# КУРС “Распределенные операционные системы”

## Глава 2. Архитектуры многопроцессорных вычислительных систем.

Aurelia Prepelita,
conf. univ., dr., Catedra TP, USM

Chisinau, 2010

# Оглавление:

Глава 2. Архитектуры многопроцессорных вычислительных систем.

- **Классификация Флинна**
  - **SISD**
  - **SIMD**
  - **MISD**
  - **MIMD**
- **Архитектуры параллельных систем**
  - **SMP**
    - **UMA (***Uniform Memory Access***)**
    - **COMA** (*Cache-Only Memory Access*)
    - **ccNUMA** (*Cache-Coherent Non-Uniform Memory Access*)
    - **NUMA** (*Non-Uniform Memory Access*);
  - **MPP**

# Оглавление:

Глава 2. Архитектуры многопроцессорных вычислительных систем.


- **Определение распределенной системы**
  - **Примеры**
- **Важные характеристики распределенных систем**
  - **Достоинства многопроцессорных систем с общей памятью (мультипроцессоров)**
  - **Недостатки распределенных систем**
- **Виды операционных систем (сетевые ОС, распределенные ОС, ОС мультипроцессоров)**
- **Принципы построения распределенных ОС**

# Классификация Флинна

По-видимому, самой ранней и наиболее известной является классификация архитектур вычислительных систем, предложенная в 1966 году Майклом Флинном. Классификация базируется на понятии *потока*, под которым понимается последовательность элементов, команд или данных, обрабатываемая процессором. На основе числа потоков команд и потоков данных Флинн выделяет четыре класса архитектур: SISD,MISD,SIMD,MIMD.

# Классификация Флинна

| | Один поток инст-рукций | Несколько пото-ков инструкций |
|---|---|---|
| Один поток дан-ных | SISD | MISD |
| Несколько пото-ков данных | SIMD | MIMD |

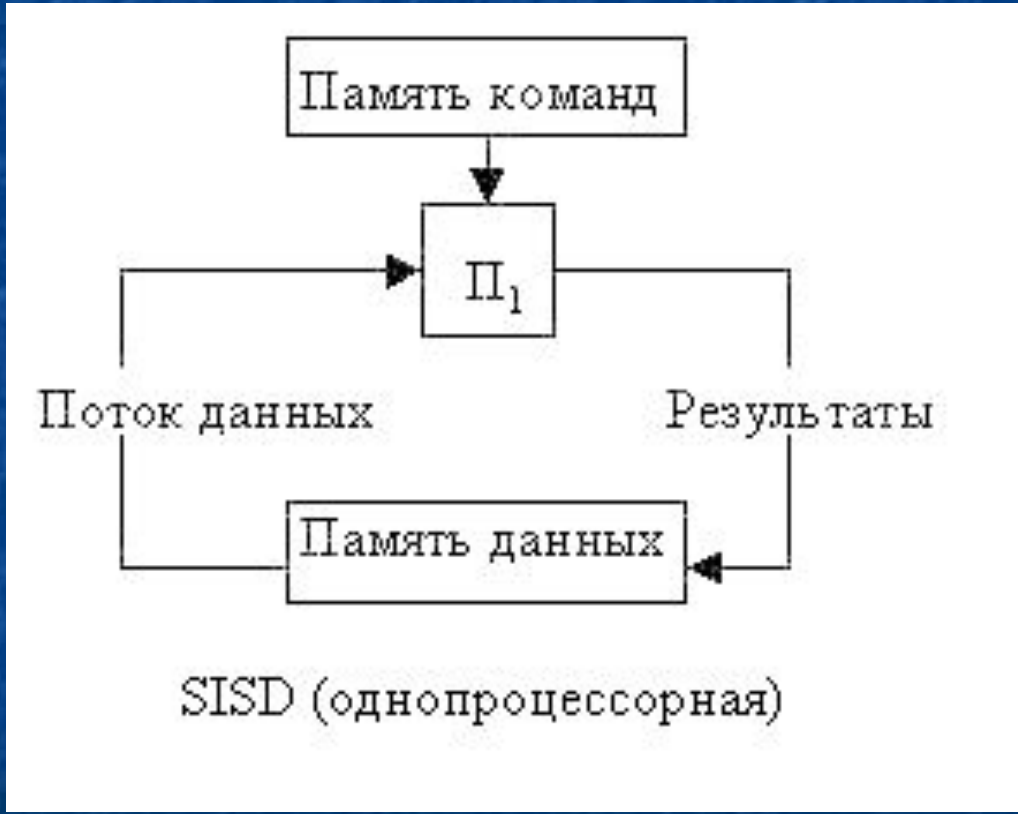
Таблица 1. Классификация Флинна

# SISD

**SISD (Single Instruction Single Data)**:

или **ОКОД** (*Одиночный поток Команд, Одиночный поток Данных*) - архитектура компьютера, в которой один процессор выполняет один поток команд, оперируя одним потоком данных. Относится к фон-Неймановской архитектуре. SISD компьютеры это обычные, «традиционные» последовательные компьютеры, в которых в каждый момент времени выполняется лишь одна операция над одним элементом данных (числовым или каким-либо другим значением). Большинство персональных ЭВМ до последнего времени, например, попадает именно в эту категорию.

