

Параллельные алгоритмы

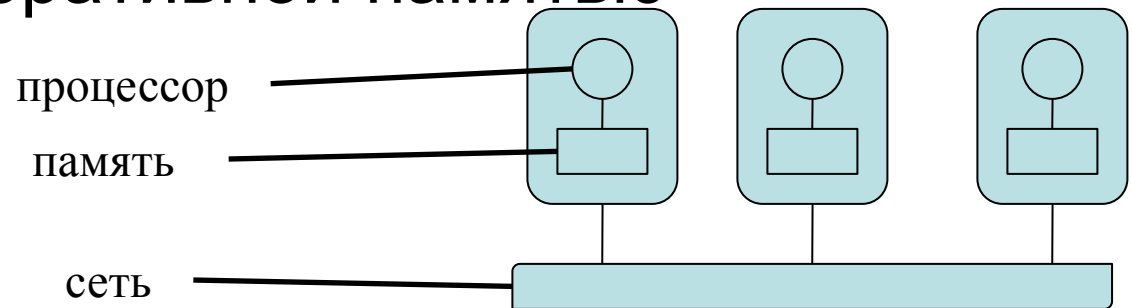
20250211_02

Основные понятия

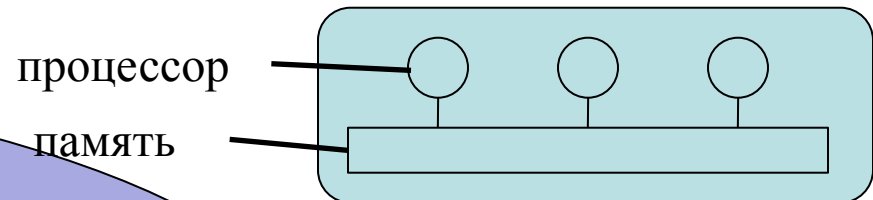
Якобовский Михаил Владимирович

Круг рассматриваемых систем

- ❑ Системы на основе объединенных сетью типовых вычислительных узлов – системы с распределенной оперативной памятью



- ❑ Системы с доступом всех процессоров к общей оперативной памяти



- ❑ Графические ускорители
- ❑ ПЛИС
- ❑ Нейрокомпьютеры
- ❑ Другие ...

Оптический векторно-матричный умножитель

$8 \cdot 10^{12}$ операций умножения и сложения в секунду (8TМips)

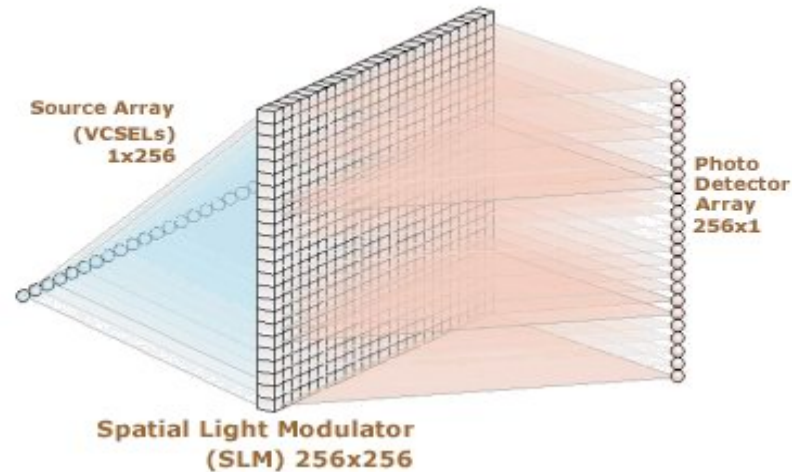
10^9 – гига

10^{12} – тера

10^{15} – пета

10^{18} – экса

Example:

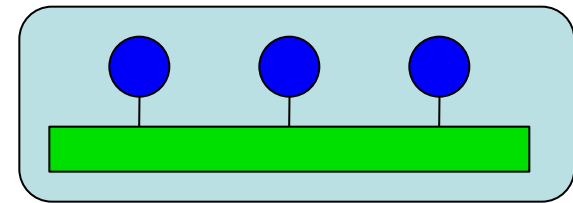
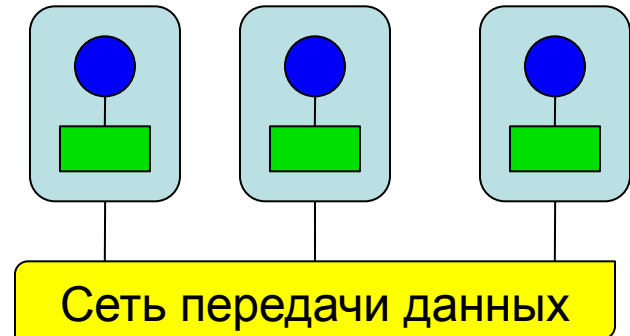


Энергопотребление процессора составляет 40 Вт (5 мВт на 1 млрд. операций в секунду)

Д.Колисниченко. Оптические процессоры. /
URL: <http://dkws.narod.ru/linux/etc/optical/cpu.html>

Рассматриваемые системы

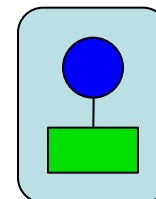
- ❑ Системы на основе объединенных сетью типовых вычислительных узлов – системы с распределенной оперативной памятью
- ❑ Системы с доступом всех процессоров к общей оперативной памяти



