VMware vs. Hyper-V

VMware vs. Hyper-V

Ondřej Výšek
Solution Architect
Microsoft MVP
ondrej_vysek@dell.com

Petr Kubeš
Solution Architect
Vmware VCP
petr_kubes@dell.com

Váš zájem?

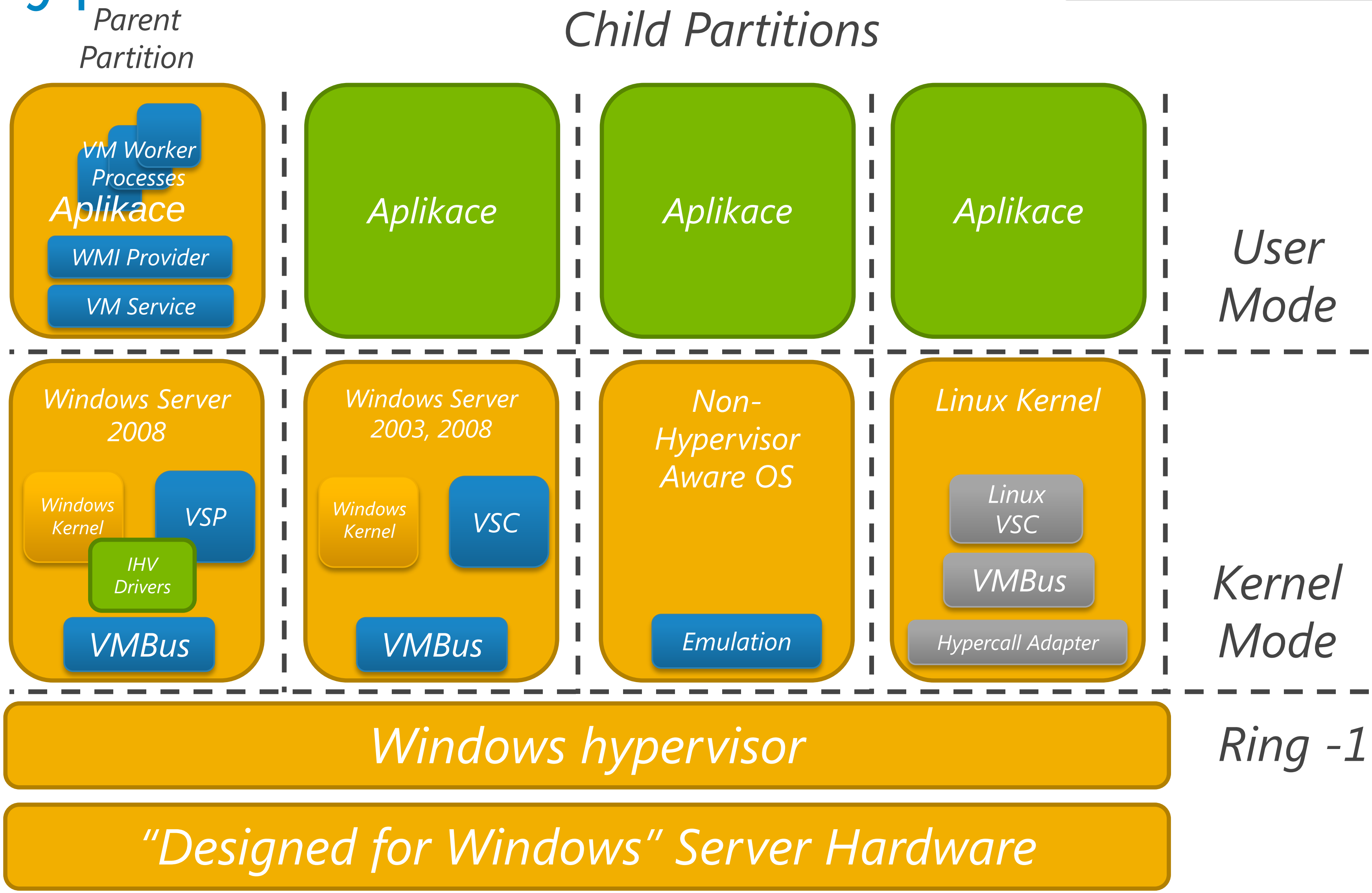
- Mám VMware
  - Chci se ujistit ve volbě
  - Končí maintenance a co dál?
  - Chci se dozvědět něco nového
  - Chci ušetřit ☺
- Mám Hyper-V
  - Chci se dozvědět něco nového
  - Chci se ujistit ve volbě
- Nevirtualizuji a zajímám se, kudy se vydat

- Chci se pobavit ☺

Terminus technikus

Popis	VMware	Hyper-V
Vysoká dostupnost	High Availability (HA)	Windows Cluster
Neplánovaný výpadek	Fault Tolerance	
Resource planning	Dynamic Resource Scheduling (DRS)	Performance Resource Optimization (PRO)
VM Migration	VMotion	Live Migration Quick Migration
Memory planning	Memory Overcommit	Dynamic Memory

Hyper-V Architektura



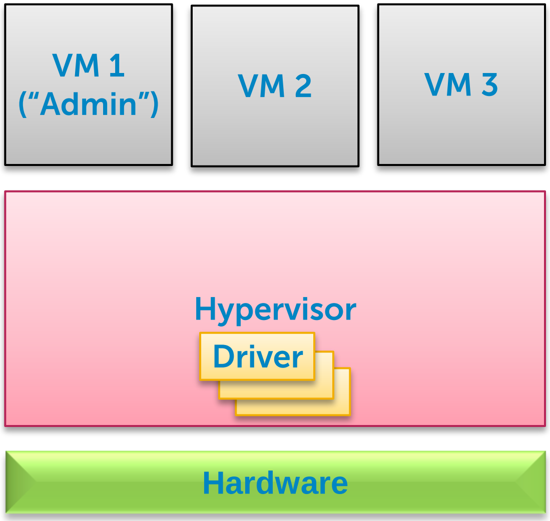
Architektura

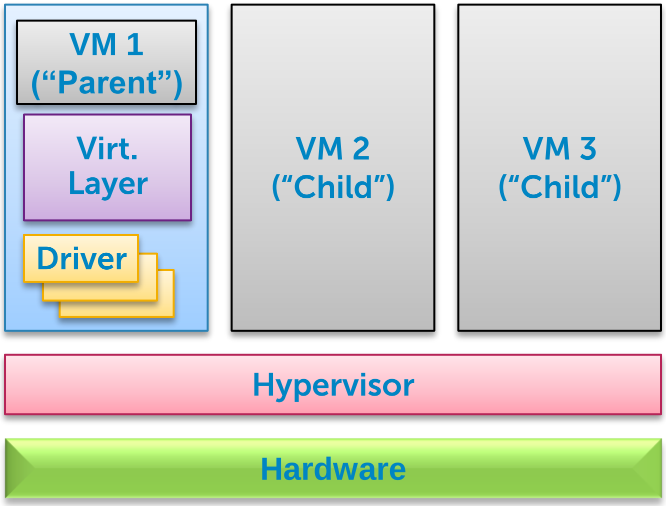
Monolithic Hypervisor

- Jednodušší nežli moderní kernel OS, stále komplexní
- Vlastní driver model

Microkernel Hypervisor

- Jednoduchý partitioning
- Zvýšený výkon
- Žádný cizí kód
- Všechny ovladače jsou ve VM (syntetické)





Microkernel Hypervisor *je bezpečná architektura s minimálním prostorem pro útok*

Příběh dvou hypervisorů

Hypervisor Architecture	Pros	Cons
VMware's Approach (Drivers in Hypervisor)	Better control of resources used by device drivers	Third-party code in hypervisor
	Drivers optimized and tested for virtualization	Larger hypervisor
	All VMs operate independently	Smaller range of supported hardware
Microsoft's Approach (Drivers in Parent Partition)	No third-party code in the hypervisor	Uses standard Windows device drivers
	Smaller hypervisor	Failure in the parent partition could affect all VMs
	Broader hardware support	Longer code path for drivers

Hyper-V Attack Surface

- Download
- **Windows Server 2008R2**
  - Hvax64.exe (AMD version) – 643KB
  - Hvix64.exe (Intel version) – 707KB
  - Hvboot,sys – 119KB

  - 2008R2 – hotfix pro HyperVisor
    - KB974598 – chyba spolupráce s HW
    - KB2264080 – Chyba spolupráce s HW – Xeon5500, i7-800, i5-700 (KB975530 a KB981791)
    - KB974909 – chyba síťování (DoS)
    - KB981618 – Chyba spolupráce s HW – AMD řada 10h
    - KB2133637 – Chyba spolupráce s HW – podpora více jak 512GB RAM (DoS)
  - Ostatní QFE se netýkají Hyper-V!

VMware ESXi 4.1

- 1029401 – Critical – Chyba spolupráce s HW (Broadcom)
- 1027028 – Critical – Chyba vmware-install.pl
- 1027025 – Critical – Chyba spolupráce HW
- 1027021 – Security – CVE-2009-0844,0845,0846,4212,2010-1321

- Možnost firewall, antivir na HyperVisoru (kupte další cpu)
- Ostatní aktualizace se netýkají Hypervisoru!

Microsoft Hyper-V

1. Windows Server 2008 R2—Hyper-V Role
2. Hyper-V Server 2008 R2 (Free)
3. Vlastnosti
   - 4-way Virtual SMP
   - 64GB RAM per VM
   - Live Migration & Quick Migration
     - Windows Server 2008 R2 Failover Clustering
   - Live backups pomocí Volume Shadow Copy Service
   - Direct SAN LUN mapping
   - Offline VHD tools
   - No USB in guests (up to SP1 – 16.2.2011)
   - No mem overcommit (up to SP1 – 16.2.2011)

- Development start in 2006 codename Viridian

VMware ESX Server 4 & ESXi

1. Leader v enterprise virtualization products
   - 78% podíl trhu (IDC Oct 16th, 2008)

2. Vlastnosti
   - 8-way virtual SMP (Enterprise Plus)
     • 4-way virtual SMP pro ostatní edice
   - Až 255 GB RAM per VM (pak 1:1)
   - Podpora široké škály Windows a Linux VMs
     - Podpora NT4 (i když výrobce OS nepodporuje ☺)
   - VMotion
   - Direct SAN LUN mapping, boot from SAN
   - USB v Guests
   - FT

Rozdíly ESX 4 a ESXi

ESXi

- Zdarma
- Žádná konzola
- 32 MB
- Managed by vSphere Client
- Může použít vMotion, DRS, HA, FT (zadání licenčního klíče, napojení na vCentre server)

ESX 4

- Součástí vSphere
- Linux based Service Console
  - Run scripts
  - Load drivers and third party products
- ~32 MB hypervisor / 700MB
- Managed by vSphere Client/vCenter server
- Používá vMotion, DRS, HA, FT
- ~700MB RAM

Detailní popis:
http://kb.vmware.com/selfservice/microsites/search.do?language=en_US&cmd=displayKC&externalId=1006543

VMware vSphere Editions - SMB

ESXi Single

- 4-way vSMP
- 6 cores per CPU
- 256GB RAM/Host
- Thin Provisioning
- Free License

Essentials

- 4-way vSMP
- 6 cores per CPU
- 256GB RAM/Host
- Thin Provisioning
- Update Manager
- vCenter Agent
- vCenter Server for Essentials to manage 3 ESX/ESXi Hosts

Essentials Plus

- 4-way vSMP
- 6 cores per CPU
- 256GB RAM/Host
- Thin Provisioning
- Update Manager
- vCenter Agent
- vCenter Server for Essentials to manage 3 ESX/ESXI Hosts

- High Availability
- Data Recovery
- VMotion

Small business

VMware vSphere Editions

Standard

- vCenter Agent
- VCB/vStorage API
- Update Manager
- High Availability
- Thin Provisioning
- Vmotion
- Data Recovery

- 4-way vSMP
- 6 cores per CPU
- 256GB RAM/Host

Basic consolidation and high availability

Advanced

- vCenter Agent
- VCB/vStorage API
- Update Manager
- High Availability
- Thin Provisioning
- Vmotion
- Data Recovery

- 4-way vSMP
- 12 cores per CPU
- 256GB RAM/Host

- Hot Add Virtual Devices
- Fault Tolerance
- vShield Zones

Mission-critical Production

Enterprise

- vCenter Agent
- VCB/vStorage API
- Update Manager
- High Availability
- Thin Provisioning
- Vmotion
- Data Recovery

- 4-way vSMP
- 6 cores per CPU
- 256GB RAM/Host

- Hot Add Virtual Devices
- Fault Tolerance
- vShield Zones

- Storage VMotion
- DRS and DPM

Large-scale management

Enterprise Plus

- vCenter Agent
- VCB/vStorage API
- Update Manager
- High Availability
- Thin Provisioning
- Vmotion
- Data Recovery

- 8-way vSMP
- 12 cores per CPU
- No RAM/Host Limit

- Hot Add Virtual Devices
- Fault Tolerance
- vShield Zones

- Storage VMotion
- DRS and DPM

- Distributed Switch
- Host Profiles

*vCenter Server licensed separately

*Unlicensed 60-day evaluation mode equivalent to Enterprise Plus

Edice Windows Server 2008 R2 a Hyper-V

Edice Windows Server	Hyper-V	Vysoká dostupnost	Počet volných VM	Placená licence
Standard	✓		1	✓
Enterprise	✓	✓	4	✓
Datacenter	✓	✓	neomezeno	✓
Standard Core	✓		1	✓
Enterprise Core	✓	✓	4	✓
Datacenter Core	✓	✓	neomezeno	✓
Hyper-V server	✓	✓	0	

Statistika nuda je…

… má však přesné údaje

Testy výkonnosti

- 2x DELL PE M600 Blade
  - 2x quad Intel Xeon 5450
  - 16GB RAM
  - 2x SAS 146GB RAID1

- PassMark v7
  - Fyzický server Windows Server 2008R2 (1-8CPU)
  - VMware ESX 4.1 (1-8CPU)
  - Hyper-V R2 (1-4CPU)
  - Hyper-V R2SP1 RC (1-4CPU)
  - 2x VM paralelně
  - 3x VM paralelně
- IOMeter

PassMark tests - CPU

- CPU
  - Integer Math (Mops/s) -32-bit and 64-bit addition, subtraction, multiplication and division using integer variables
  - Floating point (Mops/s) - 32-bit and 64-bit addition, subtraction, multiplication and division using floating point variables
  - Prime numbers (Kprimes/s) - Finds prime numbers
  - SSE (Mmatrices/sec) - 128-bit SSE operations
  - Compression (KBprocess/sec) - Adaptive encoding algorithm
  - Encryption (Mbtranfer/sec) - Blowfish enciphering algorithm, 16byte key in blocks of 4 KB
  - Physics (FPS) - Fluid Mechanics & game physics
  - String sorting (Kstrings/sec) - Sorts an array of 100,000 random strings each 25 characters long

PassMark test – memory, disk

- **Memory**
  - Allocate Small Block (MB/s) - time taken to allocate & free small zeroed memory blocks (around 100KB block size)
  - Read Cached (MB/s) - time taken to read a small block of memory
  - Read Uncached (MB/s) - time taken to read a large block of memory. The block is too large to be held in cache.
  - Write (MB/s) - time taken to write information into memory
  - Large RAM (ops/sec) - allocate very large amounts of RAM and the time taken to read this RAM
- **Disk - A large test file is created on the disk under test**
  - Disk Seq/R (Mbtranfer/sec) - file is read sequentially from start to end
  - Disk Seq/W (Mbtranfer/sec) - file is written sequentially from start to end
  - Random R+W (Mbtranfer/sec) - file is read randomly

... bitva začíná...

