

Архитектура параллельных вычислительных систем



К.Т.Н., доцент

**Костичев Сергей
Валентинович**

**Распределенные
вычисления**

snenv@mail.ru

Учебные вопросы:

- 1. Понятие распределенных вычислений.**
- 2. Метакомпьютинг.**
- 3. Grid-технологии**
- 4. Модели сети и сетевые протоколы.**
- 5. Протокол TCP/IP и IP адресация.**



1. Понятие распределенных вычислений.

Параллельные вычисления – это использование нескольких ВУ для одновременного выполнения разных частей одной программы.

Основная цель параллельных вычислений – уменьшение времени решения задачи.

Увеличение числа процессоров не обязательно приводит к уменьшению времени решения задачи



Другой подход к увеличению скорости вычислений – **увеличивать мощность процессорных устройств**. Ограничениями такого подхода являются:

- **Ограниченность скорости переключения.** Скорость переключения не может превышать скорость света.
- **Ограниченность размеров переключателей.** Чем меньше размер компонентов устройства, тем быстрее устройство может работать. Существует физический предел на размер компонентов, что связано с их молекулярным и атомным строением.
- **Экономические ограничения.** Для увеличения скорости процессора, плотности упаковки, числа слоев в кристалле приходится решать все усложняющиеся научные, инженерные, производственные проблемы. Это дорого.



Распределённые вычисления – способ решения трудоёмких вычислительных задач с использованием нескольких компьютеров, объединённых в параллельную ВС.

Слабосвязанные, гетерогенные ВС выделяют в отдельный класс распределенных систем – **Grid**. (Википедия)

Распределённые вычисления – технология обработки данных, в которой большая задача распределяется для выполнения между множеством компьютеров, объединенных вычислительной сетью или интернетом.



Вывод: **распределенные вычисления являются частным случаем параллельных вычислений.**

Параллельные вычисления могут производиться как одним компьютере (суперкомпьютере или многоядерном компьютере), так и на многих компьютерах.

Распределенные вычисления на одном компьютере производиться не могут.

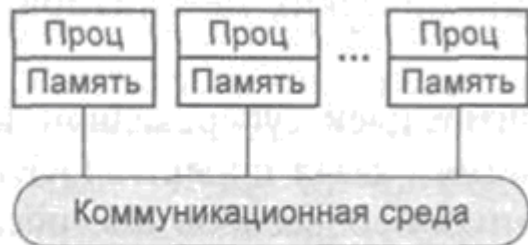


Большинство параллельных вычислений реализуется на 2-х классах компьютеров. **Классификация Хокни:** разделение типов многопроцессорных систем по используемым **способам организации оперативной памяти**



Параллельные компьютеры с общей памятью

Мультипроцессоры – системы с общей разделяемой памятью



Параллельные компьютеры с распределенной памятью

Мультикомпьютеры - системы с распределенной памятью

Компьютеры с общей и распределенной памятью отражают **две основные задачи параллельных вычислений**.

Первая задача - построении ВС с максимальной производительностью.

Решается компьютерами с распределенной памятью. **Интернет** - самый большой параллельный компьютер с распределенной памятью, объединяющий миллионы вычислительных узлов.

Как такие системы эффективно использовать?

Единственный способ программирования подобных систем — это **использование систем обмена сообщениями**, например, PVM или MPI, что не всегда просто.



