

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Учебник

Под редакцией А. В. НАЗАРОВА

Рекомендовано

*Федеральным государственным автономным учреждением
«Федеральный институт развития образования» (ФГАУ «ФИРО»)
в качестве учебника для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы среднего
профессионального образования по специальности
230111 «Компьютерные сети»*

*Регистрационный номер рецензии 556
от 20 декабря 2013 г. ФГАУ «ФИРО»*



Москва
Издательский центр «Академия»
2014

УДК 004(075.32)

ББК 32.81я723

Э414

Рецензенты:

заместитель директора Московского авиационного техникума им. Н. Н. Годовикова
по учебной работе *Н. А. Краев*;

председатель Учебно-методической комиссии УМЦ Департамента образования
г. Москвы, председатель комиссии «Информационная безопасность» ГАОУ СПО
ПК № 8 им. И. Ф. Павлова, канд. пед. наук, доц. *В. П. Зверева*

Эксплуатация объектов сетевой инфраструктуры : учеб-
Э414 ник для студ. учреждений сред. проф. образования /
[А. В. Назаров, В. П. Мельников, А. И. Куприянов, А. Н. Енгалычев]; под ред. А. В. Назарова. — М. : Издательский центр
«Академия», 2014. — 368 с.

ISBN 978-5-4468-0347-7

Учебник может быть использован при освоении профессионального модуля ПМ.03 «Эксплуатация объектов сетевой инфраструктуры» в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 230111 «Компьютерные сети».

Изложены вопросы аппаратно-программной организации и эксплуатации объектов сетевой инфраструктуры (ОСИ). Описаны схемы и способы послеаварийного восстановления работоспособности ОСИ, применение резервного копирования данных, организация работ по восстановлению функционирования сети, локализация неисправностей ОСИ, выбор аппаратуры, используемой для этой цели. Рассмотрены безопасность функционирования информационных систем, обеспечение информационной безопасности (ИБ); показано ее место в национальной безопасности России в государственной информационной политике. Приведены методология оценки и стандарты ИБ, технологии аутентификации и криптографической защиты информационных процессов, защиты межсетевого обмена данными в операционных системах.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 004(075.32)

ББК 32.81я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Коллектив авторов, 2014

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2014

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2014

ISBN 978-5-4468-0347-7

Уважаемый читатель

Данное издание является частью учебно-методического комплекта по специальности 230111 «Компьютерные сети».

Учебник предназначен для изучения профессионального модуля ПМ.03 «Эксплуатация объектов сетевой инфраструктуры».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Учебно-методический комплект разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования с учетом его профиля.

Список сокращений

АА	—	аппаратный анализатор
АИМ	—	абстрактная информационная модель
АИТ	—	автоматизированные системы управления, использующие информационные технологии
АР	—	анализ рисков
АРМ(Д)	—	автоматизированное рабочее место диспетчера
АСОД	—	автоматизированная система обработки данных
АТС	—	автоматическая телефонная станция
БД	—	база данных
ВБС	—	выбор безаварийных систем
ВЗУ	—	внешнее запоминающее устройство
ВС	—	вычислительная система
ВТ	—	вычислительная техника
ВЦ	—	вычислительный центр
ГД	—	генетический алгоритм
ГД	—	групповой датчик
ГП	—	горизонтальная подсистема
ГРП	—	главный распределительный план
Д	—	драйвер
ДД	—	диспетчер драйверов
ДТС	—	дублируемое техническое средство
ЗО	—	запрос на выполнение операций
ЗУ	—	запоминающее устройство
ИБ	—	информационная безопасность
ИВС	—	информационно-вычислительная система
ИВФ	—	интерфейс вызовов функций
ИМО	—	информационная модель
ИО	—	инженерное оборудование
ИП	—	инициация проекта
ИПБ	—	информационное противоборство
ИПД	—	интерфейс передачи данных
ИР	—	информационный ресурс

ИС	—	информационная система
ИТ	—	информационные технологии
К	—	коммутатор
КЗ	—	короткое замыкание
ККМ	—	контрольно-корректирующий метод
КНУ	—	контроллер нижнего уровня
КС	—	компьютерная система
КСЗИ	—	комплексная система защиты информации
КУ	—	канальный уровень
ЛВС	—	локальная вычислительная сеть
МДКН/ОК	—	множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий
МДКН/ПК	—	множественный доступ с контролем несущей и предотвращением коллизий
МВК	—	межведомственная комиссия
НРВ	—	непрерывная работа и восстановление
НСД	—	несанкционированный доступ
ОЗУ	—	оперативное запоминающее устройство
ООП	—	объектно-ориентированное программирование
ОП	—	обучение персонала
ОС	—	операционная система
ОСИС	—	объект сетевой инфраструктуры
ОТЭ	—	объект технического обслуживания
П	—	приложение
ПД	—	персональные данные
ПЗУ	—	постоянное запоминающее устройство
ПК	—	персональный компьютер
ПО	—	программное обеспечение
ППИ	—	процесс переработки информации
ПРП	—	промежуточный распределительный план
ПС	—	программные средства
ПТ	—	приемочное тестирование
ПЭВМ	—	персональная электронно-вычислительная машина
РБД	—	распределенная база данных
РД	—	руководящий документ
РК	—	резервное копирование
РПЗ	—	расчетно-пояснительная записка
СВД	—	стратегия восстановления данных
СВДП	—	стратегия восстановления данных конечных пользователей
СВП	—	стратегия восстановления приложений

