

# **PRL: Paralelní a distribuované algoritmy 2**

Petr Hanáček

Cor 2005

Upr 2007

Cor 2008

# Synchronizace

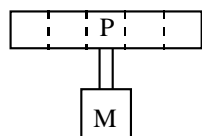
- Nepřenáší se data
  - „Zajištění požadovaných časových vztahů mezi událostmi“
- Prostředky
  - » zasílání zpráv (nejlépe synchronní)
  - » randevous (RPC - remote procedure call)
  - » semafor
  - » monitor
  - » bariéra
- Typické synchronizační úlohy
  - soupeření
    - » vzájemné vyloučení
    - » čtenáři x písáři
  - kooperace
    - » dohoda
    - » producent - konzument
- Jiné druhy synchronizace
  - synchronizace asynchronní sítě
  - synchronizace logického času
    - » časová razítka
    - » logické hodiny

# Komunikace

- Přenáší data
  - » „Předávání informací mezi procesy (procesory, vlákny, ...)“
- Prostředky pro komunikaci
  - Sdílená paměť
    - » skutečná x simulovaná
    - » boj o sběrnici, cache, lokalita odkazů (busy waiting !)
    - » řešení konfliktů při zápisu
    - » obtížně použitelná pro synchronizaci
  - Zasílání zpráv
    - » kanály
      - ♦ synchronní x asynchronní (kapacita)
      - ♦ jednosměrný x obousměrný (ACK)
    - » volání vzdálených procedur (RPC)
    - » všesměrové vysílání (broadcasting)
      - ♦ úmyslné posílání zpráv všem
      - ♦ vysílání každému procesu
      - ♦ záplava - na jednu zprávu odpoví procesy jinou b. zprávou

# SDÍLENÁ PAMĚŤ A PŘEDÁVÁNÍ ZPRÁV U MIMD

## • multitasking



- ◆ - 1 cpu
- ◆ - přepínání kontextu
- ◆ - virtuální procesory

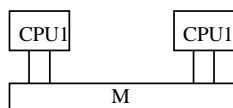
**Předávání zpráv**

**Sdílená paměť**

simulováno SW

Ano

## • sdílená paměť

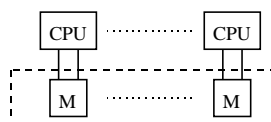


- ◆ - cache
- ◆ - těsně vázané
- ◆ - boj o sběrnici

simulováno SW, HW

Ano

## • virtuální sdílená paměť

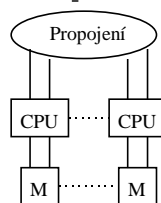


- ◆ - all cache
- ◆ spojení caches komunikačními kanály
- ◆ navenek se tváří jako společný (jediný) adresový prostor

simulováno SW, HW

simul. HW

## • předávání zpráv



- ◆
- ◆ volně vázaná architektura
- ◆ počítačové sítě
- ◆ propojeny pouze procesory

Ano

simul. SW

# Vlastnosti sdílené paměti

- Sdílená paměť
  - všechny procesy mají přístup do společného paměťového prostoru
  - řešení současného přístupu k jedné buňce paměti
    - » Exclusive-read, Exclusive-Write (EREW)
    - » Concurrent-Read, Exclusive-Write (CREW)
    - » Exclusive-Read, Concurrent-Write (ERCW)
    - » Concurrent-Read, Concurrent-Write (CRCW)
- Vs. Předávání zpráv
  - každý procesor má svůj adresový prostor
  - procesory mají vlastní paměť - komunikace pomocí zpráv