процессор

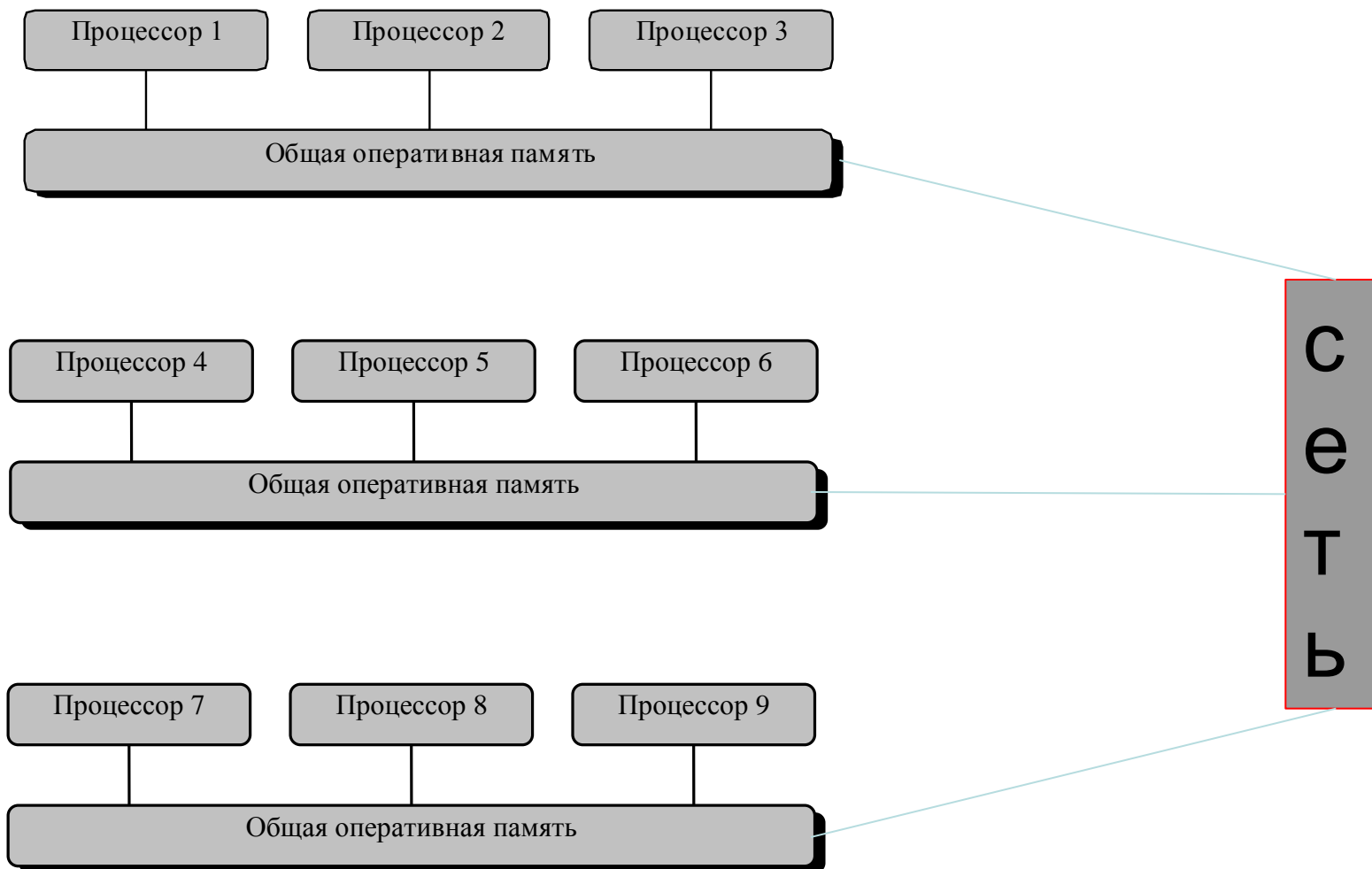


оперативная память



вычислительный узел

Гибридные вычислительные системы



Модели выполнения программ и методы взаимодействия процессов

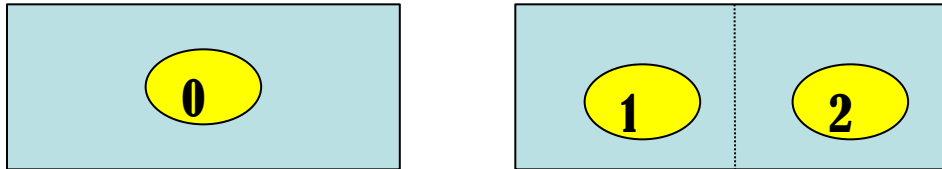
- ❑ Выполнение программы на вычислительной системе с распределённой оперативной памятью
 - Передача сообщений

- ❑ Выполнение программы на вычислительной системе с общей оперативной памятью
 - Семафоры

Модель выполнения программы на распределенной памяти

- ❑ При запуске указывается число требуемых процессоров N_p и название программы
- ❑ На выделенных для расчета узлах запускается N_p копий программы
 - Например, на двух узлах запущены три копии программы. Копия программы с номером 1 не имеет непосредственного доступа к оперативной памяти копий 0 и 2:

Вычислительный узел 1 Вычислительный узел 2



- ❑ В каждой копии программы известны значения двух переменных
 - N_p – одинаковое во всех копиях – число копий
 - $rank$ из диапазона $[0 \dots N_p - 1]$ – уникальный номер копии
- ❑ Любые две копии программы могут непосредственно обмениваться данными с помощью функций передачи сообщений Send/Recv

Синхронный метод передачи сообщений

□ A=3

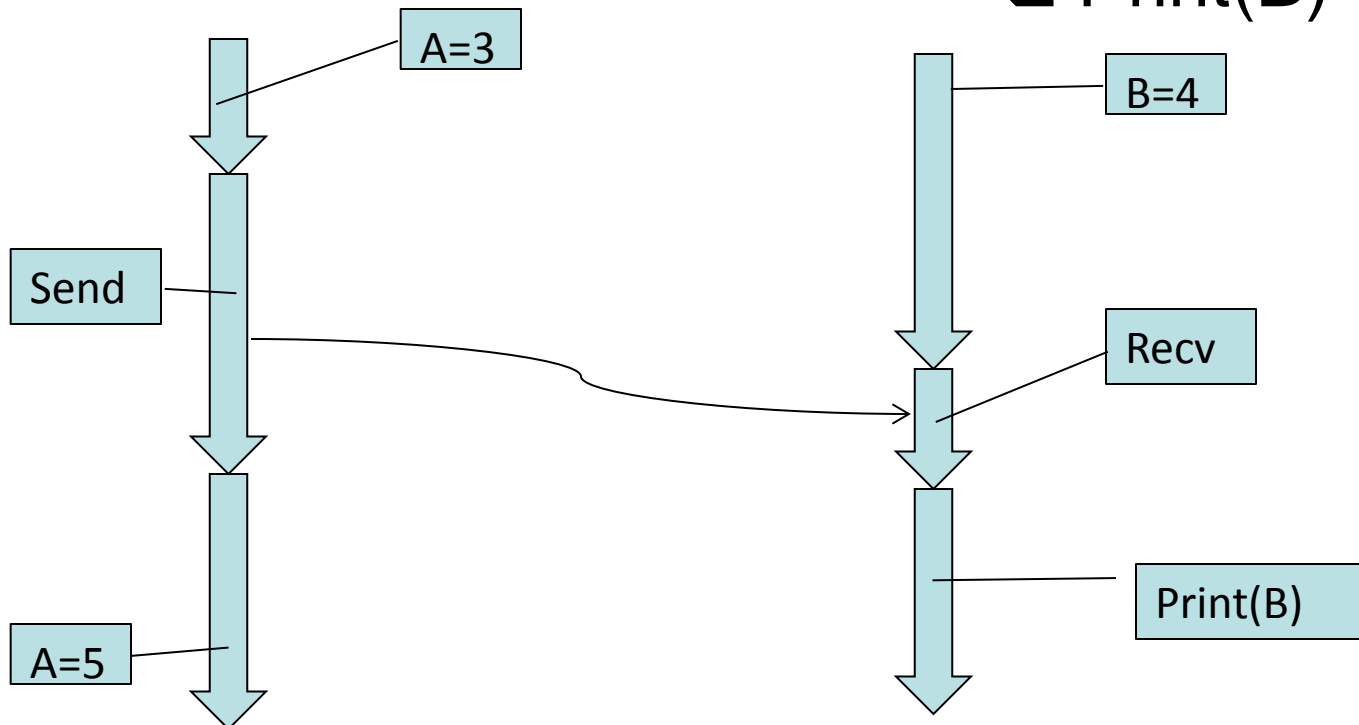
□ Send(&A)

