

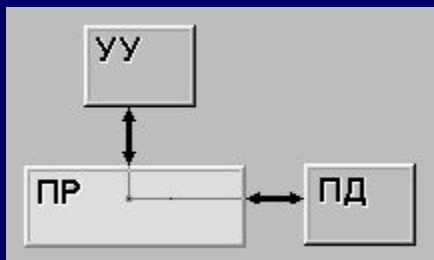
Архитектура параллельных вычислительных систем

Лекция 2

1. Классификация Флинна (1966)

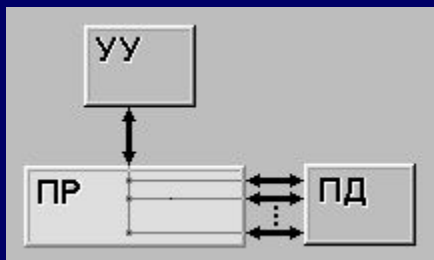
- Поток инструкций (команд)
- Поток данных
- **ОКОД (SISD** — Single Instruction, Single Data stream) — компьютер с единственным ЦП
- **ОКМД (SIMD** — Single Instruction, Multiple Data stream) — матричная обработка данных
- **МКОД (MISD** — Multiple Instruction, Single Data stream) — ?
- **МКМД (MIMD** — Multiple Instruction, Multiple Data stream) — множество процессоров одновременно выполняют различные последовательности команд над своими данными

1.1 ОКОД (SISD)



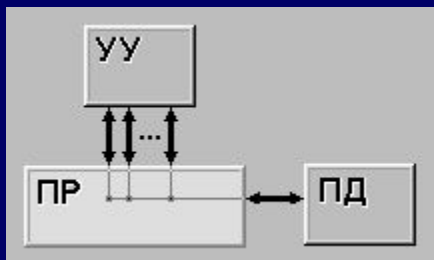
К этому классу относятся, прежде всего, классические последовательные машины, или иначе, машины фон-неймановского типа. В таких машинах есть только один поток команд, все команды обрабатываются последовательно друг за другом и каждая команда инициирует одну операцию с одним потоком данных. Не имеет значения тот факт, что для увеличения скорости обработки команд и скорости выполнения арифметических операций может применяться конвейерная обработка.

1.2 ОКМД (SIMD)



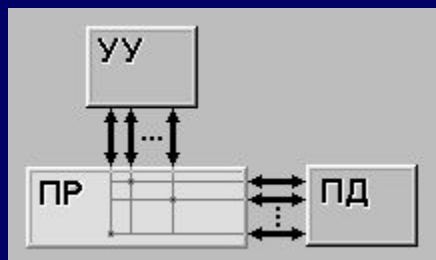
В архитектурах подобного рода сохраняется один поток команд, включающий, в отличие от предыдущего класса, векторные команды. Это позволяет выполнять одну арифметическую операцию сразу над многими данными - элементами вектора.

1.3 МКОД (MISD)



Определение подразумевает наличие в архитектуре многих процессоров, обрабатывающих один и тот же поток данных. Однако ни Флинн, ни другие специалисты в области архитектуры компьютеров до сих пор не смогли представить убедительный пример реально существующей вычислительной системы, построенной на данном принципе. Будем считать, что пока данный класс пуст.

1.4 МКМД (MIMD)



Этот класс предполагает, что в вычислительной системе есть несколько устройств обработки команд, объединенных в единый комплекс и работающих каждое со своим потоком команд и данных.

2.1 Классификация MIMD-систем

MIMD

Системы с общей оперативной памятью

UMA — система с однородным доступом в память
(Uniform Memory Access)

NUMA — системы с неоднородным доступом в память
(Non-Uniform Memory Access)

SMP — симметричная мультипроцессорная система
(symmetric multiprocessor)

Системы с распределённой оперативной памятью

MPP — (Massively Parallel Processors)
— процессоры с массовым параллелизмом

COW — (Cluster Of Workstations — кластер рабочих станций)

Иерархия MIMD-систем

Системы делятся по принципу организации работы с ОЗУ

В системе с общей оперативной памятью имеется ОЗУ, и любой процессорный элемент имеет доступ к любой точке общего ОЗУ, то есть любой адрес может быть исполнительным для любого процессора

