



WIRTUALIZACJA INFRASTRUKTURY INFORMATYCZNEJ W ŚRODOWISKU AKADEMICKIM. STUDIUM PRZYPADKU Z ZASTOSOWANIEM TECHNOLOGII VDI

Artur Rot, Paweł Chrobak

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wydział Zarządzania, Informatyki i Finansów

Streszczenie: Wdrożenie na uczelniach wyższych technologii wirtualnych pozwala uzyskać szereg korzyści, wśród których najważniejsze to: lepsze wykorzystanie zasobów informatycznych oraz wyższa ich wydajność, możliwość dynamicznej optymalizacji środowisk oprogramowania, ograniczenie kosztów przyszłej rozbudowy infrastruktury IT, niższe nakłady operacyjne, wyższy stopień bezawaryjności i zapewnienie ciągłości działania systemów informatycznych. W artykule opisano przesłanki ekonomiczne i organizacyjne przemawiające za wdrażaniem rozwiązań VDI (ang. *Virtual Desktop Infrastructure*) w ośrodkach dydaktycznych uczelni wyższych. Przeprowadzona analiza infrastruktury laboratoryjnej pozwala lepiej zrozumieć szerokie możliwości adaptacji VDI oraz wachlarz korzyści, jakie otrzymują administratorzy i pracownicy naukowo-dydaktyczni. Oprócz analizy korzyści przedstawiono studium przypadku wdrożenia modelowego rozwiązania na Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu, które obejmuje ponad 300 terminali typu *zero client* i ponad 500 zwirtualizowanych systemów udostępnianych studentom w 11 laboratoriach. W artykule przedstawiono także wybrane doświadczenia z realizacji projektu oraz uwagi, których omówienie i zrozumienie może być kluczowe dla udanego wdrażania infrastruktury VDI. Opisane wdrożenie oparte jest na środowisku VMware Horizon View.

Słowa kluczowe: chmura prywatna, infrastruktura VDI, laboratorium dydaktyczne, VMware Horizon View, wirtualizacja

DOI: 10.17512/znpcz.2017.2.15

Wprowadzenie

Organizacja badawcza Gartner, zajmująca się analizami rynku IT, corocznie publikuje listę dziesięciu technologii informacyjnych najważniejszych dla organizacji i użytkowników, wśród których od kilku lat stale pojawia się wirtualizacja zasobów IT. Technologia ta ma aktualnie coraz więcej różnorodnych zastosowań. Swoje rozwiązania odnajduje nie tylko w stosunku do serwerów, ale także stacji roboczych, systemów operacyjnych, aplikacji, pamięci i sieci komputerowych. Przynosi ona wymierne korzyści w zakresie organizacji IT, dlatego też wirtualizacja szybko wchodzi do powszechnego użytku.

Rosnąca popularyzacja scentralizowanych centrów obliczeniowych, zwanych popularnie chmurami (Rosenberg, Mateos 2012), spowodowała, iż także uczelnie wyższe w Polsce zaczęły budować własne chmury prywatne (Rot, Sobińska 2013), nie tylko do obsługi swoich procesów wewnętrznych, lecz także do dostarczania

studentom zwirtualizowanych stacji roboczych w modelu DaaS (ang. *Desktop as a Service*) (Madden, Knuth 2014). Jedną z pierwszych uczelni, która wdrożyła w Polsce to rozwiązanie, był Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu. Celem artykułu jest prezentacja potencjału technologii wirtualizacji, a w szczególności identyfikacja i analiza korzyści wynikających z wirtualizacji laboratoriów studenckich na przykładzie UE we Wrocławiu.

Zawarte w artykule rozważania wynikają zarówno z badań literaturowych, jak i doświadczeń autorów, które są efektem kierowania projektem wdrożenia wirtualnego środowiska na Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu. W przygotowanej przez kierownictwo Uczelni *Strategii rozwoju na lata 2010-2020* jednym z postulatów wskazujących kierunki rozwoju jest poprawa sprawności funkcjonalnej Uczelni i wszystkich jej jednostek organizacyjnych przez pełną integrację w oparciu o zaawansowane systemy informatyczne oraz rozwój sieci informatycznej i zwiększenie jej bezpieczeństwa celem lepszego dostosowania do potrzeb dydaktyki, badań i zarządzania. Odpowiedzią na te wyzwania było stworzenie wirtualnego środowiska, które nie tylko obsługuje aktualnie istniejące usługi i systemy na Uczelni, ale także pozwoliło na zastosowanie w procesie dydaktycznym najnowszych rozwiązań informatycznych.

