

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra informatiky a výpočetní techniky

Bakalářská práce

Problematika cloud computingu ve vysokoškolském prostředí

Plzeň, 2014

Renata Bischofová

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne 30. 4. 2014

Renata Bischofová

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu práce Dr. Ing. Janu Rychlíkovi za odborný dohled, konzultace k tématu práce a za možnost zúčastnit se konference na téma blízké bakalářské práci. Děkuji též pracovníkům Centra informatizace a výpočetní techniky Západočeské univerzity v Plzni za poskytnutí užitečných materiálů. Mé poděkování patří též Karlu Benešovi, DiS. za cenné rady a věcné připomínky při zpracování práce.

Abstract

This bachelor thesis is aimed to cloud computing, which is also used in academic environment in recent years. There is paid attention especially to the more often sold distribution model Desktop as a Service recently, whose core is technology of virtualization.

The goal of the thesis is to become acquainted with the strong market players in virtualized desktop infrastructure and their products, which are necessary for implementation, and perform search of cloud solutions and summarize the gained experiences of other university institutions related with these technologies. Based on the knowledge acquired there are evaluated technical solutions, that meet requirements of the University of West Bohemia in Pilsen, and outlined the economical aspects.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na cloud computing, který v posledních letech proniká také do akademické sféry. Pozornost je věnována zejména distribučnímu modelu Desktop as a Service, který je založen na technologii virtualizace.

Cílem této práce je seznámení se s nejsilnějšími hráči na trhu se zaměřením na virtualizovanou desktopovou infrastrukturu a jejich produkty, které jsou potřebné k její implementaci. Dále je provedena rešerše cloudových řešení a sumarizace zkušeností jiných vysokoškolských institucí s těmito technologiemi. Dle nabytých znalostí jsou vyhodnocena technická řešení, která odpovídají požadavkům Západočeské univerzity v Plzni, a nastíněna jejich ekonomická náročnost.

Obsah

1. Úvod	1
2. Cloud computing a základní pojmy	2
2.1. Definice	2
2.2. Virtualizace	3
2.3. Distribuční modely	5
2.3.1. IaaS (Infrastructure as a Service)	5
2.3.2. PaaS (Platform as a Service)	6
2.3.3. SaaS (Software as a Service)	6
2.3.4. DaaS (Desktop as a Service).....	8
2.4. CSVC.....	9
2.5. Modely implementace	10
2.5.1. Veřejný cloud (Public Cloud).....	10
2.5.2. Privátní cloud (Private Cloud)	11
2.5.3. Komunitní cloud (Community Cloud).....	11
2.5.1. Hybriní cloud (Hybrid Cloud)	11
3. Analýza výhod, nevýhod a rizik cloudů	12
3.1. Výhody cloud computingu.....	12
3.2. Nevýhody cloud computingu.....	13
3.3. Bezpečnost.....	14
3.3.1. Sedm rizik cloud computingu	14
3.3.2. Právní aspekty cloud computingu.....	15
4. Cloudová řešení na VŠ	20
4.1. Cíle virtualizace na VŠ.....	20
4.2. Virtualizace serverů.....	21
4.2.1. Microsoft Hyper-V.....	22
4.2.2. VMware ESX Server	22
4.2.3. Citrix XenServer.....	23
4.3. Virtualizace desktopů	24
4.3.1. Microsoft VDA.....	25
4.3.2. VMware Horizon View.....	25
4.3.3. Citrix XenDesktop.....	26
4.4. Virtualizace aplikací.....	27
4.5. Cloudové aplikace vhodné pro VŠ.....	27
4.6. Virtualizační technologie na konkrétních VŠ	29

4.6.1.	Univerzita Hradec Králové	29
4.6.2.	Univerzita Pardubice	32
4.6.3.	České vysoké učení technické v Praze.....	34
4.6.4.	Vysoká škola chemicko-technologická v Praze	36
5.	Virtualizace desktopů na ZČU	38
5.1.	O instituci.....	38
5.2.	Současný stav.....	38
5.3.	Možnosti modernizace	40
5.3.1.	Pořízení nových nebo upgrade stávajících PC	41
5.3.2.	Terminálový server.....	42
5.3.3.	Plná virtualizace	43
5.4.	VDI na ZČU	44
5.5.	Zhodnocení možností	46
6.	Závěr	48

1. Úvod

V posledních letech můžeme v oblasti architektury informačních technologií a v souvislosti s budováním datových center zaznamenat robustní nárůst nabídky cloud computingových služeb. De facto se jedná o alternativní způsob přístupu k datům a aplikacím, který je závislý na internetovém připojení. Ve většině distribučních modelů je využívána technologie virtualizace na různých úrovních abstrakce, např. úroveň softwarového prostředí (virtualizovaný operační systém), hardwarových komponent (virtuální procesory, disk, síťová infrastruktura) či úroveň celého počítače (virtuální stroj). Cloud computing je členěn do několika distribučních modelů (IaaS, PaaS, SaaS, DaaS, apod.), kde v každé z těchto oblastí dominuje na trhu několik předních poskytovatelů (Microsoft, Amazon, Google, IBM, VMware, Citrix, apod.).

Trend cloudů v současnosti neproniká pouze do velkých firem, nýbrž i k běžným uživatelům a též do veřejné a akademické sféry. Právě na univerzitní prostředí se v této práci zaměříme.

Nejprve definujeme cloud computing a uvedeme jeho výhody a nevýhody obecně. Zanalyzujeme právní aspekty související s tímto pojmem z pohledu české legislativy. Dále se zaměříme na distribuční model Desktop as a Service a seznámíme se s nejsilnějšími hráči na trhu a jejich produkty, které by vyhovovaly použití ve vysokoškolských institucích. Provedeme analýzu implementace již zavedených cloudových řešení na několika českých univerzitách (Univerzita Pardubice, Univerzita Hradec Králové, České vysoké učení technické v Praze). V závěru dle nabytých znalostí a zkušeností vyhodnotíme technická řešení, která odpovídají požadavkům Západočeské univerzity v Plzni. U jednotlivých řešení nastíníme ekonomickou náročnost, a to jak investice prvotní, tak dlouhodobé.

2. Cloud computing a základní pojmy

2.1. Definice

Přesná definice cloud computingu fakticky neexistuje, mnohdy se také jednotlivé definice liší. Nejčastěji se literatura odkazuje na Definition of Cloud Computing (1) Amerického národního institutu standardů a technologií¹ z roku 2011: „Cloud computing je model umožňující všudypřítomný a pohodlný on-demand² přístup ke konfigurovatelným a sdíleným výpočetním zdrojům prostřednictvím sítě (např. síťové servery, datová úložiště, aplikace a služby), které mohou být poskytnuty s vynaložením minimálního úsilí managementu nebo poskytovatelem služeb.“ Tento model je charakterizován pěti základními vlastnostmi (viz Tab. 1), třemi distribučními modely (viz kap. 2.3) a čtyřmi modely implementace (viz kap. 2.5).

Vlastnost	Popis
Rychlost nasazení (on-demand)	Uživatelé jsou výpočetní technologie dodány automaticky podle potřeb, bez nutnosti interakce poskytovatele.
Přístup k síti	Funkce jsou dostupné odkudkoliv prostřednictvím internetu a z různorodých zařízení, na jejichž výkonu není služba závislá (např. mobilní telefony, tablety, notebooky, pracovní stanice).
Sdílení prostředků	Hardwarové zdroje (fyzické a virtuální prostředky) poskytovatele jsou sdruženy tak, aby mohly dynamicky migrovat mezi více spotřebiteli (tzv. multinájemní model ³) a upravovat je podle požadavků spotřebitele. Zákazník zároveň nemá přesnou informaci o umístění poskytnutých prostředků.
Pružnost	Prostředky je možno horizontálně i vertikálně (i automaticky) škálovat, a tím rychle reagovat na poptávku. Pro spotřebitele se prostředky zdají být neomezené a změna množství prostředků může být provedena kdykoliv bez zásahů do infrastruktury.
Měřitelnost služeb	Cloudové služby automaticky optimalizují využití zdrojů (např. šířka pásma, kapacita paměti). Tento systém umožňuje transparentnost využití zdrojů jak pro poskytovatele, tak pro spotřebitele.

Tab. 1 Základní charakteristiky cloudu (zdroj: (1))

¹ National Institute of Standards and Technology

² Služba, která se zaměřuje na okamžité uspokojení potřeby uživatele a bezprostřednost použití (33).

³ Z angl. multitenant – SW architektura, kde jedna instance běží na jednom serveru, který slouží více klientům (nájemníkům).

2.2. Virtualizace

Pojmy cloud computing a virtualizace jsou často zaměňovány. Ve skutečnosti se liší v mnoha ohledech. Technika virtualizace nemusí nutně znamenat využívání cloudu, stejně tak některé typy cloudu je možné zavést bez virtualizovaného prostředí. V následující tabulce jsou shrnuty základní charakteristiky a odlišnosti obou pojmů.

Aspekt	Virtualizace	Cloud
Zaměření	Infrastruktura	Aplikace
Primární výstup	Abstraktní výpočetní výkon, síť, úložiště	Spotřební služby: IaaS, PaaS, SaaS
Klíčové hodnoty	Široké využití, rychlost implementace	Model spotřeby služby, škálovatelnost parametrů na vyžádání
Zákazníci	Provozní IT manažeři, administrátoři	Majitelé podnikových aplikací, koncoví uživatelé
Co nakupujeme	Hypervizor a související nástroje	Služby
Rozhraní pro spotřebitele	Operační systém	Katalog služeb
Způsob implementace	Nákup a instalace na vlastním zařízení	Nákup a instalace od poskytovatelů na trhu
Obtížnost implementace	Snadné a rychlé na vlastní infrastruktuře	Nahrazení původního řešení
Jednotky kapacity	Systémové komponenty (CPU, paměť, disk, I/O)	Výpočetní cykly, byty, IOPS
Výše nákladů	Vysoké výdaje za pořízení HW i SW	Pay as you go náklady
Možnosti řešení	Omezený trh poskytovatelů	Široký trh poskytovatelů
Míra změny	Vývoj	Transformace

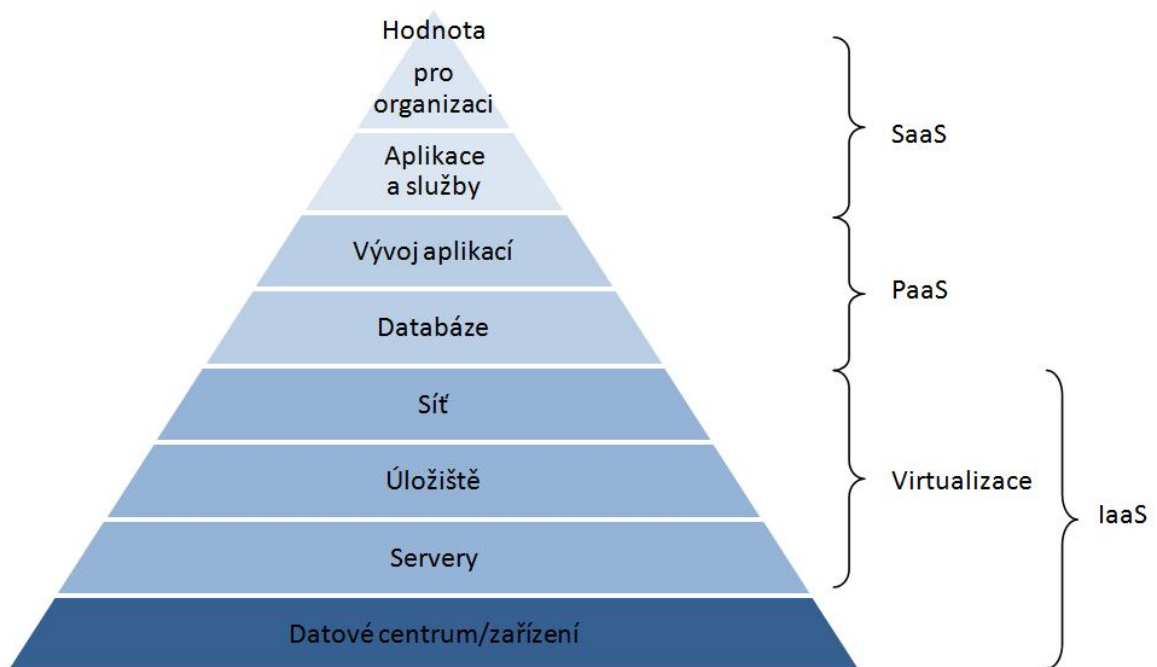
Tab. 2 Charakteristiky virtualizace a cloudu (zdroj: (2))

Virtualizace je tedy technologie, kdy je k hardwarovým zdrojům přistupováno jiným způsobem, než jakým fyzicky existují (3). Podstatou je, že na jednom hardwaru je provozováno více softwarových logických oddílů, tzv. virtuálních počítačů.

Technika virtualizace, jež řídí přístup virtualizovaných počítačů (host) k hardwaru počítače (hostitel), monitoruje, řídí jejich běh a odděluje je, se nazývá

hypervizor (4). Umožňuje tak spustit zároveň více operačních systémů. Hostovaný operační systém běží pod úrovní hypervizora.

Existují dva typy virtualizace: hardwarová a softwarová, které se liší způsobem implementace hypervizora. Hardwarová umožňuje virtualizaci nemodifikovaných operačních systémů, která zároveň vyžaduje podporu virtualizace přímo v procesoru. Softwarová, která je obvykle méně výkonná, obsluhuje operace vstupu a výstupu komplexními obslužnými funkcemi.



Obr. 1 Vymezení pojmů virtualizace a cloud v informačních technologiích (zdroj: (2))

2.3. Distribuční modely

Poskytovatelé cloud computingu nabízejí své služby v několika distribučních modelech. Neexistují definice, které by daný model přesně vystihly. Cloudy mohou být přizpůsobovány a dodávány na základě požadavků zákazníka, nákladů či flexibility. Pokusíme se zde zdůraznit typické vlastnosti jednotlivých modelů.

