

13. Люцарев В.С. и др. Безопасность компьютерных сетей на основе Windows NT. М.: Русская редакция, 1998. - 279 с.
14. Месси Дж. Л. Введение в современную криптологию. Малый тематический выпуск " Защита информации ". ТИИЭР , 1988 , № 5.
15. Рааб М. Защита сетей: наконец-то в центре внимания. ComputerWorld - Москва. 1994, №29.
16. Смид Э., Бранстед Д. Стандарт шифрования данных: прошлое и будущее. Малый тематический выпуск " Защита информации ". ТИИЭР , 1988 , № 5.
17. Спесивцев, Вегнер и др. Защита информации в ПЭВМ. М.: Радио и связь , 1992, - 192 с.
18. Сухова С.В. Система безопасности NetWare. Сети. 1995, №4, сс. 60-70.
19. Сяо Д., Керр, Мэдник С. Защита ЭВМ. М.: Мир , 1982.-264 с.
20. Уолкер Б.Дж., Блейк М.Ф. Безопасность ЭВМ и организация их защиты. М.: Связь, 1980.-112 с.
21. Хоффман Л.Дж. Современные методы защиты информации. М.: Советское радио , 1980.-264 с.
22. Шеннон К.Э. "Теория связи в секретных системах". В кн : Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Иностранная Литература .1963 , с 332 – 402,-829 с.
23. Шеннон К.Э. "Математическая теория связи". В кн : Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Иностранная Литература .1963 , с 243-322,-829 с.
24. Шнейер Б. Компьютерная безопасность: мы научимся чему-нибудь или нет? www.counterpane.com.
25. Chor B., Rivest L. A knapsack type public-key cryptosystem based on arithmetic in finite fields. In Crypto '84 pp.54-65.
26. Diffie W., Hellman M. New directions in cryptography IEEE Trans. Informat.Theory, Vol.IT-22, pp.644-654, Nov 1976.
27. Vernan G.S. Cipher printing telegraph systems for secret wire and radio telegraphic communications. Amer. Inst.Elec. Eng., vol. 55, pp. 109-115, 1926.

Поступила 1.11.2001

УДК 681.3

Стишенко И.К.

ВОЛС И МОНИТОРИНГ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

Согласно мировой статистике объем передаваемой информации и оказываемых услуг связи увеличивается по экспоненциальному закону, при этом реальный спрос 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 возможность передачи больших объемов различной информации с более высоким качеством. Одной из таких технологий, наиболее перспективных в аспекте обеспечения высокой пропускной способности, является передача информации в микроволновом диапазоне по оптическому волокну.

1. Предпосылки создания системы мониторинга волоконно-оптического кабеля.

Задача повышения надежности ВОЛС охватывает широкий круг вопросов и по своей сути является комплексной. Ее решение требует применения соответствующих методик оценки, расчета и контроля различных параметров волоконно-оптических кабелей (ВОК) и показателей надежности ВОЛС [1]. Надежность ВОЛС зависит от различных конструктивно-производственных и эксплуатационных факторов. К первым относят факторы, связанные с

разработкой, проектированием и изготовлением ВОК и других вспомогательных изделий и устройств, входящих в состав ВОЛС. Ко вторым - все факторы, влияющие на надежность ВОК в процессе его прокладки, монтажа и последующей эксплуатации. Эксплуатационные измерения делятся на аварийные, профилактические и контрольные. Аварийные измерения обеспечивают быструю локализацию точек деградации (обрыва) качества кабельной сети. Задачи профилактических и контрольных измерений могут выполняться с помощью тестовых средств аппаратуры линейного тракта [2].

Одним из основных эксплуатационных факторов, позволяющих прогнозировать ухудшение характеристик оптических волокон и обеспечивать требуемый уровень надежности ВОЛС, является непрерывный мониторинг ВОК ВОЛС [3]. На этапе планирования и проектирования современных цифровых сетей связи должны решаться и вопросы мониторинга ВОК ВОЛС.

