

Тема 11. Принципы межсетевого взаимодействия

Гончаров Сергей Леонидович
Старший преподаватель кафедры
МИОЭС





ГЕТЕРОГЕННОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ МЕЖСЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Гетерогенность

- ❖ На сегодняшний день ИС средних и крупных предприятий в большинстве случаев на практике реализуются на основе персональных компьютеров, объединенных в локальные вычислительные сети
- ❖ Довольно часто в пользователи персональных компьютеров таких ИС возникают различные прикладные задачи, которые могут успешно решаться различными прикладными программными средствами
- ❖ При этом для эффективного тех или иных задач на персональных компьютерах рабочих мест соответствующих пользователей могут устанавливаться различные типы операционных систем

Гетерогенность

- ❖ Среди операционных систем, устанавливаемых на персональные компьютер, широкого использования получили операционные системы семейства Microsoft Windows и семейства Unix / Linux.
- ❖ После установки соответствующих операционных систем на отдельные персональные компьютеры, которые соединены между собой средствами локальной вычислительной сети, возникают задачи реализации их согласованной работы для взаимного обмена информацией
- ❖ Решение таких задач является весьма сложной проблемой, особенно когда на отдельных персональных компьютерах локальной вычислительной сети установлены разнотипные операционные системы, т.е. локальные вычислительные сети имеют гетерогенную архитектуру.

Гетерогенность

- ❖ Так как сети создавались большей частью случайным образом, то приобретенные компьютеры и ОС отвечают, как правило, индивидуальным потребностям группы пользователей.
- ❖ Сети отдела строились для решения конкретных задач групп сотрудников.

Гетерогенность

- ❖ Например, инженерный отдел мог выбрать рабочие станции SPARC фирмы Sun Microsystems, соединенные сетью Ethernet, потому что им нужны были приложения, работающие только в среде UNIX. Разделение файлов при этом реализовывалось с помощью TCP/IP и NFS.
- ❖ В отделе продаж той же самой организации уже могли быть куплены компьютеры PS/2, установлена сеть Token Ring и операционная система NetWare для решения их собственных задач: ведения базы данных о клиентах, подготовки писем, разработки коммерческих предложений.
- ❖ Затем в рекламном отделе были выбраны компьютеры Macintosh, поскольку они наилучшим образом подходят для создания презентационных материалов. Macintosh'и соединены посредством LocalTalk, а файлы и принтеры разделяются с использованием AppleTalk.
- ❖ Отдел, отвечающий за автоматизацию предприятия, должен *интегрировать* все эти плохо совместимые системы в единый прозрачный организм.



ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖСЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



Основные подходы (проблема протоколов)

МИОЭС

- ❖ В реальном мире компьютерных сетей существует несколько стеков протоколов, уже завоевавших свое место под солнцем и не собирающихся его уступить.
- ❖ Например, если на предприятии используются мейнфреймы IBM, то они скорее всего используют протоколы сетевой архитектуры SNA и аппаратуру Token Ring.
- ❖ Использование компьютеров DEC с операционной системой VAX означает, что используются протоколы DECnet и Ethernet.
- ❖ Сети локальных компьютеров используют чаще всего протоколы Novell NetWare, Banyan VINES, IBM LAN Server или Microsoft LAN Manager с аппаратурой Ethernet, Token Ring или ARCnet.
- ❖ Существование многих стеков протоколов не вносит никаких проблем до тех пор, пока не появляется потребность в их взаимодействии, то есть потребность в доступе пользователей сети NetWare к мейнфрейму IBM или пользователей графических рабочих станций UNIX к компьютеру VAX.
- ❖ В этих случаях проявляется несовместимость близких по назначению, но различных по форматам данных и алгоритмам протоколов.



Основные подходы (проблема протоколов)

- ❖ Общность различных стеков протоколов проявляется только на нижних уровнях - физическом и канальном.
- ❖ Здесь в настоящее время почти нет проблем для взаимодействия, так как большинство стеков могут использовать общие протоколы Ethernet, Token Ring, FDDI. Исключения составляют только мейнфреймы IBM, которые на нижнем уровне в основном используют протоколы типа ведущий-ведомый с синхронной передачей данных, ориентированные на иерархическую соподчиненную структуру мейнфрейм - групповой контроллер - терминалы.
- ❖ Да и соединение двух компьютеров, использующих на нижнем уровне различные протоколы, а на верхних - одинаковые не составляет проблемы - эта задача решается аппаратно с помощью транслирующего моста или маршрутизатора.



Основные подходы (проблема протоколов)

- ❖ Сложнее обстоит дело с сопряжением сетей, использующие различные протоколы верхних уровней, начиная с сетевого.
- ❖ Задачи согласования протоколов верхних уровней решить труднее из-за большей сложности этих протоколов и их разнообразия - чем большим интеллектом обладает протокол, тем больше у него аспектов и граней, по которым он может отличаться от своего собрата по функциональному назначению.
- ❖ Сложно осуществить трансляцию транспортных протоколов (таких, как IP и IPX), но гораздо сложнее совместить протоколы верхнего, прикладного уровня, с помощью которых клиенты получают сервис у серверов.



