

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ СТЕКУ ПРОТОКОЛІВ TCP/IP У МЕРЕЖАХ ІНТЕРНЕТ

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

Розгорнуті методичні рекомендації

ВСТУП

Стек (тобто, певним чином упорядкований набір) телекомунікаційних протоколів TCP/IP – це технологічна основа Інтернету. Практично усі пакетні (тобто, не телефонні, що встановлюють безпосередні фізичні з'єднання між абонентами) наземні телекомунікаційні мережі наразі використовують цей стек для передачі будь-яких даних через будь-які різномірні мережі зв'язку незалежно від того, де саме розташовані користувачі послуг цих мереж, хоч у Нью-Йорку, хоч поруч у ваших власних приміщеннях. З технічної точки зору безпрецедентна привабливість цього стеку пов'язана з його функціональною можливістю забезпечити якісний інформаційний зв'язок між будь-якими комп'ютерами, абсолютно не цікавлячись, де саме ці комп'ютери розташовані і через які саме мережі будуть просуватися дані, котрі належать кінцевим користувачам ресурсів мережі. Топологія цих мереж не має ніякого значення, і кому саме вони належать теж не має значення. З організаційної точки зору таке позбавляє необхідності і користувачам мереж і їхнім адміністраторам вступати у будь-які бюрократичні і фінансові взаєностосунки з володарями фрагментів мереж, що лежать на шляху між кінцевими пунктами передавання даних. Тобто, користувачі Інтернету фактично не залежать від «бажаних» власників та адміністраторів канального та вузлового обладнання. Оскільки «недоговірних» адміністраторів нескладно обійти. Останнім вкрай тяжко за цих умов встановлювати свої «правила гри», займатися монополізацією на ринку надання телекомунікаційних послуг, щось забороняти, на власний розсуд встановлювати ціни на послуги і т.ін. Таку «демократію» людство вже оцінило. Конкуренти цьому стеку щось не проглядаються. Яскравий приклад. Китайська влада вже давно вчиняє всілякого роду перешкоди у наданні послуг Інтернет для пересічних громадян КНР. Але зацікавлені громадяни, якщо вони дійсно зацікавлені, завжди знаходять шляхи подолання цих перешкод. Таке можливе завдяки функціональним властивостям стеку протоколів TCP/IP.

Особливості функціонування стеку протоколів TCP/IP у мережах Інтернет не так просто засвоїти. Багато людей, у принципі, можуть надати відповідь на питання: «Що таке стек протоколів TCP/IP?». Але впевнено пояснити, як він працює, утруднюються. Зокрема, *не можуть відобразити часову послідовність перетворень у форматах даних починаючи із рівня прикладних програм і до форматів фізичного рівня*, якщо спиратися на

семирівневу модель інформаційної взаємодії прикладних систем, а також у зворотному напрямі на приймальній стороні. Можливо також відобразити процес функціонування обладнання за цим стеком відповідно до моделі TCP/IP. Є невелика різниця між цими моделями, що утруднює розуміння роботи даного стеку, особливо з точки зору термінології. Необхідно вкрай обережно і вдумливо користуватися термінологією під час опису телекомунікаційних процесів у пакетних мережах. Чітко розуміти, яка саме модель інформаційної взаємодії використовується для опису процесів, що реалізують протоколи, які є об'єктом розгляду.

ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Необхідно надати цілісний опис і графічне відображення усіх взаємопов'язаних процесів, що здійснюються під час інформаційної взаємодії двох прикладних процесів (тобто, двох активних прикладних комп'ютерних програм), що виконуються на двох різних комп'ютерах, розташованих на двох різних термінальних вузлах мережі Інтернет. Вважається, що мережа Інтернет – це складова (рос.- составная) неоднорідна глобальна мережа, що базується на стеку протоколів TCP/IP.

Під час опису описати роботу усіх протоколів, що були задіяні для передавання інформації з одного комп'ютера на інший. Тобто, треба «пройтися» по усьому ланцюгу протоколів з верху до низу і навпаки згідно моделі OSI або моделі TCP/IP.

Використовувати тільки стандартизовану термінологію.