Постоянный рост потребности в широкой полосе пропускания каналов связи привел к значительному росту объемов прокладки волоконно-оптических кабелей по всему миру в целом и в частности на Украине. Интенсивное развитие волоконно-оптических линий связи, высокая конкуренция операторов связи и высокая стоимость передаваемых по линиям связи информационных ресурсов выдвигают на ведущие позиции задачу централизованного контроля за сетевым волоконно-оптическим кабельным хозяйством. При этом решаются задачи его документирования, своевременного обнаружения и оперативного устранения повреждений, возникающих в волоконно-оптических линиях связи. Это обусловлено тем, что простой линий связи сокращают доходы операторов, ухудшают их репутацию, уменьшают приток инвестиций, снижают параметры качества обслуживания. В связи с этим в последнее время операторы связи решаются вкладывать 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.

Сложность задачи поддержания сетей связи в работоспособном состоянии растет с такой же скоростью, с какой падает эффективность традиционной системы технической эксплуатации, профилактики повреждений линий связи и ремонтно-восстановительных работ. При этом возрастает стоимость данных мероприятий. В вопросах эксплуатации систем связи наиболее важные тенденции заключаются в том, что:

- быстрый рост волоконно-оптических сетей вызывает проблемы их документирования, контроля и поддержания в исправном состоянии;
- растущая конкуренция заставляет пристальней взглянуть на проблемы качества предоставляемых услуг;
- оптимизация количества инженерно-технического персонала требует определенной автоматизации процессов инсталляции и контроля за ВОЛС поскольку с развитием сети не рационально пропорционально увеличивать штат обслуживающего персонала.

Для оптимизации возникающих при этом задач операторам связи необходимо обеспечить централизованность системы управления и сбора информации об авариях на сети, внедрять системы документирования и мониторинга волоконно-оптических линий связи. Все эти мероприятия обеспечивают получение своевременной и детальной информации о состоянии сети.

Наиболее эффективно эту задачу решают автоматизированные системы администрирования волоконно-оптических кабелей, включающих 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 ВОК; прогнозирования повреждения оптических волокон на основе сравнения накопленной в процессе тестирования информации, отображения волоконно-оптической сети на электронную географическую карту местности.

Независимо от метода контроля оптических волокон, система должна обеспечивать:

- дистанционный контроль пассивных и активных волокон оптических кабелей;
- точное и своевременное документирование и составление отчетности;
- автоматическое обнаружение неисправностей и их локализацию;
- контроль и управление процессом оповещения о повреждении оптических кабелей;
- проведение измерений параметров оптических волокон в ручном режиме;
- прогнозирование изменений параметров оптических кабелей во времени.

В настоящее время ВОК с одномодовыми оптическими волокнами различного типа являются наиболее совершенной средой для передачи информации. По полосе пропускания (скорость передачи свыше 10 Гбит/с), линейным потерям (затухание 0,2-0,25 дБ/км) и дальности передачи (свыше 100 км) ВОК не имеют себе равных [4]. Одной из важнейших задач эксплуатации является поддержание характеристик волокна на требуемом уровне. Именно поэтому системы непрерывного мониторинга оптических волокон в ВОК ВОЛС приобретают особую значимость при построении современных цифровых мультисервисных сетей и магистральных линий связи.

Такие системы дистанционного тестирования волокон RFTS в настоящее время выпускаются рядом зарубежных компаний, таких как Diamond, Agilent Technologies, Wavetek Wandel&Goltermann, EXFO, GN Nettest, Lucent Technologies, Nicotra Sistemi [5-10].

Однако для практического применения подобных систем при построении протяженных сетей связи требуется серьезный сравнительный анализ возможностей различных систем RFTS и изучение проблемы их интеграции с системами информационной поддержки и управления такими сетями.

