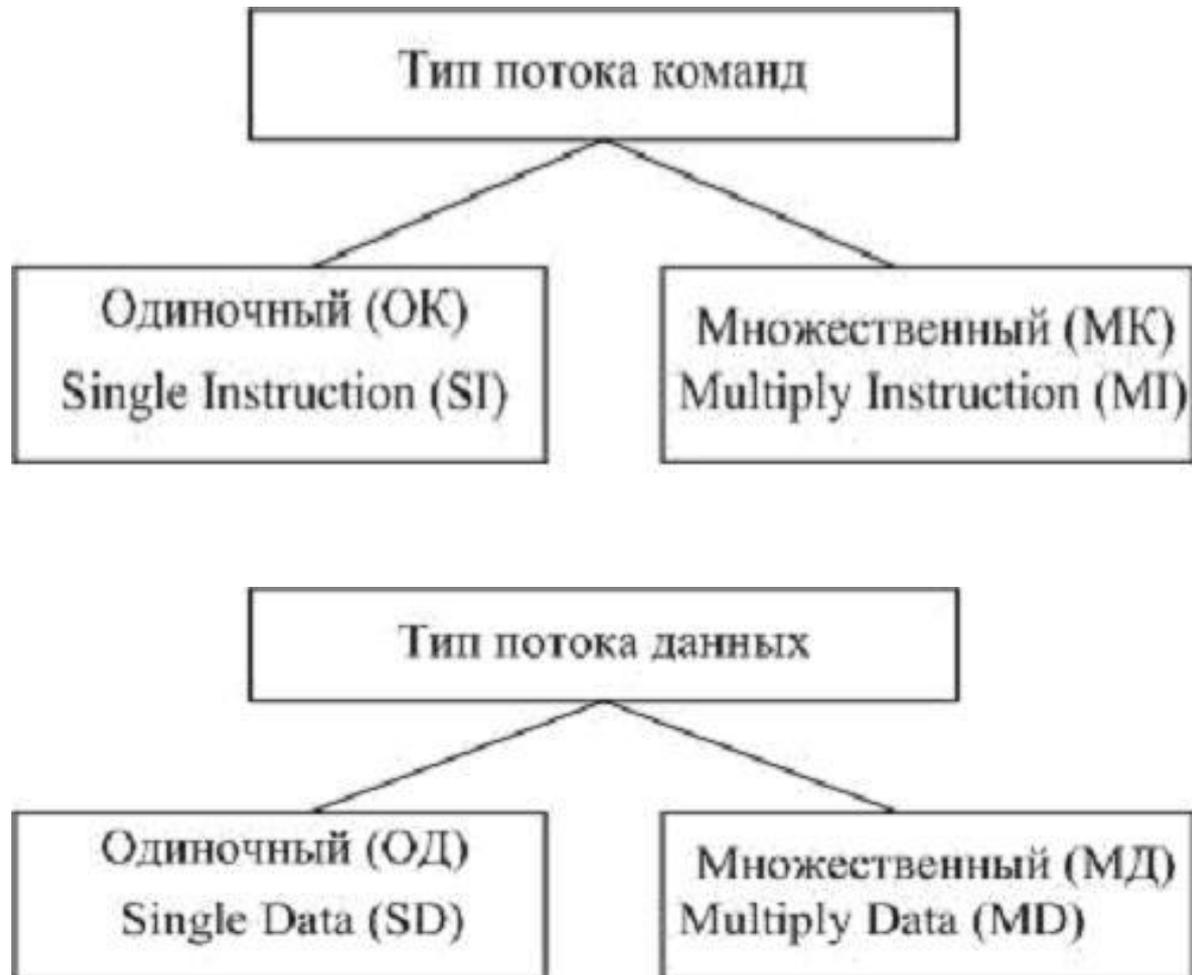


Архитектура параллельных вычислительных систем

Классификация Флина



Классификация Флина

Все вычислительные системы делятся на четыре типа:

- SISD (ОКОД);
- MISD (МКОД);
- SIMD (ОКМД);
- MIMD (МКМД).

Классификация по типу строения оперативной памяти

- системы с общей (разделяемой) памятью
- системы с распределенной памятью
- системы с физически распределенной, а логически общедоступной памятью (гибридные системы).

Классификация по типу коммуникационной среды

По количеству уровней иерархии коммуникационной среды различают:

- системы с одноуровневой коммутационной сетью (один уровень коммутации);
- системы с иерархической коммутационной сетью (когда группы процессоров объединены с помощью одной системы коммутации, а внутри каждой группы используется другая).