# SISD

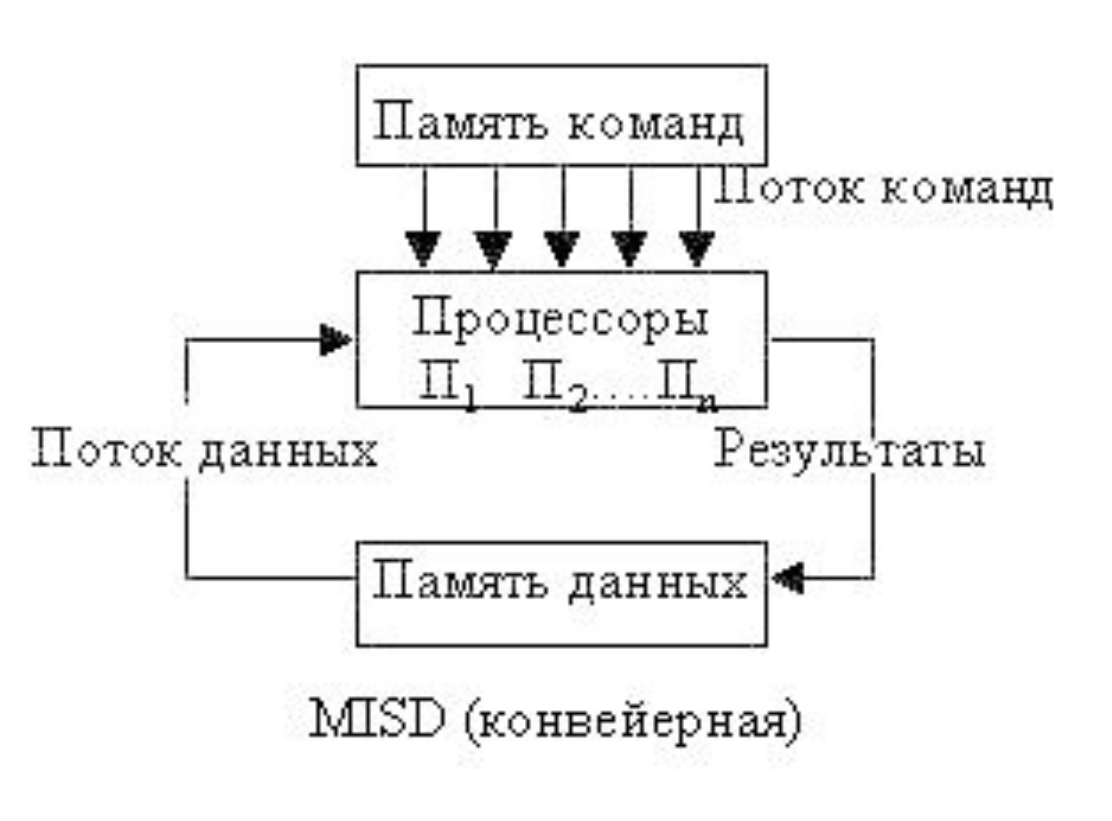

Память команд
П1
Поток данных
Результаты
Память данных
SISD (однопроцессорная)

# MISD

**MISD (Multiple Instruction Single Data)**:

**Множественный поток Команд, одиночный поток Данных,МКОД**) — тип архитектуры параллельных вычислений) — тип архитектуры параллельных вычислений, где несколько функциональных модулей выполняют различные операции над одними данными. К этому типу относят конвейерную архитектуру. Было создано немного ЭВМ с MISD-архитектурой, поскольку MIMD) — тип архитектуры параллельных вычислений, где несколько функциональных модулей выполняют различные операции над одними данными. К этому типу относят конвейерную

# MISD




Считается, что впервые конвейерные вычисления были использованы в проекте ILLIAC II