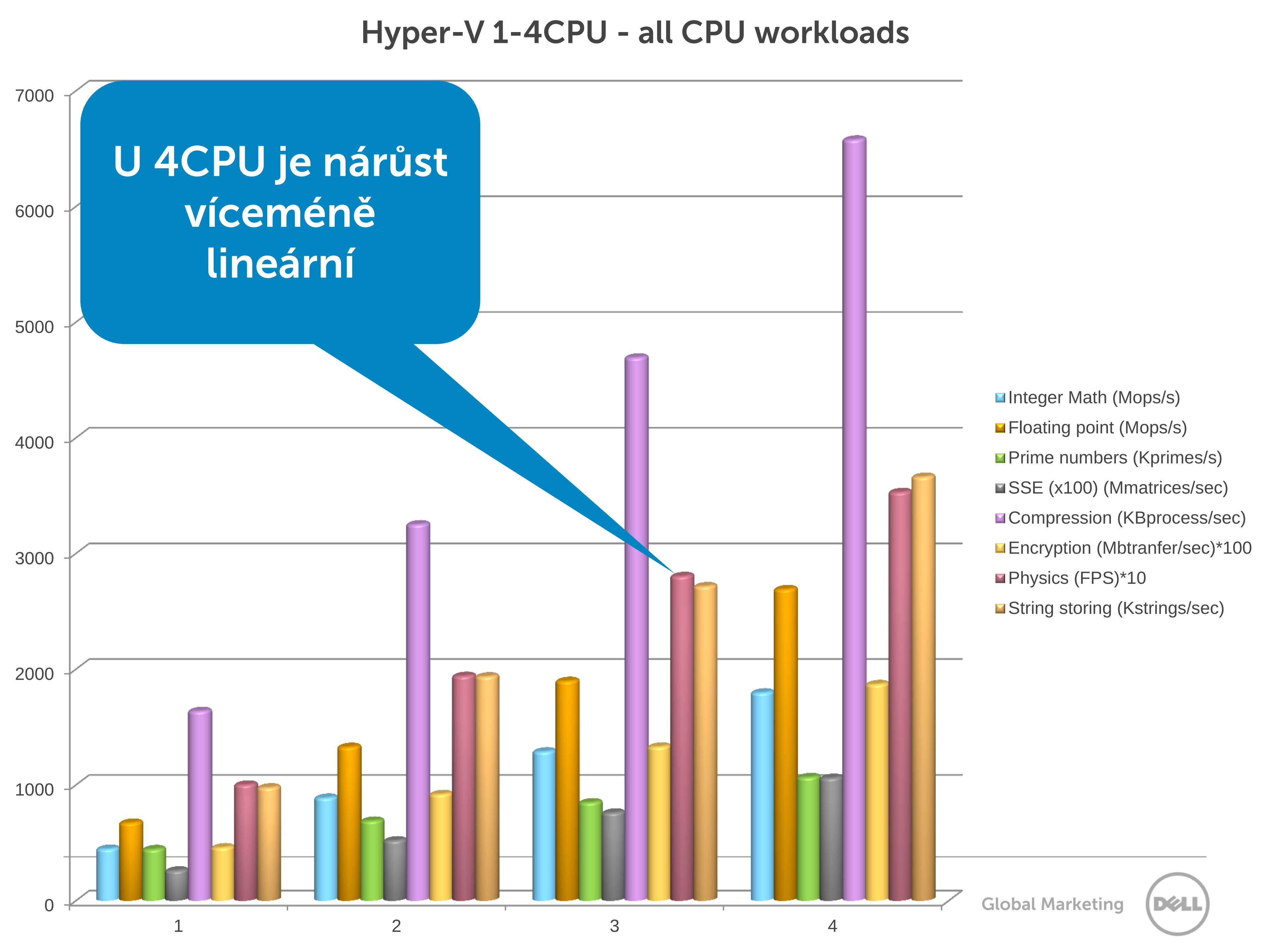
Vsaďte si na vítěze!

Fyzický server 1-8 CPU - all CPU workloads

Global Marketing

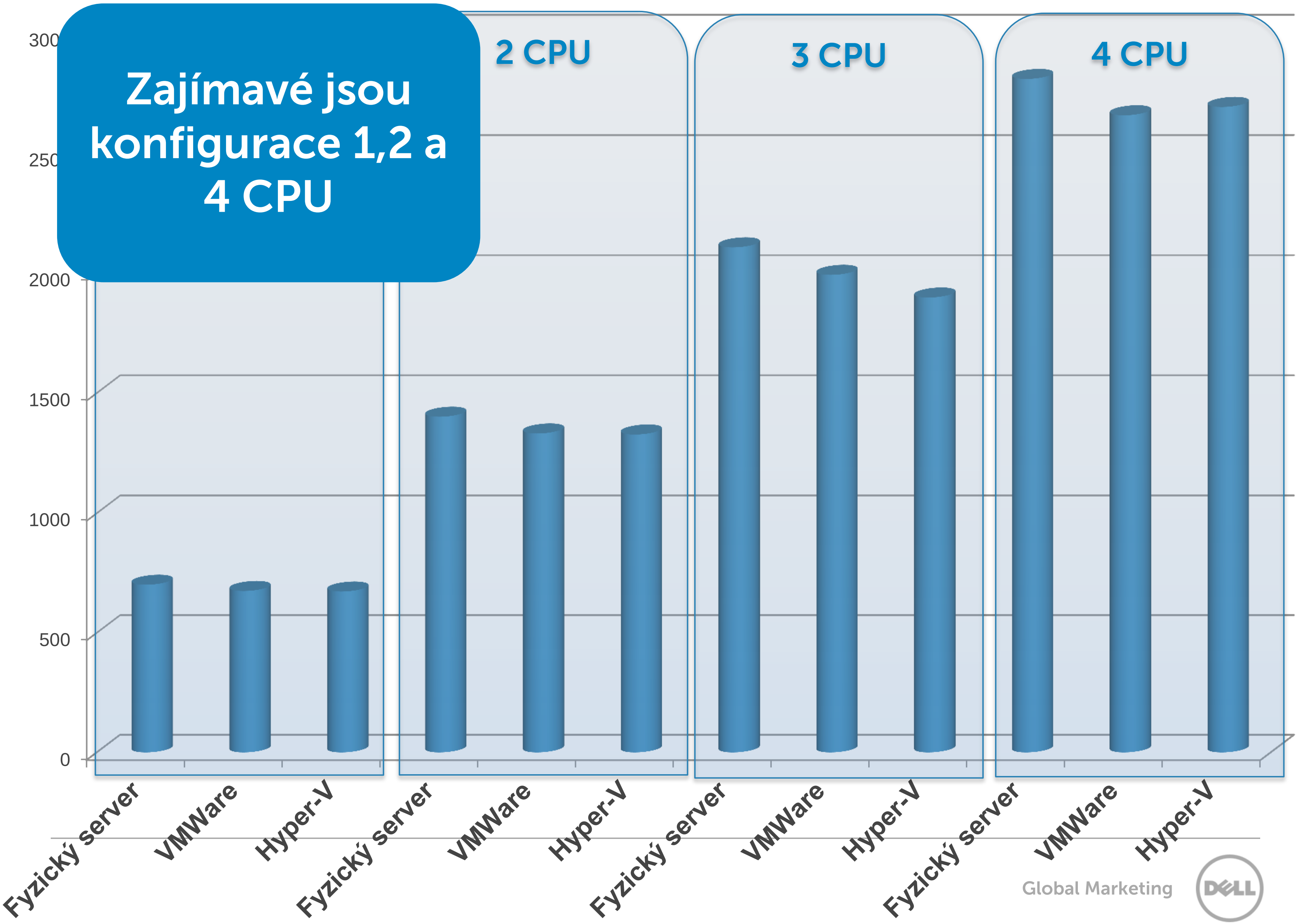
VMware 1-8CPU - all CPU workloads

Global Marketing

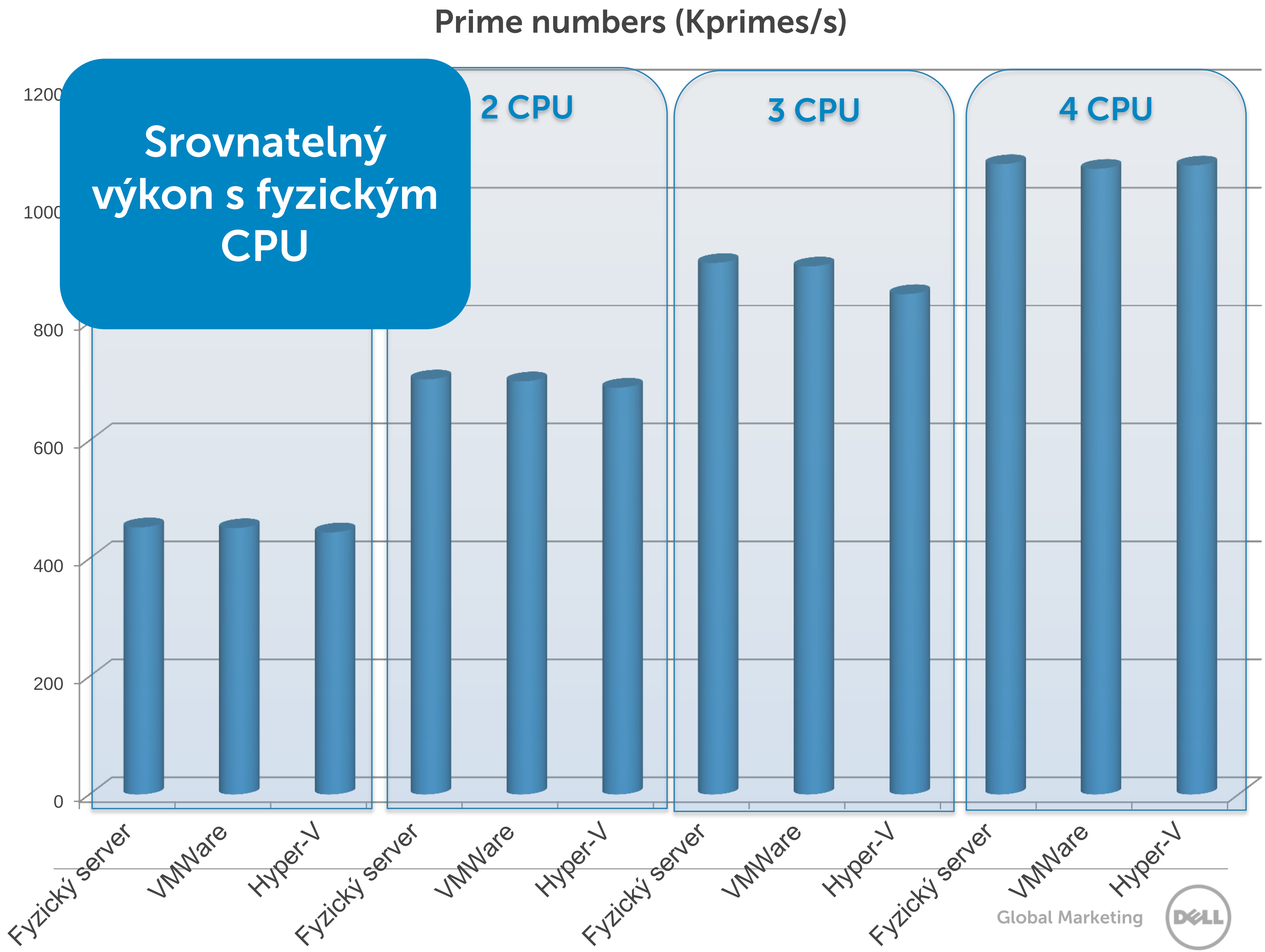


Hyper-V 1-4CPU - all CPU workloads
U 4CPU je nárůst víceméně lineární
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1
2
3
4
Integer Math (Mops/s)
Floating point (Mops/s)
Prime numbers (Kprimes/s)
SSE (x100) (Mmatrices/sec)
Compression (KBprocess/sec)
Encryption (Mbtranfer/sec)*100
Physics (FPS)*10
String storing (Kstrings/sec)
Global Marketing

