

Модель системы мониторинга узла оптической транспортной сети с интегрированным блоком синхронизации

А. К. Канаев¹, М. А. Сахарова², Ф. А. Прошин³

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

E-mail: ¹kanaevak@mail.ru, ²zuvakamariya@mail.ru, ³fedorproshin@gmail.com

Аннотация. Современные телекоммуникационные сети должны обеспечивать заданные параметры качества предоставляемых услуг. Высокая нагрузка на узлы транспортного уровня требует непрерывного контроля их функционирования, особенно, при возникновении различных неисправностей на сети или внутри конкретного устройства. Использование технологии оптической транспортной сети (OTN) позволяет связать множество распределённых объектов высокоскоростными каналами, обеспечивающими заданную пропускную способность. Это обуславливает распространение OTN в области телекоммуникаций, электроэнергетической, финансовой, промышленной сферах, которые также предъявляют высокие требования к своевременности обработки передаваемых данных. Одним из наиболее важных условий, учитываемых при этом, выступает синхронизация шкал времени между узлами распределённой сети. Предлагаемая система мониторинга обеспечивает непрерывный контроль процесса функционирования узла, обеспечивает выявление источника неисправности и запускает механизмы резервирования. Приводится оценка результатов работы системы, которые могут быть использованы при модернизации существующих и планировании перспективных телекоммуникационных сетей.

Ключевые слова: оптическая транспортная сеть; OTN; система мониторинга; привязка шкалы времени

I. СТРУКТУРА МУЛЬТИПЛЕКСОРА OTN

Современный мультиплексор OTN можно рассматривать как сложное устройство с модульной архитектурой. Основными элементами можно назвать модули пользователей (клиентские интерфейсы), фабрику коммутации (ODU-коммутации), линейные модули, дополнительные интерфейсы каналов управления. Как показано в [1], для работы в условиях высоких требований к скорости обработки данных и минимальным временным задержкам мультиплексор должен включать блок синхронизации, обеспечивающий функциональные блоки качественной синхронизацией.

Учитывая [2, 3] передачу частоты можно обеспечивать на уровне пользователей STM-N или потоков «синхронного Ethernet», размещаемых в блоках нагрузки, как показано на рис. 1. Аналогично принципам построения сети тактовой сетевой синхронизации необходимо предусмотреть резервирование источника синхронизации, то есть приём потоков STM-N или SyncE с другого линейного интерфейса.

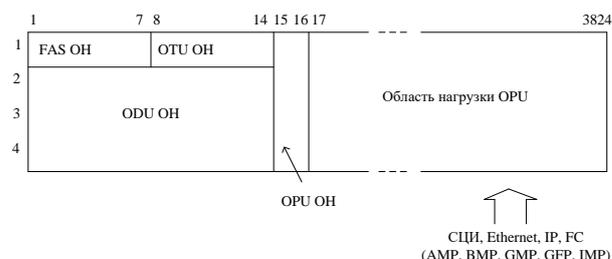


Рис. 1. Размещение данных в блоке OTN

II. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА

Для формирования системы мониторинга узла оптической транспортной сети следует обозначить основные функции, которые она должна обеспечивать. Процесс мониторинга представляет собой сбор данных в виде набора параметров, которые характеризуют состояние элементов и блоков. На основании собранных данных система анализирует, исправен ли объект мониторинга, а при обнаружении неисправности позволяет выявить причину до возникновения отказа. Для оптимального контроля анализ состояния устройств должен выполняться по группам параметров, которые отвечают за отдельные системы. Время выполнения цикла мониторинга должно быть достаточным для выявления источника неисправности и обеспечивать своевременное устранение неисправности.

Выбранные группы параметров должны давать оценку состояния при минимальном использовании вычислительных ресурсов. Подбор таких параметров есть одна из наиболее важных задач построения подобных систем. Следовательно, эффективная система мониторинга позволяет оперативно реагировать на возникновение нештатных ситуаций с целью включения механизмов резервирования или перераспределения задействованных ресурсов, а также уменьшения воздействия таких ситуаций на работу устройства.