2.3.1. IaaS (Infrastructure as a Service)

Infrastruktura jako služba je jedním ze základních modelů cloudu. Tato služba zahrnuje virtuální počítače (méně často fyzické), síťová zařízení, úložiště, případně i další přidané služby jako firewally nebo správu IP adres. Důležitým přínosem je možnost poskytovatele za běhu měnit výkon či aktuální parametry podle potřeb zákazníka. Veškerý pronajímaný hardware a s ním spojenou údržbu obstarává poskytovatel. Zákazník se tak vyhne nákladům na zřízení datového centra a na následnou údržbu. Je tedy odstraněna přímá vazba aplikační logiky na fyzické komponenty. IaaS je také vhodná pro ty, kdo vlastní pouze softwarové licence a žádný hardware. Další výhodou je, že zákazník platí pouze skutečně využívané informační technologie (většinou v hodinových sazbách nebo za množství uložených dat) – PAUG⁴. Poplatky se odvíjí od úrovně poskytovaných služeb dle SLA⁵ jako je výpočetní výkon, paměť, konektivita, apod.

Nejznámější IaaS řešení:

- Amazon Elastic Compute Cloud
- Microsoft Windows Azure IaaS
- VMware vCloud Hybrid Service
- České Radiokomunikace – Smart Cloud

⁴ Pay as you go, Pay only what you use

⁵ Service Level Agreement – Součást smlouvy o poskytování služeb, kde je služba formálně definovaná (např. termín dodání, konkrétní parametry a úroveň služeb, doba určená k nápravě poruchy apod.).

2.3.2. PaaS (Platform as a Service)

Platforma jako služba představuje aplikační infrastrukturu, která poskytuje prostředky pro vývoj a údržbu vlastních softwarových aplikací dostupných prostřednictvím internetu. Neslouží tedy koncovým uživatelům, ale dává vývojářům prostředí k vývoji, testování, implementaci a hostování aplikací. Nejsou zde pronajímány konkrétní aplikace, jež si zákazník vyvíjí sám, nýbrž virtuální prostor a výpočetní výkon. Oproti službám jako jsou infrastruktura jako služba a software jako služba, platforma jako služba nabízí infrastrukturní základ pro běžné aplikace, nástroje a šablony. Na nich lze jednoduše a rychle vybudovat vlastní aplikace a provozovat je v cloudu. PaaS tak umožňuje zvládnout velké objemy dat, udržet nízké náklady a urychlit uvedení nových produktů a služeb na trh.

Koncept PaaS je jeden z nejmladších kategorií cloud computingu, je proto zatím málo rozšířen. Zároveň patří k jedněm z nejkomplicovanějších, jelikož vyžaduje provoz cloudového operačního systému.

Nejznámějším PaaS řešením:

- Google App Engine
- IBM SmartCloud
- Microsoft Azure

2.3.3. SaaS (Software as a Service)

Software jako služba je model cloudu, v němž provozovatel hostuje aplikace a zákazník je neinstaluje, ale využívá na dálku přes internet. SaaS je tak vlastně forma outsourcingu, kdy je koncovému uživateli poskytováno užívání softwaru on-demand. (V posledních letech se též využívá varianta on-premise, kde je řešení nasazeno v datovém centru zákazníka.) Oproti klasickému řešení, kde se software odepisuje několik let, vydá zákazník za tento typ používání i několikrát menší finanční prostředky, jež jsou brány jako provozní náklady. Zároveň se lze vyhnout potřebě licencí na servery. V důsledku těchto faktorů dochází ke snížení nákladů. SaaS bývá fakturován ve formě poplatků za počet uživatelů a za doplňkové služby. Poskytovatel hostuje aplikaci na vlastních serverech nebo na serverech třetí strany.

Ačkoliv z počátku byl SaaS považován za potenciální bezpečnostní riziko, dnes mají poskytovatelé mnohdy lépe zabezpečené servery a data než samotní zákazníci.

Limitujícím faktorem může být případná nemožnost či obtížné propojení s ostatními aplikacemi zákazníka. Proto se SaaS nejlépe hodí pro aplikace, které nepotřebují složitě integrovat s ostatními systémy.

Nejznámější SaaS řešení:

- Google Apps (např. Gmail)
- Microsoft Office 365
- IBM Docs
- Salesforce

Výhody SaaS:

- Možnost využití 24 hodin denně, 7 dní v týdnu

Přístup není závislý na místě, kde je služba využívána. K práci je potřeba pouze počítač či notebook (často je též přístup možný z jiných mobilních zařízení) a internetové připojení.

- Nízké zřizovací náklady

Prvotní náklady bývají minimální a přesná výše pravidelných poplatků (zakotvených ve SLA) je předem známa. Zákazník nebuduje vlastní datové centrum, nekupuje tedy servery a neplatí za spotřebovanou elektrickou energii, chlazení a prostor, kde by servery provozoval.

- Možnost redukce dodatečných nákladů a zaměření se na core-business⁶

Zákazník se nezajímá o hardwarové zabezpečení, softwarové licence, budování infrastruktury pro připojení či zálohovací mechanismy. Součástí služeb je aktualizovaný software a podpora. Tím je zajištěna celková kompatibilita aplikací, jelikož uživatelé využívají stejnou verzi softwaru.

- Možnost změnit dodavatele služeb⁷

Službu lze snadno kdykoliv pozastavit nebo ukončit.

⁶ Jádro činnosti. Zákazník se tedy může plně věnovat hlavní činnosti a nezabývá se ostatními procesy (např. problém licencí a poplatků).

⁷ V rámci možností nabídky obdobného produktu na trhu.

2.3.4. DaaS (Desktop as a Service)

Desktop jako služba je distribuční model, který je založen na technologii virtualizace a aplikacích potřebných pro provoz vzdáleného virtuálního desktopu. Ve své podstatě se velmi podobá modelu SaaS. Náklady na back-end⁸ a údržbu virtuální desktopové infrastruktury (dále jen VDI) nese poskytovatel cloudových služeb a má také zodpovědnost za ukládání dat, zálohování, bezpečnost a upgrady dodávaného systému. Osobní údaje, virtuální plochu a aplikace naopak spravuje zákazník. Na jednoho uživatele připadá jeden virtuální desktop, což zaručuje vysokou izolovanost dat. Pracovní plocha, která je nezávislá na zařízení a umístění, je načtena při přihlášení uživatele a ukládána po odhlášení. Tím se dostupnost dat a aplikací rozšiřuje na různá mobilní zařízení a lze k nim přistupovat kdykoliv. Mezi synergické efekty můžeme zařadit jednoduchost nasazení, škálovatelnost a vysokou úroveň bezpečnosti. DaaS je nákladově efektivní alternativou ke klasickému IT řešení. Tyto služby lze využívat skrze veřejný, hybridní i privátní cloud (viz níže).

Nejznámější DaaS řešení:

- VMware Horizon View
- Citrix XenDesktop
- Microsoft Mohoro
- Cisco Desktop Solutions

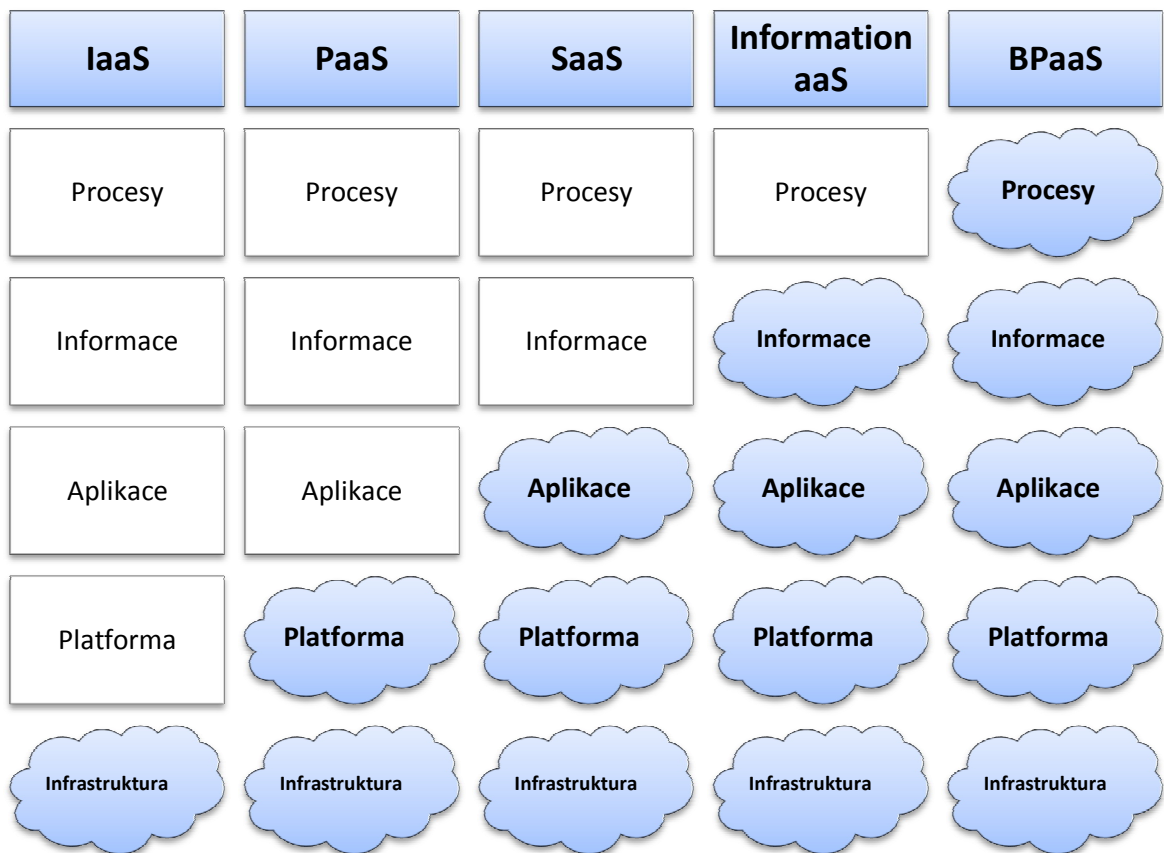


Obr. 2 Vlastnosti Desktop as a Service (zdroj: vlastní)

⁸ Část aplikace, která slouží k administraci a zpracování dat (32).

2.4. CSVC

Poskytovatelé cloudových služeb se snaží pro zákazníky neustále zvyšovat hodnotu a atraktivitu svých služeb. Postupným přidáváním článků do pomyslného řetězu směrem zespodu nahoru CSVC (Cloud Services Value Chain) se snaží ulehčit zákazníkům správu IT (5). Tento diagram zobrazuje kromě klasické infrastruktury, platformy a softwaru jako služby také další pojmy. Za služby v mráčku odpovídá poskytovatel a ostatní obstarává zákazník.



Obr. 3 Cloud Services Value Chain (zdroj: (5))

Information aaS (Information as a Service)

Předmětem či podstatnou součástí informací jako služby je poskytování informací. Zákazníkovi jsou dodávána data či informace, které poté využije při analýzách a rozhodování.

Příklady Information as a Service:

- LinkedIn (sociální síť, kde se sdružují profesionálové v různých oborech a diskutují o pracovních zájmech)
- Reuters (zpravodajská agentura)
- Factiva (informační zdroj poskytující informace především z oblasti obchodu a ekonomiky)
- Google Search (internetový vyhledávač)

BPaaS (Business Process as a Service)

Podnikové procesy jako služba je typ služby, kdy poskytovatel přebírá veškeré procesy společnosti, například najímání a propouštění zaměstnanců, výplata mezd, zpracování pohledávek, platby pojistného.

2.5. Modely implementace

2.5.1. Veřejný cloud (Public Cloud)

V tomto základním modelu nasazení je poskytován informační systém formou cloudu externím dodavatelem. Vyskytuje se nejčastěji a je otevřen k používání široké veřejnosti, často je dostupný celé populaci. Jedná se o sdílené služby, které všem zákazníkům přináší stejnou funkcionalitu. Veřejné cloudy každý jistě někdy využil – jsou to například veřejné e-mailové služby či Skype.

Datové centrum je v tomto případě spravováno výhradně pronajímatelem veřejného cloudu.

Předností veřejného cloudu je zajisté rychlost a jednoduchost zřízení, které probíhá většinou on-line pomocí automatizovaného formuláře. Poskytovatel může dynamicky měnit parametry služby – např. počet e-mailových schránek, kapacitu úložiště či výpočetní výkon.

2.5.2. Privátní cloud (Private Cloud)

K modelu soukromého oblaku má přístup a využívá jej výhradně jedna konkrétní organizace. Nejčastěji se využívá ve formě on-site, tzn. organizace vlastní své fyzické datové centrum. Ta je obvykle spojena s vyššími náklady na nákup hardwaru a jeho údržbu, nicméně zajišťuje větší bezpečnostní zaopatření. Pokud privátní cloud vlastní a spravuje třetí strana, pak se jedná o off-site privátní cloud. Je mnohanásobně levnější, ale je nutné věnovat větší pozornost bezpečnosti.

2.5.3. Komunitní cloud (Community Cloud)

Prostředí pro tento typ cloudu vzniká sdružením výpočetních prostředků, na jejichž základě vzniká infrastruktura sdílená mezi specifickými skupinami uživatelů (tzv. komunita) se stejným zájmem. Mezi ty patří například požadavky týkající se bezpečnosti dat, dostupnosti dat, místa jejich uložení, požadavky na soulad se zákony. Jedná se vlastně o privátní cloud sdílený více subjekty. Výhodnost pořízení tohoto modelu cloudu spočívá v rozložení nákladů mezi členy komunity. Koncept komunitního cloudu může provozovat jedna nebo více organizací komunity nebo třetí osoba.

Příkladem řešení může být Federal Community Cloud For Government Organizations (6).

2.5.1. Hybriní cloud (Hybrid Cloud)

Hybridní cloud je kombinací dvou či tří modelů cloudu (privátního, komunitního nebo veřejného), může tak nabízet výhody každého z nich.

3. Analýza výhod, nevýhod a rizik cloudů

3.1. Výhody cloud computingu

Snížení nákladů

Redukce nákladů patří k jedné z hlavních výhod cloudového řešení obecně. Optimální rozdělení technologií a zdrojů zaručuje efektivitu použití. Zákazník platí pouze za skutečně využívané služby a vstupní investice je téměř zanedbatelná. Odpadají pořizovací a provozní náklady hardwaru (a s ním spojená údržba) i softwaru (a potřeba aktualizovat jej). Ušetřit lze tak i za mzdové náklady pracovníků, kteří by se jinak starali o infrastrukturu, či náklady za energie. Je třeba poznamenat, že řada služeb, zejména těch základních, je zdarma a zpoplatněna jsou pouze rozšíření.