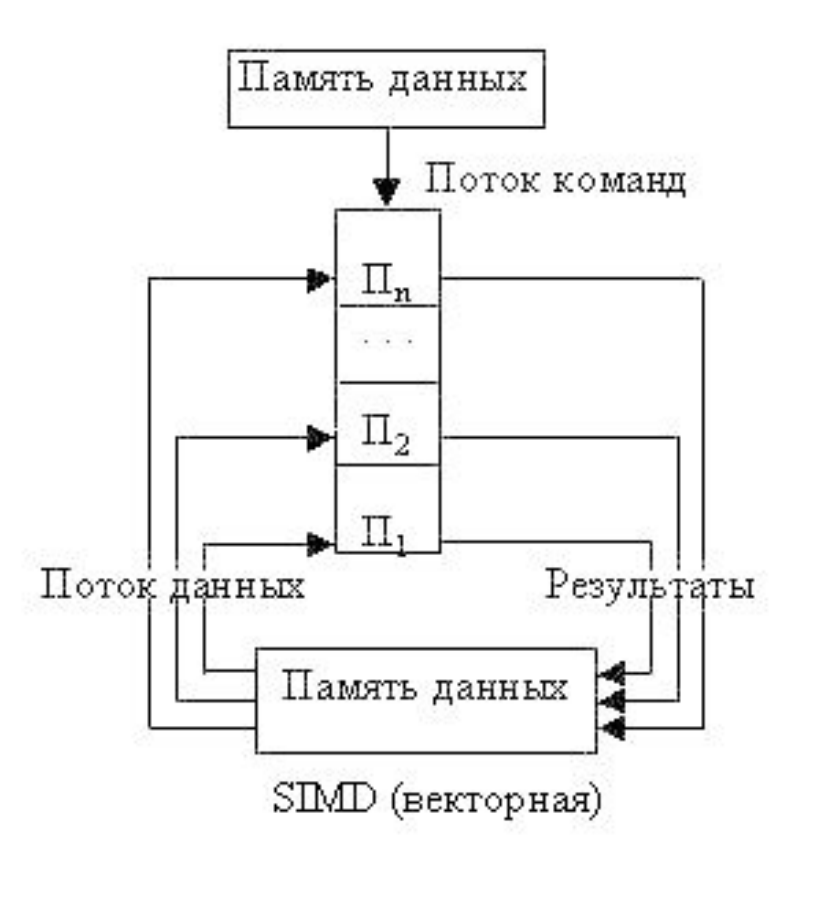
# SIMD

**SIMD (Single Instruction Multiple Data)**:

**Одиночный поток Команд, Множественный поток Данных**, **ОКМД**) — принцип компьютерных вычислений, позволяющий обеспечить параллелизм на уровне данных.

SIMD-компьютеры состоят из одного командного процессора (управляющего модуля), называемого контроллером, и нескольких модулей обработки данных, называемых процессорными элементами. Управляющий модуль принимает, анализирует и выполняет команды. Если в команде встречаются данные, контроллер рассылает на все процессорные элементы команду, и эта команда выполняется на нескольких или на всех процессорных элементах. В SIMD компьютере управление выполняется контроллером, а «арифметика» отдана процессорным элементам. SIMD-процессоры называются также векторными.

# SIMD

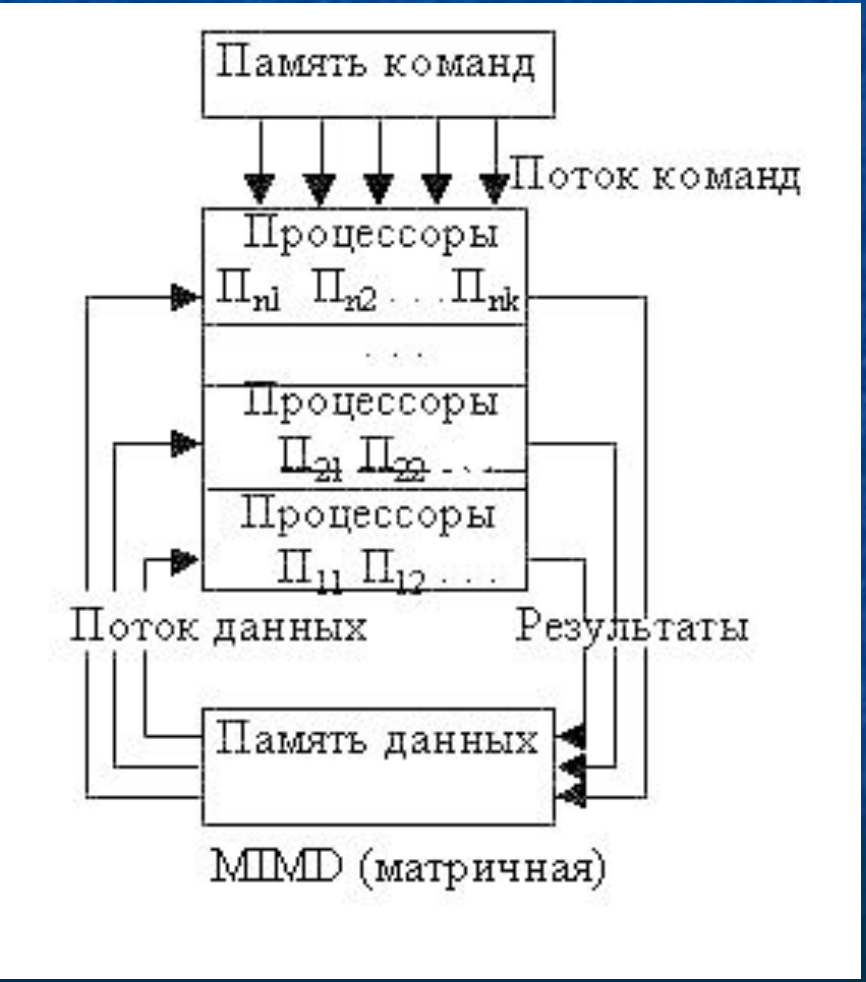

Память данных
Поток команд
$П_n$
. . .
$П_2$
$П_1$
Поток данных
Результаты
Память данных
SIMD (векторная)

# MIMD

**MIMD (Multiple Instruction Multiple Data)**: разные потоки инструкций оперируют различными данными. Это системы наиболее общего вида, поэтому их проще всего использовать для решения различных параллельных задач.