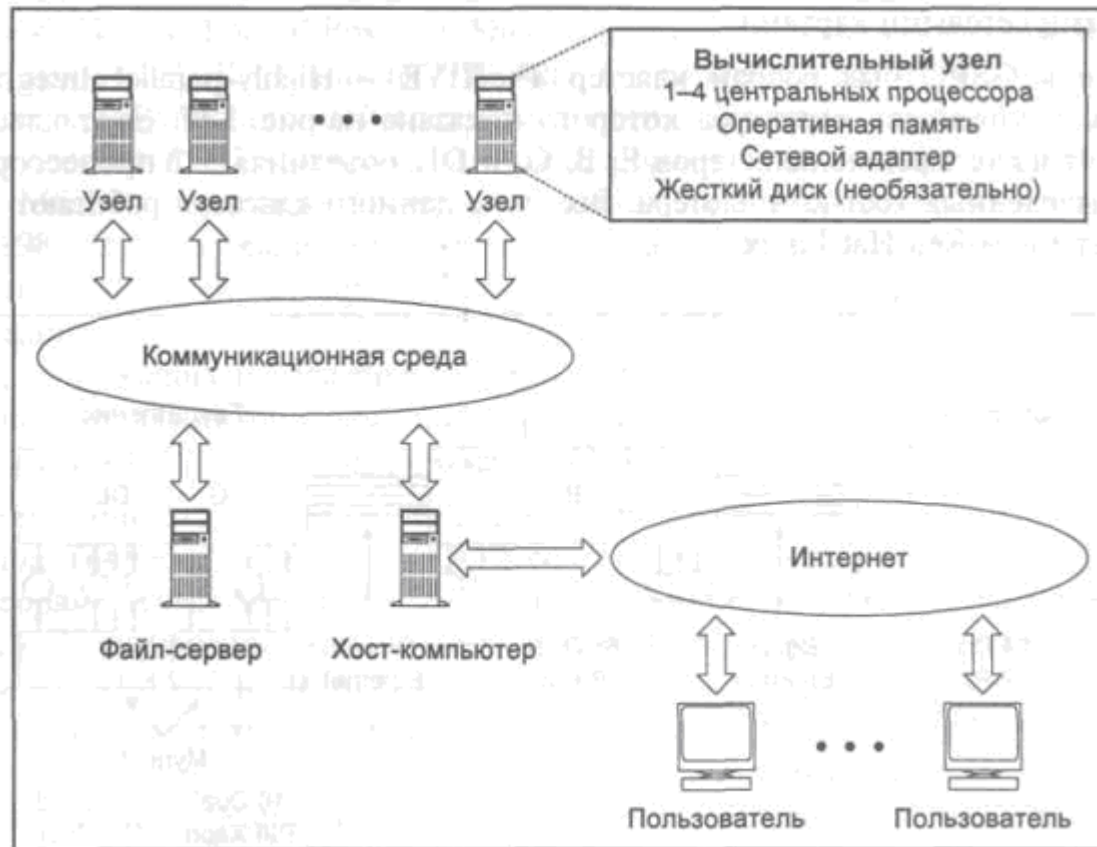
Вторая задача — поиск методов разработки эффективного ПО для параллельных ВС.

Проще решается для компьютеров с общей памятью.

Проблема: по технологическим причинам не удастся объединить большое число процессоров с единой ОП, → очень большую производительность на таких системах сегодня получить нельзя.



Параллельные компьютеры с сетевой структурой



Общая схема вычислительного кластера

Достоинства:

- соотношение цена/производительность
- масштабируемость

Вычислительный кластер

есть совокупность компьютеров, объединенных в рамках некоторой сети для решения одной задачи

Эффективная распределенная система должна обладать следующими свойствами:

- Прозрачность (transparency)
- Открытость (openness)
- Безопасность (security)
- Масштабируемость (scalability)

Открытая система - система, реализующая открытые стандарты на интерфейсы, службы и поддерживаемые стандарты данных.

Масштабируемая система - система, способная увеличивать свою производительность при добавлении новых аппаратных средств.

Прозрачная система – система, представляющаяся пользователям и приложениям в виде единой компьютерной системы.



Различные формы прозрачности в распределенных системах

Прозрачность	Описание
Доступ	Скрывается разница в представлении данных и доступе к ресурсам
Местоположение	Скрывается местоположение ресурса
Перенос	Скрывается факт перемещения ресурса в другое место
Смена местоположения	Скрывается факт перемещения ресурса в процессе обработки в другое место
Репликация	Скрывается факт репликации ресурса
Параллельный доступ	Скрывается факт возможного совместного использования ресурса несколькими конкурирующими пользователями
Отказ	Скрывается отказ и восстановление ресурса
Сохранность	Скрывается, хранится ресурс (программный) на диске или находится в оперативной памяти



2. Понятие метакомпьютинга

Возник в начале 90-х годов.

Трактовался как **объединение нескольких разнородных ВС в локальной сети организации для решения одной задачи.**

Основная цель - оптимальном распределении частей работы по ВС различной архитектуры и различной мощности.

Например,

- предварительная обработка данных могла производиться на пользовательской рабочей станции,
- основное моделирование на векторно-конвейерном суперкомпьютере,
- решение больших систем линейных уравнений – на массивно-параллельной системе,
- визуализация результатов – на специальной графической станции.



Интернет дает уникальные возможности для **распределенных вычислений**, его можно рассматривать как **самый большой компьютер в мире**.

Никакая самая мощная ВС не может сравниться по суммарной производительности и объемам памяти с совокупностью ресурсов подключенных к Интернету и составляющие, по сути, **компьютер из компьютеров – метакомпьютер**. Отсюда специальное название для организации процесса вычислений на такой вычислительной системе – **метакомпьютинг**.

В качестве коммуникационной среды для метакомпьютера может выполнять любая другая сетевая технология (необязательно Интернет).

Важен **принцип метакомпьютинга как инфраструктуры, объединяющей в единую вычислительную систему уже имеющиеся в наличии компьютеры с использованием уже имеющихся коммуникаций**.



Особенности метакомпьютерных систем

- **Огромные ресурсы по всем параметрам** – число процессоров, память, количество приложений, пользователей.
- **Распределенная система по своей природе.** Компоненты метакомпьютера могут быть удалены друг от друга на тысячи км, что скажется на оперативности их взаимодействия.
- **Система может динамически менять конфигурацию.** Задача поддержки работы метакомпьютера состоит в поиске подходящих ресурсов, проверке их работоспособности, распределении поступающих задач вне зависимости от текущей конфигурации в целом.