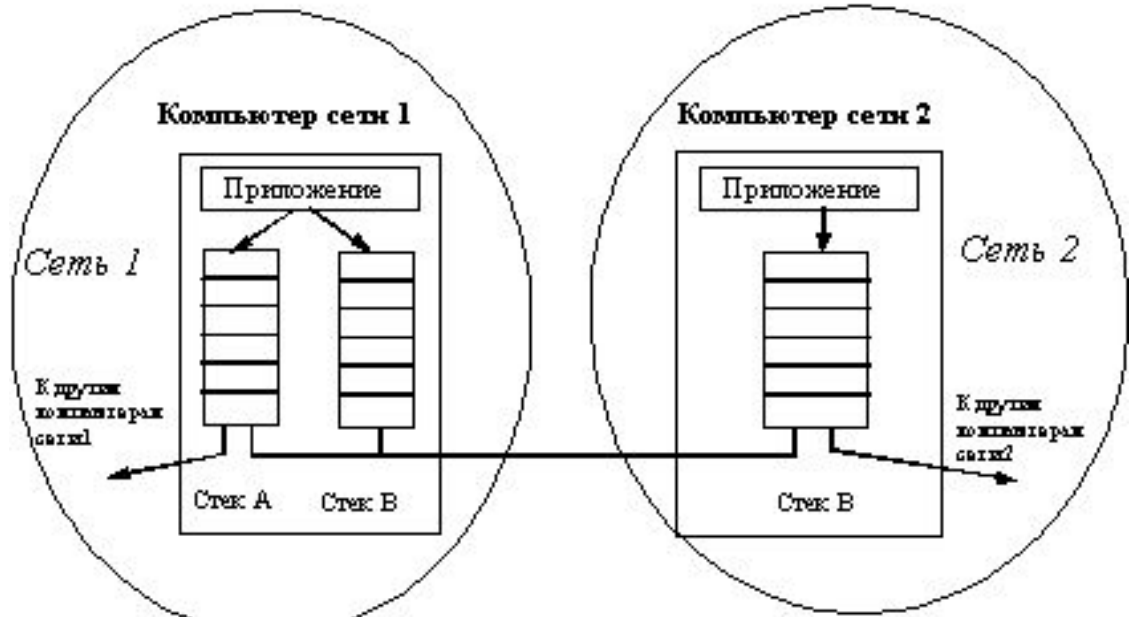
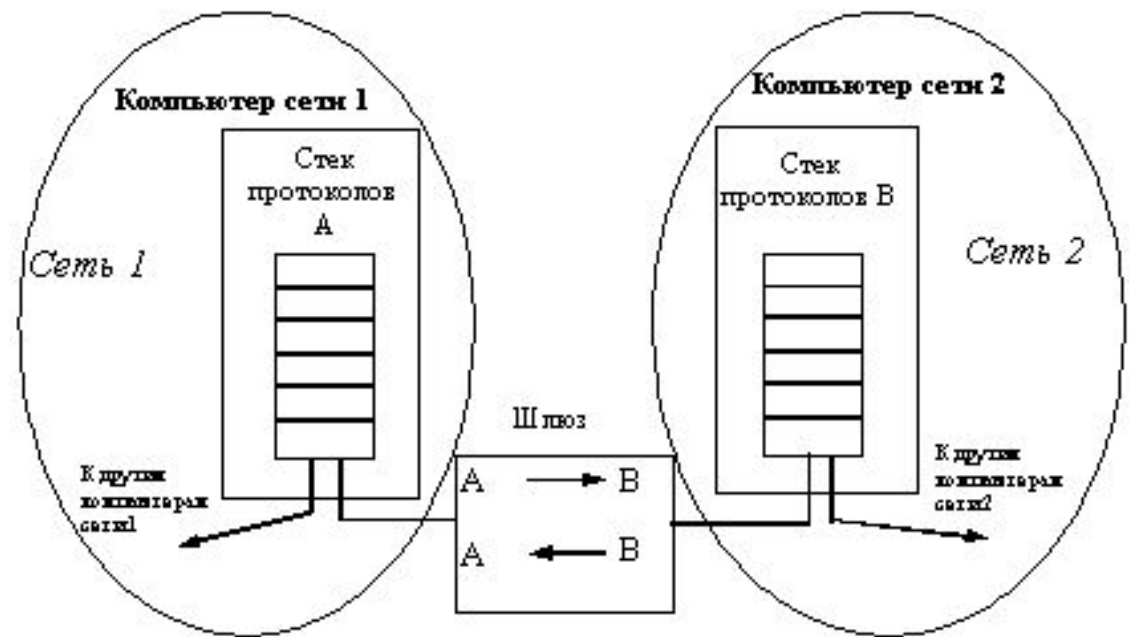
Организация взаимодействия сетей

- ❖ Первый подход связан с использованием так называемых *шлюзов*, которые обеспечивают согласование двух стеков протоколов путем преобразования (трансляции) протоколов.
- ❖ Шлюз размещается между взаимодействующими сетями и служит посредником, переводящим сообщения, поступающие от одной сети, в формат другой сети.



Организация взаимодействия сетей

- ❖ Второй подход заключается в том, что в операционные системы серверов и рабочих станций встраиваются несколько мирно сосуществующих наиболее популярных стеков протоколов.
- ❖ Такая технология получила название *мультиплексирования стеков протоколов*.
- ❖ За счет ее использования либо клиентские запросы используют стек протоколов той сети, к которой относятся нужные серверы, либо серверы подключают стек протоколов, соответствующий поступившему клиентскому запросу.