СВС	—	стратегия восстановления сетей
СД	—	сбор данных
СК	—	сетевой контроллер
СКВС	—	система контроля вскрытия устройств
СКС	—	структурированная кабельная система
СОП	—	сеть общего пользования
СПД	—	сеть передачи данных
СР	—	среда распространения
СТК	—	система телекоммуникации
СУБД	—	система управления базами данных
СЭ	—	сетевой элемент
ТЗ	—	техническое задание
ТКК	—	телекоммуникационный канал
ТКС	—	телекоммуникационная сеть
ТО	—	техническое обслуживание
ТП	—	техническое помещение
ТПП	—	тестирование и поддержка плана
ТПС	—	теоретическая пропускная способность (сети)
ТС	—	тестирование на соответствие
ТЭ	—	техническая эксплуатация
УВ	—	уведомления
УР	—	управляющий ресурс
ХД	—	хранилище данных
ЦОД	—	центр обработки данных
ЦПУ	—	центральное процессорное устройство
ЦУ	—	центр управления
ЭМИ	—	электромагнитное излучение
ЭРП	—	этажный распределительный план
ЭС	—	экспертная система
ЭТ	—	эталонное тестирование

Предисловие

Современный этап развития мировой цивилизации характеризуется переходом к постиндустриальному информационному обществу, предполагающему новые формы социальной и экономической деятельности, базирующиеся на массовом использовании информационных технологий (ИТ) и, в частности, телекоммуникационных технологий.

Технологической основой информационного общества является Глобальная информационная инфраструктура, которая должна обеспечить возможность доступа к информационным ресурсам каждого жителя планеты, а также создать условия для формирования глобальной сетевой экономики. Для органичного вхождения Российской Федерации в данную инфраструктуру требуется наличие в отрасли связи большого количества квалифицированных специалистов. Особое место среди них занимают специалисты среднего звена, получившие среднее профессиональное техническое образование по специальности «Компьютерные сети», которые будут непосредственно осуществлять эксплуатацию, управление и обслуживание объектов сетевой инфраструктуры (ОСИС) — составных компонентов локальных вычислительных сетей (ЛВС).

Цель данного учебника — ознакомить студентов с теоретическими основами и практическими принципами технической организации, функционирования, управления, обслуживания и эксплуатации ОСИС.

Учебник подготовлен по материалам отечественной и зарубежной технической литературы, конспектов лекций преподавателей колледжей и вузов связи России и состоит из двух частей. **Первая часть** посвящена обсуждению вопросов эксплуатации и обслуживания сетевых конфигураций. В первой главе излагаются вопросы классификации, логические (информационные) основы функционирования, эксплуатации и аппаратно-программной организации ОСИС, указывается, что поддержание сети в работоспособном состоянии невозможно без проектной и эксплуатационной документации.

Во второй главе рассмотрены организация и проведение профилактики ОСИС, влияние расширяемости и масштабируемости сети на жизнеспособность эксплуатации сетевых конфигураций.

В третьей главе изложен материал по работам, которые должен выполнять персонал, применяя аппаратно-программные средства (анализаторы протоколов, контроля трафика, диагностики состояния физических каналов, сканеры, тестеры и экспертные системы) для выявления аномальной работы сети и выбора технических и программных средств (ПС) обеспечения ее работоспособности.

В четвертой главе описаны схемы и способы послеаварийного восстановления работоспособности ОСИС, применение резервного копирования данных, резервирования технических средств компьютерных сетей и вопросы организации работ по восстановлению функционирования сети.

В пятой главе представлены принципы локализации неисправностей ОСИС, аппаратура, используемая для этой цели, описана диагностика неисправностей ОСИС с использованием соответствующих средств, что позволяет администратору и технической службе формировать навыки планирования действий по предотвращению «пожаров» в сети.

В результате изучения материалов первой части учебника учащийся будет владеть основными знаниями по профилю «Эксплуатация объектов сетевой инфраструктуры», требуемыми для выполнения следующих видов профессиональной деятельности:

- установка, настройка, эксплуатация и обслуживание технических и программно-аппаратных средств компьютерных сетей;
- проведение профилактических работ на ОСИС;
- эксплуатация сетевых конфигураций;
- участие в разработке схемы послеаварийного восстановления работоспособности компьютерной сети, восстановлении и резервном копировании информации;
- организация инвентаризации ОСИС и осуществление контроля поступившего из ремонта оборудования;
- проведение замены расходных материалов и мелкого ремонта периферийного оборудования.

Вторая часть посвящена обсуждению вопросов безопасности функционирования ОСИС. В шестой главе раскрываются организационные и правовые вопросы обеспечения информационной безопасности (ИБ) организаций и предприятий, рассматриваются общие положения правового регулирования информаци-

онных потоков в Российской Федерации, нормативно-правовые акты защиты ИБ при переработке информации. Раскрываются понятия различных видов тайн.

В седьмой главе рассматриваются методологические и научные основы обеспечения ИБ деятельности общества, вопросы государственного регулирования в этой области. Обсуждается типовая структура системы ИБ предприятия, вопросы организации службы безопасности и системы защиты предприятия от попыток несанкционированного доступа к данным, а также методология и содержание системного подхода к вопросам обеспечения ИБ предприятия. Рассматриваются вопросы применения программно-аппаратных средств для обеспечения ИБ объектов.

В восьмой главе описываются методы и средства защиты вычислительной среды и средств хранения и переработки информации в крупных компьютерных сетях. Описываются методы преобразования сообщений и сигналов при обеспечении ИБ, оценивается информационная емкость сигналов при их кодировании, алгоритмы криптозащиты информационных процессов, стандартизация криптосистем, аутентификация информации. Обсуждаются роль и значение электронной подписи, стенографические методы защиты информационных процессов.

Изучив вторую часть учебника, учащийся будет:

- знать методологию обеспечения ИБ государства и его структур, методы и средства защиты от угроз ИБ, права и обязанности службы безопасности предприятия, средства хранения и переработки информации в сетях, технологию борьбы с компьютерными вирусами в сетях, методы преобразования сообщений и сигналов информационных систем (ИС) для обеспечения ИБ;
- владеть навыками защиты процессов переработки информации и персональных данных, оценки безопасности информационных ресурсов, технологий учета конфиденциальных документов, организации защиты объектов и управления доступом к вычислительным сетям;
- уметь: а) организовывать защиту конфиденциальности информации, применять ИТ для обеспечения информационной безопасности предприятий; б) организовывать учет конфиденциальных документов; в) организовывать защиту от компьютерных вирусов; г) применять на практике алгоритмы криптозащиты, аутентификации и электронную подпись.

