

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Diplomová práce

**Porovnání technologií
Microsoft Hyper-V a VMware vSphere**

Bc. Pöselt Lukáš

© 2014 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lukáš Pöselt

Informatika

Název práce

Porovnání technologií Microsoft Hyper-V a VMware vSphere

Název anglicky

Comparison of technologies Microsoft Hyper-V and VMware vSphere

Cíle práce

Hlavním cílem této práce je představení a porovnání serverových virtualizačních platform Microsoft Hyper-V a VMware vSphere, jak z pohledu nasazení a výkonu, tak z pohledu licenční politiky. Další dílčí cíle jsou:

- představit pojem virtualizace, její historii, členění a vývoj do budoucna
- představit produkt Microsoft Hyper-V, jeho vývoj, strukturu, parametry, licenční politiku
- představit produkt VMware vSphere, jeho vývoj, strukturu, parametry, licenční politiku
- pomocí připravených scénářů a nástrojů otestovat výkon a možnosti nasazení obou platform
- porovnat výsledky testování a predikovat budoucí vývoj

Metodika

Práce se bude skládat ze základních dvou částí a to teoretické a praktické. V první části bude nejprve vysvětlen pojem virtualizace, její historie, vývoj a metody použití. V dalších kapitolách budou představeny produkty společností Microsoft a VMware. Prozkoumán přístup k virtualizaci a samotné řešení. Tato kapitola bude také obsahovat informace o výkonu jednotlivých dostupných verzí a jejich licenční politika v korporátním a veřejném sektoru. Na teoretickou část bude navazovat praktická část, která pomocí připravených scénářů, testů výkonosti a možností nasazení prověří parametry dané výrobcem. Vyhodnocením scénářů se bude zabývat následující kapitola, která zhodnotí provedené testy a bude tvořit poklad pro závěrečnou část práce. V závěrečné části bude hodnocena vhodnost nasazení jednotlivých platform a možný vývoj do budoucna.

Doporučený rozsah práce

50 – 60 stran

Klíčová slova

virtualizace, hypervisor, Hyper-V, vSphere, cloud computing, Microsoft, VMWare

Doporučené zdroje informací

- CARBONE, Janique. Installing and Configuring Windows Server 2012 Hyper-V (Part 1). VIRTUALIZATIONADMIN.COM. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://www.virtualizationadmin.com/articles-tutorials/microsoft-hyper-v-articles/installation-and-deployment/installing-configuring-windows-server-2012-hyper-v-part1.html>
- CARBONE, Janique. Installing and Configuring Windows Server 2012 Hyper-V (Part 2). VIRTUALIZATIONADMIN.COM. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://www.virtualizationadmin.com/articles-tutorials/microsoft-hyper-v-articles/installation-and-deployment/installing-configuring-windows-server-2012-hyper-v-part2.html>
- KELBLEY, John. Microsoft Windows Server 2008 R2 Hyper-V: kompletní průvodce profesionální virtualizací. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 392 s. Mistrovství. ISBN 978-80-251-3286-9.
- LOWE, Scott. Mistrovství ve VMware vSphere 5: kompletní průvodce profesionální virtualizací. 1. vyd. Brno: Computer Press, 728 s. Mistrovství. ISBN 978-80-251-3774-1.
- Microsoft Hyper-V Server 2012 R2 and Hyper-V Server 2012. MICROSOFT. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://technet.microsoft.com/library/hh833684.aspx>
- VELTE, Anthony T. Cloud computing: praktický průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 392 s. Mistrovství. ISBN 978-80-251-3333-0.
- VMWARE. Server Virtualization & Cloud Infrastructure: VMware vSphere | VMware | Česká republika [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://www.vmware.com/cz/products/vsphere>
- Windows Server 2012 R2. MICROSOFT. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/products/windows-server-2012-r2/default.aspx#fbid=jztJhiUWQpf>
-

Předběžný termín obhajoby

2015/16 ZS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 31. 10. 2014

Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 11. 2014

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 19. 11. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Porovnání technologií Microsoft Hyper-V a VMware vSphere" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 27.11.2015

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval především Ing. Jiřímu Vaňkovi, Ph.D., za vedení mé DP a velice vstřícné jednání při všech aspektech tvorby. Dále nesmím zapomenout na svou ženu, bez které bych nebyl schopný práci dokončit.

Porovnání technologií Microsoft Hyper-V a VMware vSphere

Comparison of technologies Microsoft Hyper-V and VMware vSphere

Souhrn

Práce porovnává technologie lídrů na trhu serverové virtualizace. Cílem je porovnání finančních nákladů spojených s pořízením a provozem. Dále jsou konfrontovány funkcionality jednotlivých řešení a vyvozeny závěry pro následné použití. Technologie společnosti VMware je na trhu od roku 2001. Je vizionářem na poli virtualizace a jistým druhem monopolem v této oblasti. Proti této nadvládě uvedla v roce 2008 společnost Microsoft svůj první produkt zaměřený na serverovou virtualizaci. Jednalo se o produkt Windows Server 2008 a jeho pojetí virtualizace v podobě Hyper-V. V posledních verzích uvedených na trh, se konkurenti snaží naslouchat zákazníkům a neustále prohlubují škálovatelnost řešení. Současné verze Microsoft Hyper-V Server 2012R2 a VMware vSphere 6.0 poskytuje zákazníkům dostatečné možnosti pro provozování kvalitních služeb a nepřetržitým provozu s možností růstu. Řešení společnosti Microsoft je přívětivější pro malé a střední prostředí, díky výhodné cenové politice. VMware zato nabízí zkušenosti za léta vývoje a množství provozovaných prostředí. Z testů platformem je zřejmé, že obě varianty jsou využitelné pro rozvíjející se datová centra a najdou příznivce napříč trhem. Je velice důležité analyzovat potřeby a přání zákazníka.

Summary

This work compares the technology leaders in the market of server virtualization. The goal is to compare the financial costs associated with the purchase and operation. Furthermore, they are confronted with the functionality of each solution and draw conclusions for subsequent use. VMware technology is on the market since 2001. It is a visionary in the field of virtualization and a certain kind of monopoly in this area. Microsoft has its first product focused on server virtualization introduced in 2008 as a competitive deal.

It was the product of Windows Server 2008 and its concept of virtualization in the form of Hyper-V. In recent versions listed on the market, with competitors trying to listen to customers and continuously deepen scalability. Current versions of Microsoft Hyper-V Server 2012R2 and VMware vSphere 6.0 provides customers with sufficient opportunities to engage in quality services and continuous operation with room to grow. Microsoft solutions are friendlier for small and medium-sized environments, due to competitive pricing policy. VMware offers the experience but for the years of development and a number of operating environments. The tests platforms, it is clear that both options are useful for developing data centers and find supporters across the market. It is very important to analyse the needs and wishes.

Klíčová slova: virtualizace, hypervisor, Hyper-V, vSphere, cloud computing, Microsoft, VMware

Keywords: virtualization, hypervisor, Hyper-V, vSphere, cloud computing, Microsoft, VMware

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1. ÚVOD..... | 9 |
| 2. CÍL PRÁCE A METODIKA | 11 |
| 3. PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY | 12 |
| 3.1. VIRTUALIZACE | 12 |
| 3.1.1. <i>Co je virtualizace</i> | 12 |
| 3.1.2. <i>Hypervisor</i> | 12 |
| 3.1.3. <i>Rozdělení virtualizace</i> | 13 |
| 3.1.4. <i>Historie virtualizace</i> | 15 |
| 3.1.5. <i>Proč virtualizovat – výhody</i> | 18 |
| 3.1.6. <i>Scénáře pro nasazení virtualizace</i> | 19 |
| 3.2. MICROSOFT HYPER-V | 21 |
| 3.2.1. <i>Edice Windows Server a možnosti pořízení Hyper-V</i> | 22 |
| 3.2.2. <i>Architektura Hyper-V</i> | 24 |
| 3.2.3. <i>Hardwarové a softwarové požadavky Hyper-V</i> | 30 |
| 3.3. VMWARE vSPHERE | 32 |
| 3.3.1. <i>Edice VMware vSphere a možnosti pořízení</i> | 36 |
| 3.3.2. <i>Architektura VMware vSphere</i> | 40 |
| 3.3.3. <i>Hardwarové požadavky VMware vSphere</i> | 43 |
| 3.4. POROVNÁNÍ TEORETICKÝCH HODNOT VIRTUALIZAČNÍCH PLATFORM | 44 |
| 3.4.1. <i>Pozitiva / Negativa výběru hypervisoru</i> | 45 |
| 3.4.2. <i>Porovnání vlastností</i> | 47 |
| 3.4.3. <i>Podíl procent na trhu</i> | 53 |
| 4. PRAKTICKÁ ČÁST | 55 |
| 4.1. TESTOVÁNÍ..... | 55 |
| 4.1.1. <i>HW pro testování</i> | 55 |
| 4.1.2. <i>SW pro testování</i> | 56 |
| 4.1.3. <i>Instalace virtualizačního prostředí</i> | 58 |
| 4.1.4. <i>Testování</i> | 62 |
| 4.2. PŘÍPADOVÁ STUDIE | 66 |
| 4.2.1. <i>Výchozí stav – popis prostředí</i> | 67 |
| 4.2.2. <i>Popis a implementace Microsoft Hyper-V</i> | 74 |
| 4.2.3. <i>Možnosti nasazení VMware vSphere</i> | 77 |
| 4.2.4. <i>Zvolení virtualizační platformy</i> | 80 |
| 5. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ | 84 |
| ZÁVĚR | 86 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ..... | 88 |
| PŘÍLOHY | 92 |

1. Úvod

Práce řeší srovnání a hodnotí možnosti nasazení dvou virtualizačních platforem společností Microsoft a VMware. Obecně je téma virtualizace stále aktuální a i když to není žádná novinka, tak ve velkém množství firem jí stále objevují. S jejím nasazením je spojeno zásadní rozhodnutí v podobě výběru optimální a vyhovující virtualizační platformy. V práci se porovnávají dvě hlavní platformy a to z toho důvodu, že jsou lídry na trhu, jak už ukazuje Obrázek 1 - Magic Quadrant x86 Server Virtualizace, celosvětově známé analytické společnosti Gartner. Jedná se o imaginární souboj dvou společností na poli virtualizace.



Obrázek 1 - Magic Quadrant x86 Server Virtualizace

Zdroj: <http://www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-2JFZ1KP&ct=150715&st=sb>

Společnost VMware je již letitým průkopníkem a Microsoft se je snaží svými produkty dohánět a naslouchat uživatelům, správcům. Každý výrobce jde vlastní cestou a míří do jiného segmentu trhu. VMware se zaměřuje na virtualizaci a správu instancí

operačního systému, naproti tomu jde Microsoft cestou virtualizace v několika oblastech (server, desktop, atd.). Postupem času se hranice mezi segmenty trhu stírají s pronikáním cloudových služeb na trh se virtualizace posouvá do pozadí datových center. Za každou službou v podobě virtuálního serveru, aplikace, prostoru, stojí virtualizace. V dnešním prostředí lze virtualizaci považovat za základní kámen datových center. Virtualizovat lze nejrůznější spektrum služeb napříč počítačovým průmyslem. Jistě to je „motor“ IT řešení a efektivity v tomto odvětví.

2. Cíl práce a metodika

Hlavní cílem této práce je představení a porovnání serverových virtualizačních platforem Microsoft Hyper-V a VMware vSphere, jak z pohledu nasazení a výkonu, tak z pohledu licenční politiky. V případě společnosti VMware, se jedná o časem prověřený produkt, který využívá největší procento společností po celém světě. Naproti tomu je v porovnání produkt společnosti Microsoft, který se snaží ukrojit část světového prodeje virtualizačních platforem. Mezi dílčí cíle práce, jakožto náplň jedné kapitoly, patří představení pojmu virtualizace, její vývoj, historii, členění a vývoj do budoucna. Část kapitol je vymezena samotným produktům Microsoft Hyper-V a VMware vSphere, jejich vývoji, struktuře, parametrům a licenční politice. Jsou to základní kameny práce, na kterých jsou stavěny následné testy a případová studie. Cílem práce není porovnat všechny dostupné virtualizační platformy, ale srovnat možnosti nasazení lídra a relativního nováčka na poli virtualizace.

Z hlediska skladby je práce dělena do dvou hlavních částí, teoretické a praktické. V první části je nejprve vysvětlen pojem virtualizace, její historie, vývoj a způsoby využití. V rámci celku teorie jsou podrobně představeny produkty společností Microsoft a VMware, včetně jejich technologie a přístupu k virtualizaci samotné. Na teoretickou část navazuje část praktická, která pomocí připravených scénářů, testů výkonnosti a možností nasazení prověřuje parametry dané výrobcem. Pod praktickou část lze zahrnout i případovou studii, která reaguje na základní otázku a smysl této práce, což je porovnání platforem pro serverovou virtualizaci. Případová studie porovnává reálnou stránku nasazení a využití virtualizace ve veřejné správě, včetně vhodnosti výběru řešení. Pátá kapitola se zabývá vyhodnocením praktické části pro jednotlivé platformy, na což navazuje závěr, ve kterém jsou výsledky porovnány napříč technologiemi a vyvozen osobní názor s predikcí do budoucna.

3. Přehled řešené problematiky

Dříve, než bude v rámci práce představeno porovnání virtualizačních platforem společností Microsoft a VMware, je nutné pátrat po významu samotné virtualizace a pojmů, které s ní souvisí.

3.1. Virtualizace

Počítačová virtualizace není záležitostí několika posledních let, ale má dlouhou historii, zahrnující přes půl století. Počátky lze vysledovat až k experimentálnímu stránkovacímu stroji společnosti IBM a to IBM M44. Útlum zažila v 80. a 90. letech 20. století. Jednalo se o dobu, kdy se stal hardware dostupnější a trh ovládly počítače a severy s architekturou x86. Než aby společnosti řešili efektivnější využití současných výpočetních zdrojů, šly raději cestou nákupu nových. Tím docházelo stále více k neefektivnímu využití používaných zdrojů. S tímto trendem se využití zdrojů pohybovalo v rozmezí 10-15% celkové možné kapacity.

3.1.1. Co je virtualizace

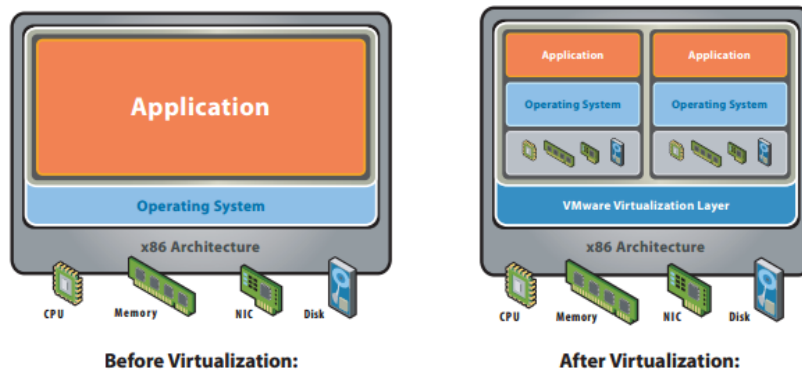
Virtualizace může probíhat na téměř jakékoli úrovni systému a obecně řečeno je to abstrakce výpočtů prováděných počítačem (Kelbley, 2011, s.11). Virtualizovat lze na úrovni hardwarové (jednotlivé komponenty nebo celé počítače), ale i speciálním softwarem (virtualizují se celé operační systémy, ale i jednotlivé aplikace). Cílem je zjednodušit správu nakoupených prostředků, flexibilnější provoz z hlediska podnikání a snížení nákladů na provoz. Pokud virtualizujeme celé servery, hlavním cílem je umožnit běh více serverů na jednom fyzickém stroji.¹

3.1.2. Hypervisor

Aby mohlo více strojů běžet na jednom fyzickém, je nutné pro každý takový virtuální stroj mít emulován hardware (procesor, disk, periférie, atd.). Virtualizovaný operační systém (neboli hostovaný systém, anglicky guest) přistupuje k hardwaru počítače (hostitelský systém, anglicky host) přes tzv. hypervisor. Hypervisor (též VMM – Virtual Machine Monitor/Manager) se stará o běh obou částí a důsledně je od sebe odděluje. Stará se také

¹ <http://hosting.wedos.com/cs/virtual/co-je.html>

o tvorbu a správu hostovaných systémů. Hypervisor lze rozdělit na nativní, označovaný také jako typ 1 (KVM, Xen, atd.) a hostovaný, hojně využívaný typ 2 (Qemu, VirtualBox, VMware Player, atd.).



Obrázek 2 - Porovnání architektury

Zdroj:<http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf#search=%22hypervisor%20VMware%20virtualization%20layer%22> (strana 3)

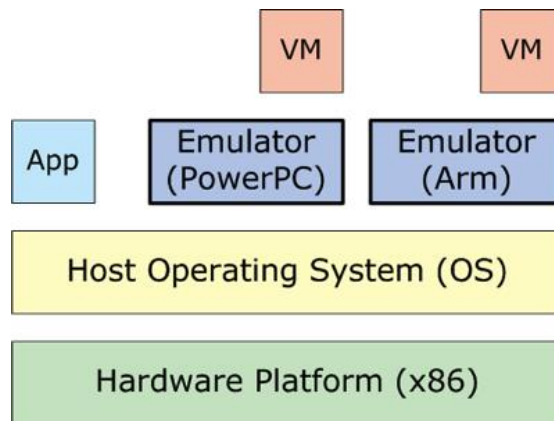
3.1.3. Rozdělení virtualizace

Podle způsobu virtualizace jí lze obecně rozdělit na tři základní typy:²

- **Emulace**

Při emulaci je simulován kompletní stroj, který dovoluje běh neupraveného operačního systému na zcela odlišném procesoru. Tento způsob je využíván u vývoje software pro procesory, které nejsou fyzicky dostupné. Nevýhodou je vysoká režie tohoto přístupu, která je ale na druhou stranu svým charakterem určena v tomto případě zanedbatelná. Mezi typické zástupce patří Bosch, QEMU a PearPC.

² GÖSSEL. NOVELL. *Virtualizace (opět) jako paradigma pro datacentra* [online]. 2011. vyd. [cit. 2014-08-09]. Dostupné z:<http://www.novell.cz/cs/aktuality/technicke-clanky/virtualizace-opet-jako-paradigma-pro-datacentra.html>



Obrázek 3 - Schéma emulace

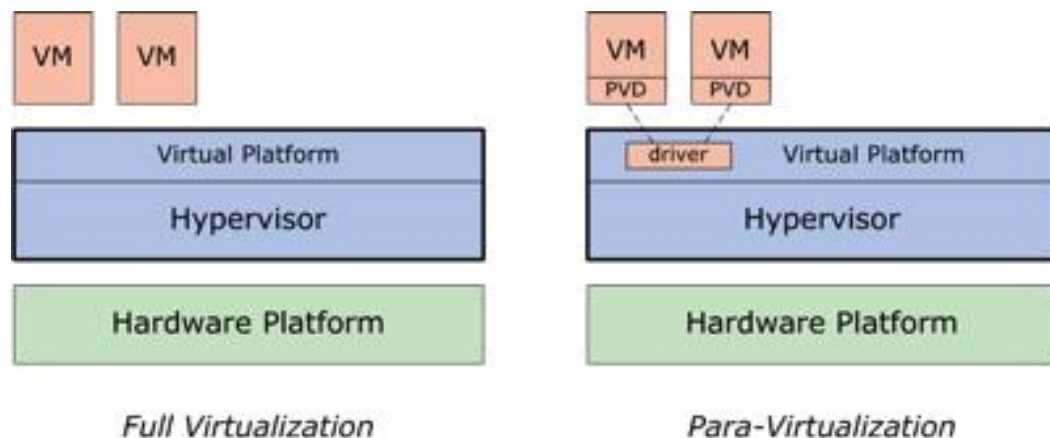
Zdroj: <http://www.datamation.com/osrc/article.php/3879871/Virtual-Linux-Platform-and-OS-Linux-Virtualization.htm>

- ***Plná a nativní virtualizace***

V případě plné virtualizace se simulují všechny součásti počítače pro stejný druh procesoru. Hostovaný běžící operační systém je důsledně oddělený od fyzické vrstvy a nemůže tak poznat, že nemá přístup k fyzickému hardware. Veškeré aplikace běží jen na virtuálním hardware. Operační systém ani jeho aplikační programy nepotřebují žádné modifikace. To je zejména vhodné pro vývojáře, pokud si potřebují svůj produkt otestovat na několika různých operačních systémech. Asi nejpopulárnějším zástupcem je zde VMware Workstation a VMware Server (dříve GSX Server). Pokud má procesor rozšíření pro virtualizační technologie (AMD Pacifica nebo Intel VT), tak u virtuálního stroje Xen jsou v plné virtualizaci použity ovladače z projektu QEMU.

- ***Paravirtualizace***

Při plné virtualizaci je prakticky nemožné dosáhnout plného výkonu, a to i v případě, že virtuální počítač je víceméně přesným obrazem hardware, na kterém běží. Je totiž nutné vedle fyzického vybavení mimo jiné také emulovat řadu operací jako je práce s pamětí, většinu instrukcí procesoru, operace přístupu na disk atp. U paravirtualizace odpadá nutnost simulovat hardware a je prováděna jen částečná abstrakce virtuálního prostředí, čímž lze získat mnohem vyšší výkon s menší režii provozovaného systému. K tomu je však nutná modifikace jádra hostovaného operačního systému.



Obrázek 4 - Rozdíl plně a paravirtualizace

Zdroj: <http://www.datamation.com/osrc/article.php/3879871/Virtual-Linux-Platform-and-OS-Linux-Virtualization.htm>

3.1.4. Historie virtualizace

Z historického hlediska lze virtualizaci sledovat z několika pohledů. Ať už jím je princip virtuálního stroje, jako základního pohledu na virtualizaci dneška, nebo samozřejmě hardwarová virtualizace spolu s virtualizací aplikací. Historie těchto termínů bude vysvětlena v následujících odstavcích.

Virtuální stroj

Co je virtuální stroj? Z dnešního pohledu se jedná o samostatné, izolované prostředí s operačním systémem a aplikacemi (základní důvod nejenom serverového řešení). Z širšího hlediska se historie virtuálních strojů, potažmo virtualizace, píše již od šedesátých let dvacátého století, kdy jí jako průkopníci propagovaly společnosti General Electric (GE), Bell Labs a International Business Machines (IBM). V těchto letech měla společnost IBM mnoho systémů, které ale zpracovávaly jen jednu dávku v jeden čas. Vzhledem k tomu, že byly systémy využívány zejména k vědecké činnosti, vznikl požadavek na dávkové zpracování. Počátek virtuálního stroje znamenal restrukturalizací současných mainframů. IBM navrhla experimentální stroj CP-40 (první pravý hypervisor), který ale nebyl nikdy nabídnut zákazníkům a fungoval jen v laboratorním prostředí. První prodáváný mainframe s podporou virtualizace, byl CP-67. Operační systém (OS) na CP-67 byl navržen jako CP/CMS. CMS (Console Monitor System) byl malý sigle-user operační systém navržen tak, aby byl interaktivní. CP (Control Program) byl program, který vytvářel virtuální stroje na mainframu, které běžely pod CMS a mohly interaktivně komunikovat s uživatelem.

