

РАЗДЕЛ III

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОММУНИКАТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Сетевая инфраструктура сетевых сообществ*

В. И. Тищенко, Ю. С. Попков

В соответствии с концепцией, сформулированной и изложенной ранее в работах, посвященных анализу становления сообществ в структурах Интернет [1, 2], под сетевым сообществом мы будем в этом материале понимать такие сообщества, отношения между которыми опосредованы компьютерными сетями. Исходя из этого, технологически модель сетевого сообщества складывается из двух ключевых компонент, а именно сетевой инфраструктуры и программных средств. Сетевая инфраструктура является основой для возникновения и развития сообщества. Она определяет не только количество потенциальных участников, но и характер коммуникационных взаимодействий между ними. Именно от сетевой инфраструктуры зависит уровень развития сообщества, под которым понимается возможность использования современных программных средств коммуникации и обеспечение надлежащего качества прикладных сервисов. В свою очередь сетевая инфраструктура складывается из следующих компонент:

1. **Сетевое оборудование.** Сетевое оборудование — это аппаратный фундамент сообщества. Современные тенденции развития сетевого оборудования позволяют говорить о возможности возникновения сообществ сложной структуры, сообществ, которые в своей повседневной практике используют сложные коммуникационные механизмы, сообществ с постоянно нарастающим числом участников.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта РГНФ («Становление виртуальных сообществ в структуре региональной и муниципальной власти»), проект № 03–03–00221а.

2. **Инфраструктура сети.** Инфраструктура сети определяет логику взаимодействия между участниками, правила обмена данными, а так же поиска необходимой информации в сети.
3. **Сети хранения.** Сети хранения — представляют собой универсальные средства хранения большого объема данных, быстрого поиска и извлечения нужной информации. Сети хранения позволяют, по сути, организовать библиотеку знаний, которая может содержать как общую историю сообщества, так и специализированные данные для проведения сложных расчетов.
4. **Механизмы предоставления гарантированного качества прикладных сервисов** — являются центральным элементом в любых коммуникационных взаимодействиях. За счет этих механизмов достигается не только имитация «живого общения», но и рост коэффициентов присутствия и участия пользователей в жизни сообщества.

1. Основные виды аппаратных решений формирования сетевых сообществ.

Сетевое оборудование

Жизнь всякого сетевого сообщества начинается с выбора аппаратных решений, обеспечивающих его становление и последующее развитие. Здесь возможны два пути: первый и самый распространенный — использование готовых решений, примерами могут служить Интернет-кафе, электронные библиотеки, игровые клубы; второй — самостоятельное создание сетевой инфраструктуры, примерами могут служить локальные сети НИИ, средних и крупных корпораций, отдельных рабочих групп¹⁾.

В зависимости от проблематики и направленности сетевого сообщества разнятся требования к сетевому оборудованию. Для небольших «тусовок» — вполне подойдут сети со средними показателями эффективности, обладающие невысокой стоимостью и простотой администрирования. Для сообществ уровня корпорации могут потребоваться высокоскоростные, отказоустойчивые и хорошо защищенные аппаратные решения.

¹⁾ В соответствии со сложившейся терминологией, к рабочим группам относят только небольшие подразделения в составе предприятия. В таких подразделениях сеть состоит из выделенных серверов, проводки на основе витой пары, концентраторов и коммутаторов.

Однако в жизни нередко встречаются организации, занимающие всего одну-две комнаты, не имеющие никаких внешних каналов (кроме разве что соединения с Интернет, и то по обычным телефонным линиям). Штат таких организаций состоит всего из одного-двух десятков сотрудников, а за компьютерами обычно работают считанные единицы. Как правило, это мелкие торговые агентства, ремонтные конторы, страховые общества и т.д. Никаких серьезных сетевых приложений здесь не применяют, сеть в первую очередь служит для тривиального обмена файлами и вывода на печать. В лучшем случае в такой компании используются простенькие бухгалтерские программы или программы учета складских ресурсов.

В России для подключения к сети настольных компьютеров наибольшее распространение получили технологии Ethernet и Fast Ethernet. Протоколы Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN, ArcNet, LocalTalk, «Иола» встречаются лишь эпизодически, и в настоящее время оборудование на их основе практически не поставляется [3]. При построении сетей с выделенными серверами до недавнего времени активным спросом пользовались коммутаторы Ethernet на 10 Мбит/с, среди которых особую популярность снискали 10BaseT. В случае небольших сетей коммутатору достаточно иметь один-два канала Fast Ethernet, а остальные — обычные Ethernet. Сервер подключается к Fast Ethernet, а клиенты — к Ethernet, причем количество клиентов может достигать до 40 и даже более. Но и такие решения быстро теряют популярность, поскольку на рынке в большом количестве появились недорогие коммутаторы, у которых каждый порт автоматически настраивается на 10 или 100 Мбит/с, что обеспечивает дополнительную гибкость в отношении возможных сетевых топологий.

Для мощных серверов возможны следующие решения: использование Gigabit Ethernet, где цена за порт колеблется в пределах от 1200 до 3000 долларов, что на порядок выше, чем для Fast Ethernet или подключать сервер к коммутатору по нескольким каналам Fast Ethernet. Для соединения географически удаленных точек обычно используется сеть на основе волоконно-оптических каналов, например, Gigabit/Fast Ethernet, ATM, FDDI, Fibre Channel, SDH/SONET, WDM и DWDM.

1.1. Структурированные кабельные системы

Реальность сетевых сообществ, то информационное пространство в котором они существуют и реализуются, обеспечивается кабельной проводкой. Кабельные системы являются тем «базисом» на котором строятся все основные компоненты информационно-вычислительных комплексов предприятий и организаций. Грамотная организация кабельной системы здания является одной из ключевых задач создания интеллектуальных систем и определяет надежность функционирования всех служб и подразделений корпорации. Именно поэтому при создании кабельной системы здания необходимо, чтобы она была бы такой же капитальной, как и само здание. В то же время именно кабельные системы в первую очередь затрагивают изменения в новых технологиях передачи данных, сетевых и коммуникационных стандартах, моделях оборудования и версиях прикладных программ, из-за которых приходится постоянно модернизировать или даже полностью заменять всю слаботочную проводку.

Решение практически всех перечисленных выше проблем было найдено с появлением на рынке информатизации СКС — структурированных кабельных систем. Структурированные кабельные системы — основа для создания информационной инфраструктуры. Объединяя рабочие места и сетевое оборудование, СКС служит для передачи данных,

голоса, видео и другой информации, обеспечивая тем самым коммуникационное взаимодействие между пользователями. СКС обеспечивает сведение в единую систему множество информационных сервисов разного назначения: локальные вычислительные и телефонные сети, системы безопасности, видеонаблюдения и т. д. Именно поэтому так велика роль СКС при построении корпоративной информационной системы. От того, насколько грамотно выполнена СКС, зависят надежность и безопасность различных операций, без которых невозможна деятельность современного предприятия.

СКС представляет собой иерархическую кабельную систему здания или группы зданий, разделенную на структурные подсистемы. В целом система состоит из набора медных и оптических кабелей, кросс панелей, соединительных шнуров, кабельных разъемов, модульных гнезд, информационных розеток и вспомогательного оборудования. Все перечисленные элементы интегрируются в единую систему и эксплуатируются согласно определенным правилам [4].

Совокупность правил формирования и интеграции элементов СКС определяет концепцию структурированных кабельных сетей. Концепция СКС позволяет унифицировать решения для автоматизации деятельности рабочих групп, отделов и корпораций в целом, выполняя при этом полный спектр работ по созданию комплексных систем автоматизации крупных предприятий и организаций. В основу любой концепции структурированных кабельных систем положена возможность реализации следующих основных принципов:

1. Универсальность

Для организации локальной телефонной сети, передачи видеoinформации или сигналов от датчиков пожарной безопасности или охранных систем используется единая кабельная система. При продуманной интеграции в инфраструктуру здания структурированные системы позволяют автоматизировать многие процессы по контролю, мониторингу и управлению хозяйственными службами и системами жизнеобеспечения.

2. Гибкость

СКС позволяют быстро и легко изменять конфигурацию кабельной системы и управление перемещениями внутри здания и между зданиями. Для этого администратору сети достаточно перекоммутировать контакты на кроссировочных панелях. Данный факт позволяет обеспечить гибкое изменение рабочих мест сотрудников и полное изменение конфигурации системы, включая замену и добавление оборудования, расширение системы.

3. Устойчивость

Тщательно спланированная структурированная кабельная система устойчива к внештатным ситуациям и гарантирует высокую надежность

и защиту данных в течение многих лет. Так, большинство ведущих производителей дают гарантию на поставляемые ими СКС, при выполнении требуемых процедур сертификации, до 25 лет.

Использование этих принципов при разработке концепции СКС обеспечивает получение универсального и гибкого решения конкретной задачи создания коммуникационной инфраструктуры здания или группы зданий.

Немаловажным элементом разработки концепции СКС является выбор архитектуры кабельной проводки. Существуют два варианта архитектуры проводки [5]:

- Традиционная архитектура иерархической звезды.
- Архитектура одноточечного управления.

Архитектура иерархической звезды может применяться как для группы зданий, так и для одного отдельно взятого здания (рис. 1).

В первом случае, иерархическая звезда состоит из центрального кросса системы, главных кроссов зданий и горизонтальных этажных кроссов. Центральный кросс связан с главными кроссами зданий при помощи внешних кабелей. Этажные кроссы связаны с главным кроссом здания кабелями вертикального ствола. Во втором случае звезда состоит из главного кросса здания и горизонтальных этажных кроссов, соединенных между собой кабелями вертикального ствола. Архитектура иерархической

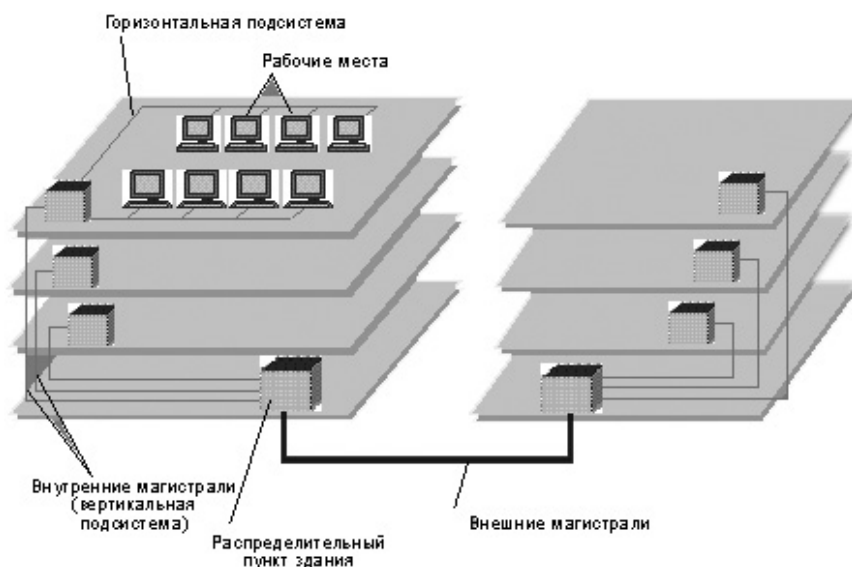


Рис. 1. Иерархическая структура СКС основывается на топологии «звезда» и имеет подсистему внешних, внутренних магистралей и горизонтальную подсистему

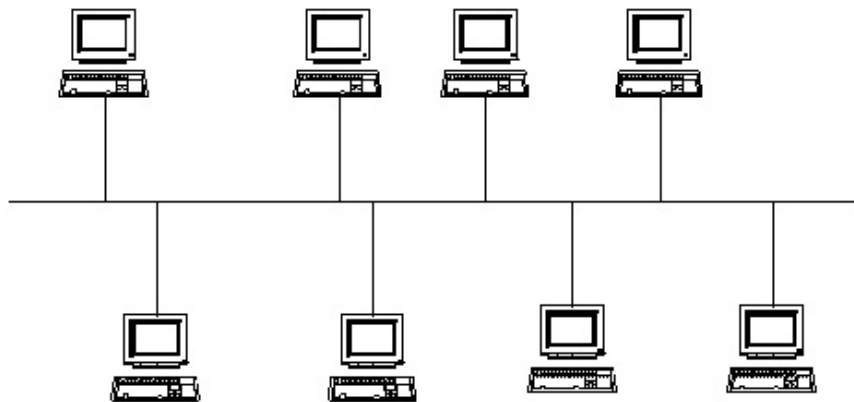


Рис. 2. Схема архитектуры одноточечного управления

звезды обеспечивает максимальную гибкость управления и максимальную способность адаптации системы к новым приложениям.

Архитектура одноточечного администрирования (рис. 2) разработана для максимальной простоты управления. Обеспечивая прямое соединение всех рабочих мест с главным кроссом, она позволяет управлять системой из одной точки, оптимальной для расположения централизованного активного оборудования. Администрирование в одной точке обеспечивает простейшее управление цепями. Однако архитектура одноточечного администрирования не применяется для группы зданий.

Традиционные технологии обладают серьезными недостатками — сложность и дороговизна внесения изменений, малая надежность, высокая зависимость кабельной системы от применяемой сетевой технологии. Неструктурированная кабельная система строится быстрее, но ее гораздо сложнее модернизировать. Неструктурированная проводка для локальных сетей и телефонии сохраняется без переоборудования в течение 3–5 лет, для систем наблюдения и контроля — в течение 2–3 лет. В то же время структурированная система строится основательно, как всякое долговременное сооружение. В структурированную кабельную систему закладывается структурная избыточность, предусматривающая дополнительные рабочие места, возможности перемещения оборудования и персонала.

СКС обладают следующими преимуществами над обычными кабельными системами:

- Для передачи данных, голоса и видеосигнала используется единая кабельная система.
- Использование универсальных розеток на рабочих местах позволяет подключать к ним различные виды оборудования.

Таблица 1

Класс А	Системы для работы в речевом диапазоне и низкочастотной передачи. Медные кабели, поддерживающие этот класс приложений, входят в класс кабельных систем А.
Класс В	Системы для среднечастотной передачи. Медные кабели, поддерживающие этот класс приложений, входят в класс кабельных систем В.
Класс С	Системы для высокочастотной передачи. Медные кабели, поддерживающие этот класс приложений, входят в класс кабельных систем С.
Класс D	Системы для сверхвысокочастотной передачи. Медные кабели, поддерживающие этот класс приложений, входят в класс кабельных систем D.
Класс Оптики	Системы для высокочастотной и сверхвысокочастотной передачи. Оптоволоконные кабели, поддерживающие этот класс приложений, входят в класс оптоволоконных кабельных систем. Ширина полосы пропускания этих систем не является ограничивающим фактором.