Vysoká dostupnost

Hodnota celkové dostupnosti služby v cloudu by neměla klesnout pod hraniční hodnotu 98 % (7). Je zde již zahrnuto 7 dní na odstávky infrastruktury kvůli údržbě či jiným neočekávaným komplikacím. V podstatě běží vše nepřetržitě. Definování dostupnosti je důležitým kritériem zejména pro aplikace, u kterých je vyžadován nepřetržitý přístup. Vysoká dostupnost je též podmíněna nezávislostí na umístění fyzického počítače a tedy možností připojení k systému (např. přes webový prohlížeč odkudkoliv, většinou z různých mobilních zařízení (notebook, tablet, mobilní telefon, apod.). Naskytá se tedy možnost online spolupráce, kdy je zajištěna aktuálnost dat.

Rychlost nasazení a jednoduchost aktualizací

Rozběhnutí systému lze zajistit prakticky ihned po rozhodnutí pronajmout si služby od cloudového poskytovatele. Pro aktualizování verze aplikace není třeba reinstalace softwaru.

Škálovatelnost, možnost rychlé změny zdrojů

Škálovatelnost cloudů je téměř neomezená. Umožňuje měnit počet a výkon virtuálních strojů či dokupovat další prostředky (např. úložiště) prostřednictvím webového formuláře.

Bezpečnost

Jedná se o jednu ze sporných oblastí cloudů. Faktem je, že data zákazníka jsou kvalitně zálohována na několika serverech. Datová centra, kde cloudové služby běží, dnes mají bezpečnostní certifikace pro správu a uchování dat. Navíc je větší pravděpodobnost, že ke zneužití dat dojde v datovém centru organizace, než v cloudu.

3.2. Nevýhody cloud computingu

Závislost na internetu

Internetové připojení je nezbytné pro plnohodnotné využití cloudových služeb. V případě výpadku nebo nekvalitního připojení může software běžet pomalu nebo se stát nedostupným.

Závislost na poskytovateli

Změna poskytovatele v případě nespokojenosti může být obtížná. Je proto na místě opatrnost ve výběru poskytovatele cloud computingu a pečlivé prostudování vlastností řešení a smluvních podmínek. Je vhodné ujistit se, že v případě výpovědi smlouvy nebudou data ve specifickém formátu, který by omezoval nebo znemožňoval přenositelnost, nebo že lze volně přidávat či odebírat pronajímané služby. Dále je nutné brát v úvahu podmínky poskytovatele cloudů (zejména veřejných cloudů, například společnosti Google) spojené s ochranou autorských práv.

Méně funkcí

Aplikace poskytované online mnohdy mohou mít méně funkcí než desktopová řešení. V některých případech též není možno zasahovat do systému a provádět pokročilé konfigurace na míru (platí zejména pro SaaS a PaaS).

Nemožnost plné kontroly

Zákazník data nemá pod fyzickou kontrolou, a to svým způsobem souvisí se závislostí na poskytovateli. (Většinou ale lze data zálohovat na lokální nosiče.)

Možné malé úspory z rozsahu

Při budování vlastního datového centra a celkového IT řešení lze u velkých organizací dosáhnout úspor z rozsahu. Různí poskytovatelé vypočítávají cenu různými způsoby a někteří z nich nabízí stejnou cenu za jednotku služby pro 50 i pro 300 uživatelů.

3.3. Bezpečnost

V dnešním světě čelí informační technologie mnoha hrozbám. Velký rozvoj cloud computingu spolu se svými výhodami s sebou ale neodmyslitelně přináší i rizika, nejčastěji formou kyberkriminality či zneužívání ICT⁹. Daní za flexibilitu, při níž zákazník platí pouze to, co opravdu spotřeboval, je, že uživatel služby nemá plně pod kontrolou využívané technologie. Zákazník se tak může cítit méně bezpečně než v situaci, kde má server fyzicky u sebe (8). Největším rizikem jsou však sami uživatelé, kteří sice mají právní subjektivitu¹⁰, ale jen minimální znalosti o svých právech a povinnostech (8).

3.3.1. Sedm rizik cloud computingu

Společnost Gartner Group¹¹ publikovala v roce 2008 studii sedmi základních bezpečnostních rizik spojených s pojmem cloud computing. Na tato kritéria by měli zákazníci klást důraz.

1. Problém privilegovaných uživatelů

Míru rizika přináší citlivé údaje zpracovávané externí firmou. Je důležité ptát se poskytovatele na způsob dohlížení privilegovaných správců a možnosti kontroly jejich přístupu k datům, aby nedošlo ke zneužití.

2. Dodržování právních předpisů

V mnoha případech jsou zákazníci zodpovědní za bezpečnost a integritu dat i v případě, že jsou spravovány poskytovatelem cloudových služeb. Solidní poskytovatel jistě nebude mít problém s prokázáním způsobu zabezpečení dat či s externími auditorskými kontrolami.

3. Umístění dat

Problematika umístění dat je rozebrána v následující kapitole.

4. Oddělení dat

Zákazníkova data jsou obvykle uložena ve sdíleném prostředí spolu s daty ostatních zákazníků. Šifrování je efektivní, ale není všelék (9). Poskytovatel cloudu by měl být schopen dokázat, že šifrovací protokoly byly navrženy a testovány odborníky.

⁹ Z angl. Information and Communication Technologies – Informační a komunikační technologie

¹⁰ Jsou nositeli práv a povinností. Uživatelé zakládají, mění a případně ruší právní vztahy (8).

¹¹ Společnost zabývající se výzkumem IT technologií.

5. Zálohování

V případě nehody musí být poskytovatel služby schopen provést kompletní obnovu dat. Aplikace bez schopnosti replikace jsou totiž vystaveny velkému riziku selhání. Praktické je také ptát se na dobu trvání případné obnovy dat.

6. Prozkoumání podpory

Je velmi obtížné prověřovat aktivity cloudových služeb. Často poskytovatel umísťuje jemu svěřená data do datových center jiného provozovatele. Poskytovatel cloudu by tedy měl být schopen prokázat, že má s těmito aktivitami dostatečné zkušenosti a vyvarovat se tak případným komplikacím.

7. Dlouhodobá životaschopnost

3.3.2. Právní aspekty cloud computingu

Využití cloudů je v současnosti závislé na informačních sítích, zejména na internetu, s nimi dále souvisí rychlost a dostupnost přenášených dat. Uživatel zpravidla neví a nemá snahu zjišťovat, kudy a jakým způsobem dochází k přenosu dat. Stejně tak jej nezajímá, kde se nachází adresát přenášených dat a kde jsou tato data uložena. Dochází tím k oddělení obsahu od fyzické struktury informačních sítí (8). V tématice cloudů můžeme tyto skutečnosti označit jako delokalizace společenských vztahů na internetu (10). Ta s sebou ovšem přináší problémy aplikace a vynutitelnosti práva.

Chování ve virtuálním světě není upravováno žádnými zvláštními zákony a je třeba řídit se obecně závaznými normami (11). Subjekty práva se pohybují v různých zemích na celém světě, díky tomu se lze zamýšlet nad otázkou, jaký právní systém se na ně bude vztahovat v případě protiprávního jednání. Obecně je možno na kyberprostor a veškeré aplikace aplikovat dva druhy právních úprav (8):

- standardní kritéria, která navazují na fyzickou lokalizaci dat a informací¹²,
- nová kritéria s aplikací principu místní působnosti (tzv. virtuální lokalizace právních vztahů).

¹² Zde je nejčastěji řešena otázka lokality, kde byl trestný čin spáchán (Trestní zákoník č. 40/2009 Sb. v platném znění). U internetové trestné činnosti je pak rozhodující lokalita, kde nastal účinek trestného činu, neboť velmi často se jednání pachatele odehrává na území jiného státu, než na kterém nastal účinek (8).

Na jednotlivé elementy cloud computingu a s ním spojené služby je třeba aplikovat stávající právní úpravu. Ty jsou většinou poskytovány ze zahraničí¹³ a podléhají tak právu dané země. Zároveň je potřeba dodržovat zákony platné v ČR, např. komplexní právní úpravy ochrany osobních údajů¹⁴. Zákazník cloud computingu často netuší, zda se jeho data nacházejí na území ČR nebo jiného státu, a tak se může stát, že nevědomky porušuje zákony České republiky (12).

Současné zákony EU v oblasti ICT jsou zastaralé a nemohou tak účinně eliminovat právní problémy spojené s cloud computingem. V současnosti se však EU snaží vytvářet nové právní úpravy v ICT, jedná se zejména o rekodifikaci¹⁵ zákonů týkajících se ochrany a ukládání dat. V právním odvětví vymezující cloud computing je třeba rozlišovat roviny soukromého práva a veřejného práva (8). Následující kapitoly se zaměřují na legislativu České republiky.

Soukromoprávní aspekty

V rovině soukromoprávní se jedná zejména o dostatečné vymezení smlouvy či licence k využívání cloudových služeb. Tato smlouva má jasně definovat práva a povinnosti uživatele a poskytovatele. Pokud je organizaci pronajímán cloud, ve kterém provozuje aplikaci úzce související s jejím chodem, je důležité uzavřít smlouvu písemnou formou. V lepším případě se také uživatel bude moci podílet na vytváření podmínek a modifikaci smlouvy. Takový uživatel by měl klást důraz na popis plnění, které od poskytovatele očekává (zejména rychlost a dosažitelnost služby). Je také nutné brát v potaz správnou formulaci smluvních práv a závazků: „[...] je rozdíl mezi povinností a snahou – vezměme si například formulaci „poskytovatel je povinen zajistit, že aplikace bude zákazníkovi dostupná 95 procent provozní doby poskytování služby“ a její (zdánlivě vhodnější) alternativu „poskytovatel vyvine maximální úsilí k tomu, aby zákazník mohl aplikaci užívat 99,95 procenta provozní doby poskytování služby“. V druhém případě sice poskytovatel deklaruje vyšší dostupnost, ale zákazník se svého práva na takovou dostupnost nemusí vždy domoci, protože poskytovatel sice vyvinul maximální úsilí, ale ono to zkrátka nestačilo. Obdobný příklad

¹³ Např. společnosti Microsoft, Amazon, Google (12)

¹⁴ Zákon č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů, v platném znění

¹⁵ V této oblasti lze sledovat např. činnost Evropské agentury pro bezpečnost sítí a informací (ENISA) (8).

se týká samotného parametru „dostupnost služby“, kdy může být lákavé mít smluvní závazek dostupnosti 99,95 procenta, ale pokud je dostupnost služby měřena za období jednoho roku, může být výpadek znatelně delší než v případě, kdy je dostupnost měřena na obvyklejší měsíční bázi.“ (12)

Dříve zákazník obvykle věděl, jakou IT technologii pořizuje, znal značku serveru a jeho technické parametry a mohl se ujistit, že server funguje. Předmět smlouvy byl hmatatelný a zjevný. Jelikož se zde ale nejedná o koupi či pronájem fyzického zařízení, nelze smlouvu upravovat dle institutů obchodního zákoníku.

Důležitým bodem licenční smlouvy je možnost dynamické změny rozsahu poskytovaných služeb. Kapacita poskytovatele je téměř neomezená, a proto je nutné jasně vymezit práva pro změnu poskytovaných služeb. Předejde se tak nerozvážnému sjednání služeb, které jsou zákazníkovi ihned poskytnuty a ten je povinen tyto sjednané služby zaplatit.

Další zásadou je stanovení pravomocí pro přidělování uživatelských práv, zde je riziko narušení bezpečnostních opatření či přístupu neoprávněných uživatelů k informacím, které jim neměly být přístupné (12).

Povinnost poskytovatele:

- poskytovat službu,
- technicky a organizačně zajistit bezpečnost poskytované služby s ohledem na ochranu osobních údajů fyzických osob,
- informovat dotčené účastníky o specifickém riziku porušení bezpečnosti sítě.

Doporučená ustanovení (12):

- poskytovatel bude provádět pravidelné bezpečnostní audity IT technologií,
- zákazník smí provádět penetrační testy¹⁶,
- zákazník vyžaduje platnou certifikaci ISO¹⁷,

¹⁶ Technický audit, který simuluje pohled útočníka. Účelem je prověření a zhodnocení technické i organizační úrovně zabezpečení.

¹⁷ Např. řady 27001 či 22307.

- zákazník má on-line přístup k systémovým informacím a logům, ze kterých je možné zjistit aktuální lokaci jeho dat,
- zákazník je okamžitě informován o výpadcích služby a technických záležitostech výpadku.

Soukromoprávní normy lze uplatnit v případě nemožnosti uplatnění norem veřejnoprávních (8)¹⁸.

Veřejnoprávní aspekty

V rovině veřejného práva je nutné zaměřit se na ochranu osobních údajů¹⁹, odpovědnost poskytovatelů služeb informační společnosti²⁰, aplikovatelnost institutů trestního a správního práva, apod. Zde již není věnována pozornost licencím, ale odpovědnosti za obsah přenášených informací. Je nutné vycházet z druhu poskytované služby (IaaS, PaaS, apod.) a na ni poté aplikovat příslušnou část zákona o některých službách informační společnosti. Obecně lze říci, že poskytovatel je ze zákona zbaven odpovědnosti v případě, že neměl povědomosti o vytvoření protiprávní informace a komunikace (13).

V následujících případech se předpokládá, že byla uzavřena SLA nebo EULA²¹ mezi poskytovatelem a zákazníkem.

Druhy poskytovatelů služeb²²:

- *Poskytovatel služby, jež spočívá v přenosu informací poskytnutých uživatelem*

Jedná se např. o operátory elektronických komunikací (8). Poskytovatel odpovídá za obsah přenášených informací, jen pokud přenos sám iniciuje, zvolí uživatele přenášené informace či zvolí nebo změní obsah přenášené informace. Není tedy odpovědný za kvalitu informace, kterou mu nelze přičíst i v případě, že si je vědom protiprávnosti informace. Zabránit protiprávnímu jednání lze na základě soudního příkazu k přerušování poskytování služeb.