В приложениях даны примеры технической документации, регламентирующей правила технической эксплуатации и технического обслуживания объектов сетевой инфраструктуры.

I ЧАСТЬ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ СЕТЕВЫХ КОНФИГУРАЦИЙ

- Глава 1. Установка и эксплуатация компьютерных сетей
- Глава 2. Профилактика объектов сетевой инфраструктуры
- Глава 3. Эксплуатация сетевых конфигураций
- Глава 4. Послеаварийное восстановление компьютерной сети
- Глава 5. Диагностика неисправностей сетевой инфраструктуры

УСТАНОВКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

1.1. ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕТЕЙ

Понятие и виды телекоммуникационной сети. Термин «телекоммуникация» означает связь при помощи электронного оборудования. Средства связи, обусловленные физиологическими возможностями человека, не могут решать проблему передачи больших объемов информации на значительные расстояния. Для решения этой проблемы человек создал технические средства связи — радиоэлектронные устройства, формирующие и восстанавливающие электрические сигналы. Практика общения между людьми показывает, что наиболее удобной для передачи единицы информации является сообщение. Физический процесс, отображающий передаваемое сообщение, называется *сигналом*. Передача и прием электрических сигналов, несущих сообщения любого рода, является телекоммуникацией.

На рис. 1.1 показана структурная схема системы телекоммуникации (СТК), которая служит для передачи на расстояние сообщений между двумя абонентами по телекоммуникационному каналу (ТКК). Сообщение, создаваемое источником сигналов и формируемое в передатчике, преобразуется в преобразователе (П) в элек-

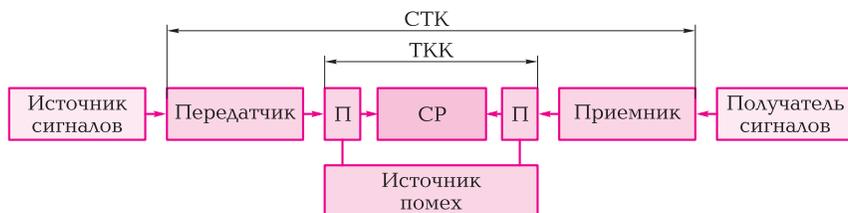


Рис. 1.1. Структурная схема системы телекоммуникации

трический сигнал, который через среду распространения (СР) доставляется к месту приема сигналов, где снова преобразуется и через приемник поступает к получателю.

Для выполнения этих операций используется специальная аппаратура коммутации, называемая телекоммуникационной и позволяющая образовать тракт для передачи электрических сигналов. Совокупность технических средств, обеспечивающих передачу и распределение сообщений, называется *телекоммуникационной сетью* (ТКС).

В России вся сеть страны подразделяется на две взаимосвязанные составляющие: первичную и вторичную сети [28]. **Первичная сеть** объединяет сетевые станции, узлы и соединяющие их линии передачи в целях организации каналов передачи и групповых трактов с учетом административного разделения территории страны. Первичная сеть состоит из следующих частей:

- *местные первичные сети* — часть сети, ограниченная территорией города или сельского района;
- *зоновые первичные сети* — часть сети, охватывающая территорию зоны (область, край, республика) и обеспечивающая соединение между собой каналов разных местных сетей внутри одной зоны;
- *магистральная первичная сеть* — часть сети, соединяющая между собой каналы разных зоновых сетей на всей территории страны.

Вторичная сеть — это совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сообщений определенного вида, в состав которой входят: оконечные устройства, абонентские и соединительные линии, коммутационные станции, а также каналы, выделенные из первичной сети для образования вторичной. Вторичные сети, в свою очередь, подразделяются на телефонные, телеграфные, сети передачи данных, факсимильные, телевизионного и звукового вещания.

В 1992 г. в нашей стране создана Взаимоувязанная сеть связи Российской Федерации, представляющая собой комплекс технологически сопряженных сетей электросвязи на территории Российской Федерации, объединенных общим централизованным управлением. Она состоит из двух частей [34]:

1) *транспортная сеть* — часть сети связи, охватывающая магистральные узлы, междугородные станции, а также соединяющие их каналы и узлы (междугородные, международные);

2) *сеть гоступа* — совокупность абонентских линий и станций местной сети, обеспечивающая доступ абонентских терминалов к

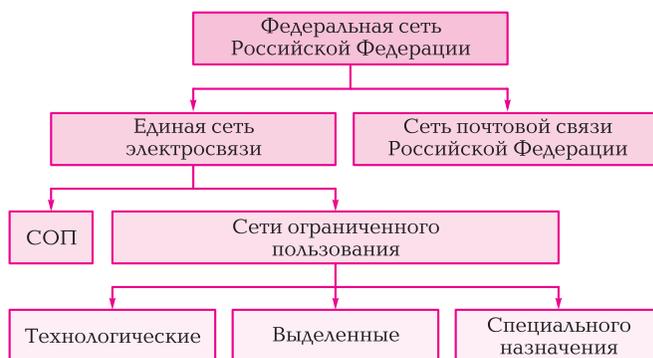


Рис. 1.2. Структура Единой сети электросвязи

транспортной сети, а также местную связь без выхода на транспортную сеть.

Сетевой основой российских телекоммуникаций определена Единая сеть электросвязи как составная часть Федеральной сети Российской Федерации. Ее структура, показанная на рис. 1.2, объединяет все сети электросвязи, расположенные на территории России. Единая сеть электросвязи предназначена для удовлетворения потребностей населения, органов государственной власти и управления, обороны, безопасности, а также хозяйствующих субъектов.