Классификация по степени однородности

По степени однородности:

- однородные (гомогенные);
- неоднородные (гетерогенные)
вычислительные системы.

Обычно при этом имеется в виду тип используемых процессоров.

Векторно-конвейерные вычислительные системы

Относятся к классу SIMD-систем.

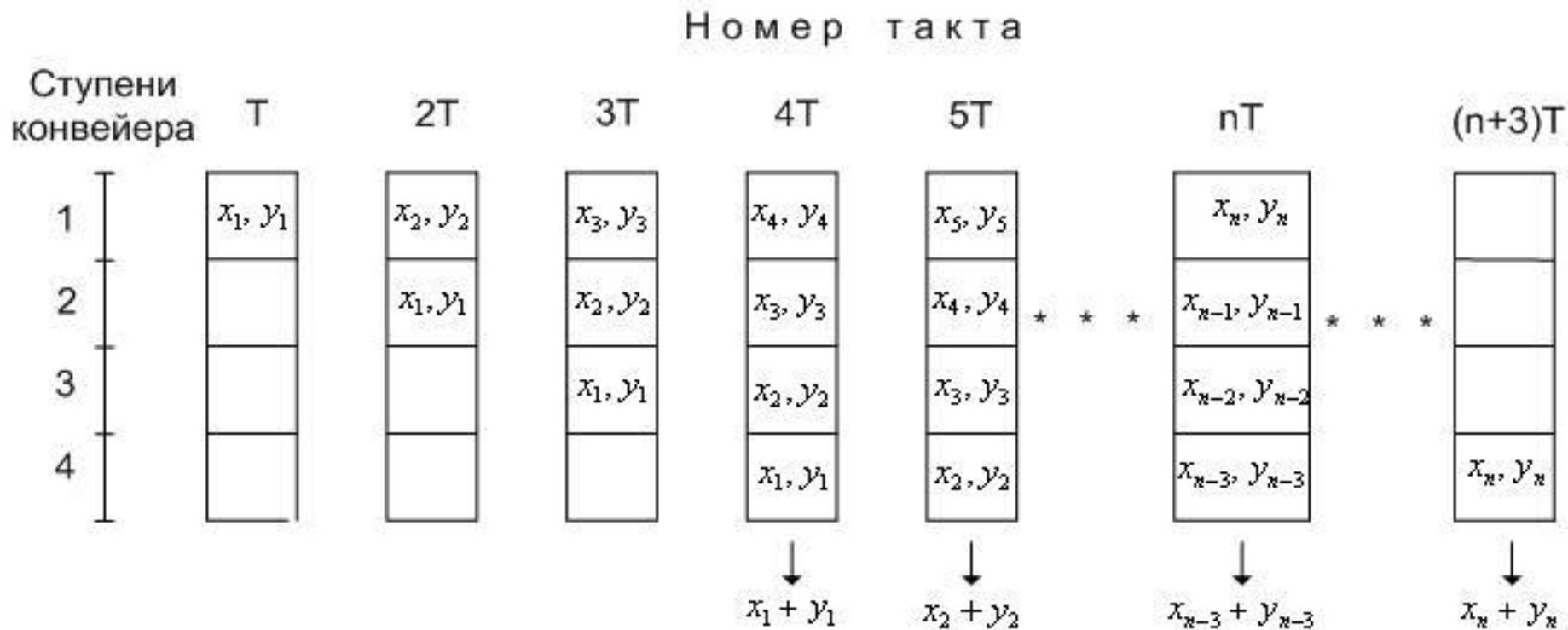
Основные принципы:

- конвейерная организация обработки потока команд;
- введение в систему команд набора векторных операций, которые позволяют оперировать с целыми массивами данных.