Звернути увагу на відображенні процесів, а не статичних характеристик протоколів. Тобто, не треба пояснювати призначення протоколів, їхніх форматів, недоліків або переваг. Не треба надавати визначення термінам. Треба описати послідовність процесів перетворень інформаційних блоків даних. Зокрема, вказати, де генеруються дані, що підлягають передаванню через канали зв'язку. Якими конкретно засобами здійснюються ці перетворення. Не треба пояснювати «що це таке», а треба пояснювати «як це робиться».

ІНФОРМАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ

Стек протоколів TCP/IP – це програмний засіб для обміну інформацією між програмними прикладними застосуваннями, що активізовані на комп'ютерах та серверах користувачів, які об'єднані у телекомунікаційну мережу з комутацією пакетів. Не имеет значения, составляют ли они часть одной и той же сети или подключены к отдельным разным сетям, реализующим неодинаковые технологии канального уровня. Не играет роли и вид программно-аппаратной платформы компьютеров, включённых в сеть: одни из них могут быть компьютерами Cray, другие Macintosh, третьи Intel и т.д. Спецификации стека TCP/IP - это стандарт, который, образно говоря, перекидывает мосты через пропасти, лежащие между разнородными компьютерами, операционными системами, сетями и каналами связи.

TCP/IP – це аббревіатура терміну Transmission Control Protocol/Internet Protocol (Протокол управління передаванням/Протокол Internet). В термінології комп'ютерних мереж протокол -

это заранее согласованная система правил и ограничений - стандарт, который позволяет «незнакомым» между собой компьютерам обмениваться данными через фрагменты разных сетей канального уровня, например Ethernet, Frame Relay, ATM и др. Если знаешь систему принятых правил и условий, то не надо узнавать у кого-либо и где-либо как себя вести в той или иной ситуации. В данном случае для того, чтобы обмениваться данными через сеть людям ничего не надо узнавать о характеристиках этой сети. За них эту работу выполняют программные механизмы стека TCP/IP. Фактически TCP/IP не один протокол, а несколько. Именно поэтому вы часто слышите, как его называют или стеком, или набором, или комплектом протоколов, среди которых протокол TCP и протокол IP - два основных. Есть и другие протоколы, принадлежащие данному стеку. Но об этом позже.

Обычно на компьютерах пользователей установлены конкретно локализованные реализации программного обеспечения для TCP/IP с учётом специфики этих компьютеров. Обычно на компьютере установлены и другие члены семейства TCP/IP. Обычно в нем также имеются такие высокоуровневые прикладные программы, как FTP (File Transfer Protocol, Протокол передачи файлов), которые дают возможность посредством командной строки (согласно протоколу telnet) управлять обменом файлами через глобальную сеть.

Причина, по которой TCP/IP столь важен сегодня, заключается также в том, что он позволяет отдельным самостоятельным сетям каких-то организаций или даже каких-то отдельных людей подключаться к Internet или объединяться с помощью Internet (и не только Internet, но и других специализированных глобальных IP-сетей) для создания больших корпоративных сетей. Пользователи могут использовать большую глобальную сеть, состоящую из отдельных независимых друг от друга сетей, которые в совокупности образуют большую составную сеть, называемую как интрасеть. Отдельные сети самого разного вида, составляющие интрасеть, физически подключаются через устройства, называемые маршрутизаторами или IP-маршрутизаторами. Фактически маршрутизатор - это компьютер, который передает пакеты данных из одной отдельной сети в другую. В интрасети, работающей на основе TCP/IP, информация передается в виде дискретных блоков, называемых IP-пакетами (IP packets) или IP-дейтаграммами (IP datagrams). Благодаря программному обеспечению TCP/IP все компьютеры, подключенные к составной сети, становятся доступными друг другу. По существу работа стека TCP/IP существенно облегчает жизнь владельцам прикладных программ, поскольку благодаря ему пользователю нет необходимости что-то знать о маршрутизаторах или характеристиках составных фрагментов сети и её базовой архитектуры. Всё выглядит как одна большая сеть. Точно так же, как подключения к сети Ethernet распознаются по 48-разрядным идентификаторам Ethernet (т.е., MAC-адресам), подключения к интрасети идентифицируются 32-разрядными IP-адресами, которые мы выражаем в форме десятичных чисел, разделенных точками (например, 128.10.2.3). Взяв IP-адрес удаленного компьютера, компьютер в интрасети или в Internet может отправить данные на него, как будто они составляют часть одной и той же физической сети. Хотя на самом деле она состоит из нескольких разных сетей канального уровня.

