

УДК 621-039-542

EDN [URZWBH](#)

Методы и средства локализации ошибок в мультивендорной оптической транспортной сети

Л.А. Мизяк*, А.С. Левченко

Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, 149, Краснодар,
350040, Россия

*E-mail: leonidmizyak60@gmail.com

Аннотация. В статье проведено исследование проблемы локализации ошибок в оптических транспортных сетях связи. Основное внимание уделено существующим методам диагностики, а также необходимости разработки отечественного специализированного программного обеспечения, которое может автоматизировать процесс выявления, анализа и локализации ошибок. Разработка таких решений особенно актуальна в условиях стимулирования импортозамещения и стремления к независимости от иностранных технологий, что подчеркивает важность инноваций в сфере высоких технологий и связи. Результатом исследования являются необходимые требования к программному обеспечению для осуществления контроля и управления мультивендорной оптической транспортной сетью.

Ключевые слова: DWDM, оптическая транспортная сеть, мультивендорная сеть, оптический тракт, ошибки.

Methods and tools of error localisation in a multivendor optical transport network

L.A. Mizyak*, A.S. Levchenko

Kuban State University, 149 Stavropolskay str., Krasnodar, 350040, Russia

*E-mail: leonidmizyak60@gmail.com

Abstract. The article investigates the problem of error localisation in optical transport communication networks. The main attention is given to the current diagnostic methods, as well as the need to develop domestic specialised software that can automate the process of error detection, analysis and localisation. The development of such solutions is especially relevant in the conditions of stimulating import substitution and striving for independence from foreign technologies, which emphasises the importance of innovation in the field of high technology and communications. The result of the study is the necessary requirements to the software for monitoring and control of multivendor optical transport network.

Keywords: DWDM, optical transport network, multivendor network, optical path, errors.

1. Введение

У каждого производителя телекоммуникационного оборудования операторского класса существуют свои программные системы централизованного управления компонентами, из которых формируется транспортная сеть связи.

Зарубежные системы управления, используемые у российских операторов, позволяют осуществлять мониторинг исключительно за оборудованием одноименного производителя. Что сильно усложняет поиск и локализацию проблем на длинных каналах связи, проходящих через множество разнотипного оборудования, закупленного у различных вендоров. Например, на магистральной транспортной сети компании Ростелеком используется более семи вендоров (Alcatel-Lucent, Huawei, NEC, Infinera, Coriant, ECI и T8), и компания настроена на сокращении их количества до пяти [1], например, заменой на оборудование отечественного производителя компании Т8.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

В данной статье ставится задача исследовать проблему локализации ошибок в оптических транспортных сетях связи, изучить их основные причины и последствия для работы сети. Особое внимание уделяется анализу существующих методов диагностики, их преимуществ и недостатков, а также обоснованию необходимости разработки отечественного специализированного программного обеспечения, способного автоматизировать процессы выявления, анализа и устранения неисправностей. Важным аспектом работы является формирование требований к такому ПО, которое должно обеспечивать эффективный контроль и управление мультивендорной оптической сетью в условиях импортозамещения. Кроме того, статья подчеркивает значимость развития инновационных решений в сфере телекоммуникаций для достижения технологической независимости и повышения надежности инфраструктуры связи.

3. Методы и материалы исследования

Не редки ситуации с периодическим накоплением ошибок по каналам связи (к примеру, каналы связи 100Гбит/с и выше, которые объединяют крупные города от Калининграда до Владивостока), когда в реальном режиме времени инженеру мониторинга невозможно отследить небольшое ухудшение работы каждого канала на сети, но для потребителя даже редкие кратковременные прерывания бывают критичны из-за перестроения трафика.