Особенности метакомпьютерных систем

- **Неоднородность метакомпьютера.** Разные ОС, разные системы команд, системы представления данных и т.д. Разные каналы связи, разная архитектура – от домашних ПК, до мощнейших суперкомпьютеров из списка Top500.
- **Метакомпьютер объединяет ресурсы разных организаций,** политика безопасности и доступа к ресурсам может сильно различаться. Отсюда необходимость стандартизации всех его служб и сервисов.
- В первую очередь идет не об аппаратуре, а об **инфраструктуре.**

Применение:

задачи переборного и поискового типа, где вычислительные узлы практически не взаимодействуют друг с другом и основную часть работы производят в автономном режиме.



Метакомпьютер - виртуальный компьютер, динамически организующейся из географически распределенных ресурсов, соединенных высокоскоростными сетями передачи данных.

Принципиальная разница метакомпьютерного подхода и сегодняшних программных средств удаленного доступа:

В метакомпьютере доступ **прозрачен**: пользователь имеет **полную иллюзию использования одной (гораздо более мощной) машины** и может с ней работать в рамках той же модели, которая принята на его персональном вычислителе.



Зачем нужна такая среда?

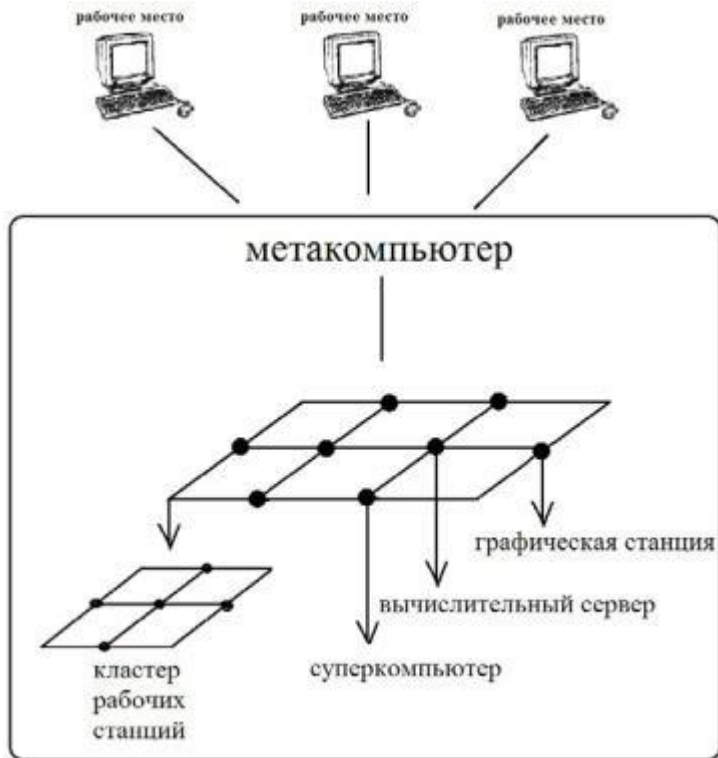
Решение «Задач большого вызова» — «Grand challenges»

Требования к компьютерным ресурсам:

- 0.2 - 20 Tflops процессорной мощности;
- 100 - 200 GB оперативной памяти;
- 1 - 2 TB дисковой памяти;
- 0.2 - 0.5 GB/сек ширина полосы пропускания ввода/вывода.