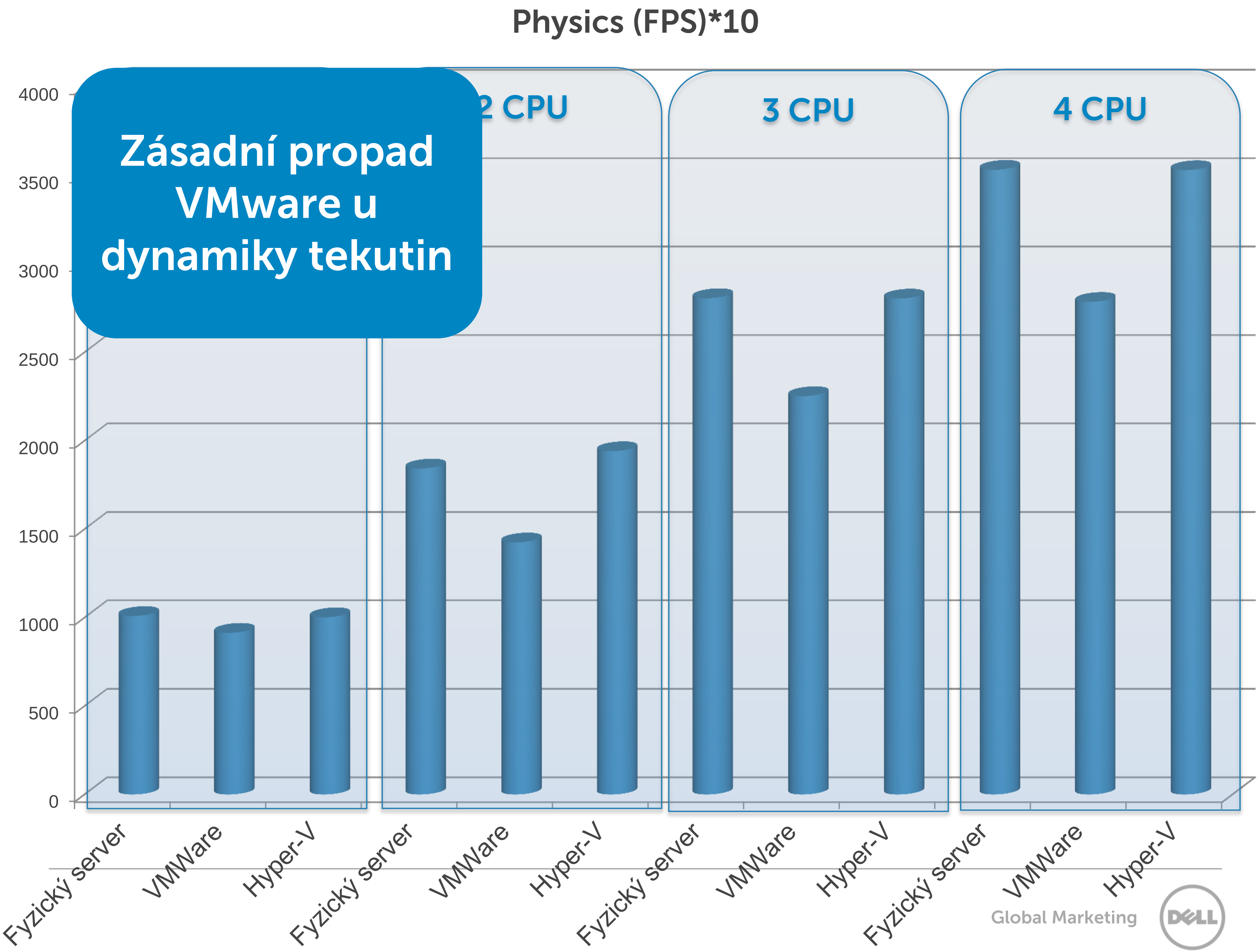
Floating point (Mops/s)



Global Marketing

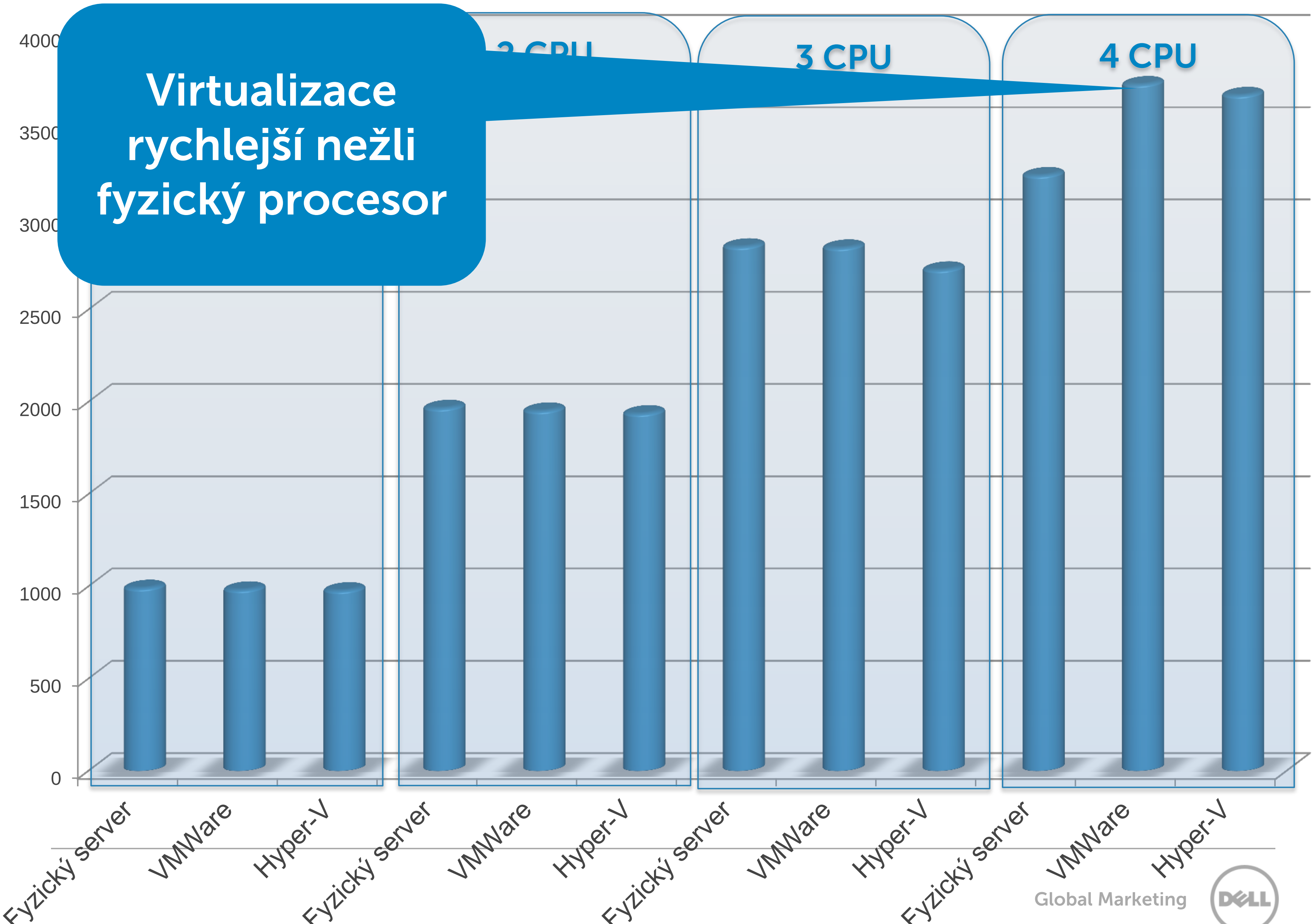


Prime numbers (Kprimes/s)
Srovnatelný výkon s fyzickým CPU
2 CPU
3 CPU
4 CPU
1200
1000
800
600
400
200
0
Fyzický server
VMWare
Hyper-V
Fyzický server
VMWare
Hyper-V
Fyzický server
VMWare
Hyper-V
Fyzický server
VMWare
Hyper-V
Global Marketing



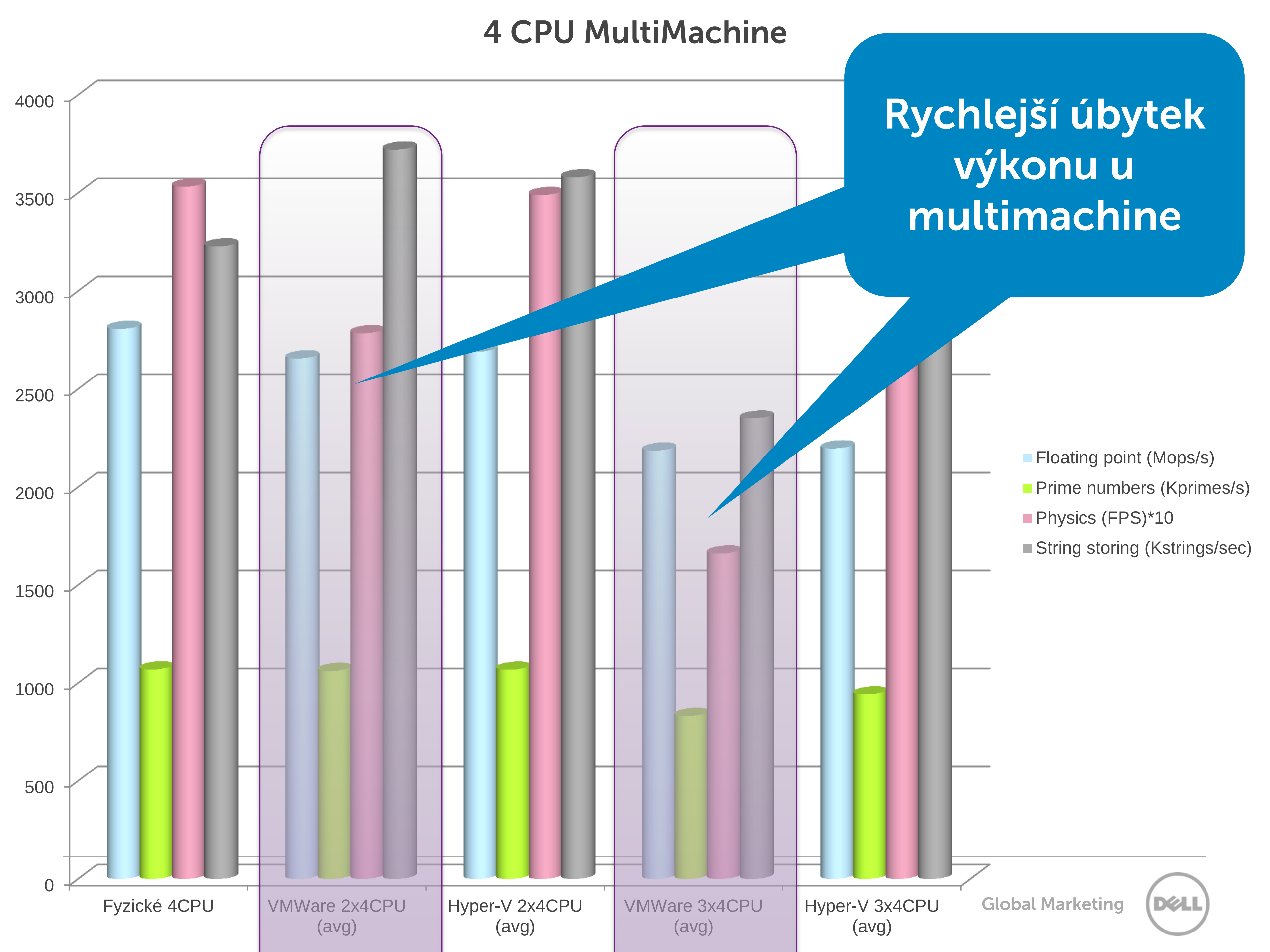
Physics (FPS)*10
Zásadní propad VMware u dynamiky tekutin
2 CPU
3 CPU
4 CPU
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
Fyzický server
VMWare
Hyper-V
Fyzický server
VMWare
Hyper-V
Fyzický server
VMWare
Hyper-V
Fyzický server
VMWare
Hyper-V
Global Marketing

String storing (Kstrings/sec)