Накопление малого количества ошибок не ведет к простою трафика с точки зрения оптического оборудования DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), именно поэтому на системе управления накопление ошибок не сопровождается появлением критических аварий и возможно лишь информативное предупреждение, если количество ошибок превысит заданное значение в единицу времени (например, 10 ошибок за 15 минут). Из-за этого проблема решается только после сообщения клиента об ухудшении предоставляемых услуг. В этом случае специалисту требуется определить неисправный канал, проанализировать трассу прохождения, сделать запрос оптических характеристик и статистику накопления ошибок на всех участках, только после этого, проанализировав огромное количество данных, инженер может сделать вывод о наличии проблемы, причем зачастую каналы проходят через всю страну, что дает возможность георезервировать каналы связи с возможностью переключения на резерв, что требует дополнительных сил и времени на проверку и поддержки исправности сразу 2-х каналов связи в зависимости от их важности. Этот процесс занимает относительно продолжительный промежуток времени и может быть автоматизирован с помощью специально разработанного программного обеспечения, реализующего алгоритмы локализации участков накопления ошибок, методы выявления неисправных плат или оптических вставок в рамках транспортной сети, с предложением методов устранения неустойчивости.

В соответствии с директивами правительства РФ [2] и вышеизложенным о проблеме поиска и локализации неисправностей на длинных каналах связи, идущих через совокупность оборудования различных вендоров, насущным является создание российского программного обеспечения автоматического поиска, локализации и анализа неисправностей в мультивендорных сетях провайдера. На данный момент именно инженеры, используя множество систем управления, фактически в ручном режиме анализируют, выявляют, локализуют и выдают рекомендации по устранению ошибок, но дефицит количества квалифицированных специалистов, в одиночку умеющих все это делать, увеличивается.

Указанное программное обеспечение должно собирать и обрабатывать статистические данные с оборудования различных вендоров, взаимодействовать с ними, в том числе систематизировать и автоматизировать работу и обработку этих данных. В результате, алгоритм должен показывать локализованную неисправность, а также для типичных ошибок [3] должны быть изначально реализованы рекомендации по устранению. На наш взгляд наиболее важными и рекомендуемыми для включения в подобные системы являются: ES – секундный интервал с ошибками; UAS – секундный интервал недоступности; BBE – фоновая

блочная ошибка; SES – секундный интервал с серьезными ошибками, содержащий $\geq 30\%$ ошибочных блоков или хотя бы один дефект. Для того чтобы проводить профилактическое обслуживание, необходимо выполнять анализ тенденций качества сигнала. Если качество сигнала ухудшается, обслуживающему персоналу может быть дано указание заменить или отремонтировать поврежденное оборудование до того, как будет объявлен отказ. Анализ тенденций качества сигнала выполняется на основе измерений качества обслуживания сигнала на функции поглотителя.

Чтобы найти источник периодических ошибок, например, коротких всплесков битовых ошибок или потерянных кадров или пакетов, необходимо измерять эти ошибки в различных местах сети. Всплески ошибок вызывают высокий уровень EBR или LBR или приводят к появлению дефектов кадрирования (например, появлению аварийных сообщений LOF – Loss of Frame, LOP – Loss of Pointer). Система управления не способна предупредить обслуживающий персонал в этих случаях, поскольку дефекты не сохраняются достаточно долго, чтобы стать критической проблемой, которая приведет к отсутствию трафика.

4. Полученные результаты

Анализ российского рынка показывает, что доля отечественного оборудования и программного обеспечения в сегменте DWDM оценивается в 15–25%. Основная часть приходится на региональные сети и сегмент доступа, тогда как магистральные сети по-прежнему используют преимущественно зарубежные решения (Cisco, Huawei, Nokia). В сегменте программного обеспечения для управления сетями ситуация несколько лучше – российские разработки занимают около 20–30% рынка [6], однако их функциональные возможности, особенно в части автоматизации диагностики, пока уступают зарубежным аналогам.

Современные методы диагностики оптических каналов связи включают как аппаратные, так и программные решения. К числу наиболее распространенных аппаратных средств относятся оптические рефлектометры (OTDR), позволяющие обнаруживать обрывы и потери в волокне, и анализаторы оптического спектра (OSA), применяемые для контроля спектральных характеристик сигнала. Для оценки качества передачи данных используются измерители коэффициента ошибок (BERT).[4]

На программном уровне диагностика осуществляется с помощью систем управления сетями (NMS/EMS), таких как Cisco Prime или Huawei U2000. Однако эти решения обладают ограниченной функциональностью в гетерогенных средах и не всегда обеспечивают

необходимый уровень автоматизации. Перспективным направлением является внедрение методов искусственного интеллекта и машинного обучения, позволяющих не только выявлять, но и прогнозировать возникновение неисправностей.