2. Система дистанционного контроля ВОК цифровой сети связи

Широкое распространение современных цифровых сетей на основе ВОЛС привело к пересмотру самих принципов их обслуживания и эксплуатации. Из-за больших объемов передаваемой информации в сети, высокой стоимости потери трафика вследствие повреждения ВОК и большой протяженности ВОЛС требуется оперативное и квалифицированное обслуживание и своевременная диагностика ВОК. Решение этих задач при построении крупных волоконно-оптических сетей возможно на основе применения автоматизированной системы непрерывного мониторинга ВОК сети и перехода к принципу профилактического обслуживания ВОЛС.

1.1 Архитектура RFTS

Все системы RFTS, как правило, строятся по одной и той же схеме (см. рис. 1). При этом выделяют следующие функциональные элементы и устройства [6]:

- аппаратную часть;
- систему управления;
- а также интегрированные элементы: геоинформационную систему (ГИС) привязки топологии сети к карте местности; базы данных ВОК, оборудования сети, критериев и результатов тестирования ВОК ВОЛС и сети в целом, и другие внешние базы данных.

Аппаратная часть включает:

1. Блоки дистанционного тестирования волокон RTU (Remote Test Unit), в которые могут устанавливаться модули оптических рефлектометров OTDR (Optical Time

Domain Reflectometer), модули доступа для тестирования волокон ОТАУ (Optical Test Access Unit) - оптические коммутаторы и другие модули;

2. Центральный блок управления TSC (Test System Control) системой RFTS - центральный сервер;

3. Станции контроля сети ONT (Optical Network Terminal).

Элементами системы управления RFTS являются: станции контроля сети ONT (notebook или стационарные рабочие станции); соответствующее программное обеспечение; блоки управления в RTU; центральный блок управления TSC и сетевое оборудование, обеспечивающее связь между компонентами управления RFTS.

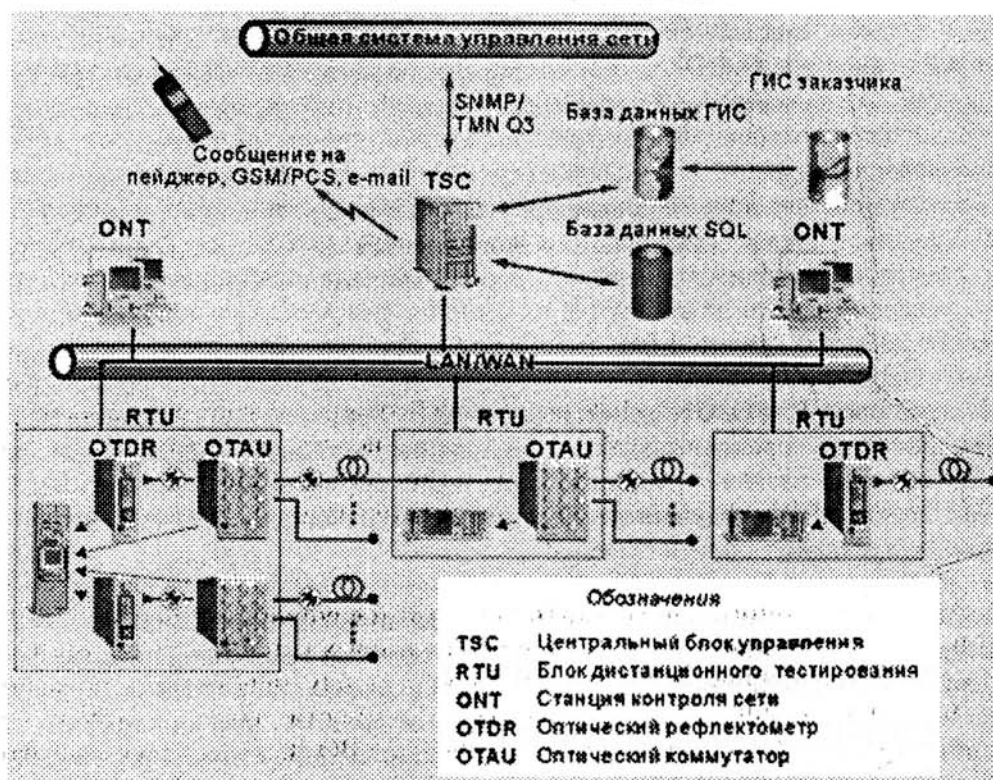


Рис.1. Архитектура системы RFTS

3. Функции системы RFTS

Важнейшей функцией системы RFTS является постоянный автоматический сбор и статистический анализ результатов тестирования оптических волокон сети. Статистический анализ с использованием корреляционных, многофакторных методов, а также современных нейросетевых методов дает возможность обнаруживать и прогнозировать неполадки волокна задолго до того, как они приведут к серьезным проблемам в сети.