¹⁸ Např. § 415 občanského zákoníku, § 420 občanského zákoníku

¹⁹ Zákon č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů, v platném znění

²⁰ Zákon č. 480/2004 Sb., o některých službách informační společnosti, v platném znění

²¹ End User Licence Agreement

²² Dle zákona č. 480/2004 Sb., o některých službách informační společnosti, v platném znění

- *Poskytovatel služby, jež spočívá v automatickém meziukládání informací poskytnutých uživatelem (tzv. caching)*

Poskytovatel není zbaven odpovědnosti za kvalitu informace, pokud poruší standardní a smluvené technické podmínky cachingu [9].

- *Poskytovatel služby, jež spočívá v ukládání informací poskytnutých uživatelem (tzv. storage nebo hosting)*

Poskytovatel je v tomto případě zodpovědný za obsah informací, pokud prokazatelně věděl o protiprávní povaze informace a neučinil kroky k odstranění takovéto informace, nebo vzhledem k předmětu své činnosti mohl o povaze případu vědět. Není ale povinen dohlížet na obsah ukládaných dat a aktivně vyhledávat skutečnost poukazující na protiprávní obsah informace.

4. Cloudová řešení na VŠ

Cloud computing se v této době stává důležitějším také ve vysokoškolském prostředí. Technologicky je nejčastěji zajišťován pomocí virtualizace, kterou poskytovatelé nabízí v modelu nasazení jako privátní cloud (tzn. využívá jej pouze konkrétní organizace) ve formě on-site, jelikož většina vysokoškolských institucí má vlastní datové centrum. Uplatnění nalézá v oblasti podpory výuky s využitím virtualizačních technologií, poskytování poštovních a komunikačních služeb, apod. Tím pádem mohou být zaměstnancům a studentům nabízeny různé formy přístupu k používaným systémům uvnitř univerzitní sítě. Tyto technologie poskytují zajímavé výhody běžným uživatelům, ale i programátorům (vyšší výpočetní výkon), správcům (centralizovaná administrace) či architektům informačních technologií.

Realitu provozu cloudů a virtualizovaného prostředí si popíšeme na konkrétních příkladech implementovaných na některých českých vysokých školách.

4.1. Cíle virtualizace na VŠ

Vysoké školy dnes disponují velkým množstvím pracovních stanic v učebnách či kancelářích. Doba si žádá změny spojené se zrychlováním a zefektivňováním a narůstají požadavky na ICT služby. Objevují se nové technologie a služby, ne vždy lze ale žadoucím změnám vyhovět. I z toho důvodu je nutno upgradovat či kompletně obnovit hardware a software, s čímž přichází nutnost investice nemalých finančních prostředků. Virtualizace nabízí možnost na jednom fyzickém stroji vytvořit několik nenáročných virtuálních serverů.

Informační centra univerzit, spravující infrastrukturu a informační technologie školy, bezesporu usilují o úsporu provozních nákladů. Vlastnictví velkého množství desktopů klade nároky na pravidelnou údržbu, která je náročná zejména na čas správců. Problém také nastává při řešení správného pokrytí softwarových licencí, kdy je třeba dynamicky reagovat na počet a rozvoj potřeb uživatelů. Z důvodu licenční politiky výrobců softwaru může být výhodnější mít menší počet hardwaru.

Oproti fyzickým serverům lze u většiny virtualizačních technologií dynamicky za běhu serveru škálovat výkon (14). Umí též snadno migrovat virtuální servery

na fyzické nebo spustit jeden virtualizovaný stroj na více fyzických serverech. V případě poruchy hardwaru je stroji poskytnut výpočetní výkon z jiného fyzického serveru a výpadek není patrný, nebo je omezen na dobu, než je spuštěna kopie na druhém serveru.

Tyto vlastnosti se dají také využít při testování aplikací. Není třeba vyhradit testování celý fyzický server, ale funkcionalitu lze zkusit na virtuálním serveru, k němuž lze navíc přistupovat a manipulovat (vypínat, restartovat, odpojit od sítě, připojit do izolované sítě virtuálních serverů) s ním vzdáleně (14).

V neposlední řadě se virtualizací šetří životní prostředí, zejména šetřením elektřiny a hardware, kterým je nutno fyzické servery chladit (14). V souvislosti s konsolidací fyzických serverů lze podle společnosti DATA Intertech s. r. o. dojít ke zvýšení využití hardwarových zdrojů o 50 – 70 %, snížení nákladů na obnovu infrastruktury o 40 % a snížení nákladů na provoz IT o 50 – 70 % (15).

4.2. Virtualizace serverů

Pokud chceme vytvářet a poskytovat desktopy jednotlivým uživatelům, spravovat je a udržovat, potřebujeme virtuální serverovou infrastrukturu. V této části si charakterizujeme virtualizaci serverů různých typů a nástroje k ní využívané, které jsou zároveň vhodné k použití na vysokých školách.

Zjednodušeně řečeno, virtualizace serverů je rozdělení fyzického serveru (hostitelský počítač²³) na několik serverů virtuálních (hosty) dělících se o prostředky. Ty pak mohou nezávisle na sobě provozovat operační systémy a vlastní aplikace. Dochází tedy ke konsolidaci virtuálních serverů do fyzických, kterých je poté celkově menší počet a jsou tedy i jednodušší na správu.

Produkty VMware ESX a Microsoft Hyper-V jsou určeny k plné virtualizaci, to znamená, že aplikace běží na kompletně virtualizovaných komponentách počítače (16). Jedná se o systémy s hypervisorově stavěnou architekturou, skrze něž je spouštěno více operačních systémů. Ty obecně nemají přístup k hardwaru. Citrix XenServer je

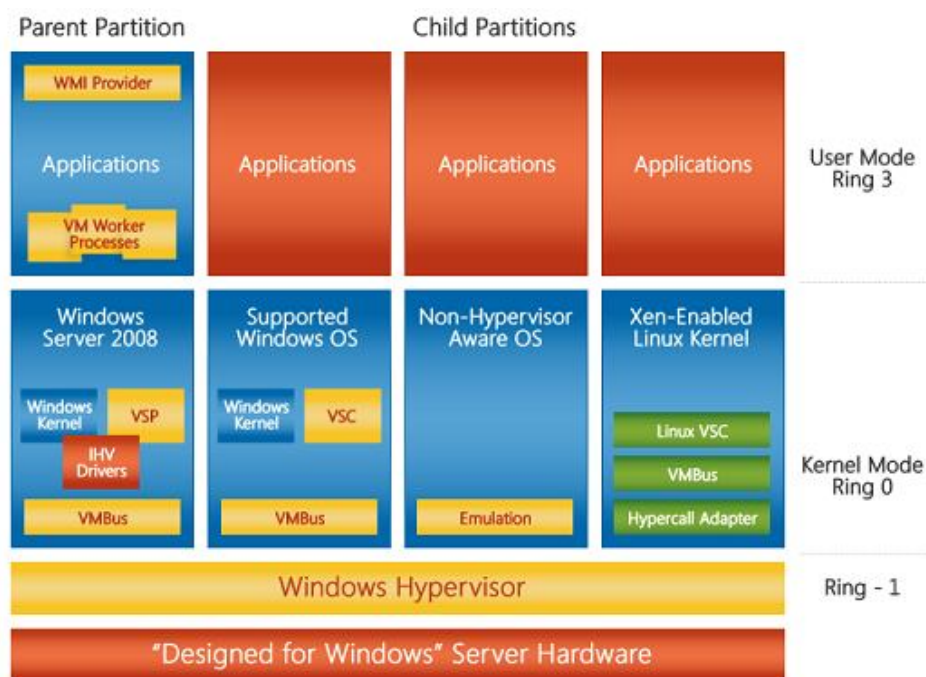
²³ Dle terminologie společnosti VMware

zástupcem paravirtualizace, při níž dochází k modifikaci jádra hostovaného operačního systému a je prováděna částečná abstrakce virtuálního prostředí.

Jmenované společnosti jsou podle analýzy Gartner Group z roku 2013 považovány za leadery v odvětví virtualizace (17).

4.2.1. Microsoft Hyper-V

Jedná se o hypervizorový serverový systém vydaný v roce 2008. Jako celek je v současné době dostupný zdarma (čímž se stal kvalitním konkurentem VMware, viz níže), nicméně bez aplikací určených pro správu. Funkčnost Hyper-V je zajištěna vlastním hostitelským operačním systémem (nejčastěji Windows Server 2008 či 2012 R2) a podporuje virtualizaci pouze operačních systémů Windows (verze 8, 7, Vista, apod.) a Linux (SUSE, Red Hat).



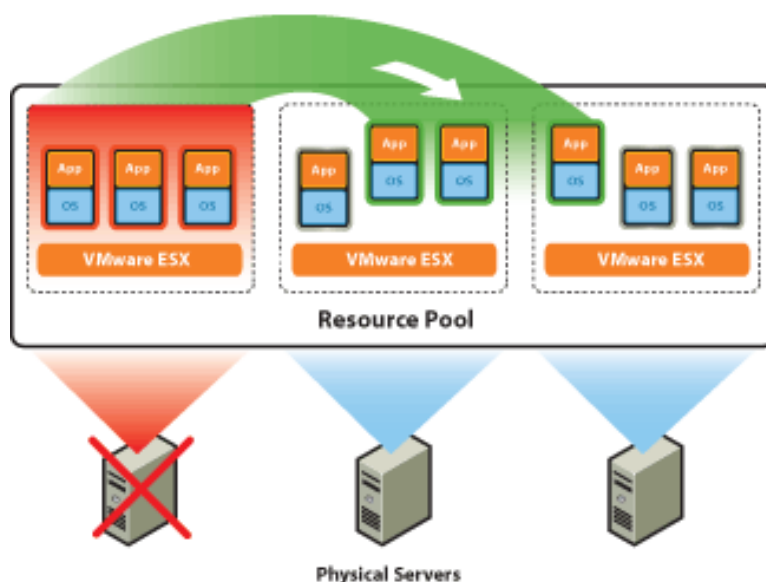
Obr. 4 Architektura Hyper-V (zdroj: (18))

4.2.2. VMware ESX Server

VMware ESX Server (VMware vSphere Hypervisor) je základem pro ucelená cloudová řešení jako například VMware vSphere či VMware Infrastructure. Základní verze tohoto produktu je poskytována zdarma na neomezeně dlouhou dobu. Navíc je nabízena 60denní trial verze u všech produktů společnosti VMware. Oproti MS

Hyper-V má tu výhodu, že je otevřený většině známých platform, což může být výhodné v případě nasazování nekomerčních systémových řešení (19).

ESX Server je využíván při nasazení dvou a více serverů a rozděluje a sdílí výpočetní kapacitu serveru virtuálními stroji. Migraci zdrojů automaticky řeší funkce vMotion, která umožňuje dynamicky přesouvat pracující virtuální servery (hostující stroj) mezi fyzické servery a předejít tak výpadku (např. z důvodu údržby), případně dobu výpadku minimalizovat (viz Obr. 5). V případě použití clusteru²⁴ lze zvýšit dostupnost na 100 % a tato platforma je tedy vhodná pro provoz kritických aplikací. Všechny edice produktu vyžadují existující VMware vCenter Server spravující datové centrum (součást VMware vSphere).



Obr. 5 Přesun virtuálních serverů mezi fyzickými servery (zdroj: (15))

4.2.3. Citrix XenServer

Osvědčená cloudová platforma XenServer je plně open-sourcový²⁵ produkt. Toto bezplatné řešení zahrnuje 64-bitový Xen Project Hypervisor, který podporuje zapojení až osmi procesorů, nelimitovaný počet serverů, RAM a VM²⁶, GUI i CLI pro správu a XenMotion určený pro přesun běžícího virtuálního stroje na jiný fyzický server bez výpadku. Placené jsou pouze enterprise management funkce a podpora.

²⁴ Seskupení serverů, které spolu úzce spolupracují. Obvykle jsou nasazovány pro zvýšení výpočetního výkonu (např. k paralelním výpočtům složitých úloh) či k zajištění vysoké dostupnosti služeb.(zdroj: (34))

²⁵ Software s otevřeným zdrojovým kódem, který lze volně využívat.

²⁶ Virtual Machine

4.3. Virtualizace desktopů

V této kapitole se zaměříme na popis vlastností virtualizovaných desktopů a na nástroje, které jsou těsně propojené s hypervizorem a které jsou řídicími nástroji pro virtualizaci desktopů. Prostředí desktopu spadá pod centralizovaný způsob správy, kde na serveru v datovém centru běží většina výpočtů. K provozu pak stačí i nejjednodušší klientská zařízení, například tenčí klienti²⁷.

S vývojem virtuálních desktopů (dále jen VD) souvisí mobilní pracovní styl, na který navazuje i současná licenční politika BYOD²⁸, která může nalézt uplatnění i v akademické sféře.

Ve vysokoškolském prostředí se lze nejčastěji setkat s následujícími typy VD:

- Desktopy pro virtuální učebny

Jedná se o typ desktopu, který je virtuální verzí klasické fyzické instalace v učebnách. Výuka různých předmětů si žádá odlišné požadavky na instalované aplikace. Po odhlášení uživatele je tento desktop k dispozici pro přihlášení dalšího uživatele s danými přístupovými právy.

- Osobní virtuální desktopy

Dedikovaný desktop²⁹ může být určen např. zaměstnancům či studentům pro výuku pokročilého programování. Konkrétní uživatel získá vlastní desktop a je mu trvale přidělen, pro ostatní uživatele je samozřejmě nepřístupný. K osobnímu desktopu se lze připojit kdykoliv a z rozmanitých platforem. Podle přístupových práv může být nastavena větší volnost v přístupu do sítě.

- Administrátorské virtuální desktopy

Jde opět o dedikovaný přístup, kdy administrátoři získávají možnost konfigurace a více kontroly nad bezpečností dat. Mohou desktopy pružně výkonově dimenzovat dle potřeb vyučovaného předmětu a modifikovat instalace aplikací v mnohanásobně kratším čase, než ve fyzických učebnách.

²⁷ Zařízení je též nazýváno zero nebo slim klient.

²⁸ Bring your own device.

²⁹ Uživatelův systém je izolovaný a není sdílen s dalšími uživateli (31).

4.3.1. Microsoft VDA

Produkt společnosti Microsoft Virtual Desktop Access (dále jen VDA) umožňuje jednotlivým zařízením přístup ke vzdálené ploše operačních systémů Windows v rámci VDI. Cílem VDA je zjednodušit způsob licencování virtuálního prostředí – nelicencují se tedy koncová zařízení, nýbrž samotné virtuální desktopy.