Виды систем с общей оперативной памятью

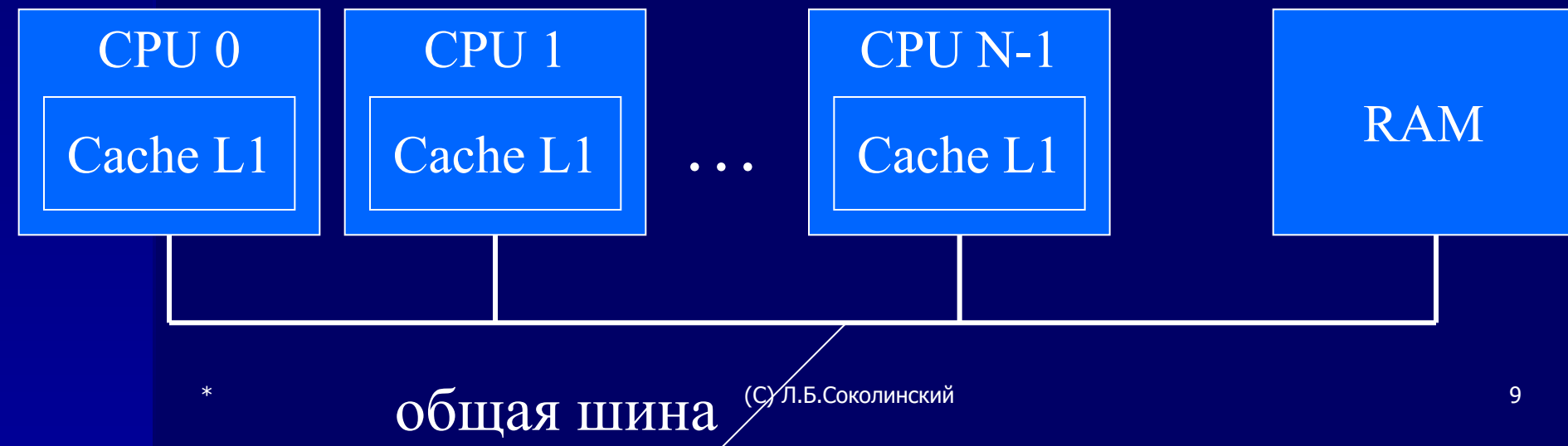
- UMA — Uniform Memory Access
 - SMP — Symmetrical MultiProcessing
- NUMA — Non-Uniform Memory Access

UMA и SMP системы

UMA: характеристики доступа любого процессорного элемента в любую точку ОЗУ не зависят от конкретного элемента и адреса (Все процессоры равноценны относительно доступа к памяти).

SMP-системы являются подвидом UMA-систем.

