

## Лекция 3

### Современные сетевые протоколы

1. Протоколы коммуникации
2. Сети Ethernet
3. Протокол TCP/IP
4. Функционирование Ethernet-сетей
5. Некоторые современные сетевые протоколы
6. Протокол GPRS.
7. Семейство протоколов Wi-Fi (IEEE 802.11x)
8. Обмен мгновенными сообщениями (Instant Messaging and Presence)
9. Итоги
10. Вопросы

#### *Протоколы коммуникации*

Самое основное в использовании сетей и сетевых технологий – сетевые протоколы.

**Модель ISO. Сетевой протокол** – это набор команд (операций) для взаимодействия узлов в сети. Ввиду сложности организации сетей, используемая модель сетевых протоколов содержит большое число уровней абстракции.

Согласно стандарту коммуникационной модели ISO, коммуникационная сеть подразделяется на следующие основные уровни (layers):

**Физический уровень (physical layer)** – механические и электрические устройства для передачи сигналов. Самый нижний уровень сетевой коммуникации. Включает сетевое оборудование - сетевые кабели, разъемы, концентраторы и т.д.

**Уровень (связывания) данных (Data link layer)** – обрабатывает фреймы (frames), или части пакетов фиксированной длины, включая обнаружение ошибок и восстановление после ошибок на физическом уровне.

**Сетевой уровень (network layer)** – обеспечивает соединение и маршрутизацию пакетов в коммуникационной сети, включая обработку адресов исходящих пакетов, декодирование адресов входящих пакетов и поддержку информации для маршрутизации для соответствующего ответа для изменения уровней загрузки.

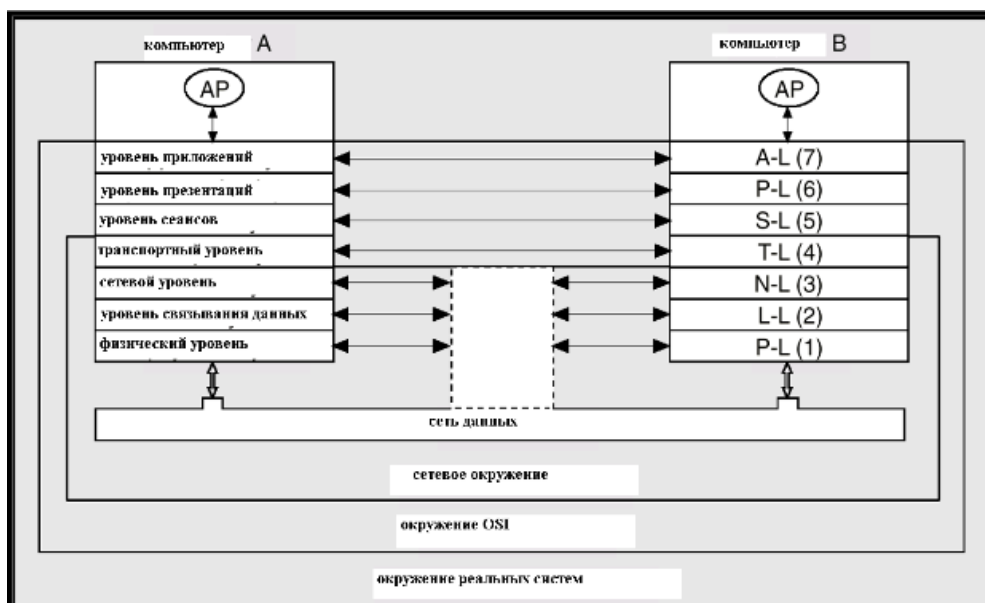


Рис. 1. Многоуровневая модель коммуникации ISO.

**Транспортный уровень (transport layer)** – отвечает за сетевой доступ нижнего уровня и за передачу сообщений между клиентами, включая разделение сообщений на пакеты, сопровождение порядка пакетов, поток управления и генерацию физических адресов.

**Уровень сеанса (session layer)** – реализует сеансы (sessions), или протоколы коммуникации между процессами.

**Уровень презентаций (presentation layer)** – инкапсулирует различие в форматах между различными системами в сети, включая преобразования символов и полудуплексную (дуплексную) связь (эхо-вывод).