Сеть общего пользования (СОП) предназначена для предоставления услуг электросвязи любому пользователю на территории Российской Федерации; она представляет собой комплекс взаимодействующих сетей связи, включая сети для распространения программ теле- и радиовещания.

Сеть ограниченного пользования — сеть, контингент которой ограничен корпоративными клиентами. Она подразделяется на три вида [4]:

1) *технологические сети связи* — служат для обеспечения производственной деятельности организаций и управления технологическими процессами;

2) *выделенные сети связи* — предназначены для предоставления услуг ограниченному числу пользователей;

3) *сети связи специального назначения* служат целям обеспечения государственного управления, обороны, безопасности и охраны правопорядка.

Методы развертывания физической инфраструктуры сетей. В последнее время в сфере ТКС происходит замена старого сете-

вого оборудования на новое, которое, в отличие от ранее используемого, способно обеспечить качественную и экономичную передачу голоса и цифровых данных по единой сети. Указанная совместная передача данных и голоса получила название *конвергированная передача* (конвергенция — слияние, объединение). Новое оборудование открывает также новые возможности конвергенции голоса и данных для оптимизации бизнес-процессов. В этих условиях на первое место в сфере проектирования и обслуживания компьютерных сетей выходят физические аспекты их эксплуатации, предусматривающие обеспечение физической безопасности зданий и корректную реализацию сети внутри самого здания.

Комплекс работ по решению этих проблем включает в себя:

- планирование системы физической безопасности сети;
- экспертную оценку состояния ОСИС организации;
- разработку проекта сетевой инфраструктуры и ее развертывание;
- преобразование имеющейся инфраструктуры в конвергентное решение с составлением подробного проекта на основе общей архитектуры решения;
- обучение и приемочное тестирование персонала;
- улучшение характеристик и повышение эксплуатационной эффективности за счет непрерывного анализа состояния сети и консультаций экспертов.

Экспертная оценка текущего состояния ОСИС организации выполняется в целях квалифицированной оценки состояния безопасности сетевой инфраструктуры и разработки рекомендаций по ее модернизации и развитию.

Развертывание сетевой инфраструктуры предприятия включает в себя следующие этапы [33]:

- анализ сетевых ресурсов для их рациональной интеграции в единую сеть;
- составление документации для монтажа ТКС и телефонии (план помещений, чертеж разводки, расчет конфигурации, определение дополнительных ОСИС, составление план-графика монтажа ТКС);
- монтаж кабель-каналов, прокладка кабелей, установка и разводка телефонных и сетевых розеток, установка и разводка кросс-шкафов и панелей, тестирование кабельной системы;
- установка ОСИС, подключение компьютеров и обучение пользователей;
- выбор, покупка или сборка серверов, установка и настройка серверного программного обеспечения (ПО), конфигурирова-

ние требуемого уровня безопасности сервера, создание и настройка учетных записей, профилей пользователей и системных политик, назначение прав доступа;

- определение объектов и технологии резервного копирования, установка и настройка ПО, тестирование и последующий контроль, подготовка инструкций для персонала;
- установка и настройка антивирусного ПО.

Наиболее ответственной задачей на этапе разработки новой компьютерной системы является определение групповых ролей и задач персонала, основные из которых приведены в табл. 1.1.

Правила проведения процесса развертывания должны отвечать на вопросы: какой образ ОС следует развертывать и какие параметры конфигурации следует использовать?

В качестве примера все действия, которые необходимо выполнить до развертывания целевой операционной системы на целевом компьютере, приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.1

№ п/п	Групповая роль	Основные задачи
1	Управление программами	1. Управление разработкой рабочих спецификаций. 2. Управление проектом. 3. Уточнение планов
2	Разработка	1. Программирование и разработка документации. 2. Создание и настройка конфигурации образов операционной системы (ОС). 3. Разработка инфраструктуры
3	Тестирование	1. Проверка документации. 2. Функциональное тестирование
4	Поддержка пользователей	1. Обучение пользователей. 2. Тестирование удобства использования
5	Управление выпуском	1. Создание серверов развертывания. 2. Разработка и (или) обновление планов развертывания. 3. Разработка правил развертывания системы. 4. Создание номенклатуры мест развертывания

Таблица 1.2

№ п/п	Этап разработки	Описание результата
1	Подготовлена среда развертывания	Подготовлена, по крайней мере, одна точка развертывания. Определены параметры и произведена обработка образов ОС. Завершена настройка развертывания
2	Подготовлен сервер Windows DS	Выполнена настройка сервера, на котором запущена служба Windows. Соответствующие рабочие образы ОС помещены на сервер Windows
3	Выполнены настройки для доступа к ресурсам	Выполнена настройка общих папок пользователей для разрешения доступа к учетным записям пользователей соответствующих служб
4	Созданы образы ОС и среды Windows PE	Выполнены создание и настройка образов и носителей, используемых для развертывания среды и целевых ОС
5	Настроены правила проведения процесса развертывания	Правила проведения процесса установки сохранены в соответствующем месте для использования при развертывании

Инструкции по развертыванию ОС. Программные платформы и аппаратно-программные комплексы обычно используются в качестве основы для создания систем различного назначения. Это могут быть как автоматизированные системы, охватывающие часть деятельности организации, так и системы инфраструктурно-го назначения: серверные, сетевые и др.

В процессе внедрения новой конфигурации компьютерной сети администратору приходится решать две типовые задачи:

- 1) переход к более поздним версиям ОС;
- 2) развертывание (установка) новой ОС на всех хостах АВС.

Если внедрение новой конфигурации осуществляют администраторы организации-пользователя, не обладающие необходимыми знаниями, то они должны иметь подробные инструкции-указания, позволяющие шаг за шагом построить из предлагаемого рынком комплекса программных услуг свою конкретную систему. В этом и состоит задача инструкции по развертыванию.