# Propojovací sítě

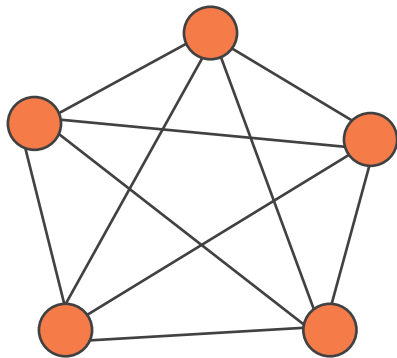
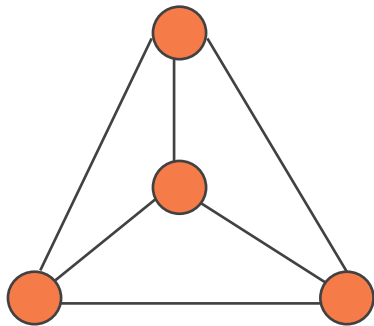
- Použití propojovacích sítí
  - Propojit procesory se sdílenou pamětí
  - Propojit procesory spolu
- Typy propojovacích médií
  - Statické
  - Dynamické
    - » Sdílené (sběrnice)
    - » Přepínané
- Vlastnosti propojovací sítě ovlivňují vhodnost jednotlivých typů algoritmů a ovlivňují efektivnost toku dat

# Statické sítě

- Všechny uzly jsou procesory
- Kanály jsou spojnice mezi uzly (procesory)
- Používají se pro architektury bez sdílené paměti
- Vlastnosti
  - Průměr (Diameter): Délka nejdelší z nejkratších cest mezi všemi dvojicemi uzlů
  - Konektivita (Arc connectivity): Minimální počet hran, které je nutné odstranit pro rozdělení sítě na více částí
  - Šířka bisekce (Bisection width): Minimální počet hran, které spojují dvě přibližně stejně velké poloviny sítě