**Уровень приложений (application layer)** – самый высокий уровень модели сетевых протоколов. Взаимодействует непосредственно с запросами на передачу файлов пользовательского уровня, протоколами удаленных входов и передачи электронной почты, а также со схемами распределенных баз данных.

Схема уровней сетевой коммуникации представлена на [рис. 1](#).

На [рис. 2](#) представлено содержание уровней сетевой коммуникации.



**Рис. 2.** Уровни сетевых протоколов (ISO).

На рис. 3 изображена структура сетевого сообщения, согласно модели ISO.



**Рис. 3.** Структура сетевого сообщения, согласно модели ISO.

Сообщение имеет заголовки каждого уровня, начиная от уровня связывания данных, затем следует тело сообщения и признак конца сообщения (уровня связывания данных, отвечающего за целостность передачи сообщения). Таким образом, реализация каждого уровня абстракции обрабатывает сообщение, используя заголовок сообщения соответствующего уровня.

### ***Cemu Ethernet***

**Ethernet** (стандарт IEEE 802.3) – наиболее распространенный метод организации сетей. Относится к физическому (physical Ethernet) уровню и уровню связывания данных, согласно 8-уровневой модели ISO (п. 23.2). Слово **ether** по-английски означает **эфир**. Основоположник сетей Ethernet – Роберт Меткалф (R. Metcalfe 1973). Он же впоследствии основал фирму 3COM, одну из наиболее известных компаний в области сетевых технологий.

Основные идеи Ethernet - использование **коаксиального кабеля (BNC)** и **48-битового адреса (MAC-адреса)**, который присваивается каждому сетевому компьютеру и используется для идентификации источников и получателей пакетов в сетях

Первоначально скорость сетей Ethernet составляла до 3 МБит/с. В настоящее время она увеличилась до 1 Гбит/с (**Gigabit Ethernet**).

В большинстве локальных сетей в качестве кабеля используется **витая пара (twisted pair)** с разъемами типа RJ 45.

Для соединений используются **концентраторы (hubs)** с быстродействием 10 МБит/с (10BASE-T) или **переключатели (switches)** с быстродействием 100 МБит/с (100BASE-T).

Ethernet-адрес каждого компьютера фиксирован, выдается при загрузке операционной системы и может быть также выведен на консоль специальными командами ОС; например, в ОС Solaris – командой **banner**, которая выводит на экран стартовую информацию ОС, в том числе MAC-адрес компьютера.

### **Протокол TCP/IP**

**IP-адреса. TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)** – наиболее распространенное семейство протоколов сетевого и транспортного уровня, используемых в Интернете. Основоположники TCP/IP – Роберт Кан (Robert Kahn) и Винтон Серф (Vinton Cerf) -1972 – 1974.

Протокол TCP/IP основан на использовании **IP-адресов** каждого **хоста** (компьютера), имеющих вид: **a.b.c.d** (все четыре числа – в диапазоне от 0 до 255) и обеспечивает пересылку по сети **пакетов (packets)** фиксированного размера, содержащих адрес получателя и номер пакета в сообщении. TCP/IP -протокол обеспечивает транспорт сетевых пакетов, деление сообщения на пакеты отправителем и сборку сообщения из пакетов получателем. IP-адрес может быть закреплен за компьютером постоянно Интернет-провайдером пользователя компьютера, либо присваивается компьютеру динамически (каждый раз – разный) при выходе в Интернет.

Более общее современное название TCP/IP - **Internet Protocol Suite**. Различаются более новая версия – IPv6 и более старая – IPv4. В версии IPv6 используется IP-адрес не из четырех, а из 6 чисел.

Протокол TCP/IP – синхронный, т.е. получатель ожидает получения каждого пакета и посылает отправителю подтверждение об этом. Другой вариант Интернет-протокола - **UDP/IP (Universal Datagram Protocol / Internet Protocol)** – асинхронный транспортный протокол, обеспечивающий обмен **датаграммами** – байтовыми массивами переменной длины; он считается менее надежным, чем TCP/IP, но работает быстрее, поэтому часто для быстрого обмена сообщениями в сетях предпочитают именно его.