Uživatel s platnou licencí má tzv. roaming rights, která určují, ze kterých zařízení lze k virtuálnímu desktopu přistupovat (tedy i z jiného počítače, než který je ve vlastnictví instituce). Produkt je obvykle zahrnut do komplexního programu Software Assurance (dále jen SA; obsahující licence Microsoft Windows, Microsoft Office a další desktopové a serverové aplikace). Samostatná licence VDA je potřebná v případě, že zařízení není pokryto SA. Mezi tato zařízení patří například tencí klienti nebo počítače vlastněné zákazníkem. Základní cena licence stojí \$100 ročně za jedno zařízení.

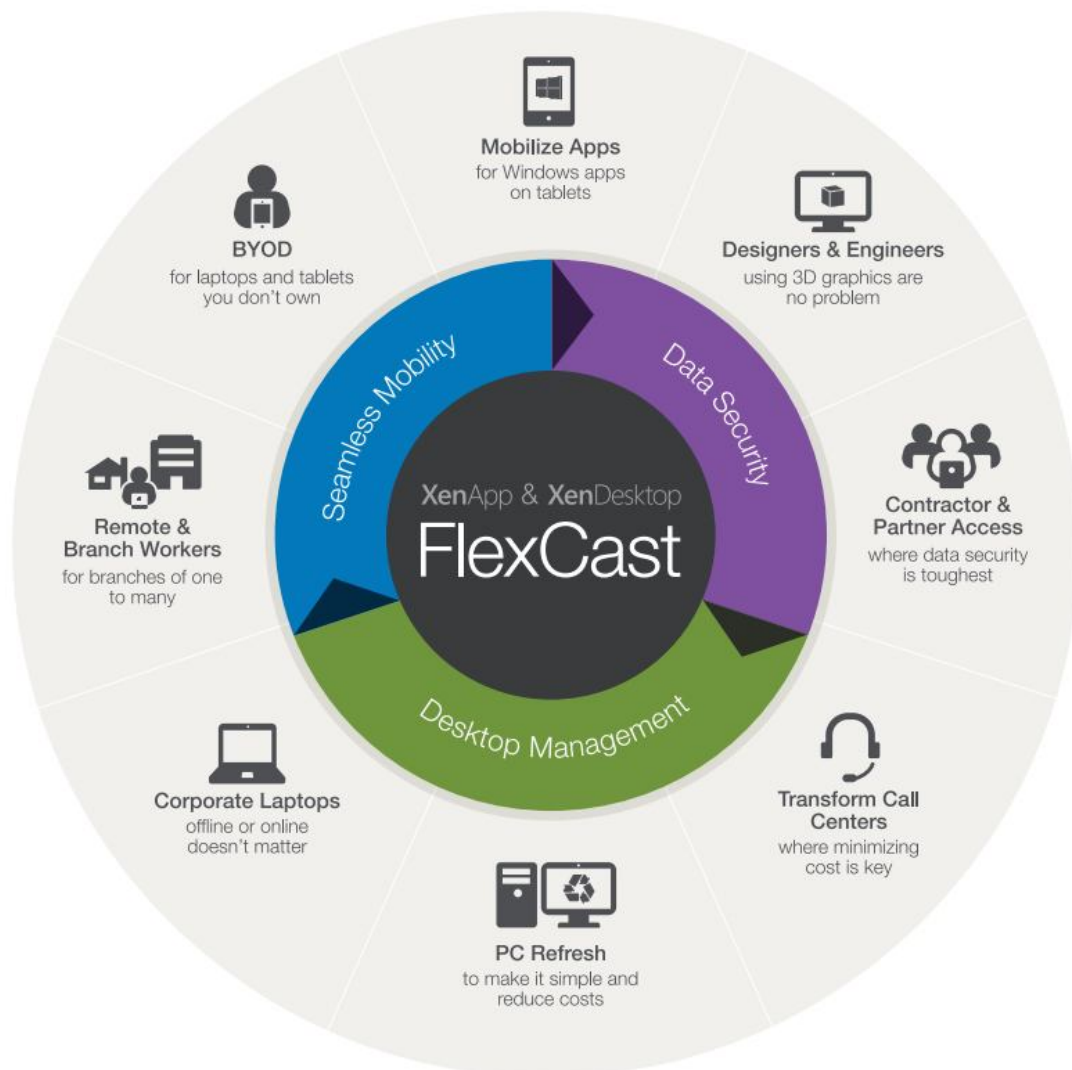
4.3.2. VMware Horizon View

K virtualizaci pracovních ploch a mobilních prostředí slouží produkt VMware Horizon View (dříve VMware View), který je rozšířením existujícího serverového řešení na bázi VMware. V tomto prostředí přímo pracují uživatelé virtualizovaného desktopu s jeho aplikacemi nezávisle na zařízení a jeho umístění. Umožňuje snadno a rychle přidávat a odebírat uživatele (respektive přiřazovat jim výpočetní výkon a práva) z centralizované konzole. Nabízí též usnadnění ve správě pracovních ploch, aplikací a dat centralizovaným řízením. Všechny tyto služby většinou běží v cloudu.

VMware vCloud Director (součástí Horizon View) se podílí na správě cloudového provozu, konkrétně na softwarových službách virtuálních datových center, která poskytují výpočetní výkon, datová úložiště či zabezpečení. Zajišťuje automatickou efektivní alokaci zdrojů přiřazovaných aplikacím a ve spolupráci s VMware vCenter Server definuje množství přidělených zdrojů jednotlivým oddělením společnosti, fakultám univerzity apod.

4.3.3. Citrix XenDesktop

Produkt XenDesktop zajišťuje doručování Windows ve formě cloudové služby. Řeší nedostatek, že Windows nebyly primárně navrženy pro mobilní zařízení, jelikož XenDesktop využívá speciální technologie, které zajišťují plnohodnotné použití aplikací na dotykových obrazovkách nebo přizpůsobují data pro přenos vyhovující mobilním sítím. Většinou běží na platformě XenServer, nicméně podporuje i MS Hyper-V a VMware. Klient podporuje velké množství platform (Windows, Linux, Mac, Windows Mobile, Android, apod.).



Obr. 6 Vlastnosti XenDesktop a XenApp (zdroj: (20))

4.4. Virtualizace aplikací

Současná cloudová řešení se zaměřují právě na dynamické poskytování virtualizovaného softwaru.

Aplikace běží ve vlastním prostředí izolovaném od operačního systému. Nezasahují tedy do běhu a tím se vyhneme problémům s kompatibilitou OS nebo navzájem ovlivňujících se aplikací (například v systému souborů nebo v registrech). Tento způsob odstraňuje nedostatky klasické instalace na počítači, kdy je třeba k SW instalovat systémové knihovny nebo provádět aktualizace, což přináší náklady na správce.

Mezi takové produkty patří například VMware ThinApp, Microsoft App-V či XenApp.

4.5. Cloudové aplikace vhodné pro VŠ

Office 365

Toto SaaS řešení je vhodné pro organizace, které chtějí využívat výhod cloud computingu – nepřetržitý přístup k dokumentům (SLA 99,9 % (21)), nezávislost na zařízení či vysokou úroveň zabezpečení – a které je založené na nejnovějších verzích Exchange, Lync a SharePoint. Od roku 2012 nabízí Microsoft edici pro vzdělávací instituce (studenti a zaměstnanci) v rámci tohoto produktu několik bezplatných služeb, jako je například 25 GB prostoru v e-mailové schránce, užívání Office Web Apps (Word, Excel, PowerPoint a OneNote) s úložištěm 7 GB, kalendáře, IM³⁰, webové semináře či videokonference. Za měsíční uživatelský příplatek (pro studenty 2,40 € nebo 2,80 €, pro zaměstnance 4,30 € či 5,70 €) lze získat například sadu Office Pro Plus nebo práva na domácí použití. Na českých univerzitách je Office 365 nasazován jako hybridní cloud s lokálním řešením (on-premise) a využívají ho jak zaměstnanci, tak studenti.

Univerzita Hradec Králové dlouhodobě používala ke elektronické komunikaci Microsoft Exchange. Vysoká dostupnost byla zajišťována šesti servery ve třech clusterech. Každá dvojice plnila jinou úlohu – Edge servery zprostředkovávaly příjem a odesílání zpráv mezi univerzitou a poštovními servery a antivirový a antispamový

³⁰ Online služba, která umožňuje zasílání zpráv, souborů a další možnosti komunikace v reálném čase.

filter, Client Access servery zajišťovaly přístup klientů k elektronické poště a Mailbox servery obstarávaly poštovní databáze. Univerzita začala uvažovat o službách Office 365 ve formě on-premise zejména z důvodu možností větších kapacit e-mailových schránek, integrace komunikačních služeb s výukou a snížení nákladů na hardware a energie. Implementace byla realizována jako hybridní řešení s federací identit. Poštovní infrastruktura byla rozšířena o 5 virtuálních serverů zajišťujících autentifikaci uživatelů v rámci hostovaných služeb (22).

Office 365 využívá mnoho dalších vysokoškolských institucí v ČR, například Masarykova univerzita, Jihočeská univerzita (Ekonomická fakulta), Policejní akademie, České vysoké učení technické (Inovacentrum) (23).

Moodle

Moodle je velice rozšířený LMS³¹ podporující tvorbu výukových systémů a elektronických kurzů v komerční i akademické sféře. Jedná se o open-source softwarový balík a vztahuje se na něj Obecná veřejná licence GNU³². Tato cloudová aplikace je založena na pronájmu výpočetního výkonu, úložišť, případně i dalších služeb a může být provozována jak ve formě privátního, tak veřejného a při splnění určitých podmínek i hybridního cloudu.

LMS Moodle na virtualizované infrastruktuře využívají všechny fakulty a vzdělávací ústavy Slezské univerzity v Opavě. V určitých časových úsecích přistupoval do Moodle vysoký počet uživatelů a bylo potřeba optimálně rozložit zátěž, a tím zvýšit dostupnost. Podmínkami projektu bylo využití dostupného hardwaru a sestavení open-source řešení provozované vlastními silami. V současnosti je pro Moodle vyhrazen cluster se třemi servery, které přistupují do sdíleného FileSystemu s aktuálními moodledaty a daty MySQL database (24).

Aktuálně se připravuje centralizovaný projekt upgradu na společnou verzi zúčastněných VŠ (ZČU, JČU, UPCE a SLU) a automatizace přenosu studentů, známek a kurzů ze STAGu³³.

³¹ Learning Management System – e-learningový systém.

³² Zdroj: <http://docs.moodle.org/archive/cs/Licence>

³³ Informační systém určený pro studijní agendu vysokých škol.

4.6. Virtualizační technologie na konkrétních VŠ

4.6.1. Univerzita Hradec Králové



Obr. 7 Logo UHK (zdroj: (25))

O instituci

Univerzita Hradec Králové je moderní vysokou školou s téměř 9 000 studenty. Více než 2 400 studentů studuje na Fakultě informatiky a managementu ve třech perspektivních oborech, které úzce spolupracují s praxí. Tato fakulta poskytuje klíčové služby uživatelům celé univerzity.

Původní řešení

První vizualizační řešení bylo implementováno v roce 2005 na platformě VMware Virtual Infrastructure verze ESX Server v2.1. Základem řešení byl fyzický server Sun Fire v40z s 8 GB RAM a byl využíván pro provoz webových aplikací a pro potřeby řešených projektů. V roce 2008 došlo k výraznému posílení výkonu novým hardwarem díky realizaci projektu Fondu rozvoje vysokých škol, který je využíván dodnes. Volný výpočetní výkon v rámci clusteru pro serverovou virtualizaci byl od roku 2009 experimentálně využíván pro virtualizaci desktopů (na platformě VMware View 4.0).

Požadavky na řešení

Vzhledem k růstu školy přibýval i počet počítačových stanic a zvyšovala se tak náročnost správy. Na začátku každého semestru byla třeba kompletní reinstalace aplikací a znamenalo to velkou časovou zátěž na lidské zdroje. Licencování aplikací bylo nastaveno tak, že mohly být využívány pouze do počtu míst v učebně a mimo výuku pak nebyly učebny studentům přístupny. Navíc hrozilo, že hardware nebude schopen poskytnout dostatečný výkon pro aplikace. Zvyšující tlak na výpočetní kapacitu stanic znamenal prakticky každých 4 až 5 let kompletně obnovit učebny, kdy náklady na výměnu zařízení v jedné učebně dosahovaly až 750 tis. Kč. Dále se hledalo řešení, které by zefektivnilo systém odevzdávání studentských prací a potažmo celou výuku. Přechod do privátního cloudu pak bylo racionální řešení. Škola požadovala radikální

zkrácení doby instalace softwaru automatizací a možnost nabídnout studentům využití softwaru i mimo učebny. Zároveň chtěla zachovat již osvědčenou vizualizační platformu VMware Virtual Infrastructure.

Současné řešení

V učebnách je dnes provozováno až 300 pracovních stanic. Byl vybudován privátní cloud v modelu IaaS, a tedy dostupné a univerzální prostředí, které je možno propojit s virtuálními desktope. Umožňuje plnohodnotně pracovat z různých platform klientů, jako jsou např. Microsoft Windows, Linux, Apple OSX, Apple iOS či Google Android. Řešení pracuje na platformě VMware vCloud Director ve spojení s platformou aplikační VMware vFabric a CloudFoundry.

Provozní prostředí pro virtualizaci serverů

V současné době škola provozuje verzi VMware vSphere 5.1 a na serverech běží asi 60 virtuálních strojů pro výuku a klíčové produkční servery zajišťující databázové, souborové webové a poštovní služby.

Server: 3x Dell PowerEdge R900
CPU: 4x Quad Core Xeon X7350
RAM: 128 GB
Platforma: VMware ESX Server
VMware vCenter

Provozní prostředí pro virtualizaci desktopů

Na základě pilotního testování technologie VMware View pro virtualizaci desktopů bylo v roce 2012 rozhodnuto o nákupu serverů výhradně pro tento druh virtualizace. V aktuální konfiguraci umožňují fyzické servery provoz okolo 400 virtuálních desktopů.