Istota wirtualizacji infrastruktury informatycznej

Wirtualizację można interpretować jako „osiągnięcie logicznego zasobu przez abstrakcję zasobów fizycznych” (Porowski 2011). Podstawą wirtualizacji środowiska informatycznego jest wyodrębnianie specyficznych cech i zadań elementów infrastruktury technologii informacyjnej (IT) i uruchamianie ich w sposób abstrakcyjny, z wykorzystaniem obcych rozwiązań programowych, sieciowych i sprzętowych, z zachowaniem pełnej funkcjonalności (Rule, Dittner 2007). Maszyna wirtualna (*Virtual Machine* – VM) to środowisko wirtualne dla działania programów, które ma kontrolę nad wirtualizowanymi zasobami. Wirtualizacja pozwala na efektywne wykorzystanie istniejącego sprzętu informatycznego przez modyfikowanie cech wirtualizowanych zasobów zgodnie z potrzebami użytkowników (Mendyk-Krajewska, Mazur, Mazur 2014). Jest ona bardzo szerokim pojęciem i może dotyczyć (IBM 2017):

- Sieci komputerowych – wirtualizacja sieci zwiększa elastyczność wykorzystania zasobów, poprawia wykorzystanie pojemności oraz umożliwia segmentację sieci, a co za tym idzie – podnosi znacznie poziom bezpieczeństwa sieci oraz minimalizuje ryzyko z tym związane (Rot 2016a, s. 118-129).
- Magazynów danych (pamięci masowych) – wirtualizacja pamięci masowych pozwala agregować dane przechowywane w urządzeniach pamięci masowych i umieszczać je w puli zasobów, do której można uzyskać szybko dostęp i którą można łatwo zarządzać z jednego, centralnego miejsca. Dzięki temu użytkownik nie widzi całej złożoności pamięci masowych, a jedynie udostępniony mu jest logiczny obraz danych, odseparowany od skomplikowanej struktury urządzeń fizycznych.

- Serwerów – ten najbardziej popularny obszar stosowania technik wirtualizacyjnych polega na wydzieleniu w obrębie jednego serwera fizycznego wielu mniejszych środowisk wirtualnych, co umożliwia optymalne rozdzielanie zasobów procesora, pamięci operacyjnej RAM i pamięci masowych między wiele działających jednocześnie procesów.
- Systemów operacyjnych – daje to możliwość uruchamiania systemu operacyjnego wewnątrz już istniejącego. System zainstalowany na komputerze fizycznym zwany jest gospodarzem (*host*), zaś te uruchomione na maszynach wirtualnych to goście (*guests*). Dzięki temu otrzymujemy systemy pracujące jednocześnie na tej samej fizycznej maszynie, która rozdziela zasoby sprzętowe (pamięć RAM, pamięć masowa, procesor) komputerom typu gość według potrzeb.
- Aplikacji – polega na izolacji od siebie różnych aplikacji, co rozwiązuje problem ich zgodności, umożliwiając im działanie razem. Dzięki wirtualizacji aplikacje zmieniają się w centralnie zarządzane usługi, które nie powodują konfliktów z innymi programami.
- Stacji roboczych – wirtualizacja komputerów roboczych (desktopów) jest rozwinięciem idei wirtualizacji aplikacji, obejmuje jednak więcej zasobów komputera. W tym przypadku wirtualizacji podlegają warstwy: systemu operacyjnego, aplikacji oraz indywidualnych ustawień (profilu) użytkownika (Turek 2011).

Obserwując szeroki zakres wirtualizacji, pokusić się można o tezę, iż stanowi ona przyszłość informatyki, chociaż są oczywiście pewne dziedziny, w których nie ma ona jeszcze tak dużego znaczenia czy też praktycznego zastosowania. Jednakże w przyszłości będzie z pewnością stosowana na jeszcze większą skalę niż aktualnie.

Korzyści wynikające z wirtualizacji środowiska informatycznego

Wirtualizacja szybko została zaadaptowana przez organizacje oraz środowisko akademickie, gdyż – jak wspomniano – oferuje wiele korzyści, wśród których jedną z najistotniejszych jest obniżenie nakładów inwestycyjnych oraz kosztów operacyjnych. Efekty te uzyskiwane są dzięki konsolidacji serwerów, a więc optymalizacji stopnia zużycia istniejącej infrastruktury informatycznej. Dzięki niej można uprościć istniejące środowisko IT, tworząc przy tym dynamiczniejsze i bardziej elastyczne centrum przetwarzania danych.