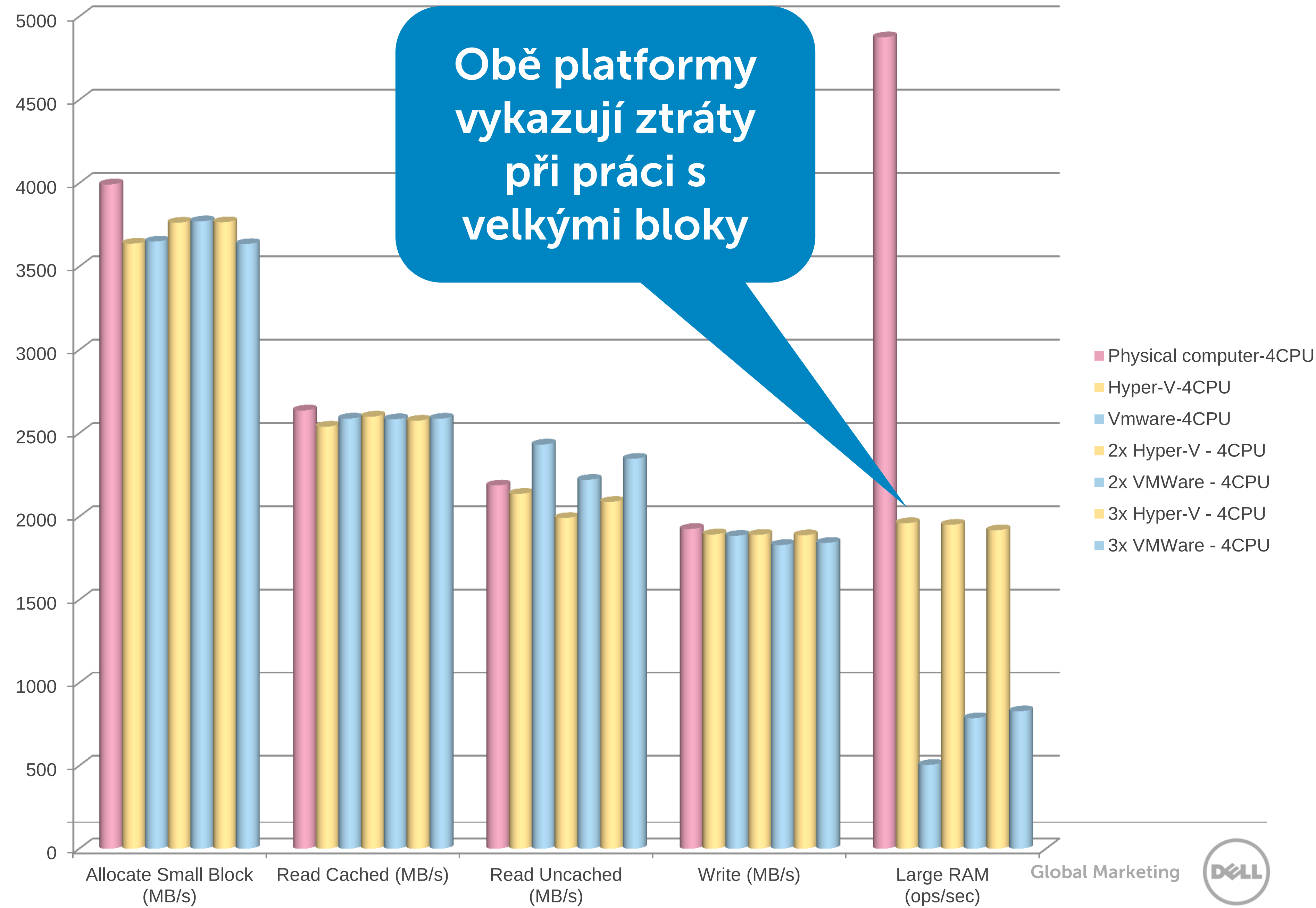
Global Marketing

Zaměříme se pouze na 1 a 4 CPU



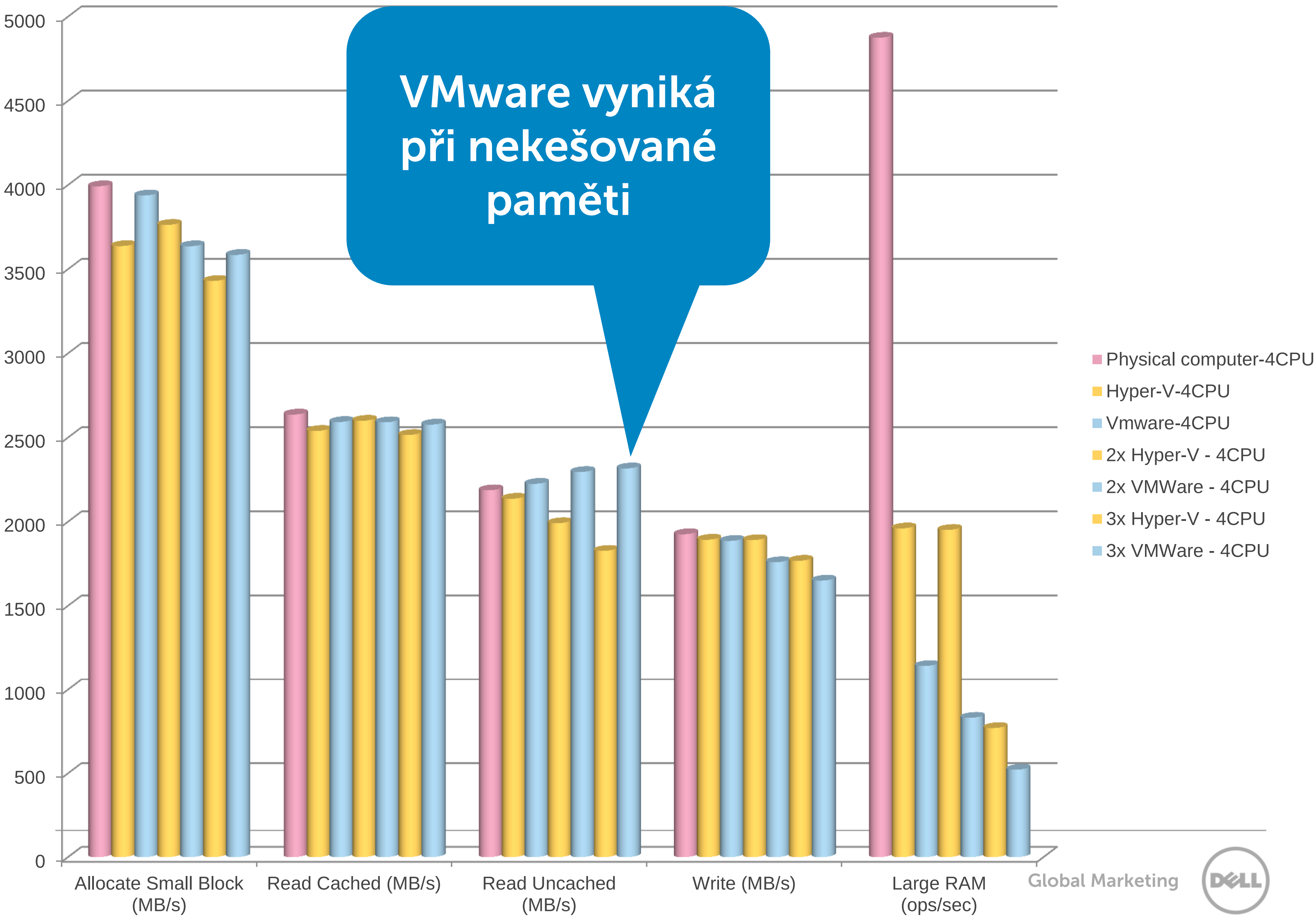
4 CPU MultiMachine
Rychlejší úbytek výkonu u multimachine
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
Fyzické 4CPU
VMWare 2x4CPU (avg)
Hyper-V 2x4CPU (avg)
VMWare 3x4CPU (avg)
Hyper-V 3x4CPU (avg)
Floating point (Mops/s)
Prime numbers (Kprimes/s)
Physics (FPS)*10
String storing (Kstrings/sec)
Global Marketing

