Fakulteta za informacijske študije
Faculty of information studies

Kreativno jedro:
Simulacije
Creative core: Simulations

Kampus šola HPC 2014

Predstavitev HPC

Matjaž Depolli
Odsek za komunikacijske sisteme
Inštitut „Jožef Stefan“

Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski sklad za regionalni razvoj

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE, ZNANOST IN ŠPORT

Pregled predavanja

- Kaj pomeni HPC
- Superračunalniki
- Top 500
- Merila hitrosti
- Gradniki superračunalnikov
  - Pospeševalniki
  - Povezovalne mreže
- Uporaba HPC

Visoko zmogljivo računalništvo (HPC)

Visoko zmogljivo računalništvo =

Združevanje računskih zmogljivosti na način, ki omogoča mnogo večje skupne zmogljivosti, kot bi jih zmogli tipični namizni računalniki ali delovne postaje, z namenom reševanja velikih problemov v znanosti, podjetništvu, industriji, inženirstvu

Superračunalniki

- Računalniki, ki so trenutno med najhitrejšimi na svetu
- Računalniki, ki so namenjeni za HPC
- Vzporedni računalniki
- Porazdeljeni računalniki
- petaFLOPS

Super računalniki

Cray 1
Blue Gene
Tianhe-2
Beowulf cluster

Prvi superračunalnik

Cray 1

- 1976
- Temelji na integriranih vezjih
  - Okoli 200.000 logičnih vrat (NOR z 4 ali 5 vhodi)
- 64-bitni sistem
- 8 MB pomnilnika
- 80 MHz
- Max 250 MFLOPS
- 115 kW električne moči (hlajenje ni upoštevano)

Top 500

Projekt, ki rangira svetovne računalnike po hitrosti

- Od leta 1993
- Rangiranje 2x letno
- Štejejo le lokalni skupki
  - (CERN-ov WLCG torej ne šteje)
- LINPACK za merilo
  - Rezultat v FLOPS (Floating-point Operations Per Second)

Slovenija:

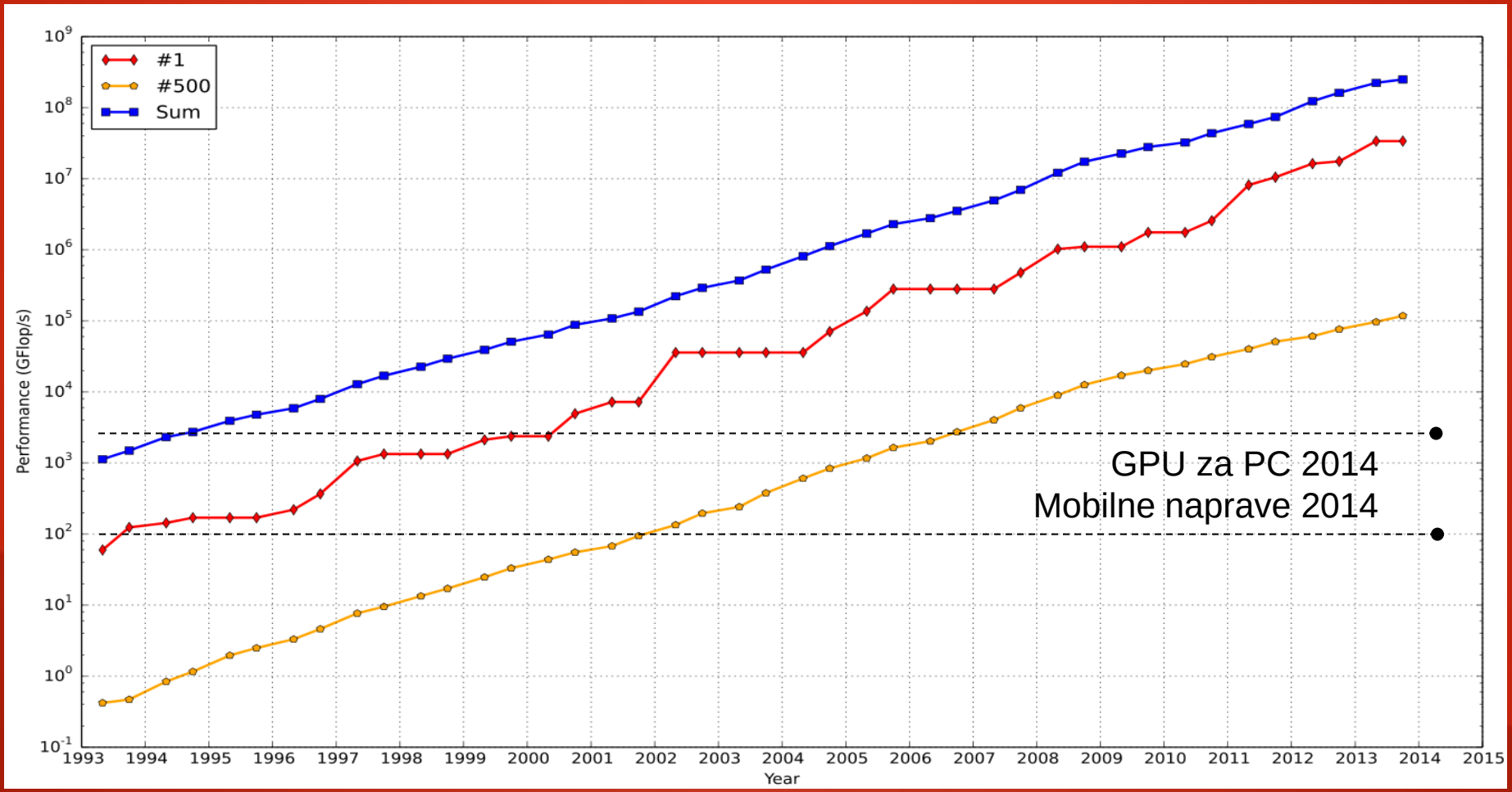
- Turboinštitut »Adria«
  - 72. mesto 2008
  - 49.2/36.8 teraFLOPS, 162 kW
- ?