Kolejne ważne korzyści to możliwość uruchomienia na jednym serwerze kilku maszyn wirtualnych, elastyczność konfiguracji zasobów, scentralizowane zarządzanie, mniejsze zużycie energii przez komputery oraz systemy chłodzenia (dlatego też czasami wirtualizację nazywa się „zieloną techniką”). Jak widać, wirtualizacja środowiska informatycznego ma dużo zalet. Wyliczając liczne walory wirtualizacji, można wymienić następujące korzyści z niej płynące (Czajkowski 2011; Roszkowski 2011):

- Konsolidacja serwerów, a dzięki temu optymalizacja stopnia zużycia posiadanego sprzętu komputerowego i lepsze wykorzystanie zasobów obliczeniowych (*computing assets*) przez zwiększenie użycia serwerów wirtualnych na serwerach fizycznych.
- Redukcja całkowitych kosztów aktywów w ramach modelu TCO (*Total Cost of Ownership*) – TCO to całkowity koszt pozyskania, instalowania, użytkowania, utrzymywania i pozbycia się aktywów w organizacji w określonym czasie. Służy on do oceny bieżących i prognozowanych wydatków lub kosztów infrastruktury IT. Jego obniżenie następuje przez zwiększenie wykorzystania sprzętu.
- Ograniczenie kosztów przyszłej rozbudowy infrastruktury IT – potrzeba rozbudowy środowiska IT o nowe usługi, które muszą być świadczone przez serwery, związana jest jedynie z koniecznością stworzenia nowej maszyny wirtualnej wraz z serwerem.
- Niższe nakłady inwestycyjne CAPEX (*capital expenditures*) – oszczędności zyskiwane są przede wszystkim dzięki mniejszej liczbie fizycznych serwerów, interfejsów, okablowania sieciowego oraz różnych urządzeń sieciowych.
- Niższe koszty operacyjne OPEX (*operating expenditures*) – oszczędności te wynikają m.in. ze zmniejszenia zapotrzebowania na energię elektryczną, z ograniczenia kosztów serwisu itp.
- Bezawaryjność i ciągłość działania systemów IT – systemy te mogą pracować w sposób ciągły, bez zakłóceń dzięki technologiom wspomagającym pracę maszyn wirtualnych.
- Wzrost bezpieczeństwa i niezawodności infrastruktury dzięki właściwościom wysokiej dostępności (*high availability*) platformy wirtualizacji.
- Możliwość budowy rozwiązań odtwarzania awaryjnego (*disaster recovery*), dzięki możliwości automatycznego uruchomienia serwera wirtualnego w ośrodku zapasowym, po awarii podstawowego centrum przetwarzania danych.
- Scentralizowane zarządzanie infrastrukturą – systemy operacyjne zainstalowane na serwerach wirtualnych nie wymagają tworzenia kopii bezpieczeństwa, instalacji aktualizacji i poprawek do systemu operacyjnego lub zainstalowanego oprogramowania i podejmowania wielu innych czynności. Operacje, które muszą być wykonywane na serwerach wirtualnych, są zlecane jednej centralnej konsoli zarządzającej i są przez nią nadzorowane.

Podsumowując powyższe rozważania, można stwierdzić, iż wirtualizacja pozwala na obniżenie wydatków inwestycyjnych i operacyjnych, jak i łatwiejsze oraz tańsze zarządzanie infrastrukturą IT. Wirtualizacja serwerów przynosi również wzrost bezpieczeństwa i niezawodności infrastruktury przez zwiększenie dostępności oprogramowania i ciągłości działania niezależnie od sprzętu i systemów operacyjnych (Rot 2016b).

Ekonomiczno-organizacyjne przesłanki wdrażania VDI w środowisku dydaktycznym

Charakterystyka laboratoriów studenckich

Stanowiska komputerowe w laboratoriach studenckich mają swoją specyfikę, której analiza pozwala zrozumieć szerokie możliwości adaptacji VDI w takim środowisku. Poniższe punkty opisują tę specyfikę:

- Do większości zajęć używana jest taka sama konfiguracja programowa stanowisk (pakiet MS Office oraz oprogramowanie specyficzne dla różnych zajęć, jak Mathematica, Statistica, pakiet Visual Studio, pakiety graficzne itp.).
- Dla części bardziej zaawansowanych przedmiotów potrzebna jest specyficzna konfiguracja (z reguły wymagająca wydajniejszych komputerów) głównie w przypadku konfiguracji, gdzie instalowana jest lokalnie baza danych (najczęściej są to przedmioty związane z bazami danych, hurtowniami danych czy oprogramowaniem ERP). Sytuacja ta często jest rozwiązywana poprzez wyodrębnienie specjalistycznych laboratoriów. Jednakże tworzenie specjalistycznych laboratoriów powoduje trudności w harmonogramowaniu zajęć oraz prowadzi do nieoptymalnego zarządzania czasem wykorzystania tych laboratoriów lub do problemów z ich dostępnością.
- Pożądane jest, aby każdy student przystępujący do zajęć miał do dyspozycji komputer bez zbędnych plików czy zmian konfiguracyjnych, które mógł pozostawić poprzedni użytkownik.
- Kluczowe jest, aby wszystkie komputery w laboratorium miały dokładnie taką samą konfigurację oprogramowania, aby każdy student mógł realizować zadania w podobny sposób.
- Jednym z głównych problemów administratorów są zmiany konfiguracyjne powodowane przez studentów.
- Najczęściej studenci realizują proste zadania (jak edycja arkuszy kalkulacyjnych), przez co wykorzystanie procesora pozostaje na poziomie 5-10% przez 90% czasu jego użytkowania.