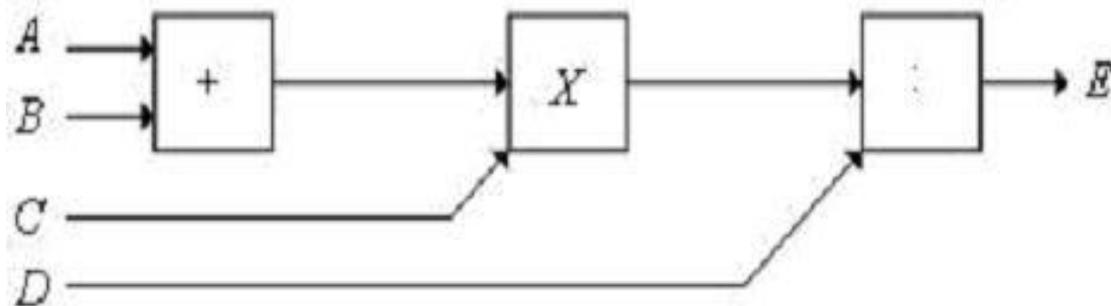
Иерархическая структура векторно-конвейерных вычислительных систем

- на нижнем уровне иерархии расположены конвейеры операций (например, конвейер (pipeline) сложения вещественных чисел, конвейер умножения таких же чисел и т. п.);
- некоторая совокупность конвейеров операций объединяется в конвейерное функциональное устройство;
- векторно-конвейерный процессор содержит ряд конвейерных функциональных устройств;
- несколько векторно-конвейерных процессоров (2-16), объединенных общей памятью, образуют вычислительный узел;
- несколько таких узлов объединяются с помощью коммутаторов, образуя либо NUMA-систему либо MPP-

Временная диаграмма сложения $(n \times 1)$ -векторов вещественных чисел, на 4-х ступенчатом конвейере операции сложения



Зацепление конвейеров



$\boxed{+}$ - конвейер операции сложения

\boxed{X} - конвейер операции умножения

$\boxed{:}$ - конвейер операции деления

Основные компоненты векторно-параллельного процессора

- совокупность скалярных процессоров (P);
- совокупность модулей оперативной памяти (M);
- коммуникационная среда;
- устройство общего управления.

Группы векторно-параллельных процессоров

- процессоры с одинаковым числом скалярных процессоров и модулей памяти;
- векторные процессоры с различным количеством скалярных процессоров и модулей памяти.

Структура векторно-параллельного процессора с одинаковым числом скалярных процессоров и модулей памяти



Структура векторно-параллельного процессора с различным количеством скалярных процессоров и модулей памяти



Структура мультимикропроцессорной и мультимикрокомпьютерной систем



а)



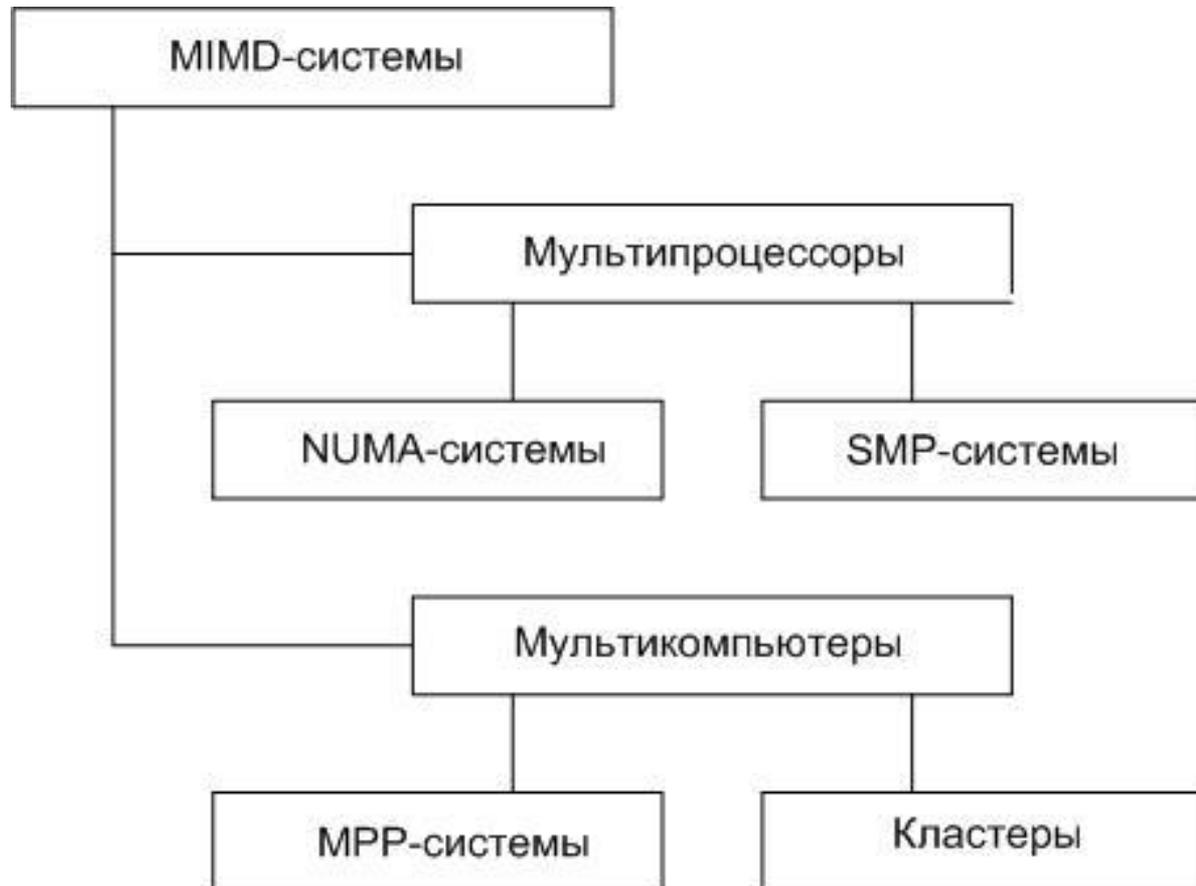
б)