MIMD-системы, в свою очередь, принято разделять (классификация Джонсона) на *системы с общей памятью* (несколько вычислителей имеют общую память) и *системы с распределенной памятью* (каждый вычислитель имеет свою память; вычислители могут обмениваться данными). Кроме того, существуют *системы с неоднородным доступом к памяти (NUMA)* — в которых доступ к памяти других вычислителей существует, но он значительно медленнее, чем доступ к «своей» памяти.

# MIMD

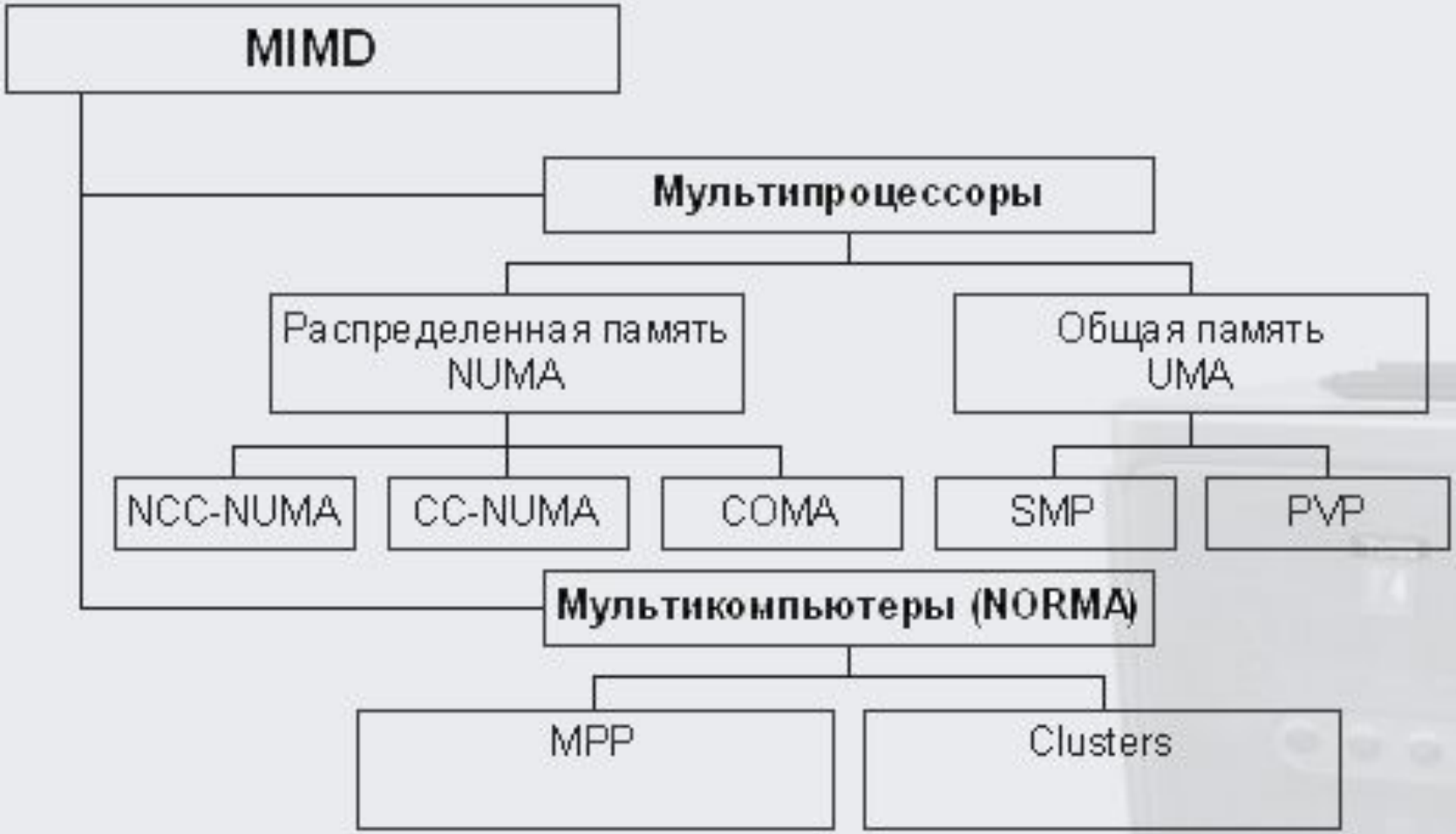



MIMD (матричная)

# MIMD

Следует отметить, что хотя систематика Флинна широко используется при конкретизации типов компьютерных систем, такая классификация приводит к тому, что практически все виды параллельных систем (несмотря на их существенную разнородность) относятся к одной группе MIMD. Как результат, многими исследователями предпринимались неоднократные попытки детализации систематики Флинна. Так, например, для класса MIMD предложена практически общепризнанная структурная схема, в которой дальнейшее разделение типов многопроцессорных систем основывается на используемых способах организации оперативной памяти в этих системах.