Interaktivní operační systém představuje pro uživatele možnost komunikovat s programem během jeho běhu. Interaktivita s uživatelem je důležitá, neboť před touto převratnou myšlenkou se IBM soustředila na systémy bez relativního zásahu uživatele. Jednalo se o přirovnání k „blackboxu“. Byl nahrán program do počítače a čekal se výsledek (monitor, tiskárna), bez ohledu na zpracování uvnitř a interakci s uživatelem. Hlavní výhoda využití virtuálních strojů versus sdílení času operačního systému tkvěla v efektivním využití zdrojů mainframu a rovnoměrné rozdělení mezi uživatele. Zlepšila se také bezpečnost, kdy každý uživatel pracoval ve svém vlastním operačním systému a nemohlo tedy dojít k tomu, že by jeden uživatel způsobil zhroucení celého systému i pro ostatní uživatele.³

Hardwarová virtualizace

Myšlenka společnosti IBM a vynález virtuálního stroje dovolil přinést virtualizaci do širšího komerčního prostředí. Na konceptu virtuálního stroje představila v lednu 1987 společnost Insignia Solutions softwarový emulátor SoftPC. Umožňoval běh DOSového prostředí na unixových strojích. Byla to novinka, která zlevnila nasazení DOSu bez nutnosti kupování PC přizpůsobeného pro DOS. V roce 1989 nabídla společnost řešení pro Mac OS, které umožňovalo i spuštění Windows a nejenom DOSu. Inspirováno úspěchem emulátoru SoftPC, vytvořila v roce 1997 společnost Apple aplikaci s názvem Virtual PC. Byla prodávána firmou Connectix. Jednalo se o software, který umožňoval běh operačního systému Windows na počítačích Mac. Později, v roce 2003, byla společnost Connectix koupena firmou Microsoft a tím položen základní kámen virtualizace Microsoftu. Poté byl produkt nabízen pod názvem Microsoft Virtual PC postupně ve verzích 2004 a 2005. V roce 1998 byla založena, z dnešního pohledu, nejvýznamnější společnost na poli virtualizace. Jedná se o společnost VMware, která začala v roce 1999 prodávat produkt na platformě x86, podobný Virtual PC s názvem VMware Workstation. První verze paradoxně fungovala pouze pod operačním systémem Windows, až později byla přidána podpora pro ostatní systémy. V ohledu na tento fakt vydala společnost VMware v roce 2001 dva produkty pro komerční prostředí a to ESX Server a GSX Server. GSX Server dovoluje uživatelům spouštět virtuální stroje nad hostitelským operačním systémem. Tento typ virtualizace

³ CONROY, Sean P. History of Virtualization. In: *Everything VM* [online]. 2010. vyd. [cit. 2014-08-02]. Dostupné z: <http://www.everythingvm.com/content/history-virtualization>

je znám jako Hypervisor typu 2. Revolučním směrem se vydal produkt ESX Server, který umožňuje běh virtuálních strojů bez hostitelského operačního systému. Je znám jako Hypervisor typu 1. Jeho výhoda tkví v možnosti využití všech prostředků, které jsou v případě typu 2 nutné pro běh hostitelského OS. Dalším významným hráčem na poli virtualizace je společnost Citrix, která vstoupila na trh virtualizace v roce 2007 s produktem XenSource (později přejmenovaném na XenServer), ale nebude zahrnuta v této práci.⁴

Virtualizace aplikací

Jedním z témat virtualizace je také virtualizace aplikací, která umožní běh aplikací nezávisle na platformě. Základem virtualizace aplikací je možnost přenositelnosti aplikace z platformy na platformu. Historicky bylo nutné zkompilovat program na platformě, kde měl pracovat. Proto bylo nutné přijít s nějakým druhem softwarové virtualizace, který by dokázal nabídnout pravou přenositelnost aplikací. V roce 1990 začali inženýři společnosti Sun Microsystems pracovat na projektu „Stealth“. Stealth byl projekt zaměřený na využití aplikační programového rozhraní (API - Application Programming Interface) C/C++, pro lepší cestu k psaní a běhu aplikací. Během let projekt několikrát změnil název, jako například Oak, Web Runner, až se v roce 1995 ustálil název Java. Během roku 1994 byla Java zaměřena pro internet, kde společnost Sun viděla velkou příležitost k růstu. Internet je rozsáhlá síť, která obsahuje mnoho počítačů s nejrůznějšími systémy a v té době nebyl způsob jak spouštět aplikace univerzálně. Java byla odpověď na tento problém. V lednu 1996 byla uvolněna Java Development Kit (JDK), což umožňovalo vývojářům psát aplikace pro platformu Java. V té době nebyl žádný podobný programovací jazyk jako Java. Dovoľovala psát aplikace a spouštět je na libovolném počítači s instalovaným prostředím Java (Java Runtime – JRE). Nezanedbatelným faktem bylo to, že bylo prostředí JRE zdarma ke stažení z webových stránek společnosti Sun, nyní Oracle. Prostředí JRE je skládá z mnoha komponent, mezi nejdůležitější patří Java Virtual Machine. Kdykoli je spuštěna aplikace Java, je uvnitř spuštěn Java Virtual Machine, což umožňuje běh aplikací stejně na mobilním telefonu jako na serveru v datacentru. Takto je možné psát a kompilovat aplikace jen pro

⁴ CONROY, Sean P. History of Virtualization. In: *Everything VM* [online]. 2010. vyd. [cit. 2014-08-02]. Dostupné z: <http://www.everythingvm.com/content/history-virtualization>

jedno prostředí a umožnit tak běh na jakémkoliv operačním systému, což je podstata přenositelnosti softwaru.⁵

3.1.5. Proč virtualizovat – výhody

Důvodů proč virtualizovat je mnoho. Tuto technologii lze využít od malých firem až po nadnárodní korporace. V případě otázky zda virtualizovat, je přímá úměra nákladů na celkové vlastnictví a množstvím fyzických strojů, které se virtualizují. Čím více je v podniku fyzických strojů, tím více lze ušetřit a čerpat výhod.⁶ Mezi důvody proč virtualizovat lze řadit i ekologickou stránku provozu datových center. Zejména nadnárodní společnosti se snaží snížit množství spotřeby elektrické energie, kterou bojují proti zhoršování klimatu.

Mezi výhody, které virtualizace přináší, patří:

- Konsolidace serverů a optimalizace infrastruktury
- Nižší náklady na správu ICT
- Zjednodušení správy ICT
- Nižší náklady na spotřebu el. energie
- Vysoká dostupnost
- Rozložení zátěže
- Bezpečnost
- Možnost migrace virtuálních strojů napříč infrastrukturou a platformami
- Efektivnější záloha a obnova dat
- Levné a rychle dostupné testovací prostředí

Samozřejmě existuje i jistá nevýhoda a tou je licenční náročnost virtuálního prostředí.

⁵ CONROY, Sean P. History of Virtualization. In: *Everything VM* [online]. 2010. vyd. [cit. 2014-08-02]. Dostupné z: <http://www.everythingvm.com/content/history-virtualization>

⁶ OLDANYGROUP. *PROČ VIRTUALIZOVAT* [online]. 2014 [cit. 2014-08-10]. Dostupné z: <http://www.oldanygroup.cz/proc-virtualizovat-vmware-virtualizace-41/>

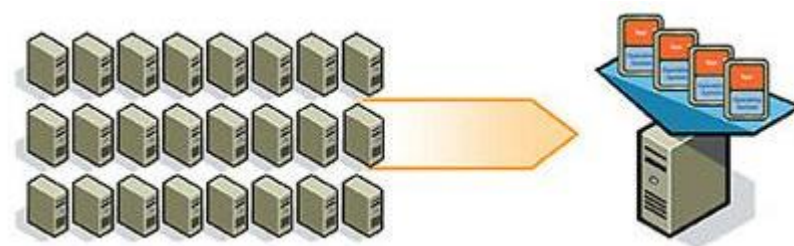
3.1.6. Scénáře pro nasazení virtualizace

Vývoj platform pro serverovou virtualizaci se řídí několika klíčovými scénáři. Scénáře vycházejí z analýzy vývojových týmů, které tráví mnoho času s klienty. Konečné klíčové oblasti vycházejí z potřeb a požadavků zákazníků (Kelbley, 2011, s. 16-17).

Důvodů proč virtualizovat je mnoho. Tuto technologii lze využít od malých firem až po nadnárodní korporace. Serverová virtualizace se využívá zejména pro tyto účely a případy užití:

- **Konsolidace a průběžná optimalizace serverového, úložného a síťového hardwaru.**

Hlavním důvodem začlenění této oblasti, je stále vzrůstající trend nástupu výkonnějších serverů a potažmo procesorů. Více jádrové procesory svou technologií, poskytují optimální platformu pro virtualizaci. Ještě dnes stále společnosti nevyužívají naplno výkon svých serverů a stává se, že úlohy spouštěné na serverech nedokáží zcela využít hardware. Díky virtualizaci mohou systémoví správci ICT vytvořit prostředí, které efektivně využije použitou techniku a na menším množství virtuálních serverů běží stejné množství aplikací. Například I správy paměti lze dosáhnout maximálních konsolidačních poměrů na server. Zvyšující se požadavky na spotřebu energie a chlazení serverů, jsou dalším faktorem pro cestu virtualizace. Lze spouštět stejné množství úloh, na menším počtu serverů a tím značně ušetřit (Kelbley, 2011, s. 16-17). Zdroje společnosti VMware uvádějí, že je možné snížit kapitálové výdaje nejméně o 50 procent a provozní náklady o více jak 60 procent.



Obrázek 5 - Konsolidace serverů

Zdroj: <http://www.intertech.cz/virtualizace/virtualizace-serveru/>

- **Vylepšení kontinuity činnosti prostřednictvím jednoduchých a cenově úsporných systémů vysoké dostupnosti a obnovy po havárii**

Jedním ze scénářů je vytvářet zabezpečenou, vysoce odolnou infrastrukturu, která udržuje podnik v chodu bez ohledu na poruchy hardwaru nebo výpadky celých datových center. Řešení eliminuje odstávky aplikací díky plánované údržbě serverů, úložišť i sítí, a navíc poskytuje jednoduchý, cenově úsporný systém vysoké dostupnosti, který řeší neplánované výpadky, způsobené například poruchami serverů. Jedním z hlavních požadavků je rovněž jednoduchá obnova po výpadcích celých datových center, a to bez potřeby drahého redundantního hardwaru.

- **Zefektivnění IT operací**

Oblasti testování a vývoje se s příchodem virtualizace otevřel prostor pro zvýšení efektivity práce a vyšší produktivitě. Umožňuje zjednodušení správy provozu testovacích, vývojových a výrobních prostředí bez ohledu na použité aplikace, operační systémy a konkrétní fyzické umístění. Poskytuje snadné sdílení a náhradu hardwaru a zjednodušuje správu prostřednictvím společných zásad, provozních postupů a automatizované správy napříč různorodým spektrem aplikací a podnikových uživatelů. Virtualizace umožňuje spravovat množství instancí operačního systému, stavů, konfigurací aplikací a možnost mezi nimi libovolně přepínat bez dlouhé reinstalace. Další přidaná hodnota pro testování a vývoj je v přenositelnosti. Lze přenést celý virtuální systém, včetně obsahu paměti a stavu procesoru (Kelbley, 2011, s. 16-17).

- **Kontinuita provozu a obnova**

Kontinuita provozu je schopnost zachovat funkce kritické infrastruktury. Hyper-V nabízí důležitou funkce pro zajištění kontinuity provozu a to živé zálohování (live migration). Živá migrace využívá služby stínové kopie svazku pro vytvoření zálohy celého systému, aniž by došlo k výpadku.

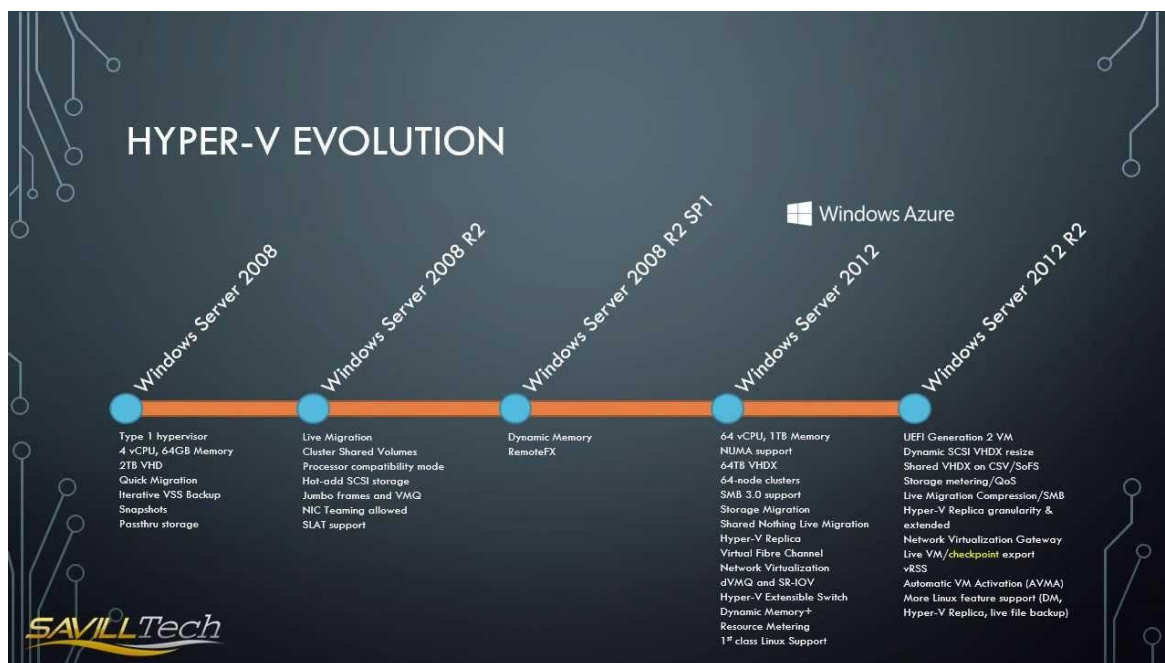
3.2. Microsoft Hyper-V

Hyper-V jako platforma, je základní virtualizační technologií vyvinutou společností Microsoft. Jak již bylo dříve napsáno, jedná se o jednoho z lídrů trhu na poli serverové virtualizace. Dle Gartnera mu patří druhé místo v kvadrantu lídrů. Z historického pohledu je jedním z posledních hráčů, který plně vstoupil na pole serverové virtualizace. V podstatě to bylo umožněno až koupením společnosti Connectix v únoru 2003. Tato společnost vyvinula produkt, který byl posléze nabízen pod názvem Microsoft Virtual PC postupně ve verzích 2004 a 2005. Virtualizace se v podání Microsoftu zaměřuje na pět klíčových oblastí:



- Server – produkty Hyper-V a Virtual Server pro serverové služby
- Desktop – Virtual PC pro klientské a lokální instance operačních systémů
- Prezentace – terminálové služby poskytující vzdálenou plochu a přístup k aplikacím
- Aplikace – produkty App-V a SoftGrid pro virtualizaci aplikací
- Profil – roamingové profily oddělující data a nastavení od operačního systému

Tato práce se věnuje serverové části virtualizace a s tou, v podání Microsoftu úzce souvisí uvedení produktu Windows Server 2008. V případě tohoto produktu nabídl Microsoft integrované řešení pro virtualizaci s názvem Hyper-V. Od uvedení Windows Serveru 2008 bylo toto řešení integrováno jako role serverového operačního systému. Umožňovala správcům vytvořit a spravovat určité množství virtuálních serverů dle použité licence a verze produktu.



Obrázek 6 - Vývoj Microsoft Hyper-V v edicích Windows Server

Zdroj: <http://savilltech.com/blog/2014/04/28/mastering-hyper-v-2012-r2-is-available/>

3.2.1. Edice Windows Server a možnosti pořízení Hyper-V

Virtualizační platformu Hyper-V je možné pořídit a nasadit několika způsoby. Od vydání produktu Microsoft Windows Server 2008 je samotná virtualizace možná buďto jako samostatný produkt, nebo v podobě role operačního systému. Prvním způsobem, který je po registraci na webových stránkách výrobce zdarma, je stažení a využití produktu Microsoft Hyper-V server. Tato možnost virtualizace je založena na core edici Windows Serveru, což je systém bez plného uživatelského rozhraní. K dispozici jsou pouze nástroje powershellu, jako interpretru systému. Po licenční stránce je edice zdarma, ale nenabízí licence pro žádné virtuální servery, které nad ní běží.

V případě implementace Hyper-V jako role systému, lze zakoupit plnohodnotný produkt Windows Sever. V případě edice standard je omezení 1 + 1, což znamená, že jedna licence (= jedna běžící instance Windows Server) je využita pro fyzický server (pokud jsou na něm distribuované služby) a jedna pro virtuální prostředí. Společnou podmínkou pro všechny edice Windows Serveru je 1 licence produktu na 2 fyzické procesory.

Edice současně prodávané verze Windows Server 2012R2 se liší podle funkcionalit a omezení, které nabízejí. Od předchozí veze Windows Server 2008R2 se licenční politika placených produktu společnosti Microsoft zjednodušila. Místo deseti základních edic se nabídka zúžila na 4 dostupné edice:

- Windows Server 2012R2 Foundation
- Windows Server 2012R2 Essentials
- Windows Server 2012R2 Standard
- Windows Server 2012R2 Datacenter

Jednotlivé edice se mimo zásadní ceny liší například také podporou virtualizace a přípravě na potřeby rozvíjející se organizace. Z pohledu dostupné funkcionality Hyper-V, ať již jako role systému, nebo samostatného produktu Hyper-V Server, se edice rozdělují na ty, které tuto možnost nabízejí a ty, které ne. První dvě jmenované verze Foundation a Essentials jsou primárně určené pro malé prostředí, které budou využívat minimum služeb. Hyper-V podporují až verze Standard a Datacenter. Z pohledu využitelnosti a škálovatelnosti řešení nabízejí obě edice stejné funkcionality, jen verze Standard nabízí licencování 1+1 (nebo dva virtuální stroje na jeden host pro virtualizaci) a u verze Datacenter je možné instalovat virtuální stroje se stejným systémem až do výkonosti fyzického stroje.

Posun ve škálovatelnosti virtuálního prostředí v podání Microsoftu, je vidět v Tabulka 1 - Rozdíly Hyper-V Server, kde je vývoj platformy v číslech. Je nutné zmínit zejména množství logických procesorů na hosta a podporovanou operační paměť. Tyto údaje se zvýšily 4x, ale například počet virtuálních strojů v rámci clusteru se změnil 8x.

| Capability | Hyper-V Server 2008 R2 | Hyper-V Server 2012 R2 or Hyper-V Server 2012 |
|---|------------------------|---|
| Number of logical processors on host | 64 | 320 |
| Maximum supported RAM on host | 1 TB | 4 TB |
| Virtual CPUs supported per host | 512 | 2048 |
| Maximum virtual CPUs supported per virtual machine | 4 | 64 |
| Maximum RAM supported per virtual machine | 64 GB | 1 TB |
| Maximum running virtual machines supported per host | 384 | 1024 |
| Guest NUMA | No | Yes |
| Maximum failover cluster nodes supported | 16 | 64 |

| | | |
|---|------|------|
| Maximum number of virtual machines supported in failover clustering | 1000 | 8000 |
|---|------|------|

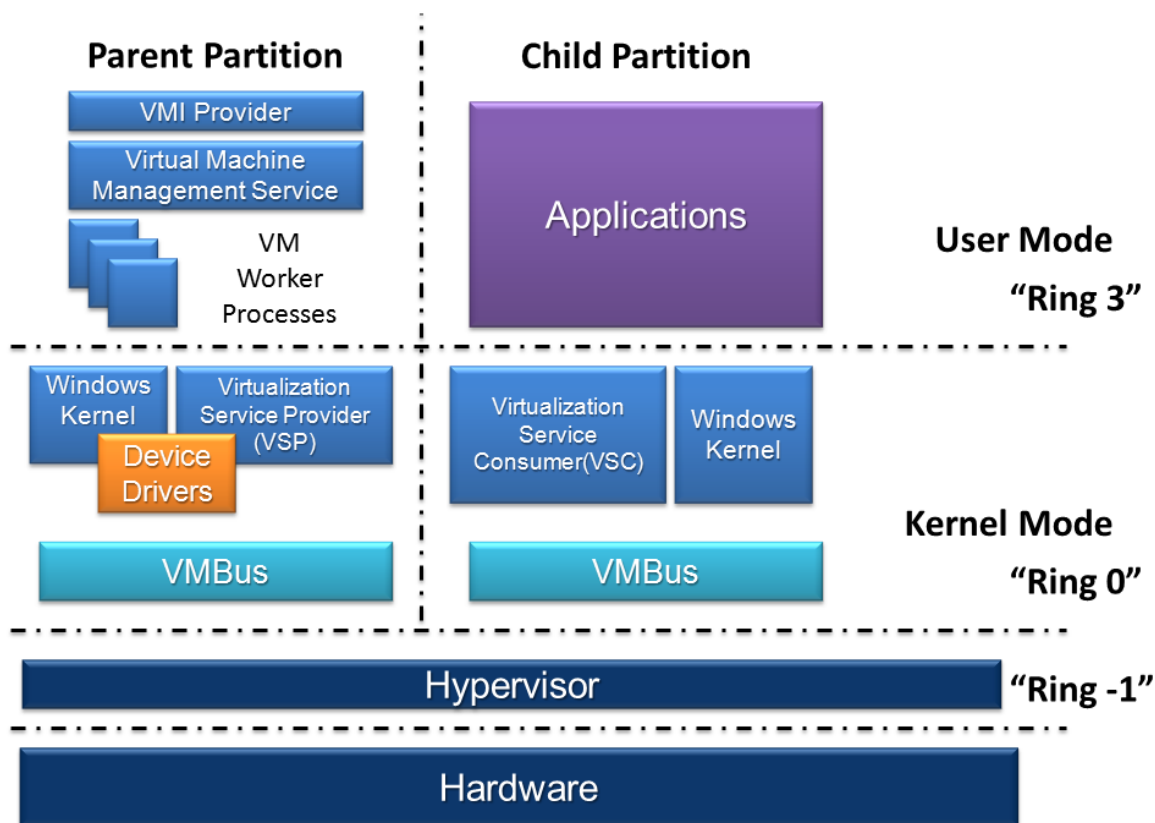
Tabulka 1 - Rozdíly Hyper-V Server

Zdroj: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj647789.aspx>

Poslední vydaná a plně komerčně využívaná verze Hyper-V je verze 2012R2. V současné době je ve fázi testování poslední verze tohoto produktu a to Microsoft Hyper-V Server 2016 Technical Preview 3. V této verzi je patrný trend v možnostech využití cloudových služeb a rozšíření škálovatelnosti systému. Vzhledem k postupnému uvolňování informací, není tato verze zahrnuta více do obsahu této práce.

3.2.2. Architektura Hyper-V

Zjednodušeně lze architekturu Hyper-V rozdělit na čtyři základní části. Úplný základ tvoří certifikovaný hardware pro Windows Server. Poté hypervisor Windows (ring 1) a až nad ním jsou režim jádra a uživatelský režim (viz Obrázek 7 - Architektura hypervisoru Microsoft Hyper-V).



Obrázek 7 - Architektura hypervisoru Microsoft Hyper-V

Zdroj: <http://superuser.com/questions/836116/hyper-v-appears-to-runs-on-top-of-the-host-os-so-why-is-it-considered-a-native>

Ovladače režimu jádra (Kernel mode)

Ovladače režimu jádra pracují v Ring 0. Proto je důležité, aby byly bezpečné, jinak mohou způsobit selhání systému. Hyper-V přidává dva ovladače režimu jádra:

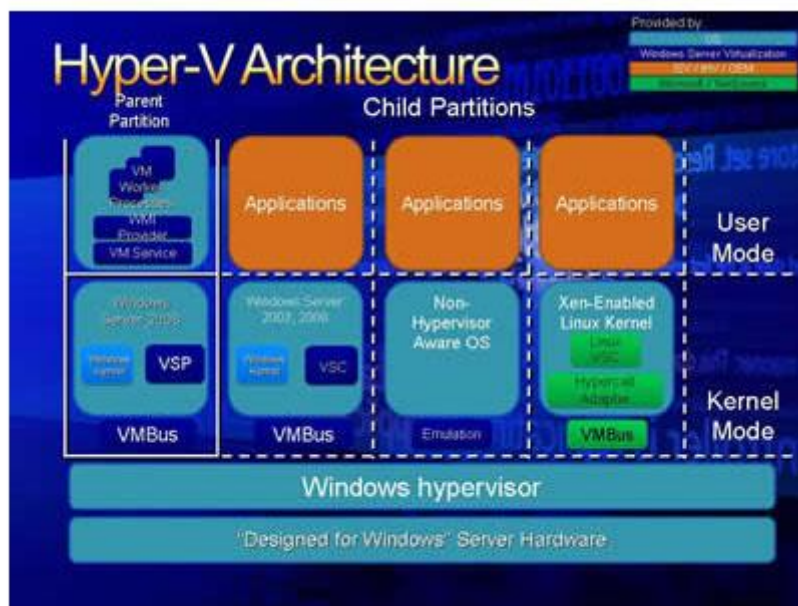
- VMBus
Jedná se o velmi rychlou sběrnici pracující v paměti, vyvinutou speciálně pro Hyper-V. VMBus se chová jako sběrnice pro veškerý V/V provoz, který se odehrává mezi virtuálním strojem a rodičovským oddílem (Parent partition)
- VSP (Virtualization Service Provider)
Poskytuje virtuálnímu stroji bezpečné sdílení fyzického hardwaru.

Aplikace uživatelského režimu (User mode)

Aplikace uživatelského režimu obsahuje součásti, které jsou implementovány jako procesy a každý z nich běží uvnitř svého vlastního virtuálního adresového prostoru. Základními součástmi běžícími v uživatelském režimu jsou:

- **Systémové procesy** = Mezi systémové procesy patří například WINLOGON.EXE, System nebo správce služeb (services.exe). Pokud je některý ze systémových procesů neočekávaně ukončen, dojde k zastavení běhu systému a uživatel je informován modrou obrazovkou (familiárně označovanou jako „modrá smrt“). Bez systémových procesů nemůže fungovat ani jádro operačního systému.
- **Služby** = Služby jsou procesy, které běží nezávisle na přihlašování a odhlašování uživatelů. Vykonávají svoji činnost na pozadí, od uživatele vstupy nepřijímají. Některé aplikace těchto výhod využívají a některé jejich součásti běží jako služby.
- **Aplikace** = Procesy běžící pod účtem přihlášeného uživatele. Jedná se o všechny známé programy jako Internet Explorer nebo Microsoft Word. Patří sem i staré programy určené pro MS-DOS. Při odhlášení uživatele jsou všechny aplikace běžící pod jeho účtem automaticky ukončeny.
- **Vrstva DLL knihoven** = DLL knihovny poskytují rozhraní, přes které musí aplikace komunikovat s jádrem operačního systému. Jejich úkolem je přeložit volání dokumentovaných rutin na volání rutin nedokumentovaných, které

zavolají přímo jádro. Takovými DLL knihovnami prostředí Windows jsou například: kernel32.dll, user32.dll, gdi32.dll a advapi32.dll⁷



Obrázek 8 - Architektura hypervisoru MS Hyper-V

Zdroj: http://tr1.cbstatic.com/hub/i/2013/07/10/42290044-e907-11e2-bc00-02911874f8c8/hyperv_arch.jpg

Hypervisor Windows

Hypervisor Windows tvoří základ Hyper-V. Běží pod nejvyšším oprávněním, jaké může architektura x86 nabídnout. V jádru má pouze několik základních úkolů- tvorbu, rušení oddílů a zajištění separace mezi nimi (oddíl je též znám jako základ virtuálního stroje). Jedním z cílů při vývoji hypervisoru Windows, bylo vytvořit ho tak malý jak to bylo jen možné (Kelbley, 2011, s. 16-17).