□ A=5

□ B=4

□ Recv(&B)

□ Print(B)



Результат
3

Асинхронные методы передачи сообщений

□ A=3

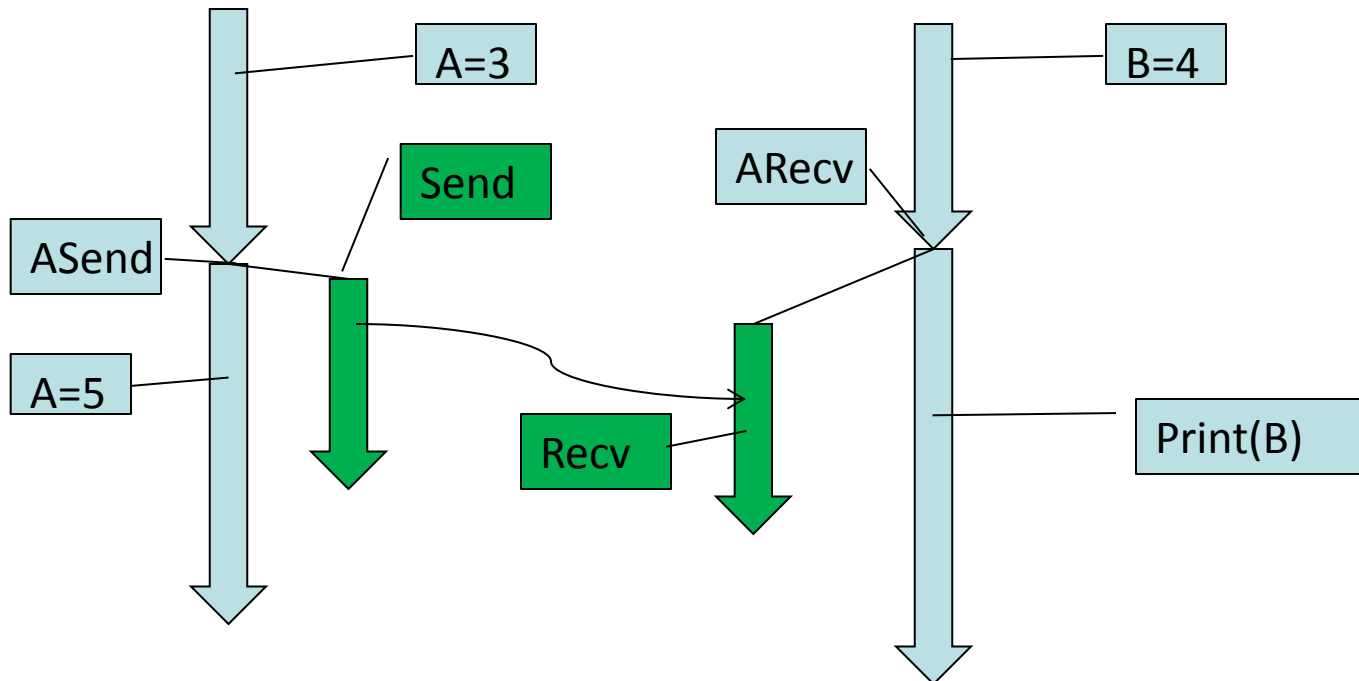
□ ASend(&A)

□ A=5

□ B=4

□ ARecv(&B)

□ Print(B)



Результат
3 ? 4 ? 5

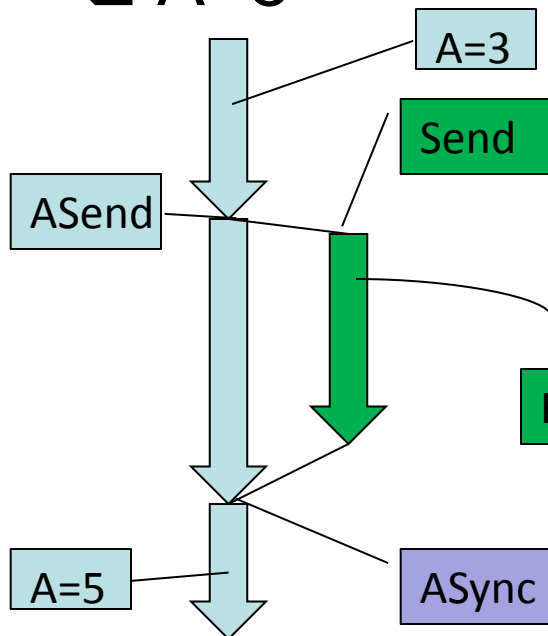
Асинхронные

□ A=3

□ ASend(&A)

□ Async()

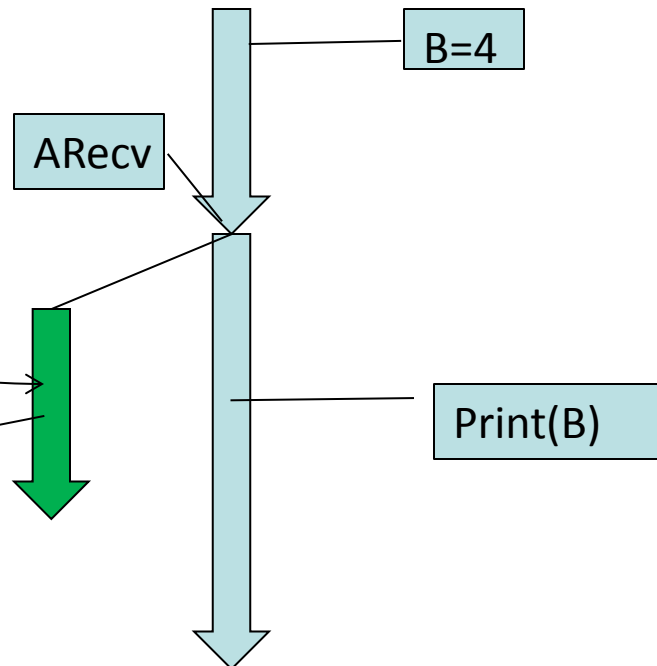
□ A=5



□ B=4

□ ARecv(&B)

□ Print(B)



Результат
3 ? 4

Асинхронные

- A=3

- ASend(&A)

- Async()

