implications for Measurement and Practice // *School Psychology Review*. 2018, Volume 47, No. 2, Pp. 153–166. doi:10.17105/SPR-2017-0070.V47-2.

14. *Mahdisoltani F., Stefanovici I., Schroeder B.* Improving Storage System Reliability with Proactive Error Prediction // 2017 USENIX Annual Technical Conference, 2017. Pp. 391-402.

15. *Абдрахманова Р. З.* Проактивный контроль как основа поиска и обоснования рациональных управленческих решений (на примере принятия решений о ремонте металлорежущих станков) // Вклад молодежной науки в реализацию Стратегии "Казахстан-2050". Тезисы докладов Республиканской студенческой научной конференции. В 3-х частях. Министерство образования и науки Республики Казахстан; Карагандинский государственный технический университет, 2017. С. 194-195.

16. *Lavrinenko E. A., Kalugin V. A., Bondareva Y. Y., Nadejda S. B.* Proactive monitoring system for investment projects: mathematical support // *COMPUSOFT. An International Journal of Advanced Computer Technology*, 2019. No. 8(6). Pp. 3171-3175.

17. *Hawley K., Moench M., Sabbag L.* Preliminary Analysis // *Semi-Classical Analysis for Nonlinear Schrödinger Equations. WKB Analysis, Focal Points, Coherent States*. 2nd Edition. 2020. Pp. 123–134. doi:10.1142/9789811227912_0001

18. *Котенко И. В., Паращук И. Б.* Общая архитектура интеллектуальной системы аналитической обработки цифрового сетевого контента в интересах защиты от нежелательной информации // *Материалы конференции «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2018)*. СПб.: АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2018. С. 501-505.

19. *Dsouza J., Elezabeth L., Mishra V. P., Jain R.* Security in Cyber-Physical Systems // *IEEE Conference: 2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI)*, 2019. Pp. 840-844.

20. *Котенко И. В., Паращук И. Б.* Интервальный анализ защищенности телекоммуникационных ресурсов критически важных инфраструктур // *Математические методы в технологиях и технике*, 2022. №1. С. 64–67. doi:10.52348/2712-8873_MMGT_2022_1_64.

21. *Ramya K., Teekaraman Y., Ramesh Kumar K.A.* Fuzzy-Based Energy Management System With Decision Tree Algorithm for Power Security System // *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 2019. No. 12(2). Pp. 1173-1178.

ARCHITECTURE OF THE SYSTEM OF PROACTIVE CONTROL OF TECHNICAL RELIABILITY OF MOBILE DATA CENTERS

ANTON V. MIKHAILICHENKO

Postgraduate student of the Military Telecommunication Academy
St. Petersburg, Russia, toni09_91@mail.ru

IGOR B. PARASHCHUK

Ph.D., professor of the Military Telecommunication Academy
St. Petersburg, Russia, shchuk@rambler.ru

ABSTRACT

Introduction: The paper provides an overview of modern approaches to the creation and improvement of methods for monitoring the technical reliability of mobile data centers designed to provide information services at any user location.

Problem statement: based on the analysis of existing approaches to the formulation of private and complex indicators characterizing various aspects of reliability, to develop a new architecture and a practical implementation option for a promising system of proactive control of the technical reliability of mobile data centers to provide analysis, response, investigation of causes and coordination of actions to proactively eliminate threats to reduce their reliability and the development of proposals to prevent the recurrence of reliability reduction events during development, designing and manufacturing systems of this class. **Methods:** models and methods of reliability theory; methods and means of current and predictive control of reliability, durability, maintainability and persistence of complex managed data storage and processing complexes.

Results: a variant of the composition and interrelation of the levels of the overall architecture of the system of proactive control of the technical reliability of mobile data centers is proposed. It includes the level of control system components (components of collection, pre-processing, intelligent analysis, calculation of metrics), the level of reliability aspects (reliability, durability, maintainability and persistence) and the level of elements (software, computing, telecommunications, engineering infrastructure and data storage facilities) of mobile data centers. Functional tasks for proactive reliability control are defined and formulated, which are solved at various levels of this architecture. **Practical significance:** the presented approach to the construction of the architecture allows us to form a variant of the practical implementation of the system of proactive control of the technical reliability of mobile data centers based on a single hardware and software integration platform that functionally combines hardware and software tools for monitoring and auditing reliability, controls, information storage, analytical tools and means of generating reports, and there are also system management tools and customizable interfaces with users. **Discussion:** the novelty of the proposed formulation and solution of the problem lies in the fact that the structure of a promising system of proactive reliability control allows you to cover a large list of parameters and includes various levels of control.

Keywords: mobile data center; reliability; component; proactive control; architecture; system; level.