Формы метacomпьютера

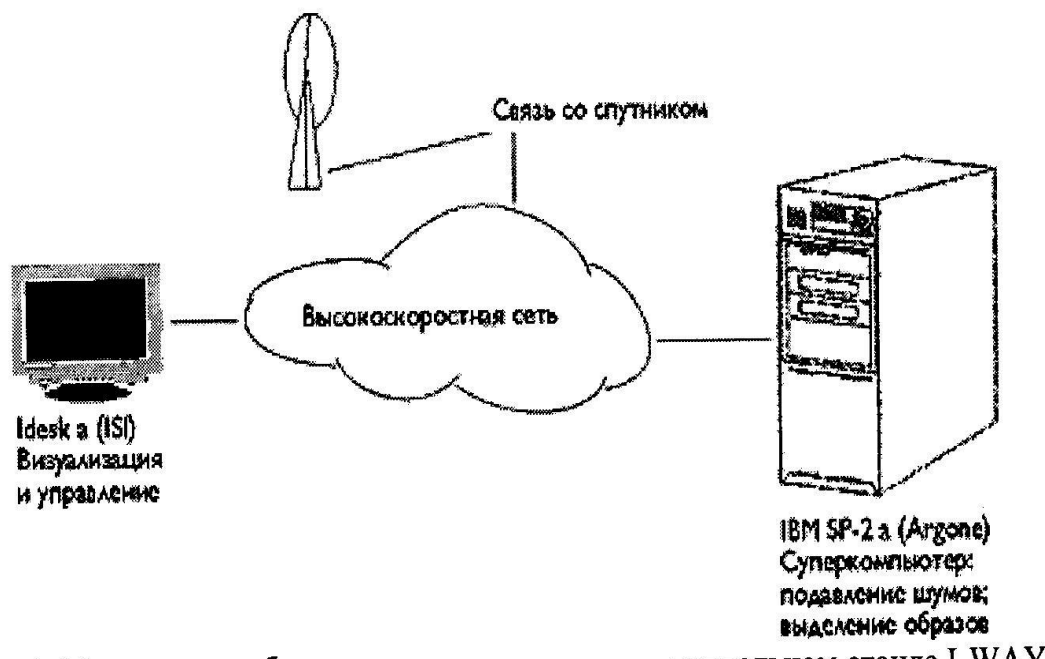


1. Настольный суперкомпьютер.

Пользователь получает возможность запускать свои задачи на удаленных ВС с таким объемом вычислительных ресурсов, которые необходимы для успешного счета. Пользователю не нужно искать подходящие не занятые мощности: **распределять задачи в сети в соответствии с их запросами — функция метacomпьютера.**

2. Интеллектуальный инструментальный комплекс

Быстро считать недостаточно.



Необходимо в реальном времени

- собирать большие объемы данных, поступающих с датчиков,
- производить анализ текущей ситуации,
- выработать решения
- выдавать управляющие воздействия.

Это требует тесной интеграции управления, обработки данных разного вида, моделирования процессов, визуализации в реальном времени. Вычислительные комплексы такого рода получили название интеллектуальных инструментов.

3.Сетевой суперкомпьютер.

Идея метакомпьютинга доводится до логической завершенности: масштабирование всех возможных вычислительных ресурсов путем прозрачного бесшовного объединения посредством сети отдельных вычислительных установок разной мощности.

Отличительная особенность: суммарные ресурсы архитектуры могут быть использованы в рамках одной задачи.

В такой форме можно выделить два уровня.

- 1. Сетевой суперкомпьютер создается путем соединения локальной сетью недорогих компонентов:** серверов и рабочих станций. Стоимость такого решения в несколько раз меньше цены суперкомпьютера при сопоставимых характеристиках производительности.
- 2. Объединение суперузлов (настоящие или сетевые суперкомпьютеры) в региональном и национальном масштабах скоростными линиями связи**



Полезность форм метакомпьютера определяется:

- степенью развитости сетевой инфраструктуры
- наличием/отсутствием высокопроизводительной техники

Правильная **последовательность шагов** в развитии форм метакомпьютера в российских условиях (отсутствие суперкомпьютеров и качественных линий связи)

- обеспечение дистанционного доступа к крупным корпоративным вычислительным центрам (*настольный суперкомпьютер*)
- создание единой вычислительной среды в тех же центрах с помощью локальных сетей (сетевой суперкомпьютер)
- агрегация вычислительных центров в региональном и национальном масштабе (интеллектуальные инструменты и GRID)



Классификация систем мета-компьютинга

- **Научные гриды** («классический» грид) — хорошо распараллеливаемые приложения программируются специальным образом (например, с использованием Globus Toolkit);
- **Добровольный грид** (Интернет-компьютинг) — распределенные вычисления на основе использования добровольно предоставляемого свободного ресурса персональных компьютеров;
- **Коммерческий грид** на основе выделения вычислительных ресурсов по требованию — обычные коммерческие приложения работают на виртуальном компьютере, который, в свою очередь, состоит из нескольких физических компьютеров, объединённых с помощью грид-технологий.



Направления работ по использованию мета-компьютинга

- **создание универсальных сред** (Грид). Направление перспективное, однако, реальные системы достаточно тяжелы в установке, администрировании и сопровождении
- здесь универсальность среды заменяет четкая **ориентация на конкретные задачи**. Это направление проще в реализации, однако в каждом случае среда жестко ориентирована на решение только одной конкретной задачи. Примеры: SETI@home, Folding@home;
- **разработка инструментария** для быстрого создания распределенной вычислительной среды, объединяющей максимум доступных вычислительных ресурсов.



Мета-компьютинг: примеры

- **Проект SETI@home, предлагает всем желающим принять участие в поиске внеземных цивилизаций.** Космический шум, записываемый радиотелескопом в Аресибо, делится на небольшие блоки и рассылается на компьютеры участников для поиска в них сигналов с особыми характеристиками — таких, которые могут иметь искусственное внеземное происхождение. Если проект обнаружит такой сигнал, участников, чьи компьютеры занимались обработкой юнитов, содержащих сигнал занесут в список соавторов всех последующих научных публикаций.
- **Проект Folding@home ставит своей целью получение более точного представления о болезнях, вызываемых дефектными белками.** Изучаются белки, имеющие отношение к болезни Альцгеймера, Паркинсона, диабету типа II, склерозу. Результаты выкладываются в свободный доступ и могут сразу же использоваться учёными.