Verze hypervisoru Hyper-V

Verze hypervisoru produktu Hyper-V zaznamenal v průběhu času značná posun a největší změny přišly mezi verzemi v1 a v2, jak lze vidět na následujícím obrázku. V současné době využívá produkt Hyper-V 2012 hypervisor verze 3. Vlastnosti hypervisoru a jeho meze budou následně vysvětleny, jelikož se práce zabývá jeho poslední verzí.

⁷ <http://www.vrtulex.net/download/clanky/winnt.pdf>

Vývoj verzí:

- **1. verze** – součást některých edicí Windows Serveru 2008
- **2. verze** – role ve Windows Serveru 2008 R2, případně jako samostatný produkt Microsoft Hyper-V Server 2008 R2, který je k dispozici zdarma. Update v Service Packu 1 pro Windows Server 2008 R2 - Dynamic Memory a RemoteFX
- **3. verze** – integrování do Windows Serveru 2012 a Windows 8 Pro

| | Microsoft Hyper-V Server 2008 V1 | Microsoft Hyper-V Server 2008 R2 |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| Physical Processor Support | Up to 4 processors | Up to 8 processors |
| Logical Processor Support | Up to 16 logical processors | Up to 64 logical processors |
| Physical Memory Support | Up to 32 GB | Up to 1 TB |
| Virtual Machine Memory Support | Up to 32 GB total (e.g. 31 1 GB VMs or 5 6 GB VMs) | 64 GB of memory per VM |
| Live Migration | No | Yes |
| High Availability | No | Yes |
| Management Options | Free Hyper-V Manager MMC SCVMM | Free Hyper-V Manager MMC SCVMM R2 |

Obrázek 9 - Rozdíly Hyper-V v1 x v2

Zdroj: <http://blogs.technet.com/b/technetczsk/archive/2009/08/31/microsoft-hyper-v-server-2008-r2.aspx>

Podporované operační systémy

V rámci platformy Hyper-V jsou podporovány instalace následujících operačních systémů:

- Windows Server od verze 2003 výše
- Windows Client od verze XP Professional SP2 výše
- SUSE® Linux Enterprise Server verze 10 a 11
- Oracle Linux 6.4 a vyšší
- Open SUSE 12.3
- Red Hat Enterprise Linux verze 5.5 a vyšší

- CentOS Linux 5.5 a vyšší
- Ubuntu 12.04 a vyšší
- FreeBSD 8.2
- Debian 7.0 a vyšší

Funkce Hyper-V

Řešení Hyper-V přináší spolehlivou virtualizační platformu, která umožňuje zákazníkům virtualizovat infrastrukturu a snížit náklady nejen na provoz. Začlenění Hyper-V do stávající infrastruktury umožní díky klíčovým funkcím snadnou a rychlou správu. Mezi klíčové funkce patří⁸:

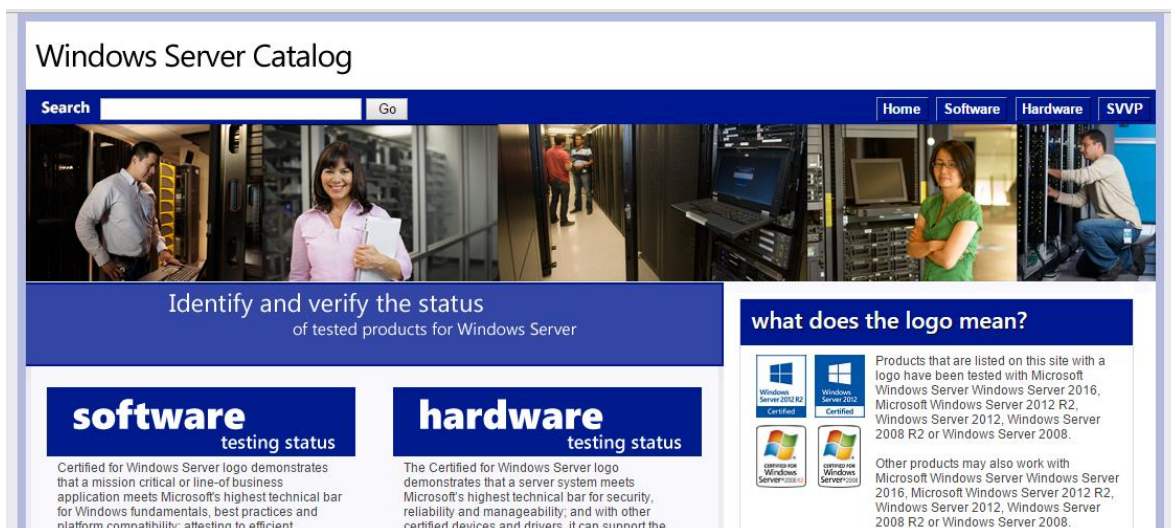
- **Rychlá migrace** = umožňuje přesun běžícího virtuálního stroje z jednoho hostujícího serveru na druhý s minimálním trváním odstávky.
- **Správa virtuálních počítačů** = zákazníci mohou jednoduše importovat a exportovat nastavení virtuálních počítačů a kopírovat je napříč různými hostitelskými servery.
- **Vysoká dostupnost** = Hyper-V zahrnuje podporu pro host-to-host spojení a umožňuje clusterování všech virtuálních počítačů běžících na hostujícím serveru.
- **Zlepšená výkonnost** = Hyper-V zahrnuje několik oprav zvyšujících výkonnost. Všechny nové virtuální počítače Windows Server 2008 nyní automaticky zahrnují integrační komponenty.
- **Role Server Core** = Hyper-V je nyní dostupné jako role v instalaci Server Core systému Windows Server 2008.
- **Vylepšená kontrola přístupu s AzMan** = Hyper-V nyní zahrnuje podporu pro Authorization Manager (AzMan) a umožňuje lepší administraci prostředí Hyper-V se zvýšením zabezpečení.
- **Integrace s nástrojem Server Manager** = Hyper-V je integrováno do nástroje Server Manager a roli Hyper-V lze nyní prostřednictvím tohoto nástroje zapnout.
- **Vzdálená správa** = Hyper-V podporuje vzdálenou správu a lze jej kromě klasické MMC konzoly spravovat i pomocí skriptů.

⁸ <http://www.fscodes.cz/produkty-a-sluzby/virtualizace-a-konsolidace/microsoft-hyper-v?start=4>

- **Zálohování za běhu s Volume Shadow Copy Services** = Hyper-V zahrnuje podporu pro Volume Shadow Copy Services (VSS) a umožňuje provádět zálohy za běhu (Live Backups) virtuálních počítačů pomocí snapshotů.
- **Vylepšená podpora Virtual SCSI** = Hyper-V nyní podporuje až čtyři kontrolery virtual SCSI pro každý virtuální počítač a přináší širší podporu disků.
- **VHD nástroje** = Hyper-V také zahrnuje podporu VHD nástrojů. Disky VHD vytvořené v Hyper-V lze pomocí těchto nástrojů zmenšit, zvětšit a zkontrolovat.
- **Podpora více paměti** = Hyper-V podporuje až 64 GB paměti pro každý virtuální počítač.
- **Integrační komponenty pro Linux** = Integrační komponenty pro SUSE Linux Enterprise Server 10 SP1 x86 a x64 Editions, které umožňují využít výhod architektury VSP/VSC a zvyšují výkonnost, jsou nyní dostupné v beta verzi. Lze je stáhnout přes connect.microsoft.com.
- **Rychlý reset** = Hyper-V nabízí administrátorům možnost rychle resetovat nastavení zaškrtávacích políček a vymazat přihlašovací údaje používané k připojení k virtuálním počítačům.

3.2.3. Hardwarové a softwarové požadavky Hyper-V

Virtualizační technologie Hyper-V a její pojetí virtualizace serverové platformy je ve své podstatě závislé na specifickém hardwaru. Hardware by měl splňovat podporu architektury x64. V hledání vhodné platformy může pomoci služba společnosti Microsoft, Windows Server Catalog, kde lze nalézt certifikovaný hardware pro dotyčné systémy.



Obrázek 10 - Windows Server Catalog
Zdroj: <https://www.windowsservercatalog.com/>

Provozovaný hardware by měl splňovat následující požadavky a je vhodné, zda se k virtualizaci bude využívat verze produktu Hyper-V Server nebo edice Windows Serveru s rolí systému Hyper-V.

| Procesor | |
|-------------------------|--|
| | <p>Minimum: 1.4 GHz 64-bit processor s hardwarovou-podporou virtualizace.</p> <p>Dostupné pro procesory obsahující možnost virtualizace : Processory s Intel Virtualization Technology (Intel VT) nebo AMD Virtualization (AMD-V) technology.</p> <p>Možnost vynucení DEP (Data Execution Prevention)</p> <p>Specificky musí jít zapnout Intel XD bit nebo AMD NX</p> |
| Paměť | |
| | Minimálně 512MB |
| Sít'ové adaptéry | |
| | Minimálně jeden adaptér, ale je doporučuje se dva a více |

Tabulka 2 - HW požadavky Hyper-V
Zdroj: <https://technet.microsoft.com/cs-cz/library/jj647784.aspx>

3.3. VMware vSphere

Společnost VMware vydala svůj první produkt, který se specializoval na virtualizaci již v roce 1999. Jednalo se o produkt VMware Workstation, který umožňoval uživatelům provozovat různé instance operačních systémů na jednom PC v architektuře x86. Od workstation k serverům byl jen krok a v roce 2001 vydala společnost VMware produkt VMware ESX, který se specializoval na serverovou infrastrukturu.



Produktový balík vSphere v současné verzi 6 je souhrn nástrojů obsahující nástroje pro firemní virtualizaci od společnosti VMware, která je průkopníkem virtualizace a jedničkou na trhu. Společnost VMware tímto nabízí prvky, které souží k ovládní a alokaci zdrojů, čímž poskytuje správcům virtuálního prostředí získat kontrolu nad pracovní zátěží. Cíleně vyvinuté funkce a prvky platformy dokáží obhospodařit od několika do tisíce serverů.

Softwarový balík vSphere obsahuje ucelenou kolekci programů. V balíku lze najít následující programy a funkce:

- VMware ESXi
- VMware vCenter Server
- vSphere Update Manager
- VMware vSphere Client and vSphere Web Client
- VMware vShield Zones
- VMware vCenter Orchestrator
- vSphere Virtual Symmetric Multi-Processing
- vSphere vMotion a Storage vMotion
- vSphere Distributed Resource Scheduler
- vSphere Storage DRS
- Storage I/O Control a Network I/O Control
- Profile-Driven Storage
- vSphere High Availability
- vSphere Fault Tolerance
- vSphere Storage APIs for Data Protection a VMware Data Recovery

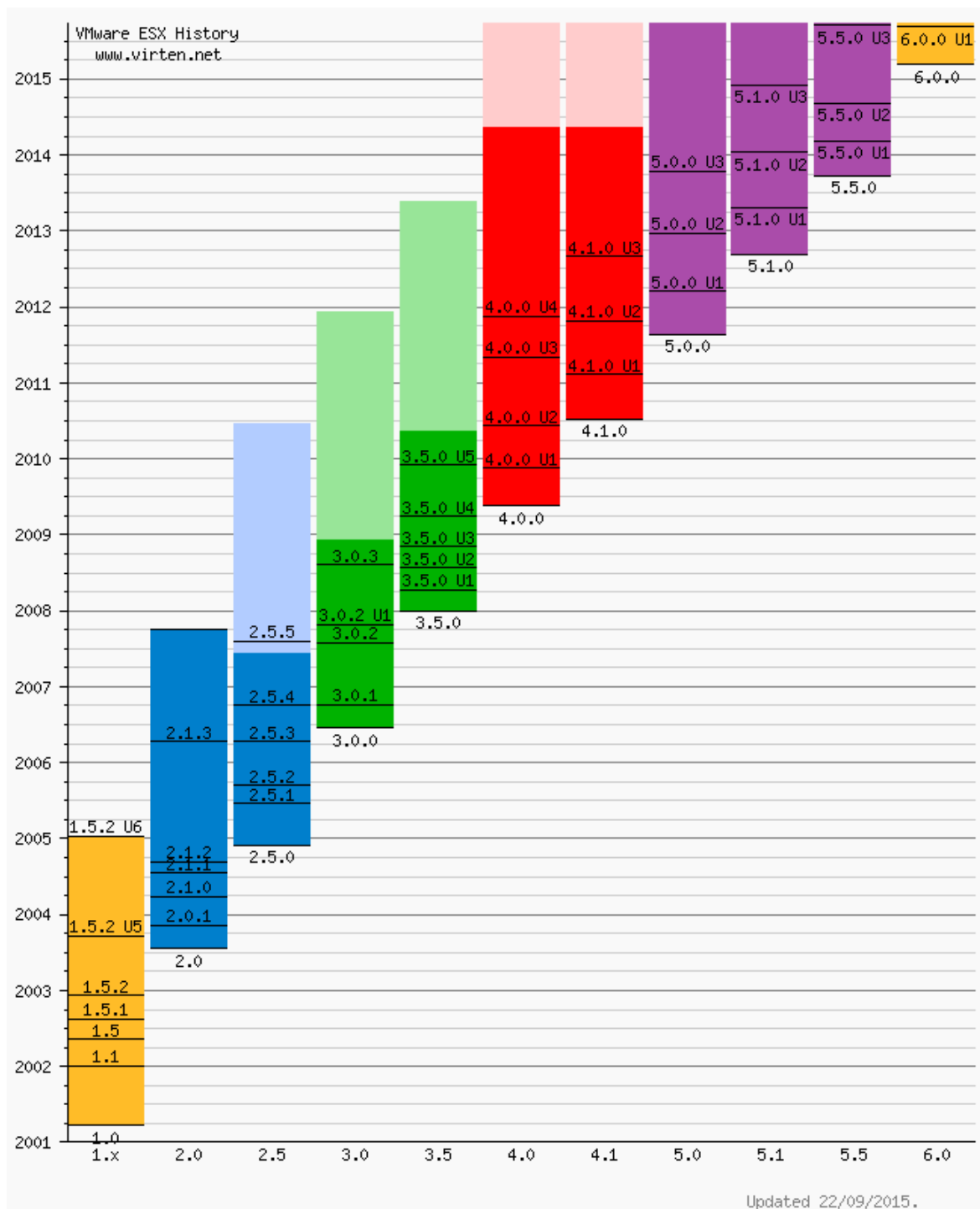
Mimo tento softwarový balík existují také produkty, které společnost VMware vyvinula, ale jsou vedeny samostatně a obohacují celé řešení vSphere. Mezi takové produkty patří například VMware vCloud Request Manager, VMware vCenter AppSpeed a VMware vCenter Site, které svým rozsahem a záběrem přesahují možnosti balíků vSphere a jsou vyvíjeny samostatně, nezávisle (Lowe, 2013, s. 27-28).

Vývoj a verze VMware vSphere

Historie první verze platformy s názvem vSphere sahá do roku 2009, kdy navazuje na produkt VMware ESXi 3.5. V té době vzniká VMware vSphere ESXi verze 4. První uvolnění do užívání proběhlo 21. 5. 2009 verzí 4.0.0 a do současné verze 6.0.0 Update 1 prošel produkt více než 100 opravnými nebo rozšiřujícími balíky. Postupné verze jsou:

- vSphere ESXi 6.0
- vSphere ESXi 5.5
- vSphere ESXi 5.1
- vSphere ESXi 5.0
- vSphere ESXi 4.1
- vSphere ESXi 4.0

Vývoj jednotlivých verzí je vidět na Obrázek 11 - Vývoj VMware ESXi.



Obrázek 11 - Vývoj VMware ESXi

Zdroj: <http://www.virtten.net/vmware/esxi-release-build-number-history/>

Znatelný posun ve vývoji lze usoudit i ze srovnání posledních verzí řešení vSphere. Vývoj reaguje na potřeby firemního prostředí a novinky konkurence. V některých oblastech jsou teoretické hodnoty pro současné využití nadsazené, ale oblast IT se vyvíjí rychlým tempem, takže i tyto údaje mohou být časem nedostatečné.

| Features | VMware vSphere 5.0 | VMware vSphere 5.1 | VMware vSphere 5.5 | VMware vSphere 6.0 |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|---|--|
| VM HW Version | Virtual Hardware 8 | Virtual Hardware 9 | Virtual Hardware 10 | Virtual Hardware 11 |
| vCPU | 32 vCPUs | 64 vCPUS | 64 vCPUS | 128 vCPUS |
| VM Memory | 1 TB | 1 TB | 1 TB | 4 TB |
| Graphics Support | Software based 3D graphics | Hardware based 3D graphics | Improved 3D graphics Support | WDDM 1.1 GDI graphics acceleration |
| Cluster Nodes | 32 Nodes | 32 Nodes | 32 Nodes | 64 Nodes |
| VM's Per Cluster | 3,000 | 4,000 | 4,000 | 8,000 |
| Max CPU per Host | 160 | 160 | 320 | 480 |
| Max Mem per Host | 2 TB | 2 TB | 4 TB | 12 TB |
| Max vCPU per FT VM | 1 vCPU | 1 vCPU | 1 vCPU | 4 vCPU |
| vCSA with Embedded Database | 5 hosts and 50 VM's | 5 hosts and 50 VM's | 300 Hosts and 1,000 VM's | 1000 Hosts and 10,000 VM's |
| Content Libraray | NA | NA | NA | Content Library Introduced with vSphere 6.0 |
| VSAN | NA | NA | VSAN 5.5 | VSAN 6.0 |
| vMotion Enhancements | vMotion Supported | vMotion without Shared Storage | vMotion without Shared Storage Long Distance vMotion(10 ms RTTs) | vMotion across vCenters vMotion across Virtual Switches Long Distance vMotion (100+ ms RTTs) |
| Virtual Volumes (Vvols) | NA | NA | NA | Available with vSphere 6.0 |
| NFS Support | NFS v3 | NFS v3 | NFS v3 | NFS 4.1 Support Multipathing and Kerberos Authentication |
| vCenter Single Sign-on | NA | Introduced with 5.1 | SSO with Improved Architecture | SSO included as part of Platform Services Controller |

Obrázek 12 - Rozdíly ve verzích VMware vSphere 5-6

Zdroj: <http://www.vmwarearena.com/wp-content/uploads/2015/02/Difference-between-vSphere-5.05.1-5.5-6.0.jpg>

Na následujícím Obrázek 13 - Porovnání verzí vSphere 5.5-6 lze vyčíst násobné zvyšování možností celého řešení. Zejména množství podporovaných hostů a velikost RAM pro virtuální stroje, bylo omezení, které znevýhodňovalo toto řešení oproti konkurenčnímu řešení společnosti Microsoft.

| | vSphere 5.5 | vSphere 6 | |
|---------------------|-------------|--------------------|------|
| Hosts per Cluster | 32 | 64 | 2x |
| VMs per Cluster | 4,000 | 8,000 | 2x |
| CPUs per Host | 320 | 480 | 1.5x |
| RAM per Host | 4 TB | 12 TB ¹ | 3x |
| VMs per Host | 512 | 1,024 | 2x |
| Virtual CPUs per VM | 64 | 128 | 2x |
| Virtual RAM per VM | 1 TB | 4 TB | 4x |

¹ With specific server OEM partners

Obrázek 13 - Porovnání verzí vSphere 5.5-6

Zdroj: <https://blogs.vmware.com/vsphere/2015/02/announcing-vsphere-6.html>

3.3.1. Edice VMware vSphere a možnosti pořízení

Virtualizační platformu společnosti VMware je možné zakoupit jako softwarový balík v několika edicích. Při výběru je nutné zvážit oblast využití a požadavky na celkové řešení. V následujícím textu bude možnost pořízení rozdělena na tři oblasti.

Pro menší korporátní prostředí, které nevlastní a nepotřebuje rozsáhlou infrastrukturu, lze zakoupit produkt vSphere v základních edicích:

- Essentials Kit
- Essentials Plus Kit

Edice se od sebe liší v množství vlastností, které je možné v produktu využívat. Jednotlivé rozdíly jsou vypsány v následující tabulce (viz. Tabulka 3 - Rozdíly edic VMware vSphere Essentials Kit (úprava vlastní)).

| | Essentials Kit | Essentials Plus Kit |
|-----------------------|--|--|
| Určení - přehled | Serverová virtualizace a konsolidace serverů s centrální správou | Serverová virtualizace a konsolidace serverů s Business continuity |
| Centralizovaná správa | vCenter Essentials | vCenter Essentials |
| Licenční oprávnění | 3 servery do 2 CPU (každý) | 3 servery do 2 CPU (každý) |
| Vlastnosti | vSphere Hypervisor | vSphere Hypervisor, vMotion, High Availability, Data Protection, vShield Endpoint, vSphere Replication |

Tabulka 3 - Rozdíly edic VMware vSphere Essentials Kit (úprava vlastní)

Zdroj: <http://www.vmware.com/cz/products/vsphere/compare>

Dále lze rozšířit možnosti pořízení a využití celého produktového balíku podle potřeb správy (viz Tabulka 4 - Rozdíly edic VMware vSphere dle správy (úprava vlastní)).

| | vSphere | vSphere with Operations Management |
|---|----------|------------------------------------|
| Virtualization Platform | obsahuje | obsahuje |
| Business Continuity and Security | obsahuje | obsahuje |
| Resource Prioritization and Enhanced Application Performance | obsahuje | obsahuje |
| Automated Administration and Provisioning | obsahuje | obsahuje |
| Operations Visibility and Management | | obsahuje |
| Performance Monitoring and Predictive Analytics | | obsahuje |
| Capacity Management and Optimization | | obsahuje |
| Change, Configuration and Compliance Management, Including vSphere Security Hardening | | obsahuje |

Tabulka 4 - Rozdíly edic VMware vSphere dle správy (úprava vlastní)

Zdroj: <http://www.vmware.com/cz/products/vsphere/compare>

Porovnání dostupných edicí - standardní

Produkt vSphere lze pořídit jako balík vlastností, který se v jednotlivých edicích liší podle množství funkcionalit, které obsahuje. Licenční politika (licence) se vztahuje na každý fyzický procesor serveru. Jednotlivé verze jsou:

- Standard
- Enterprise
- Enterprise Plus

Edice disponují dle Tabulka 5 - Rozdíly edic VMware vSphere (úprava vlastní), různou funkcionalitou od nejnižší verze Standard až po plnou podporu všech dostupných technologií ve verzi Enterprise plus.

| | Standard | Enterprise | Enterprise plus |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------|--|
| Určení – přehled | Konsolidace serverů | Load balancing zdrojů | Zvýšení dostupnosti a výkonosti aplikací |
| Produktové komponenty | | | |
| licenční oprávnění | per 1 CPU | per 1 CPU | per 1 CPU |
| Centralizovaná správa | | | |
| vCenter Server (prodáván samostatně) | vCenter Serer Standard | vCenter Serer Standard | vCenter Serer Standard |
| API Integrace na Cloud | | | |
| Vmware Integration OpenStack | | | Podporováno a prodáváno samostatně |

| Vlastnosti produktu | Standard | Enterprise | Enterprise plus |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| Business Continuity and Security | | | |
| vMotion | obsahuje (+ Cross vSwitch) | obsahuje (+ Cross vSwitch) | obsahuje (+ Cross vSwitch / Cross vCenter / Long Distance) |
| Storage vMotion | obsahuje | obsahuje | obsahuje |

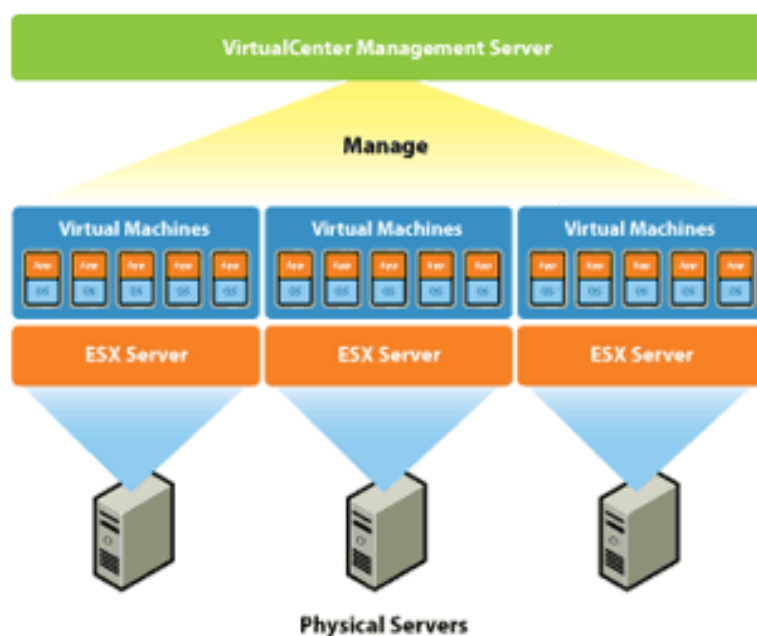
| | | | |
|---|----------|----------|----------------------------------|
| High Availability | obsahuje | obsahuje | obsahuje |
| Data Protection | obsahuje | obsahuje | obsahuje |
| Fault Tolerance | 2-vCPU | 2-vCPU | 4-vCPU |
| vShield Endpoint | obsahuje | obsahuje | obsahuje |
| vSphere Replication | obsahuje | obsahuje | obsahuje |
| Hot Add | obsahuje | obsahuje | obsahuje |
| Resource Prioritization and Enhanced Application Performance | | | |
| Virtual Volumes | obsahuje | obsahuje | obsahuje |
| Storage Policy-Based Management | obsahuje | obsahuje | obsahuje |
| Reliable Memory | | obsahuje | obsahuje |
| Big Data Extensions | | obsahuje | obsahuje |
| Virtual Serial Port Concentrator | | obsahuje | obsahuje |
| Distributed Resources Scheduler (DRS), Distributed Power Management (DPM) | | obsahuje | obsahuje |
| Storage DRS | | | obsahuje |
| Storage I/O Control | | | obsahuje |
| Network I/O Control | | | obsahuje |
| Single Root I/O Virtualization (SR-IOV) Support | | | obsahuje |
| Flash Read Cache | | | obsahuje |
| NVIDIA GRID vGPU | | | obsahuje |
| Automated Administration and Provisioning | | | |
| Content Library | obsahuje | obsahuje | obsahuje (+ Template Deployment) |

| | | | |
|--|--|----------|----------|
| Storage APIs for Array Integration, Multipathing | | obsahuje | obsahuje |
| Distributed Switch | | | obsahuje |
| Host Profiles and Auto Deploy | | | obsahuje |

Tabulka 5 - Rozdíly edic VMware vSphere (úprava vlastní)

Zdroj: <http://www.vmware.com/cz/products/vsphere/compare>

Mimo vyjmenované edice lze produkt využívat také zdarma a to ve formě VMware vSphere Hypervisor. Je to verze produktu, která je ke stažení na webových stránkách výrobce, ale nabízí jen omezené funkcionality a v podstatě žádnou správu. Pro správu je nutné využít buďto placený produkt VMware vCenter nebo klientskou aplikaci vSphere Client.