Vrh iz Top 500

- **Tianhe-2 (Kitajska)**
  - 16.000 računskih vozlišč
    - 2x Intel Xeon E5-2692 (12 jeder)
    - 3x Xeon Phi 31S1P (57 jeder)
    - 88 GB RAM
    - Povezave?
  - 3.120.000 jeder
  - Teoretično 54,9 petaFLOPS
  - Doseženo 30.65 petaFLOPS
  - 17.6/24 MW električne moči

HE Dravograd

Napredek



Vir: top500

Merilo hitrosti

- LINPACK test
  - Sistem linearnih enačb (gost)
  - Reševanje po principu LU dekompozicije
  - Operandi s plavajočo vejico (double)
  - Velikost sistema je poljubno nastavljiva
  - Problem se prilagoditi na dan računalnik
  - Program se prevede na danem računalniku (sme se tudi spremeniti implementacijo)
  - Rezultat je razmeroma blizu teoretičnemu maksimumu

Drugi superračunalniki?

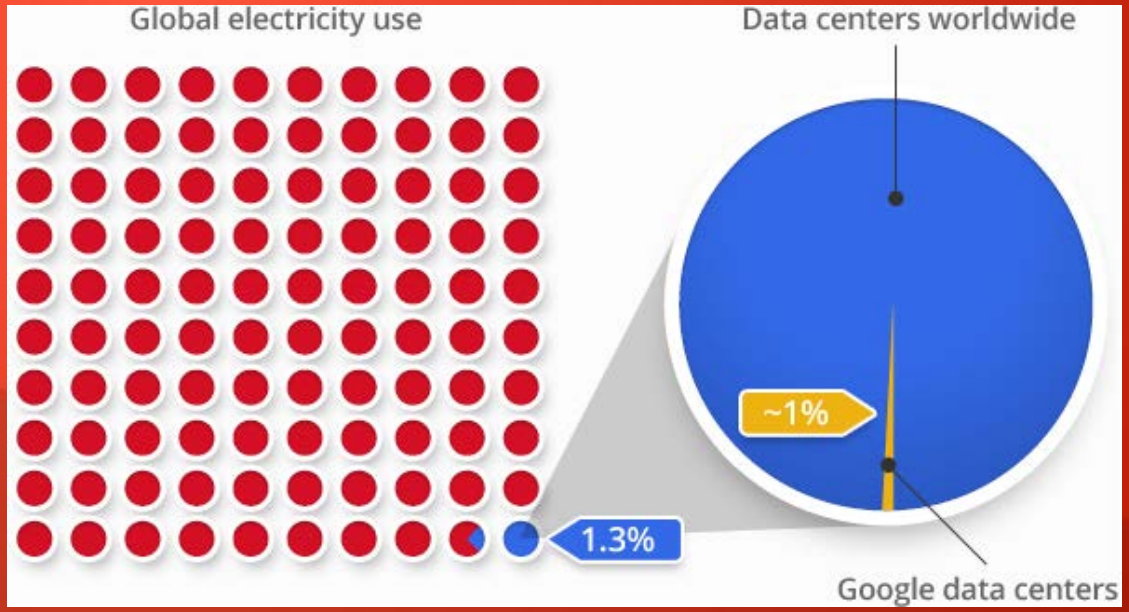
- Nekateri namenski superračunalniki v LINPACKu ne dosegajo dobrih rezultatov
- WLCG (Worldwide LHC Computing Grid) je narejen za shranjevanje, distribucijo in analizo 15 PB na leto (od ~2002 dalje) [15 PB/y = ~0.5 GB/s]
- Druga merila za računalnike:
  - Performanca na enoto električne moči
  - Performanca na prostorsko enoto
  - Performanca na denarno enoto
  - Količina obdelanih podatkov na sekundo

Green 500

- Seznam 'zelenih' superračunalnikov
- Enota: MFLOPS/W
- Trenutno visoko uvrščeni (½ 2014) tipično vsebujejo grafične pospeševalnike NVIDIA Tesla K20X
- TSUBAME-KFC (Tokyo Institute of Technology)
  - 4389.82 MFLOPS/W
  - 1901.54 MFLOPS/W (za primerjavo Tianhe-2, 49. mesto)

Primer: Google

- Google uporablja strojno opremo z najboljšo performanco na denarno enoto (vključuje ceno nakupa, vzdrževanja in električne energije)
- Merjenje njihove opreme s faktorjem efektivne uporabe energije
- Dosegali naj bi faktor 1.12 (le 12% energije ni izkoriščene za računanje)



Vir: google

Gradniki superračunalnikov

- Samostojne enote z večjedrnimi mikroprocesorji in pomnilnikom
- Komunikacijska oprema – omrežje
- Pospeševalniki – dodatne procesorske enote (splošne, namenske, poenostavljene)
- Enote za hranjenje podatkov (diskovne)
- Napajanje in hlajenje
  - Hlajenje s klimatskimi napravami doda ~30% k porabi energije
  - Že Cray 1 je bil zgrajen okoli hladilne naprave

