

УДК 621.391.63

Н.И.Горлов¹, А.Д.Мехтиев², В.И.Эйрих², В.В.Югай², А.А.Кшалова²

¹Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Новосибирск, Россия;

²Карагандинский государственный технический университет
(E-mail: barton.kz@mail.ru)

Задачи мониторинга волоконно-оптических линий передачи

В статье рассмотрены особенности современных волоконно-оптических линий передачи. Даны практические примеры использования автоматизированных систем администрирования волоконно-оптических кабелей, включающих систему удаленного контроля оптических волокон (RFTS — Remote Fiber Test System). Приведены данные систем, которые одновременно решают задачи документирования волоконно-оптического кабельного хозяйства, оперативного обнаружения и локализации повреждения волоконно-оптических кабелей, прогнозирования повреждения оптических волокон на основе сравнения накопленной в процессе тестирования информации, отображения волоконно-оптической сети на электронную географическую карту местности. Проанализированы вопросы мониторинга трактов систем волнового уплотнения. Предложен пример наиболее распространенного способа контроля состояния системы.

Ключевые слова: мониторинг, система удаленного контроля, неисправности ВОЛС, волоконно-оптический кабель.

Согласно статистике объем передаваемой в мире информации и оказываемых услуг связи увеличивается по экспоненциальному закону. При этом реальный спрос на услуги связи постоянно превышает прогнозируемый. Очевидно, что сложившаяся ситуация эффективно стимулирует исследования и разработки по совершенствованию систем связи и телекоммуникаций, приводя к появлению новых технологий, направленных на обеспечение возможности передачи больших объемов различной информации с более высоким качеством. Одной из таких технологий, наиболее перспективной в аспекте обеспечения высокой пропускной способности, является передача информации в виде оптических сигналов по оптическому волокну.

Постоянный рост потребности в широкой полосе пропускания каналов связи привел к значительному росту объемов прокладки волоконно-оптических кабелей (ВОК) по всему миру. Данное обстоятельство выдвигает на ведущие позиции задачу централизованного контроля за сетевым волоконно-оптическим кабельным хозяйством в целях его документирования, своевременного обнаружения и оперативного устранения повреждений, возникающих в волоконно-оптических линиях связи. Простои линий связи сокращают доходы операторов, ухудшают их репутацию, уменьшают приток инвестиций, снижают качество обслуживания. В связи с этим в последнее время операторы связи начинают инвестировать немалые средства в развитие инфраструктуры своих волоконно-оптических сетей с акцентом на внедрение и совершенствование систем управления и автоматического мониторинга состояния линий и каналов связи.

Наиболее эффективно эти задачи решают автоматизированные системы администрирования волоконно-оптических кабелей, включающие систему удаленного контроля оптических волокон (RFTS — Remote Fiber Test System), программу привязки топологии сети к географической карте местности, а также базы данных оптических компонентов, критериев и результатов контроля. Эти системы одновременно решают задачи документирования волоконно-оптического кабельного хозяйства, оперативного обнаружения и локализации повреждения волоконно-оптических кабелей, прогнозируют

вания повреждения оптических волокон на основе сравнения накопленной в процессе тестирования информации, отображения волоконно-оптической сети на электронную географическую карту местности.

Особенности современных волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП)

Как известно, в волоконно-оптических системах передачи наибольшие потери времени на поиск и локализацию неисправностей, обуславливающих перерывы связи, имеют место при обрывах и нарушениях коммутации оптических кабелей. В большинстве случаев это связано с необходимостью проведения измерений на месте повреждения, что, в свою очередь, требует увеличения числа бригад для обслуживания кабельного хозяйства. Однако, помимо данного вида неисправностей линий связи, очень часто имеют место нарушения, вызванные изменением параметров оптического волокна с течением времени. Так, намокание кабеля, механические напряжения, вызванные, например, его провисанием, а также наличие неоднородностей волокна приводят к временным изменениям параметров оптических волокон и, как следствие, к непредвиденному изменению качества связи. Как правило, необратимые процессы деградации волокна определить достаточно сложно, так как для этого необходимо располагать статистическими данными, требующими проведения большого числа измерений, которые в полевых условиях не обеспечивают необходимой точности. Кроме этого, проведение таких измерений связано со значительными финансовыми, трудовыми и временными затратами.

Необходимо отметить, что объем передаваемой информации непрерывно увеличивается. Современная техника временного и спектрального мультиплексирования обеспечивает скорость передачи в канале более 40 Гбит/с, а число каналов передачи в одном оптическом волокне (ОВ) может достигать до 100 спектрально-мультиплексированных каналов.