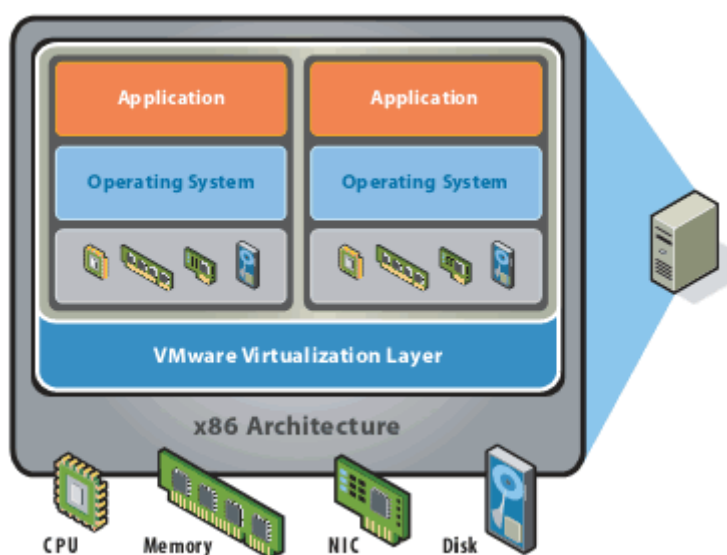
Obrázek 14 - VMware vCenter

Zdroj: <http://www.electricmonk.org.uk/2012/02/08/should-vcenter-be-on-the-same-subnet-as-the-hosts/>

3.3.2. Architektura VMware vSphere

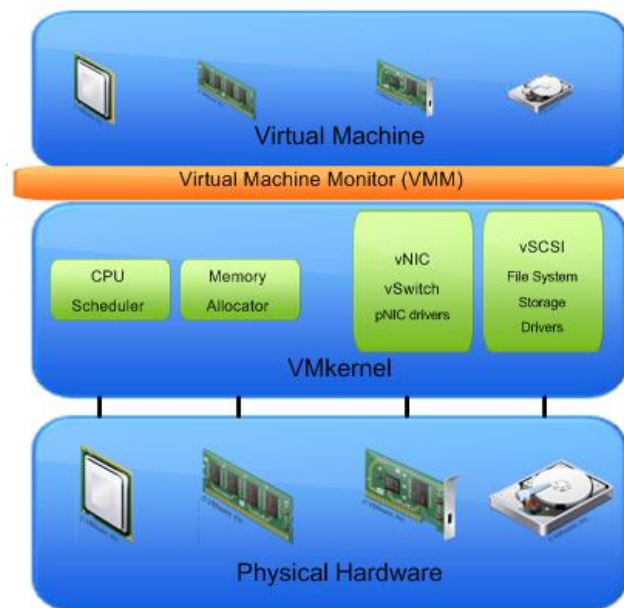
V jádře softwarového balíku vSphere stojí hypervisor, který představuje virtualizační rovinu sloužící jako základna celé produktové řady. V případě vSphere je hypervisor reprezentován prostředím ESXi. V porovnání s předchozími verzemi došlo ke změnám. V minulosti byl hypervisor v řešeních VMware dostupný ve dvou podobách, jako VMware ESX a VMware ESXi. Přestože oba produkty pracují se stejným základním virtualizačním nástrojem, podporují stejnou sadu virtualizačních funkcí, jsou licencovány stejným

způsobem a oba jsou kompletními programy, existovaly mezi nimi znatelné strukturální rozdíly. V produktu VMware ESX bylo interaktivní prostředí prostřednictvím něhož mohli uživatelé s hypervisorem komunikovat, zajištěno linuxovou konzolí Service Console. Tato konzola nabízela současné služby známé z tradičních operačních systémů, například firewall, agenty SNMP a webový server. Na rozdíl od prostředí ESX se ESXi instaluje a běží bez linuxové servisní konzole. Díky tomu má opravdu nepatrnou velikost v porovnání s konkurencí (Lowe, 2013, s. 29).



Obrázek 15 - VMware ESX architektura
Zdroj: <https://lelunha.wordpress.com/2012/07/19/140/>

Základem virtualizačního procesu je jádro VMkernel (viz Obrázek 16 - VMkernel). Právě to spravuje prostřednictvím plánování využití procesoru, správy paměti a zpracování dat virtuálního přepínače přístup virtualizovaných počítačů k fyzickému hardwaru.



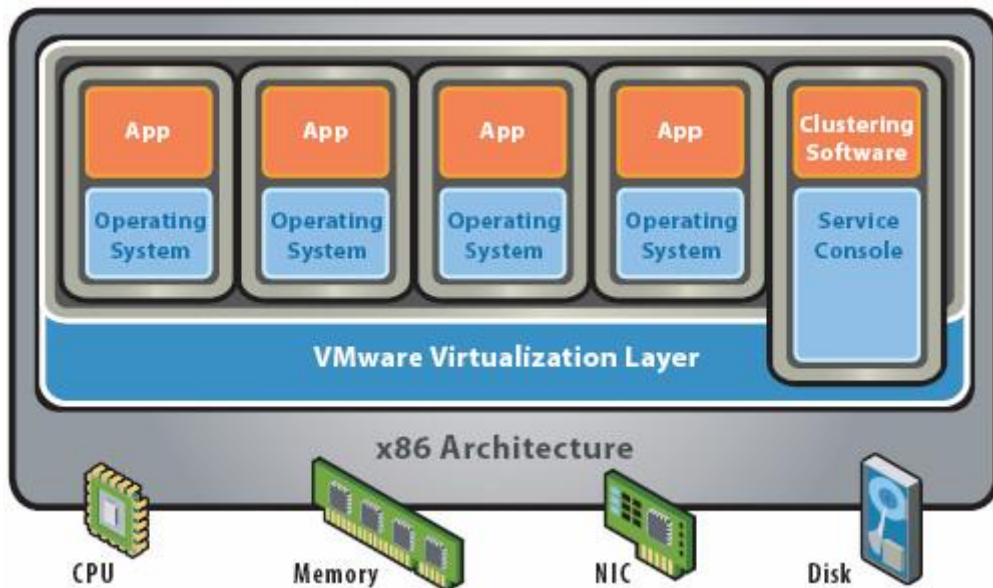
Obrázek 16 - VMkernel

Zdroj: <http://www.virtualinsanity.com/index.php/2010/08/17/life-as-a-vmware-virtual-machine/>

Nová verze vSphere 6 přináší změny zejména v oblastech, které posouvají limity samotného hypervisoru, jako například počet virtuálních CPU na jednoho hostitele, počet jader na hostitele nebo množství operační paměti, kterou lze hostiteli přidělit.

Hypervisor VMware vSphere

Hypervisor vmware vSphere je v odborné veřejnosti také známý jako „ESXi“. Jedná se o hypervisor, který je instalován přímo na fyzický server a nepotřebuje podpůrný operační systém. Tento princip je nativní virtualizace (typ 1). Každý virtuální stroj nad touto platformou sdílí stejné fyzické prostředky pomocí hypervisoru a mohou fungovat dohromady ve stejný čas. Na rozdíl od řešení Hyper-V jsou všechny potřebné funkce pro správu obsažené v instalaci hypervisoru. Díky tomu je možné snížit velikost instalace na 150MB.



Obrázek 17 - Hypervisor VMware vSphere
Zdroj: <http://www.omss.pl/node/23>

Podporované operační systémy

Platforma vSphere podporuje více jak 166 operačních systémů. Paradoxně podporuje i zastaralé verze operačních systémů konkurenční společnosti Microsoft, které jejich řešení Hyper-V nepodporuje. Podpora těchto „starých“ operačních systémů je v případě stejně starých aplikací nutností. Samotné podporované OS lze vyhledat na webových stránkách společnosti vmware v části Compatibility Guides, kde lze pomocí filtru zjistit požadované informace.

Odkaz na webové stránky výrobce > část Compatibility Guides:

<http://www.vmware.com/resources/compatibility/search.php?deviceCategory=guestos>

3.3.3. Hardwarové požadavky VMware vSphere

Pro instalaci virtualizační platformy vmware vSphere v poslední verzi, je nutné splnit minimální hardwarové předpoklady. Před instalací je tedy nutné prověřit, zda jsou k dispozici prostředky podporované ESXi 6.0.⁹

⁹ <https://pubs.vmware.com/vsphere-60/index.jsp#com.vmware.vsphere.install.doc/GUID-DEB8086A-306B-4239-BF76-E354679202FC.html>

Hardwarové předpoklady ESXi 6.0:

- Podpora serverové platformy. Seznam je dostupný na webových stránkách výrobce v části VMware Compatibility Guide.
<http://www.vmware.com/resources/compatibility>
- Host server vyžaduje minimálně dvě jádra CPU.
- Podpora procesorů architektury 64-bit x86 uvolněných po září 2006. Seznam podporovaných procesorů je dostupný na webových stránkách výrobce v části VMware Compatibility Guide.
- Vyžaduje možnost v BIOSu stroje zapnout NX/ND bit pro CPU.
- Vyžaduje minimálně 4GB fyzické RAM, ale pro optimální prostředí a využití je nutné minimálně 8GB RAM.
- Pro podporu 64bit virtuálních strojů, je nutné zapnout podporu x64 CPU (Intel VT-x nebo AMD RVI).
- Minimálně jedno a více ethernetových adaptérů. Seznam podporovaných adaptérů je dostupné na webových stránkách výrobce v části VMware Compatibility Guide.
- Lokální nesíťové pevné disky, RAID nebo LUN s nerozděleným prostorem pro virtuální stroje.

Vedle hardwarových požadavků jsou při instalaci ESXi i požadavky na start systému. Platforma vSphere 6.0 podporuje start („bootování“) ESXi hostů pomocí rozhraní UEFI (Unified Extensible Firmware Interface). S pomocí UEFI lze provést start z pevného disku, CD-ROM nebo USB média. Naopak nelze provést instalaci nebo start systému ze síťového prostředku pomocí VMware Auto Deploy, pokud je využito UEFI.

3.4. Porovnání teoretických hodnot virtualizačních platforem

Na samém počátku porovnání hodnot jednotlivých platforem je nutné sjednotit terminologii a svázat pojmy obou výrobců. Existují technologie, které v samotné myšlence provádějí tutéž činnost, ale u každého výrobce se jmenují jinak. Jednotlivé výrazy jsou pro jednotlivé platformy srovnávány a ekvivalenty jsou v následující Tabulka 6 - Ekvivalent výrazů. Informace v tabulce jsou výsledkem porovnání technologických architektrů

společnosti Dell, kteří se v rámci konfrontace platforem snažili zhodnotit jednotlivé parametry z nezávislého pohledu.

| 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 |
| | | |
| | | |

Global Marketing 

Tabulka 6 - Ekvivalent výrazů

Zdroj: <https://www.wug.cz/praha/akce/404-Srovnani-virtualizacnich-platforem-VMware-a-Microsoft>

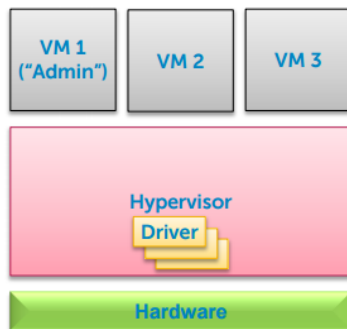
3.4.1. Pozitiva / Negativa výběru hypervisoru

Z pohledu bezpečnosti hypervisoru, je důležité objasnit místa, která jsou kritická z pohledu přístupu k ovladačům hardwaru. Takto lze rozdělit pohled na architekturu na monolitický a mikrokernel hypervisor (viz Obrázek 18 - Architektura hypervisoru z pohledu ovladačů).

Architektura

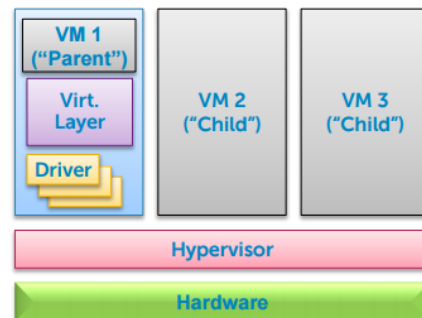
Monolithic Hypervisor

- 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)



Obrázek 18 - Architektura hypervisoru z pohledu ovladačů

Zdroj <https://www.wug.cz/praha/akce/404-Srovnani-virtualizacnich-platforem-VMware-a-Microsoft>

Zejména skutečnost, že v případě hypervisoru od společnosti VMware jsou ovladače pro hardware obsažené již v něm samotném (monolitický hypervisor). V architektuře společnosti Microsoft jsou ovladače pro hardware obsažené v tzv. rodičovského oddílu (parent partition), který je vytvořen nad hypervisorem (viz architektura MS Hyper-V). Tím je zajištěna větší bezpečnost, ale prodlužuje se přístup ke zdrojům. V následující Tabulka 7 - Pozitiva/negativa hypervisorů, jsou shrnuty pozitiva a negativa z pohledu ovladačů a bezpečnosti hypervisoru.

| Architektura hypervisoru | Pozitiva | Negativa |
|---|--|---------------------------------------|
| Řešení VMware (ovladače obsažené v hypervisoru) | Lepší kontrola nad zdroji přes ovladače zařízení | Kód třetí strany v jádru hypervisoru |
| | Ovladače optimalizované a testované pro virtualizaci | Větší velikost hypervisoru |
| | Všechny virtuální stroje pracují nezávisle | Menší množství podporovaného hardwaru |

| | | |
|---|--------------------------------------|---|
| Řešení Microsoft (ovladače obsažené v rodičovském oddíle) | Žádný kód třetí strany v hypervisoru | Používá standardní ovladače systému windows |
| | Menší velikost hypervisoru | Chyby v rodičovského oddílu ovlivní chod virtuálních strojů |
| | Širší podpora hardwaru | Delší cesta k ovladačům (delší kontrola nad zdroji) |

Tabulka 7 - Pozitiva/negativa hypervisorů

Zdroj <https://www.wug.cz/praha/akce/404-Srovnani-virtualizacnich-platforem-VMware-a-Microsoft>

Úprava: vlastní

Z pohledu srovnání samotných hypervisorů jsou důležité také nejlevnější verze, které mohou menší zákazníci využívat zdarma. V případě společnosti VMware se jedná o produkt ESX (VMware Hypervisor) a v případě Microsoftu o produkt Hyper-V Server. V zásadě lze ale v několika bodech vystihnout vlastnosti hypervisorů a potažmo platforem, jak ukazuje následující Tabulka 8 - Obecné vystižení hypervisorů.

| VMware ESX | Hyper-V Server |
|--|---|
| Žádná závislost na operačním systému Windows | Levnější pořízení |
| Širší podpora operačních systémů | Větší podpora hardwaru |
| Větší hypervisor / menší platforma | Menší hypervisor / větší podpora |
| Větší škálovatelnost pro větší implementace | Cenově výhodné pro menší podniky - HA v ceně, Hyper-V zdarma, ... |

Tabulka 8 - Obecné vystižení hypervisorů

Zdroj <https://www.wug.cz/praha/akce/404-Srovnani-virtualizacnich-platforem-VMware-a-Microsoft>

Úprava: vlastní

3.4.2. Porovnání vlastností

Srovnávat jednotlivé platformy lze v několika rovinách. Pomocí volně dostupné webové stránky Virtualization Matrix (Obrázek 19 - Virtualization Matrix), je možné celkem elektivně zhodnotit parametry jednotlivých platforem, jak obecně, tak se zaměřením na jednotlivé oblasti. I v této práci bude na verze pohlíženo z několika oblastí:

- Škálovatelnost řešení
- Vysoká dostupnost, kontrola zdrojů, odolnost proti výpadku
- Úložiště a práce s diskovým prostorem
- Síťové rozhraní a služby

Na základě vytěžených informací jak z webového portálu Virtualization Matrix, tak z oficiálních zdrojů výrobce, byla sestavena následující tabulka, kde jsou informace konfrontovány mezi sebou. Ke srovnání vlastností dostupných verzí byly vybrány následující produkty:

- Hyper-V Server 2012R2
- Hyper-V Server v rámci Windows Serveru 2012R2 Standard
- Hyper-V Server v rámci Windows Serveru 2012R2 Datacenter
- VMware vSphere 6.0 Hypervisor
- VMware vSphere 6.0 Standard
- VMware vSphere 6.0 Enterprise

The screenshot shows the 'Virtualization Matrix' website interface. At the top, there is a navigation bar with 'HOME', 'COMPARISON', 'COLLABORATION', 'BLOG', and 'ABOUT'. Below this is a category filter set to 'Virtualization' and a status indicator 'Available Products : 41'. The main content area features a consultant profile for Roman Macek, a 'SELECT VENDOR' section with dropdowns for Microsoft and VMware, and a 'Select Product' section with dropdowns for 'HyperV / 2012R2' and 'vSphere / 6.0'. Below these are 'Select Edition' dropdowns for 'Free Hyper-V Server w/o SC' and 'Free Hypervisor'. A 'Matrix Score' bar chart is visible on the right, showing scores of 103 and 73. At the bottom, there is a table with columns for 'CONTENT CREATOR' and 'OVERVIEW', and a 'View: All Add ons' section with a 'NexentaStor Demo' advertisement.

Obrázek 19 - Virtualization Matrix

Zdroj: http://www.virtualizationmatrix.com/matrix.php?category_search=all&free_based=1

Oblast - Škálovatelnost řešení

První oblast porovnání řešení se zaměřuje na využitelnost a možné rozšíření infrastruktury. Z následující tabulky lze usoudit, že nová verze vSphere 6.0 nabízí daleko

vyšší limity, které ale ve většině nasazení nejsou potřeba. Tyto limity slouží jako krajní možnosti pro velká datová centra, která nabízení povětšinou cloudové služby nebo pro provoz nadnárodních společností. Řešení vSphere 6.0 dovoluje využívat především více logických procesorů a operační paměti pro hosta. Dále také nabízí využít více virtuálních procesorů a paměti pro virtuální prostředí. Zdarma řešení od společnosti VMware nenabízí možnost vytvoření clusteru.

| System | Resource | Microsoft Hyper-V 2012 R2 | | | VMware vSphere 6.0 | | |
|---------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---|---|
| | | Free Hypervisor | Standard | Datacenter | Free Hypervisor | Standard | Enterprise |
| Host | Logical Processors | 320 | 320 | 320 | 480 | 480 | 480 |
| | Physical Memory | 4 TB | 4 TB | 4TB | 12TB (EXCLUDING Reliable Memory Technology) | 12TB (EXCLUDING Reliable Memory Technology) | 12TB (EXCLUDING Reliable Memory Technology) |
| | Virtual CPUs per Host | 2048 | 2048 | 2048 | 4096 | 4096 | 4096 |
| VM | Virtual CPUs per VM | 64 | 64 | 64 | 128 | 128 | 128 |
| | Memory per VM | 1 TB | 1 TB | 1 TB | 4TB | 4TB | 4TB |
| | Maximum Virtual Disk | 64TB (vhdx), 2TB (vhd), 256TB+ (raw) | 64TB (vhdx), 2TB (vhd), 256TB+ (raw) | 64TB (vhdx), 2TB (vhd), 256TB+ (raw) | 62TB for vmdk, RDM and snapshots | 62TB for vmdk, RDM and snapshots | 62TB for vmdk, RDM and snapshots |
| | Active VMs per Host | 1024 | 1024 | 1024 | 1024 | 1024 | 1024 |
| Cluster | Maximum Nodes | 64 | 64 | 64 | No | 64 | 64 |
| | Maximum VMs | 8000 | 8000 | 8000 | No | 8000 | 8000 |

Tabulka 9 - Porovnání (škálovatelnost řešení)
Zdroj: <https://www.whatmatrix.com/comparison/Virtualization>

Oblast – Vysoká dostupnost, kontrola zdrojů, odolnost vůči výpadku

V oblasti vysoké dostupnosti, kontroly a správy zdrojů jsou platformy shodné a nabízení podobné funkcionality. Největší rozdíl je v edicích, které jsou dostupné zdarma.

Možnosti řešení Hyper-V Server 2012R2 nabízí v tomto ohledu všechny možnosti live migrace a zajištění vysoké dostupnosti, které vSphere 6.0 Hypervisor chybí.

| Capability | Microsoft Hyper-V 2012 R2 | | | VMware vSphere 6.0 | | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Free Hypervisor | Standard | Datacenter | Free Hypervisor | Standard | Enterprise |
| Nodes per Cluster | 64 | 64 | 64 | No | 64 | 64 |
| VMs per Cluster | 8000 | 8000 | 8000 | No | 8000 | 8000 |
| Virtual Machine Live Migration | Yes | Yes | Yes | No | Yes | Yes |
| Shared-Nothing Live Migration | Yes | Yes | Yes | No | Yes | Yes |
| CPU Compatibility for Live Migration | Per VM (only one baseline) | Per VM (only one baseline) | Per VM (only one baseline) | No | Cluster EVC (several baselines) | Cluster EVC (several baselines) |
| Guest Clustering with Live Migration Support | Yes | Yes | Yes | No | No | No |
| Automated Live Migration | No | Yes | Yes | No | No | Yes (DRS/DPM) |
| Simultaneous Live Migrations | Unlimited | Unlimited | Unlimited | No | 4 (1GigE) or 8 (10GigE) | 4 (1GigE) or 8 (10GigE) |
| Live Storage Migration | Yes | Yes | Yes | No | Yes | Yes |
| Simultaneous Live Storage Migrations | Unlimited | Unlimited | Unlimited | No | Yes | Yes |
| Hot and Incremental Backups | Yes | Yes | Yes | No (some 3rd part tools) | Yes | Yes |
| VM Replication | Yes | Yes | Yes | No | Yes | Yes |
| Integrated High Availability | Yes (Fail-Over Cluster) | Yes (Fail-Over Cluster) | Yes (Fail-Over Cluster) | No | Yes (VMware HA) | Yes (VMware HA) |
| VM Lockstep Protection | No (3rd part tools) | No (3rd part tools) | No (3rd part tools) | No | Yes (VMware FT) | Yes (VMware FT) |

| | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| Guest OS Application Monitoring | Yes | Yes | Yes | No | No | App HA |
| HA handle storage failure | Yes | Yes | Yes | No | No | No |
| Cluster-Aware Updating | Yes | Yes | Yes | No | Yes | Yes |
| Failover Prioritization | Yes | Yes | Yes | No | Yes | Yes |
| Resource Pool | Yes (host groups) | Yes (host groups) | Yes (host groups) | Limited (host-level only) | Limited (host-level only) | Yes |
| Affinity & Anti-Affinity Rules | Yes | Yes | Yes | No | No | Yes |

Tabulka 10 - Porovnání (HA, Správa zdrojů)
Zdroj: <https://www.whatmatrix.com/comparison/Virtualization>

Oblast – Úložiště a práce s diskovým prostorem

Z pohledu práce s úložištěm a technologiemi, které s tím souvisí, je znovu vidět výhodnost řešení společnosti Microsoft. Už od verze zdarma nabízí všechny funkcionality pro řádné hospodaření se zdroji. Zase ztrácí verze zdarma, jako možná varianta pro malé prostředí.

| Capability | Microsoft Hyper-V 2012 R2 | | | VMware vSphere 6.0 | | |
|---|---------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Free Hypervisor | Standard | Datacenter | Free Hypervisor | Standard | Enterprise |
| Thin disks | Yes (dynamic disks) | Yes (dynamic disks) | Yes (dynamic disks) | Yes | Yes | Yes |
| Differential disks | Yes | Yes | Yes | No (only with API) | No (only with API) | No (only with API) |
| SAN | iSCSI/FC | iSCSI/FC | iSCSI/FC | iSCSI/FC | iSCSI/FC | iSCSI/FC |
| NAS | SMB 3.0 | SMB 3.1 | SMB 3.2 | NFS 3 over TCP | NFS 3 over TCP | NFS 3 over TCP |
| Virtual Fiber Channel | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 3rd Party Multipathing (MPIO) | Yes | Yes | Yes | No | No | Yes |
| Native 4-KB Disk Support | Yes | Yes | Yes | No | No | No? |
| Maximum Virtual Disk Size | 64TB (VHDX) | 64TB (VHDX) | 64TB (VHDX) | 62TB for vmdk, RDM and snapshots | 62TB for vmdk, RDM and snapshots | 62TB for vmdk, RDM and snapshots |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Hot Virtual Disk resize | Yes (VHDX) | Yes (VHDX) | Yes (VHDX) | Yes (only increase) | Yes (only increase) | Yes (only increase) |
| Virtual Disk sharing | Yes (VHDX) | Yes (VHDX) | Yes (VHDX) | Yes | Yes | Yes |
| Maximum Pass Through Disk Size | 265TB+ | 265TB+ | 265TB+ | 64TB | 64TB | 64TB |
| Storage Offload | Yes (ODX) | Yes (ODX) | Yes (ODX) | No | No | Yes (VAAI) |
| Storage Virtualization | Storage Spaces | Storage Spaces | Storage Spaces | No (only 3rd part) | VSA and VSAN | VSA and VSAN |
| Storage QoS | Yes | Yes | Yes | Yes (basic, no SIOC) | Yes (basic, no SIOC) | Yes (basic, no SIOC) |
| Storage Encryption | Yes | Yes | Yes | No | No | No |
| Caching | Yes (CSV read-only cache) | Yes (CSV read-only cache) | Yes (CSV read-only cache) | No | No | Flash Read Cache |

Tabulka 11 - Porovnání (storage)

Zdroj: <https://www.whatmatrix.com/comparison/Virtualization>

Oblast – Síťové rozhraní a služby

Obě posuzovaná řešení jsou svými funkcionalitami podobná a jsou připravená pro náročné požadavky. Design topologie virtualizace v prostředí Microsoftu je poněkud složitější na konfiguraci a vyžaduje větší množství adaptérů pro dodržení návrhu. To favorizuje řešení společnosti VMware.

| Capability | Microsoft Hyper-V 2012 R2 | | | VMware vSphere 6.0 | | |
|-----------------------------------|---------------------------|----------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Free Hypervisor | Standard | Datacenter | Free Hypervisor | Standard | Enterprise |
| NIC Teaming | Yes | Yes | Yes | Yes (no LACP Support) | Yes (no LACP Support) | Yes (no LACP Support) |
| Extensible Switch | Yes | Yes | Yes | No | No | Replaceable |
| PVLAN Support | Yes | Yes | Yes | No | No | Yes (DVS or 3rd part) |
| ARP/ND Spoofing Protection | Yes | Yes | Yes | No | No | vCNS/Partner |
| DHCP Snooping Protection | Yes | Yes | Yes | No | No | vCNS/Partner |
| Virtual Port ACLs | Yes | Yes | Yes | No | No | vCNS/Partner |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Trunk Mode to Virtual Machines | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Port Monitoring | Yes | Yes | Yes | Per Port Group | Per Port Group | Yes |
| Port Mirroring | Yes | Yes | Yes | Per Port Group | Per Port Group | Yes |
| Dynamic Virtual Machine Queue | Yes | Yes | Yes | NetQueue | NetQueue | NetQueue |
| IPsec Task Offload | Yes | Yes | Yes | No | No | No |
| SR-IOV | Yes | Yes | Yes | Yes (No Live Migration support) | Yes (No Live Migration support) | Yes (No Live Migration support) |
| Network Virtualization | NVGRE | NVGRE | NVGRE | Yes | Yes | Yes |
| Network QoS | Yes | Yes | Yes | Limited (no NetIOC) | Limited (no NetIOC) | Limited (no NetIOC) |
| Quality of Service | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Data Center Bridging (DCB) | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |

Tabulka 12 - Porovnání (networking)

Zdroj: <https://www.whatmatrix.com/comparison/Virtualization>

Z pohledu nasazení jsou obě platformy připraveny na nepřetržitý provoz datového centra a poskytování náročných aplikací. Z výsledků testů je zřejmé, že je VMware připraven na lepší využití a správu paměti, Microsoft zase dokáže lépe pracovat s diskovým prostorem a přístupem k němu. V poslední verzi vSphere 6.0 společnosti VMware nabízí v určitých oblastech násobné překročení limitů řešení Hyper-V. Je otázkou, jak na tento stav bude reagovat uvolnění nové verze Hyper-V Serveru 2016.