Server: 3x Dell PowerEdge R720 (Rack Chassis)
CPU: 2x Intel Xeon E5-2667
RAM: 128 GB
Disk: 1x Dell EqualLogic PS6110XS
Platforma: VMware Horizon View

Provozní prostředí pro virtualizaci s nadstavbou vCloud Director

Tato nadstavba je provozována nad prostředím VMware vSphere a uživatelům umožňuje využívat samoobslužný model virtualizace. Studenti a zaměstnanci si mohou přes jednoduché rozhraní vybírat požadovaný typ instalace z přednastavených šablon

a vytvořit si vlastní virtuální server i bez hlubších znalostí práce s těmito technologiemi. Tento druh cloudu je poskytován v distribučních modelech IaaS a PaaS. Vyučující může požadovat celou propojenou skupinu serverů, z nichž každý plní rozdílnou funkci. Cloud umožňuje studentům bezpečné testování nových technologií a vytváří prostor pro umístění projektů či závěrečných prací (22).

Server: 2x Dell R710
CPU: 2x Intel Xeon X5650
RAM: 256 GB

Výsledek implementace

Škola v současnosti může nabídnout virtuální desktopy všem studentům a všem zaměstnancům a za největší přínos pak považuje možnost práce mimo učebny. Nyní se snaží pracovat na dodržení pravidla, aby se student či zaměstnanec mohl dostat kdykoliv, odkudkoliv k jakékoliv aplikaci a pokud možno z jakéhokoliv zařízení. Nesporně došlo k úspoře finančních prostředků. Systém by v budoucnu měl vyústit v tzv. katalogizovaný desktop, který by si mohl uživatel sestavovat a řídit sám bez většího zásahu administrátora (26).

4.6.2. Univerzita Pardubice



Obr. 8 Logo UPCE (zdroj: (26))

O instituci

Univerzita Pardubice byla založena v roce 1950 jako Vysoká škola chemická v Pardubicích a v roce 1953 transformována na Vysokou školu chemicko-technologickou v Pardubicích. Významným mezníkem v historii se stal rok 1991, kdy se změnila struktura školy, a začaly vznikat další fakulty. Od roku 1994 nese název Univerzita Pardubice a poskytuje vysokoškolské vzdělání v mnoha oborech (27). V současnosti má 7 fakult a v 65 studijních programech studuje přibližně 10 000 studentů. Služby spojené s výpočetní technikou, správou systémů a sítí či informačními systémy zajišťuje Informační centrum Univerzity Pardubice.

Původní řešení

Univerzita začala spolupracovat se společností VMware v roce 2005, kdy měla škola pouze serverovny obsazené towery a samostatnými počítači. Na zhruba 40 serverech se provozovalo 60 aplikací. S tím byly spojené značné ekonomické náklady spojené s obnovou hardwaru, poruchovostí, se zajištěním vzduchotechniky a klimatizace či napájením. Škola tedy začala hledat řešení jednodušší na správu centrální serverové infrastruktury. V témže roce byly zakoupeny 3 servery a 2 pole, které vytvořily základ tzv. geoclusteru³⁴.

³⁴ Geografický cluster je dán fyzickým umístěním více serverů v různých lokalitách. Je tak zajištěna dostupnost i v případě poškození celého datového centra.

Požadavky na řešení

- Optimálně rozložit zátěž a minimalizovat výpadky systému zejména během „peaků“ v průběhu semestru, kdy docházelo k situaci, že si studenti nebyli schopni zapsat předměty či zkoušky.
- Snížit množství fyzických serverů a s nimi spojenými problémy.
- Zjednodušit manipulaci s IT.
- Snížit provozní náklady.
- Zvládnout nárůst dat a jejich zálohování. (28)

Současné řešení

Geocluster tvoří 2 serverovny, ve kterých se současně nachází 8 diskových polí a 10 fyzických serverů, na nichž je provozováno 140 virtuálních serverů a přibližně 250 desktopů. Univerzita provozuje jednu z nejrozsáhlejších infrastruktur pro virtualizované desktopy v České republice. *„Díky virtualizaci mají studenti možnost založit si na vyžádání vlastní virtuální server, využívat virtuální klienty v počítačových učebnách a do budoucna také přistupovat ke školním aplikacím a souborům z vlastních mobilních zařízení.“* (28)

Provozní prostředí

Server:	2x server DELL každý osazený čtyřmi šestijádrovými procesory
CPU:	4x 2,4GHz Intel Xeon E7450
RAM:	128GB
Server:	2x server DELL každý osazený čtyřmi dvoujádrovými procesory
CPU:	4x 2,8GHz AMD Opteron 8220
RAM:	64GB
Disk:	2x diskové pole SUN Storagetek 6140 na bázi technologie Fiber Channel 1x diskové pole DELL EqualLogic PS100 na bázi technologie iSCSI
Platforma:	VMware vSphere 4 Enterprise VMware vCenter

Výsledek implementace

Virtualizací byly odstraněny problémy související se specifíkem univerzit obecně způsobeným nerovnoměrným zatížením během akademického roku. Touto cestou se škola vyhnula investicím prostředků do hardwaru, který by byl využit ve velice omezené době. 40 fyzických serverů bylo zredukováno na pouhých 10 serverů. Výrazně se zlepšila dostupnost a bezpečnost řešení, komfort obsluhy pro administrátory a v neposlední řadě došlo k úspoře nákladů (28).

4.6.3. České vysoké učení technické v Praze



Obr. 9 Logo ČVUT (zdroj: (29))

O instituci

Historie školy sahá až do roku 1705 a je tak nejstarší technickou univerzitou v Evropě. V současnosti zde studuje více než 24 000 studentů ve 105 studijních programech na 8 fakultách a 3 vysokoškolských ústavech. Partnerem pro všechny fakulty při zajišťování centralizovaných služeb a aplikací v oblasti ICT je Výpočetní a informační centrum.

Původní řešení

Virtualizace má na pracovištích ČVUT v Praze již více než desetiletou historii. První pokusy s produkty společnosti VMware, na jejichž základě byla a jsou realizována řešení, datují rok 2003. V roce 2005 byly pořízeny licence GSX Server 2.5 a první server SuperMicro. V následujících letech byly zakoupeny další 2 kusy těchto serverů a vyzkoušeny free licence produktů VMware Server 1.0, 2.0, VMware ESXi 3.5 a 4.0. S rostoucím počtem komponent informačního systému ČVUT rostl logicky i počet fyzických serverů, které zajišťovaly jejich provoz. Základní strategie při vytváření informačního systému vycházela z nutnosti maximální diverzifikace těchto komponent. Bylo tedy rozhodnuto, že každá komponenta bude mít svůj aplikační server, aby se v případě výskytu chyby předešlo možnosti připisovat vinu jiné aplikaci, která běží na témže serveru. Dříve měla každá aplikace svou databázi, nyní jsou typově podobné databáze sloučeny do jedné.

Požadavky na řešení

Z důvodu rychlého nárůstu počtu fyzických serverů postupně ubývala místa v počítačovém sále a centrální serverovna neměla neomezenou kapacitu klimatizace a energií. Potenciál jednotlivých fyzických strojů nebyl zdaleka využit, podle měření bylo standardně využíváno cca 22 % výkonu procesorů a 39 % operační paměti (32).

Současné řešení

V rámci ČVUT jsou provozovány jak komerční, tak nekomerční řešení. V oblasti virtualizace serverů jednoznačně dominují produkty VMware, zastoupený 5 výkonnými clustery, dále pak univerzita využívá produkty Microsoft HyperView, Citrix XenServer, Falcon Store a KVM. Vlastní řešení ČVUT obsahuje další 2 clustery (32).

Od roku 2010 jsou využívány zkonsolidované servery, které provozují jednotlivé komponenty IS. Na každém je nainstalován VMware ESXi Server a po jejich zapojení do centrálního produktu vCenter byl z těchto serverů vytvořen cluster, na němž je aktuálně provozováno 70 produkčních a 34 testovacích serverů (32).

Provozní prostředí (komerční „na klíč“)

Server: 3x Dell PowerEdge R910 (Rack Chassis)
CPU: 4x Intel Xeon X7550
RAM: 128 GB RDIMMs 1066 MHz
Disk: 1x DELL EqualLogic PS6010XV 15K SAS (16x 600 GB 15k SAS 2 HDD)
1x DELL EqualLogic PS6010X 10K SAS (16x 600 GB 10k SAS 2 HDD)
1x DELL EqualLogic PS6010E SATA (16x 1 TB SATA 2 HDD)
Platforma: VMware vSphere (ESXi server)
VMware vCenter

Provozní prostředí (nekomerční „na klíč“)

Server: 3x Dell R710 – 4 GB SD card
CPU: 2x Intel Xeon E5620 2,4 GHz
Disk: 2x HP P2000 (2x controller) – Fibre Channel – Cisco FC switch
Platforma: VMware vSphere

Výsledek implementace

Byla zvolena virtualizační platforma společnosti VMware, s jejímiž produkty měla ČVUT pozitivní zkušenosti. Na nově pořízených serverech běží veškeré komponenty informačního systému, došlo tedy ke splnění podmínky vyššího využití výpočetního potenciálu. Řešení počítá s výpadkem i 2 serverů zároveň a v tomto případě dojde k automatické migraci na třetí ESXi server. Celý cluster je rozdělen do dvou tzv. resource poolů: produkčního (75% prostředků) a testovacího (25 % prostředků). V období „peaků“ uvolní testovací prostředí prostředky nutné pro provoz produkčního prostředí a v činnosti pokračuje až po navrácení výpočetního výkonu.

4.6.4. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze



Obr. 10 Logo VŠCHT (zdroj: (30))

O instituci

VŠCHT Praha je s téměř 200letou tradicí jednou z nejstarších akademických institucí vyučující technickou chemii. Škola poskytuje vzdělání v oblastech biochemie, materiálového inženýrství, nanotechnologií, ekologie, potravinářství, farmakochemie, apod. Na čtyřech fakultách studuje aktuálně přibližně 4 000 studentů.

Požadavky na řešení

Ústav počítačové a řídicí techniky poptával celkové datové centrum s kvalitním výpočetním systémem. Nejednalo se tedy o konsolidaci stávajícího systému, ale vybudování zcela nového, a to s podporou Fondu rozvoje vysokých škol. Podmínkami byla kritéria, jež měla napomoci zefektivnění výuky vytvořením vhodného prostředí pro studenty a zaměstnance a umožnit zpracování náročných vědeckých úloh z oblasti digitálního zpracování dat. Bylo přihlíženo k současným potřebám školy, nicméně měla být ponechána rezerva pro další růst (31).

Současné řešení

Po důkladné analýze, kterou prováděla společnost Intercom Systems, bylo rozhodnuto o virtualizaci v podání kombinace řešení VMware, Cisco a EMC. Tito dodavatelé ohlásili alianci a zaručují tak kompatibilitu a integraci produktů. Vzhledem ke stavbě nového centra byly použity standardní design guidy od jednotlivých výrobců s využitím zkušeností odborníků (31).

Provozní prostředí

Server: 4x Intel Xeon 5500
Disk: EMC AX-4 s duálními storage procesory a celkovou kapacitou 6 TB
Platforma: VMware vSphere Advanced
VMware vCenter

Výsledek implementace

Zadaná kritéria byla splněna, došlo k zefektivnění provádění náročných vědeckých úloh z oblasti digitálního zpracování dat. Škola si též cení obecných vlastností virtualizace, které přináší flexibilitu pro provoz aplikací a snadnou distribuci virtuálních strojů mezi studenty v závislosti na požadavcích konkrétního předmětu. Nákladové úspory se projeví v dalším období a budou spočívat v úspoře potřeby licencí a externích výpočetních systémů (31).

5. Virtualizace desktopů na ZČU

5.1. O instituci

Západočeská univerzita v Plzni (dále jen ZČU) vznikla v roce 1991 sloučením Vysoké školy strojní a elektrotechnické a Pedagogické fakulty v Plzni. V současné době je jedinou veřejnou vysokoškolskou institucí sídlící v Plzeňském kraji. Na devíti fakultách a dvou vysokoškolských ústavech studuje 14 307 studentů a je zaměstnáno 2 187 zaměstnanců (31). Informační technologie na půdě ZČU provozuje a rozvíjí Centrum informatizace a výpočetní techniky. To také vyvíjí známý informační systém studijní agendy IS/STAG, který využívá řada vysokých škol v České republice.

5.2. Současný stav

Centrum informatizace a výpočetní techniky Západočeské univerzity v Plzni (dále jen CIV) aktuálně spravuje přibližně 400 pracovních stanic:

- 152 stanic na rektorátních, účelových (Správa kolejí a menz, Správa a rozvoj aktiv) a jiných pracovištích (Centrum informatizace a výpočetní techniky, Informační a poradenské centrum, apod.),
- 66 stanic na děkanátech fakult,
- téměř 200 stanic určených pro výuku.

Tato zařízení byla po roce 2008 pořízena v několika vlnách různými formami financování (finanční leasing či operativní leasing s odkoupením za zůstatkovou cenu). Personální počítače jsou děleny do tří kategorií podle způsobu používání a administrace počítače a podle požadavků na dostupnost služeb informačního systému³⁵. Ty se liší lokálně instalovaným softwarem, dostupným síťovým programovým vybavením a typem uživatelské podpory ze strany CIV.

³⁵ Dle směrnice rektora č. 03/2006 Západočeské univerzity v Plzni.

Hardwarová a softwarová konfigurace počítačů

PC Dell Optiplex 755 (Intel Core 2 Duo Processor E6550 (4M Cache, 2.33 GHz, 1333 MHz FSB), nVidia GeForce 8500GT, 2 GB RAM, 320 GB HDD)

OS: Microsoft Windows XP

Kancelářské balíky: Microsoft Office 2003 – 2007, OpenOffice

Síťové služby: Internet Explorer, Mozilla Firefox, Mozilla Thunderbird

Ekonomický systém: Magion

Antivirový software: McAfee

Další software: Adobe Acrobat Reader, PDFCreator, AFS, PuTTY, 7-Zip, Salamander, apod.

Pracovní stanice běží na Microsoft Windows Server a využívají sdílený FileSystem OpenAFS. Studijní a ekonomické aplikace jsou instalovány lokálně na počítačích. Multiuživatelský OS Windows je nainstalován lokálně a spravován centrálně. Správa je realizována kombinací dostupných prostředků a vlastní integrační platformou, která je společná pro celé výpočetní prostředí Orion.