TCP/IP дает решение проблемы обмена данными между двумя компьютерами, подключенными к одной и той же интрасети, но принадлежащими различным физическим сетям. Решение состоит из нескольких частей, причем каждый член семейства протоколов TCP/IP вносит свою лепту в общее дело. IP - самый фундаментальный протокол из комплекта TCP/IP - передает IP-дейтаграммы по интрасети и выполняет важную функцию, называемую маршрутизацией, по сути дела это выбор маршрута, по которому дейтаграмма будет следовать из пункта А в пункт В, и использование маршрутизаторов для "прыжков" (хопов) между составными сетями.

TCP - это протокол более высокого уровня, чем IP, который позволяет прикладным программам, запущенным на различных компьютерах в терминальных узлах сети, обмениваться потоками данных. По классификации семиуровневой модели IP - это протокол сетевого уровня, а

TCP – протокол транспортного уровня. Если IP различает компьютеры в сети, то с помощью TCP мы различаем прикладные программы на компьютерах, включённых в сеть. Для выполнения домашнего задания представленного здесь информационного материала недостаточно. Особенно в части понимания работы сокетов, в частности TCP и UDP –портов. Этот материал следует изучить по учебнику Олиферов «Компьютерные сети». Коротко можно отметить, что протокол TCP делит потоки данных на цепочки, которые называются TCP-сегментами, и передает эти сегменты с помощью протокола IP на порты прикладных программ. В большинстве случаев каждый TCP-сегмент пересылается в одной IP-дейтаграмме. Однако при необходимости TCP будет расщеплять сегменты на несколько IP-дейтаграмм, вмещающихся в физические кадры данных канального уровня, которые используют для передачи информации между компьютерами в сети. Поскольку IP не гарантирует, что дейтаграммы будут получены в той же самой последовательности, в которой они были посланы, TCP также осуществляет повторную "сборку" TCP-сегментов на другом конце маршрута, чтобы образовать непрерывный поток данных в нужной последовательности протокольных блоков данных. Программные приложения FTP и telnet - это два примера популярных прикладных программ TCP/IP, которые опираются на использование TCP. Кроме выше сказанного, протокол TCP выполняет ещё несколько логически непростых и ответственных функций, так что его реализация – непростое дело.

Другой важный член комплекта TCP/IP – это простой протокол User Datagram Protocol (UDP, протокол пользовательских дейтаграмм), который похож на TCP и в некоторых случаях может быть использован вместо TCP, но более примитивен. То есть, вместо стека TCP/IP иногда используют более примитивный стек UDP/IP. Протокол TCP – это в некотором смысле "надежный" протокол, потому что он, помимо прочего, обеспечивает проверку на наличие ошибок и обмен подтверждающими сообщениями для того, чтобы данные достигали своего места назначения заведомо без искажений. В то время как UDP - "ненадежный" протокол, ибо не гарантирует, что дейтаграммы будут приходить в том порядке, в котором были посланы, и даже того, что они придут вообще. Если надежность - желательное условие, то его обеспечение предполагает применение относительно сложного протокола TCP. Однако в некритичных применениях UDP пока используется во многих программах. Прикладная программа SNMP (Simple Network Management Protocol, простой протокол управления сетями), реализуемый во многих воплощениях TCP/IP, - это один из важных примеров использования программы, реализующей протокол UDP.

Другие протоколы, входящие в стек TCP/IP, играют менее заметные роли, но очень важны в работе сетей TCP/IP. Например, протокол определения адресов (Address Resolution Protocol, ARP) преобразует IP-адреса в физические сетевые адреса, такие, как идентификаторы Ethernet. Родственный протокол - протокол обратного преобразования адресов (Reverse Address Resolution Protocol, RARP) - обеспечивает обратное действие, преобразуя физические сетевые адреса в IP-адреса. Протокол управления сообщениями Internet (Internet Control Message Protocol, ICMP) представляет собой протокол сопровождения, который использует IP для обмена управляющей информацией и контроля над ошибками, относящимися к передаче пакетов IP. Например, если маршрутизатор не может передать IP-дейтаграмму, он использует ICMP, с тем чтобы информировать отправителя, что возникла проблема.