3.4.3. Podíl procent na trhu

Vzhledem k neotřesitelné pozici produktů společnosti VMware na trhu v oblasti virtualizace a v tomto případě serverové virtualizace, je snaha Microsoftu vniknout do vod tohoto trhu vítanou změnou. Jak je vidět na Obrázek 20 - Podíl platform na trhu serverové virtualizace, tak po uvedení produktu Windows Server 2008 na trh, si společnost Microsoft postupně ukrajuje část trhu pro sebe. Postupem času se virtualizace v podání řešení Hyper-V stává stále lákavější volbou pro SMB a rozšiřuje se postupně i mezi větší zákazníky. Každopádně se nedá upřít společnosti Microsoft snaha naplnit očekávání zákazníků

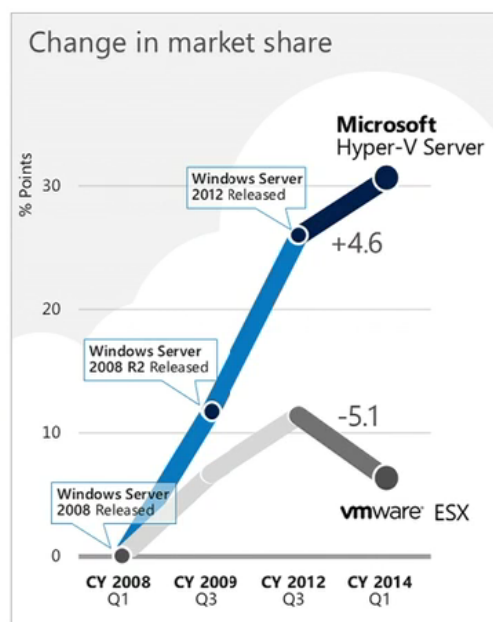
a vytvořit si pevnou pozici na trhu. Pokud se zohlední ceny za pořízení a provoz, je možné se dostat v případě řešení Hyper-V na úsporu 4x větší v porovnání s řešením vSphere. Vzhledem k cenové politice společnosti Microsoft, získává řešení Hyper-V stále více zájemců v řadách menších společností, ale s rozvojem se stále více přesouvá do prostředí velkých datových center.

Private Cloud Winning Virtualization Share

x86 Server Virtualization share for the past 5+ years

| | Q1 CY2008 Windows Server 2008 Released | Q3 CY2009 Windows Server 2008 R2 Released | Q3 CY2012 Windows Server 2012 Released | Q1 CY2014 CURRENT | Change Since Hyper-V Released |
|---------------------------------|---|--|---|----------------------|-------------------------------|
| Microsoft Hyper-V Server | 0.0% | 11.8% | 26.0% | 30.6% | +30.6 Pts |
| vmware ESX | 40.1% | 46.8% | 51.5% | 46.4% | +6.3 Pts |

Source: IDC WW Quarterly Server Virtualization Tracker, June 2014. Hyper-V and ESX + vSphere shares based on percent market share among all x86 new hypervisor deployments (inopaid and paid). x86 hypervisor shipments include those sold on new servers, new nonpaid hypervisor deployments on older servers, and new hypervisor sales and nonpaid hypervisor deployments on installed base servers. Share gains for Hyper-V and ESX + vSphere come in part from market share transfers from older products from same vendors.



Obrázek 20 - Podíl platform na trhu serverové virtualizace

Zdroj: <http://www.thomasmaurer.ch/2014/07/hyper-v-is-eating-vmwares-lunch/>

4. Praktická část

V praktické části se práce zaměřuje na srovnání produktů v reálné rovině pomocí případové studie a simulovaném prostředí pomocí testů. S ohledem na dostupnost jednotlivých virtualizačních platforem, byly pro potřeby testování zvoleny volně dostupné verze produktů.

4.1. Testování

V případě řešení Microsoft to byl produkt Hyper-V Server 2012 R2 a v případě řešení VMware produkt vSphere 6.0. Produkt vSphere je dostupný v trial verzi na 60dní (VMware) a Hyper-V Server zdarma (Microsoft). Jako fyzický stroj byl zapůjčen server IBM System x3250, který byl využit pro plánované testování. Pro sbírání a vyhodnocení informací byl využit notebook HP ProBook 6570b s operačním systémem Windows 8.1 Pro x64. Pro správu jednotlivých produktů byly využity produkty VMware vSphere Client 6.0 a rozšíření systému Windows 8.1 Pro – doplněk Hyper-V.

4.1.1. HW pro testování

Veškeré testy byly prováděny na serveru IBM System x3250 (4364) z roku 2007. Je to ověřená platforma kvalitního výrobce serverů, na které lze otestovat virtualizační řešení Hyper-V a vSphere i vzhledem k datu výroby serveru. Specificky se jedná o jednoprocessorový server platformy Intel Xeon v provedení rack s velikostí 1U.

Specifikace testovacího serveru:

| | |
|----------------------------|--|
| Provedení | Rack 1U |
| Procesor | Intel Xeon (dual-core) 2,13GHz/1066MHz |
| Počet procesorů | 1 |
| Operační paměť | 8GB DDR2 667MHz |
| Rozšiřitelné sloty | 2x PCI-Express (x8) |
| Sloty pro pevné disky | 2x 3,5“ SAS/SATA nebo 4x 2,5“ SAS |
| Maximální interní velikost | 1TB SATA nebo 600GB SAS |
| Pevné disky | 2x 146GB hot-swap 3,5“ 15k rpm SAS |

| | |
|---------------|---|
| Síťové karty | 2x Gigabit Ethernet |
| Zdroj | 1x 350W |
| Podpora raidu | Integrovaný raid 0,1 |
| Porty | 2x přední USB, zadní sériový, dvě USB, VGA, myš, klávesnice, 2xRJ45, 1xRJ45 system management |

4.1.2. SW pro testování

Pro testování jednotlivých platform bylo zvoleno softwarové řešení PassMark Performance Test 8.0, které je v trial verzi a placené verzi dostupné na adrese <http://www.passmark.com/products/pt.htm>. Tento software se všeobecně využívá pro testování hardwaru a jeho výsledky jsou prezentovány na stránkách společnosti PassMark® Software Pty



Ltd, kde se mezi sebou konfrontují, zejména ve výkonosti. Tato australská společnost se zabývá nezávislým testováním hardwaru již od roku 1998, aby poskytla lepší orientaci nejen pro IT odborníky.



Obrázek 21 - Úvodní obrazovka PassMark Performance Test 8.0

Zdroj: vlastní

Pro testování byly využity přednastavené testovací procedury, které nabízí produkt PassMark Performance Test 8.0. Jednotlivé testy lze rozdějit do několika oblastí, které jsou v plánování zdrojů a využití zásadní:

- CPU test
 - Integer Math (Milions of operations per second)
 - Floating Point (Milions of operations per second)
 - Prime numbers (Milions of primes per second)
 - Extended Instructions (SSE) (Milion matrices per second)
 - Compression (Kbytes processed per second)
 - Encryption (Mbytes transfered per second)
 - Physics (Frames per second)
 - Sorting (Thousand strings per second)
 - Single Threaded (Milions of operations per second)
- Memory test
 - Database Operations (Thousands of operations per second)
 - Read Cached (Mbytes transfered per second)
 - Read Uncached (Mbytes transfered per second)
 - Write (Mbytes transfered per second)
 - Available RAM (Megabytes available)
 - Latency (Nanoseconds (lower is better))
 - Threaded (Mbytes transfered per second)
- Disk test
 - Sequential Read (Mbytes transfered per second)
 - Sequential Write (Mbytes transfered per second)
 - Random Seek RW (Mbytes transfered per second)

Po skončení testů je v rámci testovací utility vytvořen výsledek, který je tvořen výpočtem poměrů výsledků jednotlivých testů.

Postup testování

Všechny připravené testy proběhly podle předem daného sledu činností:

- Instalace Windows Server 2012R2 na fyzický server

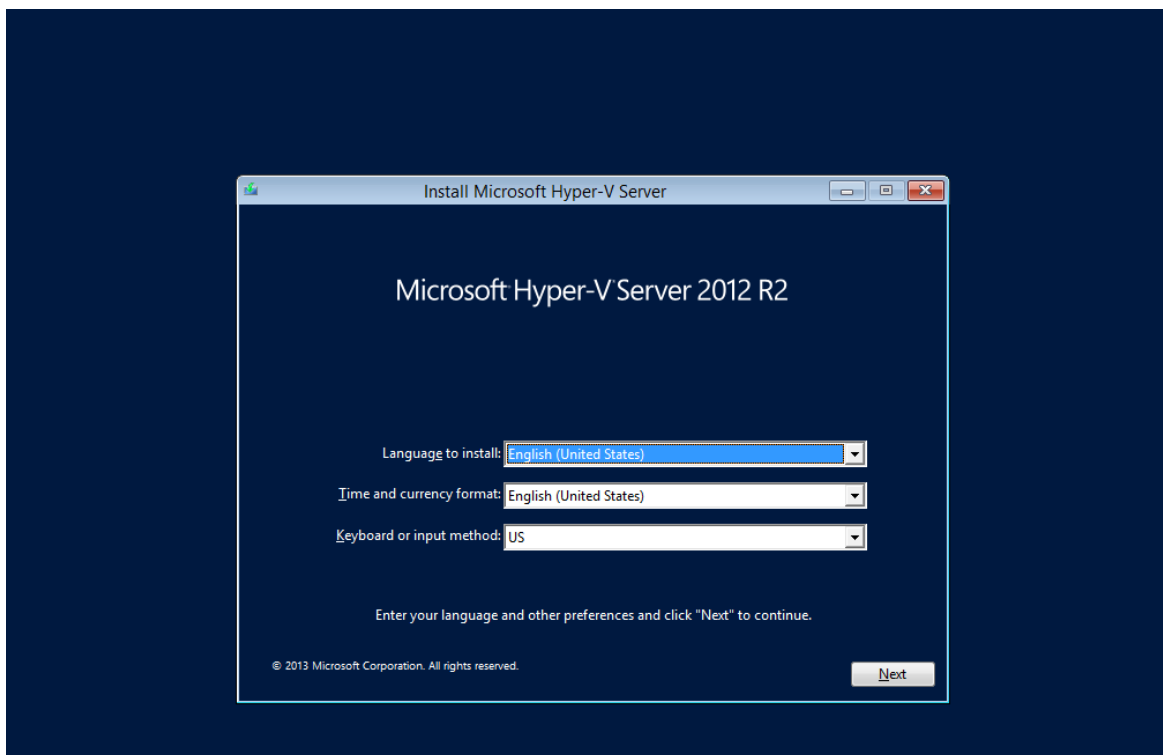
- Spuštění testu pomocí sw PassMark Performance Test 8.0
- Instalace virtualizačního prostředí na fyzický server (vSphere / Hyper-V)
- Vytvoření virtuálního stroje
- Instalace systému Windows Server 2012R2 Standard do virtuálního prostředí
- Spuštění testu pomocí sw PassMark Performance Test 8.0
- Úprava nastavení virtuálního serveru (přidání vCPU)
- Spuštění testu pomocí sw PassMark Performance Test 8.0
- Vyhodnocení

4.1.3. Instalace virtualizačního prostředí

Testovací prostředí bylo připraveno na testovacím serveru IBM System x3250, který je popsán v bodě 4.1.1. Instalační média byly jako obrazy disku staženy po registraci ze stránek výrobce. Jmenovitě to byly verze Hyper-V Server 2012R2 a VMware vSphere ESXi 6.0U1. Operační systém pro testované virtuální servery byl zvolen Windows Server 2012R2 Standard. Jedná se o běžně provozovaný operační systém a je kompatibilní pro spuštění testovací aplikace PassMark Performance Test. V následujících krocích bude popsána instalace jednotlivých virtualizačních platforem.

Instalace prostředí Hyper-V Server 2012R2

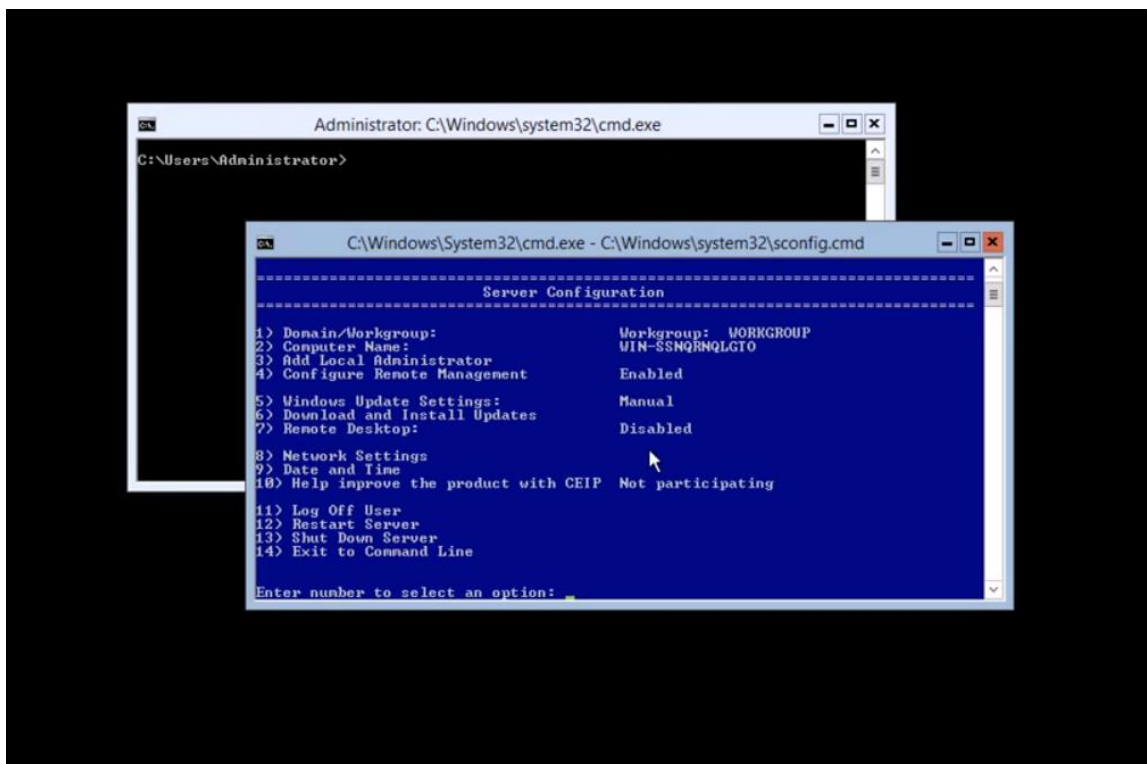
V následujících odstavcích se shrnut postup instalace celého prostředí Hyper-V v jednotlivých důležitých krocích. Instalace probíhala z přenosného USB disku, na kterém byla vytvořena kopie staženého obrazu Microsoft Hyper-V Serveru 2012R2. Samotná velikost obrazu je 1,9GB, což je několikanásobně větší než instalační obraz vSphere.



Obrázek 22 - Instalace Hyper-V

Zdroj: vlastní

V první fázi instalace se vybírá jazyková verze, časové pásmo včetně nastavení jazyku klávesnice. Zpravidla se servery instalují v jednotné anglické verzi, aby byla správa jednotná a intuitivní. Dále je možné zvolit buď upgrade stávajícího systému, nebo instalaci nové verze. Po dokončení instalační části procesu dojde k restartu serveru a je nutné nastavit heslo pro lokálního administrátora. Po zadání a ověření hesla dojde k zobrazení administrační obrazovky Hyper-V Serveru. V této fázi je nutné zkontrolovat nastavení sítě a IP adresy, na kterou se bude nutné připojit pro správu virtuálních strojů. Toto je možné provést buďto z produktu System Centeru pomocí Virtual Machine Manageru, nebo pomocí konzole Hyper-V manageru (Správce technologie Hyper-V), dostupné jako doplněk v systémech Windows.

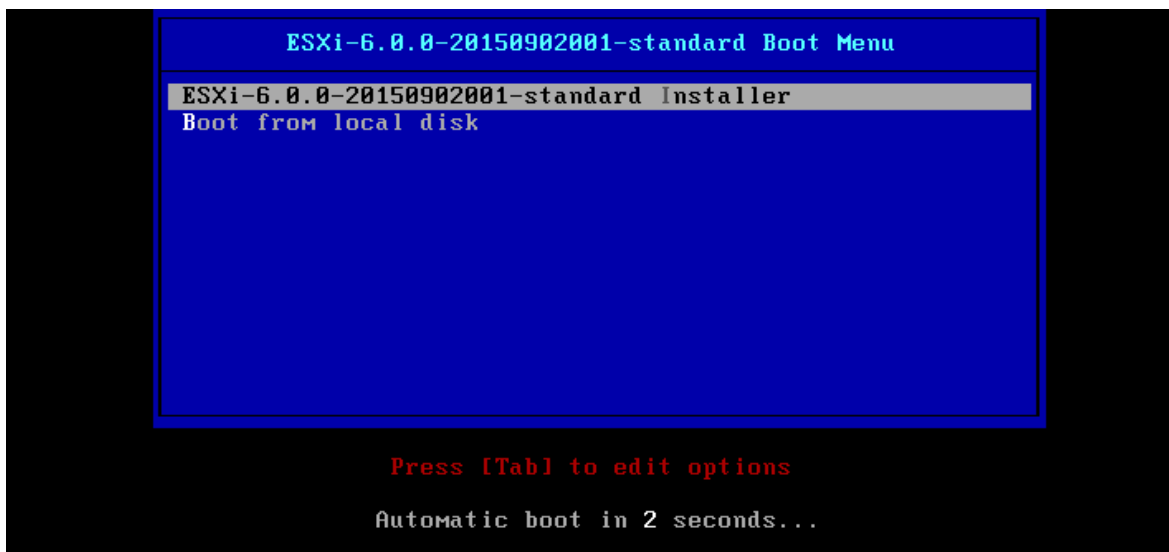


Obrázek 23 - Správa Hyper-V Serveru
Zdroj: vlastní

Správa Hyper-V Serveru 2012R2 není z prostředí Windows 8.1 funkční okamžitě po nainstalování. Je nutné nakonfigurovat přístupové účty, pravidla na Windows firewallu a také spuštění příslušných služeb. Správné nastavení klientské stanice může být problematické. Díky volně dostupným skriptům powershellu, lze tyto činnosti provést efektivněji (například hvremote.wsf).

Instalace prostředí vSphere ESXi

V následujících obrázcích je shrnut postup instalace virtualizační platformy na testovací server. Instalace probíhala z přenosného USB disku, na kterém byla vytvořena kopie obrazu VMware vSphere ESXi 6.0U1. Výhodou instalačního média je velikost 360MB, kterou je možné vměstnat na jakékoliv médium.

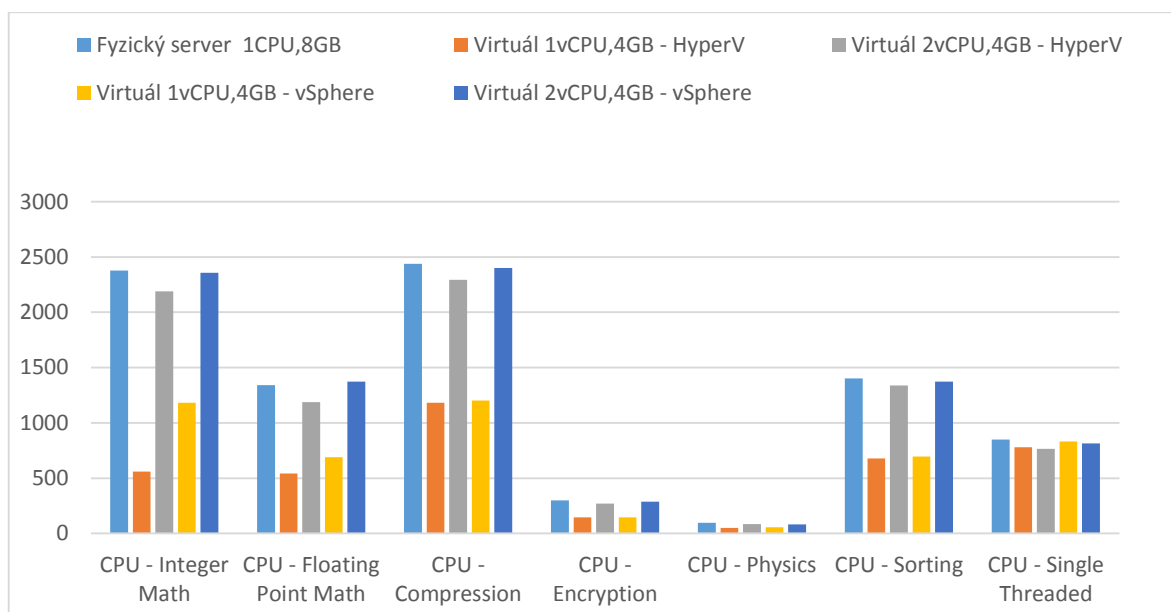


Obrázek 24 - Instalace vSphere 6.0 z USB
Zdroj: vlastní

Dále instalace pokračovala akceptováním podmínek, oznámení o dostupnosti VMware Compatibility Guidu, kde je možné nalézt informaci o kompatibilním hardwaru. Nutnou náležitostí instalace bylo vytvoření hesla pro účet root, jakožto účtu s nejvyšším oprávněním. Po dokončení instalace a restartu serveru dojde ke startu samotného prostředí VMware vSphere 6.0U1, kde je vypsán hardware běžícího serveru a IP4/IP6 pro případnou správu. K prostředí je možné se připojit pomocí VMware vSphere Clienta nebo pomocí produktu VMware vCenter, který je instalován jako samostatné prostředí s vlastními požadavky na HW.