Организация взаимодействия сетей

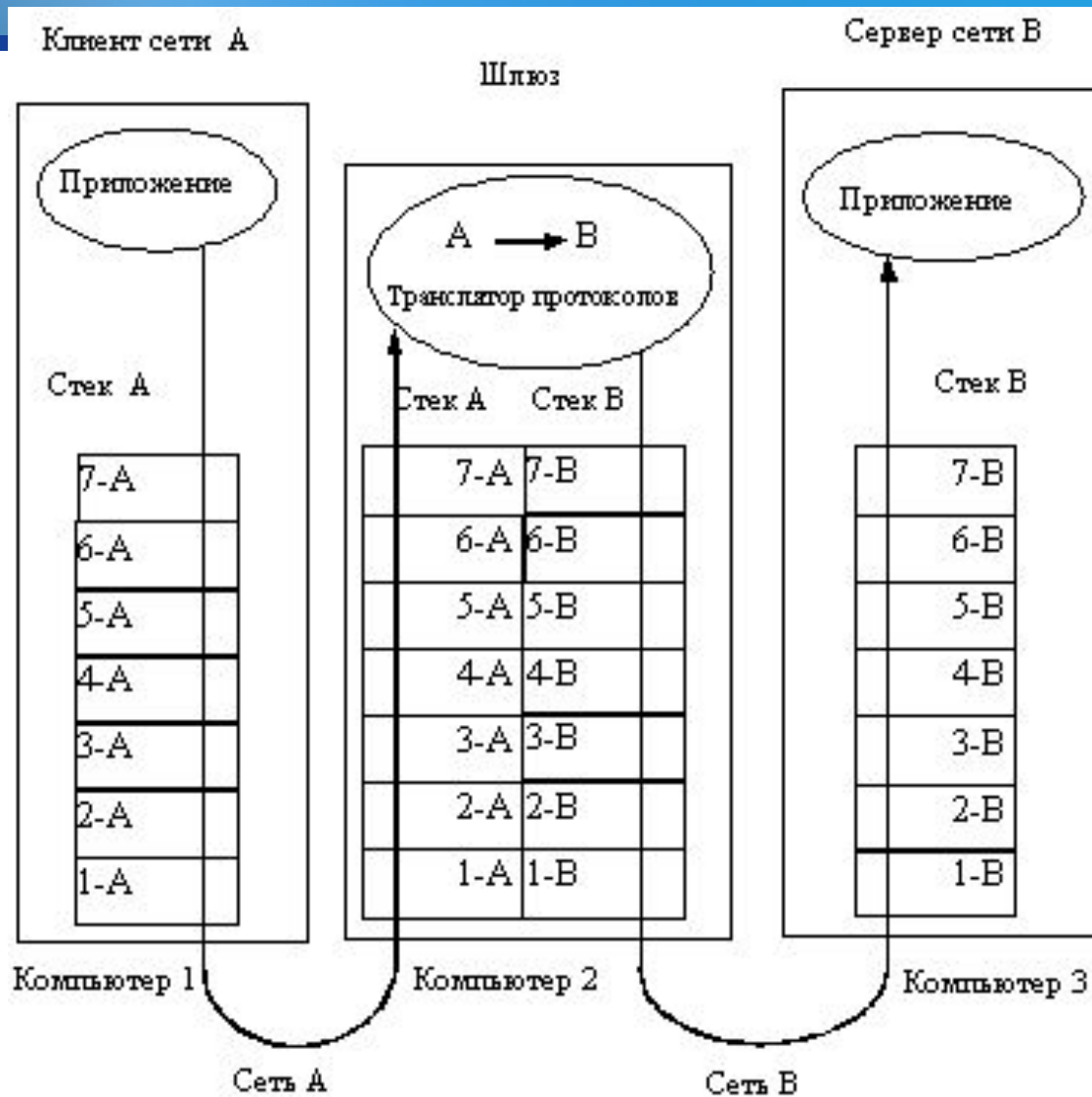
- ❖ Взаимодействие компьютеров, принадлежащих разным сетям, напоминает общение людей, говорящих на разных языках.
- ❖ Для достижения взаимопонимания они также могут использовать два подхода: пригласить переводчика (аналог шлюза), или перейти на язык собеседника, если они им владеют (аналог мультиплексирования стеков протоколов).



ШЛЮЗЫ

Шлюзы

- ❖ Шлюз согласует коммуникационные протоколы одного стека с коммуникационными протоколами другого стека.
- ❖ Программные средства, реализующие шлюз, нет смысла устанавливать ни на одном из двух взаимодействующих компьютеров с разными стеками протоколов, гораздо рациональнее разместить их на некотором компьютере-посреднике.





Принципы функционирования

- ❖ Запрос от прикладного процесса клиентского компьютера сети А поступает на прикладной уровень его стека протоколов.
- ❖ В соответствии с этим протоколом на прикладном уровне формируются соответствующий пакет (или несколько пакетов), в которых передается запрос на выполнение сервиса некоторому серверу сети В.
- ❖ Пакет прикладного уровня передается вниз по стеку компьютера сети А, а затем в соответствии с протоколами канального и физического уровней сети А поступает в компьютер 2, то есть в шлюз.
- ❖ Здесь он передается от самого нижнего к самому верхнему уровню стека протоколов сети А.
- ❖ Затем пакет прикладного уровня стека сети А преобразуется (транслируется) в пакет прикладного уровня серверного стека сети В.