# MIMD




Данный поход позволяет различать два важных типа многопроцессорных систем – *multiprocessors* (***мультипроцессоры*** или системы с общей разделяемой памятью) и *multicomputers* (***мультикомпьютеры*** или системы с распределенной памятью).

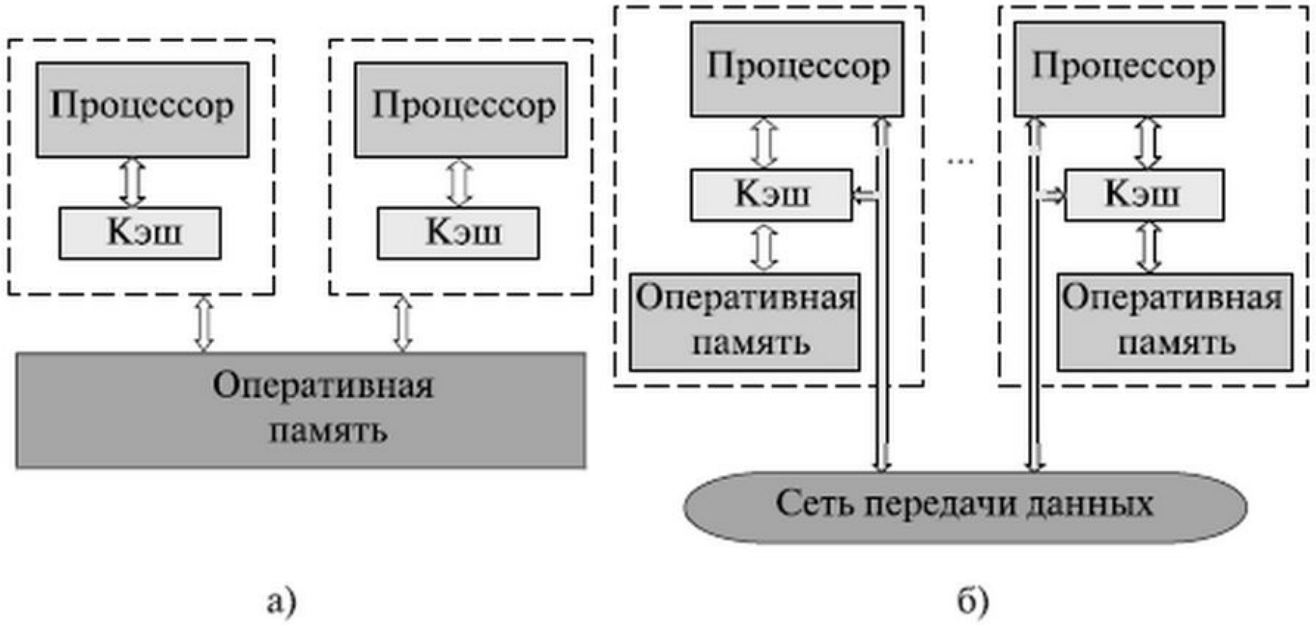
# SMP-архитектура

Схематический вид SMP-архитектуры

SMP (symmetric multiprocessing) –***симметричная многопроцессорная архитектура***. Главной особенностью систем с архитектурой SMP является наличие*общей физической памяти*, разделяемой всеми процессорами.

Наиболее известными SMP-системами являются SMP-серверы и рабочие станции на базе процессоров Intel (IBM, HP, Compaq, Dell, ALR, Unisys, DG, Fujitsu и др.) Вся система работает под управлением единой ОС (обычно UNIX-подобной, но для Intel-платформ поддерживается Windows NT). ОС автоматически (в процессе работы) распределяет процессы по процессорам, но иногда возможна и явная привязка.