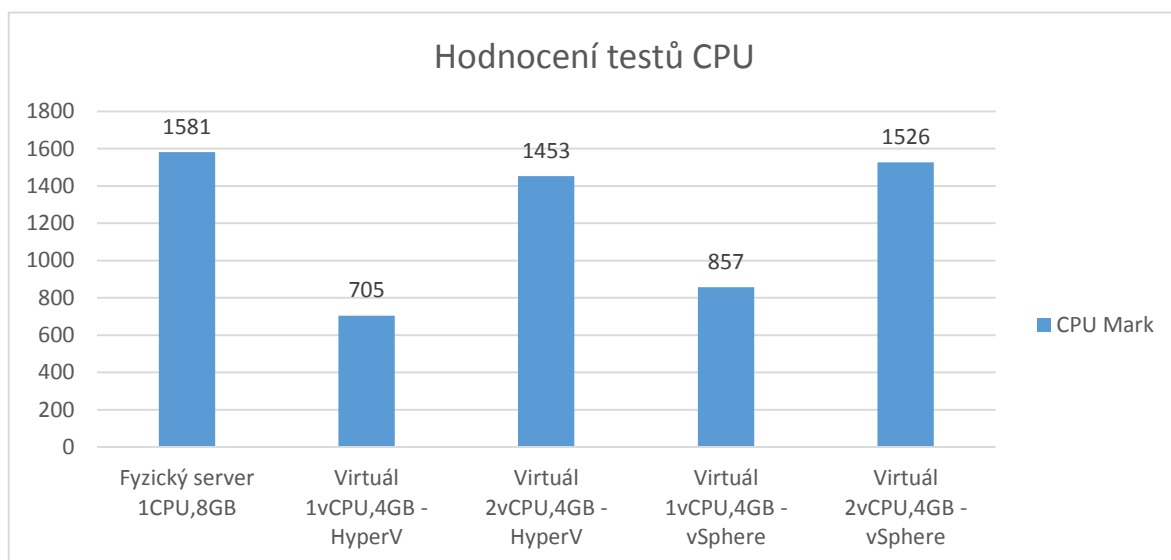
Testy - správa procesoru

První oblastí testů je prověření výkonu procesorů v obou prostředích, s ohledem na přidání virtuálního procesoru. V částech testů dopadla lépe platforma VMware a její řešení vSphere. Výsledky se projevily v celkovém hodnocení výkonnosti CPU.



Obrázek 26 - Graf CPU - jednotlivé testy

Zdroj: vlastní

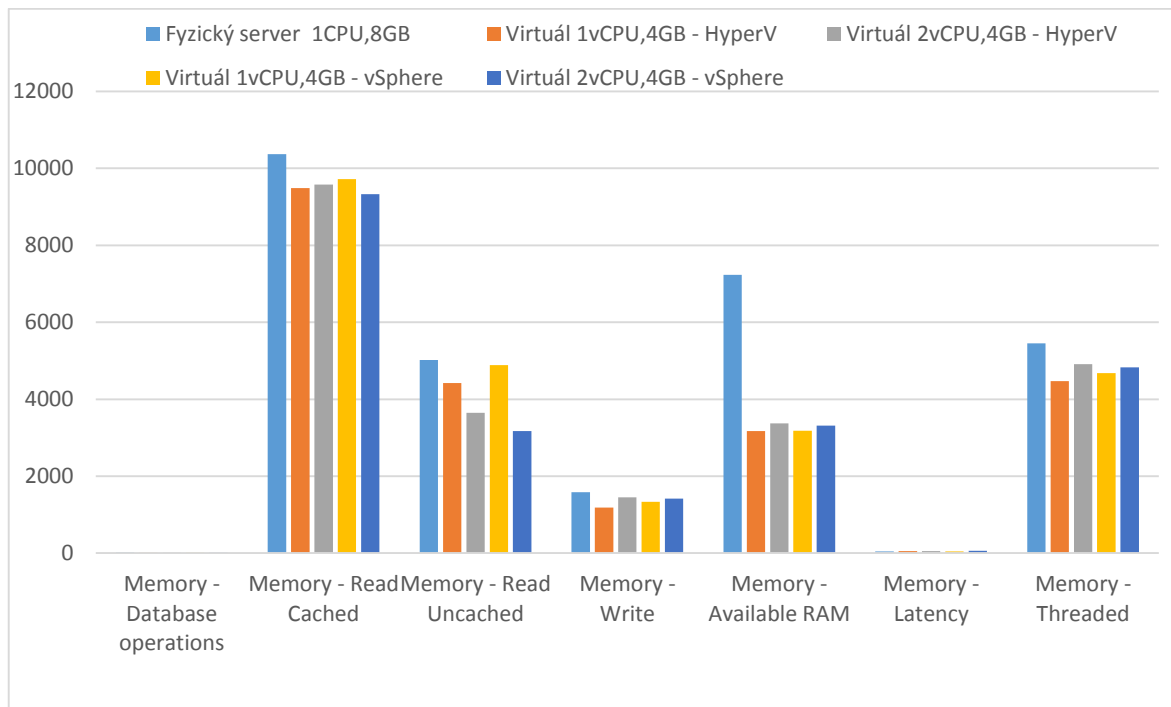


Obrázek 27 - Graf CPU - celkové hodnocení

Zdroj: vlastní

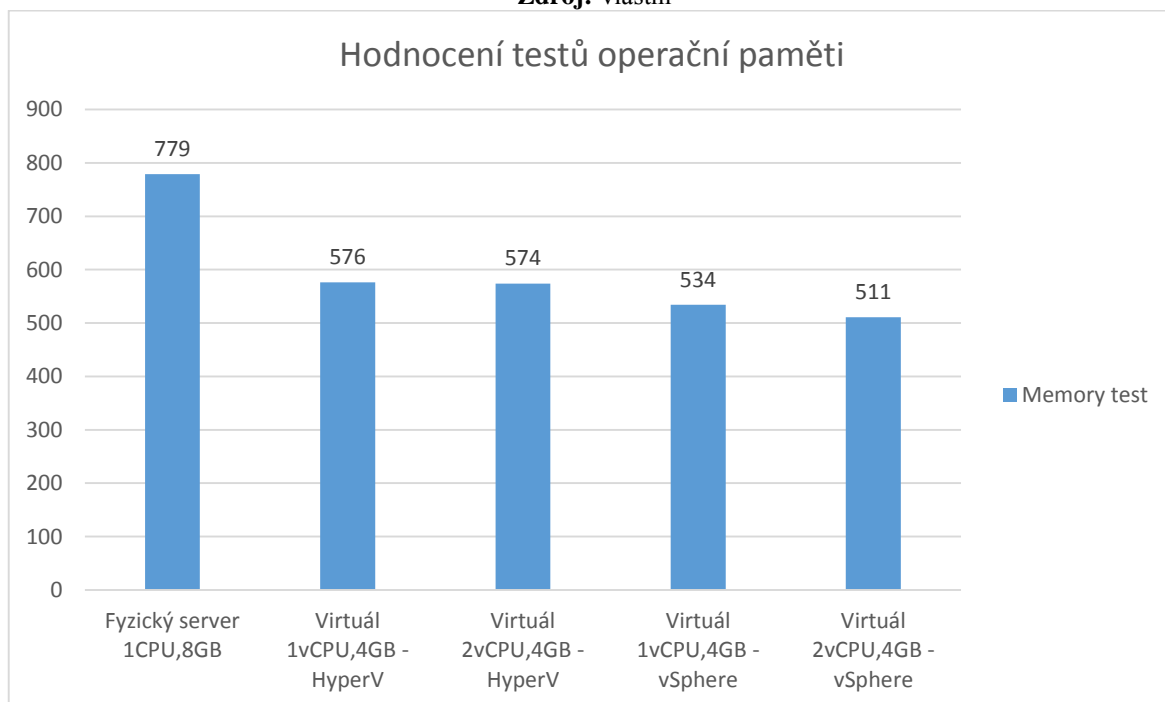
Testy - správa operační paměti

V oblasti správy operační paměti dopadla lépe platforma Microsoft a její řešení Hyper-V. Rozdíly jsou minimální. Mírný náskok se projevil v celkovém hodnocení výkonnosti.



Obrázek 28 - Graf Memory - jednotlivé testy

Zdroj: vlastní

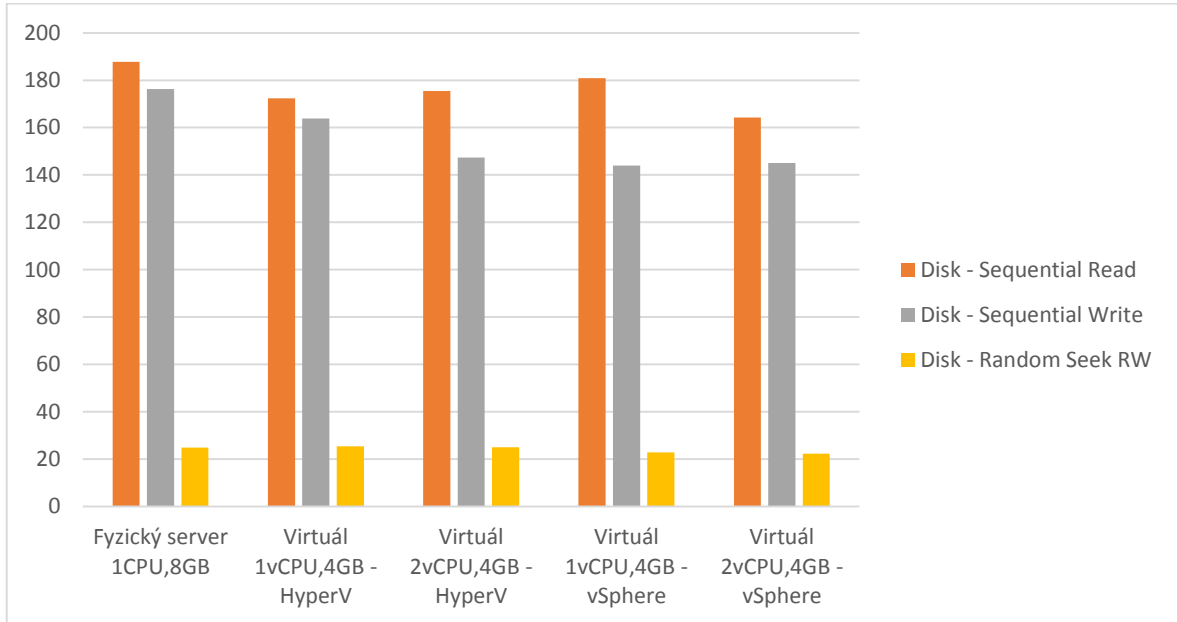


Obrázek 29 - Graf Memory - celkové hodnocení

Zdroj: vlastní

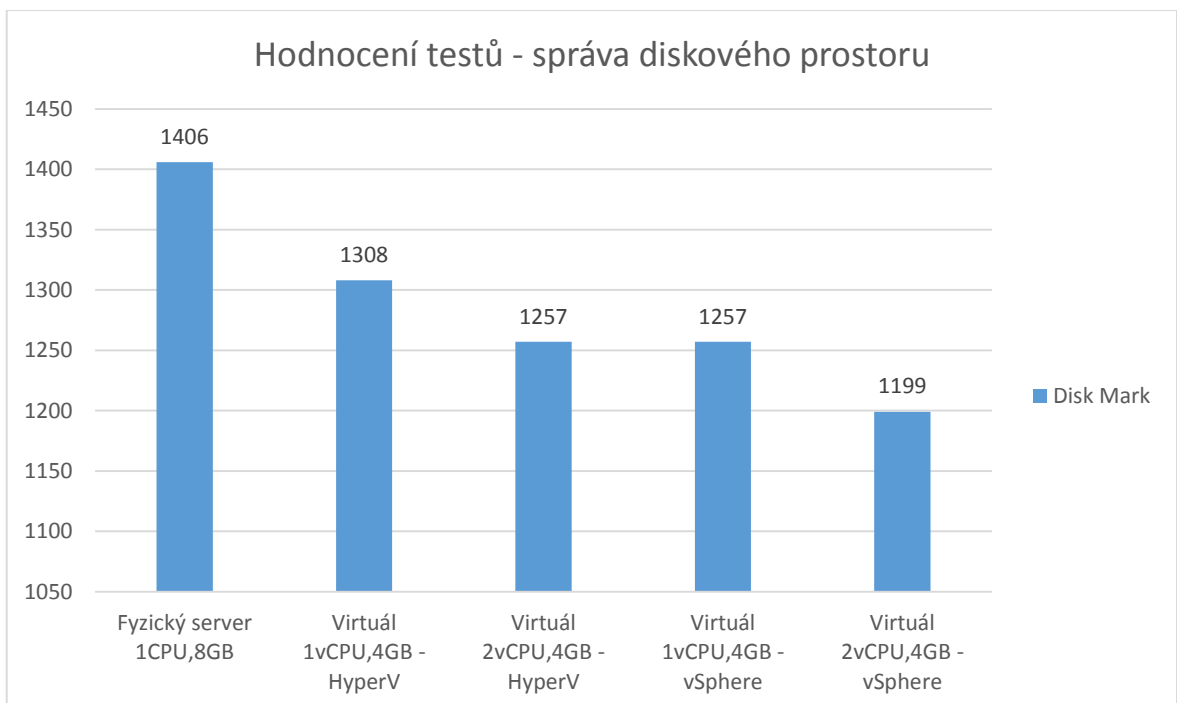
Testy – správa disků

V oblasti správy diskového prostoru, jsou výsledky obou platform porovnatelné. Nečekaně ztrácí varianta s 2vCPU vSphere a naopak vyčnívá 1vCPU Hyper-V.



Obrázek 30 - Graf Disk - jednotlivé testy

Zdroj: vlastní



Obrázek 31 - Graf Disk - celkové hodnocení

Zdroj: vlastní

4.2. Případová studie

V rámci případové studie jsou vyhodnoceny možnosti implementace virtualizačních platforem v prostředí státní správy. Příprava a nasazení, je v tomto prostředí dlouhodobou aktivitou. Správný výběr je připravován jak z hlediska financování, porovnání platforem tak i přípravou důvodových zpráv pro vedení, které má v tomto případě zásadní slovo. Jedná se o investici, která se později těžko mění a má souvislosti s dalšími systémy celého řešení IT. Samotná případová studie se opírá o reálnou studii s daty statutárního města Chomutov. Výsledek této práce bude prezentován vedení města a ve spolupráci s IT oddělením řešeny možné kroky ve smyslu výsledku. Studie se primárně zabývá porovnáním a odůvodnění vhodného výběru virtualizační platformy. V současné době město využívá virtualizační platformu jednoho z dotčených výrobců, ale chce mít zpětnou vazbu, zda byla volba správná a opodstatněná. Jak již bylo zmíněno, je nepravděpodobné, že by se celé řešení virtualizace serverů později měnilo, jednak by byla zmařena dřívější investice a dále by to mělo důsledky pro rozpočty v následujících obdobích. Nelze počítat návratnost investice u státní organizace, ve vztahu k ziskovosti. Státní organizace ze své podstaty nevytváří zisk, ale hospodaří s přidělenými prostředky. Proto je nutné pečlivě zvážit výběr a jeho následky.

Statutární město Chomutov je bývalé okresní město a musí obsloužit téměř 50 tisíc občanů, kteří předpokládají bezchybné a neustále poskytované služby. Aby mohlo město tyto služby poskytovat, potřebuje robustní a kvalitní zázemí s návazností na podporu IT. Ve své podstatě jsou všechny nabízené služby závislé na podpoře informačních technologií, tím se stává IT základním článkem každé služby. Celé město, je díky konkurenci poskytovatelů připojení k internetu, slušně zásobeno kvalitními technologiemi, a proto je cesta elektronické komunikace s úřadem prvořadým úkolem jak pro město, tak pro celou Českou republiku. Nic z toho by však nebylo možné bez kvalitního technologického centra. Orgány města se rozhodly nejít cestou cloudových služeb, jelikož je zde stále tlak na ochranu informací, která je v případě využívání cloudu diskutabilní. I díky tomu město provozuje svoje vlastní technologické centrum, které sídlí v jedné z budov magistrátu. Díky několika vlastněným budovám v registru města je možné využít ostatní budovy jako oddělená centra pro zálohy a repliky poskytovaných služeb. Občan má díky rozvíjejícímu potenciálu eGovernmentu možnost zůstat v pohodlí domova a komunikovat s úřadem online prostřednictvím internetu. Samotná myšlenka eGovernmentu a úplné elektronizace podání je silně podporovaná nejenom od státu, ale také od orgánů Evropské unie. Přijímáním jednotných standardů na

komunikaci, autentizaci a autorizaci, se EU snaží zajistit komunikační rozhraní napříč členskými státy. V budoucnu budou informační technologie zastávat ještě zásadnější roly v celém procesu komunikace a bude nutné na ni klást maximální důraz. Nejenom občan, ale také zaměstnanec úřadu má možnost pomocí vzdáleného přístupu a distribuovaných aplikací pracovat v čase a místě, které by dříve nebylo myslitelné.

Všechny tyto služby by nebyly dostupné, pokud by jako jádro poskytování služeb nebyla využita právě virtualizace. Ta jako jediná dovolí provoz technologického centra v režimu 7/24, zajistí přístup k potřebným aplikacím bez výpadku a pomocí automatizace služeb. I když je virtualizace využita, stále je prostor pro zlepšování řešení, šetření nákladů na provoz a pořízení, což je úkolem rozvoje a kontinuálního plánování.

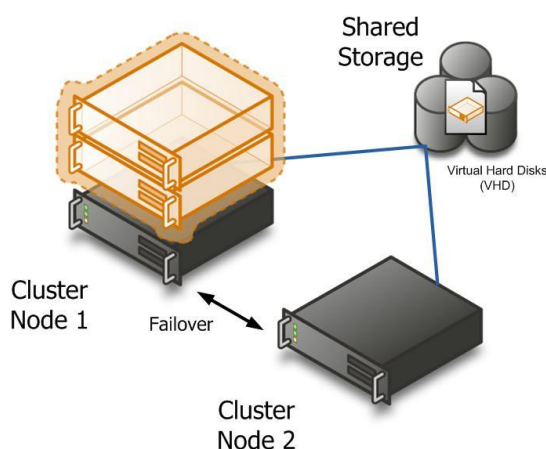
Prostředí státní správy je atypické v porovnání s komerční sférou. Z pohledu provozovaných systémů je nutné brát v úvahu legislativní požadavky a s tím související různorodost systémů, které musí být provozované. Dále nejednotnost komunikace úřadu a orgánů státní správy jako provozovatelem agend. Typickým příkladem je provoz aplikací pro zajištění agend osobních dokladů, jako jsou občanské průkazy, cestovní pasy, řidičské průkazy. I když se způsob komunikace s ministerstvy mění, ve prospěch úřadů, některé aplikace mají stále složité ovládání a rozhraní komunikace. Se současnou vizí EU a potažmo státních orgánů, v podobě úplné elektronizace podání, je nutné elektronizovat veřejnou zprávu a provázat systémy napříč architekturami. To sebou nese problémy při udržení tempa s pokrokem v oblasti IT. Vývoj provozovaných aplikací je vždy o krok pozadu oproti současnému trendu. Paradoxem je, že aplikace musí být ze zákona provozovány, jako prostředek výkonu státní správy, ale neodpovídají požadavkům na vývoj platforem, na kterých jsou umístěné. Není výjimkou, že se aplikace provozují záměrně na zastaralých operačních systémech s nemožností povýšení na novou verzi, i s vědomím ukončené podpory ze strany dodavatele OS. To sebou nese problémy při konsolidaci prostředí a infrastruktury. Virtualizace a její nástroje dovolí sjednotit páteřní infrastrukturu a vyřešit některé problémy.

4.2.1. Výchozí stav – popis prostředí

Popis prostředí vychází z autentických dat, se souhlasem Statutárního města Chomutov. Základními požadavky je analyzovat současně využívanou virtualizační platformu infrastruktury města a zhodnotit, zda byla nasazena a využita správně, či je prostor

pro změnu řešení. Jako virtualizační platforma byl integrátorem města navržen a implementován produkt společnosti Microsoft, Hyper-V. Se stále rostoucími nároky na infrastrukturu města, je otázka, zda pokračovat ve zvolené virtualizační platformě, nebo zvážit možnost odklonu od Hyper-V a vybrat konkurenci. Je to zásadní otázka, která je spojená nejen s finanční stránkou, ale také personální. Pro ovládání současné platformy jsou zapotřebí odborníci certifikovaní společností Microsoft a zvládající kritické stavy, které mohou nastat. Odklonem od stávajícího řešení virtualizace musí město najmout/zaměstnat/přeškolit odborníky na konkurenční virtualizační platformu, což není ani jednoduché, ani levné. Ústecký kraj, kde se město nachází, není přeplněn odborníky na virtualizační platformy.

V současné době je v plánu nákup a vybudování dalšího vícenodového clusteru (cluster = skupina spolupracujících serverů, uzlů = nodů), čímž se dále rozšíří infrastruktura. V blízké budoucnosti se bude jistě řešit ekologická stránka provozu technologického centra a plánované využití infrastruktury, například rozložení zátěže v čase využití. Toto se v současné době neřeší a mohlo by to přinést snížení provozních výdajů a spotřeby elektrické energie, ať už serverů a aktivních prvků, tak i klimatizačních jednotek.



Obrázek 32 - Schéma clusteru s dvěma uzly

Zdroj: <http://vniklas.djungeln.se/2012/10/04/search-hyper-v-cluster-nodes-for-vm%C2%B4s-not-cluster-enabled/>

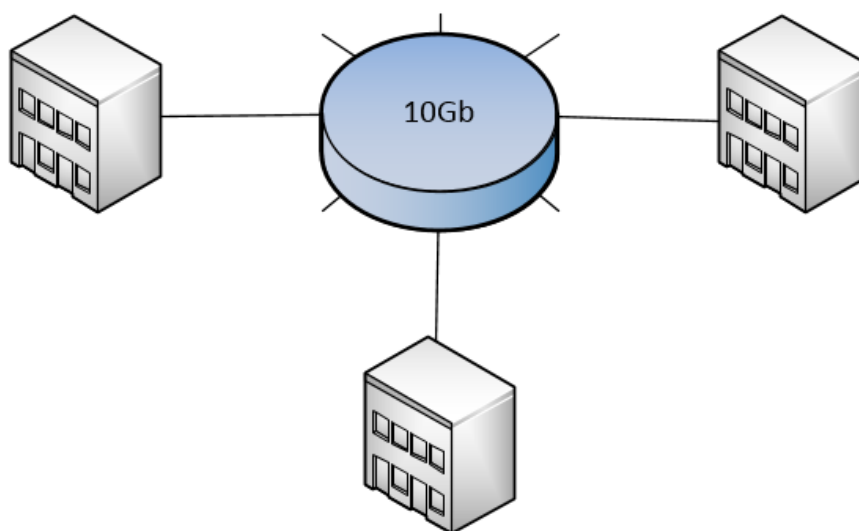
Topologie sítě

Samotné budovy magistrátu, ve kterých jsou umístěna technologická centra, jsou v rámci působnosti města propojené 10Gbps technologií. Tuto technologii umožňuje vybudovaná metropolitní síť, kterou jsou propojeny všechny organizace zřizované městem.

Specificky se jedná o optické spoje pomocí single-mode optických kabelů. V případě Statutárního města Chomutov se výkon státní správy vztahuje na tři budovy, které představují hlavní místa pro styk s občany města. V těchto budovách jsou rozmístěné odbory města a také oddělená technologická centra. Existuje ale jedna budova, jako centrální prvek celé architektury, kde jsou umístěné veškeré klíčové technologie. Ostatní budovy fungují jako oddělené DRS (Disaster Recovery Site). Jednotlivé budovy mají nedávno zrekonstruované rozvody strukturované kabeláře a jsou připraveny na komunikaci s klienty v rychlostech 1Gbps. Technologická centra poté disponují mezi servery agregovanými spoji, kde se v reálné praxi rychlosti pohybují ještě výše. Kvalitní kabeláž a spoje jsou klíčovou záležitostí při zajištění neustálého provozu.

Pro využití cloudových služeb se vedení města nerozhodlo, vzhledem k citlivosti zpracovávaných informací. V současné době nemá veřejný cloud prioritu, ale není vyloučeno, že by se v budoucnu uvažovalo o vybudování privátní cloudu a jeho využití v neustále zvyšujících se nárocích na prostředí.

Některé aplikace provozované městem vyžadují připojení na externí služby. Týká se to zejména přístupu do základních registrů, centrálního registru vozidel, registru živnostenského podnikání a dále využití služeb ministerstev, převážně ministerstva vnitra. Tyto služby jsou buď formou více faktorové autentizace zajištěny přes veřejný internet, nebo jsou využity aktivní prvky pro unikátní a oddělený komunikační kanál.