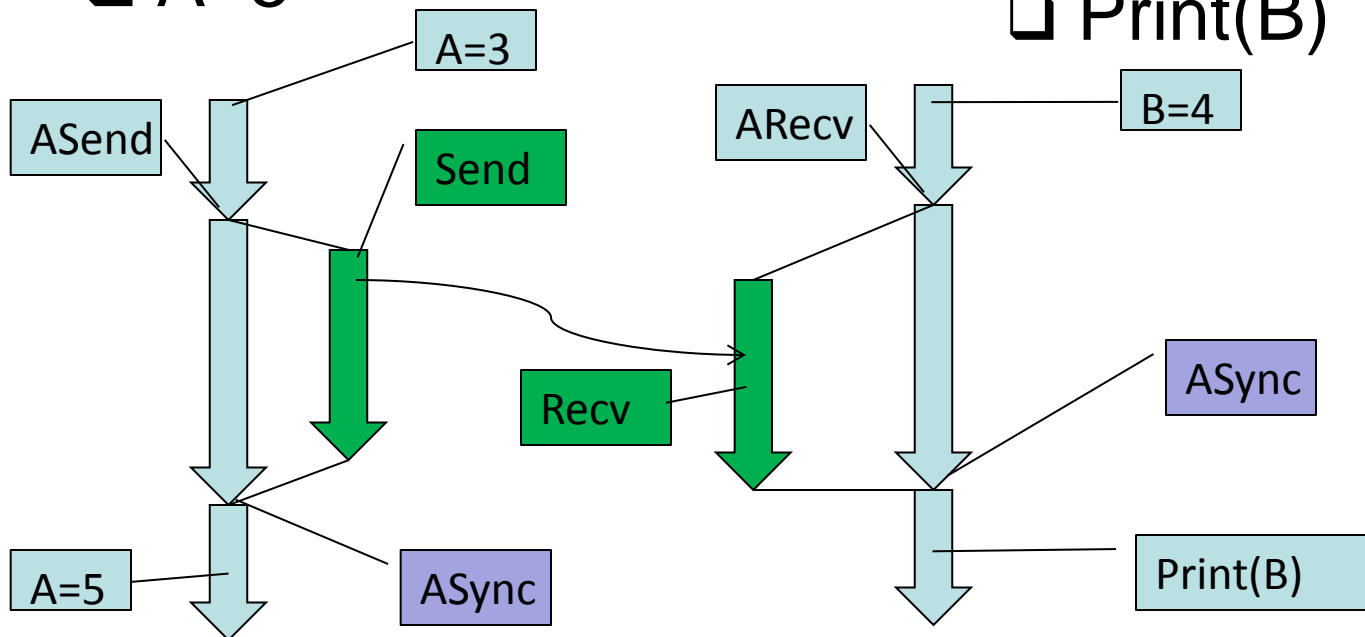
- A=5

- B=4

- ARecv(&B)

- Async()

- Print(B)



Результат
3

Асинхронные буферизованные

□ A=3

□ ABSend(&A)

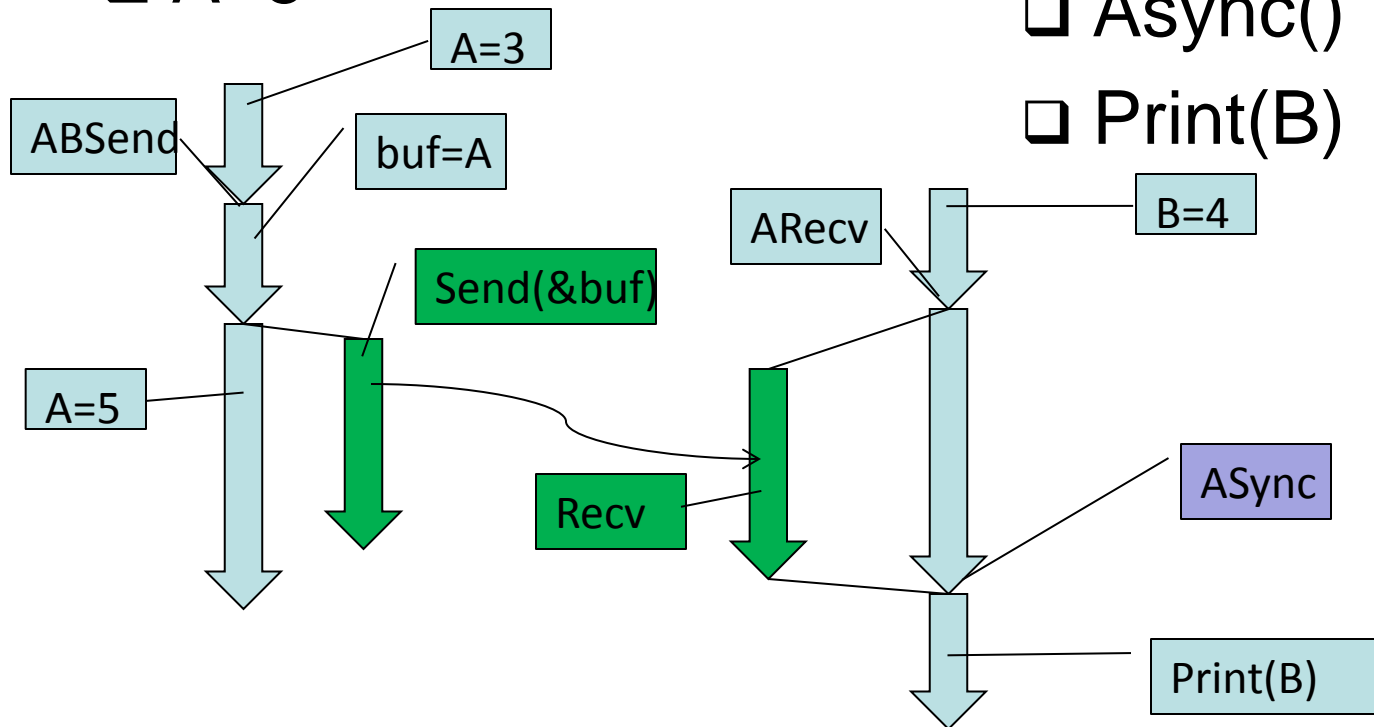
□ A=5

□ B=4

□ ARecv(&B)

□ Async()

□ Print(B)



Результат
3

Методы передачи данных

❑ Синхронный метод

Send(адрес данных, размер, номер процессора)

Recv(адрес данных, размер, номер процессора)

❑ Асинхронные методы

– Небуферизованный

ASend(адрес данных, размер, номер процессора)

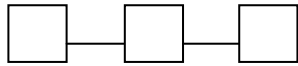
ARRecv(адрес данных, размер, номер процессора)

ASync

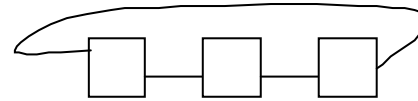
– Буферизованный

ABSend(адрес данных, размер, номер процессора)