Другим важнейшим следствием развития ВОЛП является увеличение длины регенерационных участков за счет развития техники широкополосных усилителей оптического сигнала.

Информационная емкость современного информационного канала на основе ВОЛП может составлять 1 Тбит/с для одного оптического волокна при расстояниях между регенераторами 200 км [1].

Совершенствование технологии увеличило срок службы ВОЛП, что при постоянном высоком приросте и минимальном выводе из эксплуатации обеспечило непрерывный количественный их рост [1].

Суммируя, отметим следующие особенности современного состояния ВОЛП:

- наблюдается значительный рост числа функционирующих ВОЛП;
- усложняется топология волоконно-оптических сетей;
- информационная емкость ВОЛП непрерывно увеличивается;
- увеличиваются доля информации и значимость трафика, передаваемых по ВОЛП;
- растет цена простоя ВОЛП при авариях.

ВОЛП становятся всеобъемлющими, все более сложными, увеличивается значимость этих систем. Поэтому повышение их надежности приобретает все более важное значение.

Все преимущества, которые дают волоконно-оптические системы передачи информации, можно реализовать лишь при условии строгого соблюдения технологии монтажа волоконно-оптического тракта и контроля параметров в процессе эксплуатации.

Основные задачи мониторинга

Независимо от метода контроля оптических волокон, система мониторинга должна обеспечивать:

- дистанционный контроль пассивных и активных волокон оптических кабелей;
- точное и своевременное документирование и составление отчетности;
- автоматическое обнаружение неисправностей с указанием их точного местоположения;
- контроль и управление процессом оповещения о повреждении оптических кабелей;
- проведение измерений параметров оптических волокон в ручном режиме;
- прогнозирование изменений параметров оптических кабелей;
- возможность расширения функциональности системы при внедрении новых технологий передачи на сети связи.

Наиболее эффективно перечисленные задачи могут быть решены с помощью систем автоматического мониторинга ВОЛП, включающих систему удаленного контроля оптических волокон, программу привязки топологии сети к электронной географической карте местности, а также базы дан-

ных оптических компонентов, критериев и результатов контроля. Дистанционный контроль оптических волокон выполняется оптическим импульсным рефлектометром, диагностирующим состояние волокна по обратному рассеянию световой волны при введении в волокно зондирующих импульсов. При этом системы должны позволять проводить мониторинг как свободных, так и занятых волокон. В первом случае выполняется мониторинг свободных резервных оптических волокон, по состоянию которых судят об исправности всего волоконно-оптического кабеля. Во втором случае проводится мониторинг оптических волокон, по которым передается трафик систем передачи. Для реализации данного метода тестирования используется рабочая длина волны рефлектометра, отличная от рабочей длины волны систем передачи, а в схему сети мониторинга вводится ряд пассивных оптических компонентов для мультиплексирования и разделения информационных сигналов и сигналов рефлектометра.

В более широком смысле системы мониторинга должны служить для решения задач проектирования, строительства, инсталляции, эксплуатации и восстановления ВОЛП, обеспечивая:

- при строительстве, инсталляции и восстановлении — установление соответствия параметров системы регламентируемым нормам, а при эксплуатации — повышение достоверности и скорости контроля данных параметров;
- значительное сокращение времени локализации и идентификации отклонений контролируемых параметров по сравнению с традиционными способами контроля, что позволяет своевременно обнаружить факты отказа, вандализма, несанкционированного доступа и т.д.;
- прогнозирование возможных неисправностей сети за счет систематического накопления и анализа результатов контроля во времени;
- возможность проведения испытаний системы одним пользователем, что повышает эффективность обслуживания большой сетевой зоны при меньшем количестве персонала;
- сокращение парка и унификацию КИС, необходимых для обслуживания областей (доменов) сети, что устраняет проблемы, свойственные использованию разнотипного оборудования.

Очевидно, что в полной мере данная совокупность задач может быть эффективно решена только при наличии в системе функций:

- создания физической и топологической схем;
- оптимизации на их базе архитектуры сети мониторинга;
- математического моделирования объектов контроля и использования самых передовых методов измерения, анализа, тестирования;
- алгоритмов обработки и анализа полученных результатов контроля сети телекоммуникаций (СТ) в целом.

Мониторинг трактов систем волнового уплотнения

Мониторинг трактов систем волнового уплотнения — это непрерывный контроль состояния активных каналов при помощи соответствующего набора тестов. Мониторинг ведется как для того, чтобы выявлять любые отклонения в оптических характеристиках сети, которые могут повлиять на ее работоспособность, так и для сбора статистической информации. Мониторинг включает в себя широкий спектр действий, начиная от планирования последовательности тестов и управления их проведением и заканчивая анализом полученных данных.