- Оправдывают капиталовложения за счет длительного использования и эксплуатации сети.
- Обладают модульностью и возможностями внесения изменений и наращивания без замены всей существующей сети.
- Допускают одновременное использование нескольких различных сетевых протоколов.
- Не зависят от изменений технологий и поставщика оборудования;
- Используют стандартные компоненты и материалы.
- Допускают управление и администрирование минимальным количеством обслуживающего персонала.
- Позволяют комбинировать в одной сети волоконно-оптический и медный кабель.

Различают 5 классов прикладных систем (см. табл. 1).

Классификация СКС строится на основе полосы пропускания базовой линии кабеля горизонтальной подсистемы:

- Класс А – пропускает сигнал до 100 КГц.
- Класс В – пропускает сигнал до 1 МГц.
- Класс С – пропускает сигнал до 16 МГц.
- Класс D – пропускает сигнал до 100 МГц.

Таблица 2

Среда распространения сигнала	Максимальная длина канала, м				
	A	B	C	D	Оптика
Сбалансированный кабель категории 3	2000	200	100 (1)	—	—
Сбалансированный кабель категории 5	3000	260	160 (2)	100 (1)	—
Сбалансированный кабель, 150 ом	3000	400	250 (2)	150 (2)	—
Многомодовое волокно	—	—	—	—	2000
Одномодовое волокно	—	—	—	—	3000 (3)

- Класс оптоволоконных систем — поддерживает приложения, требующие полосы 10 МГц и более.

Характеристики медных кабелей, входящих в классы А, В, С и D, специфицируются так, чтобы они удовлетворяли минимальным требованиям соответствующего класса приложений. Кабель конкретного класса всегда поддерживает приложения более низкого класса. Класс А считается самым низшим. Параметры оптических кабелей специфицируются отдельно для одномодового и многомодового волокна. Классы С и D соответствуют полной реализации характеристик горизонтальной подсистемы, изготовленной из кабелей 3 и 5 категорий соответственно.

Допустимые длины каналов для разных кабельных сред и классов кабельных систем приведены в табл. 2.

В 100 метров длины включается длина гибких кабелей для кроссовых переемычек, подсоединения оборудования, и кабелей рабочего места. Когда требуются кабели горизонтальной системы длиной более 100 м, должны рассматриваться требования стандартов на прикладную систему. 3000 м — это ограничение, связанное с областью действия стандарта, а не характеристиками кабеля.

Производители СКС занимаются как разработкой и выпуском всех компонентов СКС, так и созданием собственных систем из компонентов сторонних поставщиков, концентрируя усилия на проектировании кабельной системы, проверке совместимости ее элементов и соответствии стандартам. Ведущие компании предъявляют к своим продуктам требования, превышающие спецификации международных стандартов, поэтому их СКС поддерживают более высокие скорости передачи и обладают

повышенной надежностью по сравнению с системами, собираемыми из недорогих компонентов.

Компания *AiTu* занимает лидирующие позиции на российском рынке системной интеграции. Кабельная система *AiTu-СКС* полностью соответствует требованиям международного стандарта ISO/IEC 11801 и обеспечивает поддержку всех существующих и перспективных технологий передачи информации, включая ATM, Gigabit Ethernet, без замены или модернизации кабельной проводки. *AiTu-СКС* содержит полный спектр оборудования, необходимого для установки и обслуживания кабельной системы:

- Электрические и волоконно-оптические кабели.
- Кроссовое оборудование и информационные розетки.
- Монтажные шкафы и стойки.
- Диагностическое и тестирующее оборудование.
- Кабельные каналы.
- Элементы силовой кабельной проводки.

Структурированная кабельная система *AiTu-СКС* остается на сегодняшний день единственным отечественным продуктом brand-name, представленным на рынке СКС.

EuroLAN — структурированная кабельная система (СКС) класса brand-name компании *Lindex Technologies* может использоваться, как для малых и домашних, так и для средних и крупных корпоративных систем. Кабельная система *EuroLAN* — высокотехнологичный продукт, построенный на основе новейших технологий. *EuroLAN* обеспечивает поддержку всех существующих и перспективных технологий передачи информации, включая ATM, Gigabit Ethernet, без замены или модернизации кабельной проводки. Предлагаемые компанией компоненты полностью соответствуют российским и международным стандартам. Кроме того, они совместимы друг с другом, и включают все необходимое для создания структурированных кабельных систем. В том числе: кабели, коммутационное оборудование, информационные розетки.

1.2. Эволюция архитектуры волоконно-оптических сетей

Развитие средств коммуникации, возникновение таких приложений, как видео по запросу, потоковое видео, интерактивные игры, видеоконференции, VoIP, HDTV, стало причиной активного внедрения волоконно-оптического оборудования в сетевых сообществах.

Можно выделить три основных подхода к решению задачи организации широкополосного волоконно-оптического доступа: FTTB — Fiber-T-The-Building, FTTH — Fiber-To-The-Home, FTTC — Fiber-To-The-Curb. Или другими словами, оптоволоконно-до-здания, оптоволоконно-до-дома, или оптоволоконно-до-обочины (вынесенное распределительное устройство).

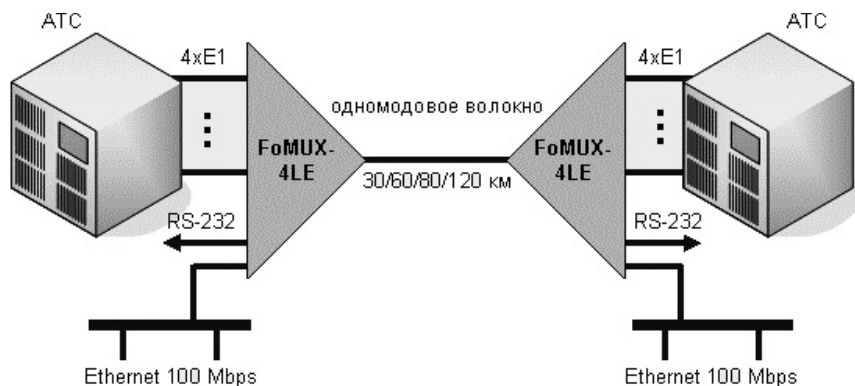


Рис. 3. Схема архитектуры «точка — точка»

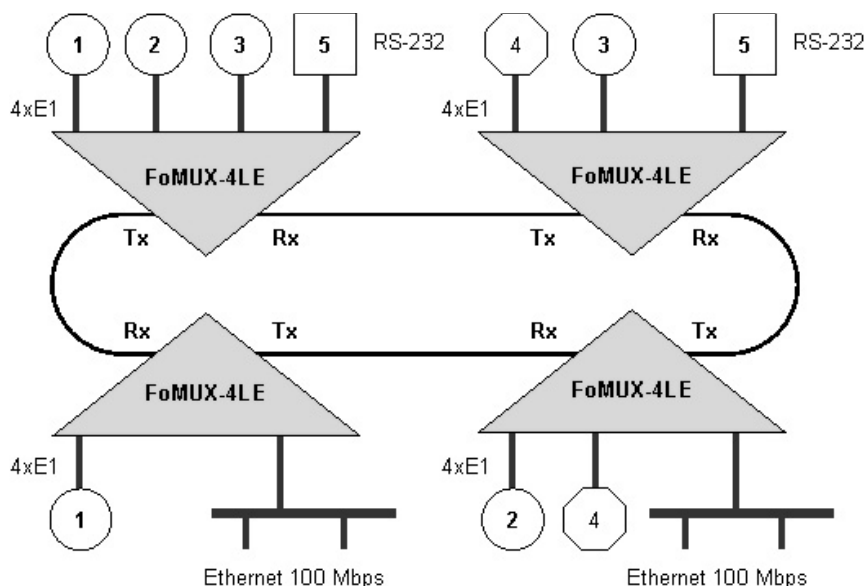


Рис. 4. Схема архитектуры «кольцо»

В топологии современных сетей доступа обычно выделяют три основные архитектуры: «точка — точка», «точка — множество точек» и «кольцо». В странах с развитой инфраструктурой волоконно-оптических сетей хорошо работают простые системы с топологией «точка — точка».

Они обладают простотой внедрения и тестирования, но являются весьма ресурсоемкими.

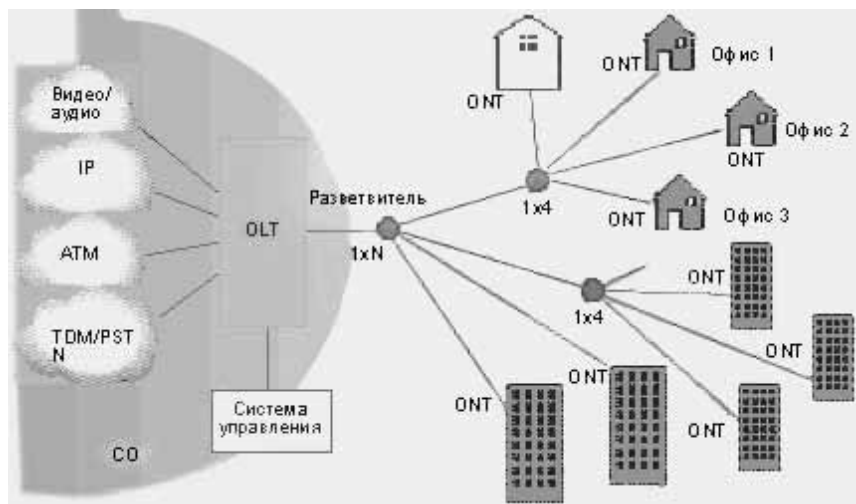


Рис. 5. Схема архитектуры «пассивных оптических сетей»

Широко распространена кольцевая топология. Подобная схема обладает высокой отказоустойчивостью — оборудование функционирует даже при разрыве «кольца», однако имеет достаточно высокую стоимость электроники и затрудняет наращивание сети, так как добавление новых абонентов или отключение существующих предполагает разрыв «кольца», вставку новых узлов и сегментов.

В то же время проектирование и внедрение «кольца» для большого числа абонентов одновременно связаны с высокими начальными затратами. Выделение же отдельного «кольца» каждому абоненту влечет за собой высокий расход оптического волокна и затрудняет консолидацию трафика. В результате кольцевая схема обычно применяется не в сетях доступа, а в городских сетях (MAN) для соединения отдельных районных узлов (Central Office, CO).

В результате попыток преодолеть недостатки кольцевой топологии началось внедрение еще одной, третьей, схемы — пассивных оптических сетей (Passive Optical Network, PON). Эти решения предполагают подключение к магистральной сети древовидной топологии «точка — множество точек» посредством пассивных оптических разветвителей. Среди достоинств новой технологии можно отметить экономичный расход оптического волокна при эффективном использовании его ресурсов, снижение стоимости кабельной инфраструктуры, повышение надежности вследствие применения пассивных промежуточных узлов и терминальности узлов пользователей (выход из строя такого узла не влияет на работу остальных), простота наращивания числа абонентов.

В сетях PON между абонентскими узлами (ONT) и центральным узлом (OLT) древовидная пассивная оптическая сеть создается с помощью оптических разветвителей ($1 \times N$), не требующих питания и обслуживания.

В схеме PON оборудование устанавливается в центральном узле провайдера, а не в каждой точке предоставления услуг, где волокно разветвляется по абонентам. В то же время технология PON упрощает включение/выключение абонента, позволяет поэтапно развивать сеть, наращивая ее в различных направлениях по мере необходимости. К порту центрального узла можно подключить целый сегмент дерева с десятками абонентов, а применение кабелей с малым числом волокон удешевляет строительство сети.

В настоящее время известно четыре разновидности PON: APON, BPON, EPON и GPON. Технология APON или ATM PON (G.983.1) предусматривает передачу в сети PON ячеек ATM со скоростью 155 Мбит/с в каждом направлении. В BPON или Broadband PON скорость передачи увеличена до 622 Мбит/с, а пропускную способность стало возможным настраивать динамически. Кроме того, BPON позволяет реализовать различные широкополосные службы поверх ATM, включая доступ по Ethernet и доставку видео. Технология EPON или Ethernet PON предназначена для передачи в дереве PON кадров Ethernet на основе протокола управления множеством узлов (Multi-Point Control Protocol, MPCP). В GPON или Gigabit PON наряду с увеличенной пропускной способностью, предусмотрена более эффективная обработка пакетов IP и кадров Ethernet. В рекомендациях ITU-T G.984.1 и G.984.2 описываются общие характеристики гигабитных систем PON (Gigabit Service Requirement и Gigabit Physical Media) — архитектура, оптические параметры сети, задержки сигнала, обеспечение безопасности, скорости передачи и поддерживаемые расстояния. Стандарт предусматривает номинальную скорость передачи 622 Мбит/с или 1,25 и 2,5 Гбит/с, причем допускаются симметричные и асимметричные системы при дальности 20 км. Особенностью GPON является поддержка трафика различного типа TDM, SDH, Ethernet, ATM, а также развитые механизмы управления и защита на уровне протоколов. Системы PON можно успешно применять при высокой плотности абонентов, которым необходима скорость доступа до 100 Мбит/с и мультисервисность.

По данным журнала LAN в России крупных сетей PON пока нет, однако ведущие российские провайдеры присматриваются к этой технологии: в основном они оценивают ее или реализуют пилотные проекты [6]. Некоторые из них уже приобрели системы PON, а реально подключенные клиенты пользуются подобными услугами не только в Москве, но и в регионах. PON внедрила Московская телекоммуникационная корпорация «Комкор» — оператор Московской волоконно-оптической сети, развернувший в столице около тысячи узлов PON на базе оборудования Terawave. Сети PON строятся в рамках проекта «Электронная Москва».

Большинство производителей предлагают модульные решения, позволяющие строить системы доступа разной топологии на основе различных технологий. В линейке их оборудования технология PON — лишь один из вариантов. Между тем ряд компаний, в том числе FlexLight Networks, Quantum Bridge и Terawave Communications, ориентируются в своей стратегии именно на нее. Обычно предлагаемое оборудование PON имеет интерфейсы, позволяющие доставлять абонентам голос, видео и данные. Так *Terawave Communications* предлагают следующие варианты:

1. **Поддерживаемые варианты PON** — APON, BPON.
2. **Оборудование OLT** — TW-600, TW-060.
3. **Оборудование ONT/ONU** — TW-100, 200, 300 и 400.
4. **Интерфейсы со стороны магистральной сети** — ATM (ATM-4c, ATM-1c), SDH (STM-1), Fast Ethernet и Gigabit Ethernet, E-1 (CAS).
5. **Интерфейсы со стороны пользователя** — DS-3c, POTS (FXS), Fast Ethernet, SDI/PAL и DVB-ASI (видео), RS-232 (телеметрия).
6. **Система управления** — TeraPON Management System (TMS) с интерфейсом Java обеспечивает удаленный мониторинг на базе SNMP, контроль работы сети, сохранение статистики, журнала событий и сигналов тревоги. Возможно взаимодействие с СУБД Oracle.