Скорость TCP/IP не всегда удовлетворительна, ввиду огромного числа IP-узлов в Интернете. Для оптимизации связи между узлами сети применяются **Distributed Hash Tables (DHT)** – **распределенные хеш-таблицы**. В них собственная система имен узлов сети и более быстрого их поиска, чем с использованием TCP/IP протоколов, работающая "поверх" TCP/IP.

На рис. 4 изображены уровни протокола TCP/IP и перечислены основные протоколы прикладного уровня, работающие поверх TCP/IP и UDP/IP, - протокол передачи гипертекста (основа функционирования World Wide Web), протоколы передачи файлов, передачи электронной почты, взаимодействия с удаленным терминалом, управления сетью.

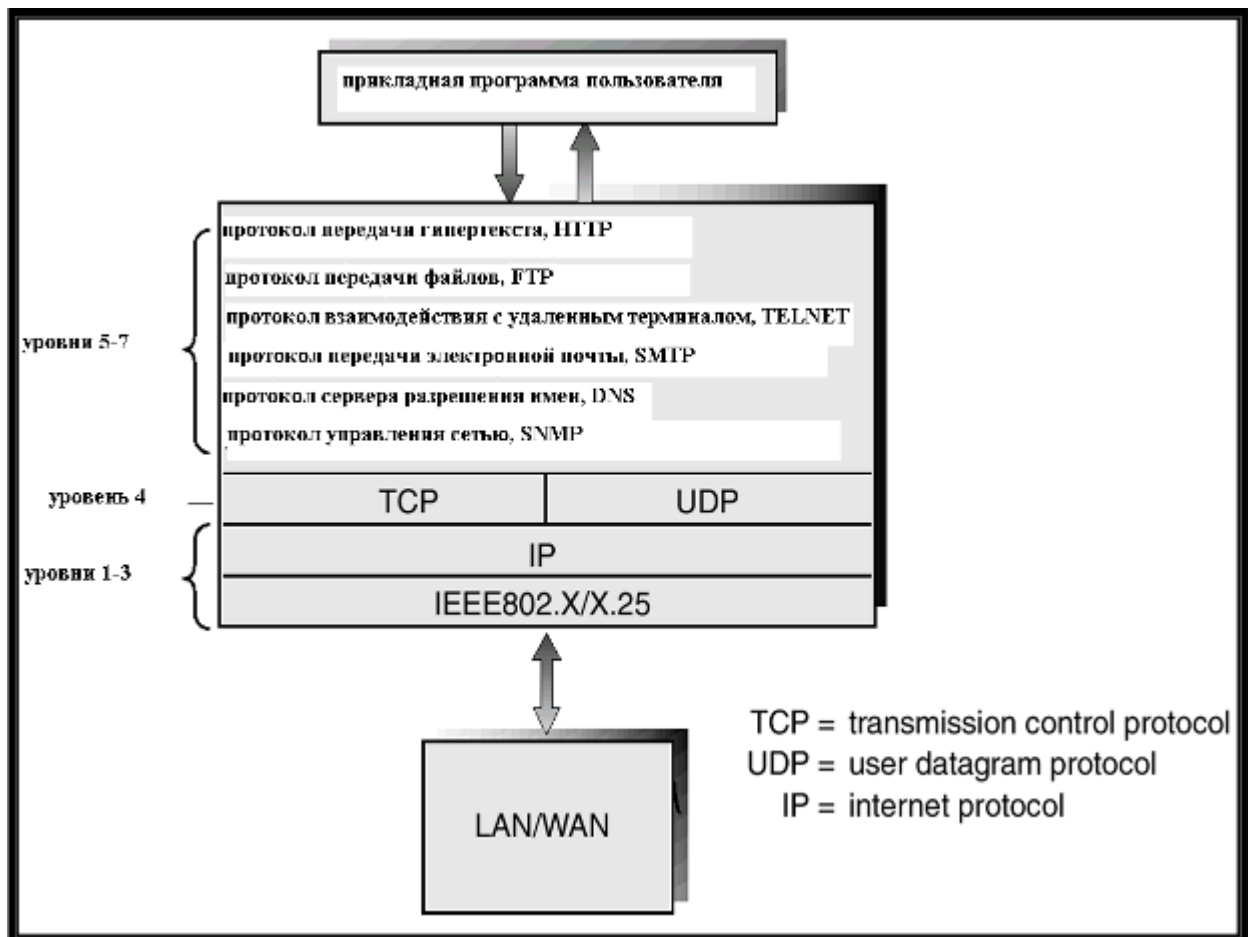


Рис. 4. Уровни протокола TCP/IP.