Мониторинг особенно важен для систем DWDM, которые очень чувствительны к таким оптическим явлениям, как дисперсия, перекрестные помехи, смещение центральной длины волны и т.д. Для оперативного выявления отклонений важнейших характеристик от заданных необходимо непрерывно их контролировать. Хорошая система мониторинга активных волокон постоянно выдает как текущие значения основных характеристик, так и статистическую информацию о состоянии системы.

Мониторинг активных волокон — не единственный способ контроля состояния системы. Для этой цели можно также использовать специально выделенный контрольный оптический канал OSC (Optical Supervisory Channel). С помощью канала OSC ведется постоянное наблюдение за работой системы и эффективностью передачи данных, выявляются различные неполадки, потери мощности и другие нарушения целостности сигнала. Канал OSC позволяет проводить все необходимые тесты непрерывно, а не по расписанию, и без отключения каналов. Чтобы гарантировать целостность канала OSC, по которому могут передаваться сигналы управления, длину волны для него обычно выбирают вне рабочего диапазона усилителей EDFA (Erbium Doped Fibre Amplifier).

При мониторинге с использованием канала OSC нет непрерывного потока сообщений и статистических данных: если система работает нормально, это и не нужно. Канал OSC используется не для того, чтобы выполнять тестирование отдельных компонентов. Это средство постоянного наблюдения за состоянием сети в целом. Использование канала OSC помогает системному контроллеру поддерживать постоянную мощность оптического сигнала и качество передачи, максимально эффективно использовать ресурсы сети. Если тестирование с помощью канала OSC выявляет отклонения в целостности сигнала, администратору сети выдается соответствующее сообщение.

В отношении канала OSC пока не существует каких-либо стандартов; на практике применяются несколько возможных подходов. В настоящее время канал OSC обычно имеет длину волны 1510 нм или 1625 нм, так как эти длины волн лежат вне рабочего диапазона усилителей EDFA и при этом достаточно близко к нему, чтобы их можно было использовать для мониторинга. Поскольку компоненты для использования на длине волны 1510 нм пока не являются широко доступными, рассматривается возможность выделения под канал OSC и других длин волн — 1480 нм или 1310 нм (в зависимости от производителя).

Для тестирования с помощью канала OSC не требуется какого-то специального тестового оборудования — используется только то оборудование, которое необходимо для измерения выбранных характеристик. Для мониторинга потерь в соединителях и местах сварки волокон можно использовать измеритель мощности, а лучше — оптический рефлектометр OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). С помощью рефлектометра OTDR можно обнаруживать некоторые проблемы в оптическом волокне до их проявления. Определенные дефекты натяжения волокна легче обнаружить на длине волны канала OSC, а не в рабочем диапазоне усилителя EDFA. Мониторинг энергетического потенциала системы связи ведут с помощью перестраиваемого аттенюатора и тестера оптических потерь [1].

Другой подход заключается в применении для мониторинга состояния системы одного из каналов системы DWDM (Dense Wave Division Multiplexer). В отличие от метода с использованием канала OSC, этот метод чувствителен к неисправностям усилителя EDFA. Однако он соответствует стандартам SONET/SDH (Synchronous Optical Network / Synchronous Digital Hierarchy) и может использоваться для обнаружения ошибок маршрутизации и передачи. Одно из решений проблемы чувствительности к выходу из строя усилителя EDFA заключается в том, чтобы параллельно вести мониторинг спектральных характеристик еще одного или нескольких каналов. Добавление спектрального измерительного оборудования в блок дистанционного тестирования RTU (Remote Test Unit) системы дистанционного тестирования волокон RFTS (Remote Fiber Test System) позволяет в полном объеме вести мониторинг системы передачи.

Мониторинг особенно важен для систем DWDM, которые очень чувствительны к таким оптическим явлениям, как дисперсия, перекрестные помехи, смещение центральной длины волны и т.д. Для оперативного выявления отклонений важнейших характеристик от заданных необходимо непрерывно их контролировать. Хорошая система мониторинга активных волокон постоянно выдает как текущие значения основных характеристик, так и статистическую информацию о состоянии системы.

Использование в современных линиях связи технологии спектрального уплотнения каналов предъявляет новые жесткие требования к контролю оптических параметров таких систем. Отклонения от нормы центральной длины волны канала, его спектральной ширины, уровня оптической мощности или спектрального расстояния между каналами неизбежно приведут к ухудшению связи.