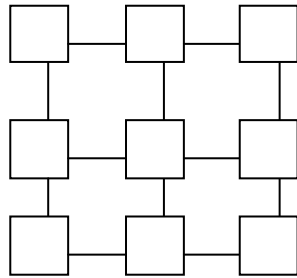
Топологии вычислительных систем



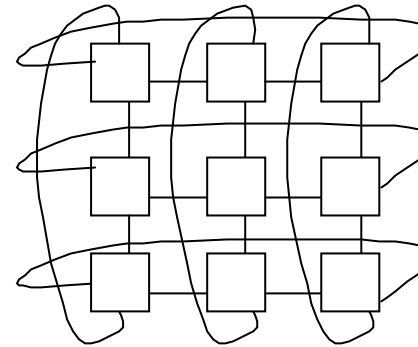
Топология «линейка»



Топология «кольцо»



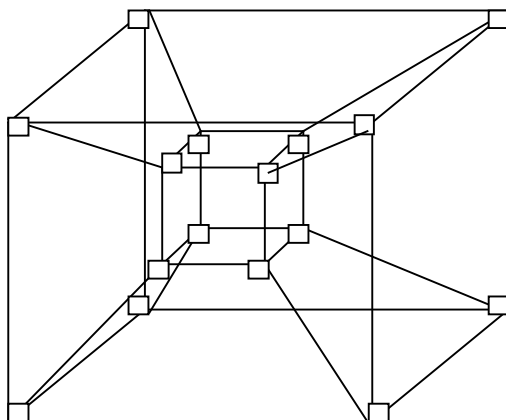
Топология «решетка 3x3»



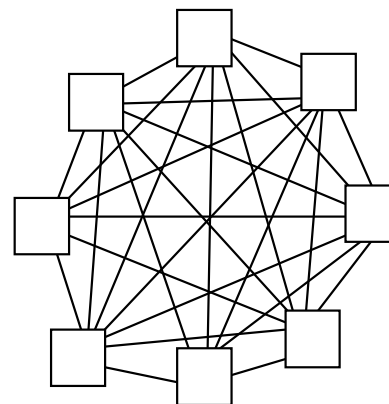
Топология «тор 3x3»

- ❑ Диаметр графа – максимальная длина кратчайшего пути в графе
- ❑ Центр графа – такая вершина, что максимальное расстояние между ней и любой другой вершиной является наименьшим из всех возможных
- ❑ Радиус графа – длина максимального пути от его центра

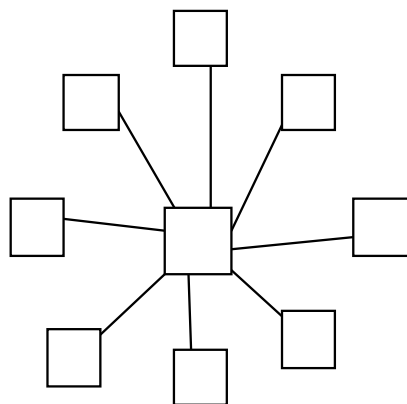
Топологии вычислительных систем



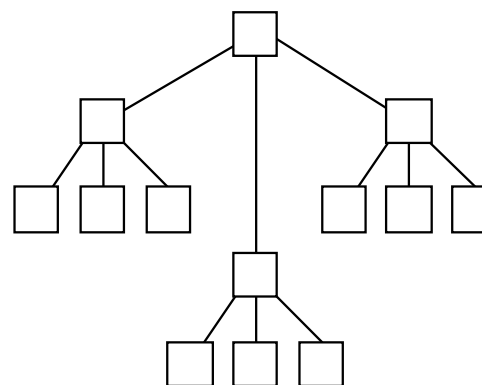
Топология «гиперкуб степени 4»



Топология «клика»

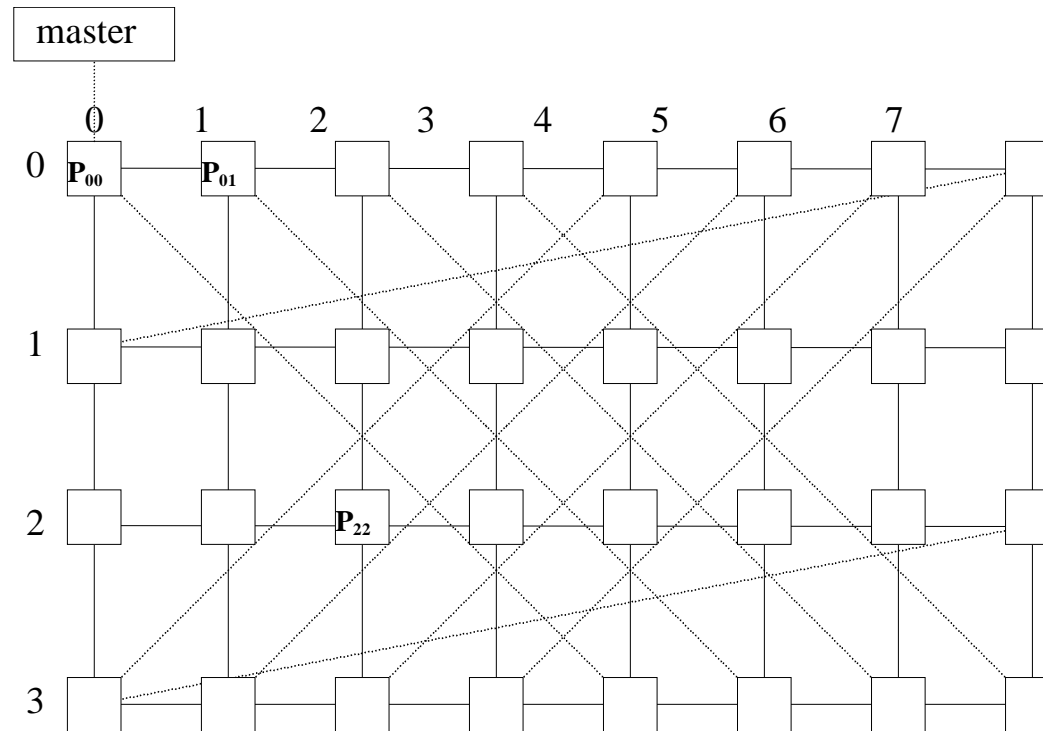


Топология «звезда»