Vzhledem k ukončení podpory Microsoft Windows XP a Office 2003 8. dubna 2014³⁶ je nutné zvážit, jak dále s těmito stroji nakládat. Většina stanic určených pro administrativní činnost má zcela nedostačující výpočetní výkon pro využívání operačního systému Windows 7 nebo Windows 8 (konkrétně 208 z celkových 218 stanic). Současná sestava by sice postačovala k přechodu na Windows 7, nicméně pro zajištění plynulosti běhu aplikací by byl nutný upgrade hardwaru. Ukončení podpory Microsoft Windows XP je vhodná příležitost k výměně zařízení a případné změně zavedeného standardu pracovních stanic.

³⁶ Ukončení podpory. Microsoft [online]. 2014 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.microsoft.com/cze/ukoncenipodpory/>

5.3. Možnosti modernizace

V následující kapitole se budeme zabývat možnostmi modernizace pracovních stanic a jejich hodnocením v Centru informatizace a výpočetní techniky, potažmo na veškerých fakultách a ústavech Západočeské univerzity v Plzni. Cílem nového řešení bude modernizace 200 desktopových počítačů.

Ve všech variantách je požadováno zachování aktuálních vstupně-výstupních periférií (zejména LCD monitorů). Pro antivirový software je třeba vypsát zvláštní výběrové řízení, a proto není uvažován v žádné z variant. Licence Microsoft Office (orientační cena licence pro jednoho klienta je 2 000 Kč) též nejsou započítané v orientačních cenách z důvodu stávajícího pokrytí v předplaceném licenčním programu Campus Agreement společnosti Microsoft, jehož smlouva se vztahuje na všechny počítače instituce. U licence na operační systém MS Windows je situace obdobná (orientační cena licence pro jednoho klienta je 500 Kč). Tyto částky je nutné připočítat k realizaci kterékoliv z následujících variant. Při implementaci řešení je též nutno počítat s časem správců výpočetní techniky potřebným k nasazení a testování řešení.

V případě cloudového řešení se bude jednat o model privátního on-site cloudu.

5.3.1. Pořízení nových nebo upgrade stávajících PC

Staré počítače by byly nahrazeny novými, přičemž vstupně výstupní periferie by zůstaly zachovány. Výhodou je poměrně snadná realizace. Nevýhodou je dlouhodobost řešení (přibližně 4 – 6 let u nákupu nových PC, 1 – 2 roky u upgradu PC) za podmínky vynaložení nemalých finančních nákladů a vyřazení části nebo všech stávajících komponent počítačů.

Při variantě nákupu nových PC bude uvažována konfigurace dle výběrového řízení. Pro stanovení orientační ceny z důvodu dalšího zkoumání budeme uvažovat sestavu Dell OptiPlex SFF 3020 (Intel Core i5-4570 Haswell, RAM 4GB DDR3, Intel HD Graphics 4600, HDD 500 GB). V případě upgradu stávajících PC je počítáno s dokoupením SSD disku s kapacitou 120 GB, 4 GB RAM a výměnou grafické karty.

Nákup nových PC				Orientační cena
Hardware		Počet		
15 000 Kč		200		3 000 000 Kč
Upgrade stávajících PC				Orientační cena
SSD disk	RAM	GPU	Počet	
2 500 Kč	1 000 Kč	1 000 Kč	200	900 000 Kč

Tab. 3 Orientační ceny pořízení nových a upgradu starých počítačů (zdroj: vlastní)

5.3.2. Terminálový server

Toto řešení je zastoupeno jedním silným serverem, který je sdílen mezi uživateli. Operační systém, nainstalovaný na terminálovém serveru, je multiuživatelský³⁷ (CAL³⁸ licence), tudíž k němu přistupuje několik desítek či stovek klientů. Na jedné instanci operačního systému běží všechny aplikace díky terminálovým službám. V důsledku těchto vlastností jsou uživatelé špatně izolováni (což může mít negativní vliv na bezpečnost) a výpočetní zdroje neefektivně přiděleny. Problém nastává i s kompatibilitou aplikací, které v takovém prostředí nemusí fungovat (např. výpočetní prostředí ZČU Orion) nebo je nelze customizovat³⁹ ve smyslu speciálního software na uživatele. Použití je závislé na připojení v síti dané instituce. V případě poruchy serveru tedy není zajištěna funkcionální náhradním způsobem.

Realizace takého řešení je možná pomocí terminálových řešení Citrix, Cisco či Microsoft. (Obdobné řešení založené na bázi integrace technologií Microsoft VDI a tenkých klientů a serverů Sun Ray implementovala v roce 2013 například Ekonomická fakulta Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava.)

Hardware a licence klientů					Orientační cena
Klienti RemoteFX		Licence RDS CAL		Počet	
3 500 Kč		650 Kč		200	
Hardware a licence serverů					
Instalace, školení	Systémový disk	Terminálový server	Licence Windows Server CAL	Počet	2 464 000 Kč
100 000 Kč	250 000 Kč	200 000 Kč	14 000 Kč	6	

Tab. 4 Orientační ceny pořízení terminálového serveru (zdroj: vlastní)

³⁷ Multi-user – Operační systém, který umožňuje současný přístup více uživatelům.

³⁸ Microsoft Windows Server Client Access License

³⁹ Přizpůsobení dle požadavků uživatele.

5.3.3. Plná virtualizace

Řešení plné virtualizace typicky dominují 3 servery často seskupené do clusteru v rámci virtuální desktopové infrastruktury. Jednomu serveru připadá několik desítek současně pracujících uživatelů. Každý uživatel získává vlastní virtuální desktop s jednouživatelským operačním systémem. Výpočetní výkon se dynamicky škáluje, v případě výpadku není omezena funkcionality a zdroje jsou použity z jiného serveru. VDI poskytuje vysokou izolaci uživatelů a bezpečnost, která je podmíněná faktem, že data neopouštějí datové centrum. Tato technologie umožňuje jednoduchý vzdálený přístup k VD i mimo síť ZČU, nicméně je závislá na internetovém připojení. Aplikace v prostředí se instalují a chovají stejně jako na běžném fyzickém desktopovém počítači.

Pro výpočty orientační výše poplatků a licencí jsou uvažovány produkty společností VMware a Microsoft se zvýhodněním pro akademické instituce zakoupené s předplatným na 48 měsíců. Koncová zařízení bez desktopového OS, tedy tenké klienty, je třeba pokrýt licencemi Microsoft VDA, která umožňuje přístup k virtuálnímu desktopu. Pokud budeme na VD používat OS Windows, jsou tyto licence potřebné i v případě, že se nakupuje VDI software od jiného dodavatele. Cena se odvíjí podle celkového počtu tenkých klientů a dalších zařízení, ze kterých se k VD přistupuje. Uvažujeme tedy 200 virtuálních klientů a cenu \$3 měsíčně za klienta. Cena licence VMware Horizon View, která zprostředkovává doručení konkrétního virtuálního desktopu uživatele, se odvíjí od počtu současně připojených klientů. Poplatek za VMware ESX Server (resp. VMware vSphere, jehož je ESX Server součástí) se skládá z jednorázové platby a ročního poplatku Support & Subscription. Při nasazení 200 virtuálních desktopů by bylo potřeba zakoupit dvě disková pole o kapacitě 40 TB, což by zvýšilo cenu investice přibližně o 1 000 000 Kč (tato částka není v Tab. 5 zahrnuta).

Hardware a licence klientů					Orientační cena
Tenký klient	Licence VDA	Licence Horizon View	Počet		
7 800 Kč	2 880 Kč	3 500 Kč	200		
Hardware a licence serverů					
Instalace, školení	Licence vSphere	Licence Windows Server	Server	Počet	
100 000 Kč	260 000 Kč	14 000 Kč	160 000 Kč	6	4 240 000Kč

Tab. 5 Orientační ceny při plné virtualizaci (zdroj: vlastní)

5.4. VDI na ZČU

ZČU se rozhodla nasadit omezený počet virtuálních desktopů za účelem získání zkušeností s těmito technologiemi a ověření obecných výhod cloud computingu za podpory pozitivních zkušeností vysokých škol, které tyto VDI již využívají. Konceptně se jedná o zásadní změnu sdíleného multiuživatelského systému za paralelně běžící jednouživatelské OS ve virtualizačním kontejneru. Je navrhováno nasazení produktů osvědčených dodavatelů VMware a Microsoft.

V první etapě přechodu na virtuální desktopy je potřeba nakoupit hardware a software za účelem otestování funkcionality v CIV. S ohledem na rozpočtové omezení a možnost využití starších nepoužívaných počítačových stanic požaduje ZČU minimálně následující konfiguraci a služby:

Hardware

Servery:	3 ks server pro VDI (2x CPU, 64 bit operace, DDR3 1600 MHz)
RAM:	384 GB, DDR3 1600 MHz
Systémový disk:	2 ks 146 GB typu SAS 15k (Hot Swap)
Tenký klient:	10 ks (transportní protokol PCOIP, čip Teradici 2, 1x DVI výstup, 1x jiný grafický výstup, 4x USB port) + rozšířená záruční doba na 48 měsíců v režimu NBD ⁴⁰ on-site ⁴¹

Licence

50 ks	Academic VMware Horizon View s předplacenou základní podporou na 48 měsíců
50 ks	Balík licencí programů pro chod VDI včetně SW tenkého klienta pro OS Linux, Windows a MacOS na 48 měsíců
50 ks	MS VDA pro přístupy k VD
3 ks	MS Windows Server pro servisní uzly

Školení

On-site školení 5 správců na pořizované VDI v minimálním rozsahu 3 dnů po 8 hodinách.

⁴⁰ Next Business Day – typ záruky se servisem do druhého pracovního dne v místě zákazníka.

⁴¹ V místě zákazníka.

Licence budou využívány na deseti tenkých klientech a čtyřiceti funkčních desktopových stanicích, ze kterých bude spuštěno virtualizované prostředí VMware Horizon View. Tenkým klientům budou přiřazena vstupně-výstupní zařízení, která jsou v současnosti používána v CIV. Licence MS Windows Server pro servisní uzly a licence MS VDA pro přístupy k virtuálním stanicím jsou pokryty již existující licenční smlouvou s akademickými výhodami se společností Microsoft (Campus Agreement).

Hardware pořizovaný v první etapě

Servery: 3 ks IBM x3550 server high end (2x CPU Xeon 5645, 72 GB RAM, 6x 300 GB HW RAID 5, 2x PWS)
 Systémový disk: IBM DS3512 (duální kontrolér, 1GB cache, 3,6 TB, SAS 15k)
 Tenký klient: 10 ks RayVM2 (s podporou ICA, PCoIP, RDP, HDX, REMOTE FX)

Licence pořizované v první etapě

3 ks MS Windows 2008 Server Standard STD R2 64Bit x64 pro 3 fyzické servery
 5 ks VMware Horizon View Enterprise 10 Start Pack Add-on⁴² pro 10 uživatelů + povinná podpora (12 měsíců)
 1 ks VMware vSphere Essential Kit pro 3 fyzické servery
 50 ks MS Virtual Desktop Access Windows 7 (na 48 měsíců)
 50 ks MS Software Assurance (48 měsíců)

Předpokládané náklady na pořízení VDI

Položka	Cena za ks	Ks	Celkem
IBM x3550 high end server	160 000 Kč	3	480 000 Kč
IBM DS3512 systémový disk	220 000 Kč	2	440 000 Kč
RayVM2 tenký klient	7 800 Kč	10	78 000 Kč
VMware Horizon View 10 Start Pack Add-on + podpora	35 000 Kč	5	175 000 Kč
VMware vSphere Essential Kit + podpora	130 000 Kč	1	130 000 Kč
MS VDA Windows 7	3 300 Kč	50	165 000 Kč
MS SA	10 000 Kč	50	500 000 Kč
MS Windows 2008 Server Standard	14 000 Kč	3	42 000 Kč
Instalace, školení	160 000 Kč	1	160 000 Kč
Celkem			2 170 000 Kč

Tab. 6 Předpokládané náklady na pořízení VDI v první etapě (zdroj: vlastní)

⁴² Pokud existuje platná licence na VMware vSphere.

5.5. Zhodnocení možností

Je nutné poznamenat, že zmiňované varianty řešení se dají jen těžko porovnávat. Každá varianta má své výhody a nevýhody a též cenová politika je různá vzhledem k použití naprosto odlišných technologií. Některá řešení mají nízké implementační náklady, u kterých se investice musí v několikaletých cyklech opakovat, jiné mají naopak vysoké počáteční náklady, ale v dalších letech vznikají úspory.

Pro názornost můžeme uvést výběrové řízení na nákup 50 ks počítačů a 50 ks tenkých klientů:

- 1) 50 ks počítačových stanic – celková investice 750 000 Kč
- 2) 50 ks tenkých klientů – celková investice 2 170 000 Kč

Bez důkladné analýzy by se zdálo, že pořízení nových PC je téměř 2,9krát levnější. Je však nutné uvědomit si okolnosti řešení:

- první řešení pokračuje v rámci současné infrastruktury, druhé pořizuje novou virtuální desktopovou infrastrukturu,
- nákup PC v prvním řešení se dá lineárně aproximovat, v druhém se nakupuje řešení s větší kapacitou, než je pro pilotní řešení potřebná⁴³

Varianta upgradu hardwaru se zřejmě jeví jako řešení s nejlevnější a nejsnadnější implementací, nicméně je velice krátkodobého charakteru a přibližně za 1 – 2 roky by ZČU musela učinit rozhodnutí, do kterých z dalších tří navrhovaných řešení investovat. Dále v této variantě vzniká riziko, že ostatní neupgradované komponenty mohou začít vykazovat chybovost.

V případě nákupu nových PC se též jedná o zachování stávající infrastruktury za podmínky velké investice, která nepřinese žádné nové služby nebo modernizaci oproti stávajícímu řešení. Navíc by došlo k úplnému vyřazení současných komponent počítačů, které byly poměrně nedávno odkoupeny za zůstatkovou cenu od leasingové

⁴³ Počítá se ale s postupným rozšiřováním VDI (tj. nakupované 3 servery by dostačovaly i dvojnásobnému zatížení).

společnosti. Oproti ostatním navrhovaným řešením nelze prostředí jednoduše customizovat.