Как правило, ключевыми клиентами операторов связи являются крупные компании, предприятия или банки. Неустойки, выплачиваемые операторами связи своим клиентам в случае сбоев в сети, зачастую составляют сумму, равную стоимости одного рабочего дня за один час простоя сети. В силу столь значительных штрафов возникла задача обеспечить непрерывный процесс мониторинга систем связи для того, чтобы иметь возможность заблаговременно отреагировать на деградацию тех или иных параметров в волоконно-оптической системе передачи (ВОСП) и предотвратить сбой. Такие системы мониторинга уже успешно работают или активно внедряются в России.

Универсальным прибором для контроля параметров DWDM-систем передачи является анализатор оптического спектра (OSA). Как правило, самый простой OSA обладает достаточным разрешением и динамическим диапазоном, чтобы использовать его в качестве тестового прибора для DWDM-сетей. С помощью OSA можно не только зафиксировать отклонение оптических параметров и выявить, какие из спектральных каналов подвержены деградации, но и провести полное исследование возникших проблем. То есть, наряду с измерениями оптических параметров, с помощью OSA можно

измерить спектры романовского и бриллиантового рассеяний, определить длину волны и остаточную мощность накачки оптических усилителей (EDFA), измерить шум-фактор EDFA, провести исследование четырехволнового смещения и даже определить величину поляризационно-модовой дисперсии.

Большинство крупных операторов связи имеет в своем парке измерительного оборудования OSA, которые используются службой эксплуатации во время регламентных работ для проверки оптических параметров систем или калибровки системы мониторинга. Для работы с прибором необходимо в штате службы эксплуатации иметь квалифицированных инженеров, способных провести полноценный анализ полученных результатов.

Использование DWDM-систем связи ставит новые задачи для служб эксплуатации. Для полноценного контроля работы систем со спектральным уплотнением каналов необходимо осуществлять непрерывный мониторинг оптических параметров сети. При обнаружении с помощью системы мониторинга DWDM-деградации параметров или сбоев в ВОСП служба эксплуатации с помощью анализатора оптического спектра может быстро и эффективно локализовать проблему и решить ее в короткие сроки.

Список литературы

1 Горлов Н.И., Мехтиев А.Д., Эйрих В.И. Основные задачи мониторинга современных волоконно-оптических линий передачи // Сагиновские чтения № 4: Тр. Междунар. науч. конф. Ч. 2. — Караганда: Изд-во КарГТУ, 2012. — С. 68–70.

Н.И.Горлов, А.Д.Мехтиев, В.И.Эйрих, В.В.Югай, А.А.Кшалова

Берілістің талшықты-оптикалық желілерінің мониторинг мақсаттары

Берілістің қазіргі заманғы талшықты-оптикалық желілер мүмкіндіктері қарастырылған. Оптикалық талшықтардың (RFTS — Remote Fiber Test System) тыстағы бақылаудың жүйесінен тұратын талшықты-оптикалық кабельдердің ұйымдастырудың аутоматтандырылған жүйесін қолданудың тәжірибелік мысалдары берілген. Талшықты-оптикалық кабельді шаруашылықтың, талшықты-оптикалық кабельдердің зақымдалуын жылдам табатын және окшаулауының, тестілеу үрдісінде жиналған ақпаратты салыстыру негізінде оптикалық талшықтардың зақымдалуын болжаудың, аймақтың электронды географиялық картасында талшықты-оптикалық желіні бейнелеудің құжаттау мәселелерін бір уақытта шешетін жүйе мәліметтері ұсынылған. Толқынды тығыздау жүйелерінің тракттарының мониторинг мәселелері қарастырылған. Жүйенің жағдайын бақылаудың едәуір таралған тәсілінің мысалы келтірілген.

N.I.Gorlov, A.D.Mekhtiev, V.I.Eirikh, V.V.Yugay, A.A.Kshalova

Monitoring objectives of fiber-optic transfer lines

The features of modern fiber-optic lines are reviewed. Practical examples of implementation of automated fiber-optic cables' management systems are given, including the remote control of optical fibers (RFTS — Remote Fiber Test System). Information about systems, that simultaneously solve the problems of fiber-optic cables' management documentation, fast detection and localization of fiber-optic cables' damage, prediction of optical fibers' damage by comparing the accumulated during the testing processes information, displaying a fiber-optic network on the electronic maps is provided. Problems of monitoring of systems' tracts wave sealing are reviewed. The example of the most common way to monitor the status of the system is given.

References

1 Gorlov N.I., Mekhtiev A.D., Eirikh V.I. *Saginovskie chteniya № 4: Trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Saginovsky readings No. 4: Works of the International scientific conference], Karaganda: KarGTU Publ., 2012, p. 68–70.