На основе мониторинга сети при помощи RFTS можно проводить плановый и профилактический ремонт ВОК в сети, не дожидаясь появления серьезных повреждений и аварий в кабельной системе.

Система RFTS значительно повышает безопасность сети - любое несанкционированное подключение к волокну неизбежно приводит к дополнительным потерям в оптическом канале, а значит, будет обнаружено и зафиксировано системой в реальном времени.

Другое не менее важное качество системы RFTS - графическое представление информации о состоянии сети. На центральном сервере системы установлена

профессиональная ГИС, которая содержит точную электронную карту цифровой сети на местности. Вся информация о состоянии сети и документация по ВОК хранится в базе данных SQL и может быть графически представлена на карте. Также на карту выводится полная информация о неисправностях волокон в ВОК, включая их точное физическое местоположение.

Таким образом, система RFTS позволяет обслуживающему персоналу в реальном времени узнавать, где произошел сбой и каков уровень потерь в волокне ВОК ВОЛС. Это намного сокращает время поиска неисправностей и упрощает проведение профилактического обслуживания ВОЛС. Учитывая размеры современных цифровых волоконно-оптических сетей, важность и объемы передаваемой по ним информации, экономическую эффективность применения системы RFTS трудно переоценить.

4. Конфигурации системы RFTS

В системе RFTS можно реализовывать различные схемы и методы наблюдения за состоянием волокон и ВОК. Свыше 90% неисправностей связаны с повреждением ВОК в целом и будут обнаружены, если тестируется хотя бы одно оптическое волокно в кабеле. Это означает, что при относительно невысоких требованиях к надежности ВОЛС можно постоянно вести тестирование только одного волокна в ВОК.

Допускается тестирование как "темных" волокон ВОК, т. е. волокон, по которым не передаются данные цифровой сети связи в момент тестирования, так и активных волокон. При этом тестирование активных волокон проводится на длине волны излучения вне рабочей полосы пропускания и никак не влияет на качество передачи. Однако для тестирования активных волокон требуется установка на ВОЛС в сети спектральных мультиплексоров WDM (Wavelength Division Multiplexer) и обводных фильтров (см. рис. 2). Поэтому метод тестирования активных оптических волокон в сети требует больших затрат, и имеет смысл его применять только для волокон, по которым работают цифровые системы передачи с повышенными требованиями по надежности, или в случае отсутствия темных волокон в ВОК.