Obrázek 33 - Propojení budov města
Zdroj: vlastní

Provozovaný hardware

Po hardwarové stránce se v prostředí vyskytují různé servery od společnosti IBM. V rámci interní směrnice o obměně a životním cyklu techniky se servery vyměňují každé 4 roky, dle stáří a data pořízení. Výjimkou je rozšíření infrastruktury. S neustálou integrací nejrůznějších aplikací požadovaných pro výkon veřejné správy, dochází k virtualizaci prostředí a migraci z fyzického na virtuální stroj. Tím vznikají požadavky na rozvoj celé infrastruktury a nároky na výkon s tím spojené. Specificky se jedná se o 28 převážně dvouprocesorových strojů s dostatečnou kapacitou a množstvím operační paměti. Fyzické servery se využívají převážně jako virtualizační platformy pro provoz virtuálních strojů, ale jsou zde také databázové a storage servery, které jsou také stále fyzické. Výpis konfigurace fyzický serverů lze vyčíst z následující tabulky (Tabulka 13- Seznam fyzických serverů).

| Typ serveru | Počet | Počet CPU | RAM | Operační systém |
|---------------------|-------|-----------|-----|--|
| IBM system x3550m3 | 1 | 1 | 32 | VMware ESX 4 |
| IBM system x3650m3 | 1 | 2 | 64 | WinSrv 2k8 std |
| IBM system x336 | 1 | 1 | 8 | WinSrv 2k8 std |
| IBM system x3550m1 | 11 | 2 | 64 | WinSrv 2k8r2 std WinSrv 2k8r2 dat WinSrv 2k8 ent WinSrv 2k8 std |
| IBM system x3250 | 1 | 1 | 16 | WinSrv 2k8 std |
| IBM system x346 | 1 | 1 | 8 | Linux RadHat |
| IBM system x3550 m4 | 2 | 2 | 64 | Hyper-V 2k8r2 WinSrv 2k8 std |
| IBM system x3650 m2 | 2 | 2 | 128 | WinSrv 2k8r2 ent |
| IBM system x3650m4 | 2 | 2 | 128 | WinSrv 2k12 std WinSrv 2k12 dat |

Tabulka 13- Seznam fyzických serverů

Zdroj: vlastní / IT SMCH

Servery jsou jen jednou stránkou infrastruktury, neméně důležité jsou také disková pole, která zajišťují dostatečný přísun diskového prostoru. Prostřednictvím storage serverů

a SAN jsou křížově propojena mezi sebou a zajišťují tak zároveň replikaci dat. Samotná disková pole jsou vybavena dvěma řadiči a technologií iSCSI jsou připojena k serverům. V diskových polích se využívají oblasti s rychlými pevnými disky (rychlost 15000 rpm) technologie SAS a pomalými pevnými disky (rychlost 7200 rpm) technologie SATA. Tím je dosažena požadovaná rychlost přístupu pro aplikace a pomalejší pro záložní systém. U záložního systému není kladen tak velký důraz na rychlost přístupu, ale spíše na celkovou dostupnou kapacitu. Vzhledem k tomu, že zálohování probíhá v nočních hodinách, je tento princip dostatečný.

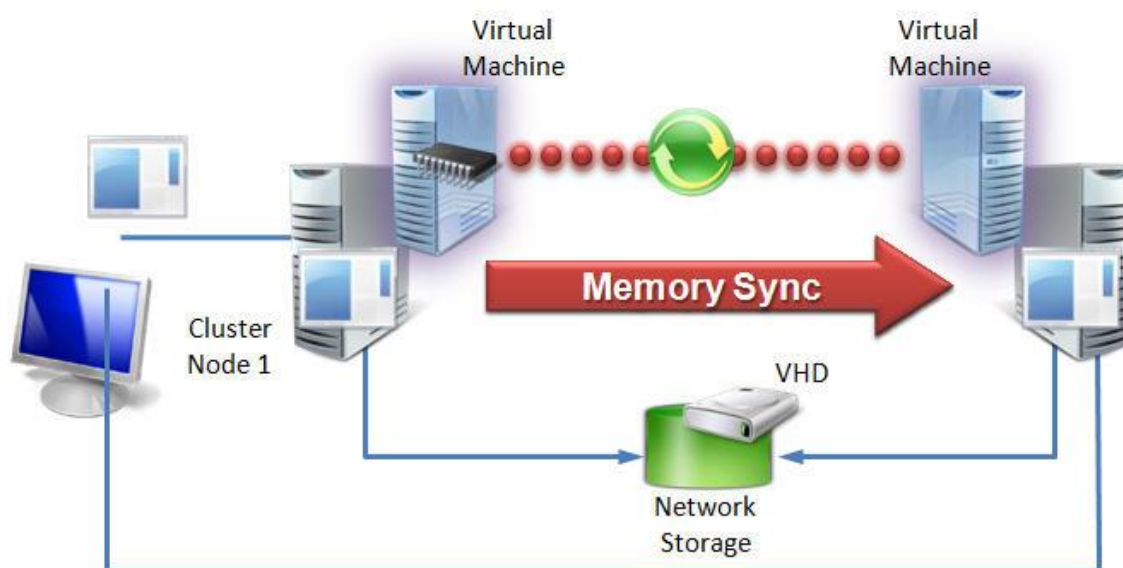
Specificky jsou v infrastruktuře města provozována disková pole společností IBM a Infotrend, která obsahují shodně 12 disků. Typicky se využívá záloha na diskové úrovni raid5 s hotspare diskem pro případ poruchy. Jednotlivá disková pole včetně pevných disků jsou rozepsaná v následující tabulce (Tabulka 14 - Seznam diskových polí).

| Typ diskového pole | Počet | počet disků |
|---------------------------|-------|-------------|
| IBM DS4300 | 1 | 14 |
| Infotrend DS S12E-R2140-4 | 5 | 12 |
| IBM Storwize 4700 | 2 | 12 |

Tabulka 14 - Seznam diskových polí

Zdroj: vlastní / IT SMCH

Z pohledu aktivních prvků je infrastruktura vybudovaná na technologiích společnosti HP a provozována s doživotní zárukou. Jedná se o způsob bezproblémového a rychlého chodu celé infrastruktury. Jak již bylo zmíněno, jsou jednotlivé budovy propojené 10Gbps spoji. V budovách jsou poté na jednotlivých patrech aktivní prvky, které komunikují optickými kabely v rychlostech 1Gbps. Klientské stanice jsou připojeny pomocí 100Mbps spoji, ale po výměně aktivních prvků by bylo možné zvýšit rychlost na 1Gbps, strukturovaný kabeláž je na tento krok připravena. Fyzické severy provozované v clusteru, jsou propojeny 10Gbps, což umožňuje převzetí služeb za běhu a provozování funkcionality live migration. Gigabitové switche jsou základním prvkem SAN topologie a iSCSI připojení.



Obrázek 34 - MS Live Migration

Zdroj: <http://windowsitpro.com/windows-server-2012/windows-server-2012-shared-storage-live-migration>

Provozovaný software

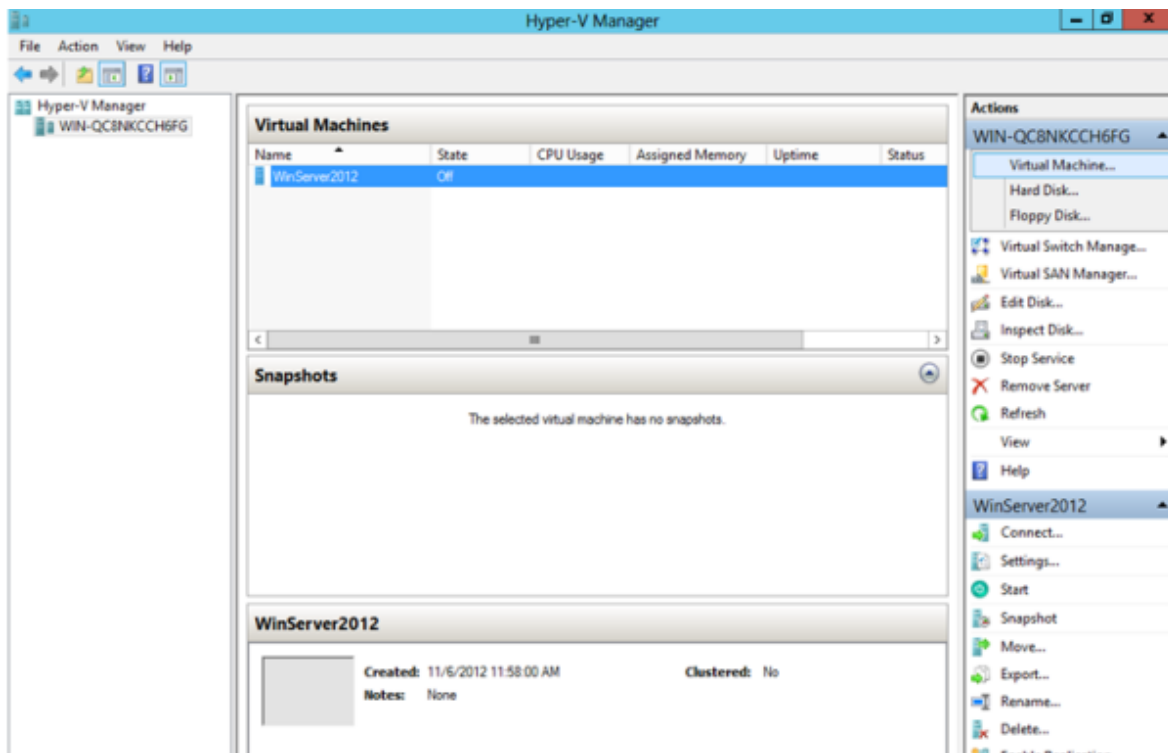
Infrastruktura Statutární města Chomutov je orientovaná převážně na produkty společnosti Microsoft. Pokud pomineme klientské stanice a jejich jednotné prostředí Windows 7 x64 Professional, tak je serverová infrastruktura vystavěna převážně na produktech Windows Server 2008R2, v různých edicích. Pokud se jedná o samostatné fyzické servery nebo prostředí, kde se nepředpokládá virtualizace více jak dvou strojů, je využita licence Windows Server 2008R2 v edici Standard. Ale v případě využívaných clusterů je bez výjimky využita licence Windows Server 2008R2 v edici Datacenter, která umožňuje vytváření a chod neomezeného množství virtuálních strojů až do hranice výkonu fyzického serveru. Jen v jednom případě je využita pro vytvoření virtuální platformy edice Hyper-V Server 2008R2, která je zdarma a provozována v core režimu, což znamená, že je přítomné jen prostředí Powershell systému Windows bez grafického ovládání. I přes dostatečné funkcionality stále nabízí. Takto nainstalovaný server je využíván pro chod systémů balíku System Center 2012R2 (SC2k12R2), společnosti Microsoft. Primární myšlenkou bylo, tento systém provozovat pro sledování celé infrastruktury a umožnit tak rychlejší reakci na incidenty, které mohou nastat, s postupným nasazováním dalších částí produktu. Těmto účelům slouží produkt System Center Operation Manager. Celý produkt

není jen otázka monitoringu, ale obsahuje další části, které doplňují celý softwarový balík aplikací a využívají se pro zkvalitnění poskytovaných služeb. Mezi důležitými články SC2k12R2 je například software Data Protection Manager 2012R2, kterým se spravuje kompletní zálohování všech serverů a uložišť v prostředí města. K tomu účelu slouží páskové jednotky, které uchovávají dlouhodobější záznamy, ke krátkodobým zálohám jsou využita disková pole a vyčleněné oblasti s pomalejšími, levnějšími harddisky. Další části produktu SC2k12R2 jsou součástí koncepce a postupně se zavádějí do provozu, jako například System Center Configuration Manager 2k12R2 pro správu bitových kopií, inventarizaci.

Pro podstatu této práce je důležitá zejména platforma Windows Server 2012R2 v edici Datacenter, na které jsou provozovány téměř všechny důležité systémy města ve virtuálním prostředí. Na této úrovni se řeší několik klíčových požadavků:

- Vysoká dostupnost služeb
- Migrace virtuálních serverů za provozu
- Dynamické přidělování a plánování zdrojů

Vzhledem k tomu, že ještě nedošlo k plné implementaci System Center Virtual Machine Manager, který je součástí zakoupeného balíku, tak se stále virtuální stroje spravují z prostředí Windows Serveru, kde je k tomuto účelu využita konzole Hyper-V Manageru. Vzhledem k využití služby Failover Clusteru, je možné z jedné konzole spravovat stroje napříč uzly clusteru.



Obrázek 35 - Hyper-V Manager

Zdroj: <http://www.sysnative.com/forums/networking-tutorials/5258-how-create-virtual-machine-s-windows-server-2012-a.html>

4.2.2. Popis a implementace Microsoft Hyper-V

Počátek nasazení a výběru virtualizační platformy v prostředí Statutárního města Chomutov sahá do roku 2009, kdy bylo externí organizací v pozici integrátora doporučeno zvolit Hyper-V společnosti Microsoft, jako primární prostředek pro serverovou virtualizaci. Tento krok byl z důvodu vlastnictví certifikovaných odborníků na tento produkt a také malému množství využití v daný okamžik. Postupem času a tlakem na elektronizaci ve státní správě se virtualizace a provozovaný platforma stala základním kamenem infrastruktury města. V současné době je vynaložené velké množství prostředků na produkty společnosti Microsoft, ale je stále v povědomí, zda byla platforma vybrána správně a zda poskytuje vše, co od ní město požaduje.

Proces implementace nového virtuálního prostředí probíhal v době, kdy bylo na úřadě využíváno i konkurenční řešení společnosti VMware a to specificky produkt ESX. Tento produkt sloužil jako nutná součást aplikace dodávané a spravované externím subjektem. Vzhledem k nedostatku pracovníků s tímto druhem virtualizace, se vývoj v tomto směru nepředpokládal. Serverová virtualizace v podobě Hyper-V se začala testovat a zpravidla byla instalována jako role Windows Serveru 2008R2. Byl vytvořen první

cluster, ze dvou fyzických strojů a využíván jako souborový server. Funkce Failover clustering umožnila v případě výpadku jednoho ze serverů, automaticky převzít služby toho druhého bez dlouhodobého výpadku. Prvotní zkušenosti byly dobré a proto se vedení města a oddělení IT rozhodlo k rozšíření a přikročilo k plánované virtualizaci co největšího počtu fyzických severů. Tento krok byl plánován jako nutný výdaj do rozpočtů příštích let. Dalším krokem došlo k virtualizaci a vytvoření databázového clusteru, který by byl schopný obsloužit stále vzrůstající požadavky na databáze. Toto prostředí bylo vystavěno na dvou licencích MS SQL Serveru 2008R2 std.

Cena současného řešení Hyper-V

Cena současného řešení je otázkou sečtení licencí, které tvoří jádro serverové virtualizace v prostředí města. Jedná se převážně o licence Windows Server 2008R2 v edicích Standard a Datacenter, které tvoří páteř systémů. Vzhledem k tomu, že dnes není možné koupit Windows Server ve verzi 2008R2, jsou kupovány licence Windows Server 2012 R2 a využít downgrade (= nákup novější verze systému a v rámci licence instalace starší verze) na nižší verzi 2008 R2. Umožňují také plné využití výkonu serverů, bez nutnosti dalšího dokupování serverových licencí. Udávané ceny jsou reálné z výsledků výběrových řízení, které jsou dostupné na portále města.

| Operační systémy | Počet | Cena bez DPH |
|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| Windows Server 2008 R2 Enterprise | 5 | 48 474,00 |
| Windows Server 2012 R2 Standard | 1 | 18 239,00 |
| Windows Server 2012 R2 Datacenter | 7 | 88 624,00 |
| Hyper-V Server 2008 R2 Core | 1 | 0,00 |
| Celkem bez DPH | | 880 970,00 |

Tabulka 15 - Cena současného řešení OS

Zdroj: vlastní / SMCH

Pro celkový obraz nasazení platformy Hyper-V je nutné započítat také konzoli pro správu a monitoring, který je v případě konkurenčního řešení VMware reprezentován produktem VMware vCenter Server. V prostředí Chomutova je implementován nástroj

System Center 2012R2, který představuje balík aplikací pro komplexní správu celého prostředí. Obsahuje produkty:

- System Center Data Protection Manager
- System Center Configuration Manager
- System Center Operation Manager
- System Center Service Manager
- System Center Virtual Machine Manager
- System Center Orchestrator
- System Center Endpoint Protection

Celý tento balík aplikací je z pohledu licenční politiky vázán jen na spravované objekty a prostředí, tzn., že se nevztahuje na prostředí, ze kterého se spravují. Cena celého balíku je v následující Tabulka 16 - Cena současného řešení SC2k12R2. Je nutné podotknout, že pro základní správu virtuálního prostředí Hyper-V lze vystačit i s nástroji, které jsou integrované v operačním systému. Tudiž by odpadnul nákup mohutného řešení na správu. Samozřejmě se tento názor s velikostí prostředí mění a od určité velikosti je sofistikovaná a ucelená správa nutností.

| Systém pro správu a monitoring | Počet | Cena bez DPH |
|---------------------------------------|--------------|---------------------|
| System Center 2012 R2 Standard | 6 | 27 367,00 |
| System Center 2012 R2 Datacenter | 9 | 74 541,00 |
| Celkem bez DPH | | 839 194,00 |

Tabulka 16 - Cena současného řešení SC2k12R2
Zdroj: vlastní / SMCH

Produkty Microsoft jsou pořizovány bez Software Assurance, což představuje synonymum ke konkurenčnímu produktu Basic Support/Subscription společnosti VMware. V podstatě se jedná o placené nadstandardní služby výrobce, které obsahují například:

- Technickou podporu
- Přístup k novým verzím
- Výhodné podmínky upgradu

- Elektronické školení a konzultace

V tomto případě se šlo cestou co nejnižších provozních nákladů a služba SA se z toho důvodu nepořizovala. Tudíž další náklady s vlastnictvím nevznikají a jedná se jen o částku za prvotní pořízení produktů.

4.2.3. Možnosti nasazení VMware vSphere

Možnost nasazení vSphere je v této studii alternativním řešením serverové virtualizace a je nutné zvážit, zda by byla tato cesta možná. Vzhledem k rozvinuté infrastruktuře na platformě Hyper-V je nasazení VMware vSphere spíše teoretickou myšlenkou, zda se v případě virtualizace šlo správným směrem.

V případě vSphere je nutné znovu zanalyzovat současnou infrastrukturu a na ni připravit specifickou nabídku. V této záležitosti byla požádána partnerská společnost výrobce, aby zpracovala nabídku dle potřeb města. Vzhledem k uveřejnění nové verze celého řešení, byla nabídnuta právě varianta s VMware vSphere 6. Po licenční stránky se tento produkt distribuuje s licenci na jeden procesor. Je zde volba výběru ze dvou licenčních verzí a to Standard nebo Enterprise.

Nezbytnou součástí celého řešení je také VMware vCenter Server, který představuje konzistentní správu celého virtuálního prostředí, se všemi náležitostmi. Systém vCenter Server umožňuje IT organizacím organizovat, rychle přidělovat a konfigurovat celé IT prostředí prostřednictvím jediného rozhraní, což má za následek snížení provozních nákladů. Důkladné a konzistentní sledování výkonu všech kriticky důležitých součástí – procesoru, paměti, úložiště i sítě – poskytuje správcům dostatečné množství podrobných informací. Funkce plánování a oznamování úloh umožňují rychleji reagovat na měnící se potřeby podniku a přiřazovat prioritu klíčovým činnostem. Robustní mechanismy oprávnění a integrace se systémem Microsoft® Active Directory zaručují autorizovaný přístup k prostředí a virtuálním strojům. Správce systémů lze rozdělit do úrovní s různou mírou odpovědnosti. Pomocí systému VMware vCenter Server mohou správci konfigurovat a spravovat nástroje VMware VMotion, VMware Storage VMotion, VMware High Availability (HA) a Fault Tolerance. Nástroj VMware vCenter Update Manager automaticky udržuje soulad se standardy oprav a umožňuje tak eliminovat zranitelnosti ve virtuálních

strukturách organizací. Díky technologii VMware Distributed Power Management, na níž jsou založena tzv. zelená datová centra, mohou podniky minimalizovat spotřebu energie.¹⁰

Cenová nabídka VMware vSphere

Infrastruktura Statutární města Chomutov je orientovaná převážně na produkty společnosti Microsoft, ale pro srovnání je nutné se podívat na stejné prostředí pohledem konkurenčního řešení. V cenové nabídce je promítnuta jak cena managementu v podobě produktu vCenter Server, tak také Basic Support/Subscription pro jednotlivé části řešení, bez kterého nelze produkt zakoupit. Toto prodražuje celé řešení na provozních nákladech.

| Varianta Standard | Počet | Cena bez DPH |
|---|-------|--------------|
| VMware vCenter Server 6 Standard for vSphere 6 | 1 | 116 835,00 |
| Basic Support/Subscription VMware vCenter Server 6 Standard for 1 year | 1 | 25 542,00 |
| VMware vSphere 6 Standard for 1 processor | 30 | 697 500,00 |
| Basic Support/Subscription VMware vSphere 6 Standard for 1 processor for 1 year | 30 | 199 440,00 |
| Celkem bez DPH | | 1 039 317,00 |

Tabulka 17 - Nabídková cena ve verzi standard
Zdroj: partnerská společnost dodavatele

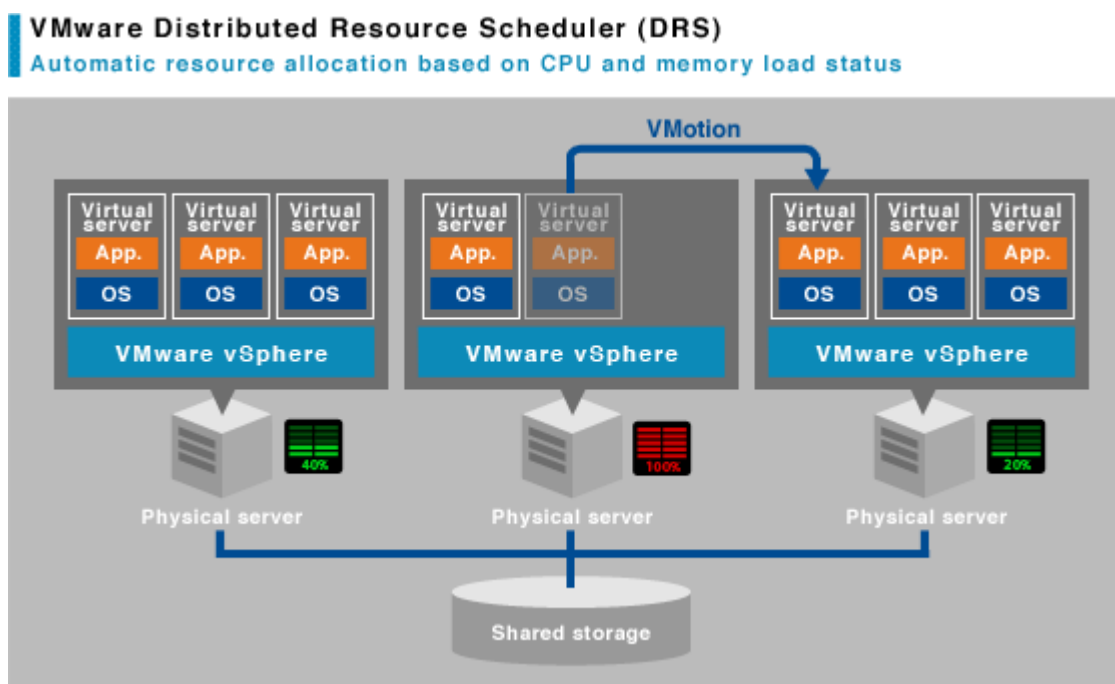
| Varianta Enterprise | Počet | Cena bez DPH |
|---|-------|--------------|
| VMware vCenter Server 6 Standard for vSphere 6 | 1 | 110 749,00 |
| Basic Support/Subscription VMware vCenter Server 6 Standard for 1 year | 1 | 25 542,00 |
| VMware vSphere 6 Enterprise for 1 processor | 30 | 1 910 700,00 |
| Basic Support/Subscription VMware vSphere 6 Enterprise for 1 processor for 1 year | 30 | 441 210,00 |

¹⁰ <http://www.windowportal.cz/Virtualizace/VMware/VMwarevCenterServer/tabid/134/Default.aspx>

| | |
|----------------|--------------|
| Celkem bez DPH | 2 488 201,00 |
|----------------|--------------|

Tabulka 18 - Nabídková cena ve verzi enterprise
Zdroj: partnerská společnost dodavatele

Cenový rozdíl mezi verzemi vSphere je celkem znatelný, takže je otázkou co přináší Enterprise navíc oproti verzi Standard. Podrobné srovnání edicí je shrnuto v bodě 3.3.1 této práce. Mezi nejdůležitější rozdíly ve verzích je přidání funkcionality DRS (Distributed Resource Scheduler). DRS nabízí optimální výkonost virtuálních prostředí, vyšší konsolidační poměr a nižší náklady na aplikaci. Dle informací výrobce dokáže DRS zvýšit aplikační výkon až o 47% tím, že monitoruje nepřetržitě využití virtuálních strojů a inteligentně vyvažuje výpočetní kapacitu (viz Obrázek 36 - Schéma VMware DRS).



Obrázek 36 - Schéma VMware DRS

Zdroj: http://ph.nec.com/en_PH/global/solutions/servervirtualization/vmware.html

Implementace a nasazení VMware vSphere

Implementace nového řešení, které by mělo převzít roly hlavní virtualizační platformy je záležitost na několik měsíců. Představuje několik zásadních rozhodnutí a kroků, které není možné provádět v provozní době, ale musí být odvedeny natolik kvalitně, aby běžný uživatel nepoznal rozdíl v přístupu k aplikacím a službám. Jednalo by

se o velmi úzkou spolupráci oddělení informatiky a externí společnosti, která by asistovala a prováděla samotnou implementaci. Jak již bylo zmíněno, tak by se do pořízení musely promítnout náklady spojené s implementací externí firmy, jelikož město nedisponuje odborníky na tento typ serverové virtualizace. Postup implementace by měl zahrnovat následující kroky:

- Analýzu prostředí (hardwarové požadavky, nároky na řešení, atd.)
- Pokud by to bylo možné, tak uvolnění hardwarových prostředků pro postupnou instalaci nového řešení.
- Instalace a zprovoznění serverové farmy na nové platformě.
- Postupné konvertování virtuálních strojů z platformy Hyper-V na vSphere a přesunutí do farmy.
- Po úspěšné konverzi a přesunu virtuálních strojů otestovat funkčnost, stabilitu a začít postupně uvolňovat zdroje na Hyper-V a přesouvat je do nového prostředí
- Během přesouvání nechat prostředí pokaždé určitou dobu běžet, aby bylo možné tvrdit, že je vše převedeno v pořádku.
- Po konverzi celé infrastruktury Hyper-V do nové, by následovalo proškolení obsluhy (to by samozřejmě pokračovalo souběžně s konverzí celého prostředí) a dodání dokumentace.
- Předání prostředí dodavatelské firmy IT oddělení a navázání spolupráce při řešení nestandardních problémů.