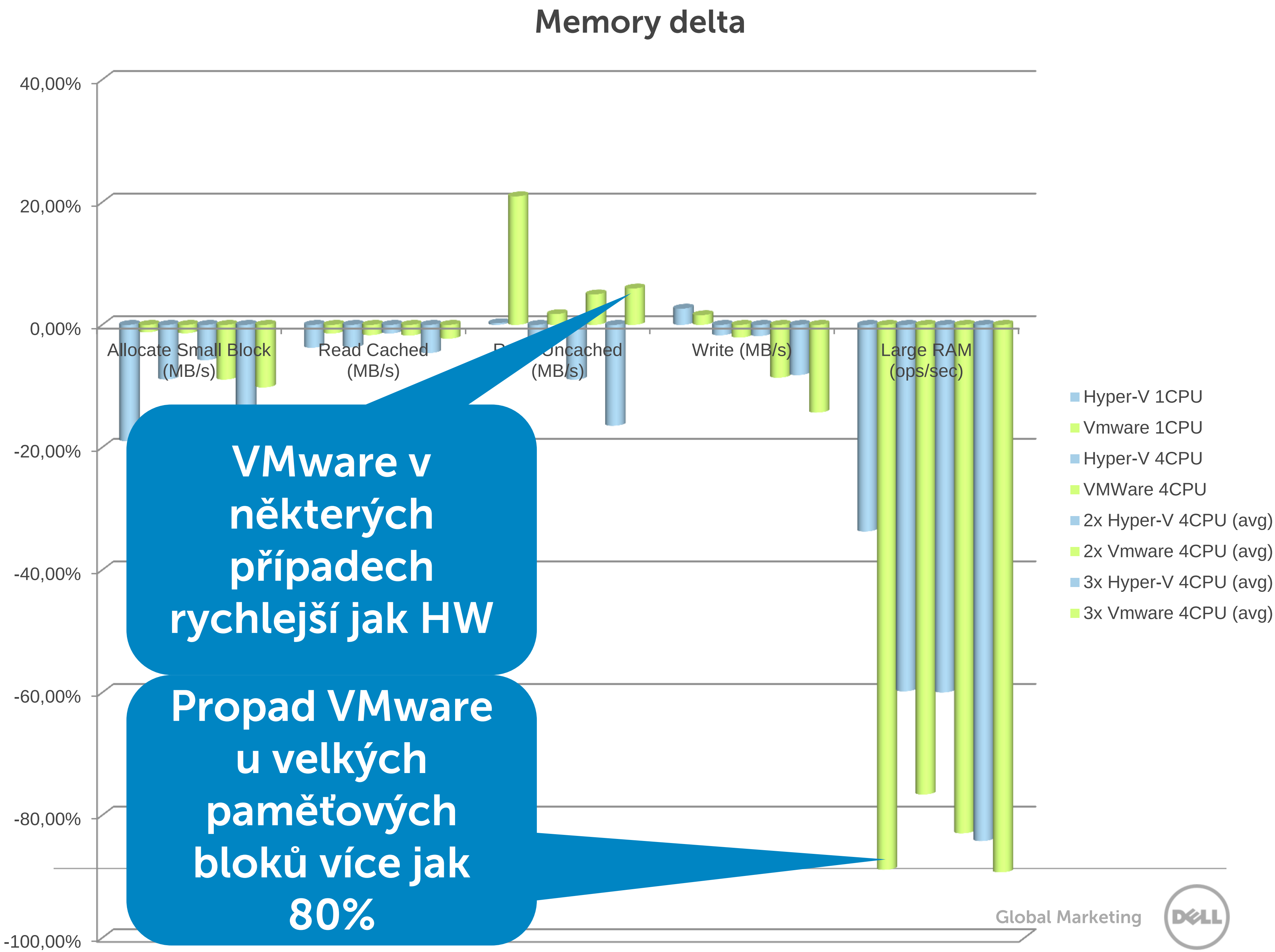
Memory overview



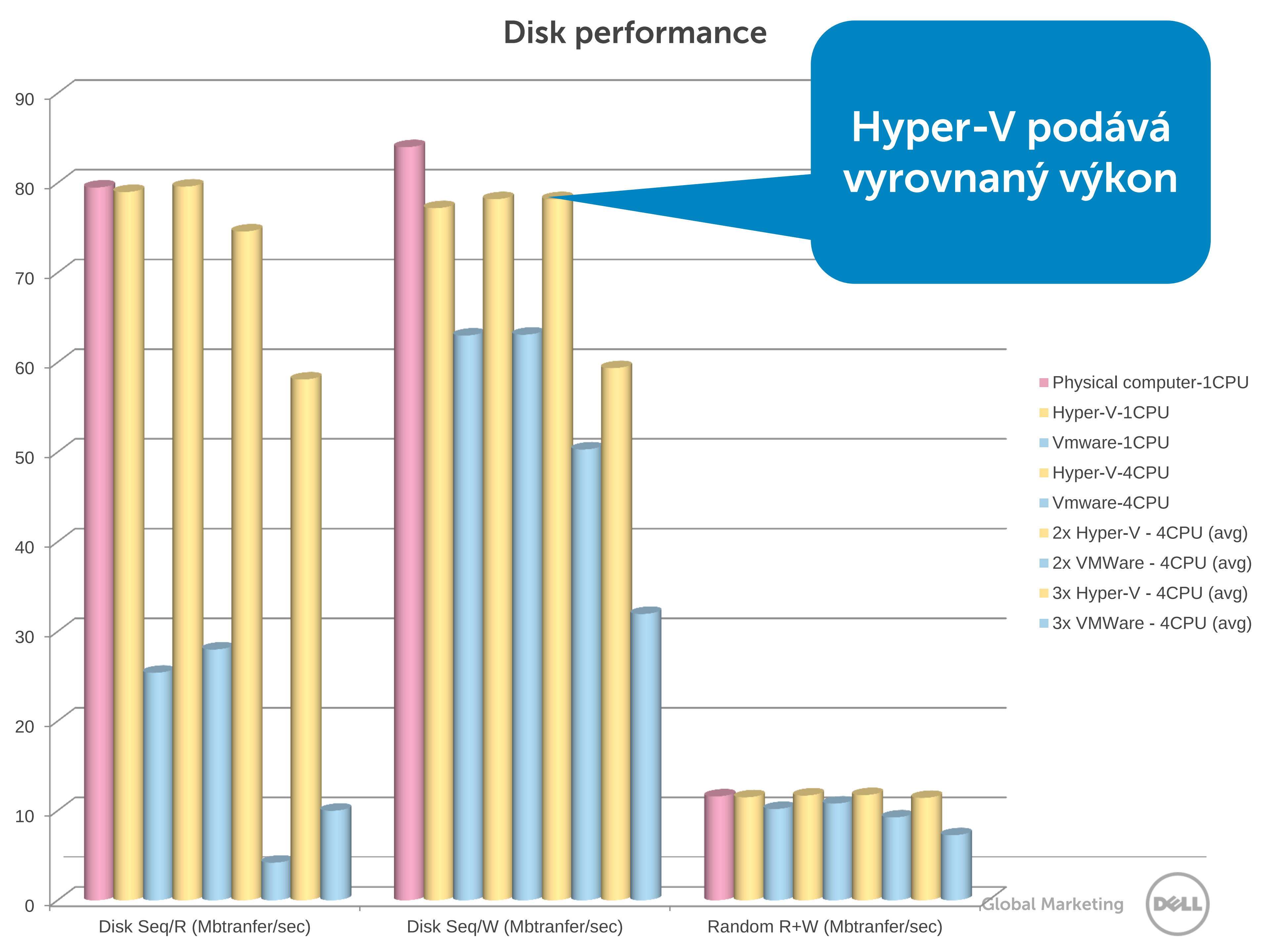
Global Marketing

Memory performance 4CPU, 4CPU multi machine



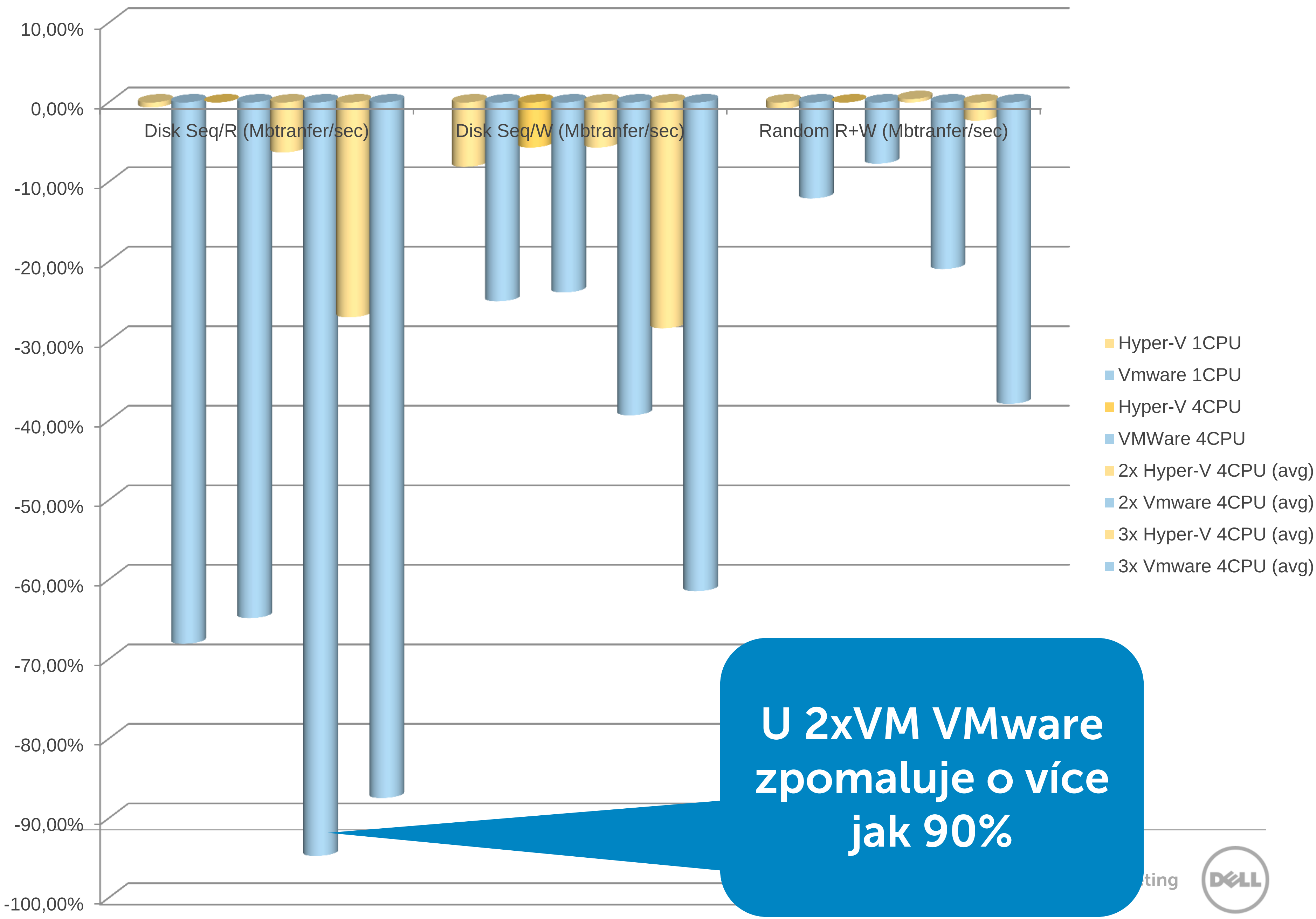


Memory delta
40,00%
20,00%
0,00%
-20,00%
-40,00%
-60,00%
-80,00%
-100,00%
Allocate Small Block (MB/s)
Read Cached (MB/s)
Uncached (MB/s)
Write (MB/s)
Large RAM (ops/sec)
Hyper-V 1CPU
Vmware 1CPU
Hyper-V 4CPU
VMWare 4CPU
2x Hyper-V 4CPU (avg)
2x Vmware 4CPU (avg)
3x Hyper-V 4CPU (avg)
3x Vmware 4CPU (avg)
VMware v některých případech rychlejší jak HW
Propad VMware u velkých paměťových bloků více jak 80%

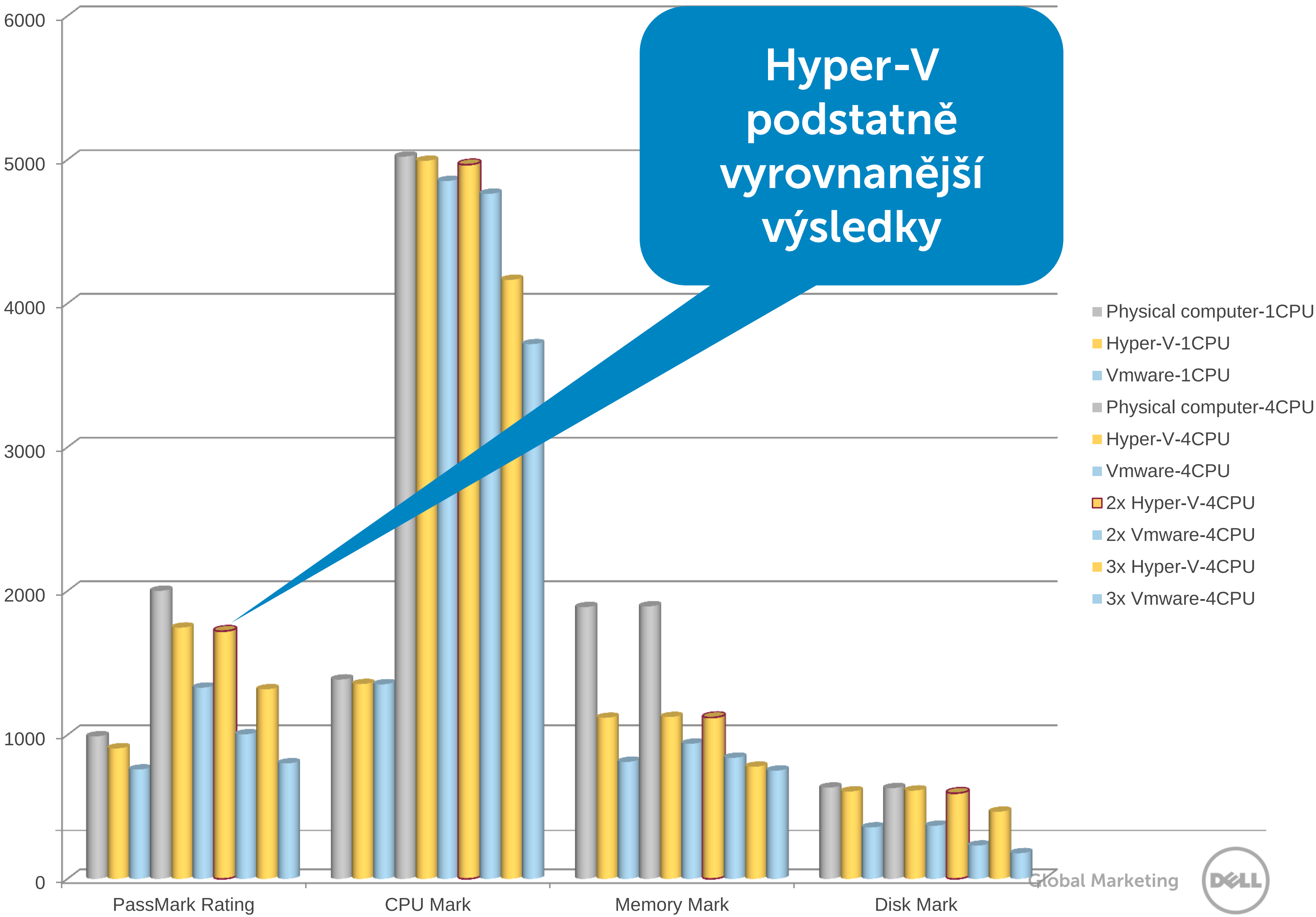


Disk performance
Hyper-V podává vyrovnaný výkon
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Physical computer-1CPU
Hyper-V-1CPU
Vmware-1CPU
Hyper-V-4CPU
Vmware-4CPU
2x Hyper-V - 4CPU (avg)
2x VMWare - 4CPU (avg)
3x Hyper-V - 4CPU (avg)
3x VMWare - 4CPU (avg)
Disk Seq/R (Mbtranfer/sec)
Disk Seq/W (Mbtranfer/sec)
Random R+W (Mbtranfer/sec)
Global Marketing

Disk performance delta



PassMark rating



Global Marketing

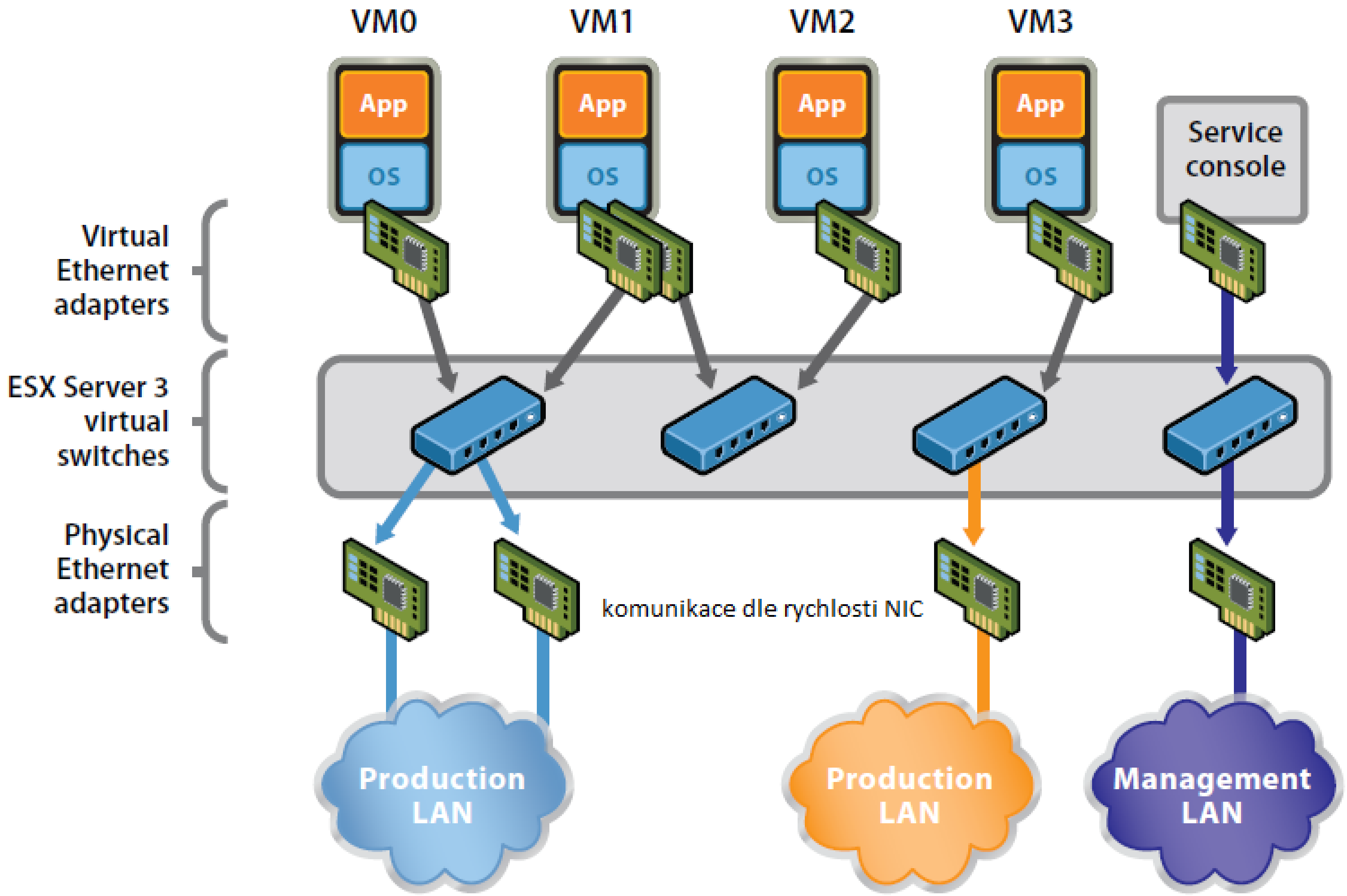
Váš vítěz?

VMware a Hyper-V

- Obě platformy jsou připraveny pro provoz náročných operací
- Až na výjimky rozdíly v řádu statistické chyby
  - VMware má lepší memory management
  - Hyper-V vítězí v discích
- Více procesorů neznamená více výkonu
  - Poznatek: je lepší 2x VM4CPU nežli 1x8CPU

VMware networking

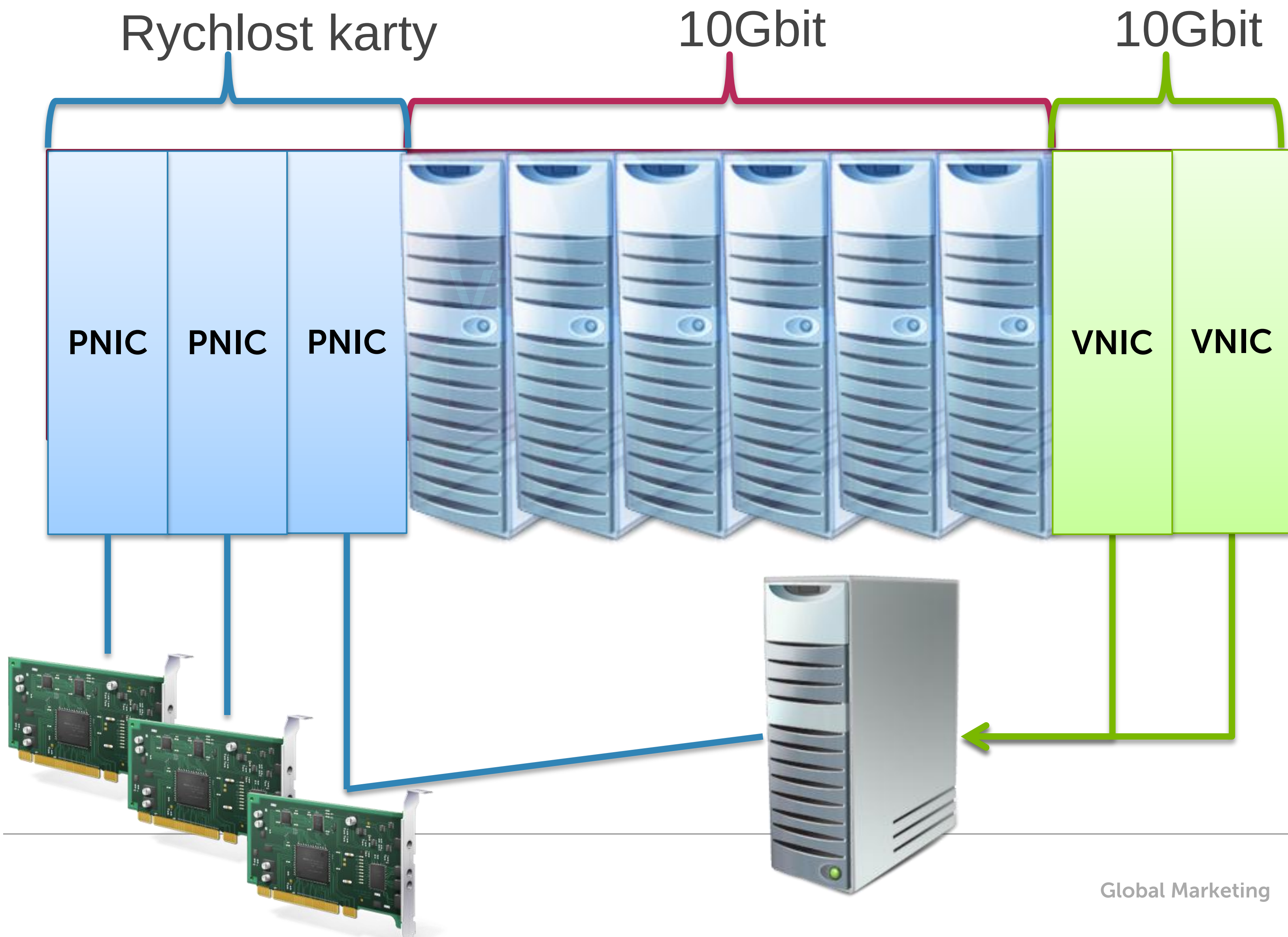
Komunikace až na rychlosti 10GBit (VMXNET2/3)



komunikace dle rychlosti NIC

Figure 1 — Virtual switches in ESX Server 3 connect virtual machines and the service console to each other and to external networks.