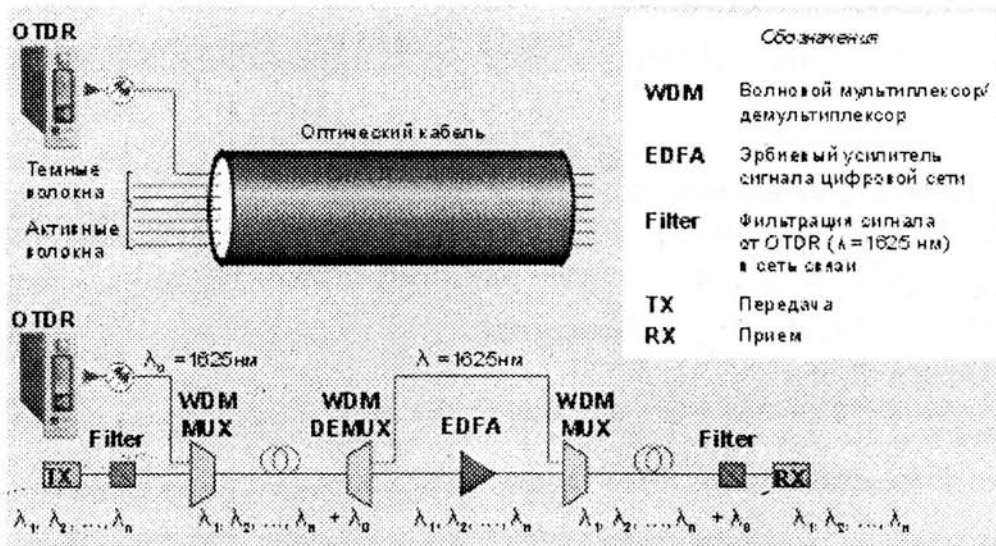


Рис. 2 Общая схема тестирования темных и активных волокон.

Возможны самые различные конфигурации системы RFTS и разные варианты тестирования волокон - одно темное волокно ВОК, все волокна ВОК, выделенные активные (самые важные) волокна ВОК и т. д.

Установка системы RFTS на крупных корпоративных сетях, как было показано выше, сегодня уже не является роскошью. Более того, именно коммерческие соображения диктуют операторам связи необходимость постоянно следить за состоянием всей сети, проводить плановые обследования и документировать состояние оптических волокон в ВОК сети. Это позволяет заранее выявлять места возможной деградации волокна и не допускать перерывов связи в сети, организуя обходные каналы связи, а в случае аварии ВОК - получать оперативную информацию о месте и характере повреждения ВОК и как можно быстрее устранять ее последствия.

Мониторинг волокон ВОК в больших протяженных сетях связи крайне необходим и для прогнозирования ухудшения характеристик волокна, чтобы до появления необратимых изменений провести своевременный профилактический ремонт этих участков ВОЛС. В конечном итоге это намного дешевле, чем устранять последствия аварии ВОК.

Для больших корпоративных сетей со сложной топологией и протяженными ВОЛС невозможно регулярно проводить полное тестирование всех ВОК сети вручную. Постоянный мониторинг ВОК большой разветвленной сети должен вестись дистанционно и непрерывно интеллектуальной автоматической системой с централизованным управлением.

5. Общие требования для систем RFTS

Существуют как общие требования к системам RFTS, так и специальные требования к системам RFTS операторов связи.

Система RFTS должна предусматривать возможность наращивания (вместе с развитием сети) и перехода на новые методы измерений при использовании новых сетевых технологий, например, технологии плотного волнового мультиплексирования DWDM (Dense Wave Division Multiplexing). Поэтому система RFTS должна иметь полностью модульную архитектуру.

Система RFTS должна предусматривать возможность передачи результатов тестирования волокон ВОК по резервным каналам, например - уже существующим низкоскоростным каналам связи, а модули RTU системы должны работать в автономном режиме, сохраняя результаты измерений каждого волокна и передавая информацию на центральный сервер периодически по каналам связи по заранее заданной программе.