Схема SMP-системы



*

общая шина (С) Л.Б.Соколинский

SMP-системы

Преимущества SMP

- Простота реализации

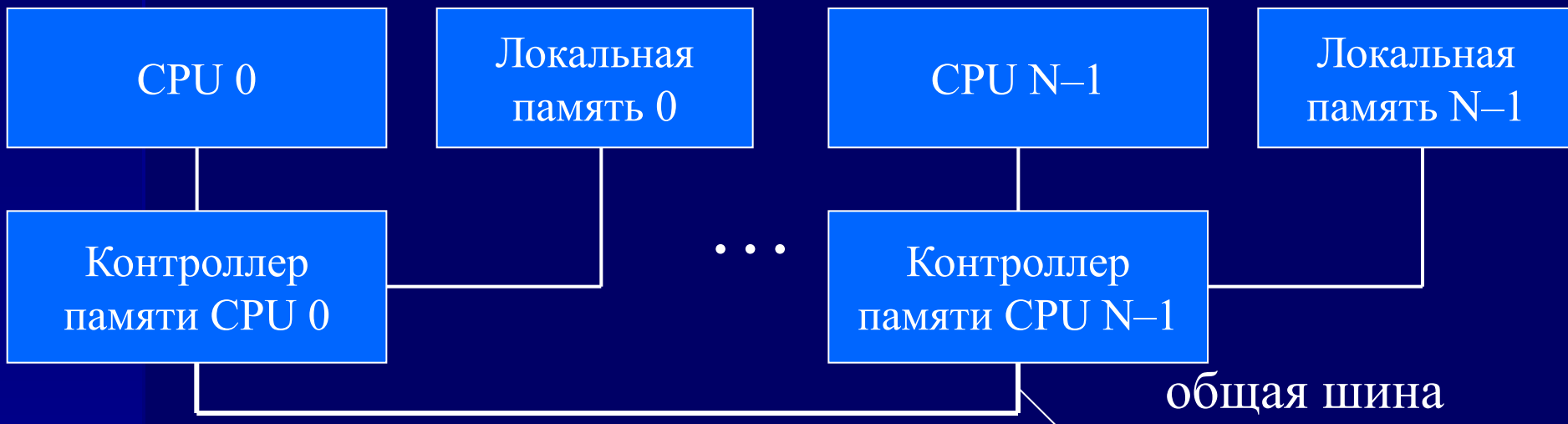
Недостатки SMP

- Задержки при доступе к памяти
- Система с явной централизацией — общая шина является «узким местом»
- Проблема синхронизации кэша (решением является кэш-память с отслеживанием)
- Ограничение на количество процессорных элементов (как следствие централизации)

NUMA-системы

NUMA: Процессорные элементы работают на общем адресном пространстве, но характеристики доступа процессора к ОЗУ зависят от того, куда он обращается.

Схема NUMA-системы



При обращении не к своей памяти контроллер выбрасывает запрос на общую шину, целевой контроллер его принимает и возвращает результат

NUMA-системы

В NUMA-системах остаётся проблема синхронизации кэша. Существует несколько способов её решения:

- использовать процессоры без кэша (использовать только Cache L2)
- использовать **ccNUMA** (NUMA-системы с когерентными кэшами)

ccNUMA сложнее, но позволяет строить системы из сотен процессорных элементов.

NUMA-системы

Преимущества NUMA

- Степень параллелизма выше, чем в SMP

Недостатки NUMA

- Централизация (ограничение ресурсом шины)
- Использование когерентных кэшей загружает шину служебной информацией

Недостатки ccNUMA

- Загрузка общей шины служебной информацией

Иерархия MIMD-систем

Системы с распределённой оперативной памятью представляются как объединение компьютерных узлов, каждый из которых состоит из процессора и ОЗУ, непосредственный доступ к которой имеет только «свой» процессорный элемент. Класс наиболее перспективных систем.

Виды систем с распределённой оперативной памятью

- MPP — Massively Parallel Processors
- COW — Cluster Of Workstations

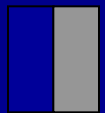
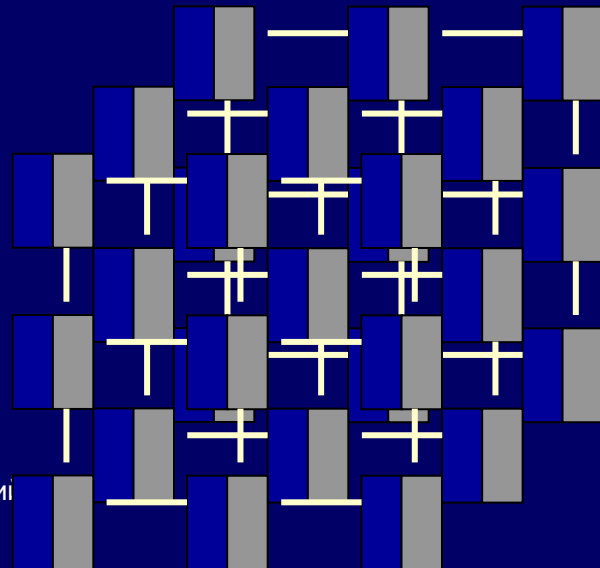
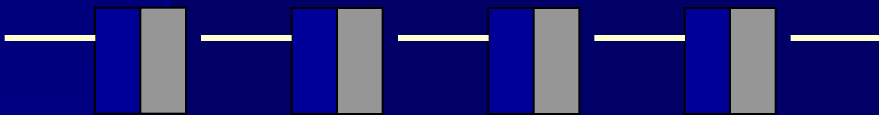
MPP-системы

MPP — Специализированные дорогостоящие ВС. Эти компьютеры могут выстраиваться, процессорные элементы могут объединяться в различные топологии: макроконвейер, n-мерный гиперкуб и др.

Примеры топологий MPP-систем

Макроконвейер:

3-мерный гиперкуб:



Процессорный элемент с локальной памятью



* Межэлементные коммуникации, определяющие топологию

(С) Л.Б.Соколинский

МРР-системы

Преимущества МРР

- Высокая эффективность при решении определённого класса задач

Недостатки МРР

- Высокая стоимость
- Узкая специализация

COW-системы

Кластеры имеют две ориентации на использование:

- Кластер как вычислительный узел (высокопроизводительная система)
- Кластеры, которые обеспечивают надёжность (сохранение работоспособности при возможном снижении производительности)

Для сопряжения вычислительных узлов в кластере используются специализированные сети.