Для *Quantum Bridge Communications* это решения:

1. **Поддерживаемые варианты PON** — APON, EPON.
2. **Оборудование OLT** — QB8000 Optical Edge Switch (DWDM), QB5000 Optical Access Switch (APON и EPON), QB3000.
3. **Оборудование ONT/ONU** — QB100 Intel ligent Optical Terminal (IOT), QB600.
4. **Интерфейсы со стороны магистральной сети** — Ethernet, Gigabit Ethernet, Fibre Channel, SONET/SDH, ESCON, T-1/E-1, ATM OC3/12, STM-1/4, TDM OC3.
5. **Интерфейсы со стороны пользователя** — T-1/E-1, 10/100BaseTX.
6. **Система управления** — QBVision — интегрированный комплект приложений управления сетью для быстрого развертывания и предоставления служб в оптических сетях.

И, наконец, *FlexLight Networks* предлагает:

1. **Поддерживаемые варианты PON** — GPON (2,488/1, 244 Гбит/с).
2. **Оборудование OLT** — Optimate 2500LT.
3. **Оборудование ONT/ONU** — Optimate 2500NT.
4. **Интерфейсы со стороны магистральной сети** — Gigabit Ethernet, OC-3/STM-1.
5. **Интерфейсы со стороны пользователя** — Ethernet на 10/100 Мбит/с, TDM (T-1/E-1, DS-3).

6. **Система управления** — Система FlexManage с функциями мониторинга производительности и управления конфигурацией служб.

Широкая полоса пропускания оптических сетей требуется в различных приложениях с передачей высококачественных потоков мультимедийных данных, в том числе в режиме реального времени. К ним относятся системы дистанционного обучения, видео-мосты, как виды видеоконференций с высоким качеством видео и звука, системы видеонаблюдения. В своем нынешнем варианте сети PON хорошо интегрируются с другими технологиями доступа, в частности xDSL и WLAN, поскольку оператор получает возможность приблизить оптические выносы вплотную к клиенту. Сеть PON пригодна для обмена трафиком с устройствами DSLAM или базовыми станциями беспроводной связи. Что касается цены и управляемости, то версия PON на 155 Мбит/с считается неплохой альтернативой модемам PDH. Среди возможных направлений развития PON — системы с мультиплексированием CWDM или DWDM, в которых каждому абоненту выделяется свое «окно».

1.3. Интеграция медных и оптоволоконных сетей.

Использование медиа-конвертеров

Последнее время чаще всего приходится сталкиваться с комбинацией технологий на основе медной витой пары и волоконной оптики. Такие ситуации возникают при использовании унаследованной техники в новых офисах, где проложены волоконно-оптические линии связи, при увеличении протяженности в рамках одного здания корпоративной сети на базе медной проводки с помощью оптического кабеля и подключении новых офисов, удаленных на значительные расстояния (см. рис. 6).

Потребность в обеспечении все более скоростного подключения конечных устройств в локальной сети повлекла за собой рост внедренных решений на базе волоконно-оптических сред. На смену принятым комитетом IEEE 802.3 стандартам Ethernet на 10/100 Мбит/с (10BaseT и 100BaseTX — для медного, а также 10BaseFL и 100BaseFX — для волоконно-оптического кабеля) пришли стандарты передачи данных с гигабитной скоростью: 1000BaseT — для медных кабелей, 1000BaseSX и 1000BaseLX — для волоконно-оптических линий. Первоначально, оптическое волокно использовалось в глобальных сетях для передачи больших объемов данных на значительные расстояния — главным образом для организации телефонных соединений между национальными и международными распределительными узлами, а в локальных сетях наиболее рентабельным и распространенным решением были медные кабели. Они и сейчас широко применяются при построении внутрикорпоративных сетей. Тем не менее, волоконно-оптические линии связи — комфортная среда для реализации новых технологических решений, поскольку они обеспечивают высокую пропускную способность в сочетании с большой дальностью передачи

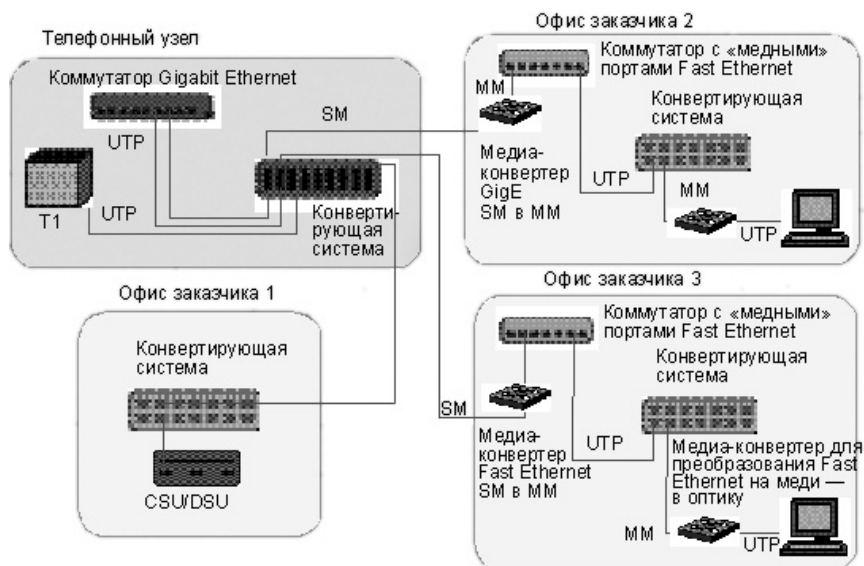


Рис. 6. Схема подключения удаленных офисов с помощью медиа-конвертеров

данных и к тому же имеют ряд преимуществ, касающихся безопасности соединений, помехоустойчивости к электромагнитным излучениям, возможности полнодуплексной передачи. Однако переход с сетей на основе медных кабелей на волоконно-оптические линии часто оказывается мероприятием чрезмерно дорогостоящим и не выгодным с точки зрения длительности сделанных инвестиций. Поэтому в последнее время чаще всего используется комбинация технологий на основе медной витой пары и волоконной оптики. Такие ситуации возникают при объединении в единую сеть локальных сегментов, удаленных на значительные расстояния друг от друга. А так как многие сетевые устройства не имеют оптических интерфейсов, например, переход с 100BaseTX на 100BaseFX, означает необходимость замены всех физических интерфейсов и сетевых карт, то гибким решением при невысоких затратах и инвестициях в будущее может стать применение дополнительных сетевых компонентов, медиа-конвертеров, стоимость которых существенно ниже стоимости сетевых адаптеров [7].

Различают три типа сетей: локальные, территориальные и глобальные сети. Каждый тип характеризуется различными требованиями. Важным критерием является предполагаемая дальность связи и тип волокна. Выбор технологии в локальных сетях во многом определяется фактором стоимости, более экономичное решение для них — многомодовое оптическое волокно. Для организации локальных сетей (Ethernet, ATM) используется многомодовое (Multi Mode, MM) оптическое волокно с окном

прозрачности 850/1310 нм. Многомодовое оптическое волокно обеспечивает передачу данных на расстояния до 2 км со скоростью 100 Мбит/с и 1 Гбит/с. При развертывании территориальных и глобальных сетей чаще используют одномодовое оптическое волокно, поскольку оно способно удовлетворить высокие запросы к ширине полосы пропускания и расстоянию, на которое осуществляется передача данных. Территориальные сети ATM, SDH, SONET развертываются на базе одномодового (Single Mode, SM) оптического волокна с окном 1310/1350; при этом дальность связи составляет до 80 км, а скорость — до 2,5 Гбит/с. Глобальные сети SDH/SONET также строятся на базе одномодового оптического волокна 1550 нм с поддержкой скорости передачи данных от 2,5 до 10 Гбит/с.

Чаще всего в основе локальной сети используется медный кабель с неэкранированными витыми парами (Unshielded Twisted Pair, UTP), а большинство установленного оборудования оснащено портами Ethernet с поддержкой спецификаций 10BaseT и 100BaseTX, в которых четко определены среда передачи, дальность связи и тип разъема для физического интерфейса. В оптических стандартах 10BaseFL и 100BaseFX специфицированы разные длины волн светодиодных источников излучения и допускается большое разнообразие оптических разъемов соединительных и оконечных шнуров для подключения коммутационного оборудования, а также информационных розеток и сетевых устройств. Это затрудняет сопряжение медной и волоконно-оптической среды и вносит большую неразбериху в вопросы передачи данных на их границе. Так, в стандарте 10BaseFL специфицирован источник 850 нм и разъем ST, в стандарте 100BaseFX — источник 1310 нм и разъем SC в одинарном (Subscriber Connector) или дуплексном исполнении (Dual Subscriber Connector, DSC).

Комплекс проблем, связанных с передачей данных на стыке двух сред на расстояния более 100 м, решают медиа-конвертеры (media-converter). Принцип работы конвертера достаточно прост: при передаче из медной в волоконно-оптическую среду, сигнал преобразуется из электрического в оптический, а при обратном переходе из волоконно-оптической среды в медную преобразования происходят с точностью до наоборот. Проходя из оптической среды в оптическую, сигнал из одномодового волокна преобразуется в электрический, усиливается и вновь преобразуется в оптический формат для передачи по многомодовому волокну. При этом преобразование выполняется независимо от протокола передачи данных, а передаваемый поток цифровых данных остается неизменным. Преобразуемые протоколы включают Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, а также FDDI, ATM, OC-3, OC-12, ESCON или Token Ring. В зависимости от конкретной модели устройства возможна поддержка гигабитных скоростей передачи данных. Тем не менее, требования к будущим приложениям следует определить еще на стадии выбора оптического интерфейса. На многомодовой стороне устанавливаются источники излучения

с длиной волны 850 или 1310 нм. Для протоколов Ethernet, Token Ring и GigE стандартная длина волны 850 нм, а для FDDI, Fast Ethernet и ATM в большинстве случаев длина волны составляет 1310 нм.

Область применения медиа-конвертеров зависит от количества поддерживаемых приложений и функциональности, которой обладают преобразователи. Они могут быть использованы в соединениях «точка—точка» для подключения рабочей станции или для организации взаимодействия инфраструктурных устройств локальной сети. Типичная сфера их применения — связь различных участков локальной сети по многомодовому волокну. Рабочая станция с медным интерфейсом через медиа-конвертер подключается к участку горизонтальной оптической СКС, а установленный на другом конце медиа-конвертер присоединяет концентратор или коммутатор с медными электрическими портами к оптическому кабелю. Если концентратор или коммутатор имеет оптические интерфейсы, то для подключения к ним рабочей станции необходим медиа-конвертер с аналогичными портами на оптической стороне. По такой же схеме связываются между собой инфраструктурные устройства, причем расстояние между ними может варьироваться от 100–200 м до 100 км и более.

Среди производителей данного класса оборудования в России и за рубежом широко известны такие компании, как Allied Telesyn, MRV Communications, Transition Networks, предоставляющие заказчику пожизненную гарантию на свои устройства.

Компания *Transition Networks* помимо автономных устройств выпускает медиа-конвертеры в виде устанавливаемых в шасси плат. Серия устройств на платформе Point System включает четыре двухпортовые модели: CBF1014, CBF1015, CBF1015 и CBF1017. Они обеспечивают переход с 10/100BaseTX на 100BaseFX, поддерживают максимальную дальность передачи по одномодовому волокну до 20, 40, 60 и 80 км соответственно. При этом медиа-конвертеры Transition Networks в действительности способны работать на более протяженных линиях, нежели указывается в каталоге, запас для перечисленных серий составляет примерно 20 км. Новая серия конвертеров SGETF1035–105 (1000BaseT, RJ-45, в 1000BaseLX, 1550 нм, SM) обеспечивает дальность связи до 125 км. В перечне гигабитных решений присутствуют как автономные устройства, так и устанавливаемые в шасси платы медиа-конвертеров с дальностью передачи до 65 км по одномодовому волокну.

Компания *Allied Telesyn* выпускает как автономные, так и выполненные в виде блоков многопортовые устройства. Серия моделей с большой дальностью передачи предназначена для перехода от 100BaseTX к 100BaseFX и с многомодового кабеля 100BaseFX на одномодовый 100BaseFX с максимальной дальностью до 100 км. В перечне гигабитных решений присутствуют AT-PB1005G для перехода от витой пары с поддержкой 1000BaseT к одномодовому кабелю 1000BaseLX GBIG, а так же AT-PB1001

для перехода от многомодового 1000BaseSX к одномодовому волокну 1000BaseLX с расстояниями от 10 до 70 км. Устройства работают согласованно с оборудованием различных производителей.

Компания *OlenCom Electronics* выпускает широкий спектр устройств для различных применений. Автономные медиа-конвертеры поддерживают работу, как по многомодовому, так и по одномодовому волокну на скоростях 10, 100 и 1000 Мбит/с. Ряд устройств может работать по одному оптическому волокну. Для каскадных решений используются шасси 19" на шесть, 10, 14 и 16 слотов. Шасси предоставляет модулям медиа-конвертеров питание, вентиляцию, удаленный контроль по SNMP и обеспечивает резервирование источника электропитания. Интересным решением является MC-100-C. Этот медиа-конвертер обеспечивает преобразования оптической среды передачи на всех специфицированных длинах волн при скоростях передаваемой информации от 10 Мбит/с до 2,5 Гбит/с. Решение MC-10/100-SO работает на двух длинах волн — 1310 и 1550 нм по технологии WDM, одна из частот используется для передачи, а другая — для приема сигнала. В варианте с одной длиной волны конвертер поддерживает широкий перечень протоколов, включая Fast Ethernet, GigE, Fibre Channel.

Некоторые производители предлагают конвертеры для работы с одноволоконными оптическими кабелями. Вместо пары волокон используется единственное волокно для приема и передачи данных (технология Splitter/Combiner), при этом пропускная способность кабельной системы удваивается. Подобные решения дают возможность гибкого выбора. Во-первых, можно сэкономить на волокнах, арендуя из двух волокон только одно и снизив тем самым общую стоимость владения; во-вторых, это обеспечение надежного кабельного решения, когда второе волокно задействуется в качестве резервного; в-третьих, при установке на свободное волокно еще одной пары медиа-конвертеров пропускная способность системы увеличивается вдвое.