а) - структура мультимикропроцессора; б) – структура мультимикрокомпьютера

Мультипроцессоры

- В мультипроцессорах адресное пространство всех процессоров является единым
 - не нужно физически перемещать данные между коммутирующими программами, что исключает затраты времени на межпроцессорный обмен
 - так как одновременное обращение нескольких процессоров к общим данным может привести к получению неверных результатов, необходимы системы синхронизации параллельных процессов и

Классификация мультипроцессоров и мультикомпьютеров



Мультикомпьютеры

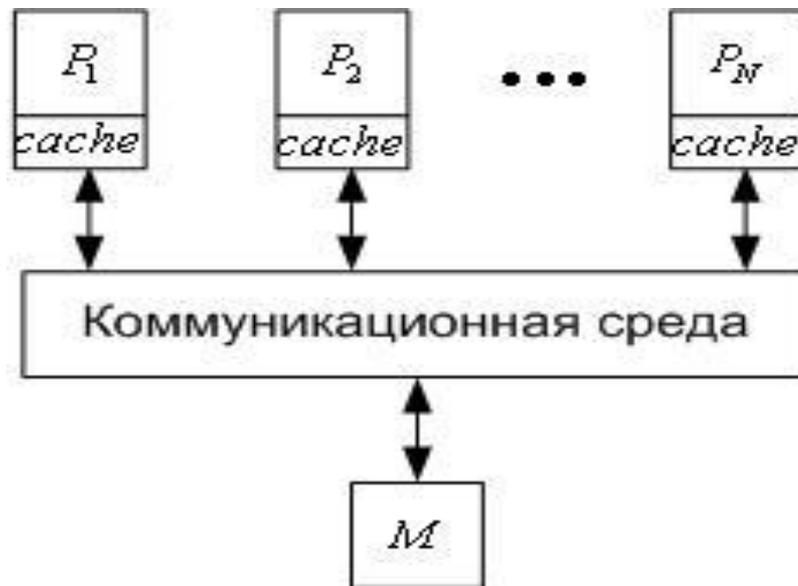
- Мультикомпьютеры не имеют общей памяти. Поэтому межпроцессорный обмен в таких системах осуществляется обычно через коммуникационную сеть с помощью передачи сообщений.
- Каждый процессор в мультикомпьютере имеет независимое адресное пространство.

Кластерные системы (вычислительные кластеры)

Вычислительный кластер состоит из совокупности персональных компьютеров или рабочих станций), объединенных локальной сетью в качестве коммуникационной среды.