3. Grid-технологии

Сети доказали практическую полезность, как средство глобальной доставки различных форм информации.

Сети могут стать средством организации вычислений *следующего поколения*.

Internet представляет собой множество узлов с собственными процессорами, оперативной и внешней памятью, устройствами ввода/вывода. Узлы соединены коммутационным оборудованием и линиями передачи данных. Такая **конструкция напоминает МП систему, где роль магистральных шин выполняет сеть.**

Цель - стереть барьеры между разнородными, пространственно распределенными ВС, образовав метакомпьютер, который для пользователей и выступал бы как единая вычислительная среда, доступная непосредственно с рабочего места.



Новая интернет-технология - **GRID-computing**, - следующий шаг в развитии Интернета. Концепция GRID-технологии - концепция глобальной инфраструктуры, интегрирующей мировые компьютерные ресурсы для реализации крупномасштабных информационно-вычислительных проектов.

Применение GRID даст новое качество решения следующих классов задач:

- массовая обработка потоков данных большого объема;
- многопараметрический анализ данных;
- моделирование на удаленных суперкомпьютерах;
- реалистичная визуализация больших наборов данных;
- сложные бизнес-приложения с большими объемами вычислений.

GRID - использование компьютерных сетей для создания распределенной вычислительной инфраструктуры национального и мирового масштаба (частный случай метакомпьютинга)



Предпосылки создания и развития технологии GRID

Современные технологии распределенных вычислений

- **Internet – технологии:** ориентируются на коммуникации и информационный обмен
- **Business-to-business:** фокусируют свое внимание на разделении информации; по сути, инструменты для осуществления торгово-закупочной деятельности в сети интернет.
- **Технологии распределенных вычислений масштаба предприятия:** разделяют ресурсы внутри одной организации (CORBA, Enterprise Java)
- **Поставщики сервиса хранения данных (SSP – storage service providers) и приложений (ASP – application service providers):** позволяют организациям обращаться за вычислительными ресурсами или средствами хранения данных, но ограниченным числом способов

не приспособлены для использования широкого ряда наличных ресурсов, или не обеспечивают гибкость и контроль за разделяемыми связями, необходимые для виртуальных организаций.

Этот пробел призвана заполнить технология Grid



4. Модели сети и сетевые протоколы

Компьютерная сеть (вычислительная сеть) -

совокупность программных, аппаратных и коммуникационных средств, обеспечивающих эффективное распределение вычислительных ресурсов.

Основу работы сети составляют так называемые **сетевые службы** (или **сервисы**).

Базовый набор сетевых служб любой корпоративной сети:

- службы сетевой инфраструктуры DNS, DHCP, WINS;
- службы файлов и печати ;
- службы каталогов ;
- службы обмена сообщениями;
- службы доступа к базам данных.



Сеть позволяет взаимодействовать различным видам компьютерных систем благодаря стандартизованным методам передачи данных.

Стандарты – ключевой фактор при объединении сетей.

Для более строгого описания работы сети разработаны специальные модели. В настоящее время общепринятыми моделями являются модель **OSI** (Open System Interconnection) и модель **TCP/IP**

Стек протоколов - это набор взаимодействующих протоколов разных уровней, согласно которым происходит обмен данными в сети.

Каждый **протокол** - это набор правил, согласно которым происходит обмен данными.



Модель OSI является общей базой для координации стандартов с целью обеспечения взаимосвязи систем. Функции эталонной модели OSI организованы в иерархию уровней.