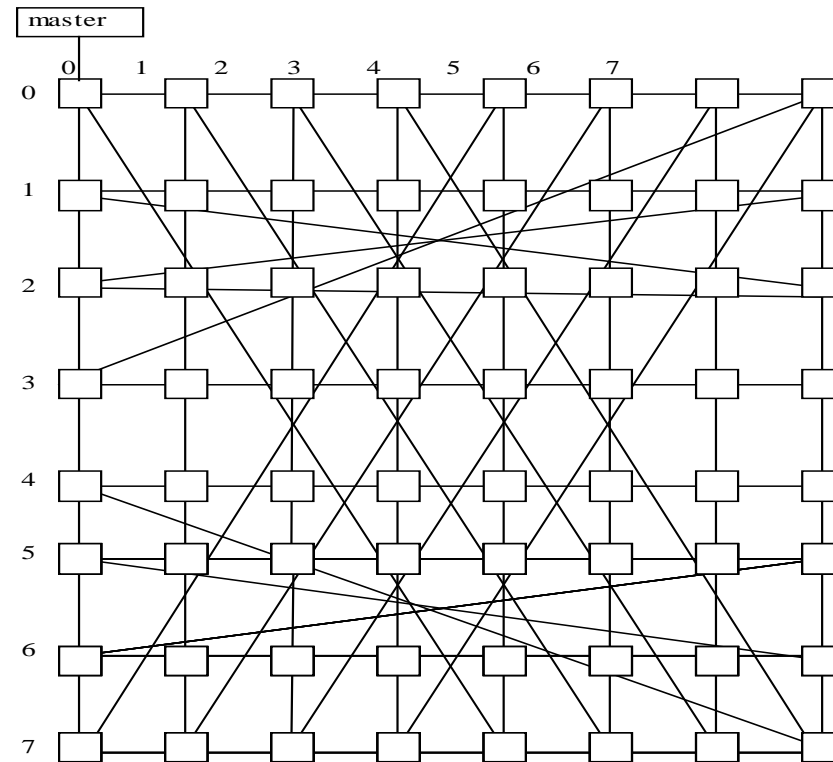
Топология «троичное дерево»

Минимизация радиуса и диаметра графа



Пример графа из **32** процессоров с диаметром и радиусом равными **4**

Минимизация радиуса и диаметра графа



Пример графа “пирамида” из **64** процессоров с диаметром и радиусом равными **6**

Многомерный тор

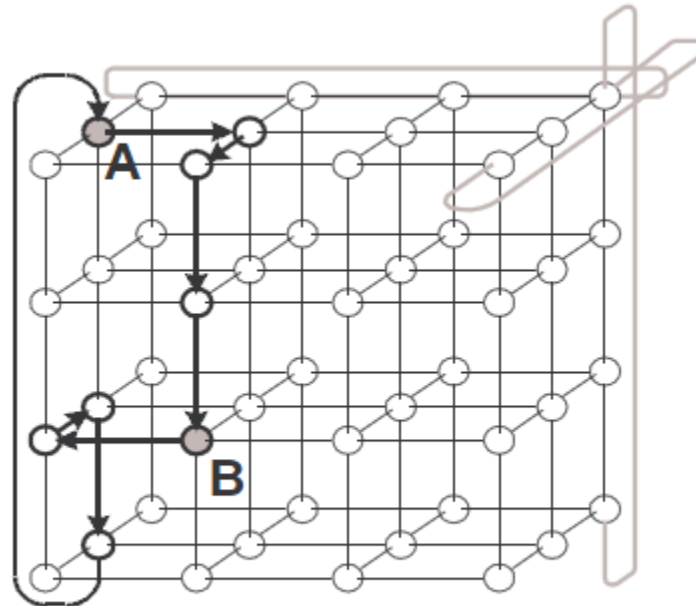


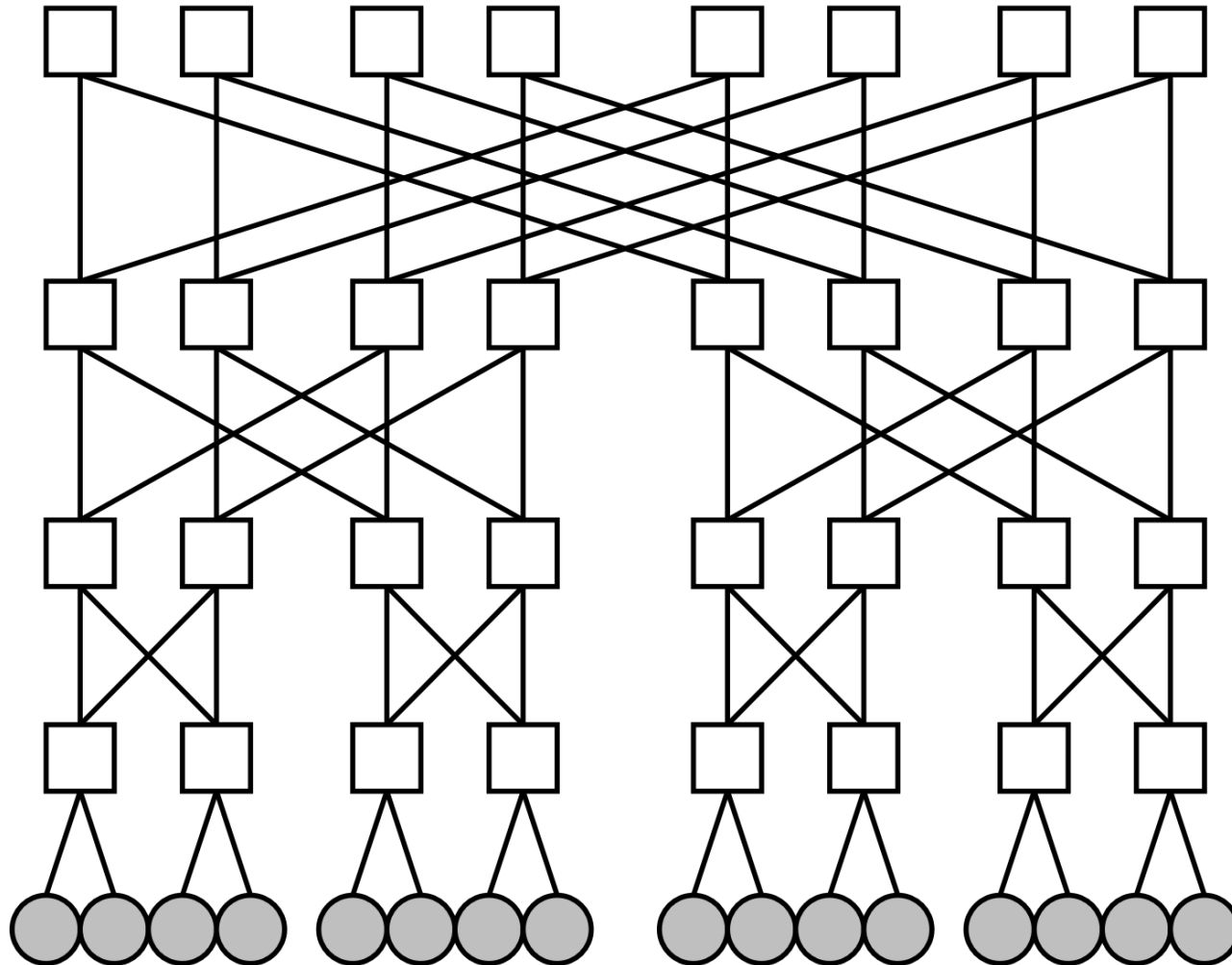
Рис. 3.4. Соединение узлов в
трехмерный тор в сети SCI

Воеводин Вл.В., Жуматий С.А.