Hyper-V Networking



Hypervisor Summary (nikoliv platforma)

ESX Server

- Žádná závislost na Windows
- Širší podpora guest systémů
- Srovnatelný výkon k HW
- Větší Hypervisor / Menší platforma
- Větší škálovatelnost pro velké implementace: více podporovaných aplikací – déle na trhu
- ~32MB Hypervisor
- ~718MB RAM

Hyper-V

- Levnější
- Rozsáhlejší podpora HW
- Srovnatelný výkon k HW
- Menší Hypervisor / Obsálejší podpora
- Extrémně cenově výhodný pro menší podniky (3 nody v clusteru) – HA v ceně, Hyper-V zdarma,...
- Bez podpory Solaris
- Mladší platforma, méně podporovaných aplikací – nyní např. I certifikovaný SAP a Oracle
- ~1MB Hypervisor
- ~320MB RAM

Management Suites

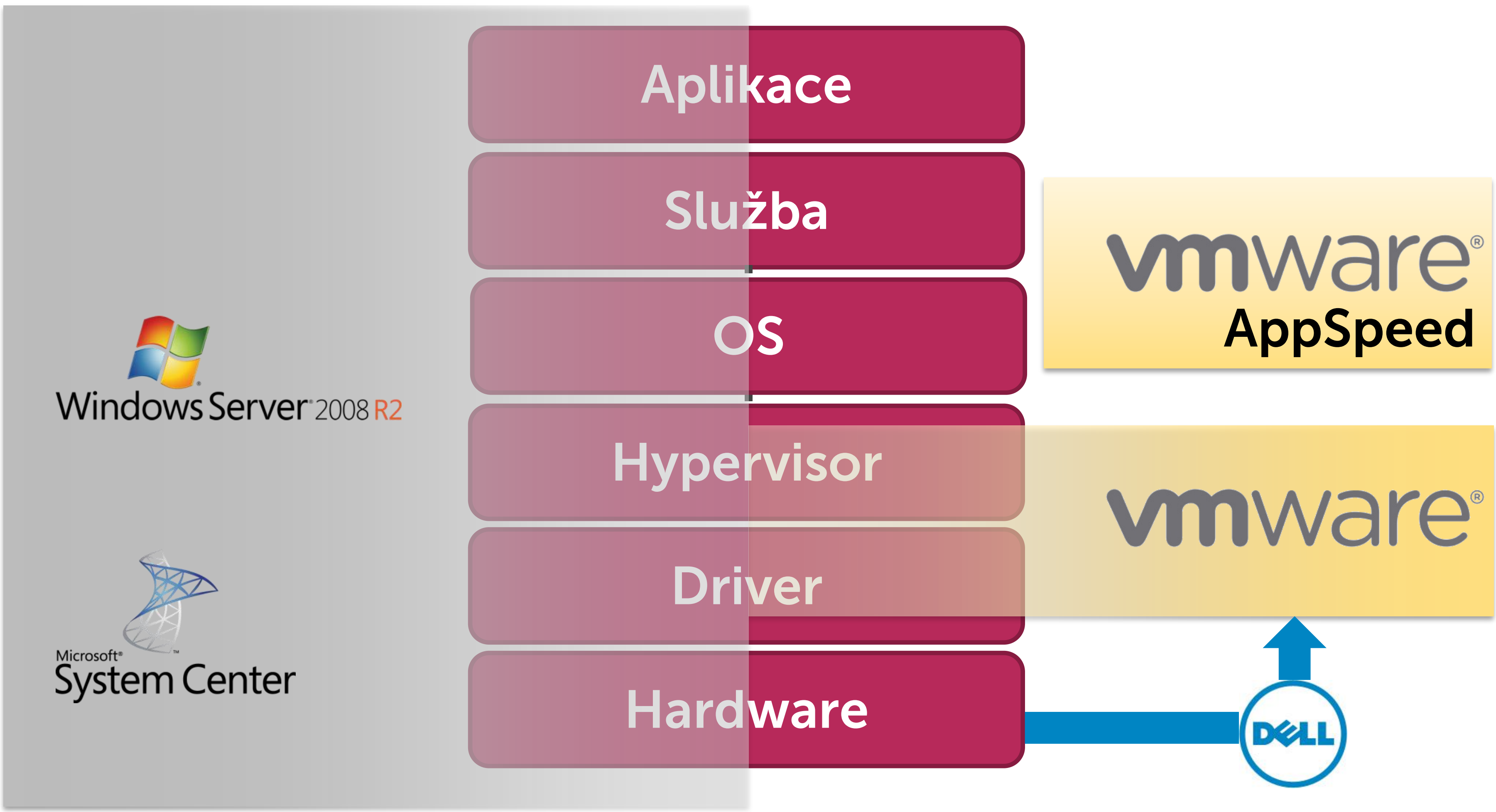
Microsoft System center Suite

- Virtual Machine Manager 2008 R2
- Operations Manager 2007 R2
- Configuration Manager 2007 R3
- Data Protection Manager 2010
- Service Center 2010

VMware vSphere

- VMotion
- DRS
- High Availability
- Fault Tolerance
- Thin Provisioning
- Update Manager
- Storage VMotion

Management


Aplikace
Služba
OS
Hypervisor
Driver
Hardware
Windows Server 2008 R2
Microsoft System Center
vmware AppSpeed
vmware
DELL

System Center Management Suite

Vlastnosti

1. Live Migration & Quick Migration
   - Live Migration requires WS2008 R2 or Hyper-V Server 2008 R2
2. Intelligent placement
   - Virtual Machine Manager
3. Heterogeneous VM management
   - VMM & vCenterServer
4. Dynamic resource management
   - VMM PRO
5. Deep end-to-end management
   - Operations manager
6. OS & application deployment and patching
   - Configuration Manager

VMware vSphere

Vlastnosti

1. **Vmotion**
   - Plánovaný výpadek
2. **High Availability (HA) and Fault Tolerance (FT)**
   - Neplánovaný výpadek
   - Neochrání před patch managementem a chybou OS/admina
3. **Dynamic Resource Scheduler (DRS)**
   - Dynamic resource management
4. **Distributed Network Switch**
   - Dynamic network parameters

Porovnání: Přesun VMs

VMware

- vMotion
  - Přesun VM mezi servery
  - Bez výpadku
  - Vyžaduje vCenter Server (Virtual Center Server)
  - SAN Infrastructure
  - GB Ethernet

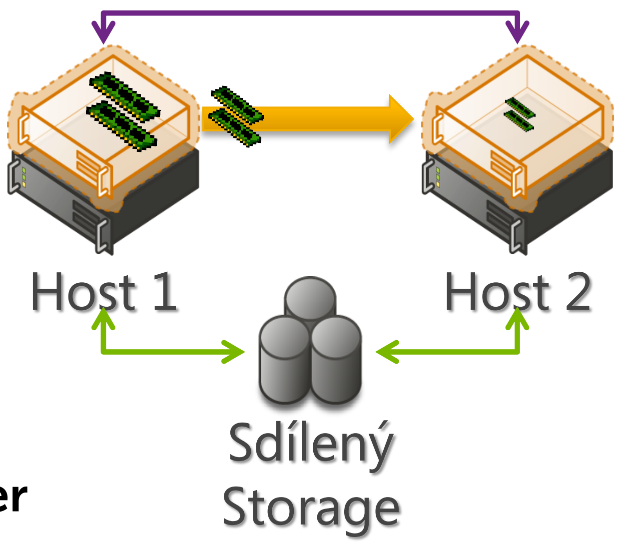
Microsoft

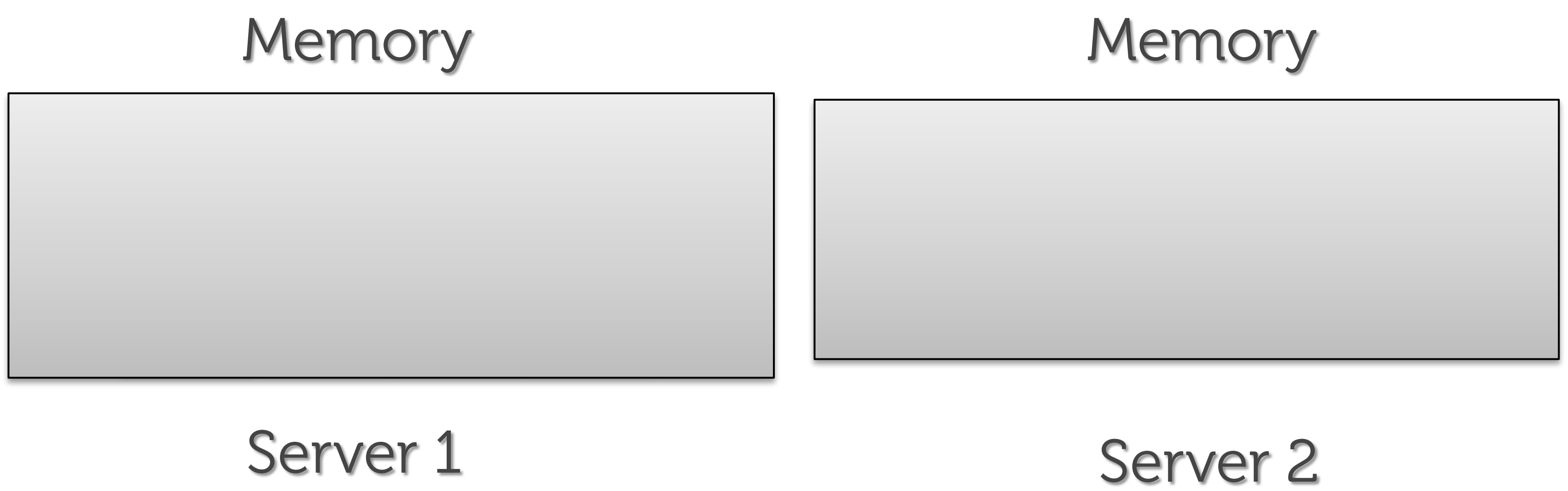
- Live Migration
  - Přesun VM mezi nody
  - Bez výpadku
  - Vyžaduje WS08R2 Failover Clustering
  - SAN Infrastructure
  - GB Ethernet
- Quick Migration
  - Přesun VHD mezi nody / servery
  - Krátký výpadek
  - Vyžaduje WS2008 Failover Clustering / VMM

Potřeba kompatibilních procesorů!

Live migration

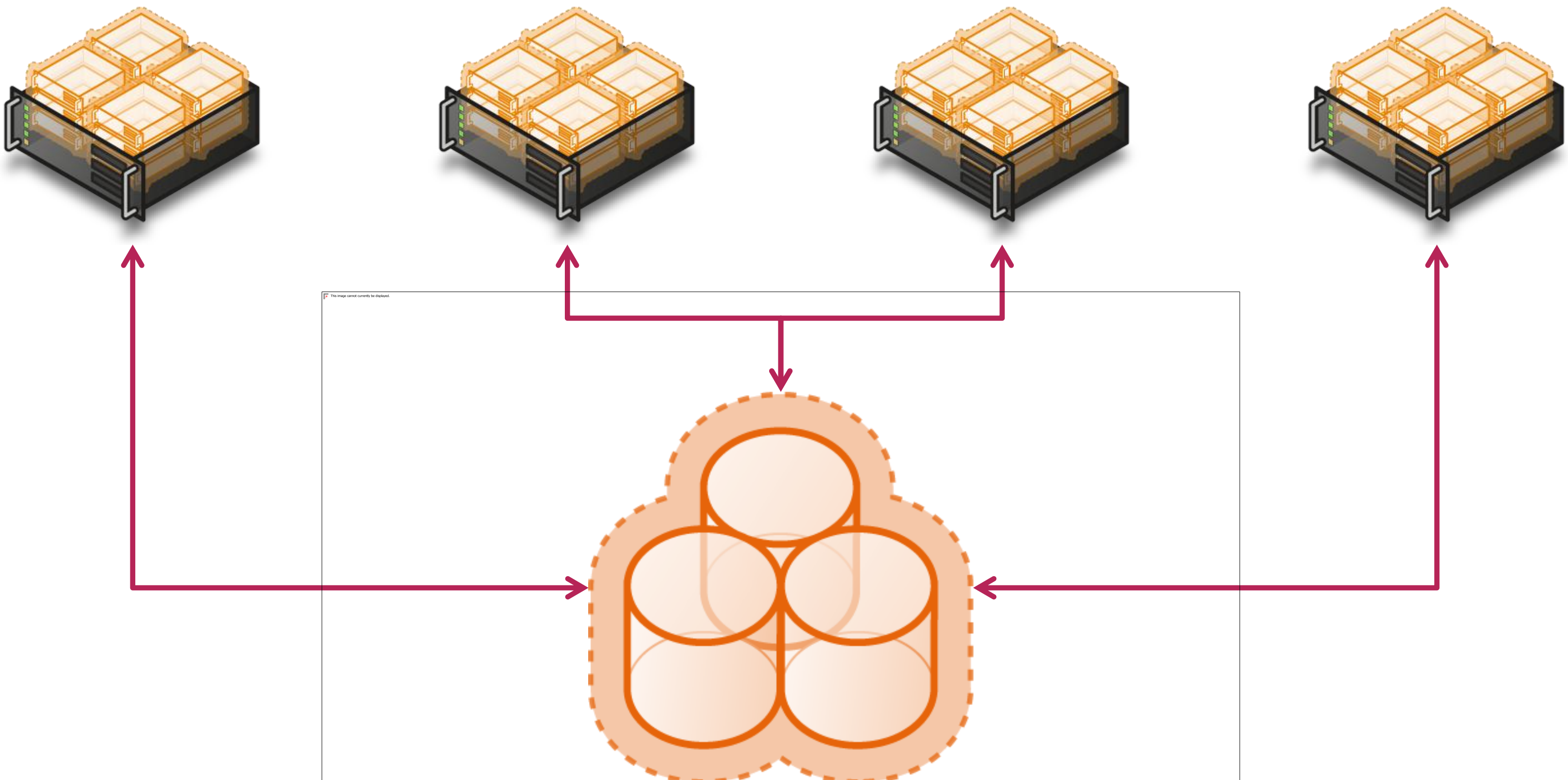
- **Vytvoření VM na cílovém serveru**
- **Kopie paměťových stránek přes síť**
- **Finálnípřesun stavu**
  - Pozastavení VM
  - Přesunutí připojení na storage na cílový server