SMP-системы

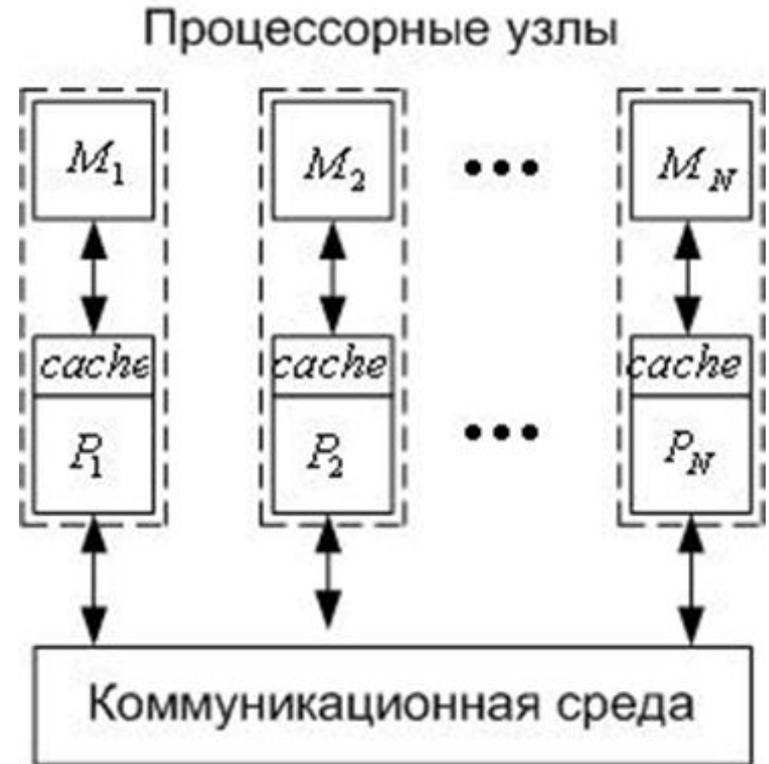
Все процессоры SMP-системы имеют симметричный доступ к памяти, т.е. память SMP-системы представляет собой UMA-память



Общая структура SMP-системы

MPP-системы

MPP-системы строятся из процессорных узлов, содержащих процессор, локальный блок оперативной памяти, коммуникационный процессор или сетевой адаптер, иногда - жесткие диски и/или другие устройства ввода/вывода



Общая структура MPP-системы

NUMA-системы

NUMA-система обычно строится на основе однородных процессорных узлов, состоящих из небольшого числа процессоров и блока памяти, объединенных с помощью некоторой высокоскоростной коммуникационной среды



Общая структура NUMA-системы

Типы NUMA-систем

- СОМА-системы, в которых в качестве оперативной памяти используется только локальная кэш-память процессоров (cache-only memory architecture - СОМА);
- СС-NUMA-системы, в которых аппаратно обеспечивается когерентность локальной кэш-памяти разных процессоров (cache-coherent NUMA - СС-NUMA);
- НСС-NUMA-системы, в которых аппаратно не поддерживается когерентность локальной КЭШ памяти разных процессоров (non-cache coherent NUMA - НСС-NUMA).

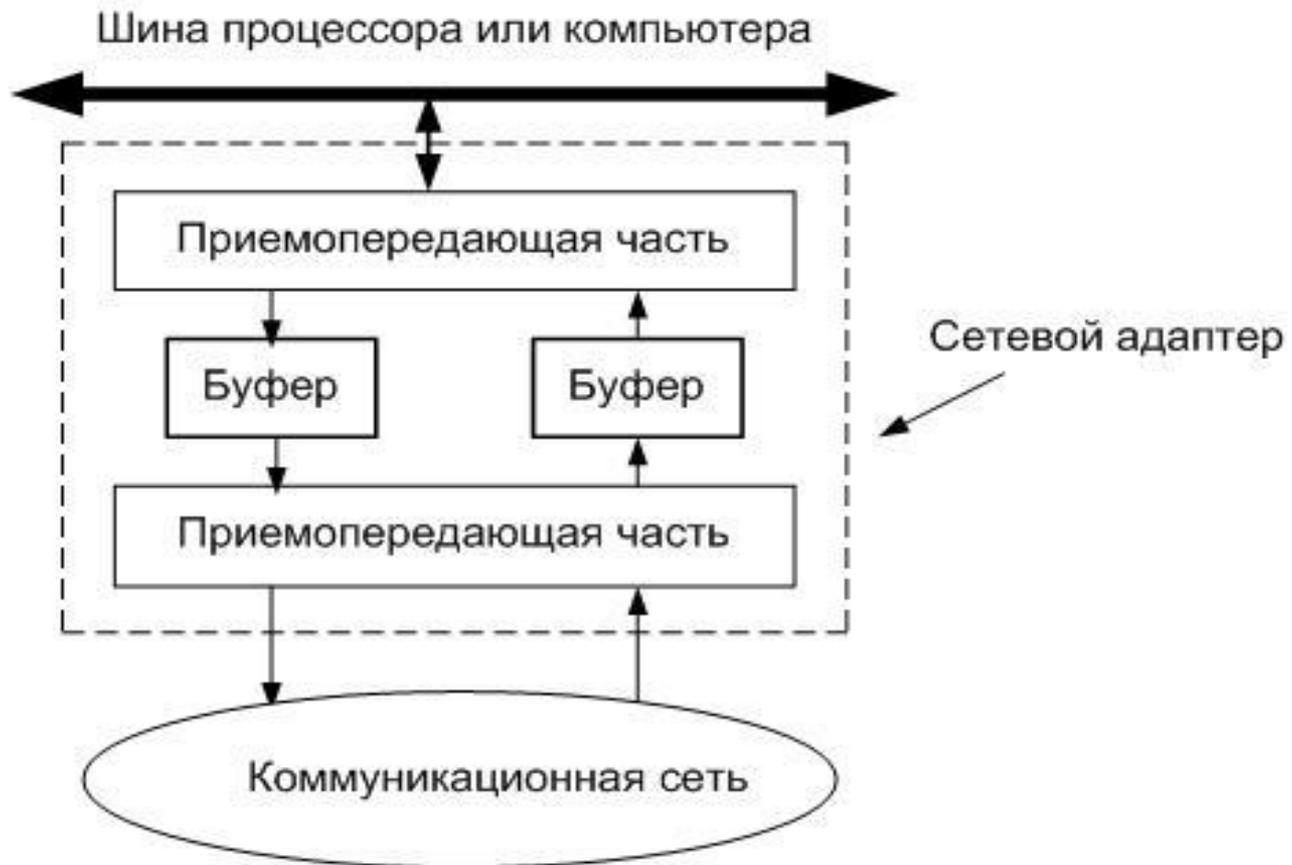
Характеристики параллельных вычислительных систем