Разработка конкурентоспособных отечественных решений для мониторинга и управления DWDM-сетями должна учитывать ряд ключевых требований. Во-первых, такое программное обеспечение должно обеспечивать поддержку мультивендорных сред за счет использования открытых интерфейсов (REST, NETCONF) [7]. Во-вторых, оно должно включать встроенные алгоритмы автоматизированной диагностики, способные оперативно выявлять и классифицировать различные типы неисправностей (затухание, дисперсия, нелинейные эффекты) [5].

Важным аспектом является возможность интеграции с аппаратными средствами диагностики (OTDR, OSA), что позволит проводить комплексный анализ состояния оптических каналов [8]. Кроме того, современные системы мониторинга должны обеспечивать обработку данных в реальном времени с применением методов искусственного интеллекта для прогнозирования потенциальных сбоев.

Не менее значимыми требованиями являются безопасность и независимость от зарубежных технологий, что предполагает исключение скрытых зависимостей в программном коде. Наконец, архитектура ПО должна быть модульной и масштабируемой, позволяя адаптировать решение для сетей различного масштаба – от корпоративных до магистральных [6].

5. Выводы

Проведенное исследование подтверждает актуальность проблемы локализации ошибок в оптических транспортных сетях связи, особенно в условиях роста требований к надежности и производительности телекоммуникационной инфраструктуры. Анализ существующих методов диагностики показал их ограниченную эффективность в мультивендорных средах, что обусловлено отсутствием унифицированных решений для автоматизированного выявления и анализа неисправностей.

Разработка отечественного специализированного программного обеспечения для автоматизации процессов локализации ошибок представляется необходимым шагом в рамках стратегии импортозамещения и снижения зависимости от иностранных технологий. Сформулированные в ходе исследования требования к такому ПО позволяют создать

инструмент, обеспечивающий эффективный контроль и управление оптическими сетями, включая поддержку оборудования различных производителей.

Результаты работы подчеркивают важность дальнейшего развития инновационных решений в области высоких технологий и связи, что будет способствовать повышению отказоустойчивости сетей и укреплению технологического суверенитета. Перспективным направлением исследований может стать интеграция методов искусственного интеллекта и машинного обучения для прогнозирования и предотвращения сбоев в оптических транспортных сетях.

Список литературы

1. Целевое количество производителей на магистральной транспортной сети // ПАО "Ростелком". – URL: https://zakupki.rostelecom.ru/info_docs/ads/d686191/?sphrase_id=374392 (дата обращения: 10.11.2024).
2. Директива "О переходе АО на преимущественное отечественное программное обеспечение" от 06.12.2018 № 10068п-П13. Собрание законодательства Российской Федерации
3. Сквозные параметры и показатели качества по ошибкам для международных цифровых трактов и соединений // ITU-T Recommendations. – URL: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=6186&lang=ru> (дата обращения: 12.11.2024).
4. Гончаренко А.А. Методы диагностики волоконно-оптических линий связи / А.А. Гончаренко, В.П. Иванов // Электросвязь. – 2022. – № 5. – С. 34-40.
5. Кузьмин Е.П. Современные технологии DWDM: принципы построения и эксплуатации / Е.П. Кузьмин, А.В. Смирнов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2021. – 288 с.
6. Петров С.К. Импортозамещение в телекоммуникациях: проблемы и перспективы / С.К. Петров, М.Н. Федоров // Инфокоммуникационные технологии. – 2023. – Т. 21, № 2. – С. 45–52.
7. Рекомендация МСЭ-Т G.709 «Интерфейсы для оптической транспортной сети (OTN)». – Международный союз электросвязи, 2020.
8. Семенов А.Б. Волоконно-оптические сети и системы связи / А.Б. Семенов. – 4-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. – 592 с.