Cluster Shared Volumes

- **Všechny servery „vidí“ stejné úložiště**



Porovnání: Neplánovaný výpadek

VMware

- **High Availability**
  - Automatic restart
    - Restarts VMs
  - Krátký výpadek
  - Na úrovni host a guest
  - Optimalizované umístění VM pomocí DRS
  - Až 32 nodes per cluster
- **Fault Tolerance (new)**
  - Bez výpadku
  - Lock Step VMs -vLockstep
  - Omezení na jedno vCPU

Microsoft

- **Failover Clustering**
  - Automatic Failover
    - Obnovení služby
  - Minimální/žádný výpadek (do 50ms)
  - Na úrovni host a guest
  - Až 16 nodes per cluster
  - Microsoft servery „rozumí clusteringu"
    - Windows Server
    - Exchange
    - SQL Server
    - SharePoint

Porovnání:Dynamic Resource Management

VMware

- DRS (Distributed Resource Scheduling)
  - Může automaticky přesouvat VM mezi hosty v závislosti na zátěži (VMotion)
  - Rozšířená funkcionalita
    - Global scheduler
    - Dynamically workload across resource pools
    - vAPP—Manage VMs as a group
    - Distributed Power Management
  - Vyžaduje vCenterServer

Microsoft

- VMM PRO (Performance Resource Optimization)
  - Může automaticky přesouvat VM mezi hosty v závislosti na zátěži (Live Migration)
  - Může upozornit nebo spustit migraci automaticky dle zátěže
  - Vyžaduje SCOM/SCVMM
  - Agenti v guest OS > pokud nastane problém s aplikací, mohu něco udělat

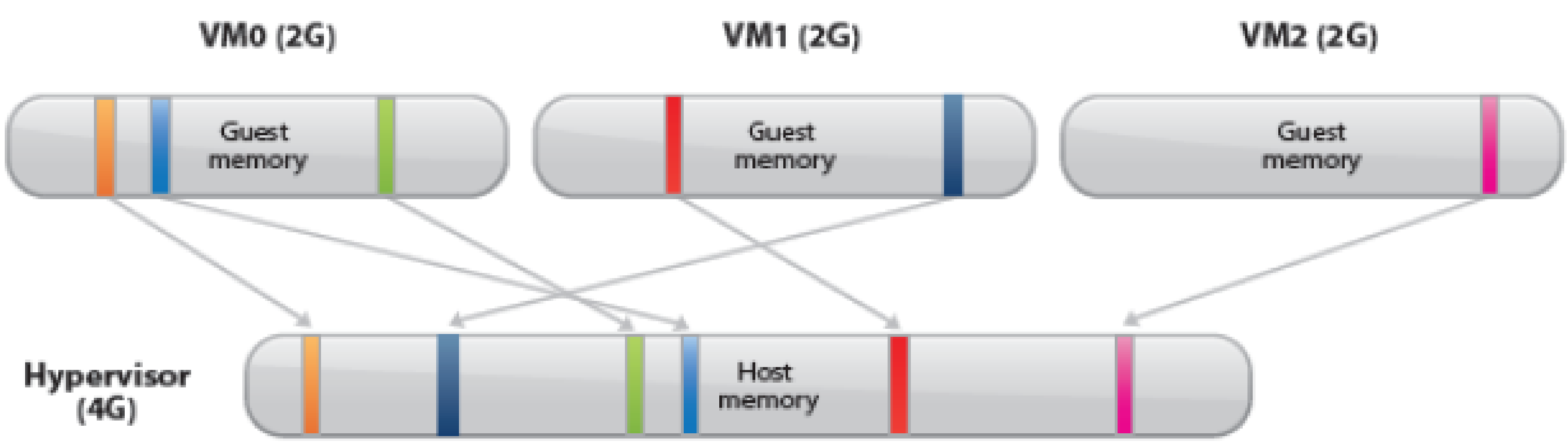
VMware Memory Management

- Transparent page sharing (TPS)
- Ballooning
- Hypervisor swapping
- Memory compression

- Úspora TPS na jeden spuštěný Windows server ~150-200MB (jen OS bez aplikací), 4kB -2MB Page