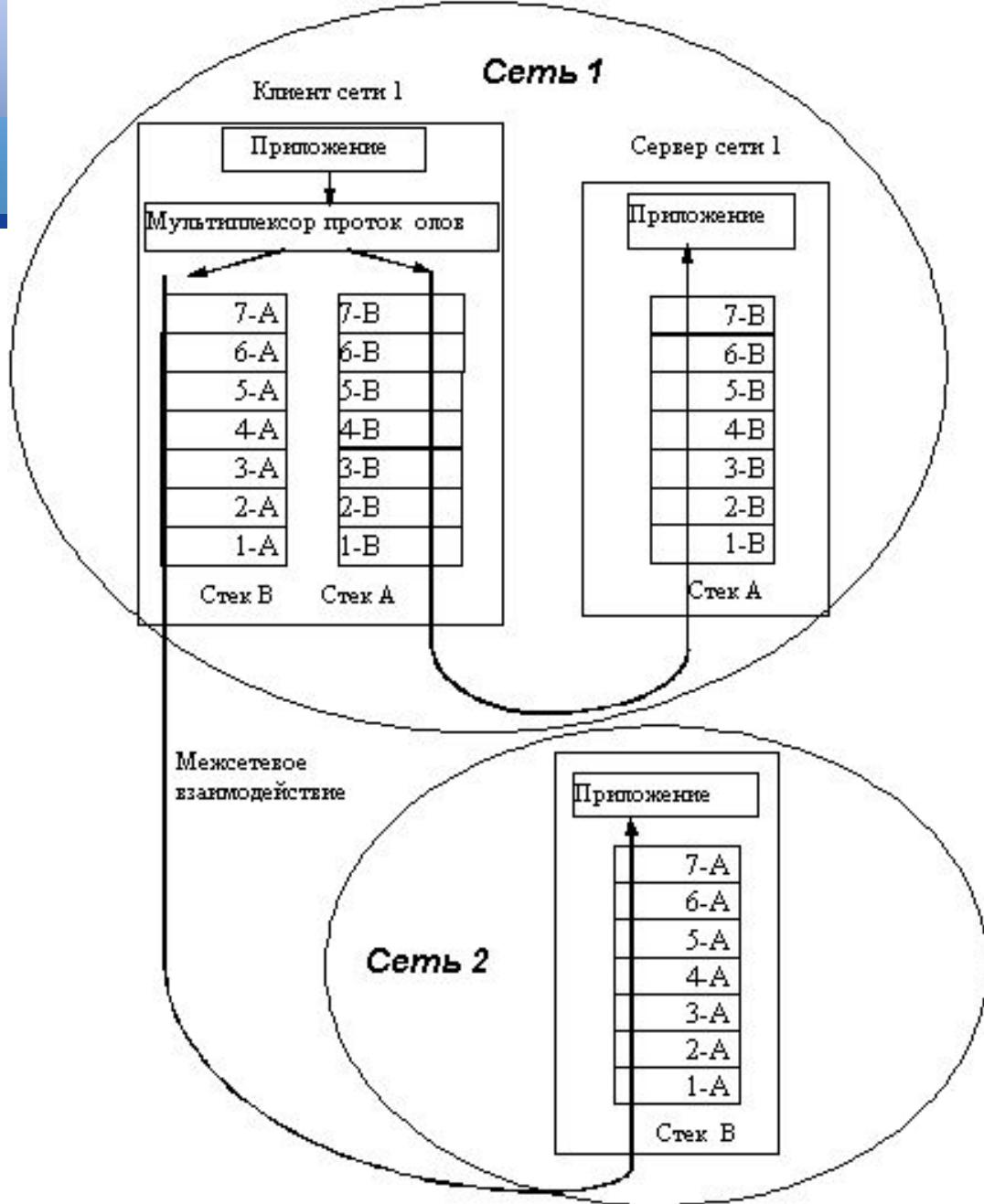


Принципы функционирования

- ❖ Алгоритм преобразования пакетов зависит от конкретных протоколов может быть достаточно сложным.
- ❖ В качестве общей информации, позволяющей корректно провести трансляцию, может использоваться, например, информация о символьном имени сервера и символьном имени запрашиваемого ресурса сервера (в частности, это может быть имя каталога файловой системы).
- ❖ Преобразованный пакет от верхнего уровня стека сети В передается к нижним уровням в соответствии с правилами этого стека, а затем по физическим линиям связи в соответствии с протоколами физического и канального уровней сети В поступает в другую сеть к нужному серверу.
- ❖ Ответ сервера преобразуется шлюзом аналогично.



МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ СТЕКОВ ПРОТОКОЛОВ

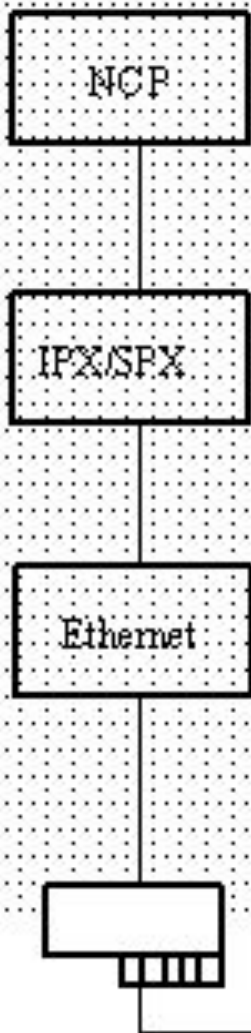




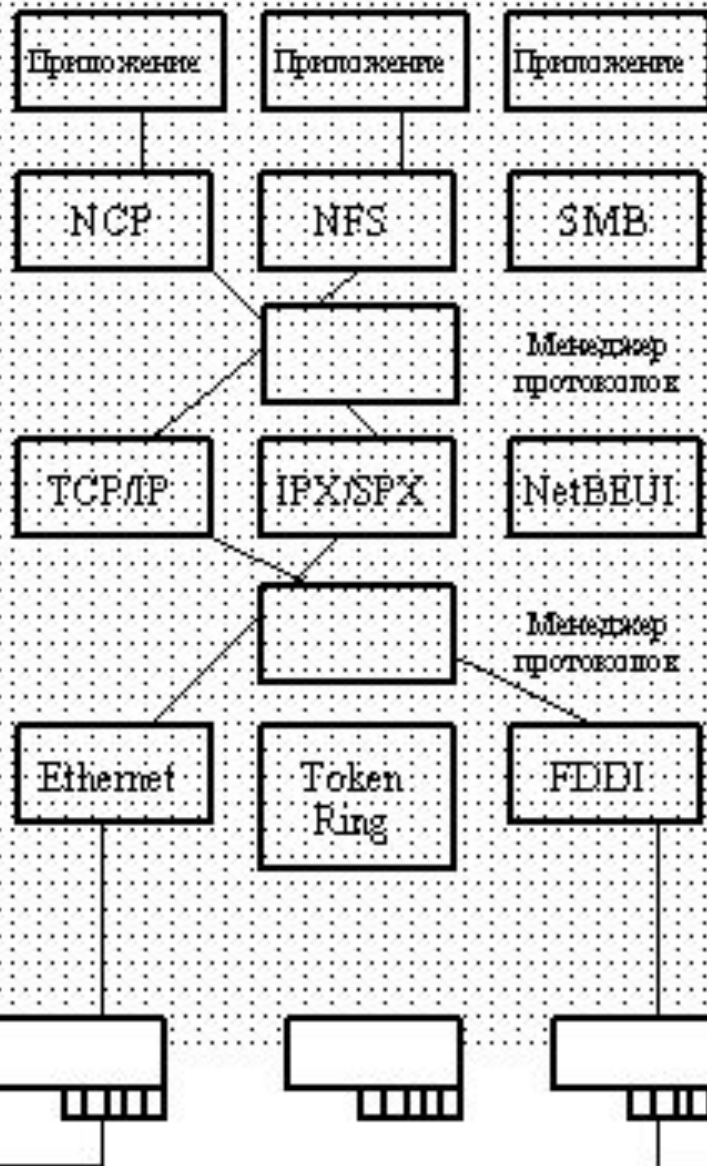
Мультиплексирование

- ❖ При мультиплексировании стеков протоколов на один из двух взаимодействующих компьютеров с различными стеками протоколов помещается коммуникационный стек другого компьютера.
- ❖ В клиентском компьютере реализованы оба стека.
- ❖ Для того, чтобы запрос от прикладного процесса был правильно обработан и направлен через соответствующий стек, в компьютер необходимо добавить специальный программный элемент - мультиплексор протоколов.
- ❖ Мультиплексор должен уметь определять, к какой сети направляется запрос клиента.
- ❖ Для этого может использоваться служба имен сети, в которой отмечается принадлежность того или иного ресурса определенной сети с соответствующим стеком протоколов.

Сервер NetWare



Рабочая станция



Сервер NFS



Пример

- ❖ Например, рабочая станция может получить доступ к сетям с протоколами NetBIOS, IP, IPX через один сетевой адаптер.
- ❖ Аналогично, сервер, поддерживающий прикладные протоколы NCP, SMB и NFS может без проблем выполнять запросы рабочих станций сетей NetWare, Windows NT и Sun одновременно.



Сравнение трансляции и мультиплексирования

- ❖ Встроенные в сетевую ОС средства мультиплексирования протоколов дают все те преимущества, которые присущи встроенным средствам:
 - Эти средства не нужно отдельно приобретать;
 - Нет проблем их совместимости с другими продуктами.
- ❖ Основным недостатком этого подхода является *избыточность*. Хотя средства мультиплексирования обычно позволяют загружать и выгружать по желанию пользователя различные стеки протоколов, но если нужно одновременно работать с тремя различными сетями, то в каждую рабочую станцию необходимо загрузить все три стека одновременно.



Сравнение трансляции и мультиплексирования

- ❖ Шлюз по своей природе является *выделенным* сервисом, разделяемым всеми источниками запросов к серверам другой сети. Использование шлюзов обеспечивает следующие преимущества:
 - Позволяет сосредоточить все функции согласования протоколов в одном месте и разгрузить рабочие станции от дополнительного программного обеспечения, а их пользователей - от необходимости его генерации.
 - Возникающие проблемы легко локализуются.
 - Обслуживающий персонал работает в привычной среде, где можно использовать имеющийся опыт по поддержанию сети. Шлюзы сохраняют различные, несовместимые сети в их первозданном виде.
- ❖ Недостатки использования шлюзов:
 - Шлюзы работают, как правило, медленно; пользователи замечают уменьшение производительности при обращении к другой сети через шлюз.
 - Шлюз как централизованное средство понижает надежность сети.



МЕСТО РАЗМЕЩЕНИЯ СРЕДСТВ МЕЖСЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Шлюз

- ❖ Если в качестве средства межсетевого взаимодействия выбран шлюз, то вопрос о месте его размещения вообще не возникает - **шлюз должен быть расположен на сервере той сети, в которой находятся его клиенты.**
 - Например, шлюз NetWare NFS Gateway, позволяющий клиентам сети NetWare обращаться к любому NFS-серверу Unix-сети, должен быть установлен на сервере NetWare.



Мультиплексор

- ❖ При использовании мультиплексоров протоколов существует **два варианта** размещения дополнительного стека протоколов - **на одном или на другом взаимодействующем компьютере.**
- ❖ Для протоколов типа "клиент-сервер" важно учитывать функциональные различия между клиентскими и серверными частями.
- ❖ Если дополнительный стек устанавливается на сервере, то этот сервер становится доступным для всех клиентов с этим стеком.
- ❖ При этом нужно тщательно оценивать влияние установки дополнительного продукта на производительность сервера.

Мультиплексор

- ❖ При размещении дополнительного стека на клиентских машинах вопросы производительности не так важны.
- ❖ Здесь более важными являются ограничения ресурсов клиентских машин, а также затраты труда администратора на установку и поддержание дополнительных стеков в работоспособном состоянии на большом числе компьютеров.