### Функционирование Ethernet-сетей

Передача сетевых пакетов между машинами в сетях Ethernet, наиболее распространенных с 1970-х гг. по настоящее время, происходит следующим образом. Каждая машина имеет уникальный IP-адрес и соответствующий Ethernet- (MAC-) адрес. Для коммуникации требуются оба адреса. Для поиска IP-адресов используется Domain Name Service (DNS). Протокол **Address Resolution Protocol (ARP)** используется для отображения MAC-адресов в IP-адреса.

Если машины находятся в одной и той же локальной сети, то может использоваться ARP. Если машины в разных локальных сетях, то машина-отправитель посылает пакет **маршрутизатору (router)**, который маршрутизирует данный пакет до принимающей сети. Структура сетевого пакета в Ethernet-сети изображена на [рис. 5](#).

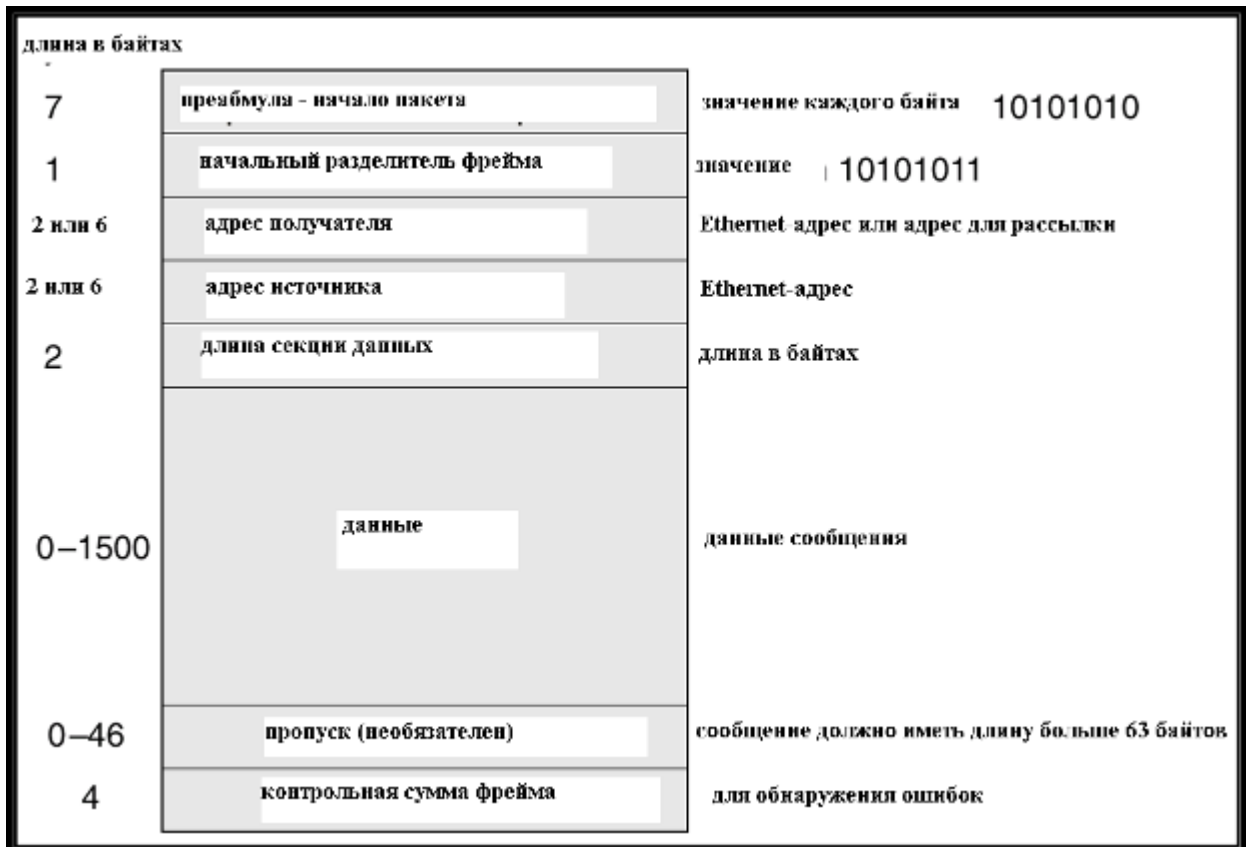


Рис. 5. Структура сетевого пакета в сетях Ethernet.