Следует отметить, что для стандартных прикладных сервисов (в частности, сервисных служб Интернет типа электронной почты и т.п.), также как и для прикладных пользовательских программ, стандартизируется интерфейс взаимодействия с протоколами транспортного уровня. В частности, за каждым программным сервером сервисных служб резервируются стандартные номера TCP- и UDP-портов, которые остаются неизменными независимо от особенностей той или иной фирменной реализации как компонентов сервиса, так и транспортных протоколов. В то время как номера портов клиентского программного обеспечения так жестко не регламентируются. Это объясняется следующими факторами:

- во-первых, на пользовательском узле может функционировать несколько копий клиентской программы, и каждая из них должна однозначно идентифицироваться транспортным протоколом, т.е. за каждой копией должен быть закреплен свой уникальный номер порта;

- во-вторых, клиенту важна регламентация портов сервера, чтобы знать, куда направлять запрос, а сервер сможет ответить клиенту, узнав адрес из поступившего запроса.

В приведенной ниже таблице перечислены стандартные номера портов для основных сервисов.

Компонент службы	Номер порта	Транспортные протоколы
Электронная почта		
SMTP-сервер	25	TCP
POP3-сервер	110	TCP
IMAP-сервер	143	TCP
Телеконференции		
NNTP-сервер	119	TCP
FTP		
FTP-сервер	20, 21	TCP
Telnet		
Telnet-сервер	23	TCP
WWW		
HTTP-сервер	80	TCP
DNS		
DNS-сервер	53	TCP, UDP

Сессионный уровень

Как известно, над транспортным уровнем в семиуровневой модели находится сессионный уровень, который должен реализовываться соответствующими протоколами этого уровня. **Сессионный уровень** обеспечивает установление и поддержку сеанса (или сессии) при длительном информационном взаимодействии прикладных процессов, функционирующих в разных терминальных точках составной сети. Сеанс – это логическое (виртуальное) соединение между двумя компьютерными программами (называемыми процессами), в общем случае функционирующими на разных компьютерах. В простейшем случае, установление виртуального соединения подразумевает согласование параметров обмена информацией, в частности моментов начала и конца сессии, и выделение ресурсов, например, блоков памяти, необходимых для приема и передачи данных. После окончания передачи данных происходит закрытие соединения (разрыв сеанса связи), предполагающее освобождение выделенных ресурсов. Во многих случаях этого недостаточно, поэтому сессионный уровень предлагает более сложные механизмы для организации сеансов. Наиболее важным является механизм длительной поддержки соединения в период, когда активного обмена данными не происходит. Такая поддержка осуществляется путем периодической отправки специальных тестовых пакетов, при получении которых участник соединения должен ответить. Следует отметить, что установление соединения при работе с удаленным документом позволяет один раз перед началом работы проверить права доступа пользователя, а также один раз передать запрос с именем файла. В случае, если бы соединение не устанавливалось, то эти данные приходилось бы передавать в каждом пакете, направляемом в сеть, и, кроме того, владелец ресурса не смог бы уведомлять "читателя" о произошедших во время работы изменениях.

Уровень представления. В некоторых случаях при передаче данных по сети может потребоваться дополнительное преобразование. Например, это необходимо в случае, если взаимодействующие программы используют различные способы кодировки текстовой информации, или если для обеспечения защиты информации требуется осуществлять шифрование данных. Обеспечение подобных промежуточных преобразований возложено на **уровень представления**.

Прикладной уровень. Все рассмотренные уровни модели OSI, по сути, являются сервисными уровнями. Они позволяют осуществлять работу с различными информационными ресурсами сети, например, файлами или сообщениями электронной почты. Естественно, что различные типы ресурсов в общем случае требуют различных методов обработки и, в том числе, методов сетевого взаимодействия. Поэтому самым верхним уровнем модели OSI является **прикладной уровень**, который обеспечивает сетевые функции работы с

конкретными информационными объектами. К функциям прикладного протокола относятся формирование запросов на получение документа, проверка прав доступа, а также определение порядка пересылки файлов и уведомлений об изменении документа.