Сетевая модель OSI состоит из 7 уровней

L7 Прикладной уровень

L6 Уровень представления информации

L5 Сеансовый уровень

L4 Транспортный уровень

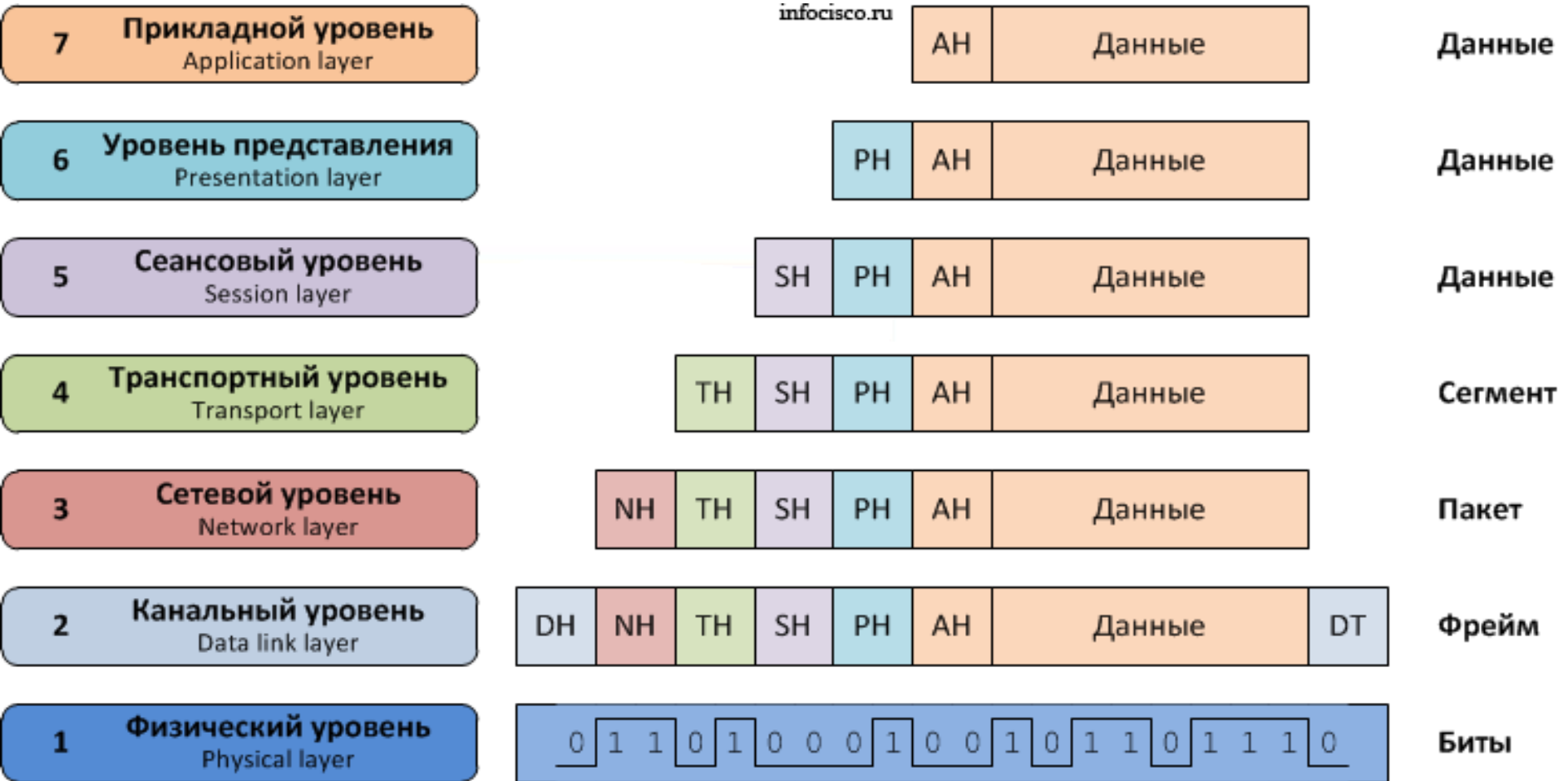
L3 Сетевой уровень

L2 Канальный уровень

L1 Физический уровень



Модель OSI



Любой протокол модели OSI должен взаимодействовать либо с протоколами своего уровня (горизонтальное взаимодействие), либо с протоколами на единицу выше и/или ниже своего уровня (вертикальное взаимодействие).

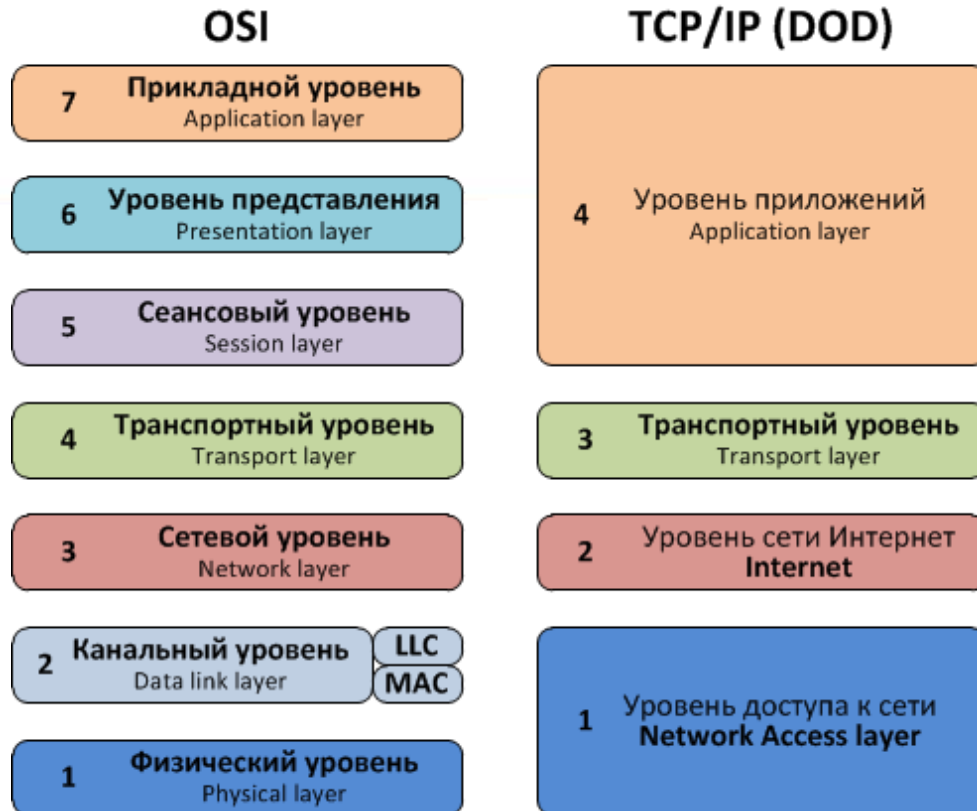
Каждому уровню соответствует свой операнд — логически неделимый **элемент данных**:

- на физическом уровне мельчайшая единица — бит,
- на канальном уровне информация объединена в кадры,
- на сетевом — в пакеты (датаграммы),
- на транспортном — в сегменты.



5. TCP/IP и ISO/OSI

Есть небольшое разногласие в несоответствии стека протоколов **TCP/IP** и уровней модели OSI. Обычно, верхние 3 уровня (*прикладной, представления и сеансовый*) модели OSI в стеке **TCP/IP** объединяют в один — *прикладной*.



Протоколы TCP/IP по уровням модели OSI

п-о-р	Основные протоколы TCP/IP по уровням модели OSI
Прикладной	HTTP • DHCP • DNS
	<i>Электронная почта</i> SMTP • POP3
	<i>Передача файлов</i> FTP • TFTP • SFTP
	<i>Удалённый доступ</i> rlogin • Telnet
Представления	SSL
Сеансовый	PAP • SMPP • SCP • SSH • ZIP
Транспортный	TCP • UDP
Сетевой	IPv4 • IPv6 • IPsec • ICMP
Канальный	Ethernet • PPPoE • PPP • 802.11 Wi-Fi • 802.16 WiMax • Token ring • FDDI • HDLC • SLIP • Frame relay • STP
Физический	Ethernet • RS-232



Три ключевых момента для TCP/IP :

- TCP/IP - это набор протоколов, которые **позволяют физическим сетям объединяться вместе** для образования Internet. TCP/IP соединяет индивидуальные сети для образования виртуальной вычислительной сети, в которой отдельные главные компьютеры идентифицируются не физическими адресами сетей, а IP-адресами.
- В TCP/IP используется **многоуровневая архитектура, которая четко описывает, за что отвечает каждый протокол**. TCP и UDP обеспечивают высокоуровневые служебные функции передачи данных для сетевых программ, и оба опираются на IP при передаче пакетов данных. **IP отвечает за маршрутизацию пакетов до их пункта назначения.**
- **Данные**, перемещающиеся между двумя прикладными программами, работающими на главных компьютерах Internet, **"путешествуют" вверх и вниз по стекам TCP/IP** на этих компьютерах. Информация, добавленная модулями TCP/IP на стороне отправителя, "разрезается" соответствующими TCP/IP-модулями на принимающем конце и используется для воссоздания исходных данных.

Стек протоколов TCP/IP – два наиболее важных протокола для организации взаимодействия вычислительных систем в локальных вычислительных сетях.

Протокол TCP предназначен для управления процессом передачи данных в сети, основные функции протокола заключаются в:

- обеспечении **недопущения искажения** информации, передаваемой в пакете;
- обеспечении **недопущения смешивания пакетов**, передаваемых различными приложениями;
- обеспечении **верной последовательности отправки, приема** пакетов и их **сборки** получателем информации.



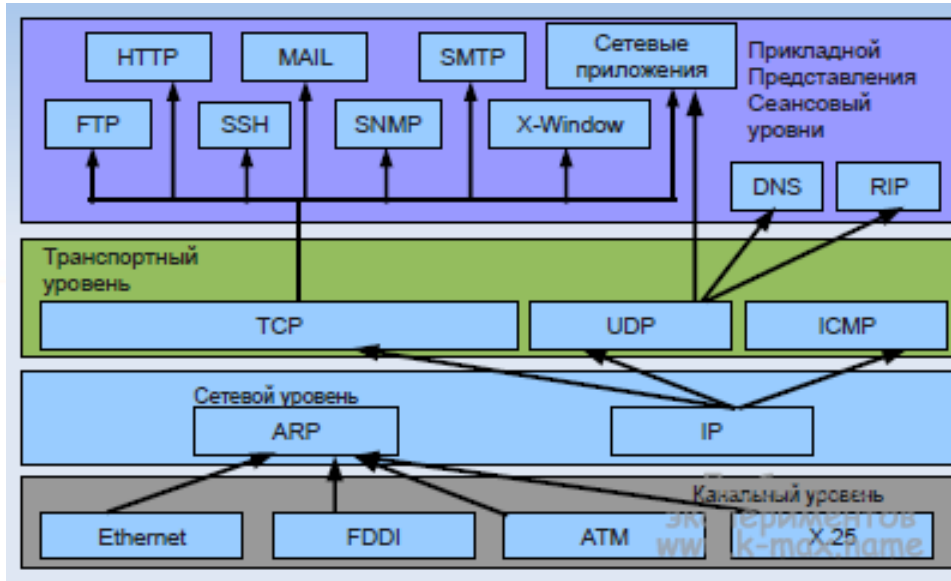
Протокол пользовательских датаграмм – UDP (User Datagram Protocol) – один из ключевых элементов TCP/IP. Используя данный протокол, приложения могут посылать сообщения (называемые датаграммами) другим хостам по IP-сети без необходимости предварительного сообщения для установки специальных каналов передачи или путей данных.