Мультиплексор

- ❖ При выборе места размещения часто возникает и другой, чисто практический вопрос: имеется ли возможность изменять программное обеспечение обеих взаимодействующих сетей или одна из них является недоступной?
- ❖ В принципе можно решить задачу взаимодействия двух сетей в полном объеме за счет установки согласующих продуктов только в одной сети - если для нее есть соответствующие продукты.
 - Например, Windows NT позволяет обеспечить двустороннее взаимодействие с сетями NetWare, установив дополнительные продукты только на своей стороне, оставляя в неизменном виде программное обеспечение клиентов и серверов NetWare. Клиенты на базе Windows NT Workstation получают доступ к сети NetWare с помощью установленных в них продуктов NWLink и NWCS, а серверы Windows NT Server предоставляют свои ресурсы клиентам сети NetWare с помощью продукта File and Print Services for NetWare.



ИСТОЧНИКИ И ТИПЫ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ТРАНСПОРТНОЙ



Использование различных базовых сетевых технологий

- ❖ Базовая сетевая технология - это согласованный набор протоколов и реализующих их программно-аппаратных средств, достаточный для построения вычислительной сети.
- ❖ Протоколы, на основе которых строится сеть базовой технологии, специально разрабатывались для совместной работы, поэтому от разработчика сети не требуется дополнительных усилий по организации их взаимодействия.
- ❖ Примерами базовых сетевых технологий могут служить хорошо известные технологии Ethernet и Token Ring для локальных сетей и технологии X.25 и frame relay для территориальных сетей.
- ❖ Для получения работоспособной сети в этом случае достаточно приобрести программные и аппаратные средства, относящиеся к одной базовой технологии - сетевые адаптеры с драйверами, концентраторы, коммутаторы, кабельную систему и т.п., и соединить их в соответствии с требованиями стандарта на данную технологию.



Использование различных базовых сетевых технологий

- ❖ Однако, построение крупной сети на основе одной базовой технологии - это большая редкость.
- ❖ Обычным состоянием для любой вычислительной сети средних и крупных размеров является сосуществование различных стандартов и базовых технологий.
- ❖ Появление новых технологий, таких как Fast Ethernet или 100VG-AnyLAN, не означает, что мгновенно исчезают старые, например, 10-Мегабитный Ethernet, Token Ring или FDDI, так как в эти технологии были сделаны огромные капиталовложения.
- ❖ Поэтому трудно рассчитывать на вытеснение в обозримом будущем всех технологий какой-либо одной, хотя бы и такой многообещающей, как АТМ.



Использование различных базовых сетевых технологий

- ❖ Степень неоднородности сетевых технологий существенно возрастает при необходимости объединения локальных и глобальных сетей, имеющих, как правило, существенно различные стеки протоколов.
- ❖ Хотя в последние годы и наметилась тенденция к сближению методов передачи данных, используемых в этих двух типах вычислительных сетей, различия между ними все еще велики.
- ❖ Поэтому в пределах одной корпоративной сети обычно используется большой набор разнообразных базовых топологий и задача объединения их всех в единую сеть, прозрачную для транспортных операций конечных узлов, требует привлечения специальных методов и средств.



Использование нескольких протоколов сетевого уровня

- ❖ Самым распространенным средством объединения разнородных транспортных технологий является использование единого сетевого протокола во всех узлах корпоративной сети.
- ❖ Единый сетевой протокол работает поверх протоколов базовых технологий и является тем общим стержнем, который их объединяет.
- ❖ Именно на основе общего сетевого протокола маршрутизаторы осуществляют передачу данных между сетями, даже в случае очень существенных различий между их базовыми сетевыми технологиями.



Использование нескольких протоколов сетевого уровня

- ❖ Хотя идея объединения составной сети с помощью маршрутизаторов подразумевает использование во всех частях сети одного сетевого протокола, очень часто сетевым интеграторам и администраторам приходится сталкиваться с задачей объединения сетей, каждая из которых уже работает на основе своего сетевого протокола.
- ❖ Имеется несколько сетевых протоколов, которые получили широкое распространение: IP, IPX, DECnet, Banyan IP, AppleTalk.
- ❖ Каждый из них имеет свою нишу и своих сторонников, поэтому очень вероятно, что в отдельных частях большой сети будут использоваться разные сетевые протоколы.
- ❖ Маршрутизаторы, даже многопротокольные, не могут решить задачу совместной работы сетей, использующих разные сетевые протоколы, поэтому в таких случаях используются другие средства, например, программные шлюзы.



- ❖ Маршрутизаторы строят свои адресные таблицы с помощью специальных служебных протоколов, которые обычно называют *протоколами обмена маршрутной информацией* или *протоколами маршрутизации*.



- ❖ Протоколы обмена маршрутной информацией также существуют не в единственном числе.
 - Во-первых, протокол обмена маршрутной информацией тесно связан с определенным протоколом сетевого уровня, так как он должен отражать способ адресации сетей и узлов, принятый в этом сетевом протоколе. Поэтому для каждого сетевого протокола должен использоваться свой протокол обмена маршрутной информацией.
 - Во-вторых, для каждого сетевого протокола разработано несколько протоколов обмена маршрутной информацией, отличающихся способом построения таблицы маршрутизации.



- ❖ В результате в корпоративной сети может одновременно работать несколько протоколов обмена маршрутной информации, например, RIP IP, RIP IPX, OSPF, NLSP, IGRP.
- ❖ Для того, чтобы добиться их согласованной работы, от администратора сети требуется использование соответствующих маршрутизаторов и выполнения специфических операций по их настройке.