Следует отметить, что для методов работы с теми или иными ресурсами, определяемых протоколами прикладного уровня, часть функций сессионного уровня и уровня представления может оказаться избыточной, поэтому при программной реализации три верхних уровня обычно объединяются.

Основні висновки

Для того, чтобы выполнить домашнее задание о стеке протоколов TCP/IP необходимо знать существенно больше (в частности, надо изучить материал учебника Олиферов «Компьютерные сети»), но есть три ключевых момента:

- TCP/IP - это набор протоколов, которые позволяют физическим сетям объединяться вместе для образования Internet или других глобальных пакетных сетей. TCP/IP соединяет индивидуальные сети для образования составной компьютерной сети, в которой отдельные компьютеры идентифицируются не физическими адресами узлов сетей, а IP-адресами. В частности, физический адрес – это MAC-адрес сетевого адаптера, встроенного в компьютер, а IP-адрес – это адрес компьютера в составной сети.
- В TCP/IP используется многоуровневая архитектура, которая четко описывает, за что отвечает каждый протокол. TCP и UDP обеспечивают служебные функции передачи данных для прикладных процессов и сервисов, выполняемых компьютерами пользователей или серверами, и оба опираются на IP при передаче пакетов данных. IP отвечает за маршрутизацию пакетов до их пункта назначения – конкретного компьютера, а TCP или UDP за доставку сегментов данных до прикладных программ или сервисов (служб).
- Данные, перемещающиеся между двумя прикладными программами, работающими на компьютерах пользователей Internet или серверах прикладных служб и, образно выражаясь, "путешествуют" вверх и вниз по стекам TCP/IP на этих компьютерах. Большие информационные блоки на стороне отправителя "разрезаются" (т.е., сегментируются) соответствующими программными TCP/IP-модулями на более мелкие куски, так, чтобы они влезли в IP-пакеты, а на принимающем конце собираются в правильном порядке для воссоздания исходных данных.

И это практически все, чем занимается TCP/IP: превращением множества небольших сетей в одну большую и предоставлением услуг, которые нужны прикладным программам для обмена информацией друг с другом по получающейся в итоге глобальной сети Internet.

Розшифровка абревіатур

ARP (Address Resolution Protocol, протокол определения адресов): конвертирует 32-разрядные IP-адреса в физические адреса вычислительной сети, например, в 48-разрядные адреса Ethernet.

FTP (File Transfer Protocol, протокол передачи файлов): позволяет передавать файлы с одного компьютера на другой с использованием TCP-соединений. В родственном ему, но менее распространенном протоколе передачи файлов - Trivial File Transfer Protocol (TFTP) - для пересылки файлов применяется UDP, а не TCP.

ICMP (Internet Control Message Protocol, протокол управляющих сообщений Internet): позволяет IP-маршрутизаторам посылать сообщения об ошибках и управляющую информацию другим IP-маршрутизаторам и главным компьютерам сети. ICMP-сообщения "путешествуют" в виде полей данных IP-дейтаграмм и обязательно должны реализовываться во всех вариантах IP.

IGMP (Internet Group Management Protocol, протокол управления группами Internet): позволяет IP-дейтаграммам распространяться в циркулярном режиме (multicast) среди компьютеров, которые принадлежат к соответствующим группам.

IP (Internet Protocol, протокол Internet): низкоуровневый протокол, который направляет пакеты данных по отдельным сетям, связанным вместе с помощью маршрутизаторов для формирования Internet или интрасети. Данные "путешествуют" в форме пакетов, называемых IP-дейтаграммами.

RARP (Reverse Address Resolution Protocol, протокол обратного преобразования адресов): преобразует физические сетевые адреса в IP-адреса.

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol, простой протокол обмена электронной почтой): определяет формат сообщений, которые SMTP-клиент, работающий на одном компьютере, может использовать для пересылки электронной почты на SMTP-сервер, запущенный на другом компьютере.

TCP (Transmission Control Protocol, протокол управления передачей): протокол ориентирован на работу с подключениями и передает данные в виде потоков байтов. Данные пересылаются пакетами - TCP-сегментами, - которые состоят из заголовков TCP и данных. TCP - "надежный" протокол, потому что в нем используются контрольные суммы для проверки целостности данных и отправка подтверждений, чтобы гарантировать, что переданные данные приняты без искажений.