Взаимодействие пользователя с любым современным компьютером — персональным, портативным, сервером или мейн-

фреймом — невозможно без посредника между человеком и аппаратной частью. Этим связующим звеном в подавляющем большинстве случаев является ОС. В связи с повсеместным внедрением компьютерной техники проблема быстрой установки ПО становится все более актуальной. Большинству пользователей не составляет труда установить ОС на отдельный компьютер, но подготовить к работе десятки и сотни терминалов — серьезная проблема для большинства системных администраторов малых сетей. Поэтому спрос на ПС, позволяющие переносить рабочий софт с одной машины на другую, повышается с каждым днем.

Одним из таких пакетов является бесплатный пакет Microsoft Deployment Toolkit 2010 (MDT—2010), который позволяет любому системному администратору и даже «продвинутым» пользователям справиться с решением перечисленных ранее задач. Пакет MDT—2010 включает в себя несколько программ-мастеров, которые в режиме «вопрос — ответ» выполняют развертывание и (или) обновления ОС без участия оператора.

Приведем перечень этапов по развертыванию ОС на хосты и соответствующие им адреса интернет-ресурсов с пошаговыми инструкциями:

- установить MDT—2010 [67] и создать общий ресурс развертывания [66];
- импортировать ОС [48] и создать последовательность задач [63];
- обновить общий ресурс развертывания [56] и развернуть первый образ [65].

1.2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕТЕЙ

Логические основы технической эксплуатации сетей. Современные ТКС — это высокоскоростные цифровые системы передачи данных на оптическом кабеле с высоким уровнем ПО, рассчитанные на техническую эксплуатацию (ТЭ) в соответствии с современной концепцией контроля и управления. Данная концепция предполагает, что ТЭ первичной сети оператора представляет собой совокупность методов и алгоритмов технического обслуживания (ТО), обеспечивающих организацию и поддержание в требуемых пределах установленных норм любых ОСИС. Основной целью ТО является минимизация случаев возникновения и влия-

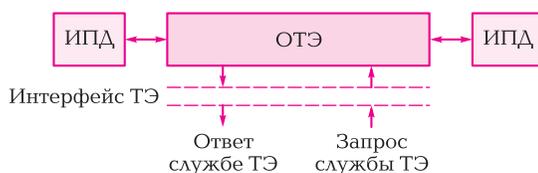


Рис. 1.3. Схема взаимодействия объекта с интерфейсом ТЭ

ния отказов на работоспособность каждого объекта ТЭ, входящего в состав ОСИС.

К объектам технической эксплуатации (ОТЭ) относятся технические средства связи, являющиеся составной частью соединения в трактах и каналах передачи данных и имеющие интерфейс ТЭ для обмена сигналами контроля и управления функциями интерфейсов передачи данных (ИПД), как это показано на рис. 1.3. В соответствии с этим определением под объектом ТЭ может пониматься как отдельный комплект телекоммуникационной аппаратуры (например, синхронный мультиплексор), так и участок либо линии передачи, либо сети связи.

Процесс технической эксплуатации ЛВС включает в себя: измерение рабочих характеристик; обнаружение отказов; сигнализацию об отказах и рабочих характеристиках; резервирование; восстановление работоспособности; проверку (после восстановления).

Рекомендуются следующие методы технического обслуживания объектов ТЭ:

- профилактическое ТО, выполняемое через определенные интервалы времени или в соответствии с заранее установленными критериями и направленное на своевременное предупреждение возможности появления отказа или ухудшения функционирования объектов;
- корректирующее ТО, выполняемое после обнаружения состояния неработоспособности объектов и направленное на его восстановление в состояние, когда параметры качества объектов находятся в пределах установленных допусков;
- управляемое ТО, выполняемое путем систематического применения методов анализа состояния объектов и направленное на минимизацию работ по профилактическому и корректирующему ТО.

На современном этапе развития ТКС доминирующее значение приобретает управляемое ТО, которое по сравнению с профилак-

тическим и корректирующим ТО позволяет обнаружить и устранить намечающийся отказ, а в ряде случаев — осуществить восстановление сети без прекращения связи. Современные средства профилактики ориентированы именно на применение управляемого ТО и во взаимодействии со средствами сети управления электро-связью обеспечивают ТЭ на новом качественном уровне [7].

Наряду с объектами ТЭ также определяются *вспомогательные объекты* ТЭ, не выполняющие непосредственно функцию передачи сообщений, — это устройства обнаружения отказов, передачи служебных сигналов, аварийной сигнализации, сопряжения с внешней системой контроля и управления.

Один или несколько объектов ТЭ с одним или несколькими вспомогательными объектами ТЭ составляют элемент сети, или *сетевой элемент*. Для современных средств электросвязи, эксплуатация которых основана на применении управляемого ТО, объекты ТЭ, входящие в состав сетевого элемента, являются по существу управляемыми объектами.

Сетевой элемент наряду с функциями электросвязи выполняет функции формирования и обмена сигналами управления и контроля с другими сетевыми элементами и сетью управления электросвязью.

В соответствии с современной концепцией ТЭ результаты анализа рабочих характеристик ОСИС, контролируемых встроенными устройствами эксплуатационного контроля, выдаются на пульт контроля либо автоматически после возникновения отказа или ухудшения качества функционирования, либо по запросу администратора службы технической эксплуатации. Цель описанных действий — снижение уровня и (или) устранение отказов.

Отказы объектов ТЭ подразделяются на аномалии и дефекты. *Аномалия* — это расхождение между текущим значением и требуемым значением параметра объекта. Аномалия может влиять или не влиять на способность объекта выполнять требуемую функцию. *Дефектом* считается ограниченный перерыв способности объекта выполнять требуемую функцию. Объект может требовать или не требовать действий по ТЭ в зависимости от оценки результатов дополнительного анализа. Последовательные аномалии, вызывающие уменьшение способности объекта ТЭ выполнять свою функцию, рассматриваются в качестве дефекта.