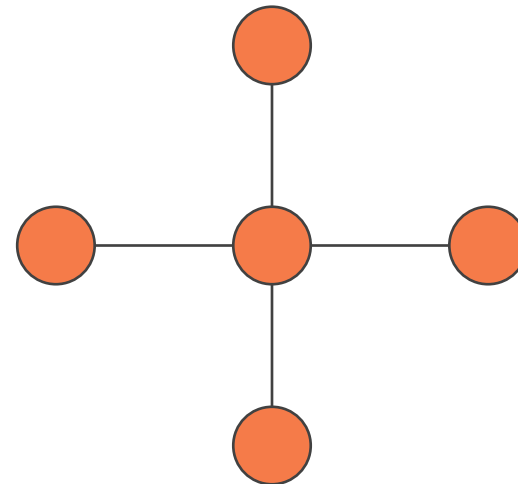
- Úplné propojení

- Diameter = 1
- Arc connectivity =  $p-1$
- Bisection width =  $p^2/4$



- Hvězda

- Diameter = 2
- Arc connectivity = 1
- Bisection width =  $(p-1)/2$





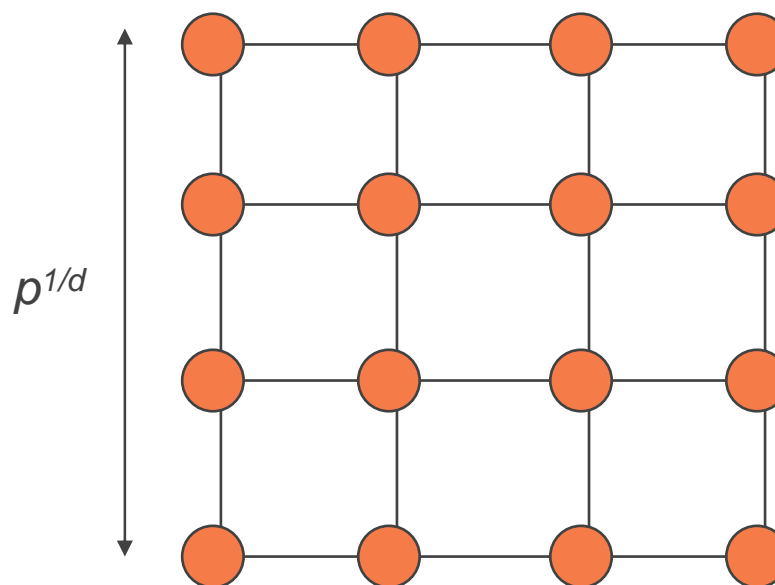
- Lineární pole

- Diameter =  $p-1$
- Arc connectivity = 1
- Bisection width = 1

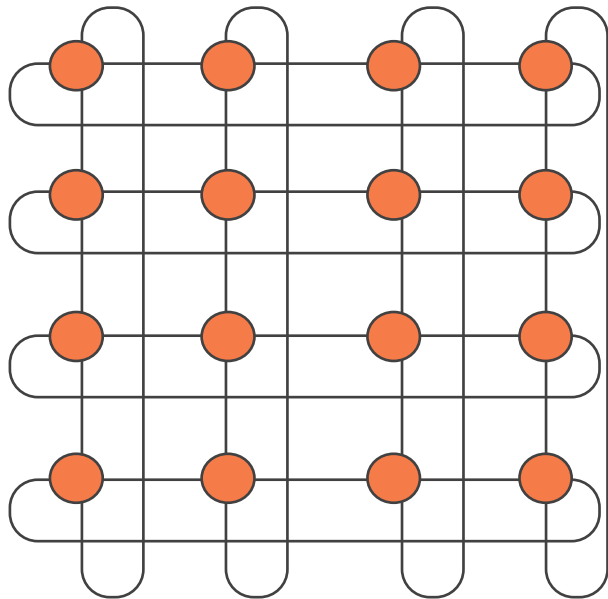


- d-rozměrná mřížka (mesh)

- Kartézský součin  $d$  lineárních polí, z nichž každé má  $p^{1/d}$  uzlů
- Diameter =  $dp^{1/d}$
- Arc connectivity =  $d$
- Bisection width =  $2p^{(1-1/d)}$
- Obvykle  $d=2$



# $k$ -ární $d$ -rozměrná kostka



- $|N| = k^d$
- Diameter =  $d \lceil k/2 \rceil$
- Arc connectivity =  $2d$  ( $d$  pro hyperkostku)
- Bisection width =  $2k^{d-1}$
- Hyperkostka (Hypercube):  
2-ární  $d$ -rozměrná kostka
- Např.: Hyperkostka,  
kružnice, torus,...