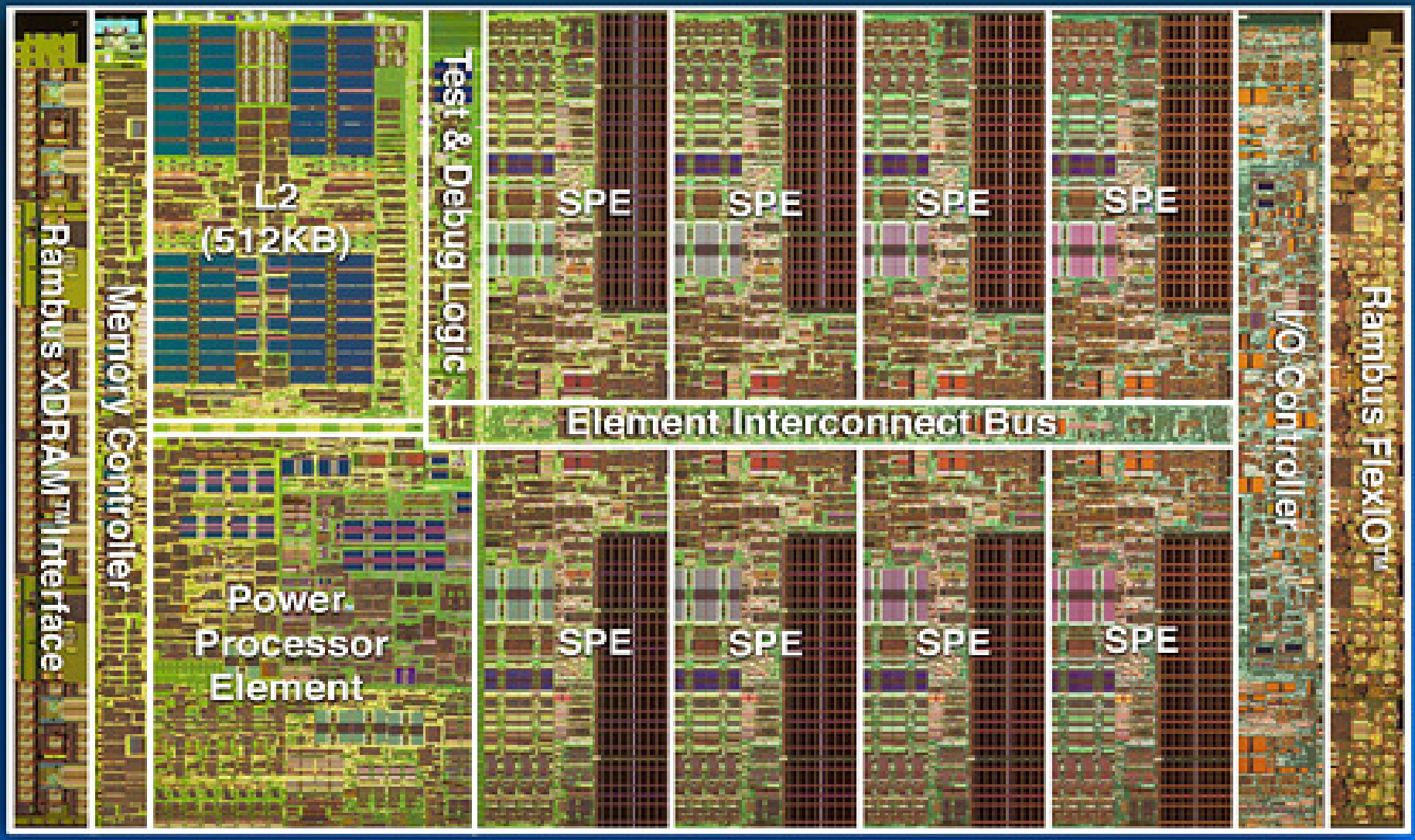
Dva pomembna tipa računalnikov

- SMP (Symmetric MultiProcessing)
  - Tipično večjedrni procesorji
  - Vsi procesorji so enaki (tipično jih je malo)
  - Skupen pomnilnik
    - služi tudi za komunikacijo
    - Lahko postane ozko grlo
- NUMA (NonUniform Memory Access)
  - Več lokalnih pomnilnikov
  - Lokalen dostop do pomnilnika je hitrejši od oddaljenega
  - Primer so pospeševalniki z lokalnim pomnilnikom (GPU)
  - Počasna globalna komunikacija