Управляемое ТО включает в себя:

- а) непрерывный эксплуатационный контроль;
- б) оперативно-технический контроль;
- в) операции управления и переключения на резерв.

Непрерывный эксплуатационный контроль сети является процессом, при котором аномалии и дефекты, обнаруженные в объектах ТЭ, анализируются и проверяются. Этот анализ может быть внутренним или внешним относительно объекта ТЭ. В случае внешнего анализа он может выполняться либо местными, либо централизованными средствами ТЭ. Контроль состоит из трех непрерывно и совместно проводимых процессов:

1) контроль для выявления аномалий — кратковременный период;

2) контроль для выявления дефектов — среднесрочный период;

3) контроль ухудшения качества — долговременный период.

Для каждого процесса в сети накапливаются данные об аномалиях и о дефектах, анализ которых позволяет оценить уровень качества функционирования объекта ТЭ и классифицировать его как нормальное, ухудшенное или неприемлемое. В качестве критерия здесь выступают пороги, назначаемые заранее для каждого дефекта (аномалии). Индикация ухудшенного или неприемлемого значения рабочих параметров выдается каждый раз при превышении заданного порога.

Все сигналы первичной информации от датчиков либо передаются от каждого объекта ТЭ в блок обработки, либо обрабатываются на месте. Показатели рабочих характеристик определяются на основе этой информации. Каждый из показателей рабочих характеристик обрабатывается отдельно, чтобы рассчитать величину показателя работы отдельного объекта ТЭ. Полученные данные составляют основу **оперативно-технического контроля** ОСИС, под которым понимается процесс определения соответствия реального состояния ОСИС обобщенным оценкам состояния объекта, указанным в технической документации.

По результатам оперативно-технического контроля состояния объекта ТЭ выносятся одно из следующих заключений:

- *норма* — параметры качества объекта находятся в пределах установленных допусков (приемлемое качество);
- *предупреждение* — параметры объекта находятся в пределах установленных допусков, а параметры его элементов и условия работы объекта свидетельствуют о возможности отказа объекта (приемлемое качество);
- *повреждение* — параметры качества вышли за пределы установленных допусков в результате нарушения режима работы объекта или наличия неисправности в нем, однако объект сохраняет состояние работоспособности (ухудшенное качество);

- *авария* — параметры качества вышли за пределы допусков в результате нарушения режима объекта или наличия неисправности в нем, вследствие чего наблюдается отказ объекта (неприемлемое качество).

Если в процессе контроля блок «Обнаружения неправильного функционирования» обнаружил угрозу аварийной ситуации, запускается процесс обработки аварийной ситуации. Основное назначение этого блока — количественное определение уровня ошибок и принятие решения о приеме тракта в эксплуатацию. Основным критерием оценки уровня ошибок в настоящее время является измерение блочных ошибок в тракте. Блок определяется как группа следующих друг за другом битов, которые могут быть закреплены за трактом передачи данных.

Каждая группа относится точно к одному блоку. Сам блок проверяется методом контроля по четности, а характер фиксируемых ошибочных блоков определяется по следующим критериям:

- V_E (блок с ошибками) — имеется одна или несколько ошибок по битам;
- S_E (секунда с ошибками) — секунда, за которую прошли блоки (блок) V_E ;
- S_{E-30} (секунда, пораженная ошибками) — секунда, за которую по тракту прошли 30 % блоков V_E или имели место более серьезные нарушения;
- V_{NE} (фоновая блочная ошибка) — блок с ошибками, не относящийся к секунде, пораженной ошибками.

Период неготовности, фиксируемый для одного направления тракта, — это период, начинающийся с 10 последовательных S_E и заканчивающийся до начала 10 последовательных секунд без S_E . Для современных цифровых систем передачи данных промежутки времени в 10 последовательных S_E является критерием отказа.

Логические основы сети Интернет. Интернет соединяет в единую систему сотни миллионов компьютеров. Каждый компьютер имеет уникальный адрес, по которому определяется его положение в сети Интернет. В основе функционирования Интернета лежит эталонная модель взаимодействия открытых систем, называемая далее *моделью OSI* (Open System Interconnection), которая задает единые правила функционирования всех ТКС. Собственно *открытыми* называются системы, использующие одинаковые протоколы взаимодействия, а *протоколами* — набор правил, регламентирующих порядок обмена информацией между устройствами или процессами в ТКС.

Таблица 1.3

Абонент-отправитель	Функции уровней OSI	Абонент-получатель
Уровень при- ложений ↓ ↓	Поддерживает локальную ОС и связь файловых систем, предоставляя команды для пересылки файлов	↑ Уровень при- ложений ↑
Представитель- ский уровень ↓ ↓	Перекодирует файлы в один из стандартных форматов	↑ Представитель- ский уровень ↑
Сеансовый уровень ↓ ↓ ↓	Устанавливает сеансы связи между службами. Управляет службой логических имен. Создает контрольные точки для синхронизации	↑ Сеансовый уровень ↑ ↑
Транспортный уровень ↓ ↓	Делит данные на сегменты. Управляет потоком данных, исправляя ошибки	↑ Транспортный уровень ↑
Сетевой уро- вень ↓ ↓ ↓	Обеспечивает: а) соединение для каждого сеанса связи; б) межсетевой обмен датаграммами на базе маршрутизации. Определяет IP-адреса хостов	↑ Сетевой уро- вень ↑ ↑ ↑
Канальный уровень ↓ ↓ ↓	Создает кадры и восстанавливает их из битового потока. Задает MAC-адрес. Обслуживает канал. Выявляет ошибки в физическом сегменте сети	↑ Канальный уровень ↑ ↑
Физический уровень ↓ ↓ ↓	Обеспечивает доступ к каналу передачи данных, задает его характеристики (скорость обмена, механические параметры среды передачи и пр.)	↑ Физический уровень ↑ ↑
↓ ↓	Канал передачи данных (витая пара и пр.) → → → → → → → → → →	↑ ↑

Подчиняясь протоколам модели OSI, данные на своем пути по сети от абонента к абоненту дважды проходят *семь уровней*. Этот путь указан стрелками в табл. 1.3. Здесь же приведены названия и основные функции всех уровней. Модель OSI разработали для облегчения и разделения труда инженеров сетевого оборудования и программистов, чтобы им было понятно, на каком уровне и с каким оборудованием они работают.