- ❖ Проблемы несовместимости оборудования разных производителей, возникают чаще всего по трем причинам:
 - неточная (с ошибками) реализация стандартов;
 - использование фирменных стандартов;
 - улучшение стандартов - введение дополнительных функций и свойств.



Несовместимость оборудования разных производителей

- ❖ Для компаний, являющихся лидерами рынка коммуникационного оборудования, ошибочная реализация стандартов - событие маловероятное, так как их представители всегда составляют основу комитетов, разрабатывающих стандарты.



Несовместимость оборудования разных производителей

- ❖ На первый взгляд может показаться, что нет ничего страшного в том, что в коммуникационной аппаратуре имеются дополнительные функции или что эта аппаратура поддерживает наряду с общепринятыми и свои, фирменные протоколы.
- ❖ В любом случае остается возможность организовать совместную работу двух устройств разных производителей на основе стандартных протоколов.
- ❖ Тем не менее, на практике этой возможностью удастся воспользоваться не всегда.
- ❖ Примером служит история с протоколом DLSw, первая стандартная версия которого была описана в документе RFC 1434. Затем компания Cisco выпустила фирменную улучшенную версию этого протокола, названную ею DLSw+, обратно совместимую со стандартной версией. Затем появилась новая стандартная версия DLSw, описанная в RFC 1795, которая также была обратно совместима с прежним стандартом. Однако, версия DLSw по RFC 1795 оказалась несовместимой с версией DLSw+, что породило необходимость модификации программного обеспечения в маршрутизаторах Cisco в тех организациях, которые стали устанавливать новые маршрутизаторы от других фирм.



Несовместимость оборудования разных производителей

- ❖ Использование фирменных стандартов может приводить и к тому, что администраторы сетей в какой-то момент при очередной модернизации сети оказываются перед нелегким выбором –
 - либо устанавливать новое оборудование только от одного производителя, даже если есть более подходящие варианты,
 - либо переконфигурировать все установленное оборудование для работы по стандартному протоколу, чтобы оно стало совместимо с оборудованием других производителей.
- ❖ Понятно, что каждый из этих вариантов является мало привлекательным.



СРЕДСТВА СОГЛАСОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ



Средства согласования

- ❖ Большинство базовых технологий локальных сетей допускает использование различных спецификаций физического уровня в одной сети.
- ❖ Эти спецификации отличаются используемой кабельной системой, а также способом физического кодирования сигналов в кабелях.
- ❖ Например, технология Ethernet имеет 6 вариантов реализации физического уровня: 10Base-5, 10Base-2, 10Base-T, FOIRL, 10Base-FL и 10Base-FB.



Средства согласования

- ❖ Согласование различных физических уровней одной и той же технологии выполняется концентраторами, имеющими порты с приемопередатчиками (трансиверами) различных типов.
- ❖ В стандартах новых технологий для работы с различными вариантами физической среды физический уровень обычно делится на две части: часть, зависящую от физической среды и часть, не зависящую от физической среды.
- ❖ В стандартах детально описывается интерфейс между этими подуровнями, что дает возможность использовать в концентраторах трансиверы третьих фирм.



Средства согласования

- ❖ Концентратор с несколькими портами различного физического уровня реализует метод трансляции протоколов, а компьютер с несколькими сетевыми адаптерами - метод мультиплексирования протоколов.



Средства согласования

- ❖ Иногда концентраторы выполняют и более сложные функции, нежели замена метода физического кодирования сигнала.
- ❖ Например, при объединении физического уровня 100Base-TX и 100Base-T4 в сетях Fast Ethernet концентратор должен выполнять преобразование логического кода 4В/5В в логический код 8В/6Т.
- ❖ Такой концентратор называется транслирующим.



Средства согласования

- ❖ Операция трансляции логических кодов занимает гораздо больше времени, чем простое преобразование электрических импульсов в оптические, как это происходит при объединении сегментов 100Base-TX и 100Base-FX, использующих один и тот же метод логического кодирования 4B/5B.
- ❖ Из-за этого в одном домене коллизий Fast Ethernet допускается использование максимум одного транслирующего концентратора, тогда как нетранслирующих концентраторов может быть два.