Интересным решением является медиа-конвертер с резервированием линии (*redundant link*), на базе технологии самовосстановления (*Self Healing*). Одной из областей применения данного решения являются критически важные приложения, где требуется максимально быстрое восстановление работоспособности в случае сбоев. Каждый модуль системы подключается к избыточному оптическому каналу: на конвертер устанавливаются сдвоенные оптические порты DSC. Встроенная схема обнаружения канала позволяет осуществлять переключение практически без задержек, и затрат времени на изменение топологии сети. При потере основного канала автоматически активизируется резервный канал, при этом системе управления отсылается предупреждение SNMP. Другой областью применения является система сетевого управления, где требуется автоматическое переключение на альтернативный сервисный маршрут в зависимости от загруженности линии в течение дня. Таким образом, поддерживаются высокоскоростные

соединения во время пиковых нагрузок, в то время как маршрут с более низкой пропускной способностью может задействоваться в другие часы.

Необычным решением являются пассивные медиа-конвертеры. В этих устройствах отсутствуют электронные компоненты, а принцип работы основан на смещении волн на входе и разделении на выходе при прохождении оптического сигнала через систему зеркал. Недостаток технологии состоит в большом затухании, из-за чего возникают трудности там, где требуется высокая частота передачи сигнала. А среди достоинств можно отметить отсутствие необходимости в блоках питания и в соблюдении технических условий на подключение к электрическим сетям — нужна лишь проверка на совместимость оборудования.

Технология Multimode Extender предназначена для передачи высокоскоростных сигналов по многомодовому волокну на расстояния превышающие величины, специфицированные в стандартах. Это позволяет использовать протоколы передачи данных Fast Ethernet и Gigabit Ethernet по волокну, предназначавшемуся для протокола FDDI. Стандарт определяет дальность передачи сигнала по многомодовому кабелю для протокола Fast Ethernet до 2 км, а для протокола Gigabit Ethernet — от 275 до 550 м в зависимости от источника излучения и сечения кабеля. Модули расширения Multimode Extenders увеличивают дальность для Fast Ethernet до 10 км, а для Gigabit Ethernet — до 2–4 км.

Важной функцией конвертирующей системы является управляемость платформы, причем решения могут быть как с поддержкой удаленного управления, так и без нее. Управляемая платформа, как правило, представляет собой шасси, в один из слотов которого устанавливается модуль управления — Network Management Module (NMM). Используя протоколы SNMP или telnet либо интерфейс командной строки, модуль NMM опрашивает и идентифицирует активные модули в том шасси, в котором он сам размещен. При подключении еще одного шасси через порт RS-232 модуль управления помогает управлять всеми модулями двоясной системы. Модуль NMM определяет такие параметры системы, как состояние канала, рабочая температура, состояние источника питания и вентиляторов, обнаружение сигнала на передающей и принимающей стороне, а также позволяет изменять скорость и режим передачи сигнала.

1.4. Технология беспроводных сетей

Инфраструктура типичной беспроводной сети состоит из нескольких узлов доступа [8–10]. Эти узлы соединены с сетью с помощью проводов и образуют скрытый от глаз пользователей мост для беспроводных клиентов. К беспроводным клиентам относятся портативные компьютеры, настольные системы или карманные компьютеры. Они оснащаются совместимыми платами для беспроводного доступа и используют для обмена информацией радиопротоколы и заданную частоту. Как правило,

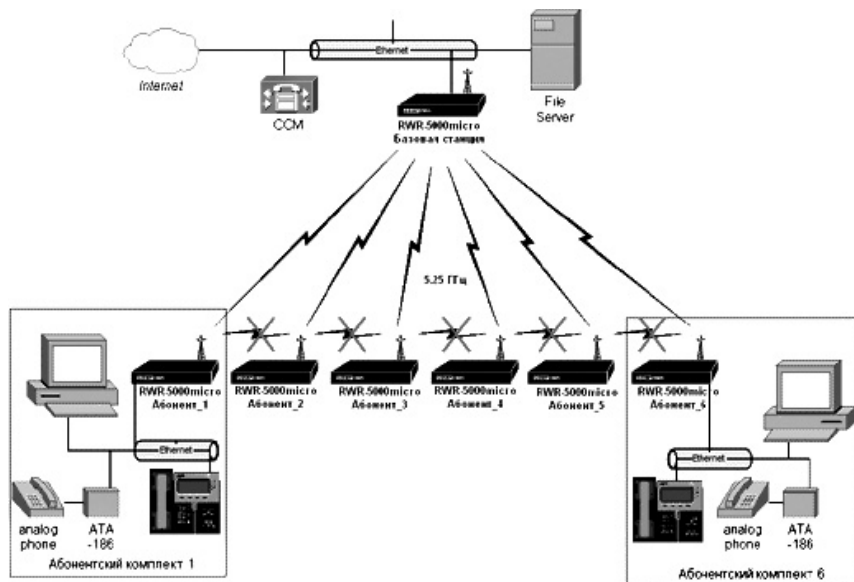


Рис. 7. Схема беспроводного соединения компьютеров [11]

узлы доступа обеспечивают автоматическое соединение беспроводного устройства с проводной сетью. Когда беспроводной клиент соединяется с узлом доступа и проходит аутентификацию, он может направить запрос на получение IP-адреса и обращаться к сетевым ресурсам.

Почти все узлы доступа стандарта 802.11b основаны на технологии передачи информации с расширением спектра радиосигнала по принципу прямой последовательности (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS). Эта технология отличается особой помехоустойчивостью и затрудняет подслушивание. Она реализует расширение спектра радиосигналов, которые передаются в диапазоне частот 2,4 ГГц, выделенном для промышленных, научных и медицинских (Industrial, Scientific and Medical, ISM) применений. ISM-диапазон включает частотные каналы от 11 до 22 МГц (три из них — 1, 6 и 11 — не перекрываются). Технология 802.11b обеспечивает передачу данных в полудуплексном режиме со скоростью 1, 2, 5,5 и 11 Мбит/с. Для сравнения, реализованная в спецификации 802.11a технология Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) использует частотный диапазон 5 ГГц и поддерживает скорость передачи данных до 54 Мбит/с. Технология OFDM предусматривает передачу информации по восьми неперекрывающимся каналам. Таким образом, по быстродействию технология 802.11b уступает стандарту 802.11a, но она была разработана раньше, а оборудование для нее дешевле и доступней, нежели

появившиеся позднее устройства спецификации 802.11a. Надо сказать, что эти стандарты несовместимы, поэтому одновременное использование устройств 802.11a и 802.11b исключается.

Чтобы задействовать узлы доступа, беспроводную сеть надо перевести в режим инфраструктуры (infrastructure mode)²⁾. Помимо режима инфраструктуры, существует еще одноранговый (peer-to-peer, P2P), или произвольный (ad hoc) режим³⁾. При функционировании в режиме инфраструктуры подключенные к сети клиенты для организации связи обращаются не напрямую к другим беспроводным клиентам, а к узлу доступа. Таким образом, клиент в соответствии со своими характеристиками, определяющими возможности роуминга, может перемещаться от одного узла доступа к другому.

В типичной конфигурации узел доступа обеспечивает соединение с проводной сетью нескольких беспроводных клиентов. Каждый узел доступа напрямую подключен к локальной сети, обычно с помощью кабеля Категории 5. Использование нескольких узлов доступа обеспечивает большее число точек подключения в рамках одной зоны беспроводной сети и позволяет мобильным пользователям перемещаться по зданию или комплексу зданий, при необходимости разрывая соединение с одним узлом доступа и подключаясь к другому. В этой конфигурации пользователи всегда находятся на расстоянии одного перехода (hop) от физической сети.

Иногда узлы доступа выполняют функцию беспроводных мостов, обеспечивающих автоматическое соединение двух физических локальных сетей. Некоторые поставщики выпускают специализированные сетевые устройства, предназначенные для выполнения этой задачи. Подобную конфигурацию можно использовать в том случае, когда необходимо объединить два рядом стоящих здания, а прокладка подземных кабелей T1 или Ethernet невозможна или нежелательна. Беспроводные мосты нередко покрывают большие расстояния, поэтому есть смысл оснащать их высокочувствительными направленными антеннами. Однако в этом случае беспроводные клиенты могут не иметь возможности установить с ним соединение. Кроме того, поскольку через мосты проходят большие объемы данных, они часто наделяются фильтрами или другими средствами оптимизации пересылки сообщений, направляемых из одной физической сети в другую в широкополосном режиме или режиме групповой передачи.

Если узел доступа подключается не к физической сети, а к другому узлу доступа, то такой узел, функционирует в качестве ретранслятора. По-

²⁾ Инфраструктура — это применимое в масштабах предприятия беспроводное решение для доступа к центральным базам данных или беспроводного подключения мобильных пользователей.

³⁾ Ad hoc сеть — группа компьютеров, каждый с беспроводным сетевым адаптером, включенных в самостоятельные сети. Ad hoc беспроводные сети применимы как для маленьких и домашних офисов, так и для рабочих групп и подразделений.

добное устройство можно использовать для расширения зоны действия сети. Однако следует иметь в виду, что, поскольку узел доступа должен получать и ретранслировать данные, каждый включенный в цепочку ретранслятор сокращает скорость передачи данных в два раза. Ретранслятор хорошо справляется с задачей увеличения радиуса действия сети, но пропускную способность он не повышает.

В настоящее время организацией Интернет Engineering Task Force (IETF) рассматривается предложенный вариант стандарта протокола IP для мобильных пользователей (mobile IP). Mobile IP — это модификация стека TCP/IP, в соответствии с которой беспроводному клиенту назначается два IP-адреса: внутренний и внешний (care-of IP) IP-адреса. Операционная система и приложения привязываются к внутреннему IP-адресу машины, который остается неизменным. Внешний IP-адрес ассоциируется с подсетью узла доступа, к которому подключен беспроводной клиент, и может изменяться динамически в зависимости от того, к какому узлу доступа подключен клиент. Однако приложения, выполняемые на сетевом устройстве, продолжают свою работу по неизменяемому внутреннему IP-адресу.

При запуске сетевой клиент, ищет подходящий для соединения узел доступа. Лучший из узлов определяется по качеству своего сигнала, часто с помощью собственного радиопотокола компании-производителя. Разные поставщики по-разному определяют качество сигнала, однако обычно в число критериев входит сила сигнала и нагрузка узла доступа. При перемещении клиента в сторону от узла доступа качество сигнала может ухудшаться, и тогда реализованные в радиопотоколе средства роуминга дают клиенту команду переключиться на другой узел. Переключение осуществляется на физическом уровне, и подключение к новому узлу доступа должно происходить без потери пакетов и без разрыва соединения. Именно эти возможности и реализует роуминг — функция, позволяющая пользователю перемещаться от одного узла доступа к другому, не разрывая сетевого соединения⁴⁾.

Повышения качества роуминга может быть достигнуто путем установки так называемых сигнальных периодов (beacon period), которые контролируют время прохождения сигнальных пакетов стандарта 802.11. Сигнальные пакеты применяются для синхронизации работы радиосетей и могут обеспечить более быструю реакцию перемещающихся узлов. С другой стороны, использование этого метода может повлечь за собой значительную интенсификацию трафика и отрицательно сказаться на скорости передачи данных.

⁴⁾ Перед использованием роуминга необходимо убедиться, что в предполагаемой зоне перемещения мобильного пользователя все Точки Доступа и Мобильный компьютер используют одинаковые номера каналов, идентификаторы и пр.

Для реализации роуминга с переходом из одной подсети в другую в отличие реализации роуминга внутри подсети, могут потребоваться дополнительные программные и аппаратные средства. Например, если узлы доступа размещаются в отдельных подсетях, то, перемещаясь от одного узла доступа к другому, беспроводной клиент должен каждый раз запрашивать IP-адрес.

Проблемой роуминга с переходом из одной подсети в другую занимаются как поставщики, так и энтузиасты Интернет. Так, компания Proxim разработала продукт Harmony AP Controller, предназначенный для централизованного управления данным процессом. Узлы доступа всего комплекса подсетей регистрируются в системе AP Controller. При этом беспроводные клиенты имеют IP-адрес, принадлежащий той же сети, что и сама система. Клиенты могут перемещаться между узлами и подключаться к любому из них в любой подсети. Узел доступа инкапсулирует поступающий от беспроводного клиента трафик и направляет его системе AP Controller, которая деинкапсулирует пакет и доставляет его локальной вычислительной сети. Другие подключенные к сети устройства воспринимают все поступившие по беспроводным каналам данные как информацию, получаемую из подсети системы AP Controller, — вне зависимости от того, к какой подсети подключен узел доступа, ассоциированный с беспроводным клиентом.

Задача обеспечения защиты данных в сети может быть решена с помощью использования виртуальных локальных сетей (virtual LAN, VLAN) и брандмауэров.

Беспроводные сети особенно эффективны в мобильных сообществах, когда участники не привязаны к стационарному рабочему месту. Подобное явление характерно в основном для профессиональных сообществ, например, геологов или археологов, где основным рабочим местом сотрудника является внешняя среда.

1.5. Виды модульной архитектуры серверов

Необходимость во множестве специализированных конфигураций и более плотном размещении оборудования привела к тому, что сегодня сервер начального уровня представляет собой некую базовую платформу, предусматривающую возможность изменения конфигурации для ориентирования его на различные классы задач [12]. В настоящее время одним из перспективных направлений развития серверной архитектуры является архитектура, основанная на «серверных лезвиях» [13]. Серверные лезвия — это ультраплоские и монолитные серверы, которые предоставляют возможность упрощенного управления, а также высокую масштабируемость и гибкость. Процессор, память, сетевые соединения и вся необходимая электроника расположились на одной системной плате. Вместо горизонтального размещения, как принято в стандартной стойке, лезвия

устанавливаются вертикально. На каждом из них выполняется собственный экземпляр операционной системы. Вследствие чего, администратор способен конфигурировать определенное серверное лезвие под специфические задачи или группы пользователей, а также подключать или деактивировать аппаратное обеспечение без ущерба для остальных устройств. Через разъемы на задней стенке корпуса несколько лезвий могут совместно потреблять ресурсы энергообеспечения и охлаждения, подключаться к локальным сетям и подсистемам хранения данных. «Серверные лезвия» оказываются намного дешевле по сравнению с традиционными моделями серверов благодаря совместному использованию составляющих инфраструктуры. Еще одно преимущество заключается в простоте установки и более быстрой подготовке к эксплуатации. При работе с привычными для всех серверами в стойке администратор должен устанавливать каждый сервер отдельно и подвести к нему кабель. При работе же с «лезвиями» ему достаточно подвести кабели к шасси. Поскольку энергообеспечение, охлаждение, платы удаленного управления, кабельная сеть, а также клавиатура и монитор могут использоваться одновременно несколькими «лезвиями», количество компонентов, которые могут отказать, сокращается, при этом сокращается и стоимость оборудования.