REFERENCES

1. Mobile data centers. *Engineering and technical company "ILTOR"*. URL: <https://iltor.ru/projects/data-center/> (date of access 21.06.2022). (In Rus).
2. Novikov V. A. MCOOD GreenMDC TelecomOutdoor NGm – new, compact and scalable // *Data Centers of the Russian Federation. Design, construction, operation*. 2017, No. 20. Pp. 14-19. (In Rus).
3. Mobile modular data center. *PeterEnergoMash*. URL: <http://piterenergomash.ru/index.php/katalog-produktsii/kontejnnye-resheniya/kontejnnye-tsod> (date of access 21.06.2022). (In Rus).
4. Dokuchaev V. A., Kalfa A. A., Maklachkova V. V. *Arhitektura centrov obrabotki dannyh* [Architecture of data processing centers] / Ed. by Professor V.A. Dokuchaev. Moscow: Hotline-Telecom. 2020. 240 p. (In Rus).
5. Parker P. M. The 2021-2026 World Outlook for IT and Telecom Micro-Mobile Data Centers. New York: ICON Group International, Inc. 2020. 301 p.
6. Mikhailichenko N. V., Parashchuk I. B., Mikhailichenko A. V. *Obshhie zadachi i sodержanie e`tapov razrabotki metodiki analiza informacionnoj bezopasnosti mobil'ny`x centrov obrabotki danny`x* [General tasks and content of the stages of development of the methodology for analyzing information security of mobile data centers] // *Regional informatics and information security. Collection of works*. Issue 10. St. Petersburg: SPOISU, 2021. Pp. 43–47. (In Rus).
7. Mudassar B. A., Ko J. H., Mukhopadhyay S. Edge-cloud collaborative processing for intelligent internet of things // *The 55th Annual Design Automation Conference (DAC 2018)*, 2018. Pp. 1-6.
8. Dutt D. G. *Cloud Native Data Center Networking: Architecture, Protocols, and Tools*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2019. 486 p.
9. Yasinsky S. A., Mikhailichenko A. V., Parashchuk I. B. *Formulirovka i formal'noe opisaniye sostava podsistemy` pokazatelej kachestva uslug, predostavlyayemy`x pol'zovatelyam sovremenny`mi mobil'ny`mi data-centrami* [Formulation and formal description of the composition of the subsystem of quality indicators of services provided to users by modern mobile data centers] // *Proceedings of TSNIS. St. Petersburg branch. Scientific and Technical collection of articles, 2021. Vol.2. No. 12*. Pp. 10-19. (In Rus).
10. Chang A., Ide J., Li H., Chen C., Li C. Proactive Control: Neural Oscillatory Correlates of Conflict Anticipation and Response Slowing // *eNeuro*. 2017. No. 61 (17). Pp. 1-14. doi:10.1523/ENEURO.0061-17.2017.
11. Sokolov B., Gnidenko A., Shalyto A. Models and algorithms of operational planning and control of dynamical objects with application of the Pontryagin's Maximum principle // *Proceedings of the 2017 IEEE 5th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering, AIEEE, Latvia, Riga, 24-25 November, 2017. IEEE, 2017*. Pp.1-5.
12. Dubrovin M. G. *Koncepciya proaktivnogo monitoringa i upravleniya ob`ektami IT-infrastruktury`* [The concept of proactive monitoring and management of IT infrastructure facilities] // *ITNOU: Information Technologies in Science, Education and Management*, 2020. No.1. Pp. 44-49. (In Rus).
13. Larson K. E., Pas E. T., Bradshaw C. P., Rosenberg M. S., Day-Vines N. L. Examining How Proactive Management and Culturally Responsive Teaching Relate to Student Behavior: Implications for Measurement and Practice // *School Psychology Review*. 2018, Volume 47, No. 2, Pp. 153-166. doi:10.17105/SPR-2017-0070.V47-2.
14. Mahdisoltani F., Stefanovici I., Schroeder B. Improving Storage System Reliability with Proactive Error Prediction // *2017 USENIX Annual Technical Conference*, 2017. Pp. 391-402.
15. Abdrakhmanova R. Z. *Proaktivny`j kontrol` kak osnova poiska i obosnovaniya racional'ny`x upravlencheskix reshenij (na primere prinyatiya reshenij o remonte metallovezhushhix stankov)* [Proactive control as a basis for the search and justification of rational management decisions (on the example of making decisions on the repair of metal-cutting machines)] // *Contribution of youth science to the implementation of the Strategy "Kazakhstan-2050"*. Abstracts of reports of the Republican Student Scientific Conference. In 3 parts. Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan; Karaganda State Technical University, 2017. Pp. 194-195. (In Rus).
16. Lavrinenko E. A., Kalugin V. A., Bondareva Y. Y., Nadejda S. B. Proactive monitoring system for investment projects: mathematical support // *COMPUSOFT. An International Journal of Advanced Computer Technology*, 2019. No. 8(6). Pp. 3171-3175.

17. Hawley K., Moench M., Sabbag L. Preliminary Analysis // Semi-Classical Analysis for Nonlinear Schrödinger Equations. WKB Analysis, Focal Points, Coherent States. 2nd Edition. 2020. Pp. 123-134. doi:10.1142/9789811227912_0001.
18. Kotenko I. V., Parashchuk I. B. *Obshhaya arkhitektura intellektual'noj sistemy`analiticheskoy obrabotki cifrovogo setevogo kontenta v interesax zashhity`ot nezhelatel'noj informacii* [The general architecture of the intelligent system of analytical processing of digital network content in the interests of protection from unwanted information] // Materials of the conference "Information Technologies in management" (ITU-2018). St. Petersburg: JSC "Concern "Central Research Institute "Electropribor", 2018. Pp. 501-505. (In Rus).
19. Dsouza J., Elezabeth L., Mishra V. P., Jain R. Security in Cyber-Physical Systems // IEEE Conference: 2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI), 2019. Pp. 840-844.
20. Kotenko I. V., Parashchuk I. B. *Interval'nyj analiz zashhishhennosti telekommunikacionny`x resursov kriticheskij vazhny`x infrastruktur* [Interval analysis of the security of telecommunications resources of critical infrastructures] // Mathematical methods in technology and engineering, 2022. No.1. Pp. 64–67. doi:10.52348/2712-8873_MMTT_2022_1_64. (In Rus).
21. Ramya K., Teekaraman Y., Ramesh Kumar K.A. Fuzzy-Based Energy Management System With Decision Tree Algorithm for Power Security System // International Journal of Computational Intelligence Systems, 2019. No. 12(2). Pp. 1173-1178.