Как видно из схемы, пакет начинается со стандартной последовательности байтов. Он содержит Ethernet-адреса получателя и источника, длину сообщения, само сообщение (пересылаемые данные) и контрольную сумму. Структура пакета достаточно проста и особых комментариев не требует.

### Протокол GPRS

Изложение классических основ сетевых протоколов и их стандартов завершим рассмотрением некоторых современных сетевых протоколов различных уровней, имеющих особенно важное практическое значение. В данном разделе рассмотрим протокол GPRS.

**GPRS (General Packet Radio Service)** - протокол беспроводной радиосвязи уровня связывания данных (уровня 2) по модели ISO, широко используемый в мобильной связи (GSM). Данный протокол "понимает" структуру IP-пакетов. Обеспечивается реальная скорость связи до 60 КБит / с, сравнимая со скоростью обычного модема и обмена через телефонную линию (dial-up).

Используется для реализации **SMS (текстовых сообщений)**, **MMS (мультимедийных сообщений)**, **Instant messaging and presence (отправки и получения мгновенных сообщений)**, **WAP (упрощенного доступа к Web для мобильных телефонов)**, мобильного Интернета

В некоторых местностях и странах GPRS является фактически единственным способом организации связи для передачи данных и выхода в Интернет. Настоятельно рекомендуется при выборе мобильного телефона обращать внимание на поддержку протокола GPRS.

При использовании TCP/IP GPRS-протокол присваивает каждому мобильному телефону один или несколько IP-адресов и обеспечивает надежную пересылку IP-пакетов. IP-адреса, как правило, присваиваются динамически.

Для маршрутизации пакетов используются **точки доступа (access points)** со своими именами **Access Point Names (APNs)**. При настройке GPRS в мобильном телефоне необходимо указать APN, предоставляемое Вашим провайдером (например, МТС)

При использовании телефона как GPRS-модема (для выхода в Интернет, приема электронной почты и т.д.) связь с компьютером осуществляется через Bluetooth или через инфракрасный порт (IrDA).

Не следует путать GPRS с GPS (глобальной системой спутниковой навигации), как иногда делают, в чем неоднократно убеждался автор.

Схема функционирования протокола GPS изображена на [рис. 6](#).