Исторически кластеры представлялись в виде объединения системных блоков. Современные кластеры — специализированные системы, которые имеют в своём составе сотни и тысячи вычислительных узлов.

COW-системы

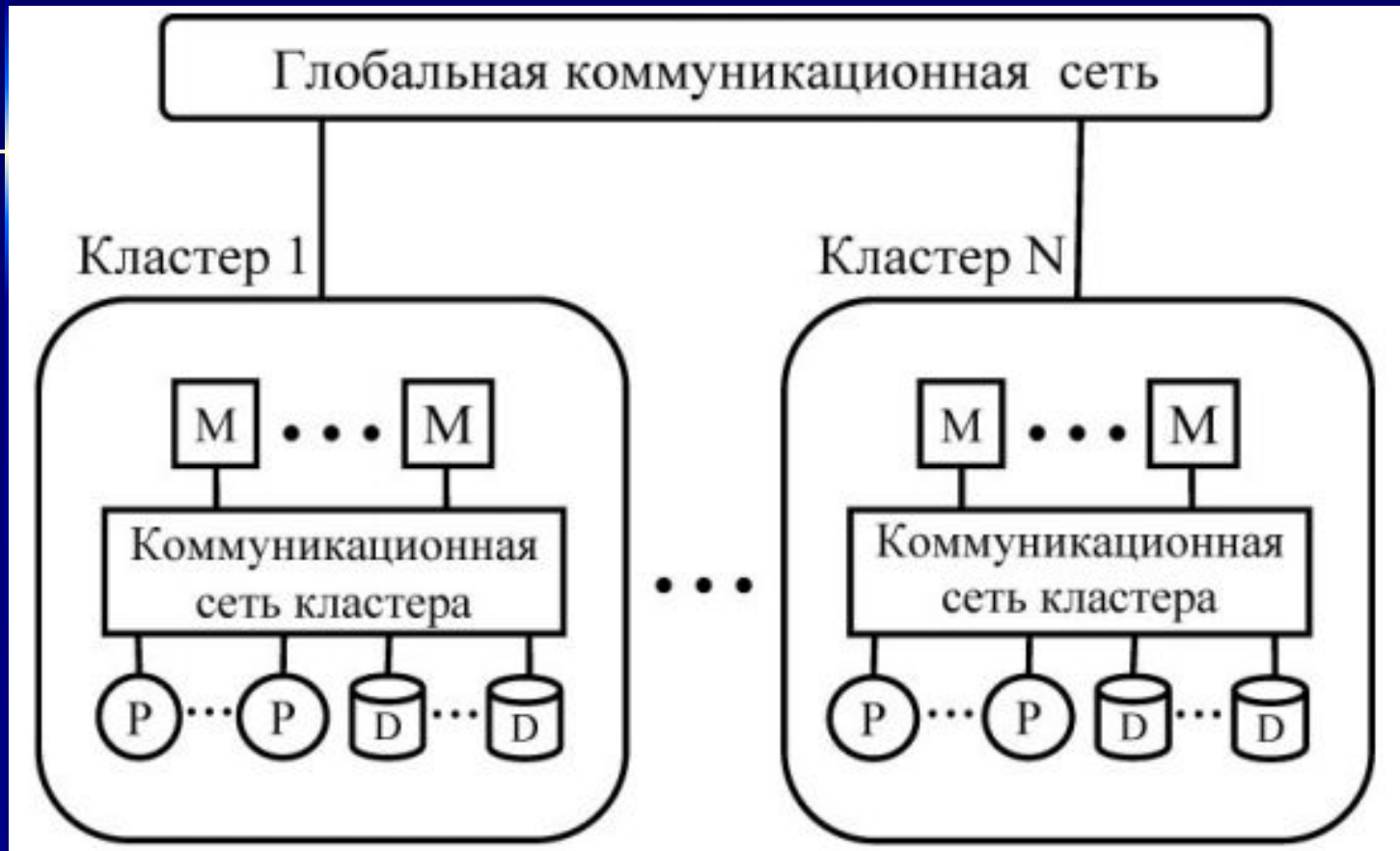
Преимущества COW

- Высокая эффективность при решении широкого круга задач

Проблемы COW

- Тепловыделение
- Топология

Гибридные архитектуры



Двухуровневая иерархическая архитектура

*