UDP представляет ненадежный сервис, и датаграммы могут прийти не по порядку, дублироваться или вовсе исчезнуть. Данный протокол подразумевает, что проверка ошибок и исправление либо не нужны, либо должны выполняться приложением, использующим данный протокол.

Используется в системах реального времени, когда предпочтительнее сбросить пакет, чем ждать задержавшиеся пакеты

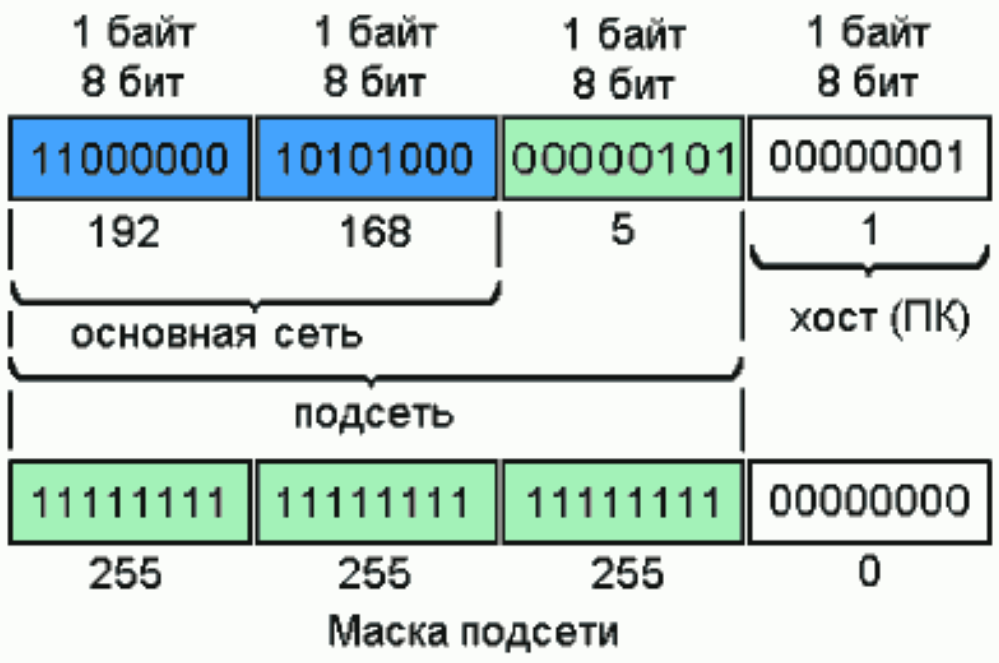


IP протокол, находится ниже **TCP** и **UDP** в иерархии протоколов (физический уровень не показан). Он отвечает за передачу и маршрутизацию информации в сети.



По сети данные передаются по протоколу IP. У протокола IP есть **две версии**: версия 4 (адрес IPv4 32 бита) и версия 6 (адрес IPv6 48 бит). Для удобства длинное 32-битное число, которое является IPv4 адресом сетевого интерфейса, представляют в виде четырёх десятичных чисел по 8 бит каждое разделённых точкой, например, 192.168.0.1

В общем случае, IP-адрес делиться на две части: *адрес сети (подсети)* и *адрес хоста*:



IP адреса делятся на сети, а сети в свою очередь делятся на подсети с помощью *маски подсети*.
 Например, сетевая маска вида 255.255.255.0 сообщает о том, что первые 24 разряда IP-адреса используются для адресации сети, последние 8 разрядов используются для указания адреса хоста в локальной вычислительной сети.



В протоколе версии IPv6 сетевая маска содержит 64 разряда. Использование сетевых масок позволяет легко конфигурировать IP протокол, применяя следующий синтаксис:

a.b.c.d/e,

где a.b.c.d – ip адрес хоста,

e - количество бит, используемых в адресе для указания адреса сети, например, 192.168.0.0/24.

Кроме адреса хоста в сети TCP/IP есть понятие **порт**.

С программной точки зрения, порт - область памяти, которая контролируется каким-либо сервисом.

Протокол IP не имеет представления о портах, за интерпретацию портов отвечает TCP и UDP, по аналогии TCP и UDP не обрабатывают IP-адреса.

Вопросы?