На **уровне приложений** взаимодействуют приложения, поэтому данные попадают с этого уровня на следующий (представительский) уровень в формате приложений: http (сайты), FTP (файлы), IRC (чат) и др.

На **представительском уровне** принимаются данные от уровня приложений специальной программой-клиентом, которая переводит их в один из стандартных форматов: для текстовых файлов — это форматы ASCII, EBCDIC, HTML; для звуковых файлов — MIDI, MP3, WAV и т.д.

На **сеансовом уровне** два приложения на разных компьютерах устанавливают, поддерживают и завершают соединение, называемое сеансом, т.е. сеансовый уровень управляет проведением сеансов связи, поддерживая диалог, подобный диалогу, приведенному на рис. 1.4. Сеансовый уровень определяет, какая из сторон, когда и как долго должна осуществлять передачу данных. Сеансовый уровень, кроме того, распознает логические имена абонентов и контролирует права доступа.

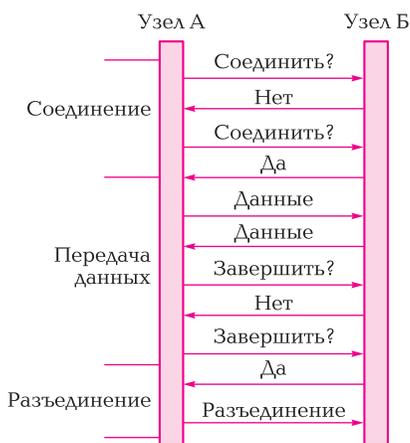


Рис. 1.4. Электронный диалог на сетевом уровне модели OSI

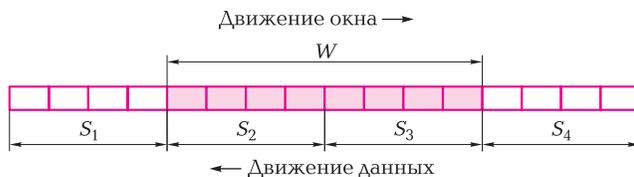


Рис. 1.5. Размещение сегментов в «скользящем окне»

Транспортный уровень обеспечивает доставку данных без ошибок, потерь и в нужной последовательности. Здесь же производится разбивка передаваемых данных на сегменты (перед отправкой) и восстановление из сегментов принимаемых данных (при приеме). Сегменты отправляются не сразу, а буферизуются (накапливаются) во временном буфере, как это показано на рис. 1.5. Для контроля подтверждения доставки в протоколе транспортного уровня используется метод квитирования: при получении очередного сегмента получатель посылает отправителю служебный кадр (квитанцию), подтверждающий факт приема сегмента.

Алгоритм квитирования называется «скользящее окно». В протоколе ТСП это окно определено на множестве нумерованных байтов неструктурированного потока данных, поступающих с сеансового уровня и буферизуемых протоколом ТСП. Получающий модуль ТСП отправляет посылающему модулю ТСП размер «окна», равный количеству байтов, которое принимающий модуль ТСП готов в настоящий момент принять. Квитанция посылается только в случае правильного приема данных. Отсутствие квитанции означает либо прием искаженного сегмента, либо потерю сегмента, либо потерю квитанции. В качестве квитанции получатель сегмента отправляет ответное сообщение (сегмент), в которое помещает число, на единицу превышающее максимальный номер байта в полученном сегменте. Это число часто называют номером очереди.

На рис. 1.5 показан поток сегментов, поступающий на вход модуля ТСП. В буфере модуля ТСП постоянно присутствуют сегменты, входящие в «скользящее окно», размером W (байт). Сегменты сектора S_1 , которые были отправлены и на которые уже пришли квитанции, удаляются из буфера. Их замещают сегменты сектора S_2 , которые также уже отправлены, но квитанции на них пока не получены. Третья часть потока — это сегменты сектора S_3 , которые пока не отправлены, но могут быть отправлены, как только до них дойдет очередь. Последняя граница указывает на начало последовательности сегментов сектора S_4 , ни один из которых не мо-

жет быть отправлен до тех пор, пока не придет очередная квитанция и окно не будет сдвинуто вправо.

Поскольку каждый байт пронумерован, легко регистрировать появление дубликатов в условиях повторной передачи кадра. Нумерация байтов в пределах сегмента идет по возрастанию. Благодаря подтверждениям и номерам очереди достигается надежность передачи и приема данных.

Сетевой уровень реализует функцию маршрутизации, заключающуюся в определении кратчайшего расстояния по сети между двумя ее абонентами. Все действия на сетевом уровне выполняет так называемый IP-модуль, который размещен на сетевой карте компьютера-абонента и все действия которого подчинены IP-протоколу, описанному в стандарте Интернета RFC — 791.

Понятие маршрутизации является ключевым в понимании функционирования локальных и глобальных сетей. Ее предметное описание требует предварительного ознакомления с рядом сетевых терминов [29].

Узел сети называется компьютер, поддерживающий IP-протокол. Узел сети может иметь один и более IP-интерфейсов, подключенных к одной или разным сетям (например, компьютер с двумя и более сетевыми картами). Каждый IP-интерфейс идентифицируется уникальным IP-адресом. IP-интерфейс — часть конфигурации сетевой платы компьютера, служащая для подключения и адресации хоста в сети (обычно через разъем 8P8C).