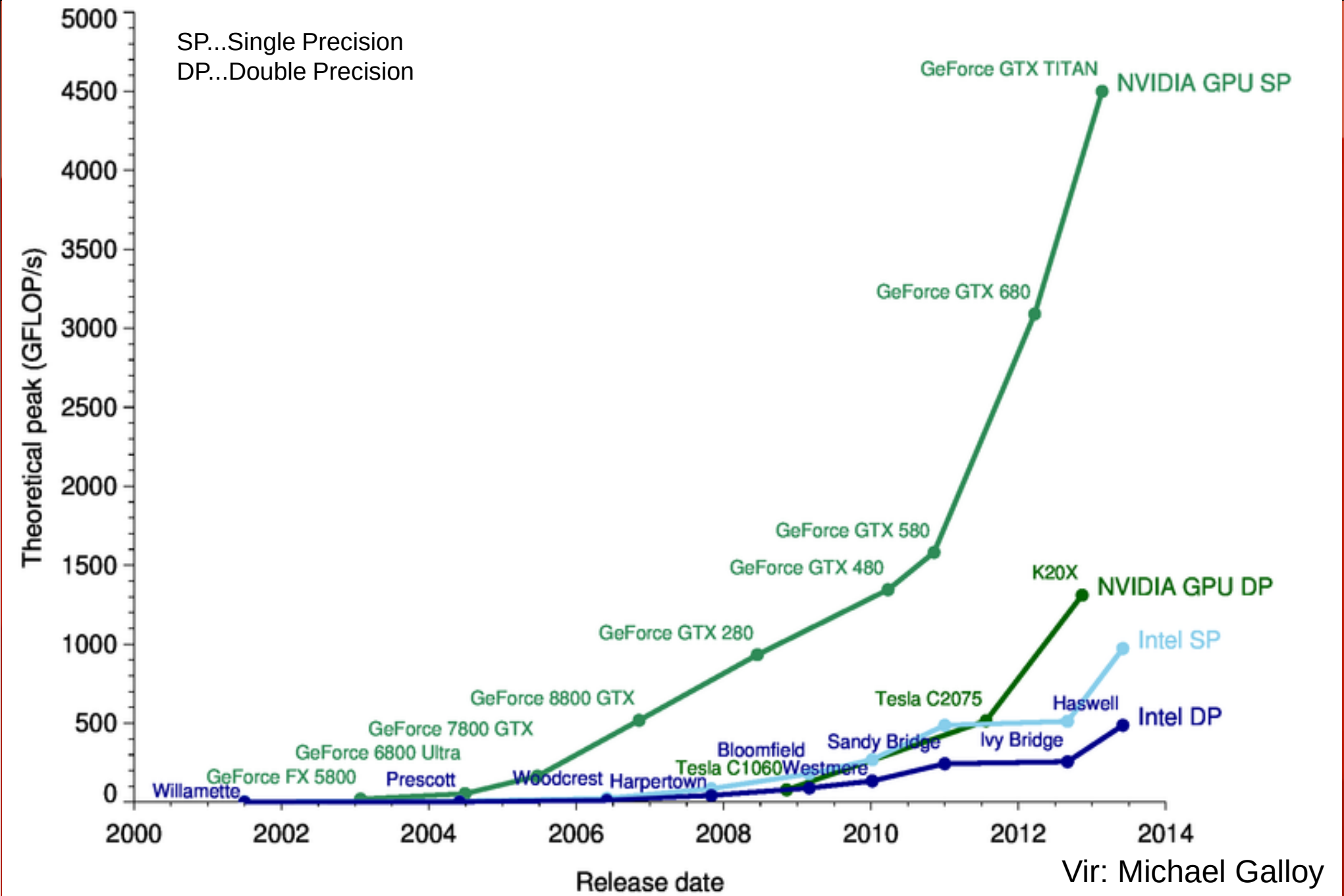
Pospeševalniki

- Arhetip NUMA arhitekture
- Začelo se je s IBM Cell procesorji (PS 3)
  - Začetki leta 2008
  - PS3
  - Glavno jedro kontrolira 8 'sinergijskih' poenostavljenih jeder
- Nadaljevanje z GPU karticami
  - Sprva single-precision, omejene možnosti programiranja
  - CUDA, OpenCL, OpenACC
  - Primer: Tesla K20X – 2688 jeder, 732 MHz, ~6 GB RAMa, 235 W TDP