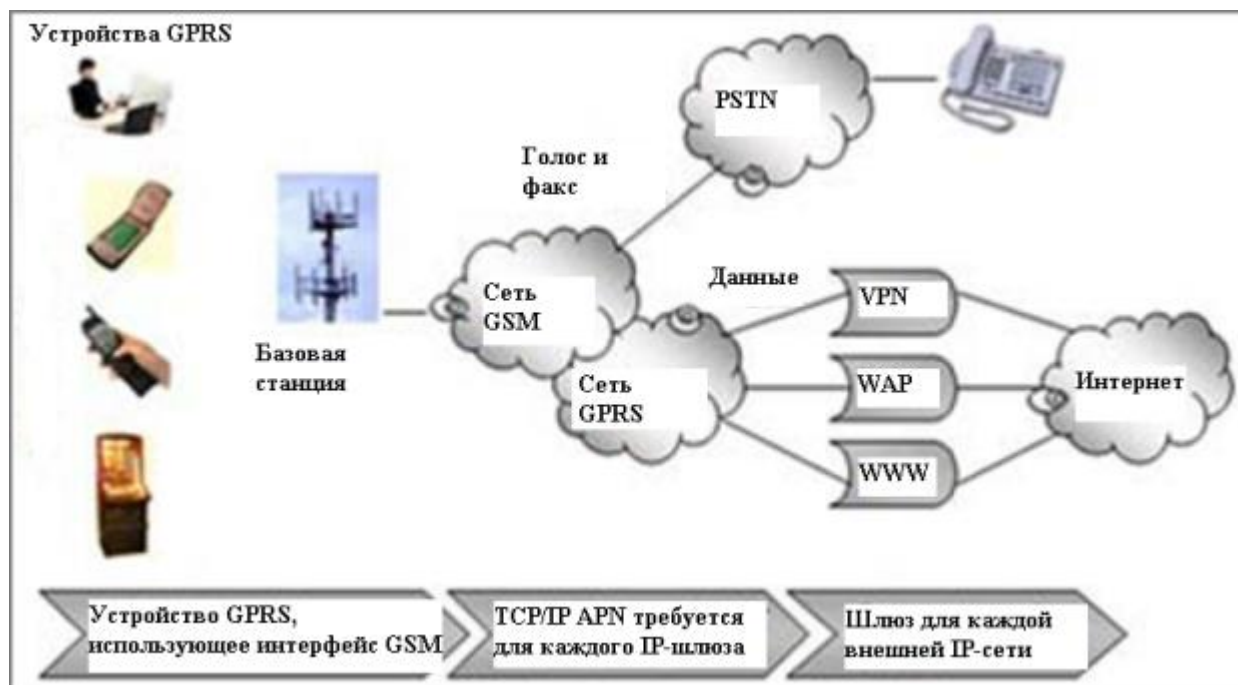


Рис. 6. Протокол GPRS: Схема работы.

### Семейство протоколов Wi-Fi (IEEE 802.11x)

**Wi-Fi (IEEE 802.11x)** – это семейство протоколов уровня связывания данных (уровня 2 по модели ISO) для беспроводной радиосвязи в локальных сетях (WLAN). Другое неофициальное (более старое) название того же семейства протоколов – **RadioEthernet**.

Используется для выхода в Интернет, **передачи голосовых сообщений через TCP/IP (VoIP)**, связи с мультимедийными устройствами (цифровыми камерами, проекторами и т.п.)

Скорость передачи данных – от 11 МБит/с (по стандарту 802.11b) до 54 МБит/с (по стандартам 802.11a и 802.11c).

Wi-Fi - связь доступна в радиусе действия **точки доступа (access point)** ~ 200-250 метров. Зона доступа Wi-Fi носит название **hotspot**. Типичная зона доступа – гостиница, аэропорт, вокзал, Интернет-кафе.

Wi-Fi – адаптеры встраиваются в портативные компьютеры, органайзеры (PDA), коммуникаторы.

**Преимущества Wi-Fi:** при наличии точки доступа в соответствующей окрестности, доступ в Интернет возможен везде.

**Недостатки Wi-Fi:** локальный характер связи; различие числа Wi-Fi каналов в Европе, Америке и Азии; недостаточная безопасность; на практике, недостаточная надежность при числе пользователей 1000 – 10000 и более; связь Wi-Fi не безвредна для здоровья (поэтому ограничена для использования в странах Евросоюза).

**Wi-MAX** – более высокоскоростной вариант Wi-Fi (со скоростью передачи данных до 1 Гбит/с) с большим радиусом действия. В настоящее время отечественные коммуникационные фирмы активно ведут работу по покрытию территории РФ сетями Wi-MAX.

### ***Обмен мгновенными сообщениями (Instant Messaging and Presence)***

**Instant Messaging and Presence (IMP)** - семейство протоколов и технологий верхнего уровня (application layer) для обмена сообщениями между клиентами, использующими мобильные телефоны, коммуникаторы, ноутбуки и перемещающимися из одной точки в другую.

IMP использует адреса, сходные с email-адресами, например: **node@domain/work** – XMPP-адрес.

Посылаемые сообщения – как правило, текстовые, но также возможно посылать и графические образы.

Основные понятия IMP: **IMP client** – пользователь сети; **presence** – информация о присутствии клиента на связи; **presence server** – сервер сети, обеспечивающий регистрацию клиентов и выдачу информации о присутствии на связи.

Основные протоколы IMP: **SIMPLE / SIP; XMPP (Jabber); Wireless Village.**

Лаборатория Java-технологии СПбГУ под научным руководством автора в 2003 – 2006 гг. выполнила работы для лаборатории Panasonic Research по реализации Java-библиотек для мгновенных сообщений (JSR 164 / 165 / 186 / 187) и разработке комплексов тестов для их тестирования (TCKs).