- Производительность (performance) – количество операций, выполняемых на данной вычислительной системе в единицу времени
- Быстродействие (speed) – величина, обратная среднему времени выполнения одной операции
- Масштабируемость вычислительной системы (scalability) - способность вычислительной системы к наращиванию и сокращению ресурсов (прежде всего, производительности и оперативной памяти)
- Реконфигурируемость вычислительной системы (programmability) – варьирование числа узлов и графа их связей
- Надежность и живучесть вычислительной системы (reliability and robustness).

Структура коммуникационной среды



Структура сетевого адаптера



Коммуникационные сети

Коммуникационные сети подразделяются на широкомасштабные коммуникационные сети (Wide Area Networks) – WAN-сети и локальные коммуникационные сети (Local Area Networks) – LAN-сети

- *Адресация в сетях*
- *Сетевые протоколы*

Модель OSI



Сетевые коммутаторы



Схема использования сетевого концентратора

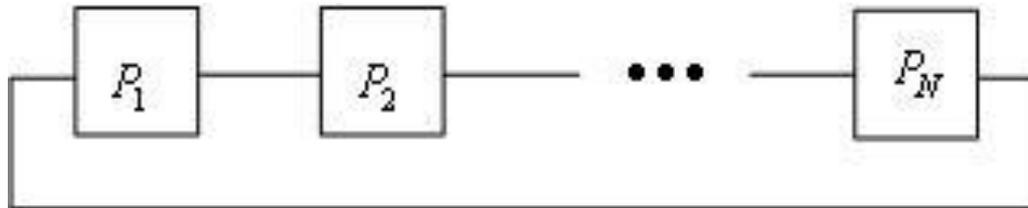
Топологии коммуникационных сетей



Некоммутируемая коммуникационная сеть с топологией сети типа «шина» (bus)

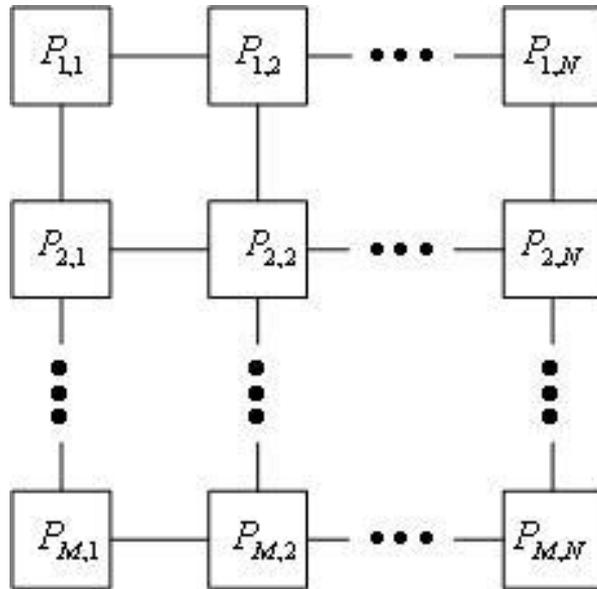


Некоммутируемая коммуникационная сеть с топологией сети типа «линейка» (linear array, farm)