До недавнего времени серверные лезвия оснащались собственными жесткими дисками, емкость которых ограничена. Однако это ограничение не оказывает большого влияния, поскольку областью применения такие серверы являются преимущественно лишь первая и вторая ступень многозвенной инфраструктуры — сервер приложений и специализированный сервер. Лишь на третьей ступени расположены серверы баз данных и подключенные к ним массовые системы хранения — накопители SCSI, сети хранения (NAS и SAN) и стримеры для резервного копирования. При увеличении требований к емкости дискового пространства серверы первых двух ступеней оснащают, в соответствии с моделью, внешними подсистемами хранения данных. В случае «серверных лезвий» первого поколения решения NAS как нельзя лучше подходят для предоставления дополнительного дискового пространства. Внутренние возможности расширения «серверного лезвия» лимитированы из-за ограничений интерфейса PCI. При возрастании требований к производительности в шасси можно установить еще одно или несколько лезвий. Это существенное преимущество: вместо увеличения количества внутренних компонентов можно поставить очередную недорогую полнофункциональную систему на одной плате.

Каналы Ethernet или Fibre Channel предоставляют ряд альтернатив для установления соединений с внешними накопителями. Первое поколение «лезвий» подключалось к локальным или глобальным сетям с помощью Ethernet — широко распространенной и недорогой технологии. Таким же образом можно реализовать совместную работу с NAS и хранилищами с подключением по IP (Интернет Protocol Storage, IPS). Это актуально

и в случае перспективных технологий, например Интернет SCSI (iSCSI) для доступа к данным на уровне блоков через Ethernet.

Единственным имеющимся стандартом для форм-факторов и соединителей лезвий является шина Compact PCI (cPCI). Шина cPCI, отличается своеобразной архитектурой, и потому имеет ряд ограничений для использования в высокопроизводительных, компактных и недорогих средах ИТ. Тем не менее, «Серверные лезвия» уже сейчас обладают существенными преимуществами над традиционной серверной архитектурой.

2. Инфраструктура сети

Инфраструктура сети является одним из важнейших элементов модели сетевого сообщества. Именно она определяет характер коммуникационных взаимодействий между участниками степень и возможности их участия в повседневной жизни сообщества. Так наличие выделенного сервера, с одной стороны, позволяет осуществлять административные функции внутри системы, а с другой, делает сообщество весьма уязвимым для внешних атак и вмешательства третьих лиц в процесс коммуникации между пользователями. Полностью же децентрализованная система сложна с точки зрения администрирования и обеспечения полнофункционального развития коммуникационных взаимоотношений между участниками, но с другой стороны защищена от захвата управления системой.

2.1. Одноранговая технология

Термином *peer-to-peer* (P2P) обозначается общая модель организации распределенной системы, основанная на равноправном взаимодействии узлов системы. *Пиринговой системой* называют распределенную систему, построенную на основе пиринговой модели [14–18].

Самым простым способом объяснения, что такое пиринговая модель, является сравнение ее с традиционной клиент-серверной архитектурой, где клиентские узлы отправляют по сети запросы на серверный узел, который в ответ на запросы клиентов выполняет определенные действия и отправляет обратно ответы. В этом случае пиринговую модель можно определить как модель организации распределенной системы, в которой каждый узел системы может функционировать и как клиент, и как сервер. То есть компьютеры в пиринговых системах не привязаны жестко к роли клиента или сервера, — они могут быть и тем, и другим. Роли «клиент» и «сервер» здесь следует рассматривать исключительно в контексте конкретного взаимодействия между узлами системы, а не применительно к отдельному узлу.

Описанный «клиент-серверный дуализм», проявляемый узлами системы, является главной чертой пиринговой модели. Для обозначения узла пиринговой системы используется слово “peer” (равный), которое выражает суть отношений между узлами системы. Фактически *peer* — это

компьютер, который ведет себя как клиент в клиент-серверной архитектуре, но, вдобавок к этому, имеет дополнительный уровень программного обеспечения, который позволяет ему выполнять и функции сервера. Он может отвечать на запросы других узлов системы. Набор типов запросов и ответов на них, то есть протокол, а также способ их обработки зависят от конкретного приложения.

Существует и другое, более широкое определение пиринговой модели как модели целого класса приложений, использующих ресурсы (дисковое пространство, процессорное время, информацию и т. д.), находящиеся на «окраине» Интернета, то есть на машинах обычных пользователей Сети. Так как доступ к этим децентрализованным ресурсам означает работу в среде с динамической связностью и непредсказуемыми IP-адресами, то требования к пиринговым системам зачастую включают независимость от DNS и значительную или полную автономность от центральных серверов.

Последнее определение обращает внимание на две других важные черты пиринговой модели, а именно — разделяемое использование ресурсов отдельных участников системы и функционирование в масштабах динамичной глобальной среды.

Если вспомнить, что роль сервера означает предоставление доступа к определенному ресурсу, а роль клиента — его использование, то можно сделать вывод о том, что в рамках пиринговой модели каждый узел, помимо использования чужих ресурсов, предоставляет остальным участникам доступ к имеющимся у него ресурсам. Поэтому большая часть сообщений в протоколах пиринговых систем связана с поиском и предоставлением доступа к разделяемым ресурсам. Это может быть запрос на чтение или копирование определенного файла, доступ к информации, проведение вычислений или передачу сообщения другому узлу.

В пиринговых системах участники рассматриваются как равноправные объекты, даже если они предоставляют разные объем и качество ресурсов. Другим свойством узлов является их автономность, то есть независимость в принятии таких локальных решений, как выбор предоставляемых ресурсов и правил доступа к ним.

Важной чертой пиринговой модели, которая следует из любого определения, является возможность прямого взаимодействия между узлами. Откуда, в свою очередь, следует, что среда становится принципиально децентрализованной. Степень децентрализации может варьироваться от частичной до полной. Например, теперь не все данные могут передаваться через центральный сервер, а часть — напрямую, либо в системе вообще может не быть центрального сервера.

В полностью децентрализованной пиринговой системе уже не существует узла, который осуществляет координацию действий, или центральной базы данных, поддерживающей глобальную информацию о системе. Следовательно, узлам такой системы приходится использовать *принципы*

самоорганизации, действуя на основе доступной локальной информации и взаимодействуя с известными им узлами («соседями»). Глобальные свойства системы возникают в этом случае как совокупный результат происходящих локальных взаимодействий.

Эффект пиринговой модели состоит в смещении ресурсов и части функциональности с центра Сети (серверов) на ее окраины (пользовательские компьютеры). Так как, в отличие от серверов, большинство пользовательских машин не подключено к Сети круглосуточно и могут выйти из системы в любой момент по целому ряду причин, динамичность и ненадежность узлов и соединений между ними является неотъемлемой чертой пиринговых систем.

Таким образом, отличительными свойствами пиринговых систем являются:

- Совмещение клиента и сервера: $\text{peer} = \text{клиент} + \text{сервер}$.
- Разделение ресурсов и кооперация.
- Равноправие и автономность участников.
- Отсутствие центральной координации.
- Использование принципов самоорганизации.
- Ненадежность узлов и соединений между ними.

Возможность прямого взаимодействия с другими компьютерами освобождает пользователей от зависимости от центральных серверов. Пиринговые приложения позволяют им создавать свои собственные сервисы и самостоятельно контролировать доступ к ресурсам на своих компьютерах. С другой стороны, пользователи получают доступ к совокупным ресурсам других участников системы, которые могут существенно превосходить возможности любого сервера.

С социальной точки зрения пиринг дает пользователям возможность самоорганизации в сообщества без помощи центрального управления. Участники этих самоуправляемых сообществ могут использовать разделяемые ресурсы, обмениваться информацией, сотрудничать друг с другом, образуя таким образом отдельный виртуальный сегмент Сети. Формирование динамических сообществ является одним из самых интересных явлений, связанных с пирингом.

Классификацию возможных типов пиринговых приложений естественно провести на основе типов разделяемых ресурсов:

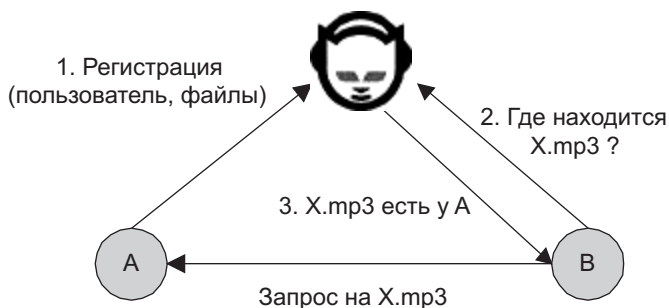
- **Файлообменные приложения** аккумулируют *дисковое пространство* на машинах участников, организуя виртуальное хранилище данных, доступное для чтения и записи с любого узла системы [16, 17].
- Приложения для проведения **распределенных вычислений** агрегируют *вычислительные мощности* участников для совместного решения ресурсоемких вычислительных задач, которые могут быть разбиты на множество небольших подзадач [15, 18].

- Приложения для **распространения контента** используют *сетевые ресурсы* участников для осуществления эффективного распространения и доставки данных распределенным образом.
- Приложения **мгновенного обмена сообщениями** объединяют *человеческие ресурсы*, представляющие в данном случае способность общаться.
- Приложения для организации **совместной работы** объединяют, в первую очередь, профессиональные *знания* их пользователей и содержащие эти знания *рабочие документы*.

Возможны и гибридные варианты приложений, использующие ресурсы нескольких типов. Так, в рамках приложений совместной работы могут быть интегрированы самые разнообразные ресурсы, в том числе дисковое пространство и вычислительные мощности.

В настоящее время известны следующие примеры широко распространенных распределенных систем [19]:

- **Файлообменная система Napster.**

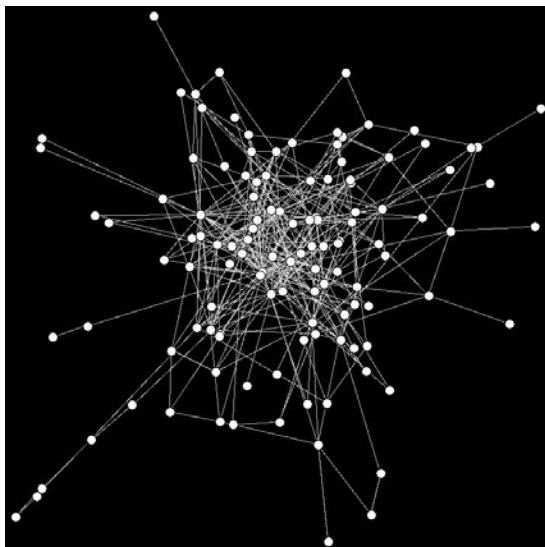


Данные размещались на машинах пользователей, которые обменивались файлами между собой напрямую, минуя центральные серверы. Последние использовались только для поиска узлов, хранящих требуемые данные. Для этого они поддерживали динамический список всех имеющихся в системе файлов. Через эти же серверы осуществлялась регистрация и авторизация пользователей⁵⁾.

- **Файлообменная система Gnutella**

Механизм поиска в Gnutella основан, как и сам обмен файлами, на пиринговой модели [21]. Каждый узел поддерживает соединения с несколькими (как правило, тремя-четырьмя) другими узлами, называемыми соседними. Вместо центрального сервера узел отправляет поисковый запрос своим соседним узлам. Те, в свою очередь, могут переслать запрос

⁵⁾ Следует напомнить, что именно эта файлообменная система стала основой сети распространения пиратских музыкальных записей [20].

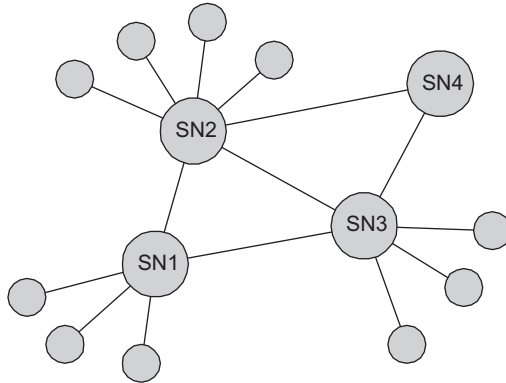


далее своим соседям, и т. д. При таком коллективном поиске в глубину охватывается довольно большой сегмент сети размером до тысячи узлов, при этом топология системы постоянно меняется из-за прихода и ухода узлов, соответственно меняется и доступный данному узлу сегмент системы.

- **Система Freenet**

Freenet объединяет компьютеры пользователей в единый, огромный виртуальный накопитель информации. Система обладает высокой степенью выживаемости, так как все элементы системы полностью децентрализованы и анонимны, что делает практически невозможным взлом системы с целью уничтожения информации или захват управления системой. Freenet в высшей степени затрудняет попытки кого бы то ни было проследить за тем, какую информацию вы просматриваете, публикуете или храните. Информация, хранимая в системе, криптографически защищена от подделок и фальсификации. Freenet динамически кэширует и перемещает информацию по сети в зависимости от спроса на нее, обеспечивая эффективное обслуживание и оптимизацию пропускной способности сетевых каналов. Возможности Freenet могут быть использованы для анонимной публикации без цензуры спорной информации, эффективного распространения информации большого объема и размещения информации персонального характера без ограничения дискового пространства.

- Система с частичной централизацией *FastTrack*



Технология *FastTrack* использует в своей работе закрытый, криптографически защищенный протокол, который нигде не опубликован. Также отсутствует официальная информация об архитектуре системы⁶⁾.

2.2. Клиент-серверная технология

С появлением персональных компьютеров, локальных сетей, реляционных баз данных и мощных настольных приложений, компьютерная индустрия двинулась в новую реальность открытых систем и архитектуры клиент-сервер (рис. 8).

В клиент-серверной архитектуре пользователи получили доступ к реляционным данным, они могли сгенерировать свои собственные отчеты и манипулировать выборками при помощи персональных электронных таблиц и инструментов анализа данных на своих персональных компьютерах.