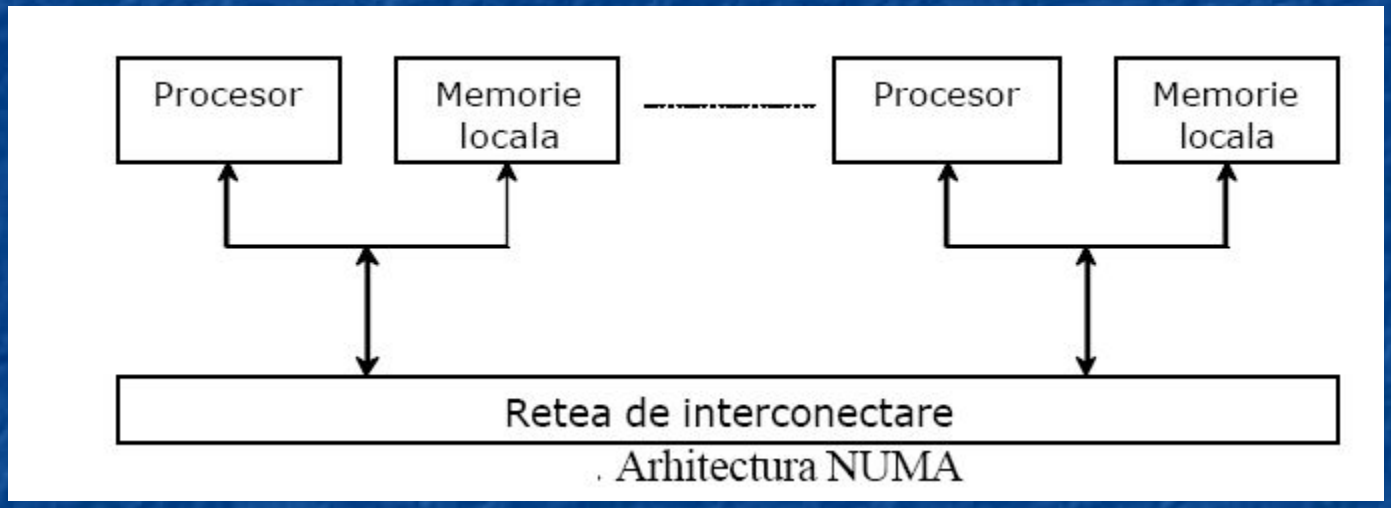
# SMP-архитектура UMA




Архитектура многопроцессорных систем с общей (разделяемой) памятью: системы с однородным (а) и неоднородным (б) доступом к памяти

а) UMA с локальной cach-памятью

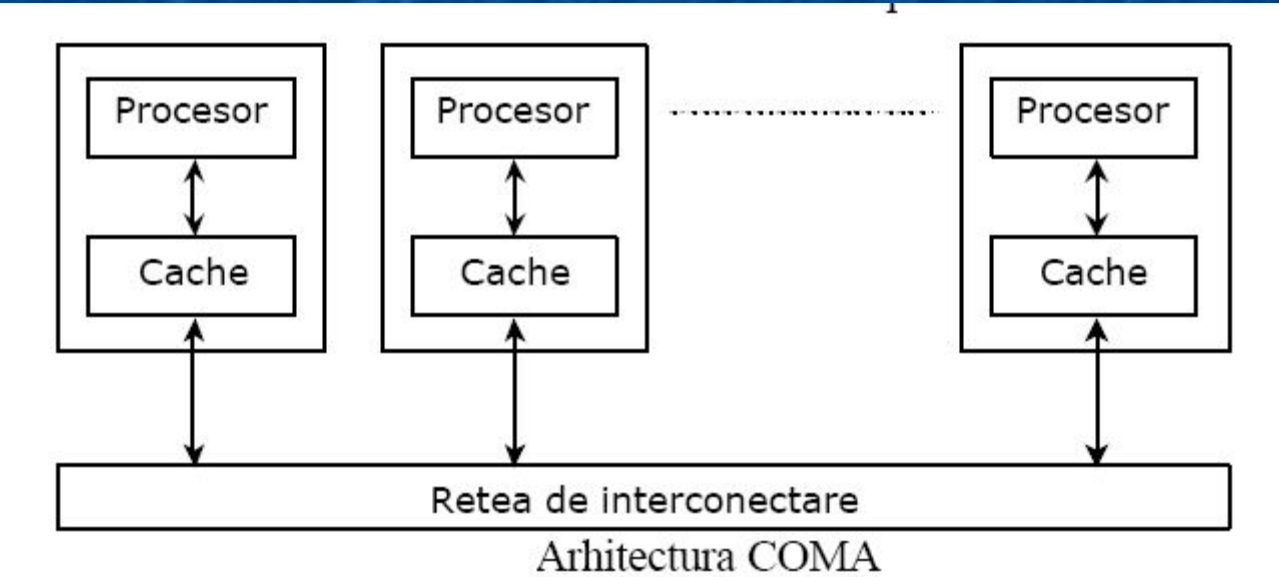
# NUMA



. Arhitectura NUMA

Общий доступ к данным обеспечен при физически распределенной памяти (при этом, длительность доступа уже не будет одинаковой для всех элементов памяти)