### ***Итоги***

Согласно стандартной модели ISO, коммуникационные протоколы в сетях подразделяются на следующие уровни (снизу вверх): физический уровень, уровень связывания данных, сетевой уровень, транспортный уровень, уровень сеансов, уровень презентаций, уровень приложений.

Стандартное сетевое сообщение имеет заголовки всех уровней, тело (данные) и признак конца сообщения уровня связывания данных.

Ethernet – это наиболее распространенный метод организации сетей на физическом уровне и уровне связывания данных, основанный на использовании 48-битовых MAC-адресов компьютеров и коаксиальных кабелей BNC. Скорость связи в настоящее время – до 1 гигабита. Используются кабели типа витая пара с разъемами RJ45, сетевые концентраторы и переключатели.

TCP/IP – это семейство Интернет-протоколов, основанное на IP-адресах компьютеров (вида a.b.c.d, где каждое из чисел от 0 до 255) и делении сообщений на пакеты фиксированной длины, содержащие номер пакета и адрес получателя. TCP/IP – синхронный обмен. Асинхронный вариант обмена в IP-сетях – UDP/IP, основанный на пересылке датаграмм в виде байтовых массивов переменной длины.

Для ускорения доступа к подмножествам TCP/IP – сетей используются распределенные хеш-таблицы.

В семействе протоколов TCP/IP сетевой уровень обеспечивает IP-протокол, транспортный – UDP или TCP, верхний уровень – протоколы HTTP, FTP, TELNET, SMTP, DNS, SNMP.

Для обнаружения ошибок в сетях используется метод рукопожатия – обмена сообщениями о каждом выполненном действии. Узел, обнаруживший ошибку в сети в виде отказа другого узла, должен оповестить об этом другие узлы сети.

Требования к проектированию сетей – прозрачность для пользователей, устойчивость к ошибкам и масштабируемость. Для предоставления сетевых услуг используются кластеры компьютеров, функционирующие с точки зрения сетевого клиента как одна машина.

При функционировании Ethernet-сети в рамках одной локальной сети используется протокол ARP для отображения MAC-адресов компьютеров в их адреса, для связи между разными локальными сетями используются маршрутизаторы. Сетевой пакет в Ethernet-сети содержит стандартное начало в виде последовательности определенных байтов, адрес получателя, адрес источника, длину сообщения, данные сообщения и контрольную сумму.

Протокол GPRS используется для беспроводной связи в IP-сети и обеспечивает быструю обработку IP-пакетов. Используют протоколы и серверы мобильной связи GSM и точки



доступа, предоставляемые провайдерами мобильной связи. Скорость доступа сравнима со скоростью обычного модема.

Wi-Fi – семейство протоколов беспроводной радиосвязи в локальных сетях со скоростью 10-50 мегабит в секунду в пределах точки доступа (200-250 м). Wi-MAX – развитие Wi-Fi путем покрытия высокоскоростными сетями Wi-Fi территории города, региона или государства. Скорость связи – до 100 МБит / с.

Instant Messaging and Presence – семейство высокоуровневых протоколов для обмена мгновенными сообщениями в сетях мобильных устройств и портативных компьютеров.

### **Вопросы**

1. На какие уровни подразделяются сетевые протоколы, согласно модели ISO?
2. Что такое физический уровень?
3. Что такое уровень связывания данных?
4. Что такое сетевой уровень?
5. Что такое транспортный уровень?
6. Что такое уровень сеансов?
7. Что такое уровень презентаций?
8. Что такое уровень приложений?
9. Какова стандартная структура сетевого сообщения?
10. Что такое Ethernet и Ethernet-сети?
11. Что такое MAC-адрес?
12. Что такое TCP/IP?
13. В чем отличие UDP/IP от TCP/IP?
14. С помощью, каких протоколов функционирует Ethernet-сеть?
15. Какова структура пакета в Ethernet-сети?
16. Что такое GPRS?
17. Что такое Wi-Fi и Wi-MAX?
18. Что такое instant messaging and presence?