Cell Broadband Engine Processor



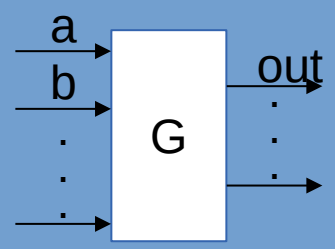
IBM



Vir: Michael Galloy

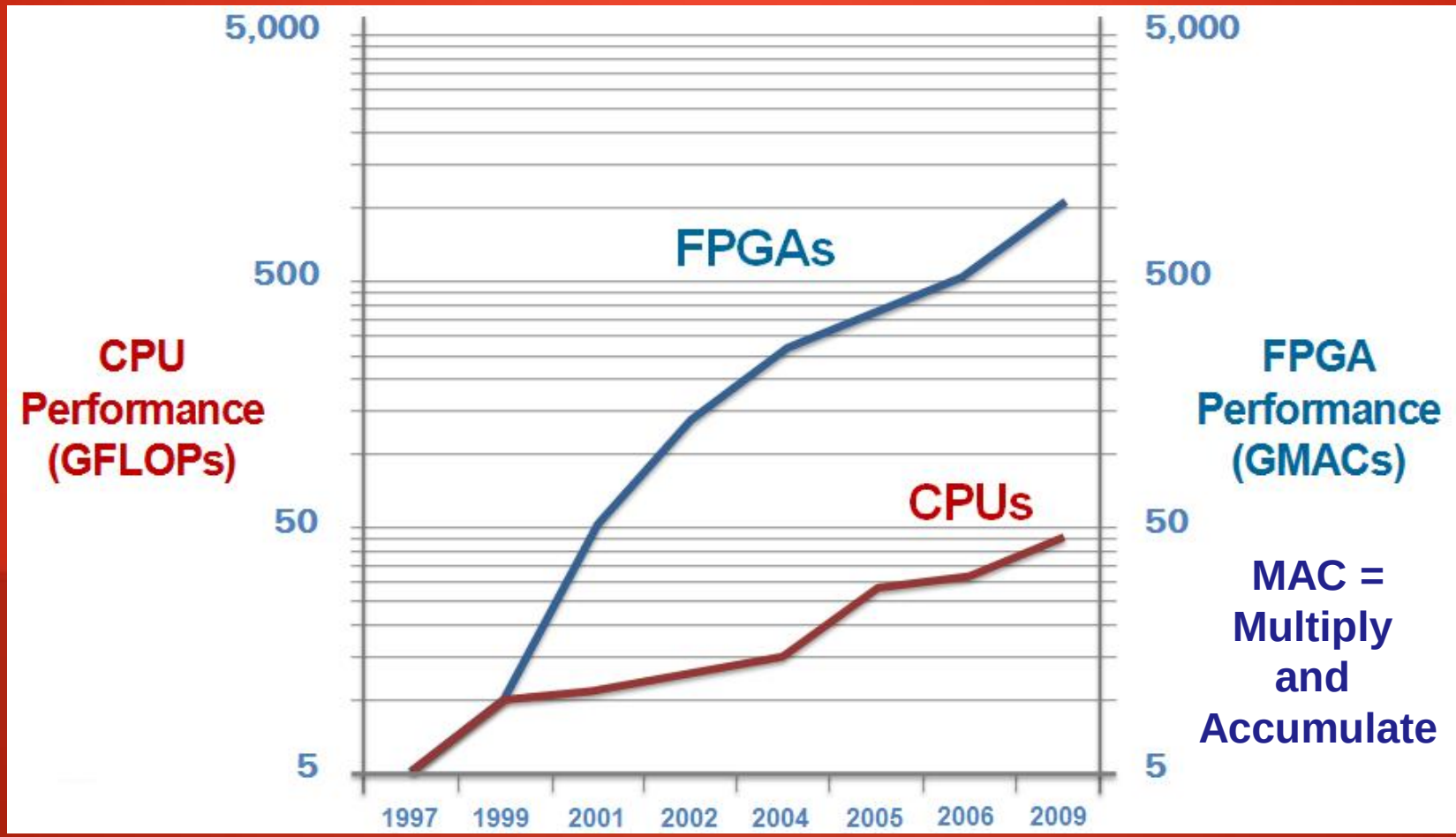
Pospeševalniki

- Razvoj okoli FPGA
  - Field-Programmable Gate Array
  - Vsebujejo fiksne DSPje za hitre operacije tipa a=a+b*c
  - Lasten RAM
  - Nizke frekvence
- Moderni koprocesorski sistemi
  - Intel Xeon Phi:
    - ~60 x86-64 jeder (many-core)
    - Do 32 GB RAMa