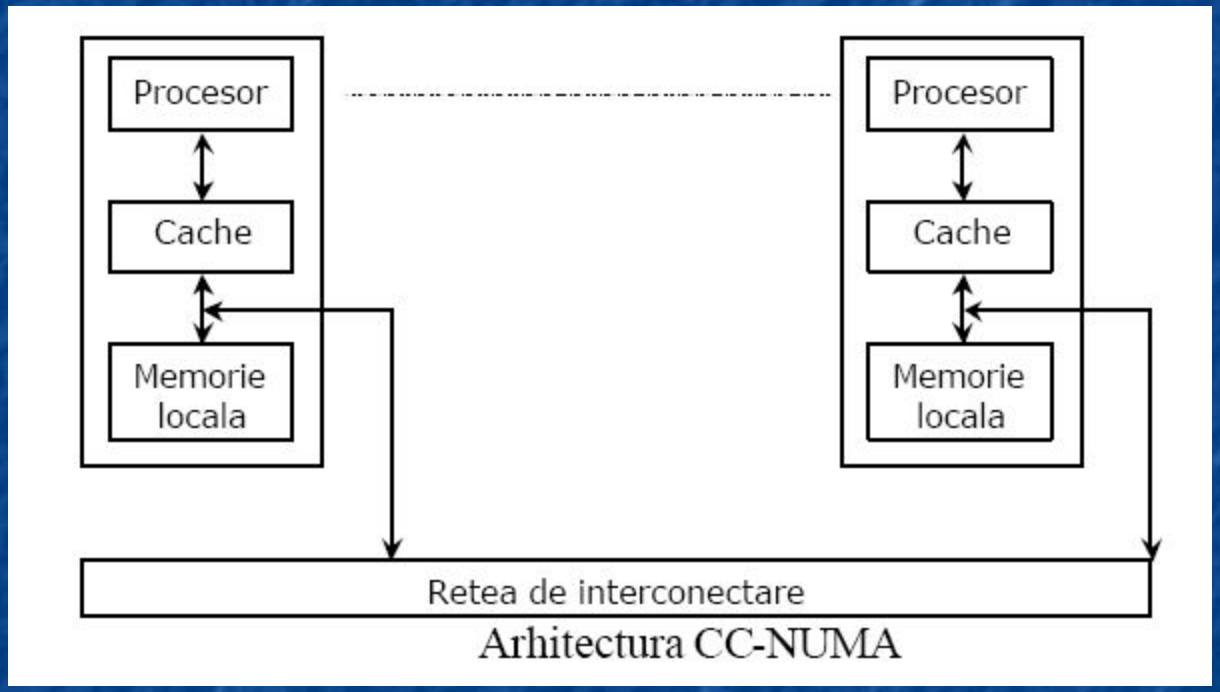
# COMA



Arhitectura COMA

системы, в которых для представления данных используется только локальная кэш-память имеющихся процессоров (*cache-only memory architecture* или *COMA*)

# CC-NUMA




системы, в которых обеспечивается *когерентность* локальных кэшей разных процессоров (**cache-coherent NUMA** или *CC-NUMA*)

# Определение распределенной системы

**Распределенная система** - совокупность независимых компьютеров, которая представляется пользователю единым компьютером (metacomputer), использование которого не намного сложнее, чем использование персональной ЭВМ.

# Определение распределенной системы

В этом определении оговариваются два момента. Первый относится к аппаратуре: все машины автономны. Второй касается программного обеспечения: пользователи думают, что имеют дело с единой системой. Важны оба момента.

# Определение распределенной системы

Распределённая ОС, динамически и автоматически распределяя задания по различным машинам системы для обработки, заставляет набор сетевых машин работать как виртуальный унипроцессор. Пользователь распределённой ОС, вообще говоря, не имеет сведений о том, на какой машине выполняется его программа (задание).

Распределённая ОС существует как единая операционная система в масштабах вычислительной системы. Каждый компьютер сети, работающей под управлением распределённой ОС, выполняет часть функций этой глобальной ОС. Распределённая ОС объединяет все компьютеры сети в том смысле, что они работают в тесной кооперации друг с другом для эффективного использования всех ресурсов компьютерной сети.

# Примеры

Пример 1. Рассмотрим сеть рабочих станций в университете или отделе компании. Вдобавок к персональной рабочей станции каждого из пользователей имеется пул процессоров машинного зала, не назначенных заранее ни одному из пользователей, но динамически выделяемых им при необходимости. Эта распределенная система может обладать:

единой файловой системой, в которой все файлы одинаково доступны со всех машин с использованием постоянного пути доступа

# Примеры

когда пользователь набирает команду, система может найти наилучшее место для выполнения запрашиваемого действия, возможно, на собственной рабочей станции пользователя, возможно, на простаивающей рабочей станции, принадлежащей кому-то другому, а может быть, и на одном из свободных процессоров машинного зала.

Если система в целом выглядит и ведет себя как классическая однопроцессорная система с разделением времени (т.е. многопользовательская), она считается распределенной системой.

# Примеры

Пример 2. Рассмотрим работу информационной системы, которая поддерживает автоматическую обработку заказов. Обычно подобные системы используются сотрудниками нескольких отделов, возможно в разных местах. Так, сотрудники отдела продаж могут быть разбросаны по обширному региону или даже по всей стране. Заказы передаются с переносных компьютеров, соединяемых с системой при помощи телефонной сети, а возможно, и при помощи сотовых телефонов. Приходящие заказы автоматически передаются в отдел планирования, превращаясь там во внутренние заказы на поставку, которые поступают в отдел доставки, и в заявки на оплату, поступающие в бухгалтерию.

# Примеры

Система автоматически пересылает эти документы имеющимся на месте сотрудникам, отвечающим за их обработку. Пользователи остаются в полном неведении о том, как заказы на самом деле курсируют внутри системы, для них все это представляется так, будто вся работа происходит в централизованной базе данных.