UDP (User Datagram Protocol, протокол пользовательских дейтаграмм): протокол, не зависящий от подключений, который передает данные пакетами, называемыми UDP-дейтаграммами. UDP - "ненадежный" протокол, поскольку отправитель не получает информацию, показывающую, была ли в действительности принята дейтаграмма.

Співвідношення архітектур семирівневої моделі та моделі TCP/IP

Проектировщики вычислительных сетей часто используют семиуровневую модель ISO/OSI (International Standards Organization/Open Systems Interconnect, Международная организация по стандартизации/ Взаимодействие открытых систем), которая описывает архитектуру сетей. Каждый уровень в этой модели соответствует одному уровню функциональных возможностей сети. В самом основании располагается физический уровень, представляющий физическую среду, по которой "путешествуют" данные, - другими словами, кабельную систему вычислительной сети. Над ним имеется канальный уровень, или уровень звена данных, функционирование которого обеспечивается сетевыми интерфейсными платами. На самом верху размещается уровень прикладных программ, где работают программы, использующие служебные функции сетей.

На рисунке показано, как TCP/IP согласуется с моделью ISO/OSI. Этот рисунок также иллюстрирует уровневое строение TCP/IP и показывает взаимосвязи между основными протоколами. При переносе блока данных из сетевой прикладной программы в плату сетевого адаптера он последовательно проходит через ряд модулей TCP/IP. При этом на каждом шаге он доукомплектовывается информацией, необходимой для эквивалентного модуля TCP/IP на другом конце цепочки. К тому моменту, когда данные попадают в сетевую плату, они представляют собой стандартный кадр Ethernet, если предположить, что сеть основана именно на этом интерфейсе. Программное обеспечение TCP/IP на приемном конце воссоздает исходные данные для принимающей программы путем захвата кадра Ethernet и прохождения его в обратном порядке по набору модулей TCP/IP. (Один из наилучших способов разобраться во внутреннем устройстве TCP/IP стоит в использовании программы-"шпиона", чтобы найти внутри кадров, "пролетающих" по сети, информацию, добавленную различными модулями TCP/IP.)