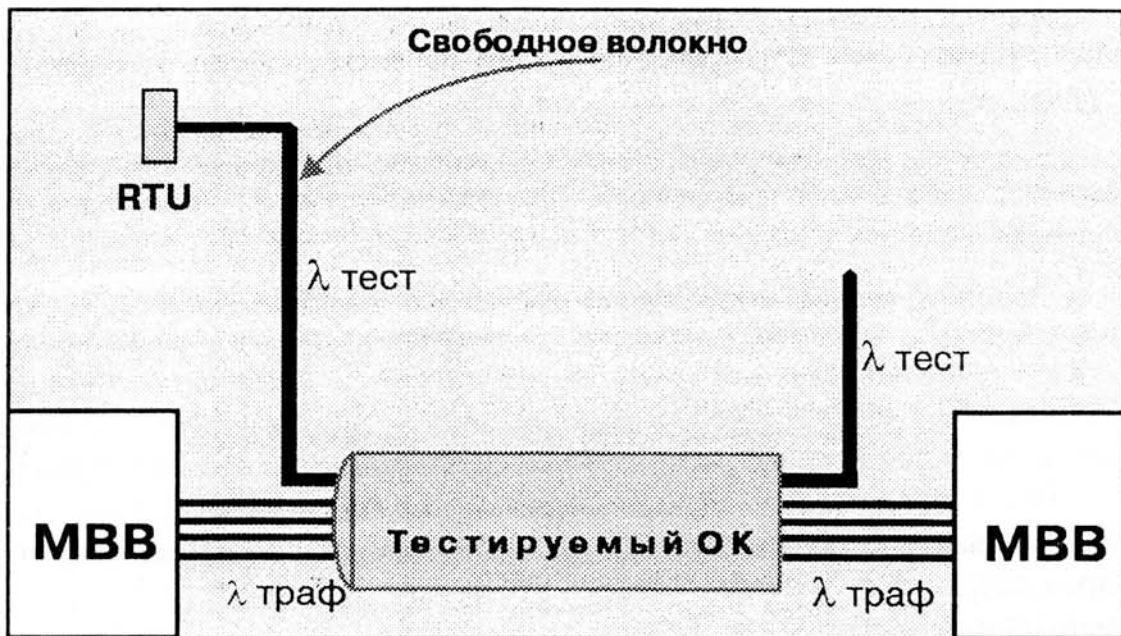
Важна возможность гибкой и экономичной организации системы RFTS для больших сетей. Потому предпочтительны системы, позволяющие устанавливать в узлах RTU сети как оптические рефлектометры, совмещенные с оптическими коммутаторами, так и только оптические рефлектометры или только оптические коммутаторы.

Система RFTS должна предусматривать возможность локального управления узлами. Для обслуживания большой сети требуется значительное количество персонала. Поэтому важна возможность локального управления модулями системы RFTS, без использования внешнего компьютера (notebook). Это позволяет не только снизить затраты на установку системы RFTS, но и упростить обслуживание такой системы, так как обслуживающему персоналу не потребуется носить с собой дополнительное оборудование.

Система RFTS должна иметь возможность распределенного управления со станций ONT, подключенных к сети управления - конфигурирование всех или определенных узлов RTU и получение всей или частичной информации от центрального блока управления TSC в зависимости от прав доступа.

6. Методы контроля оптических кабелей

Как было отмечено выше, контроль ВОК по пассивным оптическим волокнам основан на тестировании резервного волокна ВОК при длине волны $\lambda_{\text{траф}}$ оптического сигнала трафика, независимо от длины волны $\lambda_{\text{тест}}$ тестирующего оптического излучения.



МВВ – МУЛЬТИПЛЕКСОР ВВОДА/ВЫВОДА (ADD/DROP MULTIPLEXER)

Рис. 3 Метод контроля оптического кабеля по резервному волокну

При этом по состоянию контролируемого резервного оптического волокна судят об исправности всего кабеля, и, по некоторым данным этот способ мониторинга ВОК обеспечивает выявление около 90% нарушений кабеля. Однако, для своевременного и гарантированного обнаружения отклонений параметров контролируемых ВОК оптимальным считается контроль как минимум двух волокон в кабеле.

В последнее время ввиду роста темпов возрастания объемов передаваемой информации все большее распространение получает другой способ мониторинга по активным волокнам. Как известно, для передачи данных в ВОЛС обычно применяются 1310 нм или 1550 нм длины волн оптического излучения. Следовательно, для контроля состояния волокон целесообразно использовать $\lambda_{\text{тест}} = 1550$ нм при длине волны $\lambda_{\text{траф}} = 1310$ нм или $\lambda_{\text{тест}} = 1310$ нм при передаче на длине волны $\lambda_{\text{траф}} = 1550$ нм. В то же время по экономическим соображениям, вызванным необходимостью увеличения емкости каналов передачи данных, часто используются обе указанные длины волн, поэтому в последнем случае для контроля необходимо использовать иную длину волны, например $\lambda_{\text{тест}} = 1625$ нм, которая отличается от используемых для передачи данных и, как следствие, может быть эффективно выделена на приемной стороне линии связи.