V přípravných částech implementace by bylo nutné zjistit, zda je vůbec hardwarové prostředí kompatibilní s řešením VMware vSphere a zda jsou pro všechny prostředky dostupné ovladače.

4.2.4. Zvolení virtualizační platformy

Na závěr případové studie, jsou shrnuty varianty a vysvětlen výběr nejvýhodnější. Není jednoduché zvolit správnou virtualizační platformu jen na základě informací od odborníků. Ať se vedou jednání s kteroukoliv stranou konkurenčního boje, tak informace jsou vždy zavádějící a protěžují jen platformu a potažmo dodavatele, od kterého jsou placeni. Je málo odborníků na obě řešení, kteří by byli nestranní a dokázali zákazníkovi poradit

s jinou vidinou, než je zisk z prodeje. Sám autor této práce má více profesních zkušeností s prostředím Hyper-V, ale nedokáže preferovat jen jednu stranu, na úkor druhé. Společnost VMware je na trhu serverové virtualizace a virtualizace obecně bez diskuzí lídrem již několik let, ale je otázkou času, kdy se ostatní konkurenti kvalitativně dorovnají. Poté bude záležet na momentální cenové politice a požadovaných vlastnostech.

Požadavky Statutární města Chomutov jsou vzhledem k nutnému nepřetržitému provozu během pracovního týdne jednoznačné. Musí zajistit všechny požadavky na obslužnost pro občany města s důrazem na kvalitu, rychlost. K těmto aspektům je nutné připočítat rozvíjející se elektronizaci domácností a tlak obyvatelstva na možnost komunikace s veřejnou správou čistě přes internet. Je zřejmé, že virtualizace byla, je a bude cesta k zajištění kvalitních služeb. Tudíž je nutné zvážit, za jakou cenu lze nakoupit požadované funkcionality s přihlédnutím k vývoji do budoucnosti.

V této případové studii se práce zabývá prostředím Statutárního města Chomutov, které má specifické požadavky, ale jeho infrastrukturu lze řešit oběma virtualizačními platformami. V případě VMware vSphere je nutné pro správu většího počtu virtuálních strojů zakoupit také produkt vCenter, bez kterého by efektivní správa nebyla možná. Celé řešení vSphere je možné zakoupit ve třech edicích a to Standard, Enterprise, Enterprise Plus. Edice byly rozepsány a konfrontovány v kapitole 3.3.1. V případě města Chomutov, je dostačující vSphere v edici Standard, i když s výhledem do budoucnosti by bylo lepší zvolit edici Enterprise. Už jenom díky možnosti této edice v podobě DRS, DPM (Distributed Resource Scheduler, Distributed Power Management).

Jedna strana výběru je pořizovací cena, kterou lze v obou případech získat z proběhlé implementace řešení Hyper-V a z cenové nabídky konceptu VMware vSphere. A na straně druhé, neméně důležité jsou platby nutné na provoz. V tomto případě je ve výhodě řešení Hyper-V, které je v případě nákupu bez SA, jen o prvotních pořizovacích nákladech. V případě VMware je nutné počítat s ročními náklady na support/subscription pro jednotlivé produkty, což celé řešení prodražuje v delším horizontu.

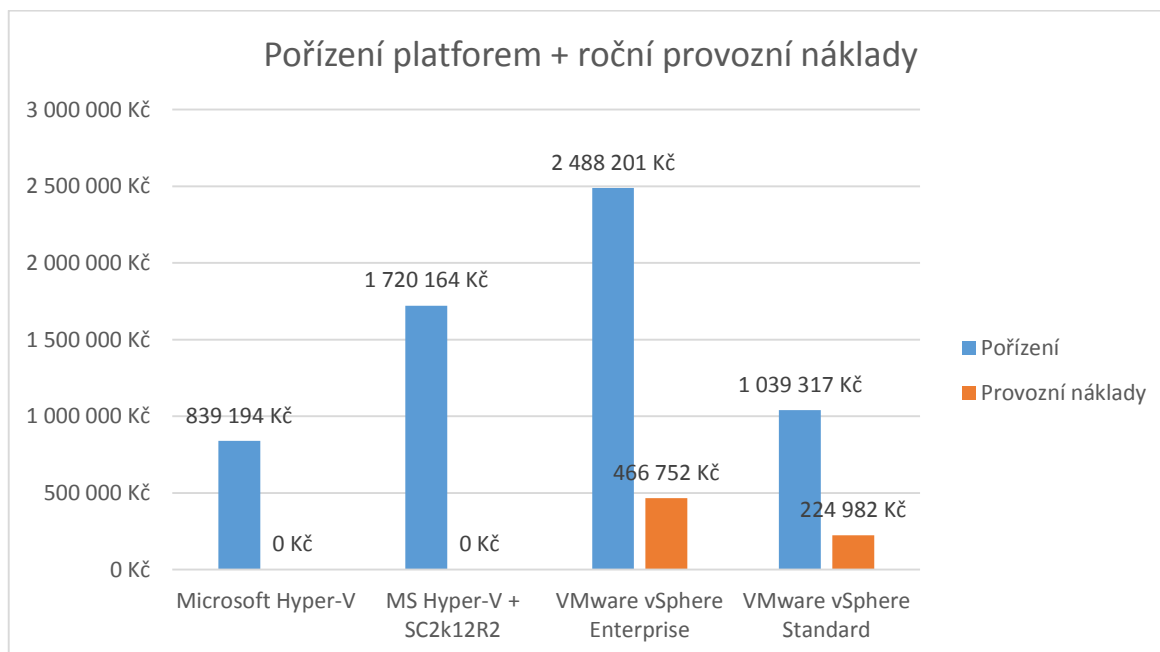
Dále je v případě prostředí založeného výhradně na produktech Microsoft nutné připomenout, že pokud se virtualizace serverů provede na platformě Hyper-V a s licencemi Windows Serveru, odpadají dodatečné náklady na pořízení licencí pro vytvářené virtuální servery, což je nutné v případě VMware také připočítat. Vzhledem k počtu cca 45 virtuálních serverů to není zanedbatelná částka a to i v případě, že by bylo nutné pořídit jen licence

Windows Server v edici Standard (což je cca 28tis Kč bez DPH za jednu licenci pro 2 procesory).

V následujícím grafu (Obrázek 37 - Porovnání cen pořízení) jsou k nahlédnutí ceny za pořízení jednotlivých platform. Jeden sloupec představuje pořizovací cenu a druhý provozní náklady za 1 rok. Pro přehlednost jsou uvedeny čtyři možné verze pořízení:

- Implementace Hyper-V jako role systému Microsoft Windows Server 2012R2
- Implementace Hyper-V jako role systému Microsoft Windows Server 2012R2 včetně softwarového balíku MS System Center 2012R2
- Implementace VMware vSphere 6.0 Standard + Support / Subscription
- Implementace VMware vSphere 6.0 Enterprise + Support / Subscription

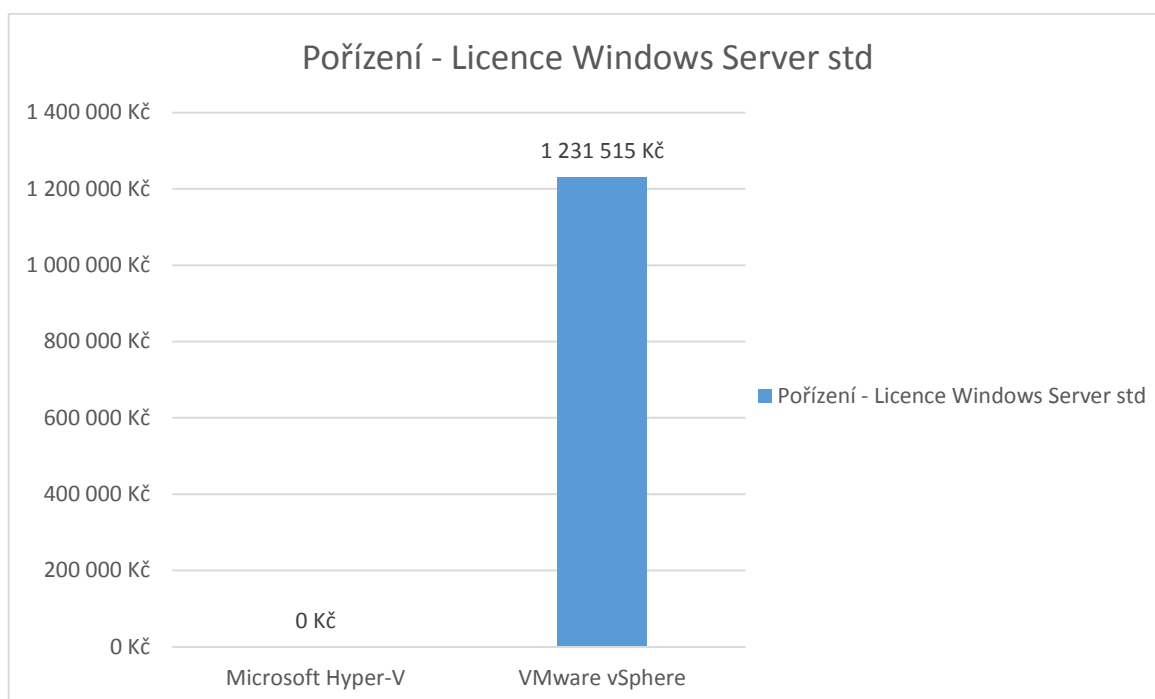
V prvních dvou případech je představena implementace virtualizační platformy jako role systému Windows Server. Liší se jen v nákupu softwarového balíku MS System Center 2012R2, díky němuž se rozšíří možnosti správy a umožní administrátorům větší kontrolu nad využitím zdrojů. Dvě možnosti pořízení jsou z toho důvodu, že SC2012R2 není nutný pro běh celého prostředí, ale je jakousi nadstavbou pro snadnější a přehlednější správu. Poslední dvě varianty jsou produkty vSphere v edicích Standard a Enterprise, kde by pro budoucí rozvoj infrastruktury bylo vhodné vybrat verzi Enterprise.



Obrázek 37 - Porovnání cen pořízení

Zdroj: vlastní

Jak již bylo zmíněno, výměna virtualizační platformy neřeší provoz jednotlivých serverů. Pro řádné zajištění celého řešení je nutné také licencovat jednotlivé servery, pro tento případ vyhovující, ale nutnou edicí Windows Server 2012R2 Standard. V případě využití stávajícího řešení, které je v případě Chomutova stavěno na technologiích společnosti Microsoft, je nutnost v případě zajištění virtualizace pomocí VMware vSphere dodržet licenční podmínky pro provoz stávajících serverů. Jak je uvedeno na grafu (Obrázek 38 - Pořízení licencí WinSrv Std), tak cena licencí produktu MS WinSrv celé řešení dosti prodraží.



Obrázek 38 - Pořízení licencí WinSrv Std
Zdroj: vlastní

Na závěr zhodnocení výběru nejvhodnější virtualizační platformy pro potřeby města Chomutov je nutné zvážit zejména finanční stránku celého řešení. Po funkční stránce a využití funkcionalit konkurenčních řešení, je možné varianty považovat za dostačující pro potřeby města. Vzhledem k tomu, že vedení města požadovalo potvrdit nebo vyvrátit výběr současného způsobu virtualizace a virtualizační platformy, lze ze srovnání případové studie vyvodit závěr, že cesta virtualizace pomocí řešení společnosti Microsoft, je pro prostředí města vyhovující a představuje správnou volbu i po stránce nákladů. S ohledem na velikost infrastruktury a přítomnost až homogenního softwarového prostředí, je implementace řešení společnosti VMware neekonomická.

5. Zhodnocení výsledků a doporučení

Ze samotné instalace platformy a následném zprovoznění klientského prostředí pro správu, jednoznačně vyniká řešení společnosti VMware. Její platforma vSphere je menší co do velikosti stahovaného souboru, potřeby média pro instalaci a také v rychlosti instalace. Celkově proběhla implementace v řádu několik minut a celé prostředí je jednoduché a intuitivní. Naproti tomu u platformy Hyper-V společnosti Microsoft, je jen instalační médium 6x větší a to sebou nese i nároky na disky a přenosovou kapacitu. Následná instalace je o malinko delší, než je tomu u vSphere. Pokud se zohlední správa prostředí z klientské stanice, tak po stažení aplikace VMware vSphere Client, je možná okamžitá správa celého prostředí. V případě Hyper-V je nutné nejdříve pomocí skriptů nebo příkazů nastavit prostředí tak, aby k němu bylo vůbec možné se připojit. Samotné nastavení klienta je také zdlouhavé a odrazuje od využití.

Z následného testování platformy lze vyvodit závěry pro využití v malých a středních prostředích, jelikož je možné, že s přibývajícím prostředím mohou být výsledky odlišné. Nelze proto výsledky testů srovnávat s prostředím, která využívají velká datová centra. Jak je z testů patrné, jsou řešení jak VMware tak Microsoft srovnatelná a použitelná pro jakoukoliv velikost prostředí. V testech provedených pomocí aplikace PassMark Performance Test 8.0, byly otestované případy instalace a běhu virtuálních serverů v prostředí vSphere a Hyper-V. Byly provedeny testy v oblastech správy procesoru, paměti a diskového prostoru. Při správě procesoru výsledky hovoří pro vSphere, zatímco ve správě paměti pro Hyper-V. Nelze tyto výsledky paušalizovat.

Závěry z případové studie statutárního města jsou jednoznačné. Pokud lze posuzovat prostředí veřejné správy, často bývá vystavěno na produktech společnosti Microsoft a to jak na desktopech, tak na serverech. Proto se i nabízí virtualizace na platformě Hyper-V, která nabízí stejný výkon a využití jako konkurenční řešení lídra trhu, vSphere. Platforma Hyper-V přináší po finanční stránce úsporu jak v provozních tak pořizovacích nákladech. V této konkrétní případové studii je implementace Hyper-V, jako role systému Windows Server 2012R2 Datacenter, o 200tisíc Kč bez DPH levnější, než konkurenční produkt vSphere v edici Standard. V případě verze vSphere Enterprise je úspora ještě o 1,4mil Kč bez DPH vyšší.

V neprospěch platformy vSphere hovoří zejména nutnost nákupu operačních systémů pro virtuální prostředí, což u Hyper-V odpadá. Samozřejmě se v tomto prostředí počítá s nákupem a implementací nejvyšší verze operačního systému Windows Server 2012R2 Datacenter, které nabízí neomezené množství instalací nad takto připraveným systémem. Úspora je v tomto případě 1 231 515 Kč bez DPH za nákup licencí Windows Server 2012R2 Standard. Při škálovatelnosti obou řešení a neustálém posouvání pomyslné laťky, se cena licencí v nákladech projevuje stále více.

Další otázkou je přeci jen širší zastoupení odborníků a správců na produkt Windows Server, než je tomu v případě vSphere. Lze usoudit, že každá platforma je cílená do jiného segmentu trhu a jistě si najde své příznivce. Výrobci naslouchají potřebám a přáním zákazníků, což se projevuje v nejnovějších verzích. Bude zajímavé sledovat srovnání nové verze Hyper-V 2016 s vSphere 6.0.

Závěr

Cíle práce byly splněny, když se podařilo porovnat představené virtualizační platformy hned v několika rovinách a představit praktické porovnání implementací ve studii z veřejné správy.

Prvním teoretickým srovnáním prošel hypervisor a architektura systémů. Hodně diskutovaná je otázka umístění, bezpečnosti a kompatibility ovladačů hardwaru. Každé řešení má plusy a mínusy, ať je to bezpečnost (Hyper-V) nebo rychlost a optimalizace (vSphere). Dalším pomyslným soubojem je porovnání funkcionalit, které řešení nabízejí. Zde se práce zabývá vysvětlením pojmů, které s virtualizací souvisejí, ale u každého výrobce jsou jinak pojmenované. Dále bylo provedeno srovnání těchto funkcionalit, ze kterých vyplynulo, že řešení Hyper-V udělalo velký pokrok a obě platformy jsou dobře využitelné i pro největší nasazení s použitím v datových centrech. S uvolněním nové verze Hyper-V Server 2016, dojde k pokoření dalších hranic škálovatelnosti řešení a větší integrace s cloudovými službami. Nyní je ve stádiu TP3 (Technical preview 3).

Z pohledu licenční politiky je platforma vSphere pro některé zvláště menší implementace finančně náročná, takže raději zvolí virtualizaci na Hyper-V. Vzhledem k cenové politice Microsoftu, lze předpokládat stále větší rozšiřování podílu na trhu. Stále je prostředí Microsoftu z pohledu operačních systémů nejrozšířenější.

Výsledky testování a závěry případové studie lze hodnotit z několika pohledů. Buďto lze platformy porovnávat v případě, že již proběhlo nasazení a bylo by dobré zvážit vhodnost, nebo jako netknuté prostředí, u kterého se na konsolidaci a implementaci virtualizace serverů teprve připravuje. V této fázi je ze všeho nejdůležitější prvotní analýza prostředí a potřeb každého zákazníka. Nelze paušalizovat nasazení a hovořit o „standardu“ prostředí. Každá společnost má jiné potřeby a poskytuje specifické služby, které se opírají o právě jedno z testovaných řešení. V každé případové studii lze vyčíslit náklady, které vzniknou výpadkem poskytovaných služeb a musí být tudíž podpořeny protiopatřeními, například formou virtualizace a všech výhod, které sebou přináší. V případě, že je již některá z platform implementovaná, je důležité zvážit, zda by výhody nového řešení vyvážily náklady na změnu.

V případě velkých datových center je trendem využívat řešení společnosti VMware, už jenom díky jeho zkušenostem a množstvím implementací. Vzhledem k tomu, že je VMware vizionářem v tomto sektoru a monopolem již několik let, se o své zákazníky bát nemusí. Naproti tomu budou malý a střední zákazníci volit řešení Microsoftu. Vždy budou existovat odborníci, kteří budou zástav jednu nebo druhou stranu a tu budou preferovat. Důležité je naslouchat potřebám.

Seznam použitých zdrojů

- CONROY, Sean P. History of Virtualization. In: *Everything VM* [online]. 2010. vyd. [cit. 2014-08-02]. Dostupné z: <http://www.everythingvm.com/content/history-virtualization>
- DATA INTERTECH S.R.O. *Proč virtualizovat?* [online]. 2012 [cit. 2014-08-10]. Dostupné z: <http://www.intertech.cz/virtualizace/proc-virtualizovat/>
- GARTNER. *Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure* [online]. 2014 [cit. 2014-08-06]. Dostupné z: <http://www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-1WR7CAC&ct=140703&st=sb>
- JONES, M. Tim. *Virtual Linux: Platform and OS Linux Virtualization* [online]. 2010. vyd. [cit. 2014-08-09]. Dostupné z: <http://www.datamation.com/osrc/article.php/3879871/Virtual-Linux-Platform-and-OS-Linux-Virtualization.htm>
- KELBLEY, John. *Microsoft Windows Server 2008 R2 Hyper-V: podrobný průvodce administrátora*. Brno: Computer Press, 2011, s. 11. ISBN 978-80-251-3286-9
- LOWE, Scott. *Mistrovství ve VMware vSphere 5: kompletní průvodce profesionální virtualizací*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2013. Mistrovství. ISBN 978-80-251-3774-1.
- OLDANYGROUP. *PROČ VIRTUALIZOVAT* [online]. 2014 [cit. 2014-08-10]. Dostupné z: <http://www.oldanygroup.cz/proc-virtualizovat-vmware-virtualizace-41/>
- RUEST, Danielle a Nelson RUEST. *Virtualizace: podrobný průvodce*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010. Mistrovství. ISBN 978-80-251-2676-9.

- VMware vSphere 4 - ALWIL Trade, spol. s r.o. ALWIL TRADE, spol. s r.o. [online]. [cit. 2015-02-01]. Dostupné z: <http://www.alwil.com/vmware-vsphere-4.html>

- VÝŠEK, Ondřej a Petr KUBEŠ. *VMware vs. Hyper-V* [online]. DELL.com, 2011 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <https://www.wug.cz/praha/akce/404-Srovnani-virtualizacnich-platforem-VMware-a-Microsoft>

- *What's New in the VMware vSphere 6.0 Platform: Version 1.1/Technical white paper* [online]. VMware, August 2015 [cit. 2015-10-25]. Dostupné z: <http://www.vmware.com/files/pdf/vsphere/VMW-WP-vSPHR-Whats-New-6-0-PLTFRM.pdf>

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 - Magic Quadrant x86 Server Virtualizace | 9 |
| Obrázek 2 - Porovnání architektury | 13 |
| Obrázek 3 - Schéma emulace..... | 14 |
| Obrázek 4 - Rozdíl plné a paravirtualizace..... | 15 |
| Obrázek 5 - Konsolidace serverů..... | 19 |
| Obrázek 6 - Vývoj Microsoft Hyper-V v edicích Windows Server | 22 |
| Obrázek 7 - Architektura hypervisoru Microsoft Hyper-V | 25 |
| Obrázek 8 - Architektura hypervisoru MS Hyper-V | 27 |
| Obrázek 9 - Rozdíly Hyper-V v1 x v2..... | 28 |
| Obrázek 10 - Windows Server Catalog | 31 |
| Obrázek 11 - Vývoj VMware ESXi..... | 34 |
| Obrázek 12 - Rozdíly ve verzích VMware vSphere 5-6..... | 35 |
| Obrázek 13 - Porovnání verzí vSphere 5.5-6..... | 36 |
| Obrázek 14 - VMware vCenter..... | 40 |
| Obrázek 15 - VMware ESX architektura..... | 41 |
| Obrázek 16 - VMkernel | 42 |
| Obrázek 17 - Hypervisor VMware vSphere | 43 |
| Obrázek 18 - Architektura hypervisoru z pohledu ovladačů | 46 |
| Obrázek 19 - Virtualization Matrix | 48 |
| Obrázek 20 - Podíl platforem na trhu serverové virtualizace | 54 |
| Obrázek 21 - Úvodní obrazovka PassMark Performance Test 8.0..... | 56 |
| Obrázek 22 - Instalace Hyper-V | 59 |
| Obrázek 23 - Správa Hyper-V Serveru..... | 60 |
| Obrázek 24 - Instalace vSphere 6.0 z USB..... | 61 |
| Obrázek 25 - Prostředí vSphere 6.0 ESXi | 62 |
| Obrázek 26 - Graf CPU - jednotlivé testy..... | 63 |
| Obrázek 27 - Graf CPU - celkové hodnocení | 63 |
| Obrázek 28 - Graf Memory - jednotlivé testy..... | 64 |
| Obrázek 29 - Graf Memory - celkové hodnocení | 64 |
| Obrázek 30 - Graf Disk - jednotlivé testy..... | 65 |
| Obrázek 31 - Graf Disk - celkové hodnocení | 65 |
| Obrázek 32 - Schéma clusteru s dvěma uzly | 68 |
| Obrázek 33 - Propojení budov města..... | 69 |
| Obrázek 34 - MS Live Migration | 72 |
| Obrázek 35 - Hyper-V Manager | 74 |
| Obrázek 36 - Schéma VMware DRS | 79 |
| Obrázek 37 - Porovnání cen pořízení | 82 |
| Obrázek 38 - Pořízení licencí WinSrv Std..... | 83 |

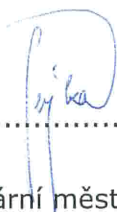
Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 - Rozdíly Hyper-V Server..... | 24 |
| Tabulka 2 - HW požadavky Hyper-V | 31 |
| Tabulka 3 - Rozdíly edic VMware vSphere Essentials Kit (úprava vlastní) | 37 |
| Tabulka 4 - Rozdíly edic VMware vSphere dle správy (úprava vlastní)..... | 37 |
| Tabulka 5 - Rozdíly edic VMware vSphere (úprava vlastní) | 40 |
| Tabulka 6 - Ekvivalent výrazů..... | 45 |
| Tabulka 7 - Pozitiva/negativa hypervisorů | 47 |
| Tabulka 8 - Obecné vystižení hypervisorů | 47 |
| Tabulka 9 - Porovnání (škálovatelnost řešení) | 49 |
| Tabulka 10 - Porovnání (HA, Správa zdrojů)..... | 51 |
| Tabulka 11 - Porovnání (storage) | 52 |
| Tabulka 12 - Porovnání (networking)..... | 53 |
| Tabulka 13- Seznam fyzických serverů..... | 70 |
| Tabulka 14 - Seznam diskových polí..... | 71 |
| Tabulka 15 - Cena současného řešení OS..... | 75 |
| Tabulka 16 - Cena současného řešení SC2k12R2 | 76 |
| Tabulka 17 - Nabídková cena ve verzi standard..... | 78 |
| Tabulka 18 - Nabídková cena ve verzi enterprise..... | 79 |

Přílohy

- Souhlas s využitím informací o IT infrastruktuře Statutárního města Chomutov

**Souhlas s využitím informací o IT infrastruktuře Statutárního
města Chomutov při tvorbě diplomové práce na téma:
„Porovnání technologií Microsoft Hyper-V a VMware vSphere“**



Za Statutární město Chomutov

Předal: Ing. Theodor Sojka



student

Převzal: Bc. Lukáš Pösel

Student se zavazuje:

- neposkytnou data Statutárního města Chomutov třetí straně
- vyloučit využití informací pro propagační a obchodní účely
- informace užije jen pro potřeby diplomové práce