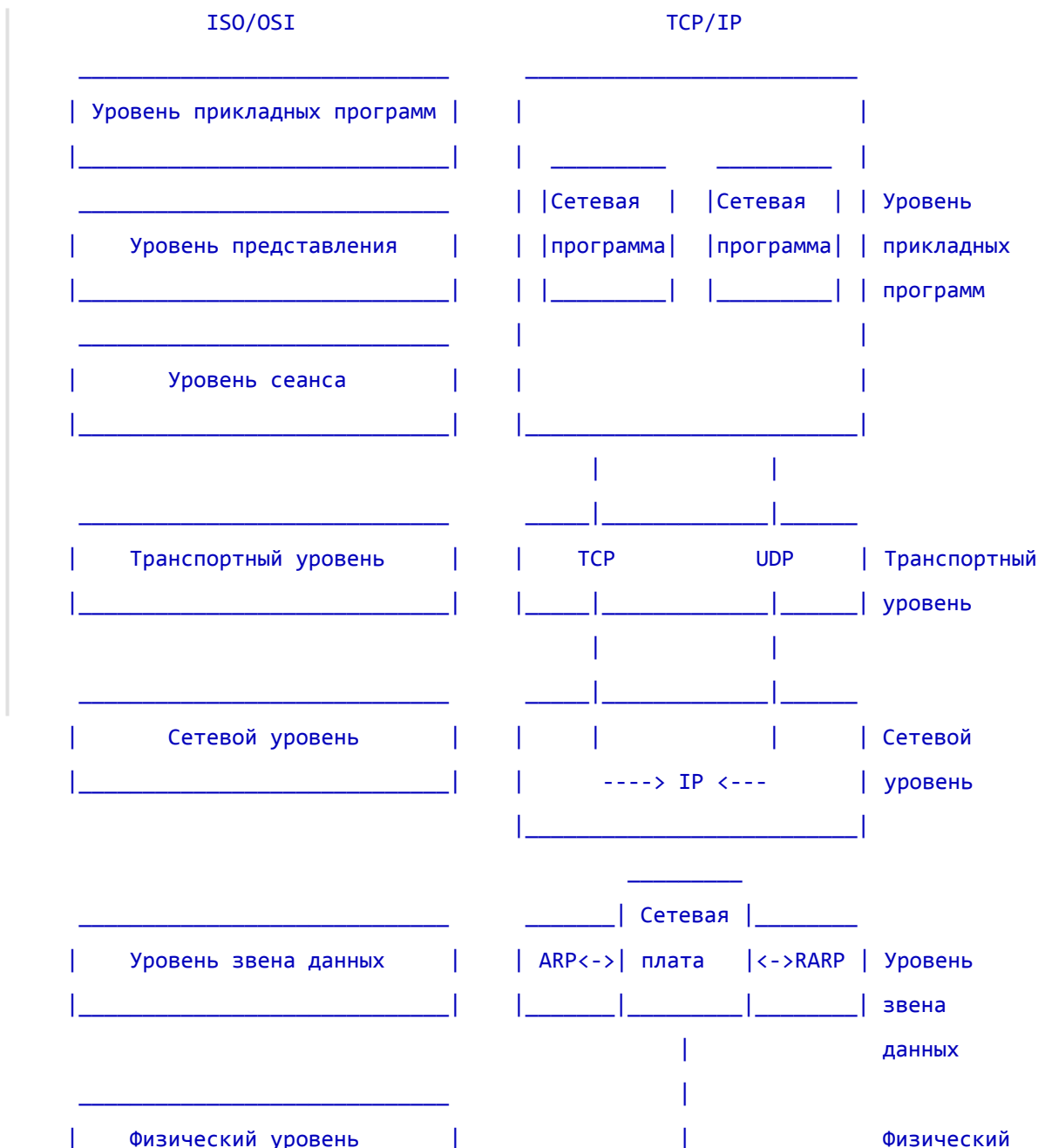


Рис.1. В левой части этого рисунка показаны уровни модели ISO/OSI. Правая часть рисунка иллюстрирует корреляцию модели TCP/IP с моделью ISO/OSI.

Приклад стилістики опису процесів, котрої бажано притримуватися під час виконання даного домашнього завдання

Для ілюстрації ролі, яку стек TCP/IP відіграє у комп'ютерних мережах реального сьогодення, розглянемо, що відбувається, коли Web-браузер використовує HTTP (HyperText Transfer Protocol, протокол передавання гіпертексту) для отримання сторінки HTML-даних із Web-серверу, що підключений до Internet. У нижченаведеній стилістиці (бажано більш детально) треба у рамках даного завдання описати взаємодію двох прикладних процесів, котрі виконуються на двох різних комп'ютерах, що підключені до двох різних термінальних вузлів складеної IP-мережі.

ПРИКЛАД

Для формирования виртуального подключения к серверу браузер использует абстракцию программного обеспечения высокого уровня, называемую гнездом (socket). А чтобы извлечь страницу Web, он посылает на сервер команду GET HTTP, записывая ее в гнездо. Программное обеспечение гнезда, в свою очередь, применяет TCP для пересылки битов и байтов, составляющих команду GET на Web-сервер. TCP сегментирует данные и передает отдельные сегменты модулю IP, который пересылает сегменты в дейтаграммах на Web-сервер.

Если браузер и сервер работают на компьютерах, подключенных к различным физическим сетям (как это обычно бывает), дейтаграммы передаются от сети к сети до тех пор, пока не достигнут той, к которой физически подключен сервер. Тут нужно было рассказать о маршрутизации. В конце концов дейтаграммы достигают пункта своего назначения и вновь собираются таким образом, чтобы Web-сервер, который считывает цепочки данных из своего гнезда, получал непрерывный правильно скомпилированный поток данных. Образно выражаясь, для браузера и сервера данные, записанные в гнездо на одном конце, как по волшебству, "всплывают" на другом конце. Но между этими событиями происходят все виды сложных взаимодействий для создания иллюзии непрерывной передачи данных между вычислительными сетями, которые и нужно описать, выполняя домашнее задание.

Розробник РГР Чуприна В.М.