Výhoda implementace terminálového serveru tkví v centralizaci a ve vyšší úrovni optimalizace zdrojů. Jednalo by se o nové prostředí, které by bylo potřeba vytvořit, testovat a vylepšovat. Nízká izolace uživatelů v multiuživatelském operačním systému může mít širší dopad bezpečnostních incidentů.

Zavedení virtuální desktopové infrastruktury nabízí zcela nové služby, které mají obecné výhody cloud computingových řešení. Jednou z nich může být online práce, přičemž se do sítě instituce lze připojit odkudkoliv. Ve vysokoškolském prostředí se toto řešení stává trendem a ZČU má zájem na otestování těchto technologií a získání zkušeností. Prvotní pořizovací náklady jsou sice vyšší než u jiných navrhovaných řešení, nicméně návratnost lze očekávat v průběhu let, a to zejména v oblasti úspory elektrické energie.

6. Závěr

Všechny zadané body byly naplněny v předepsaném rozsahu.

V této bakalářské práci jsme vymezili pojem cloud computing a provedli rozbor cloud computingových řešení. Zhodnotili jsme přínosy a rizika cloudů se zaměřením na právní aspekty a legislativu České republiky.

Trh s cloudovými produkty stále roste a s ním se zvětšuje i nabídka služeb. Nejznámějšími distribučními modely jsou stále Infrastructure as a Service, Platform as a Service, Software as a Service, v této práci však bylo toto portfolio služeb rozšířeno o stále častěji žádaný Desktop as a Service. Toto řešení, které je zajišťováno zejména technologií virtualizace, jsme popsali a provedli analýzu trhu a produktů, jež vyhovuje využití ve vysokoškolském prostředí.

Hlavní motivací k rozboru této tematiky byla úvaha Západočeské univerzity v Plzni o implementaci DaaS řešení. Byly vybrány vysokoškolské instituce, kde jsou obdobná řešení již využívána, a sumarizovány procesy zavádění virtualizovaných desktopů včetně kupované hardwarové konfigurace.

Pro Západočeskou univerzitu v Plzni byly zhodnoceny různé varianty, do kterých by bylo v rámci inovace desktopových zařízení vhodné investovat. Na základě nasbíraných informací byly analyzovány výhody a nevýhody a nastíněny orientační prvotní náklady na pořízení. Na základě pozitivních zkušeností univerzitních institucí s virtualizovanými desktope bylo vybráno řešení plné VDI za podpory osvědčených produktů společností VMware a Microsoft. Dále byla vyhodnocena ekonomická náročnost první etapy implementace a předpokládané dlouhodobé náklady a úspory v energiích oproti stávajícímu řešení.

Doporučovala bych toto téma v budoucnu rozšířit o zkušenosti, které Západočeská univerzita v Plzni získá v první etapě testování řešení Desktop as a Service, a naplánovat rozšíření infrastruktury a počtu desktopových zařízení.

Reference

1. **Mell, Peter a Grance, Timothy.** The NIST Definition of Cloud. *NITS*. [Online] 9. 2011. [Citace: 29. 10. 2013.] <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>.
2. **Baron, Ephraim.** Aren't Virtualization and Cloud the Same Thing? *Equinix*. [Online] InterConnections, 2. 11. 2011. [Citace: 21. 10. 2013.] <http://blog.equinix.com/2011/11/aren%E2%80%99t-virtualization-and-cloud-the-same-thing/>.
3. Virtualizace. *Wikipedie: otevřená encyklopedie*. [Online] 16. 9. 2013. [Citace: 29. 10. 2013.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Virtualizace>.
4. Hypervizor. *Wikipedie: otevřená encyklopedie*. [Online] 23. 7. 2013. [Citace: 30. 10. 2013.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hypervizor>.
5. **Lacko, Ľuboslav.** Cloudové služby: Zodpovědnosti poskytovatelů a zákazníků. *ICT manažer*. [Online] 7. 10. 2013. [Citace: 20. 10. 2013.] <http://www.ictmanazer.cz/2013/10/cloudove-sluzby-zodpovednosti-poskytovatelu-a-zakazniku/>.
6. Federal Community Cloud For Government Organization. *IBM*. [Online] IBM. [Citace: 20. 10. 2013.] <http://www-304.ibm.com/industries/publicsector/us/en/contenttemplate1/!/xmlid=207581>.
7. **Ševčík, Filip.** Jak vybírat cloud? Cena až na druhém místě. *SystemOnLine: S přehledem ve světě informačních technologií*. [Online] 1. 2. 2011. [Citace: 10. 11. 2013.] <http://www.systemonline.cz/virtualizace/cloud-cena-az-na-druhem-miste.htm>.
8. *Cloud computing: Právní aspekty.* **Jan, Kolouch.** [editor] Jan Rychlík. Plzeň : Západočeská univerzita, 2013. Cloudy a cloudová řešení: Sborník příspěvků ke konferenci. stránky 24-32. ISBN 978-80-261-0254-0.
9. **Brodkin, Jon.** Gartner: Seven cloud-computing security risks. *InfoWorld*. [Online] InfoWorld, 2. 7. 2008. [Citace: 30. 10. 2013.] <http://www.infoworld.com/d/security-central/gartner-seven-cloud-computing-security-risks-853?page=0,0>.
10. **Polčák, Radim.** Kolizní otázky internetových právních vztahů. *Informační systém Masarykovy univerzity*. [Online] Právnická fakulta, Masarykova univerzita. [Citace: 17. 11. 2013.] <http://is.muni.cz/elportal/estud/praf/js09/kolize/web/pdf/delokalizace.pdf>.
11. **Smejkal, Vladimír.** *Internet a paragrafy*. Praha : Grada, 2001. ISBN 8024700581.
12. **Donát, Josef.** Právní aspekty cloud computingu. *SystemOnLine: S přehledem ve světě informačních technologií*. [Online] 7. 8. 2011. [Citace: 2. 11. 2013.] <http://www.systemonline.cz/virtualizace/pravni-aspekty-cloud-computingu.htm>.
13. **Polčák, Radim.** *Právo na internetu: spam a odpovědnost ISP*. Brno : Computer Press, 2007. str. 55. ISBN 978-80-251-1777-4.

14. **mirra**. 10 Důvodů proč virtualizovat. *Mirra tutorials*. [Online] 20. 3. 2012. [Citace: 22. 3. 2014.] <http://www.mirra.8u.cz/?p=88>.
15. Proč virtualizovat? *DATA Intertech s.r.o.* [Online] DATA Intertech s.r.o., 2012. [Citace: 20. 3. 2014.] <http://www.intertech.cz/virtualizace/proc-virtualizovat/>.
16. **Gössel, František**. Virtualizace (opět) jako paradigma pro datacentra. *Novell*. [Online] 2011. [Citace: 2. 4. 2014.] <http://www.novell.cz/cs/aktuality/technicke-clanky/virtualizace-opet-jako-paradigma-pro-datacentra.html>.
17. **VMTN**. Latest Gartner Magic Quadrant Positions VMware in Leaders Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure. *VMware / Blogs*. [Online] VMware, 11. 6. 2013. [Citace: 3. 4. 2014.] <http://blogs.vmware.com/vmware/2013/07/vmware-leader-2013-gartner-magic-quadrant-server-virtualization.html>.
18. Hyper-V Hosting. *Apps4Rent*. [Online] [Citace: 20. 4. 2014.] <http://www.apps4rent.com/wp-content/uploads/2014/02/diag-hyperv-arch.png>.
19. **Sedlák, Jan**. VMware ESX Server – Virtualizace bez limitů. *zive.cz*. [Online] 12. 5. 2009. [Citace: 3. 4. 2014.] <http://www.zive.cz/clanky/vmware-esx-server--virtualizace-bez-limitu/sc-3-a-146985/default.aspx>.
20. Citrix. [Online] [Citace: 2. 5. 2014.] http://www.citrix.cz/content/dam/citrix/en_us/documents/products-solutions/xendesktop-datasheet.pdf.
21. *Microsoft Office 365 - efektivní komunikace a spolupráce v cloudu*. **Kadavý, Jiří**. [editor] Jan Rychlík. Plzeň : Západočeská univerzita, 2013. Cloudy a cloudová řešení. str. 20. ISBN 978-80-261-0254-0.
22. *Využití cloudových technologií na Univerzitě Hradec Králové*. **Flek, Jan a Červený, Jiří**. [editor] Jan Rychlík. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2013. Cloudy a cloudová řešení. stránky 6-11. ISBN 978-80-261-0254-0.
23. **Kadavý, Jiří**. Microsoft Office 365 pro školství. [Online] 2013. [Citace: Prezentováno: 3.-4. 6. 2013.]
24. *Cloudy a Moodle? Nejen cloudy a Moodle!* **Kocan, Marek**. [editor] Jan Rychlík. Plzeň : Západočeská univerzita, 2013. Cloudy a cloudová řešení. stránky 21-23. ISBN 978-80-261-0254-0.
25. Přijímací řízení. *Univerzita Hradec Králové*. [Online] 2013. [Citace: 15. 3. 2014.] http://www.uhk.cz/cs-cz/aktuality/verejne-informace/aktuality/2-kola-prijimacich-izeni/PublishingImages/FIM_UHK_logo_100.jpg.
26. VMware. *fakulta informatiky a managementu, Univerzita Hradec Králové*. [Online] [Citace: 15. 2. 2014.] http://www.vmware.com/files/pdf/customers/VMware-FIM-UHK-11Q2-CS-Case-Study.pdf?src=WWW_customers_VMware-FIM-UHK-11Q2-CS-Case-Study.pdf.

27. Jednotný vizuální styl univerzity. *Univerzita Pardubice*. [Online] [Citace: 15. 3. 2014.] <http://www.upce.cz/deska/dokumenty/jvs/manual.pdf>.
28. **Pospíchal, Tomáš (akt.)**. Univerzita Pardubice: Od počátků do současnosti. *Univerzita Pardubice*. [Online] 4. 7. 2013. [Citace: 15. 3. 2013.] <https://www.upce.cz/univerzita/historie.html>.
29. Univerzita Pardubice. *VMware*. [Online] [Citace: 15. 2. 2014.] http://www.vmware.com/files/pdf/customers/VMware-Univerzita-Pardubice-11Q2-CZ-Case-Study.pdf?src=WWW_customers_VMware-Univerzita-Pardubice-11Q2-CZ-Case-Study.pdf.
30. **VMware**. VMware Success Stories. *VMware*. [Online] [Citace: 1. 4. 2014.] http://download3.vmware.com/media/flv/flv_player_large.swf?fType=demo&fCategory=cuscustomerst&flvFile=http://download3.vmware.com/media/customers/VMware-Pardubice-13Q4-CZ-Video.flv&fSource=VMware-Pardubice-13Q4-CZ-Video.flv.
31. *České vysoké učení technické v Praze*. [Online] [Citace: 15. 3. 2014.] http://intranet.cvut.cz/pracoviste/odbor-vnejsich-vztahu/obrazky/logo/logo_cvut.jpg.
32. *Realita virtualizace a cloudů na ČVUT v Praze*. **Hartel, Pavel, Kalika, Marek, Štrupl, Petr**. [editor] Jan Rychlík. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2013. stránky 12-18. ISBN 978-80-261-0254-0.
33. Homepage. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze*. [Online] 2009. [Citace: 2014. 3. 15.] www.vscht.cz/homepage/.
34. Ústav počítačové a řídicí techniky. *VMware*. [Online] [Citace: 15.. 2 2014.] http://www.vmware.com/files/pdf/customers/11Q1_cs_vmw_Institute_Chemical_Technology.pdf?src=WWW_customers_11Q1_cs_vmw_Institute_Chemical_Technology.pdf.
35. Podrobné statistické údaje. *Západočeská univerzita v Plzni*. [Online] [Citace: 8. 5. 2014.] <http://www.zcu.cz/about/profile/podrobne-statisticke-udaje.html>.
36. Virtual Desktop Infrastructure. *OldanyGroup*. [Online] [Citace: 27. 2. 2014.] <http://www.oldanygroup.cz/index-stranek-115/virtual-desktop-infrastructure/>.
37. Backend. *Adaptic*. [Online] Adaptic. [Citace: 28. 2. 2014.] <http://www.adaptic.cz/znalosti/slovnicek/backend/>.
38. On demand. *Wikipedie: otevřená encyklopedie*. [Online] 5. 6. 2013. [Citace: 29. 10. 2013.] http://cs.wikipedia.org/wiki/On_demand.
39. Počítačový cluster. *Wikipedie*. [Online] 7. 5. 2014. [Citace: 8. 5. 2014.] http://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%BD_cluster.

Seznam používaných zkratek

OS	Operační systém
MS	Microsoft
VM	Virtual Machine
VD	Virtual desktop
VDI	Virtual Desktop Infrastructure
VDA	Virtual Desktop Access
IaaS	Infrastructure as a Service
PaaS	Platform as a Service
SaaS	Software as a Service
DaaS	Desktop as a Service
SA	Software Assurance
SLA	Service Level Agreement
SW	Software
HW	Hardware

Seznam tabulek

Tab. 1 Základní charakteristiky cloudu (zdroj: (1)).....	2
Tab. 2 Charakteristiky virtualizace a cloudu (zdroj: (2)).....	3
Tab. 3 Orientační ceny pořízení nových a upgradu starých počítačů (zdroj: vlastní)	41
Tab. 4 Orientační ceny pořízení terminálového serveru (zdroj: vlastní).....	42
Tab. 5 Orientační ceny při plné virtualizaci (zdroj: vlastní)	43
Tab. 6 Předpokládané náklady na pořízení VDI v první etapě (zdroj: vlastní).....	45

Seznam obrázků

Obr. 1 Vymezení pojmů virtualizace a cloud v informačních technologiích (zdroj: (2)) ...	4
Obr. 2 Vlastnosti Desktop as a Service (zdroj: vlastní)	8
Obr. 3 Cloud Services Value Chain (zdroj: (5))	9
Obr. 4 Architektura Hyper-V (zdroj: (18))	22
Obr. 5 Přesun virtuálních serverů mezi fyzickými servery (zdroj: (15))	23
Obr. 6 Vlastnosti XenDesktop a XenApp (zdroj: (20))	26
Obr. 7 Logo UHK (zdroj: (25))	29
Obr. 8 Logo UPCE (zdroj: (26))	32
Obr. 9 Logo ČVUT (zdroj: (29))	34
Obr. 10 Logo VŠCHT (zdroj: (30))	36