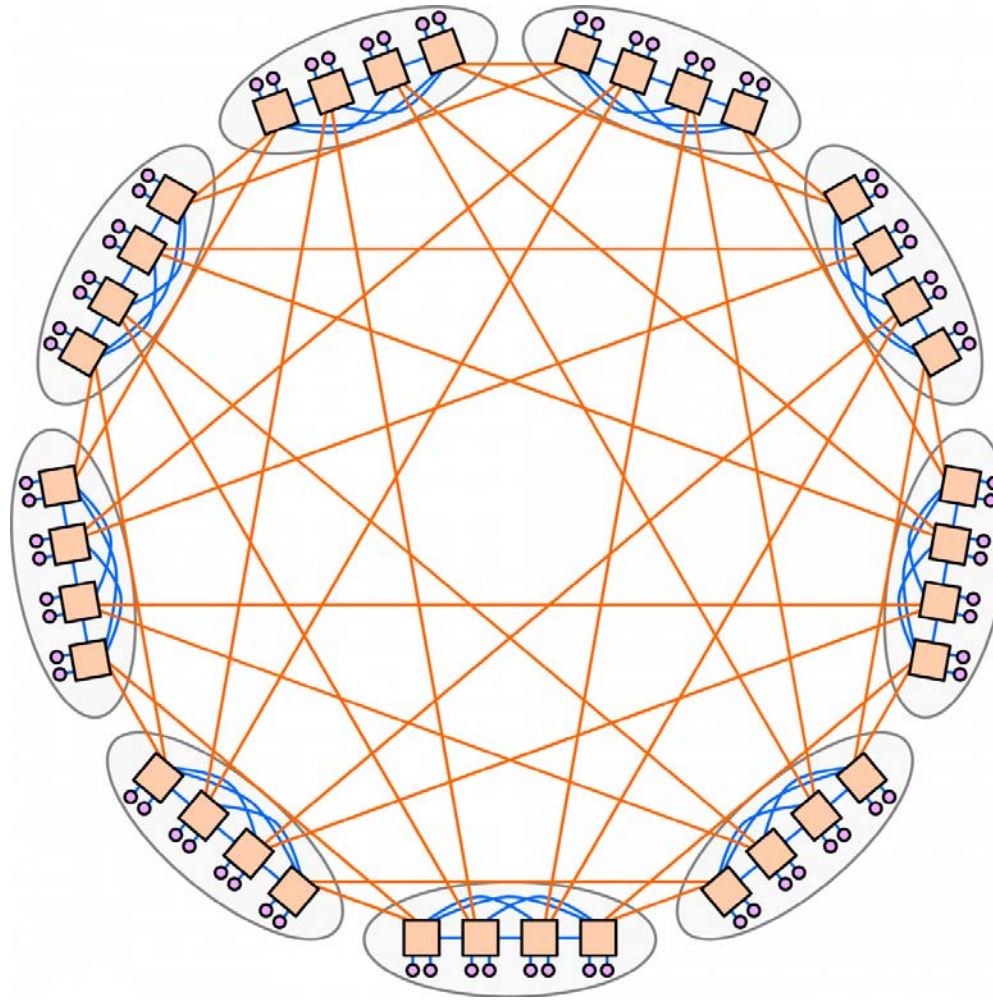
"Вычислительное дело и кластерные системы".

М.: Изд-во МГУ, 2007. - 150 с. ISBN 978-5-211-
05440-0.