Объектом моделирования выбрана система мониторинга мультиплексора оптической транспортной сети (OTN) с интегрированным блоком синхронизации. Данная система реализует функции поддержания частоты на встроенных часах OTN и контроль наличия эталонных сигналов на внешних и внутренних интерфейсах, а также управление основным и резервным модулями частотной синхронизации с целью выбора оптимального источника, соответствующего заданным параметрам.

III. МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Дискретно-событийная модель системы предлагается в виде отдельных функциональных блоков. Система мониторинга узла получает в качестве входных данных наборы параметров. Далее на их основе принимается решение об исправности мультиплексора или наличии

отклонения. При отклонении параметров запускается процесс определения источника неисправности. Система включает подсистемы контроля блока синхронизации, источников синхронизации, источников электропитания. На основании набора данных система принимает решение о перенаправлении в соответствующую подсистему.

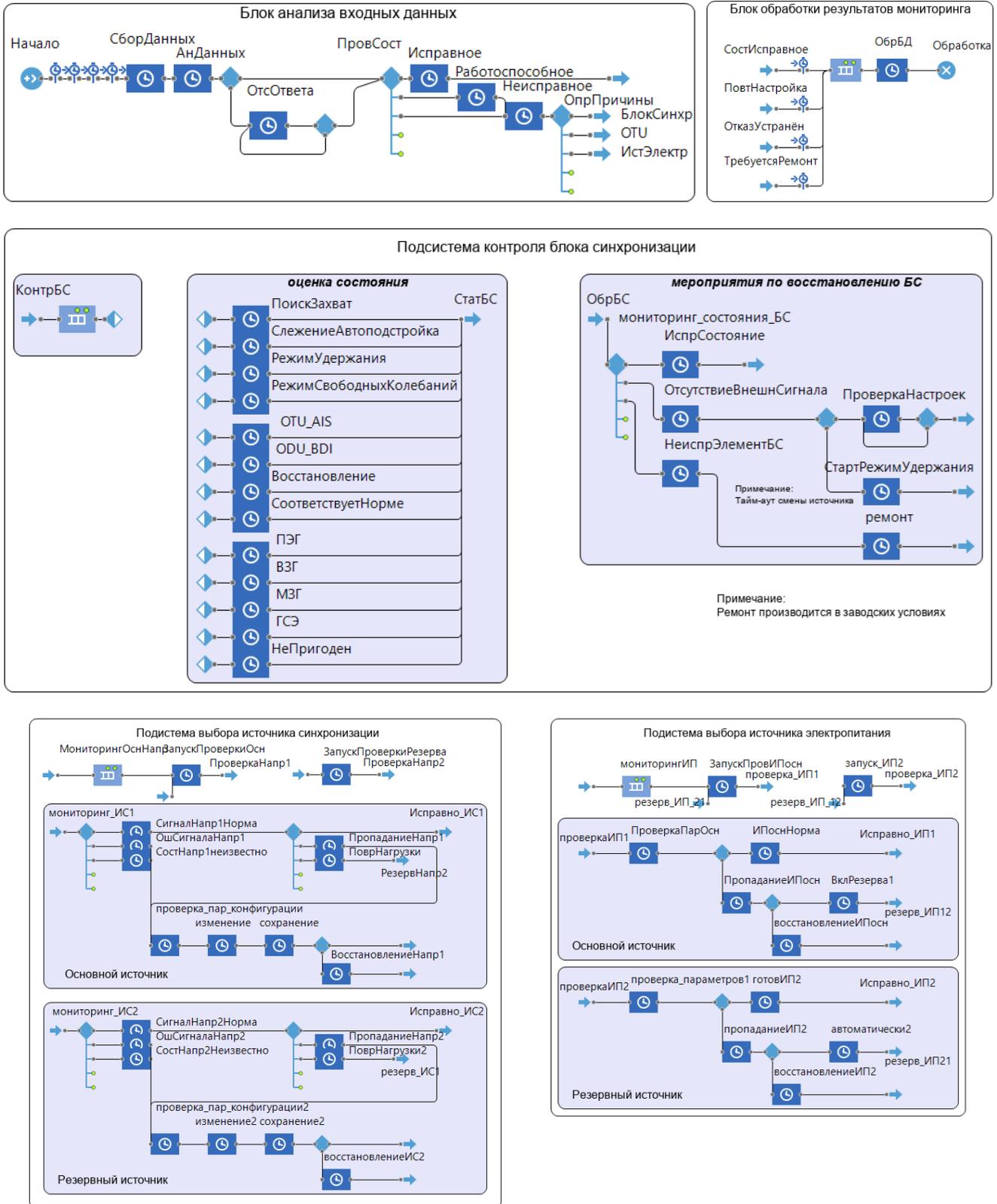


Рис. 2. Система мониторинга с включёнными подсистемами блока синхронизации, выбора источников синхронизации и питания

Возможные состояния, возникающие в процессе функционирования системы мониторинга:

- а) исправное;
- б) работоспособное (обеспечивается синхронизация от резервного источника);
- в) неработоспособное (сбой синхронизации).

Мониторинг блока синхронизации ведётся по группам параметров контроля:

- г) режим работы (поиск и захват; слежение и автоподстройка; удержание; режим свободных колебаний);
- д) состояние линейные оптические интерфейсы (индикация OTU-AIS; ODU-BDI; восстановление сигнала; нормальное состояние);
- е) качество источника синхронизации в формате сообщений SSM (соответствует ПЭГ; ВЗГ; МЗГ; ГСЭ; не пригоден для использования [4]).

Подсистема контроля источников синхронизации анализирует сигнал на входном интерфейсе и даёт ответ:

- ж) сигнал, получаемый с основного направления, соответствует норме;
- з) сигнал, получаемый с основного направления, содержит критические ошибки;

и) сигнал, получаемый с основного направления, не определён.

При наличии сигнала на входе также может быть определено временное пропадание или отсутствие сигнала в течение продолжительного времени. Далее запускается проверка конфигурации устройств с изменением и сохранением настроек, после чего возможен переход в режим удержания или запуск резервного источника, поступающего с направления приёма 2.

Подсистема контроля источников питания также анализирует состояние напряжения на входах мультиплексора. Предполагается наличие резервного блока питания, который при нарушении работы основного переключается в режим основного с минимальной задержкой, обеспечивающей непрерывную работу мультиплексора.

IV. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам функционирования система мониторинга позволяет оценить время выполнения цикла контроля и показать, какие неисправности влияют на работоспособность узла.