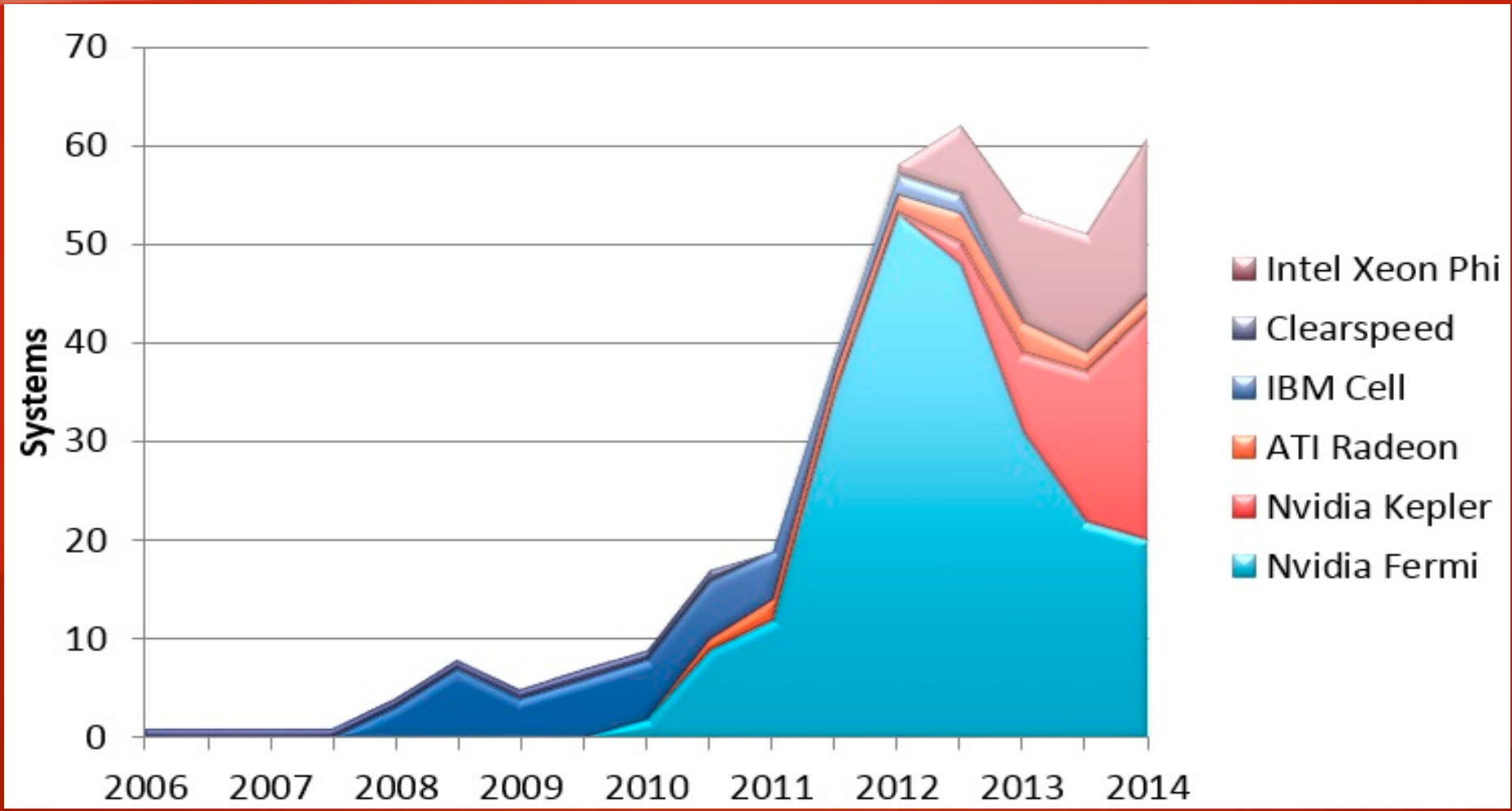


a	b	out
0	0	00
1	0	01
0	1	01
1	1	10

Zmogljivost FPGA pospeševalnikov



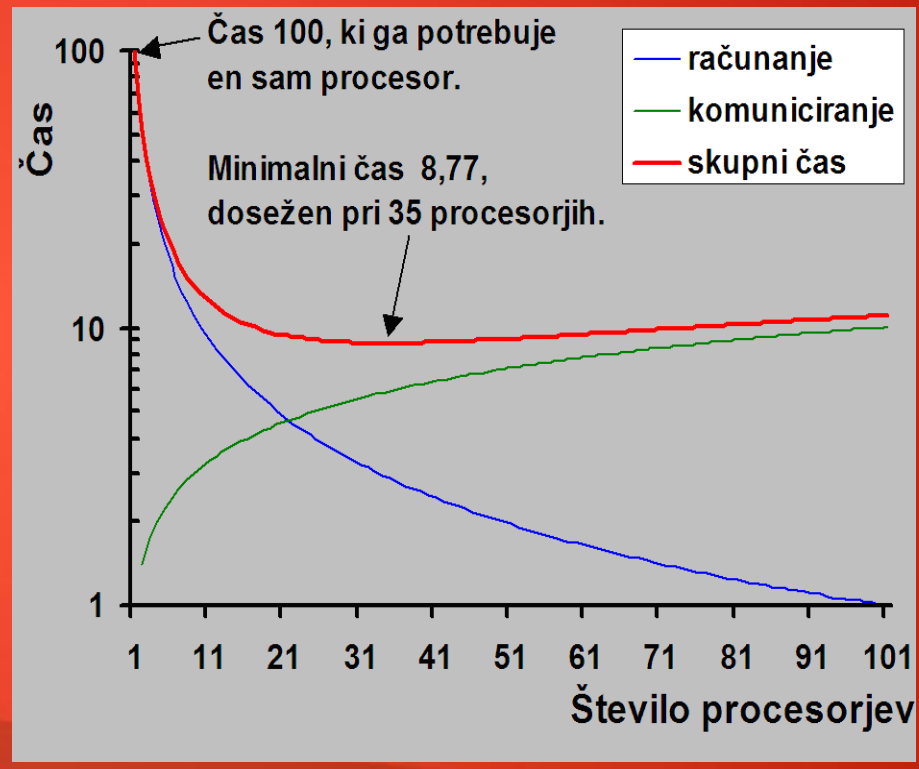
Pospeševalniki v Top 500



Vir: top500

HPC ni le računanje

- Računanje + komunikacija
- Komunikacije ni pri zaporednih programih; pri vzporednih predstavlja 'overhead'
- Poleg komunikacije se prikrade še čakanje (na komunikacijo, na zadnje podatke, na proste vire, ...)

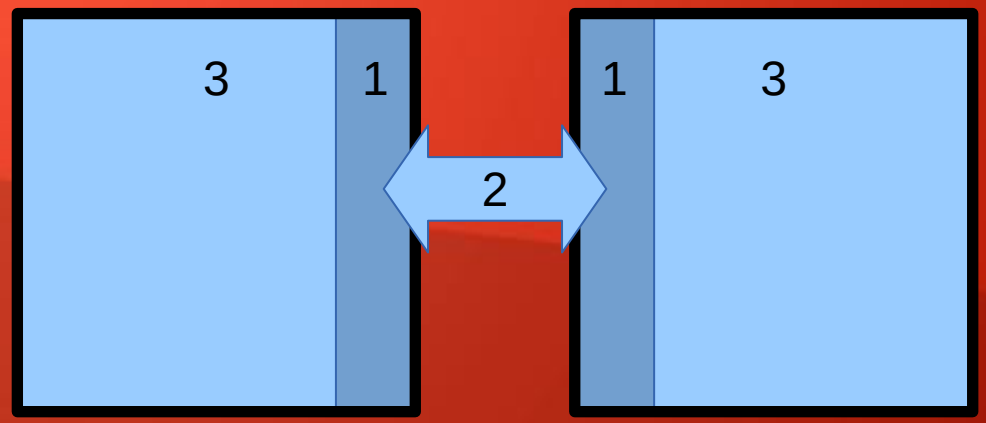


Prekrivanje računanja in komunikacije

- Delna samostojnost perifernih enot
  - Pospeševalniki
  - Mrežna oprema
- Organizacija računanja in komunikacije
  - Procesor si zagotovi podatke od sosedov še preden jih potrebuje
  - Procesor najprej izračuna tisti del podproblema, ki ga mora poslati sosedu
- Procesor samo odda naročilo za pošiljanje ali prejemanje
- Računanje in komunikacija se odvijata hkrati (sta časovno prekrita)