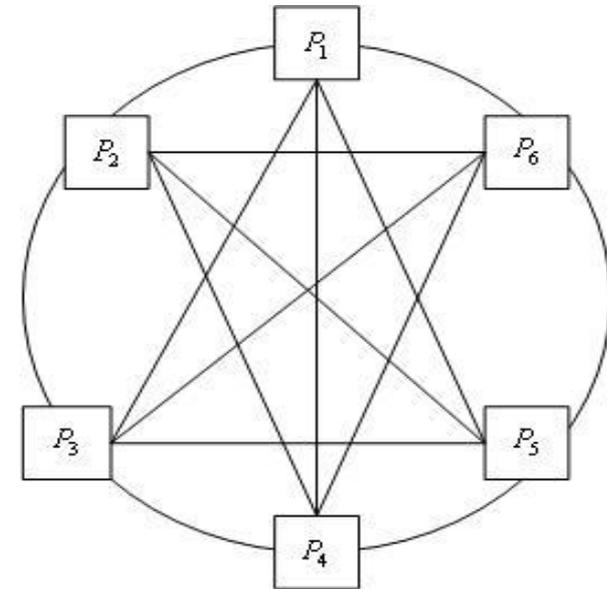


Некоммутируемая коммуникационная сеть с топологией сети типа «кольцо» (ring)

Топологии коммуникационных сетей

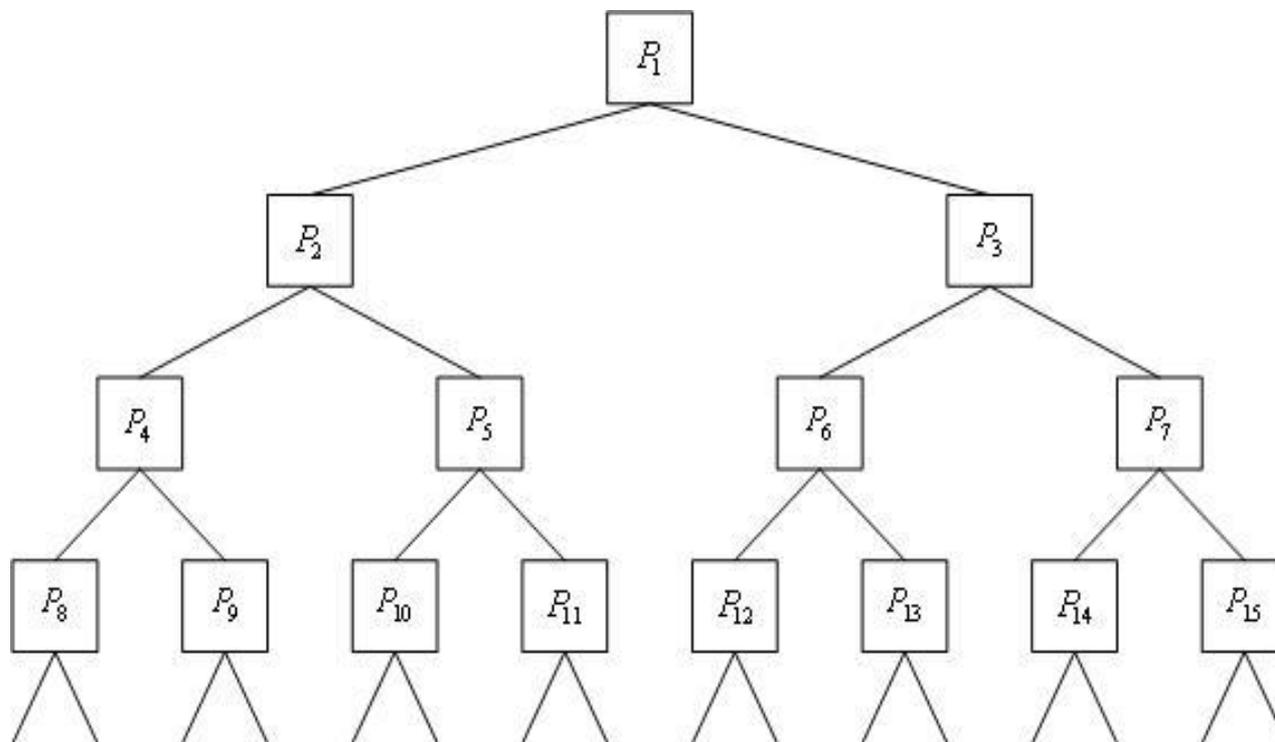


Некоммутируемая коммуникационная сеть с топологией сети типа «двумерная решетка» (mesh)