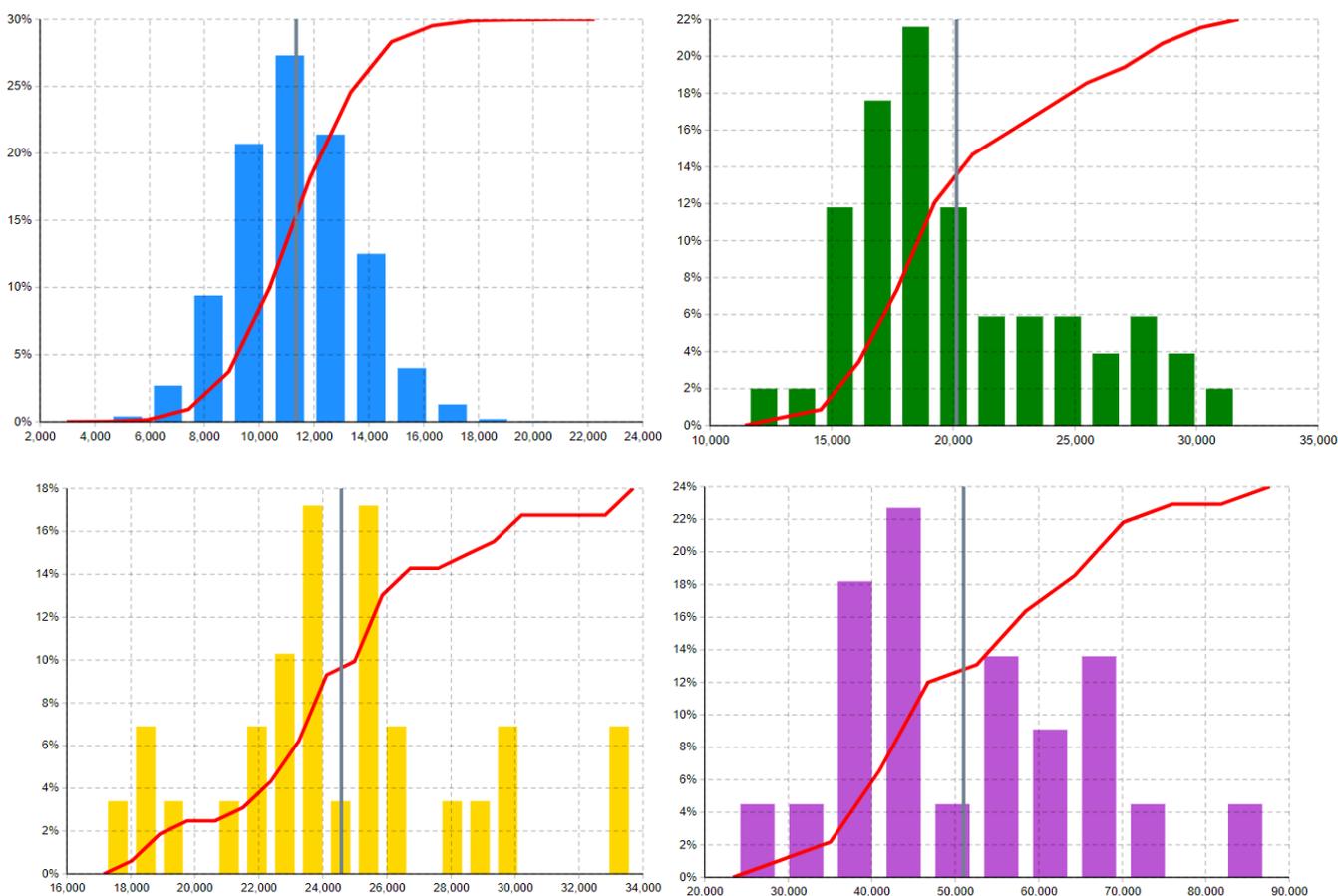


Рис. 3. Результаты выполнения цикла мониторинга с выявлением соответствующего состояния: а) исправное (голубой); б) после перенастройки (зелёный); в) после устранения отказа (жёлтый); г) при необходимости ремонта (фиолетовый)

На полученных гистограммах приводятся результаты реализации циклов мониторинга, полученные устройством анализа статистики. Для исправного состояния мультиплексора цикл опроса выполняется в

среднем с математическим ожиданием около 12 мс. При необходимости перенастройки мультиплексора время реализации возрастает примерно до 20 мс. Более значительные отказы, связанные с пропаданием сигнала,

включением резервных источников увеличивают время до 25 мс. Обнаружение неисправности, которая требует устранения в рамках ремонтных работ наиболее продолжительно, математическое ожидание составляет примерно 50 мс.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен аппарат моделирования процессов оценки функционирования мультиплексора OTN со встроенным блоком синхронизации. Данный аппарат может быть использован для анализа работоспособности существующих сетей, и проектирования новых с учётом требований по качеству предоставления услуг. По полученным результатам можно сказать, что предлагаемая система мониторинга позволяет эффективно обнаруживать возникающие неисправности, что очень важно в условиях

непрерывного функционирования и обслуживания больших объёмов данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Канаев А.К. Блок частотной синхронизации мультиплексора OTN / А.К. Канаев, Ф.А. Прошин // Транспортная наука и инновации: Материалы международной научно-практической конференции, Самара, 01–02 июня 2023 года. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. С. 190-192.
- [2] Interfaces for the optical transport network ITU-T G.709/Y.1331(2020) Cor. 2 (11/2022) / International Telecommunication Union. Geneva: ITU, 2023. 292 p.
- [3] The control of jitter and wander within the optical transport network (OTN) ITU-T G.8251 (11/2022). International Telecommunication Union. Geneva: ITU, 2023. 124 p.
- [4] Synchronization layer functions for frequency synchronization based on the physical layer ITU-T G.781 (2020) Amd. 1 (11/2022) / International Telecommunication Union. Geneva: ITU, 2023. 156p.