# Примеры

Другие примеры:

- сеть рабочих станций (выбор процессора для выполнения программы, единая файловая система)
- роботизированный завод (роботы связаны с разными компьютерами, но действуют как внешние устройства единого компьютера
- банк с множеством филиалов
- система резервирования авиабилетов

# важные характеристики распределенных систем

- от пользователей скрыты различия между компьютерами и способы связи между ними
- то же самое относится и к внешней организации распределенных систем
- пользователи и приложения единообразно работают в распределенных системах, независимо от того, где и когда происходит их взаимодействие.

# важные характеристики распределенных систем

Распределенные системы обычно существуют постоянно, однако некоторые их части могут временно выходить из строя. Пользователи и приложения не должны уведомляться о том, что эти части заменены или починены или что добавлены новые части для поддержки дополнительных пользователей или приложений.

# Достоинства многопроцессорных систем с общей памятью (мультипроцессоров)

1. Производительность
2. Надежность

# Недостатки (мультипроцессоров)

1. ПО (приложения, языки, ОС) сложнее, чем для однопроцессорных ЭВМ
2. Ограниченность при наращивании (физ. размеры - близость к памяти, когерентность КЭШей, 64 процессора - максимально достигнутое).

# Необходимость построения РОС

***Основная задача распределенных систем — облегчить пользователям доступ к удаленным ресурсам и обеспечить их совместное использование, регулируя этот процесс.*** Ресурсы могут быть виртуальными, однако традиционно они включают в себя принтеры, компьютеры, устройства хранения данных, файлы и данные. Web-страницы и сети также входят в этот список.

# Необходимость построения РОС

Например, гораздо дешевле разрешить совместную работу с принтером нескольких пользователей, чем покупать и обслуживать отдельный принтер для каждого пользователя. Точно так же имеет смысл совместно использовать дорогие ресурсы, такие как суперкомпьютеры или высокопроизводительные хранилища данных.

# Почему создаются распределенные системы? В чем их преимущества перед централизованными ЭВМ?

*наращиваемость высокой производительности*.

путем объединения микропроцессоров, которая недостижима в централизованном компьютере.

*естественная распределенность* (банк, поддержка совместной работы группы пользователей ).

*надежность* (выход из строя нескольких узлов незначительно снизит производительность).

# Почему создаются распределенные системы? В чем их преимущества перед централизованными ЭВМ?

В будущем главной причиной будет наличие огромного количества персональных компьютеров и необходимость совместной работы без ощущения неудобства от географического и физического распределения людей, данных и машин.

# Почему нужно объединять PC в сети?

*Существует два основных подхода к организации операционных систем для вычислительных комплексов, связанных в сеть, – это сетевые и распределенные операционные системы.*

# Недостатки распределенных систем

1. *Проблемы ПО* (приложения, языки , ОС).
2. *Проблемы коммуникационной сети* (потери информации, перегрузка, развитие и замена).
3. *Секретность.*

# Виды операционных систем (сетевые ОС, распределенные ОС, ОС мультипроцессоров)

*Сетевые ОС* - машины обладают высокой степенью автономности, общесистемных требований мало. Можно вести диалог с другой ЭВМ, вводить задания в ее очередь пакетных заданий, иметь доступ к удаленным файлам, хотя иерархия директорий может быть разной для разных клиентов. Пример - серверы файлов (многие WS могут не иметь дисков вообще).

*Распределенные ОС* - единый глобальный межпроцессный коммуникационный механизм, глобальная схема контроля доступа, одинаковое видение файловой системы. Вообще - иллюзия единой ЭВМ.

*ОС мультипроцессоров* - единая очередь процессов, ожидающих выполнения, одна файловая система.

# Виды операционных систем

| | Сетевая ОС | Распределенная ОС | ОС мультипроцессора |
|---|---|---|---|
| Компьютерная система выглядит как виртуальная однопроцессорная ЭВМ | НЕТ | ДА | ДА |
| Одна и та же ОС выполняется на всех процессорах | НЕТ | ДА | ДА |
| Сколько копий ОС имеется в памяти | N | N | 1 |
| Как осуществляются коммуникации | Разделяемые файлы | Сообщения | Разделяемая память |
| Требуется ли согласованный сетевой протокол | ДА | ДА | НЕТ |
| Имеется ли единая очередь выполняющихся процессов | НЕТ | НЕТ | ДА |
| Имеется хорошо определенная семантика разделения файлов | Обычно НЕТ | ДА | ДА |

# Принципы построения распределенных ОС

| | |
|---|---|
| Прозрачность расположения | Пользователь не должен знать, где расположены ресурсы |
| Прозрачность миграции | Ресурсы могут перемещаться без изменения их имен |
| Прозрачность размножения | Пользователь не должен знать, сколько копий существует |
| Прозрачность конкуренции | Множество пользователей разделяет ресурсы автоматически |
| Прозрачность параллелизма | Работа может выполняться параллельно без участия пользователя |

# Принципы построения распределенных ОС

Централизованные (плохие) решения

Децентрализованные алгоритмы со следующими чертами (хорошие) решения :

- ни одна машина не имеет полной информации о состоянии системы;
- машины принимают решения на основе только локальной информации;
- выход из строя одной машины не должен приводить к отказу алгоритма;
- не должно быть неявного предположения о существовании глобальных часов.