По сравнению с рассмотренным выше методом контроля оптических кабелей по пассивному волокну, метод контроля по активному волокну дает практически 100%-ную гарантию обнаружения неисправностей кабеля и отличается более высокой стоимостью реализации из-за введения в линию связи оптических мультиплексоров и фильтров. Применение этого метода оказывается целесообразным для тестирования оптических волокон, по которым передается важная информация, а также когда для передачи данных задействованы все волокна в кабеле [11].

7. Выводы

Использование автоматизированной системы администрирования ВОК позволяет обеспечить автоматическое обнаружение, точную локализацию и индикацию на географической карте возникшей неисправности ВОЛС, оперативно организовать ремонтно-

восстановительные работы, выполнить профилактику повреждений линии связи и минимизировать время устранения повреждений оптических кабелей, к которым можно отнести:

- обрывы кабеля, обусловленные строительными работами, пожаром, автодорожными и железнодорожными авариями, стихийными бедствиями или саботажем;
- неисправности, вызванные выходом из строя компонентов ВОЛС, некачественными сварными соединениями, увеличением потерь из-за попадания влаги в кабель нарушением коммутаций в сети и др.

Внедрение системы автоматического мониторинга неразрывно связано с созданием базы данных кабельного хозяйства волоконно-оптической сети. Ввиду ее централизованности, гибкой и оперативной наращиваемости и конфигурируемости создание базы позволит повысить степень оперативности управления сложными и разветвленными ВОЛС, упростит задачу документирования новых прокладываемых ВОК и изменения состояния уже существующих.

Компоненты системы имеют модульную конструкцию с широким спектром различных конфигураций и наборов интерфейсов, поэтому система мониторинга легко внедряется в любую телекоммуникационную сеть, наращивается и подстраивается под ее текущие изменения.

С растущей конкуренцией в телекоммуникационной индустрии более явно вырисовывается проблема постоянного поддержания высокого качества предоставляемых услуг. Система Orion позволяет оптимизировать среднее время восстановления ВОЛС при отказе и способна идентифицировать неисправности ВОК до того, как они повлияют на качество связи. Таким образом она обеспечивает высокий уровень сервисного обслуживания волоконно-оптической сети связи, сохраняя инвестиции и способствуя повышению качества обслуживания конечных пользователей.

При этом возрастет рентабельность первичных и вторичных сетей связи.

Список литературы

1. Хволес Е.А., Ходатай В.Г., Шмалько А.В. Волоконно-оптические линии связи и проблемы их надежности. – ВКСС. Connect! 2000, №4.
2. Бакланов И.Г. Технологии измерений в современных телекоммуникациях. – М.: Изд. ЭКО-ТРЕНДЗ, с.13.
3. Иванов А.Б. Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи. Часть 1. – М.: Сайрус Системс, 2000. –376 с.
4. Волоконно-оптическая техника; история, достижения, перспективы // Сб. статей под ред. Дмитриева С.А., Слепова Н.Н. – М.: Изд. Connect, 2000. –376 с.
5. Родомиров Л., Скопин Ю.Г., Иванов А.Б. Методы и оборудование удаленного тестирования ВОЛС. – Вестник связи, 1998, №5, с. 64-71.
6. Некрасов С. Е. Системы дистанционного мониторинга оптических кабелей. – Технологии и средства связи, 2000, №5, с. 28-32.
7. Информация с Web-сервера компании Hewlett-Packard, <http://www.hp.com>
8. Информация с Web-сервера компании Wavetek Wandel & Goltermann, <http://www.fiberoptics.wwg-solutions.com>
9. Информация с Web-сервера компании EXFO, <http://www.exfo.com>
10. Информация с Web-сервера компании GN Nettest, <http://www.gnnettest.com>
11. Мир Связи Connect #3(60), 2001

Поступила 28.11.2001
после доработки 26.12.2001