Толстое дерево

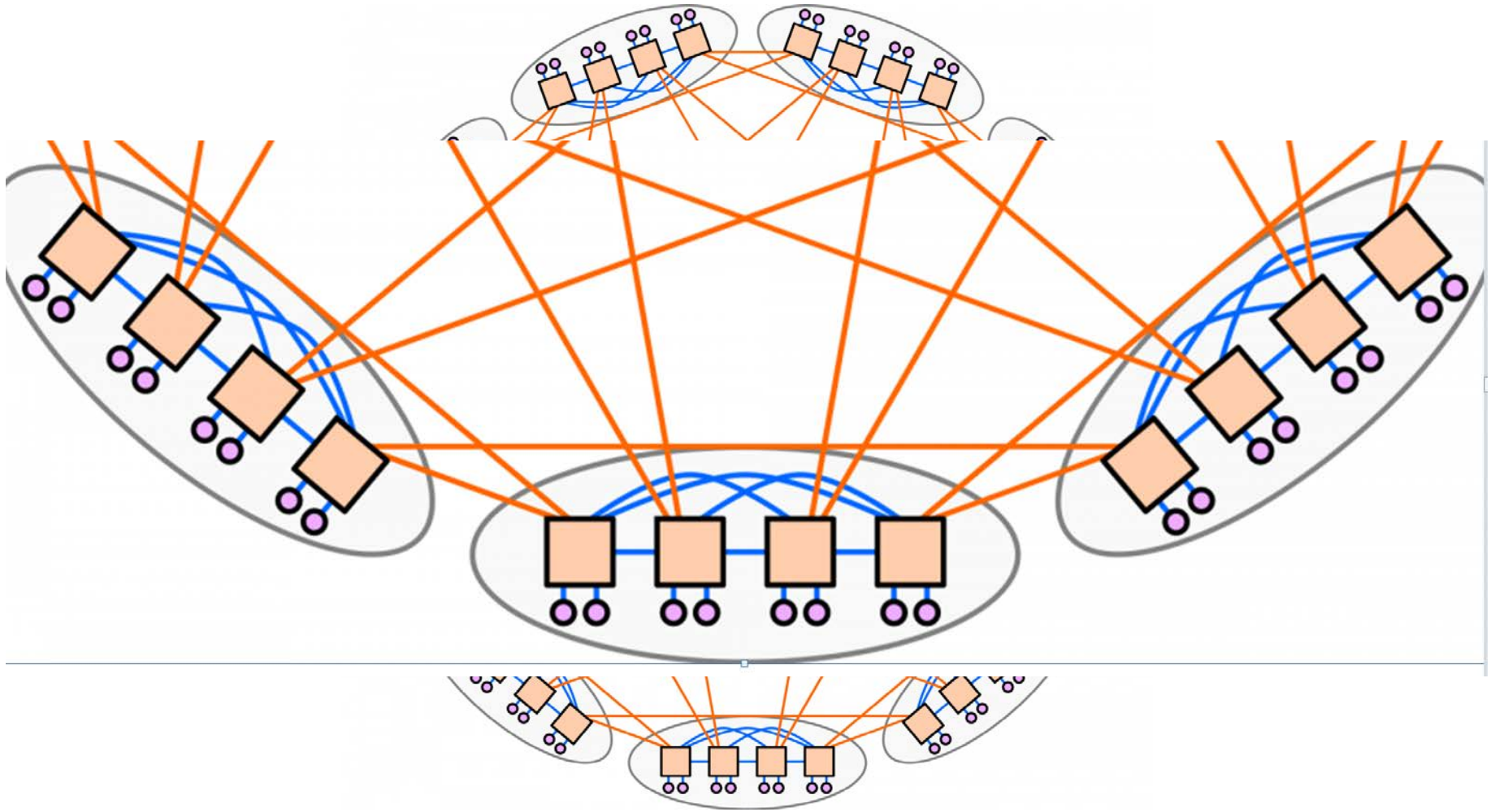


Топология Dragonfly



❑ <https://parallel.ru/computers/reviews/CrayXC40.html>

Топология Dragonfly

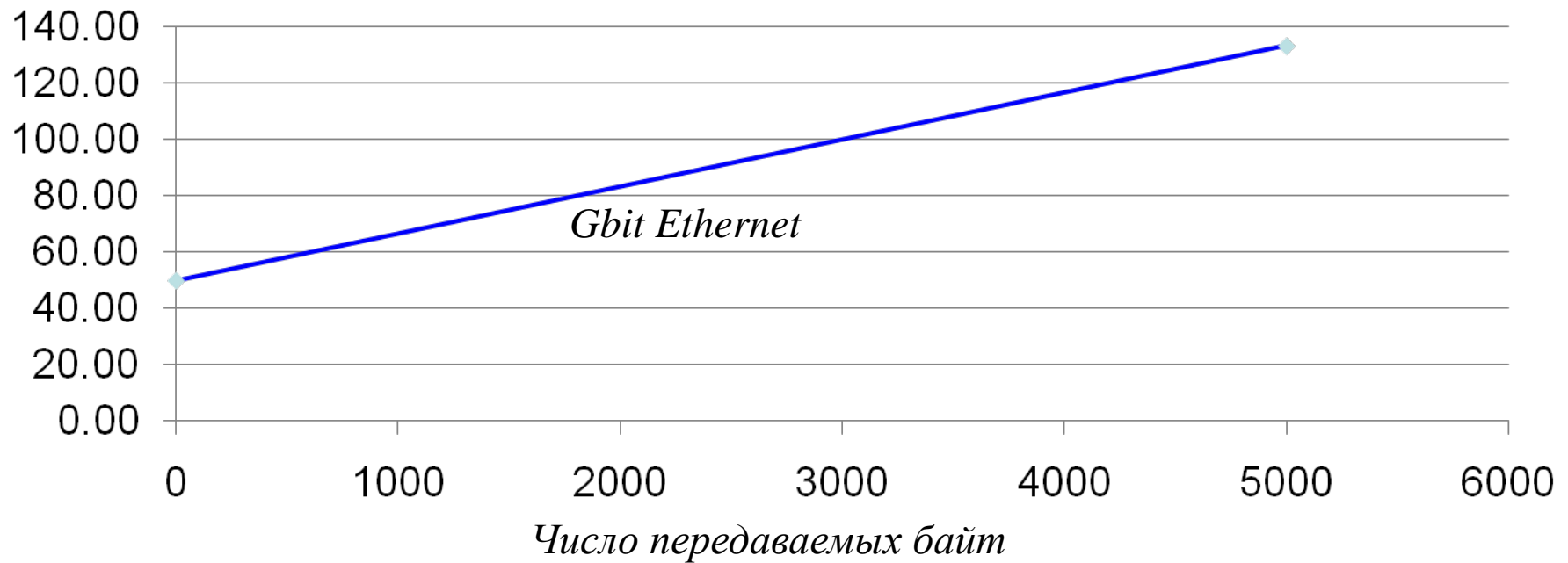


❑ <https://parallel.ru/computers/reviews/CrayXC40.html>

Свойства канала передачи данных

$$T(n) = n * T_{\text{передачи байта}} + T_{\text{латентности}}$$

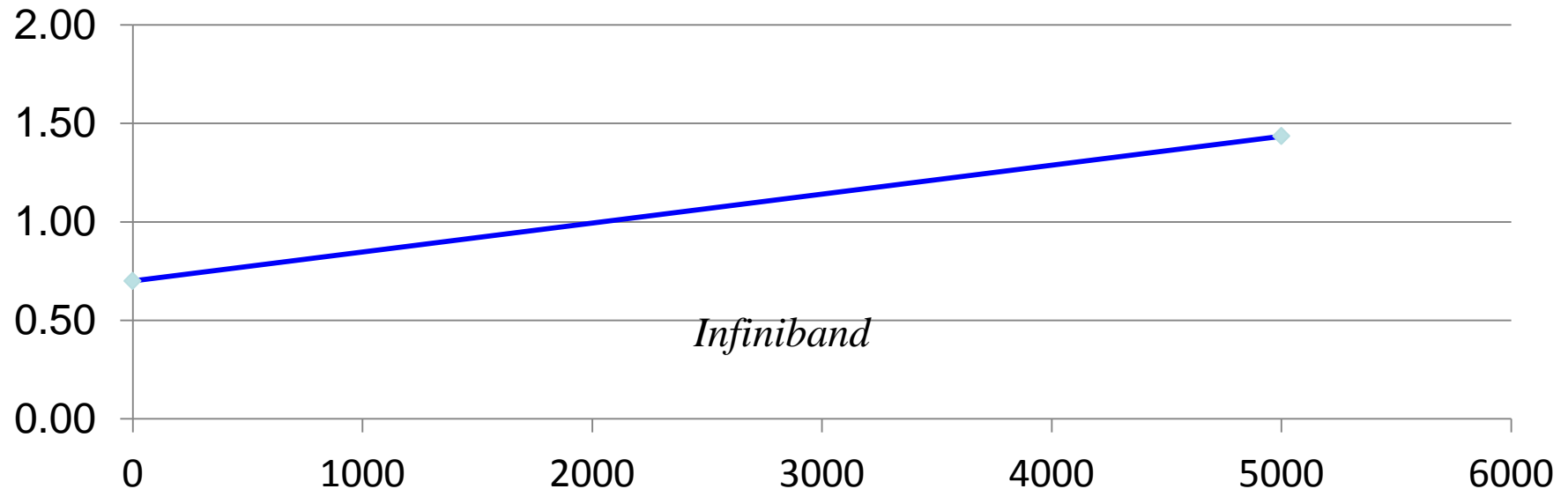
Время передачи данных (мкс)



Свойства канала передачи данных

$$T(n) = n * T_{\text{передачи байта}} + T_{\text{латентности}}$$

Время передачи данных (мкс)



Число передаваемых байт
6.8 Гбайт/с
За 0.7 мкс передаётся 5 Кбайт

Якобовский М.В.

*чл.-корр. РАН, проф., д.ф.-м.н.,
заместитель директора по научной работе
Института прикладной математики
им. М.В. Келдыша Российской академии наук*

[mail: lira@imamod.ru](mailto:lira@imamod.ru)

[web: http://lira.imamod.ru](http://lira.imamod.ru)