Двухзвенная клиент-серверная архитектура расщепляет приложение на две части и разделяет вычисление между настольным компьютером

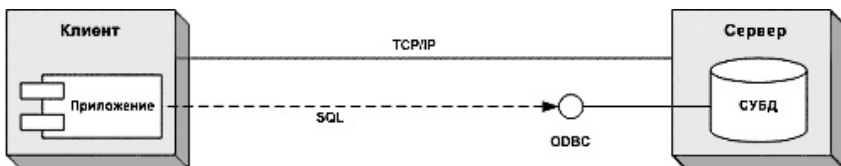


Рис. 8. Схематическое изображение технологии клиент-сервер

⁶⁾ Технология *FastTrack* нередко рассматривается и как ядро совокупности *egivzyens*[*dsit* пиринговых приложений (*Napster*, *Gnutella*, а также коммерческого варианта последней — *Morpheus*) [22].

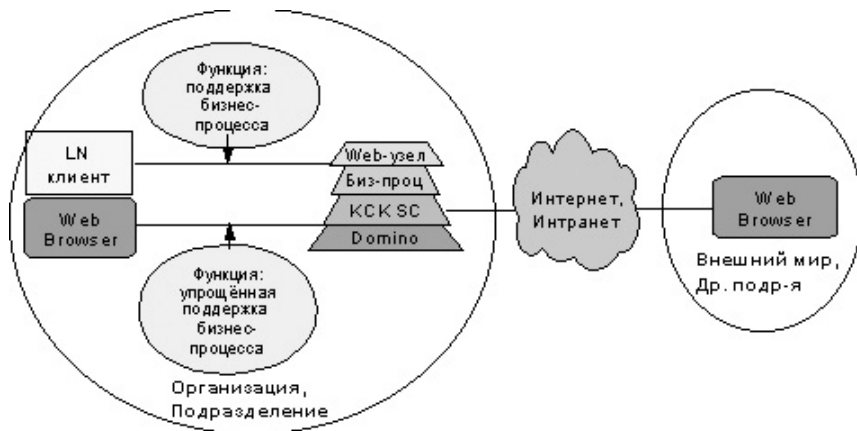


Рис. 9. Схематическое изображение использования клиент-серверной технологии

и серверным хранилищем данных. Теперь клиентская машина в общем случае может быть с любой операционной системой, от Windows до UNIX, серверная часть также может варьироваться от аппаратуры, возможно даже меньшей вычислительной мощности по сравнению с персональным компьютером пользователя до многопроцессорных кластеров или мэйн-фреймов [23].

Граница между клиентом и сервером в таких системах проводится в произвольном месте и большей частью зависит от используемых инструментов. В предельном случае на клиенте работает какой-либо эмулятор, например, эмулятор X/Windows или терминала 3270, при этом клиентская рабочая станция имеет дело только с презентационной логикой, а сервер имеет дело и с презентационной логикой, и с бизнес-правилами, и с хранением данных. Если же провести границу несколько другим образом, то сервер совершает только несколько простейших операций по выборке хранимых данных, а задачи обработки, преобразования и отображения данных выполняются на персональном рабочем месте. В наиболее популярных и распространенных клиент-серверных системах в качестве клиентской рабочей станции применяется мощный персональный компьютер (Windows 2000, Windows NT), а в качестве сервера — SQL сервер на основе Windows NT или UNIX. Общение между клиентом и сервером производится при помощи уже стандартизованных SQL-запросов. Однако, собственно сетевой протокол, в который вкладываются SQL-запросы, используется каждый раз разный в зависимости от производителя SQL-сервера.

Инструментарий, при помощи которого создаются такие системы, позволяет разработчикам описывать логику клиента и осуществлять простейшие запросные операции серверу. Такой тип клиент-серверной ар-

хитектуры называют архитектурой с *толстым клиентом*, поскольку большая часть приложения, включая презентационную логику, бизнес-логику и логику доступа к данным, выполняется на персональном сетевом компьютере.

Двухзвенный клиент-серверный подход обладает целым рядом достоинств. Инструменты для проектирования интерфейса предоставляют заметно большие возможности — проектирование происходит заметно быстрее, а сервер может быть довольно простым, поскольку большая часть сложной обработки возлагается на клиента. Следствием из этого является заметное удешевление системы, особенно ее серверной части. Появляется возможность не зависеть от платформы сервера, поскольку все базы данных от одного поставщика предоставляют одинаковый интерфейс независимо от платформы сервера. А такие интерфейсы, как ODBC (Microsoft) или IDAPI (Borland-Inprise) позволяют добиться независимо от производителя БД.

В качестве компенсации за предоставленные возможности, двухзвенный подход обладает рядом недостатков: проблемы с безопасностью данных, проблемы с надежностью и управляемостью информационной системы, чрезмерные расходы при модификации и обслуживании информационной системы. Двухзвенная архитектура работает только для одной реляционной БД, при этом клиентские приложения совершают четко определенные простые действия с данными. Однако по мере возрастания сложности системы — когда количество источников данных и количество пользователей возрастает, количество и алгоритмическая сложность приложений увеличивается — двухзвенная клиент-серверная система очень быстро исчерпывает возможности по развитию. Без жесткого контроля по безопасности, который могла бы предоставить только централизованная система, такой контроль должен возлагаться на каждое клиентское приложение в отдельности. А поскольку база данных может обрабатываться одновременно на многих персональных рабочих станциях, сервер БД должен вводить и обрабатывать дополнительные функции, обеспечивающие безопасность информации. Для того чтобы работать с несколькими БД, клиент должен уметь устанавливать несколько связанных сессий одновременно по разным протоколам, если базы данных, используемые в системе, не являются базами данных от одного производителя.

По мере возрастания сложности клиентского приложения увеличивается и его размер. По мере возрастания размера приложения возрастают требования к клиентскому компьютеру, его вычислительной мощности, размеру оперативной памяти и объему дискового пространства. А поскольку количество пользователей в системе также имеет тенденцию к росту, возникает потребность в увеличении мощности серверной аппаратуры. Тем самым возникает серьезная проблема масштабируемости.

Огромное количество клиент-серверных систем вырастают из первоначального прототипа проекта, минуя стадию тщательного обдумывания и проектирования системы. В результате, каждый инженер или аналитик создает собственное приложение, не задумываясь о том, что он повторяет уже кем-то сделанную работу или о том, что разработанные им алгоритмы могли бы сослужить его коллегам неплохую службу. Более того, поскольку большинство разработчиков не слишком искушены в вопросах использования реляционного подхода к базам данных, их приложения не отличаются особой эффективностью. При текущем развитии технологий настольные системы являются наименее управляемыми с точки зрения корпоративной системы управления устройствами. Для этого есть и технические и психологические причины. Обычной вещью становится периодически зависающий персональный компьютер, или сообщение GPF (general protection fault), периодически появляющееся в самые непредсказуемые моменты. Обычным делом считается самостоятельное конфигурирование пользователем своего компьютера, которое приводит к неработоспособности приложений.

Одной из методик, повышающей надежность и управляемость корпоративной информационной системы, является перенос логики управления данными в хранимые процедуры на SQL сервер. При этом логика доступа к данным отделяется от логики обработки данных. Хранимые процедуры представляют собой предкомпилированные функции SQL, работающие внутри SQL сервера. Они заметным образом повышают общую устойчивость и производительность системы. Однако этот подход обладает рядом недостатков. Написание хранимых процедур требует довольно высокой квалификации. Кроме того, при написании разработчик имеет дело со специфическим окружением конкретного SQL-сервера, его специфической архитектурой и его ограничениями. Поэтому хранимые процедуры всегда максимально просты и не допускают какой-либо более-менее сложной логики.

Даже в случае повсеместного применения хранимых процедур двухзвенная клиент-серверная архитектура сталкивается с большими трудностями при попытке разрешить проблемы, возникающие перед архитекторами информационной системы. Двухзвенный клиент-серверный подход хорошо работает в случае, когда все данные хранятся лишь в одном месте, на одном SQL-сервере. Каждый производитель SQL сервера поддерживает свой собственный протокол для обращения к данным, поэтому разработчику приходится каждый раз заново решать проблему установления соединения, синхронизации данных, безопасности и множество других мелких и неприятных технических проблем. Клиентские приложения становятся все более сложными и все менее управляемыми.

Двухзвенная клиент-серверная архитектура — это архитектура, существенно зависящая от применяемых программных инструментов. Возмож-

ности двухзвенной архитектуры существенным образом зависят от применяемых RAD-инструментов и серверов баз данных. Возможности масштабирования и развития системы существенно ограничены. Двухзвенная архитектура позволяет весьма производительным способом использовать RAD-инструменты, однако стоимость масштабируемости, администрирования, развития такой архитектуры чрезмерно высока. И при всем при этом такая архитектура принципиально ограничивает доступ ко всем данным сообщества и возможности интеграции всех систем в единое целое, поддержку одновременно и новых и прежних технологий. Все возрастающая сложность приложений приводит к все меньшей управляемости информационной системы и к все большей зависимости от хорошего поведения наименее надежного элемента системы — конечного пользователя.

2.3. Трехзвенная технология

Способ преодолеть ограничения двухзвенной архитектуры существует. Переход к трехзвенной архитектуре позволяет сохранить завоеванные позиции двухзвенного клиент-серверного подхода, и, кроме того, добиться дополнительной гибкости. Под тремя звеньями здесь понимается три логические части прикладной системы, при этом число пользователей не имеет значения [25]. Трехзвенная модель информационной системы подразумевает логическое деление прикладной системы на три звена — презентационная логика, бизнес-логика и логика доступа к данным.

В самом общем случае в системе может существовать сколь угодно много компонент каждого типа [26]. Поэтому иногда говорят об архитектуре N-tier, то есть многозвенной. Каждая прикладная компонента системы может разделяться любым количеством прикладных систем. При разработке компоненты каждого типа может использоваться самый подходящий тип инструментального средства. Каждая компонента может быть установлена на одной или сразу нескольких вычислительных машинах. При этом компоненты взаимодействуют друг с другом через общий интерфейс, который скрывает детали реализации соответствующей логики. На инфраструктуру системы возлагаются задачи обеспечения безопасности данных,



Рис. 10. Схематическое изображение трехзвенной архитектуры с сервером приложений

совместимости и надежной синхронизации между компонентами системы. При этом эта задача решается для всех компонент одновременно.

Преимущества трехзвенной архитектуры заключаются не только в жизненном цикле приложения. В результате применения многозвенного подхода создается набор клиентских и серверных модулей, которые взаимодействуют друг с другом при помощи стандартных протоколов и стандартных соглашений об интерфейсах, их можно интегрировать и сопрягать друг с другом. Каждый модуль содержит в себе один или более объектов, разделяемых между приложениями. При этом объекты могут включаться в качестве составной части в другие системы. Важной составляющей трехзвенной системы является модуль балансировки нагрузки. Динамическая распределенная инфраструктура позволяет распределенному приложению реконфигурироваться для того, чтобы приспособиться к увеличившемуся количеству пользователей, изменившейся загрузке процессора или при внезапно случившемся сбое. Именно физическое разделение системы на модули является наиболее эффективным средством для поддержки масштабируемости и надежности системы. По мере подключения дополнительных пользователей, при превышении допустимого уровня использования процессора, при исчерпании физической памяти или при наступлении какого-либо другого критерия серверный модуль может переключиться на альтернативную серверную машину или перераспределить нагрузку на нескольких дополнительных машинах. Другой важной компонентой системы является служба каталогов, которая организует доступ к динамическому списку ресурсов всего сообщества. Когда пользователь или клиентское приложение формирует запрос, служба каталогов обрабатывает его и сообщает клиенту, каким образом взаимодействовать с соответствующим ресурсом. Еще один важный сервис системы — это сервис безопасности. Сервис безопасности устанавливает реестр авторизованных пользователей и групп пользователей всего сообщества и регулирует, какие ресурсы всей системы допустимо использовать для каждого пользователя. Сервис безопасности предоставляет единственный пароль для всех доступных ресурсов сообщества. Если пользователь был аутентифицирован при входе в систему, все подсистемы воспринимают его аутентифицированным и не требуют повторного введения пароля при перемещении от подсистемы к подсистеме. Служба управления заданиями предоставляет средство динамической реконфигурации заданий. Эта служба отвечает за запуск заданий на соответствующей машине и их последующий мониторинг. Если с приложением что-нибудь случилось в процессе эксплуатации, служба управления должна перезапустить приложение или произвести некую последовательность действий в зависимости от того, что было предписано при конфигурировании системы. Если нагрузка возрастает или уменьшается, служба запускает или останавливает копию приложения на другом сервере или серверах.

3. Сети хранения

В современных условиях постоянного роста уровня информатизации общества, значимость систем хранения данных особенно высока. Быстрый доступ к базе знаний, поиск нужной информации и ее отображение в пользовательском интерфейсе, порой являются ключевыми моментами в процессе развития сетевого сообщества, роста качественного уровня коммуникационных взаимодействий, привлечения новых пользователей системы. Особенно актуальны системы хранения в долгоживущих сообществах, имеющих богатую историю существования и постоянно накапливающих новую информацию. Системы хранения данных являются мощным средством решения проблем связанных с недостаточно высокой пропускной способностью сети для передачи большого объема данных [28]. Выделяют три типа архитектур систем хранения данных:

1. Архитектура DAS (Direct Attached Storage).
2. Архитектура SAN (Storage Area Network).
3. Архитектура NAS (Network Attached Storage).

3.1. Архитектура DAS

(Direct Attached Storage) самая простая и распространенная среди систем хранения и представляет собой комбинацию твердотельной памяти, дисковых накопителей и стримеров для резервирования. Каждый сервер имеет в своем единоличном распоряжении дисковые и ленточные накопители, и доступ для других серверов организуется только посредством сервера владельца.

Даже поверхностное знакомство с инфраструктурой ИТ современного предприятия показывает, что в большинстве случаев решения для хранения данных создаются именно по принципу непосредственного подключения устройств хранения к серверу, т.е на основе архитектуры **DAS**. Между тем эта устаревшая архитектура не способна удовлетворить резко возросшие требования к дисковым устройствам со стороны современных при-

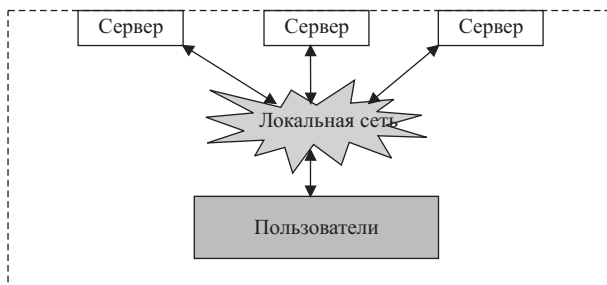


Рис. 11. Схематическое изображение архитектуры DAS



Рис. 12. Схематическое изображение архитектуры непосредственного подключения устройств хранения [28]

ложений, в особенности тех, что работают на высокопроизводительных серверных системах (см. рис. 11). В этой связи остро встает вопрос о необходимости реконструкции систем хранения и переходе на новую, более емкую, производительную и масштабируемую архитектуру. Вместе с тем, большие объемы обрабатываемых данных представляют проблему и ввиду необходимости увеличения пропускной способности дисковых систем.