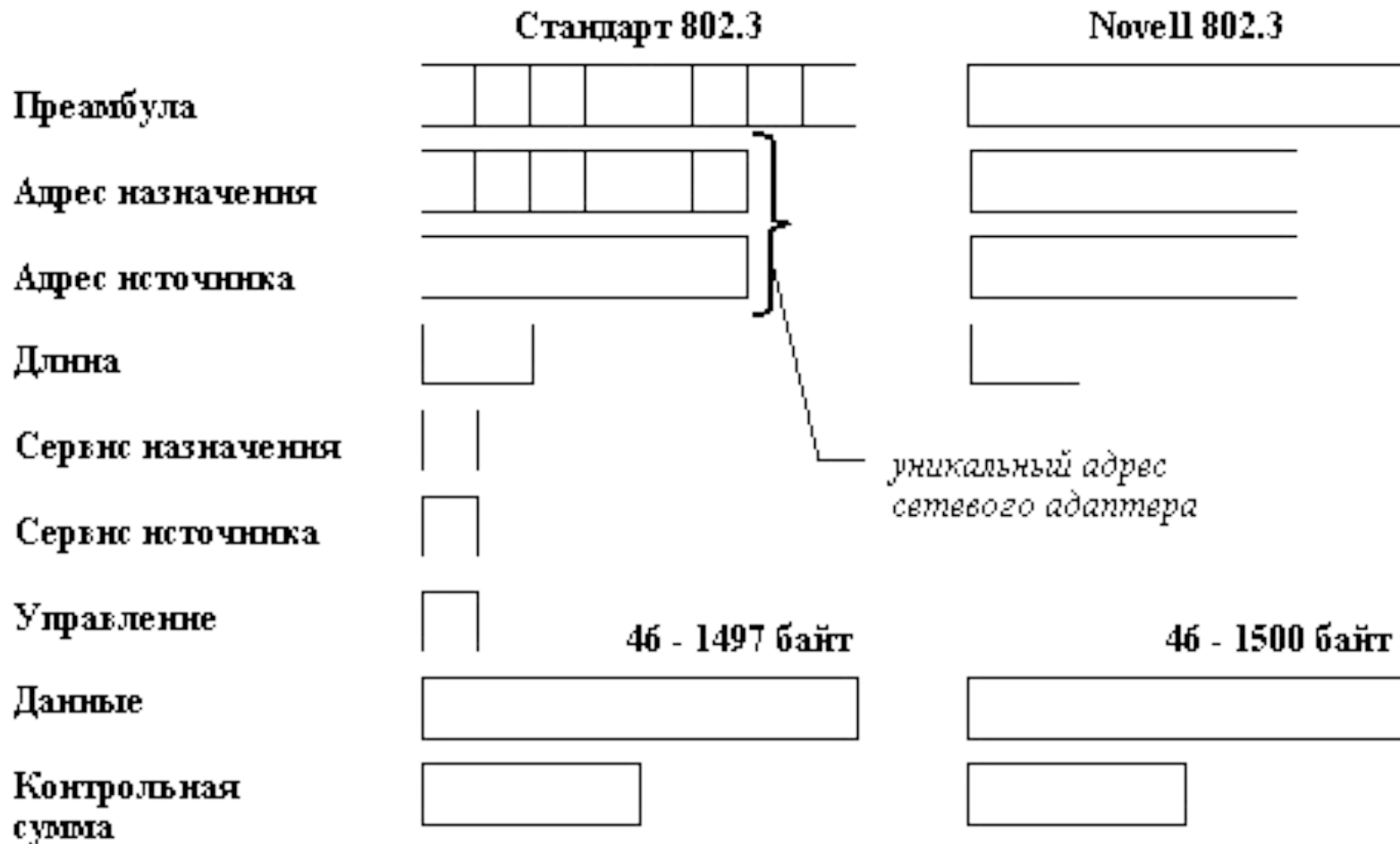


СРЕДСТВА СОГЛАСОВАНИЯ НА КАНАЛЬНОМ УРОВНЕ



❖ Форматы кадров технологии Ethernet.

- Кадр стандарта 802.3 (или кадр Novell 802.2);
- Кадр Novell 802.3 (или кадр Raw 802.3);
- Кадр Ethernet DIX (или кадр Ethernet II);
- Кадр Ethernet SNAP.





Инкапсулирующие мосты и коммутаторы

- ❖ Инкапсулирующие мосты применяются тогда, когда необходимо соединить два сегмента сети, в которых используется один и тот же канальный протокол, через промежуточную сеть, использующую другой канальный протокол.
- ❖ При передаче данных мост упаковывает кадры первого сегмента в кадры промежуточного сегмента.
- ❖ Ясно, что максимальный размер инкапсулируемого кадра не должен превышать максимального размера поля данных кадра, в который он вкладывается.



Инкапсулирующие мосты и коммутаторы

- ❖ После прохождения кадра по промежуточной части сети аналогичный мост удаляет оболочку промежуточного протокола и пакет продолжает свое движение в исходном виде.
- ❖ Очевидно, что при таком методе взаимодействие со станциями промежуточной сети невозможно, и эта сеть используется только как транзитное транспортное средство.



Инкапсулирующие мосты и коммутаторы

- ❖ В виду широкого распространения другого класса мостов и коммутаторов, а именно транслирующих мостов и коммутаторов, инкапсуляция сейчас редко применяется для объединения локальных сетей с различными канальными протоколами.



Транслирующие мосты и коммутаторы

- ❖ Транслирующие мосты и коммутаторы выполняют преобразование из одного протокола канального уровня в другой, например, Ethernet в FDDI, Fast Ethernet в Token Ring и т.п.
- ❖ Преобразование заключается в изменении формата кадра, в вычислении нового значения контрольной суммы.
- ❖ При этом они работают в соответствии со спецификациями RFC 1042 и 802.1H, определяющими правила преобразования полей кадров разных протоколов.



Транслирующие мосты и коммутаторы

- ❖ Трансляцию протоколов канального уровня локальных сетей облегчает то обстоятельство, что наиболее сложную работу, которую часто выполняют маршрутизаторы и шлюзы при объединении гетерогенных сетей, а именно работу по трансляции адресной информации, в данном случае выполнять не нужно.
- ❖ Все конечные узлы локальных сетей имеют уникальные адреса одного и того же формата, независимо от поддерживаемого протокола.
- ❖ Поэтому адрес сетевого адаптера Ethernet понятен сетевому адаптеру FDDI, и они могут использовать эти адреса в полях своих кадров не задумываясь о том, что узел, с которым они взаимодействуют, принадлежит сети, работающей по другой технологии.

Преимущества

- ❖ Трансляция на уровне канальных протоколов имеет преимущества по сравнению с инкапсуляцией:
 - меньше накладные расходы, так как не нужно передавать два заголовка канального уровня,
 - доступность станций другой сети.

Недостатки

- ❖ Но трансляция имеет и недостатки:
 - транслирующие мосты и коммутаторы вносят дополнительную задержку при преобразовании форматов кадров, а также при новом вычислении контрольной суммы кадра,
 - максимальный размер кадров у сетей, соединяемых транслирующими мостами и коммутаторами, должен быть одинаковым.

**Спасибо за
внимание!**