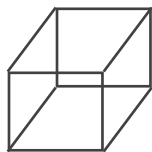
2 1



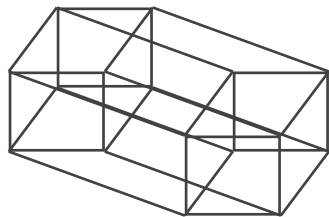
2 2



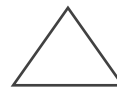
2 3



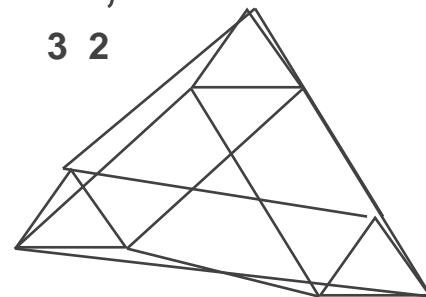
2 4



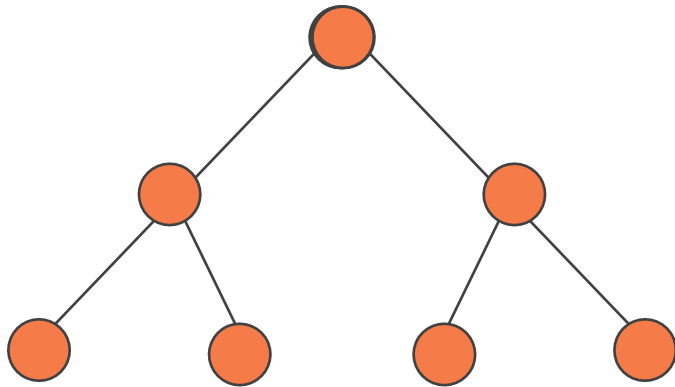
3 1



3 2



## ***d-ární strom***



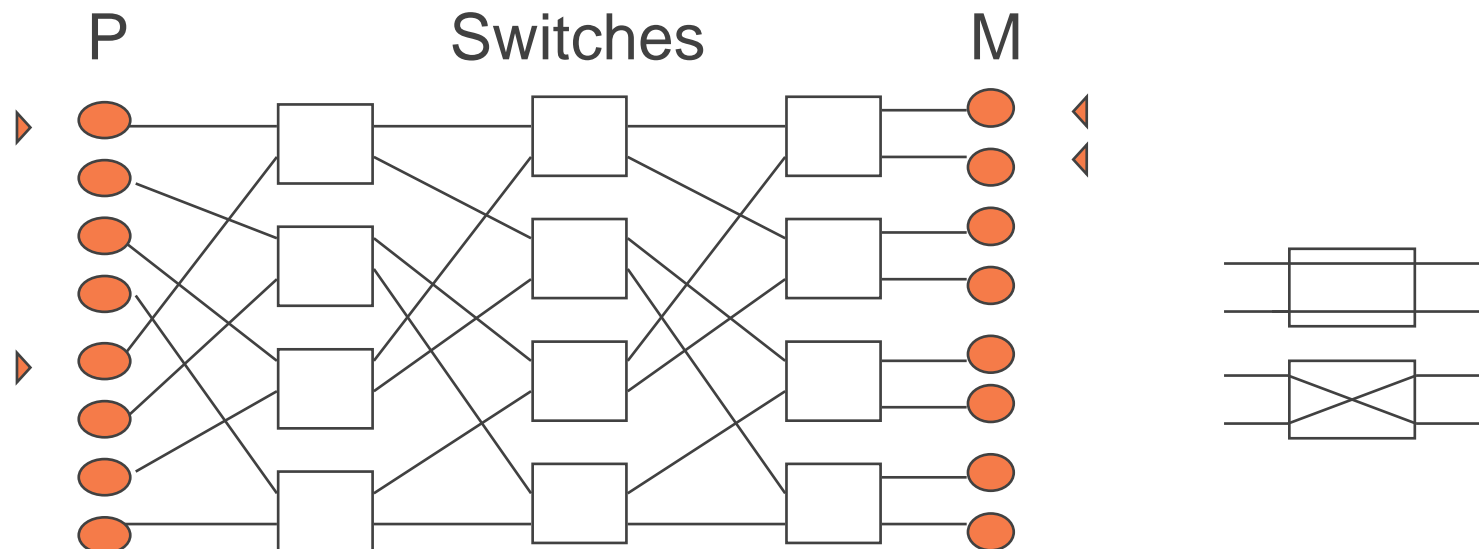
- Diameter =  $2 \log_d ((p+1)/2)$
- Arc connectivity = 1
- Bisection width = 1
- Obvykle binární

# Dynamické sítě

- Uzly jsou procesory, paměťové moduly nebo přepínače
- Často se používají pro implementaci architektur se sdílenou pamětí
- Příklad: křížový přepínač (crossbar)
  - Cena  $\Omega(p^2)$ , propustnost  $O(p)$ , neblokující
    - Diameter = 1
    - Arc connectivity = 1
    - Bisection width =  $p$
- Příklad: sběrnice (bus)
  - Cena  $\Theta(p)$ , propustnost  $\Theta(1)$

# Víceúrovňové propojovací sítě

- Mnoho různých sítí: Omega, butterfly, Benes, ...
  - Spojují  $p$  procesorů s  $p$  paměťovými moduly pomocí  $\Theta(p \lg p)$  přepínačů
  - $\Theta(\lg p)$  úrovní, každá obsahuje  $\Theta(p)$  přepínačů
- Blokující sítě
  - I pokud procesory přistupují k různým paměťovým modulům, může dojít k souboji o přepínací prvky
- Příklad: síť Omega ( $p = 8$ ),  $p/2 * \log p$  přepínačů



**KONEC**