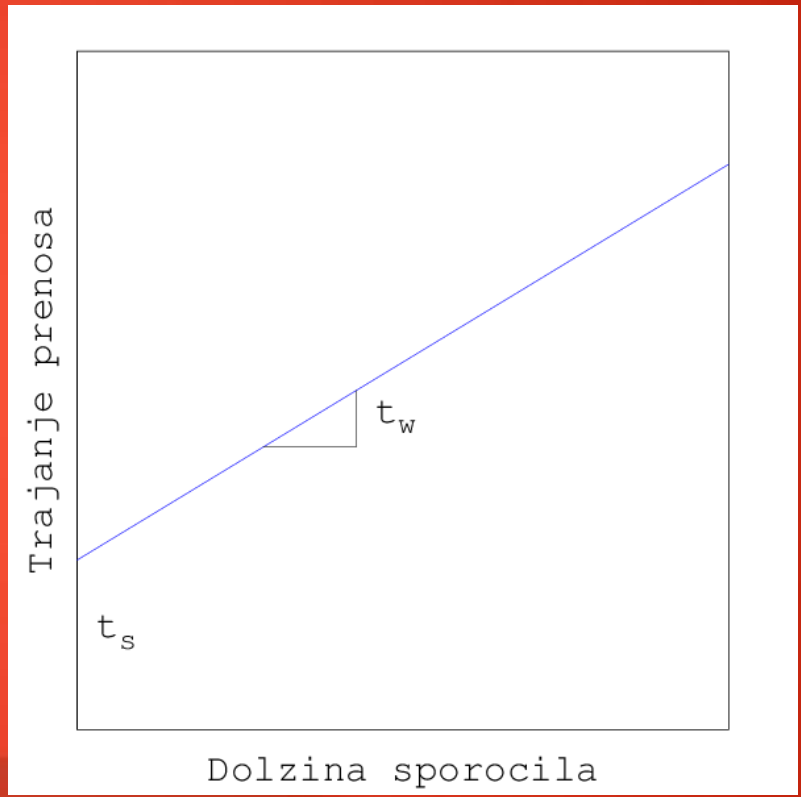
Prekrivanje računanja in komunikacije

- Dva dela domene
  - Neodvisno računanje vsako iteracijo
  - Pred naslednjo iteracijo je treba del domene poslati drugemu procesorju
- Naivno iteriranje:
  - Računanje celotne domene
  - Pošiljanje/sprejemanje dela domene
- Hitrejše iteriranje:
  - Računanje dela domene
  - Asinhrono pošiljanje in sprejemanje dela domene
  - Računanje ostale domene
  - Zaključek komunikacije