Среди достоинств данной архитектуры можно отметить простоту реализации, относительно невысокую стоимость и наличие принятых стандартов.

3.2. Архитектура SAN (Storage Area Network)

Архитектура **SAN** является эволюцией развития серверных дисковых подсистем, ее суть заключается в отделении сети объединяющей сервера приложений и хранилища данных от сети, которая обслуживает пользователей, так что между серверами и хранилищами данных устанавливается прямое соединение, которое обеспечивает высокоскоростную передачу данных. Одним из важных преимуществ **SAN** архитектуры является ее масштабируемость, т. е. возможность расширять системы хранения без воздействия на использующие их приложения. Чаще всего это достигается путем использования технологии Fibre Channel, но возможны и другие пути решения. Среди недостатков архитектуры **SAN** можно выделить высокую стоимость реализации и более сложное администрирование системы.

Разработкой стандартов и расширением рынка **SAN**-решений занимается организация SNIA (Storage Networking Industry Association), в которую входят такие компании как Quantum, StorageTek, IBM, Intel, Seagate, Legato, EMC, Compaq, Veritas.

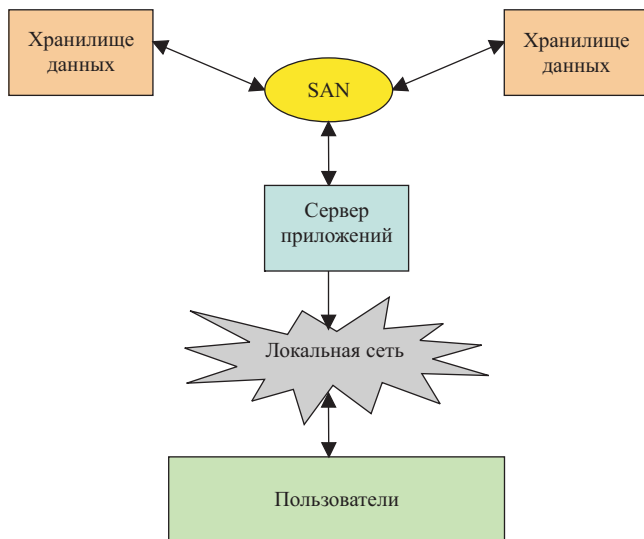


Рис. 13. Схематическое изображение архитектуры SAN

SAN (Storage Area Network) — высокоскоростная сеть передачи данных, предназначенная для подключения серверов к устройствам хранения информации. В основе концепции SAN лежит возможность соединения любого из серверов с любым устройством хранения данных, работающим по протоколу Fibre Channel. Разнообразные топологии SAN — точка — точка, петля с арбитражной логикой (Arbitrated Loop) и коммутация замещают традиционные шинные соединения «сервер — устройства хранения», предоставляя большую гибкость, производительность и надежность.

Транспортную основу SAN составляет протокол Fibre Channel, использующий как медные так и волоконно-оптические соединения устройств и обеспечивающий сегодня скорость передачи данных 400 Мбайт/с в дуплексном режиме. Разрабатываются новые редакции стандарта для скоростей 800 Мбайт/с и 2 Гбайт/с. Волоконно-оптические линии используются значительно чаще, поэтому для построения большой полноценной сети хранения нужно проектировать кабельную сеть как для Gigabit Ethernet, иначе подключение устройств к SAN становится очень трудоемкой задачей.

SAN состоит из следующих компонентов: Host Bus Adapters (HBA); ресурсов хранения данных (например, дисковые массивы); устройств, реализующих инфраструктуру SAN (например, коммутаторы — FC-switch); программных обеспечений (например, драйверы устройств, менеджер томов — Volume Manager).

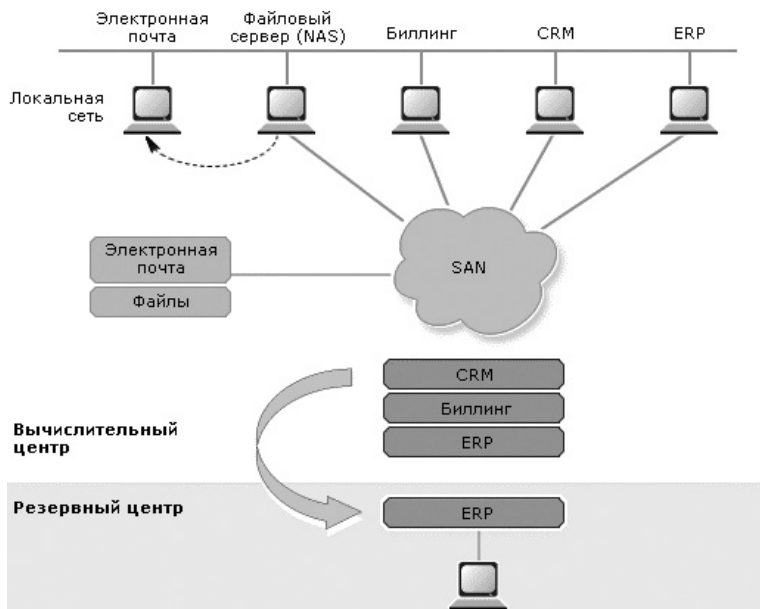


Рис. 14. Схема архитектурного решения на базе SAN [28]

HBA устанавливаются в серверы и осуществляют их взаимодействие с SAN по протоколу Fibre Channel.

К ресурсам хранения данных относятся дисковые массивы, ленточные приводы и библиотеки с интерфейсом Fibre Channel, причем многие свои возможности ресурсы хранения реализуют, только при включении в SAN. Так, дисковые массивы старшего класса могут осуществлять репликацию данных между массивами по сетям Fibre Channel, а ленточные библиотеки могут переносить данные на ленту прямо с дисковых массивов с интерфейсом Fibre Channel, минуя сеть и серверы.

Устройствами, реализующими инфраструктуру SAN, являются коммутаторы Fibre Channel (Fibre Channel switch), концентраторы (Fibre Channel Hub) и маршрутизаторы (Fibre Channel-SCSI router). Концентраторы объединяют устройства, работающие в режиме Fibre Channel Arbitrated Loop (FC-AL), позволяя подключать и отключать устройства без остановки системы, поскольку концентратор автоматически замыкает петлю в случае отключения устройства и автоматически размыкает петлю, если к нему было подключено новое устройство. Дело в том, что в сети хранения с топологией Arbitrated Loop передача данных осуществляется последовательно от узла к узлу — для того чтобы начать передачу данных, передающее устройство инициализирует арбитраж за право использова-

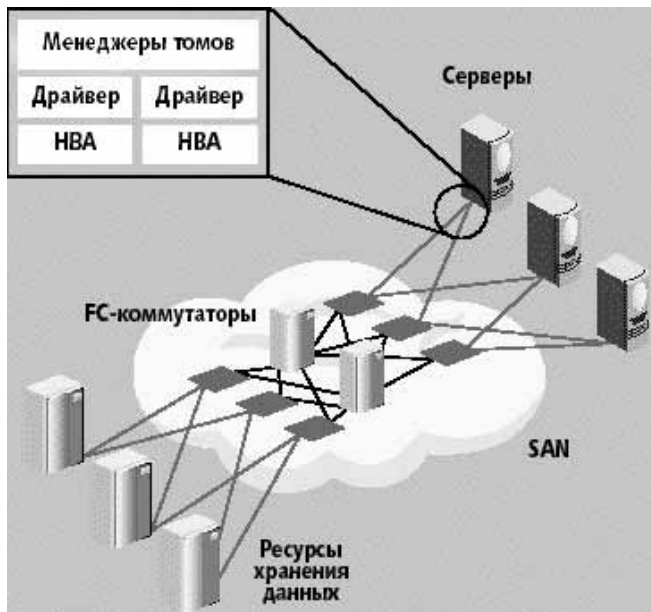


Рис. 15. Компоненты SAN

ния среды передачи данных. Каждое изменение петли сопровождается многоступенчатым процессом инициализации, до окончания которого обмен данными невозможен. Дополнительно топология FC-AL имеет такие ограничения как количество устройств (не более 126), снижение производительности при увеличении числа устройств.

Все современные SAN построены на коммутаторах, позволяющих реализовать полноценное сетевое соединение. Коммутаторы могут не только соединять устройства Fibre Channel, но и разграничивать доступ между устройствами, для чего на коммутаторах создаются зоны (Zone). Устройства, помещенные в разные зоны, не могут обмениваться информацией друг с другом.

Количество портов в SAN можно увеличивать, соединяя коммутаторы. Группа связанных коммутаторов носит название Fibre Channel Fabric. Связь между коммутаторами называют Interswitch Link (ISL). Коммутаторы, которые не обладают возможностью составлять FC-Fabric или имеющие ограниченные возможности (например, только с одной ISL-связью), называют коммутаторами начального уровня. Коммутаторы следующего класса Director — это модульные коммутаторы с числом портов больше 64 и с продублированными компонентами (блоки питания, вентиляторы, управляющие процессоры и модули коммутации).

Маршрутизаторы Fibre Channel-SCSI предназначены для подключения к сети хранения устройств, не оборудованных интерфейсами Fibre Channel, таких как старые дисковые массивы и ленточные библиотеки. Для выполнения процедур резервного копирования в маршрутизаторы Fibre Channel-SCSI встроены механизмы переноса на уровне блоков данных с дисков на ленту.

Программное обеспечение позволяет реализовать резервирование путей доступа серверов к дисковым массивам и динамическое распределение нагрузки между путями. Для большинства дисковых массивов существует простой способ определить, что порты, доступные через разные контроллеры, относятся к одному диску. Специализированное программное обеспечение поддерживает таблицу путей доступа к устройствам и обеспечивает отключение путей в случае аварии, динамическое подключение новых путей и распределение нагрузки между ними. Программное обеспечение играет весьма значительную роль в резервном копировании через сеть хранения. Например, процедура Serverless backup, формирует таблицу дисковых блоков и таблицу соответствия физических блоков и логических структур, необходимую для получения целостного непротиворечивого образа данных на ленте. Программное обеспечение используется также для управления — отображение топологии, управление зонами на коммутаторах, обнаружение отказов, сбор статистики производительности и т. д.

Все большую популярность получают средства виртуализации дисковых ресурсов SAN. Идея виртуализации состоит в том, чтобы обеспечить представление серверам ресурсов хранения в виде, независимом от используемых дисков или дисковых массивов. В идеале серверы должны «видеть» не устройства хранения данных, а ресурсы. Технически эта идея реализуется следующим образом: между серверами и дисковыми устройствами помещается специальное устройство виртуализации, к нему с одной стороны подключаются дисковые устройства, а с другой — серверы. На устройстве содержатся правила преобразования физических ресурсов хранения данных в логические, которыми оперируют серверы. Недостатком такого решения является то, что серверы взаимодействуют с устройствами хранения только через устройство виртуализации и в случае выхода его из строя все ресурсы хранения становятся недоступны. Помимо этого, сложно использовать внутренние процедуры дисковых массивов, поскольку истинная структура данных скрыта от серверов.

В небольших SAN рекомендуется использовать коммутаторы начального уровня вместо концентраторов: цена на коммутаторы начального уровня сравнима с ценой управляемых концентраторов. При использовании топологии FC-AL ошибки одного из устройств в петле сказываются на работе всех остальных, вплоть до полной неработоспособности. Найти и изолировать источник ошибок в сети Fibre Channel, построенной на концентраторах, очень сложно (как правило, производится после-

довательное отключение устройств, пока не будет найден источник). У коммутаторов ошибки на одном из портов не сказываются на работе остальных; кроме того, на каждом порту всегда есть статистика ошибок. Производительность коммутируемой сети Fibre Channel выше, чем у сети, построенной на концентраторах, поскольку все устройства в Arbitrated Loop для обмена данными используют одну линию с пропускной способностью 100 Мбайт/с, а у коммутатора каждый порт работает независимо.

При построении SAN на коммутаторах (за исключением коммутаторов класса Director) рекомендуется создавать две независимые группы. Это позволяет избежать единой точки отказа в SAN. Кроме того, изменения конфигурации, регламентные работы (например, установка новых программно-аппаратных средств) на одной из групп не сказываются на работе другой. Применение данного метода совместно с программным обеспечением поддержки альтернативных путей доступа и распределение нагрузки для соединения серверов и устройств хранения (пути, разумеется, должны быть распределены между разными группами коммутаторов) позволяют создать надежную сеть хранения. В качестве такого программного инструментария можно рекомендовать Veritas Volume Manager.

В случае создания группы из нескольких коммутаторов важно подобрать правильное количество соединений между ними. Из практических соображений количество соединений выбирается в зависимости от числа активных одновременных обменов, происходящих между устройствами, включенными в разные коммутаторы. Желательно, чтобы число активных одновременных обменов было кратно числу связей между коммутаторами. Обычно из соображений надежности число связей между коммутаторами рекомендуется делать равным 2 (или более).

3.3. Архитектура NAS

Архитектура NAS характеризуется меньшей по сравнению с SAN стоимостью реализации и является наиболее подходящим решением для небольших рабочих групп. Архитектура NAS позволяет сбалансировать нагрузку на сеть и эффективно использовать ее пропускную способность, но в отличие от SAN-архитектуры не отделяет сеть с хранилищами и серверами приложений от сети, обслуживающей пользователей. Архитектура NAS является оптимальным решением для повышения производительности Web сайтов. Среди недостатков архитектуры NAS можно выделить перегруженность сети при обмене большими объемами данных, среди достоинств — хорошую масштабируемость.

С развитием информационных технологий помимо традиционных средств коммуникации, таких как электронная почта или Интернет-пейджеры появились средства обмена голосовыми сообщениями и видеоданными. Потеря пакетов при пересылке почты или в трафике Интернет неприятна, но не представляет собой серьезную проблему [29]. В случае же



Рис. 16. Схематическое изображение архитектуры NAS. Качество Услуг (QoS). Обеспечение QoS в сетевых сообществах

передачи голосовых сообщений и видеоданных по IP, напротив, уже небольшое нарушение во времени задержки или изменение скорости передачи (вариация задержки) может привести к искажениям звука или картинки, что недопустимо при коммуникации в реальном режиме времени.