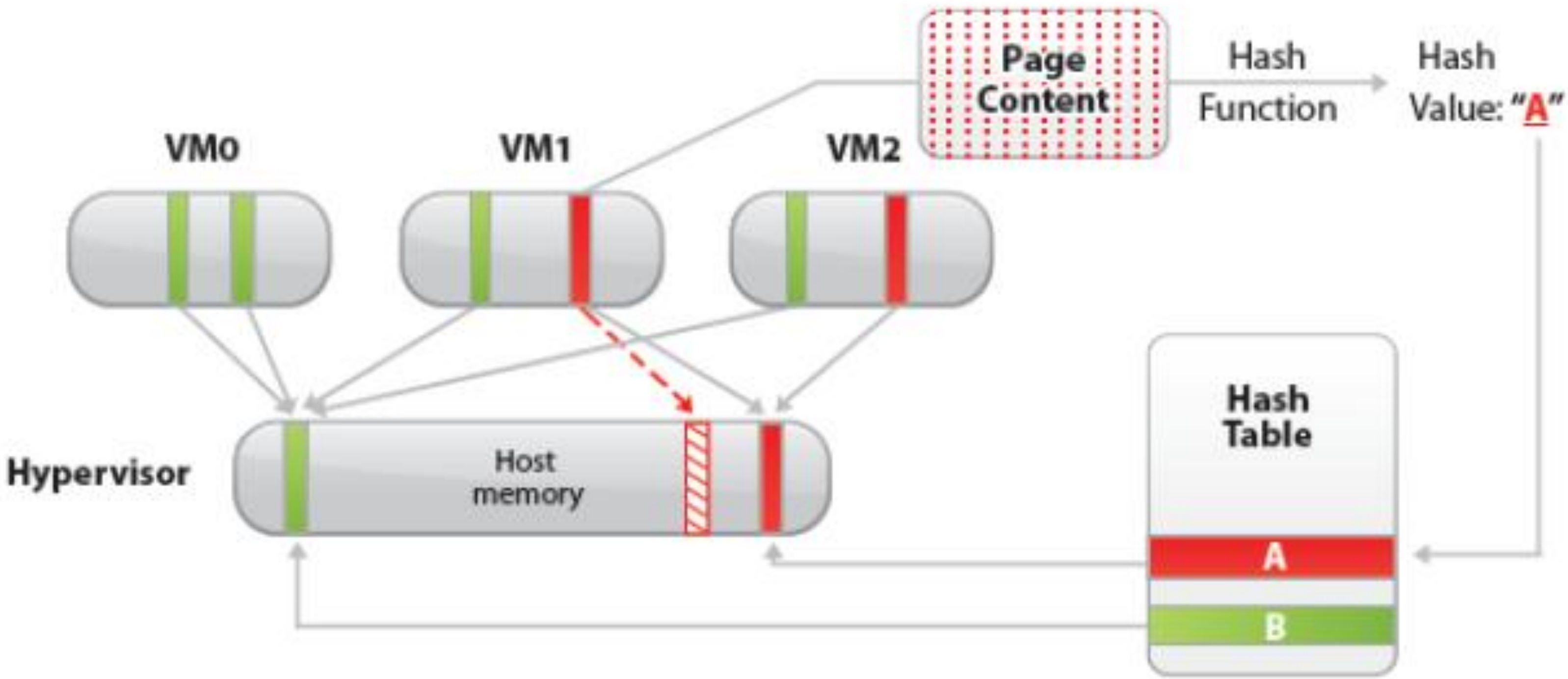
Memmory overcommit

Figure 3. Memory overcommitment in ESX



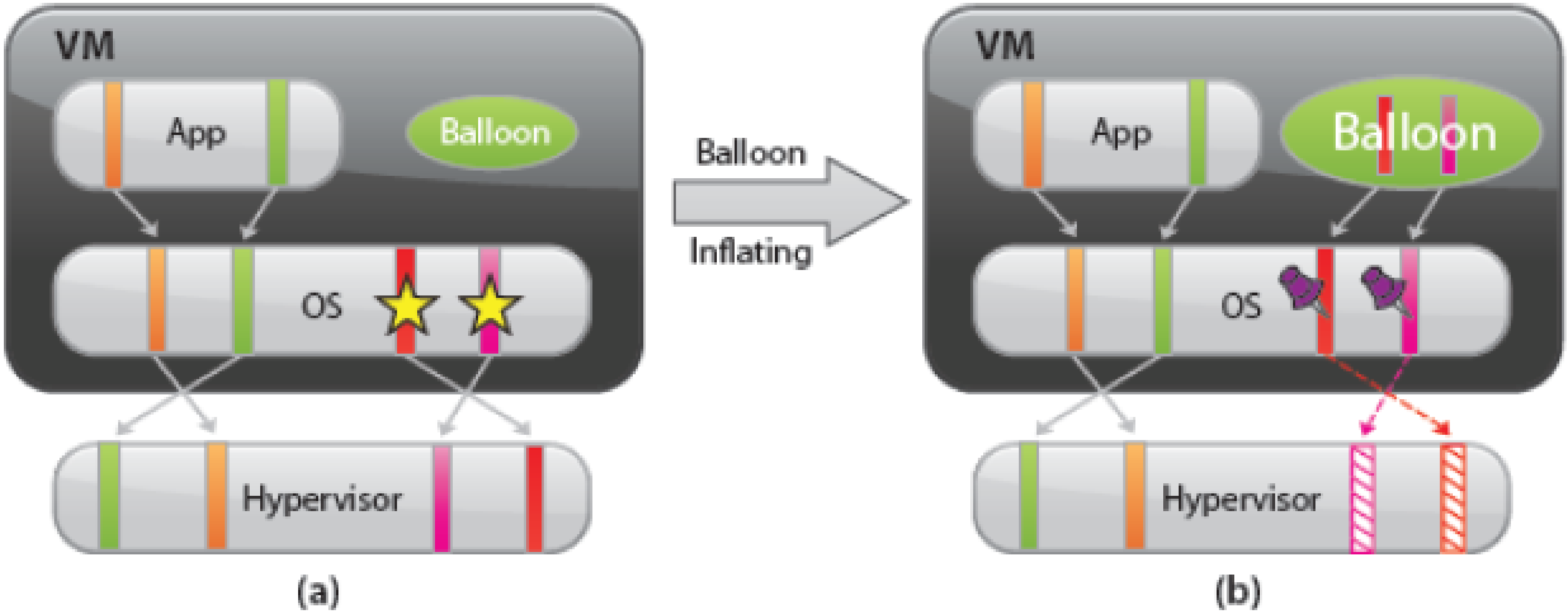
Transparent page sharing

Figure 4. Content-based page sharing in ESX



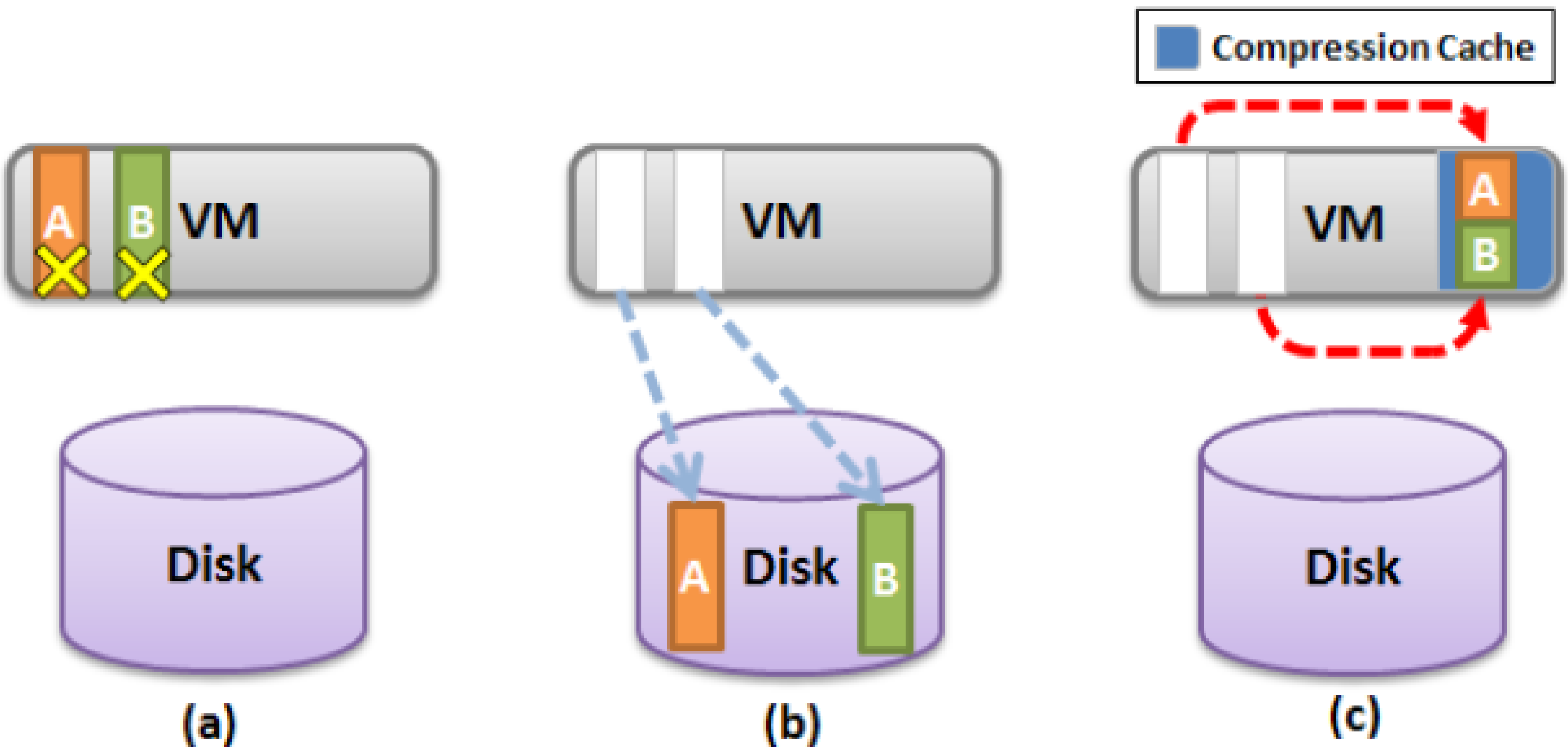
Memmory Balloning

Figure 6. Inflating the balloon in a virtual machine

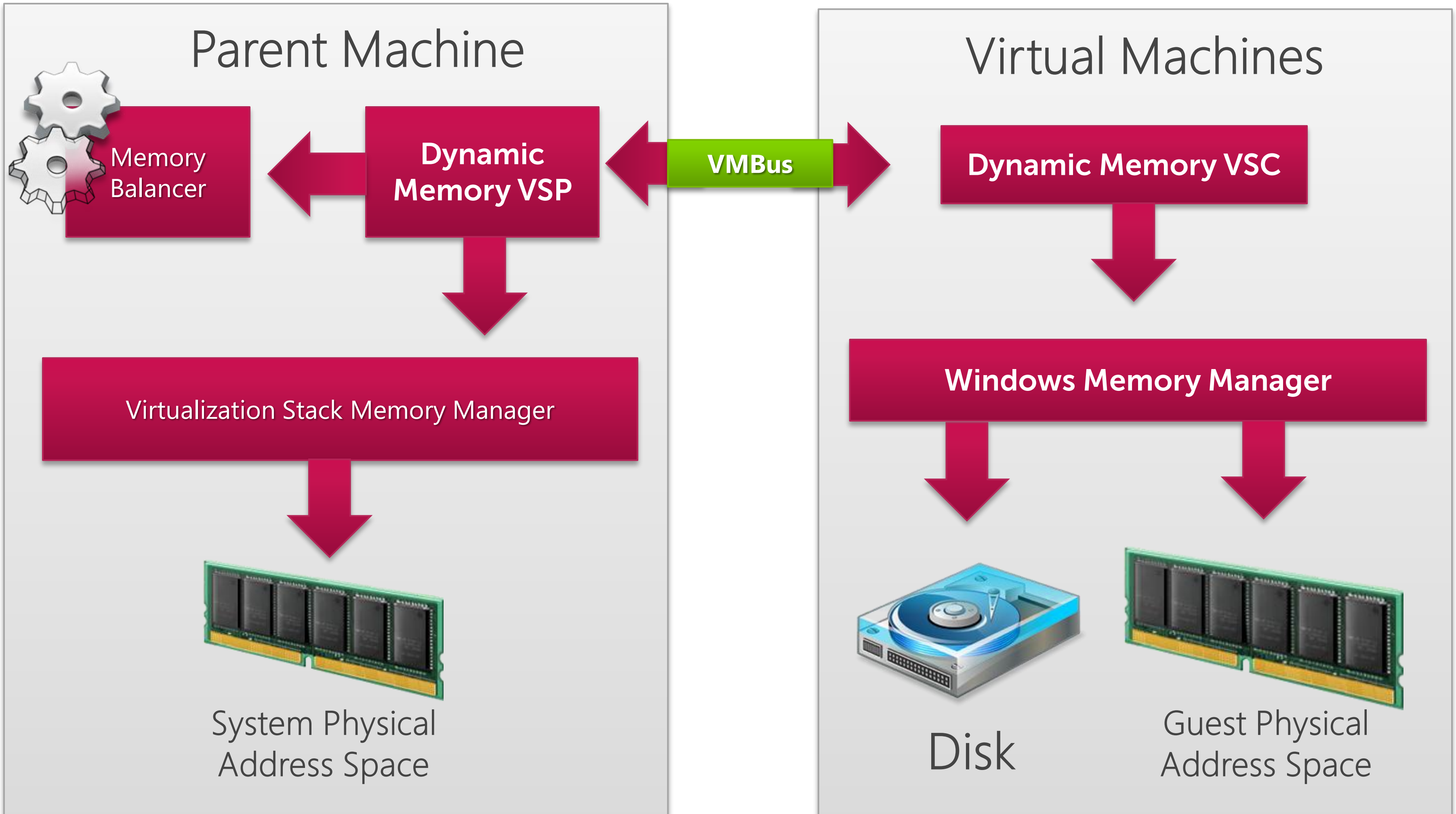


Host swapping/Memmory compression

Figure 8. Host swapping vs. memory compression in ESX



Dynamic Memory Components



Dynamic Memory Configuration

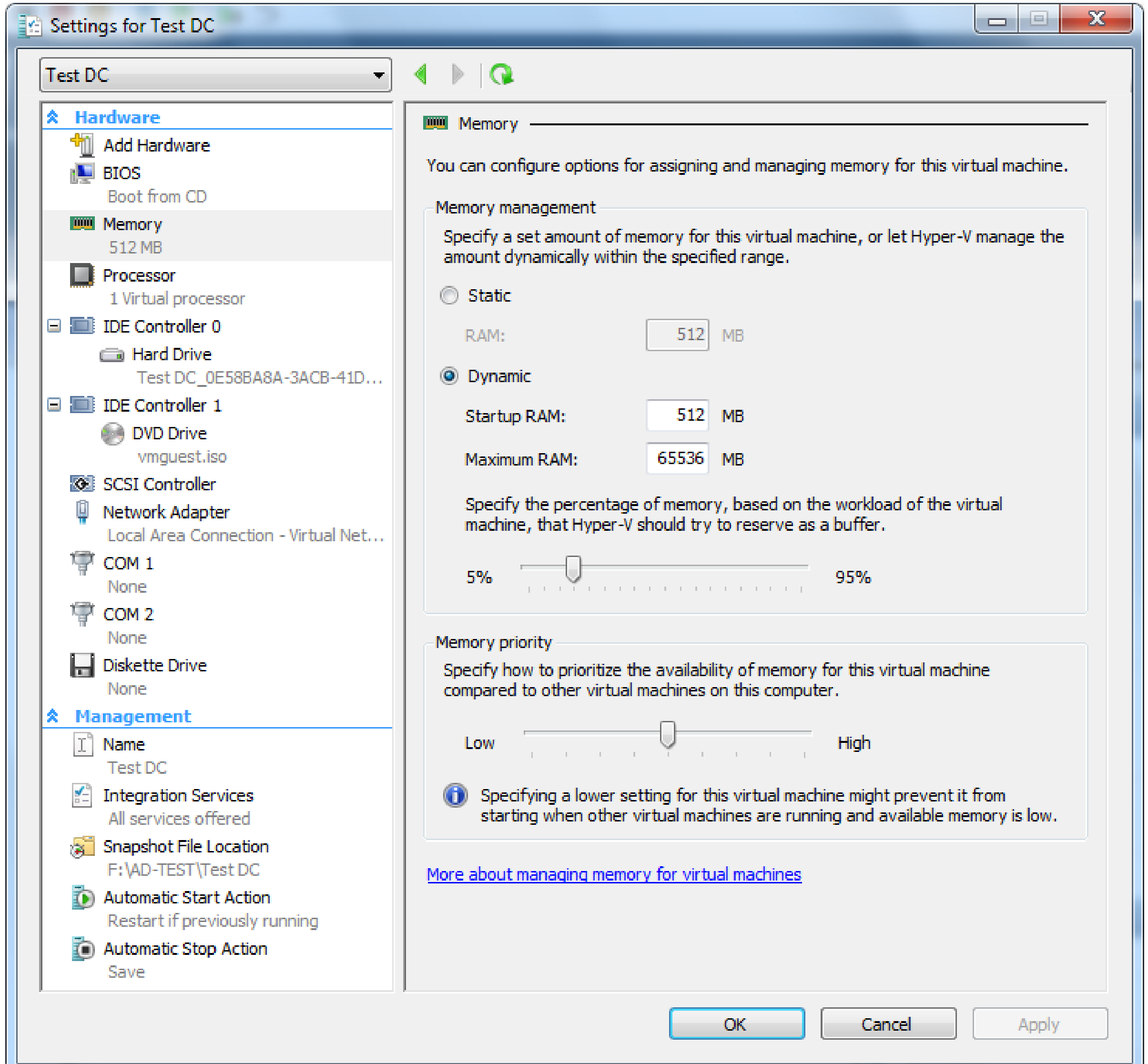
Startup RAM

Max RAM

Free Memory Buffer

Memory Priority

Host Reserve (not shown)



Porovnání: Backup

VMware

- VMware Consolidated Backup (VCB)
  - Full and incremental VM file backups
  - Reduced server load through backup proxy server
  - Recover whole VMs
  - Recover individual files and folders from Windows VMs
  - Tato služba vidí všechny LUNs, přímý přístup k datům
  - Pokud je backup SW na Windows, pak Win zapisuje signature, což může poškodit VMFS

Microsoft

- Windows Server Backup
  - Základní funkce
  - Používá VSS pro snapshots
- Data Protection Manager
  - Zálohuje a obnovuje Windows Server, Hyper-V, SQL Server, Exchange SharePoint
  - VSS based
  - DPM to DPM replication for offsite protection

Microsoft Only Features

1. Heterogeneous Management
   - VMM 2008 R2
   - Správa Hyper-V, Virtual Server 2008 a ESX Server via vCenterServer
   - Podpora kompletní sady funkcí VMware včetně VMotion

2. Hloubkový monitoring a správa aplikací
   - Operations Manager
     - Hyper-V, Exchange, SQL Server ostatní pomocí Mgmt Packs

3. Záloha a obnova aplikací
   - Data Protection Manager
     - Exchange, SQL Server, SharePoint

4. Nasazení operačních systémů
   - Configuration Manager
     - Server and client OS deployment

5. Přidání odebrání VHD z běžícího VM

VMware Only Features

1. Rozsáhlá podpora Linux VM
2. Memory Over Commit
   - Shared memory pages between VMs
3. Memory Compression

   Buy more CPUs ☺

1. Distributed Power Management
   - Odstranění zátěže z málo vytížených hostů a jejich vypnutí
2. Distributed Network Switch
   - Možnost sdílení síťové konfigurace mezi servery
3. Storage VMotion
   - Umožňuje přesun souborů VM mezi storages bez dopadu na chod VM

Prostředí

1. Pro plné využití všech vlastností mimo vlastní VMware infrastruktury potřebujeme
   - Windows Server pro Virtual Center
   - Windows computer pro Virtual Center Client
   - Windows Server pro VMware Consolidated Backup
   - Microsoft AD pro komfortní správu

2. Proč do Windows prostředí přidávat další non Windows komponenty?

K zamyšlení

VMware neumožňuje použití stejného fyzického serveru pro služby a virtualizaci

K zamyšlení

Pokud používám moderní aplikace, potřebuji řešit vysokou dostupnost v rámci virtualizace? Taková vysoká dostupnost je nákladná (nejenom finančně)

K zamyšlení

Při použití řešení Microsoft jsou používány stejné nástroje pro správu fyzické a virtuální infrastruktury

VMware vSphere Editions vs Microsoft Suite

- vCenter Agent
- VCB/vStorage API
- Update Manager
- High Availability
- Thin Provisioning

- 8-way vSMP

- 12 cores per CPU

- No RAM/Host Limit

- VMotion
- Hot Add Virtual Devices
- Fault Tolerance
- Data Recovery
- vShield Zones

- Storage VMotion
- DRS and DPM

- Distributed Switch
- Host Profiles

Microsoft Suite vs. vSphere editions

- 1 TB RAM
- 4 WAY SMP
- GEO Cluster
- 16 nodes / cluster
- 10Gbit networking
- 64GB / VM
- Dynamic Memory
- Quick / Live Mig

- App Aware Backup
- App/HW Monitoring
- Cloud management
- Easy deployment

Cenové porovnání 3 servery 50VMs
(2x6core/server, konsolidace 1:8,~2GB/VM-64GB;2+1spare)

VMware

- **Operating System**
  - –Windows Server 2008 D…acenter 65.364Kč x 6 = 392.18…
  - (OEM 92.000 x 3 = 276.00…
- **Virtualization Platf…**
  - –ESX Server 4 inc… 4
- **Management Platf…**
  - –vSphere 4 E… Kit (6CPU, 1v…
  - 375.570Kč
  - 200.763Kč (3 rok…
- **Celkem 968.523Kč** (OEM -…4)

+ Win Server pro Management
+ Win Server pro Backup
+ DPM,…
+ vCenter AppSpeed - $$??

Microsoft

- **Oper… …stem**
  - …Server …8 Datacenter …4K… … 392.184Kč
  - …276.000Kč)
- …/WS08
- …m
  - …nagement Suite …7 x 6 = 218.982Kč
  - …ent servers … 501 (w/SQL …3)
- **…al 659.667 (w/SQL 721.769) (OEM -116.184)**

246.754 Navíc pro implementaci (14MD)

Dell list price 22.3.2011

Namísto závěru

VMware ESX + VC

- Déle na trhu
- Lepší správa paměti
- Podpora více OS
- VMotion
- Storage VMotion

Microsoft Hyper-V + SCVMM

- Funguje na jakémkoliv Windows certified hardware
- Již vlastníte Hyper-V, proč jej nevyužít?
- Lepší technická podpora
- Stejné nástroje pro správu jako pro zbytek IS
- Možnost kombinací na fyzickém serveru

- **Řešení Microsoft má téměř identický výkon jako na fyzickém HW a je cca o 1/3 levnější**

Q & A