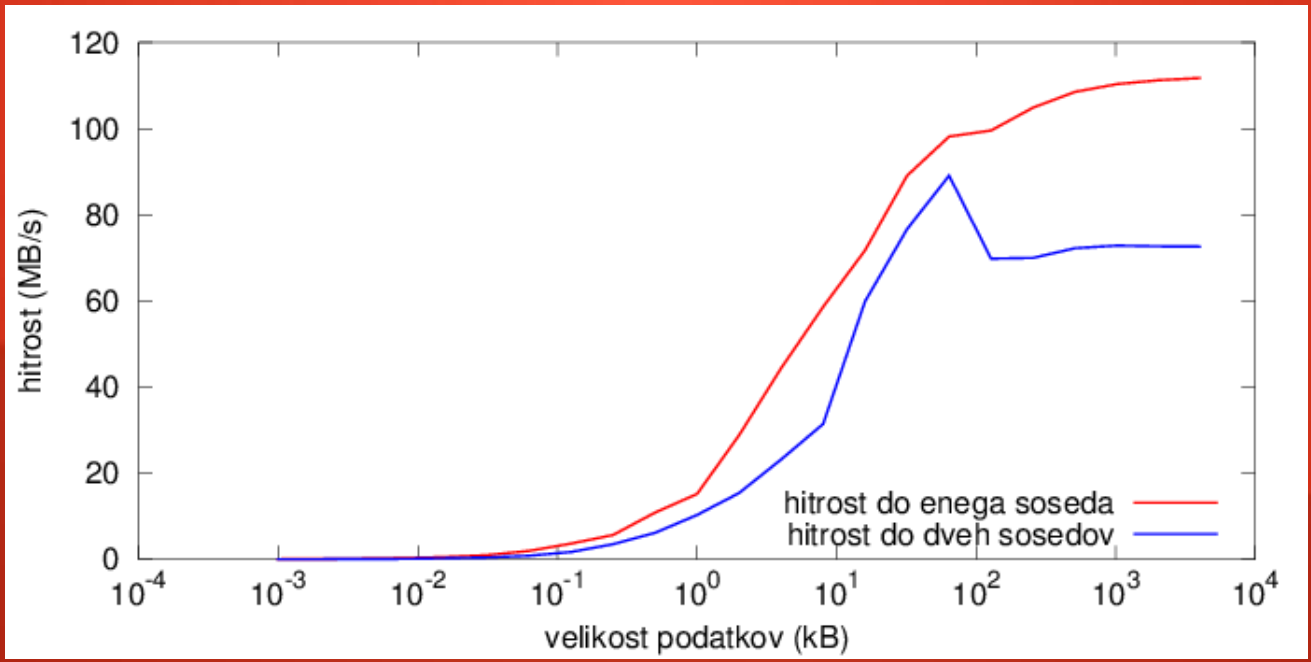
Model komunikacije

- t_s je čas potreben za začetek prenosa (startup)
- t_w je čas potreben za prenos ene besede (en bajt ali nekaj bajtov)
- L je dolžina sporočila
- $t_{msg} = t_s + L^* t_w$
- Majhna sporočila so draga zaradi velike latence
- Hitrost prenosa dolgih sporočil je odvisna le še od pasovne širine



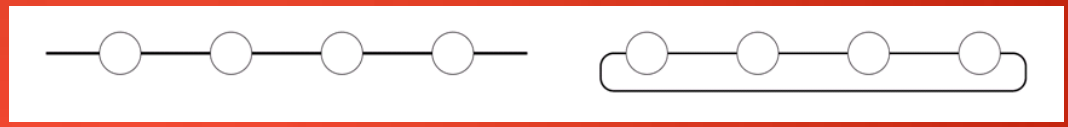
Primer hitrosti komunikacije

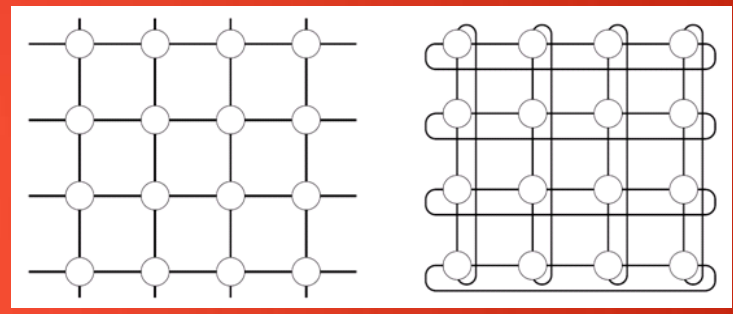
- 1 Gb Ethernet
- Pošiljanje sporočil z MPI
- 1 ali 2 soseda, povezava prek mrežnega stikala

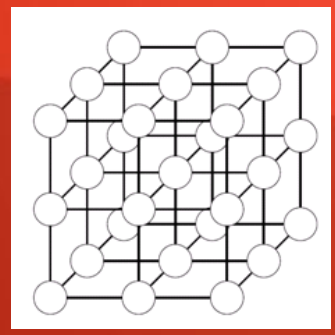


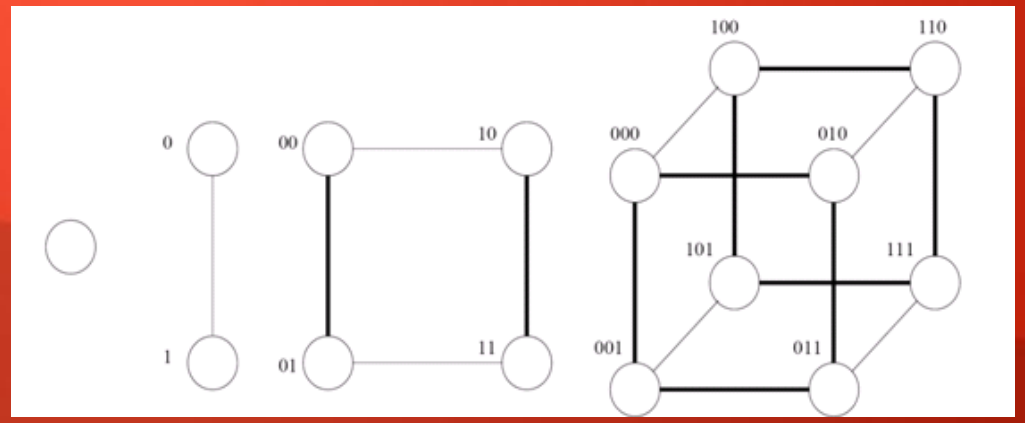
Povezovalne mreže

- Tipi:
  - Obroč (ring)
  - Zvezda
  - Regularne mreže (2D torus, 3D torus, hiperkocka)
  - Neregularne mreže









Lastnosti povezovalnih mrež

- Število vozlišč, ki jih povezuje
- Število povezav na vozlišče
- Uporaba dodatne mrežne opreme (stikala)
- Pasovna širina prereza
- Največja in povprečna razdalja med vozlišči

Uporaba HPC

- Simulacije kompleksnih sistemov (vreme, klima, mehanske naprave, elektronska vezja, …)
- Simulacije proizvodnih procesov, fizikalnih procesov, kemičnih reakcij, eksplozij, …
- Obdelava velike količine podatkov (video, računalniški posebni efekti v filmih, risanke, genetika, internet, …)
- Napovedi stohastičnih in kaotičnih procesov (finance, ekonomija, vreme, …)
- Modeliranje in inverzni problemi (geo-modeliranje, računalniška tomografija, ...)