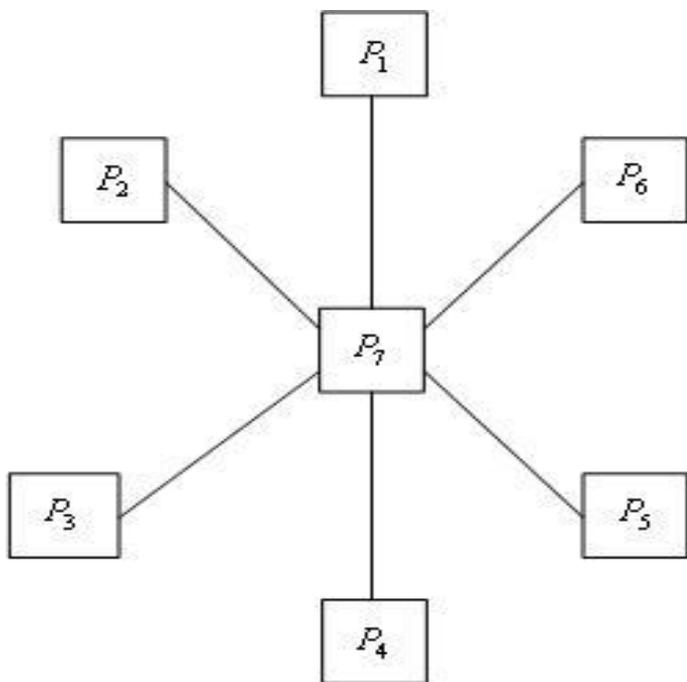
Пример некоммутируемой полностью связной коммуникационной сети – «клика» (full connect).

Топологии коммуникационных сетей

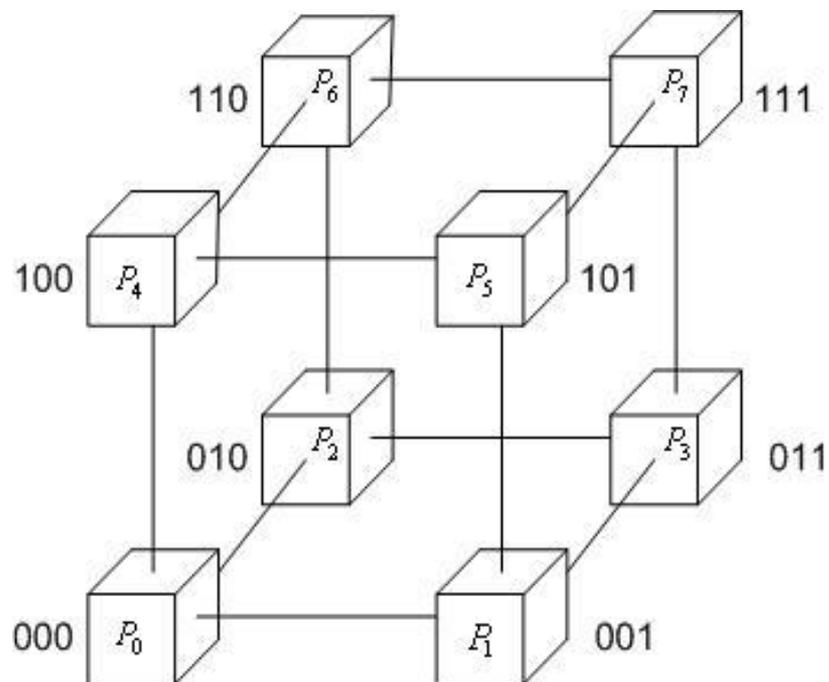


Некоммутируемая коммуникационная сеть с топологией сети типа «бинарное дерево» (tree)

Топологии коммуникационных сетей



Пример некоммутируемой коммуникационной сети с топологией сети типа «звезда» (star).



Пример (трехмерный гиперкуб) некоммутируемых коммуникационных сетей с топологией сети типа «гиперкуб» (hypercube)