IP-сеть называется множество хостов (IP-интерфейсов), способных пересылать данные друг другу непосредственно (без ретрансляции через промежуточные компьютеры). IP-адреса интерфейсов одной IP-сети имеют общую часть, которая называется адресом IP-сети, или номером IP-сети, и специфическую для каждого интерфейса часть, называемую адресом, или номером, данного интерфейса в данной IP-сети.

Маршрутизатор — это узел сети с несколькими IP-интерфейсами, подключенными к разным IP-сетям, осуществляющий межсетевую передачу датаграмм между абонентами.

Датаграммой называется сегмент, состоящий из передаваемого сообщения и заголовков, добавляемых к нему на каждом уровне OSI, начиная с транспортного уровня.

Хостами называются узлы IP-сети, не являющиеся маршрутизаторами. IP-адрес хоста или маршрутизатора является уникальным 32-битным идентификатором IP-интерфейса в Интернете. При записи IP-адреса используют точки, отделяющие восьмерки бит (так называемые октеты) друг от друга. Например, IP-адрес

10100000010100010000010110000011 записывается так: 10100000.01010001.00000101.10000011, а сами октеты переводятся в десятичную систему счисления. Запись IP-адреса, приведенного ранее, примет вид: 160.81.5.131. (точечная десятичная система обозначений).

Старшие m битов IP-адреса хоста образуют номер IP-сети. Младшие n битов IP-адреса хоста определяют номер хоста в этой сети. Ясно, что $m + n = 32$. Положение метки, отделяющей биты номера сети от битов номера хоста в этой сети, определяет класс данной сети.

Маршрутизаторы работают с бесклассовой моделью записи IP-адресов, используя их запись в виде: $a.b.c.d/n$, где « $a.b.c.d$ » — собственно IP-адрес; n — количество бит в сетевой части. Например, в IP-адресе 137.158.144.7/17 маска сети содержит 17 единиц, за которыми следуют 15 нулей:

$$111111111111111111.0000000000000000 \quad (1.1)$$

Представив IP-адрес 137.158.144.7 в двоичном виде:

$$10001001100111101.001000000000111 \quad (1.2)$$

и побитно умножив (1.2) на маску сети (1.1), мы получим номер сети — левые 17 двоичных разрядов в выражении (1.2), которые для наглядности отделены здесь точкой, и номер хоста в этой сети, представленные правыми 15 битами в выражении (1.2). Запишем результат: IP-адрес 137.158.144.7/17 адресует хост 16.7 в сети 137.158.128.0/17.

Маршрутизация в содержательном плане Интернет — это комбинация сетей, соединяемых с помощью маршрутизаторов. Датаграмма идет по Интернету к пункту назначения от одного маршрутизатора к другому, пока не достигает маршрутизатора, закрепленного за сетью пункта назначения. Основная функция маршрутизатора — получить пакет от одной сети и передать другой. Маршрутизатор, как минимум, соединяет две сети. Получив пакет, он решает две задачи:

- 1) к какой сети он должен его передать;
- 2) по какому пути.

Последнее решение основано на выборе оптимального пути, длина которого определяется *метрикой* — стоимостью передачи датаграммы по сети. Полное измерение конкретного маршрута равно сумме метрик сетей, которые включают в себя маршрут. Маршрутизатор выбирает маршрут с наименьшей метрикой. Метрика (например, скорость трафика в сегменте сети) вычисляется и записывается в таблицу маршрутизации, пользуясь данными ко-

торой маршрутизатор вычисляет адрес следующего маршрутизатора, лежащего на оптимальном пути для очередного передаваемого пакета.

Для реализации своих функций маршрутизатор постоянно выполняет следующие действия:

- опрашивает своих соседей и узнает их сетевой адрес;
- измеряет стоимость связи с каждым из своих соседей (метрику);
- создает пакет, содержащий всю собранную информацию;
- рассылает созданный пакет всем маршрутизаторам-соседям по сети;
- вычисляет адрес маршрутизатора-соседа, через который проходит кратчайший путь до текущего абонента, и передает ему пакет.

Рассмотрим процесс маршрутизации на примере. На рис. 1.6 представлена сеть, в состав которой входят два маршрутизатора: G_1 и G_2 . Хосты A и B находятся в сети 1, которая соединяется с сетью 2 с помощью маршрутизатора G_1 . К сети 2 подключен маршрутизатор G_2 , соединяющий ее с сетью 3, в которой находится хост C .

Возможный вариант таблицы маршрутов, находящейся в памяти сетевой карты хоста A , приведен в табл. 1.4. Колонка «Адрес шлюза» показывает, на какой адрес будут посланы пакеты, идущие в сеть назначения. Если пакеты будут идти напрямую, то указывается собственный адрес — именно в этом случае используется запись On-link, означающая, что адрес шлюза равен адресу интерфейса. Это означает, что датаграммы, адресованные хостам той же сети 1 (здесь — только одному хосту B), отправляет сам хост A , так как это его локальная сеть, а датаграммы, адресованные в любую другую сеть (маршрут по умолчанию), хост A отправляет маршрутизатору G_1 , чтобы тот «занялся их дальнейшей судьбой».

Предположим, что хост A посылает датаграмму хосту B . Сравнив адрес сети хоста B с адресом «Сеть 1» в табл. 1.4, хост A обнаружит, что хост B принадлежит той же сети 1, что и A , а из столбца «Интерфейс» — что доставка пакетов осуществляется непосредственно самим хостом A .

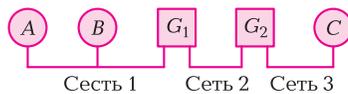


Рис. 1.6. Сеть с двумя маршрутизаторами