Таким образом, для Real-Time коммуникации требуется разработка механизмов обеспечения качества услуг (Quality of Service, QoS). Дело затрудняется тем, что при этом задействуется множество маршрутов передачи и транспортных протоколов: к классическим выделенным линиям ATM и frame relay добавляются восходящие каналы Ethernet и виртуальные частные сети IP/MPLS, асимметричные и симметричные линии DSL, а также подключения по беспроводным локальным сетям (Wireless Local Area Network, WLAN) и мобильным телефонам (GPRS, в будущем — UMTS).

Те сообщества, которые прежде подключались к сети посредством выделенных линий ATM или frame relay, привыкли к высокому качеству услуг: арендуемая линия обеспечивает выделенное подключение к сети доступа провайдера, в которой развитые функции обеспечения качества услуг ATM регулируют восходящий и нисходящий трафик. Однако этот тип подключения требует применения дорогостоящих маршрутизаторов для осуществления преобразований на стыке локальной и глобальной сетей и тем самым увеличивает стоимость выделенного канала. Для того чтобы в узких местах каналов глобальных сетей обеспечить первоочередное обслуживание важных и срочных приложений, за маршрутизатором устанавливаются специализированные устройства формирования трафика, к примеру, Packeteer, Allot или Peribit. Они оптимизируют нагрузку

на канал, однако в локальной сети появляется еще одна группа устройств, которыми необходимо управлять.

Для подключения к глобальным сетям сообщества рассматривают альтернативные варианты. В случае крупных сообществ можно использовать каналы Ethernet, что, правда, предполагает наличие оптического волокна. С вводом DDV–M Ethernet 100 компания T-Com стала предлагать быструю службу Ethernet. Она использует платформу синхронной цифровой иерархии (Synchronous Digital Hierarchy, SDH) и оптическую магистраль T-Com и предоставляет то же привычное качество, что и SDH.

Цельность и защищенность передачи трафика IP обеспечивают виртуальные частные сети MPLS. Система регулирования трафика MPLS (Traffic Engineering, TE) управляет приоритетами для того или иного класса трафика — магистральные маршрутизаторы отображают биты классификации на индекс сервиса (code point) с целью определения класса продвижения данных и разрешенного уровня потерь пакетов. Механизмами классификации служат индексы сервиса DiffServ в случае IP DiffServ, биты приоритетов IP, биты MPLS EXP или биты класса услуг (Class of Service, CoS) в соответствии со стандартом IEEE 802.1p. Проблема заключается в том, что функции систем регулировки трафика специфичны для каждого отдельного оператора, а взаимодействие между сетями MPLS различных провайдеров пока еще находится в стадии становления.

При подключении небольших сообществ DSL все чаще предпочитают в качестве недорогой альтернативы выделенной линии. Однако за выигрыш в цене сообществам приходится расплачиваться снижением качества услуг: DSL является технологией по мере возможности, она не рассчитана на чувствительные или работающие в реальном времени приложения, как, например, VoIP. Учитывая неширокое пока распространение VoIP, проблема стоит еще не слишком остро, однако в скором будущем ситуация может измениться. В обоих случаях — при доступе через Ethernet/IP и через DSL — для обеспечения необходимого качества сервиса IP необходимы маршрутизаторы.

Практике привлечения большего числа абонентов, чем сеть способна обслуживать одновременно, сообщества противопоставляют требование получения гарантированной пропускной способности с четко регулируемым — посредством соглашения об уровне сервиса (Service Level Agreement, SLA) — качеством услуг. Для этого на стороне провайдера должна быть реализована возможность классификации трафика (и Ethernet, и DSL) по отправителю, IP-адресу и приложению. Каждый поток получает определенный приоритет, а также фиксированную или переменную пропускную способность (формирование трафика). Для сквозного трафика применяются от трех до четырех классов услуг:

- очередь с минимальными значениями времени задержки и вариации для передачи голосовых и видеоданных;

- иногда используемая очередь с минимальной задержкой (для потокового видео);
- очередь с приоритетной обработкой корпоративных приложений;
- очередь с обслуживанием по мере возможности для Интернет, электронной почты и т. п.

Различные алгоритмы организации очереди, в частности взвешенное циклическое формирование очередей (Weighted Round Robin, WRR) или формирование очередей с четкими приоритетами (Strict Priority Queuing, SPQ), могут применяться к физическому порту, уровню субпортов, например постоянному виртуальному каналу ATM, или IP-адресу. При этом важно, чтобы пограничный маршрутизатор мог осуществлять классификацию, назначение приоритетов и формирование трафика, как на входящих, так и на исходящих портах с необходимой скоростью, в противном же случае он сам окажется узким местом канала в глобальную сеть.

В случае многочисленных подключений DSL пограничный маршрутизатор должен обрабатывать десятки тысяч приоритетных очередей. Наибольшую нагрузку несут выходные модули и внутренняя шина, поэтому они не должны стать, в свою очередь, причиной затора трафика. В этой связи развивается альтернативный подход к инфраструктуре BRAS на базе пограничных маршрутизаторов, который предполагает перенести затрагивающую пользователей и сервис функциональность поддержки качества услуг на специальные устройства доступа BRAS. Они должны быть установлены как можно ближе к узлу доступа или мультиплексору доступа DSL (DSL Access Multiplexer, DSLAM). Цель — освобождение узлов в территориальной сети от функций QoS и перемещение функциональности сетевого уровня на край сети доступа.

Необходимостью обеспечения качества обслуживания для сервисов IP поверх DSL озабочился Форум DSL: на базе рабочих документов WT-080 и WT-081 отраслевой консорциум в сентябре 2003 г. опубликовал технический отчет TR-059 под названием «Эволюция DSL» [29]. В нем содержатся указания относительно разработки архитектуры для поддержки служб IP по DSL с обеспечением QoS. Тем самым форум DSL сокращает путь к высококачественным службам DSL: широковещательным видео и аудио, видео по требованию и интерактивным играм.

TR-059 описывает методологию введения качества обслуживания для IP поверх DSL и определяет требования к построению сети и интерфейсам. Эталонная архитектура TR-059 предполагает расширение традиционных коммутаторов ATM на участке между сетями доступа и региональными сетями за счет функциональности BRAS. В результате за управление качеством обслуживания будет отвечать BRAS, а не DSLAM. От пользователей архитектура требует наличия соответствующего конечного оборудования (Customer-Premises Equipment, CPE), способного учитывать заданные и устанавливать собственные приоритеты.

Введение поддержки QoS для IP в базирующуюся пока преимущественно на ATM инфраструктуру DSL — достаточно сложный процесс, поэтому «эволюционный подход» форума DSL предполагает следующую последовательность действий: на первом этапе провайдеры вводят в свои сети элементы с поддержкой IP, чтобы те вместе с терминальным оборудованием ATM проводили потоки IP через не поддерживающие IP-устройства. За назначение приоритетов и формирование трафика отвечает DiffServ. Второй этап предусматривает перевод регулирования трафика на базу IP. Введение качества услуг для IP на базе правил должно будет обеспечить индивидуальную сквозную обработку потоков данных в зависимости от приложений и пользователей.

Если качество обслуживания рассматривается в контексте каналов глобальных сетей, то, как правило, имеются в виду службы, для которых QoS определено с самого начала и закреплено между провайдером и сообществом посредством соглашений об уровне сервиса. Фактор непостоянства вносит только использование QoS на базе сеансов: пограничный маршрутизатор автоматически распознает для каждого отдельного сеанса, о каком типе трафика идет речь, и автоматически назначает соответствующее качество услуг.

Взамен жесткой фиксации сообществам желательно получить гибкую модель QoS, т. е. QoS по требованию. При этом если, например, сообщество использует линию DSL большей частью для доступа в Интернет, то оно могло бы заказать услугу с более низким качеством. Если же время от времени возникает потребность в проведении видеоконференции, то качество обслуживания для соединения можно было бы поднять на определенный срок до необходимого уровня.

Качество обслуживания по требованию предполагает, что управление уровнями QoS доступно не только провайдеру, но и пользователю: последний должен иметь возможность самостоятельно задавать необходимое качество услуг посредством защищенного доступа к сервисному portalу провайдера. В будущем предложения подобного рода могут пополнить список дифференцированных услуг, причем наиболее интересны они для сообществ среднего размера. Однако реализация даже статичных методов QoS представляется технически сложной задачей. Внедрение же динамических подходов к QoS обернется дополнительными проблемами с масштабируемостью и планированием.

Литература

1. Попков Ю. С., Тищенко В. И. Виртуальные сообщества в структуре власти. М.: УРСС, 2004.
2. Попков Ю. С., Рогов С. В. Технология виртуальных сообществ // Информатика сообществ и формирование сетей. Ч. 2. М., 2004.

3. *Пьянзин К.* Критические заметки о состоянии рынка сетевого оборудования в России // LAN. 2002. № 2. (изд-во «Открытые системы»). Электронный ресурс: <http://www.osp.ru/lan/2000/02/>.
4. Электронный ресурс: <http://www.ilit.ru/news.asp?num=237>.
5. *Орлов С.* Фундамент информационной инфраструктуры // LAN. 2003. № 01. (изд-во «Открытые системы»). Электронный ресурс: <http://www.osp.ru/lan/2003/01/046.htm>.
6. *Орлов С.* Оптика вплотную к клиентам // LAN. 2003. № 05. (изд-во «Открытые системы»). Электронный ресурс: <http://www.osp.ru/lan/2003/05/050.htm>.
7. *Жилкина Н.* На перекрестке двух миров // LAN. 2003. № 11 (изд-во «Открытые системы»). Электронный ресурс: <http://www.osp.ru/lan/2003/11/076.htm>.
8. *Леонов В.* Беспроводные сети — как это работает // Электронный ресурс: <http://www.ferra.ru/online/networks/25619/>.
9. *Феллинг Д.* Технология беспроводных сетей: свобода передвижения для сотрудников предприятия // Windows IT PRO. 2003. № 01 (изд-во «Открытые системы»). Электронный ресурс: <http://www.osp.ru/win2000/2003/01/018.htm>.
10. Электронный ресурс: <http://www.comptek.ru>.
11. Электронный ресурс: <http://www.comptek.ru/box/807?printed=0>.
12. *Ягофаров Т.* Серверы начального уровня: эволюция и возможности // Компьютерное обозрение. 2004. № 02 (изд. дом ИТС). Электронный ресурс: <http://itc.ua/16361>.
13. *Шютц С.* Серверная архитектура будущего // LAN. 2003. № 02 (изд-во «Открытые системы»). Электронный ресурс: <http://www.osp.ru/lan/2003/02/092.htm>.
14. *Peer-to-Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies* / Ed. by Andy Oram. O'Reilly, 2001.
15. *Афанасьев А. П., Волошинов В. В., Рогов С. В., Сухорослов О. В.* Развитие концепции распределенных вычислительных сред // Проблемы вычислений в распределенной среде. Ч. 2. Сборник ИСА РАН. М.: УРСС, 2004.
16. *Сухорослов О. В.* Имитационное моделирование пиринговых систем // Проблемы вычислений в распределенной среде. Сборник ИСА РАН. М.: УРСС, 2004.
17. *Сухорослов О. В.* Пиринговые системы: концепция, архитектура и направления исследований // Проблемы вычислений в распределенной среде. Сборник ИСА РАН. М.: УРСС, 2004.
18. *Фостер Я., Кессельман К., Ник Д., Тьюке С.* Grid-службы для интеграции распределенных систем // Открытые системы. 2003. № 1. С. 20–26.
19. *Любезнов Л. Н.* Технология Peer-to-Peer и сокрытие авторства в Интернет // Электронный ресурс: http://www.pniei.penza.ru/conf/tom2/022/article_2.htm.
20. *Тихонов К.* По решению суда файлообменная сеть Napster окончательно прекратила работу // Электронный ресурс: <http://net.compulenta.ru/15637/>.
21. *Драница А.* Peer-2-peer на весь мир? // Компьютерра. 2002. № 19. Электронный ресурс: <http://www.kinnet.ru/cterra/444/17936.html>.
22. *Золотов Е.* Идеальная видимость // Электронный ресурс: http://old.computerra.ru/online/firstpage/politika/16387/for_print.html.

23. *Акопянц А.* Блеск и нищета клиент-серверных технологий // Компьютерра. 1999. № 24. Электронный ресурс: <http://www.computerra.ru/offline/1999/302/3766/>.
24. Компания КСК предлагает готовое решение для электронного бизнеса в России // Электронный ресурс: http://www.elingerie.ru/sls/www_kck.nsf/PVPMMAIN/5527AE84AFD57043C3256896003FD8C5?Opendocument
25. *Шутов А.* Трехзвенная архитектура корпоративной информационной системы // Электронный ресурс: <http://ivanuts.chat.ru/arhitect.htm>.
26. *Кононов А., Кузнецов Е.* Онтология распределенных прикладных систем // Открытые системы. 2002. № 11. Электронный ресурс: <http://www.osp.ru/os/2002/11/022.htm#incuts>.
27. *Голубев Д.* Сети хранения // Открытые системы. 2003. № 03 (изд-во «Открытые системы»). Электронный ресурс: <http://www.osp.ru/os/2003/03/024.htm>.
28. *Ковалев В.* Реконструкция систем хранения // LAN: Журнал сетевых решений. 2004. № 7. Электронный ресурс: http://www.ot.ru/print_version_in20040823.html.
29. *Грайнер В.* Дорогу важным данным! // LAN. 2004. № 02 (изд-во «Открытые системы»). Электронный ресурс: <http://www.osp.ru/lan/2004/02/060.htm>.
30. Электронный ресурс: http://www.linuxcenter.ru/lib/articles/networking/networking_overview_howto.phtml.
31. Электронный ресурс: <http://web.icq.com/>.
32. Электронный ресурс: <http://www.webex.com/>.
33. Электронный ресурс: <http://www.placeware.com/>.
34. Электронный ресурс: <http://www.sun.com/desktop/products/software/sunforum/sunforum/sunforumjtf.html>.
35. Электронный ресурс: <http://www.lotus.com/home.nsf/welcome/sometime>.
36. Электронный ресурс: <http://www.cuworld.com/>.
37. Электронный ресурс: www.microsoft.com/windows/netmeeting.