Należy również stwierdzić, że bardzo czasochłonne i żmudne jest utrzymanie szeregu klasycznych laboratoriów (w formie komputerów PC). Oczywiście ta czasochłonność wyraża się liczbą etatów administratorów, którzy znaczną część czasu poświęcają na wykonywanie tych samych, często niepotrzebnych czynności.

Korzyści wynikające z wdrożenia technologii VDI w laboratoriach studenckich

Z dokonanej wcześniej analizy wyłania się model optymalnego rozwiązania organizacyjnego, jakie daje zastąpienie klasycznych komputerów PC architekturą VDI oraz urządzeniami końcowymi klasy *zero client*. Korzyści ekonomiczne i organizacyjne, które pozwolą uczelniom efektywniej gospodarować swoim budżetem w obszarze IT, wynikające z zastosowania omawianych rozwiązań, mogą być m.in. następujące:

- Koszty utrzymania administracji – wdrożenie architektury VDI pozwala znacząco uprościć proces administrowania, utrzymywania laboratoriów i stanowisk komputerowych. W środowiskach korporacyjnych w latach 90. ubiegłego wieku przyjmowało się, że jeden etat administracyjny pokrywał obsługę ok. 50 stacji roboczych. Wraz z upływem czasu i poszerzającą się ofertą narzędzi do automatyzacji procesów administracyjnych dziś przyjmuje się, że jeden administrator obsługuje ok. 500 i więcej stacji roboczych.
- Koszty eksploatacyjne – typowy terminal zintegrowany z monitorem LED wykonany w technologii *zero client* zużywa średnio 40-50 W energii elektrycznej, co jest 4-krotnie niższym zużyciem od typowej stacji roboczej (która zużywa wraz z monitorem ok. 200 W). Oczywiście w skład infrastruktury VDI wchodzi także zespół serwerów i macierz dyskowa, więc uśredniając wyniki dla typowego przykładu dziesięciu 30-stanowiskowych laboratoriów, można przyjąć oszczędność energii elektrycznej na poziomie ok. 50%.
- Koszty wymiany sprzętu – zakłada się średni czas amortyzacji stacji roboczej na 3 lata, przy czym w praktyce uczelnianej czas ten szacuje się na okres 5 lat. Producenci sprzętu VDI jako jedną z zalet VDI wskazują na dwukrotnie dłuższy okres amortyzacji klienta VDI od typowej stacji roboczej. Kluczowy jest fakt, że terminal VDI nie ma w sobie żadnych podzespołów, które decydują o umownym starzeniu się sprzętu. Terminale VDI nie mają żadnych części mechanicznych, nawet wentylatorów, dzięki czemu wskaźnik MTBF (ang. *Mean Time Between Failures*) wynosi dla nich ok. 70 000 godzin, co jest wartością ponad dwukrotnie wyższą od typowej stacji roboczej (MTBF = 30 000 godzin). Należy też zauważyć, że sam koszt terminala VDI jest o ok. 25% niższy niż przeciętnego zestawu komputerowego do laboratorium.

Aspekty technologiczne wdrażania VDI w laboratoriach dydaktycznych

Zanim opisany zostanie modelowy przykład wdrożenia infrastruktury VDI w laboratoriach Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, warto wspomnieć, jakie cechy tej koncepcji czynią ją szczególnie przydatną w rozwiązaniach projektowania laboratoriów dydaktycznych. Obecnie na rynku jest dwóch wiodących dostawców rozwiązań VDI:

- VMware Horizon View – opierający się na wirtualizatorach VMware vSphere i protokole PCoIP,
- Microsoft Hyper-V wraz z Microsoft System Center i protokołem RDP.

Infrastruktura VDI daje administratorom IT uczelni wyższych wydajne i stabilne środowisko zarządzania laboratoriami dydaktycznymi, automatyzując wiele procesów oraz podnosząc niezawodność całego rozwiązania. Poniżej zostaną wymienione główne aspekty usprawniające pracę administratorów.

- Centralne wdrażanie i konserwacja systemów wirtualnych – administrator przygotowuje jeden obraz systemu – tzw. *golden image*, który dostępny będzie tylko do odczytu, przy czym każde sklonowanie obrazu i utworzenie systemu wirtualnego nie powoduje kopiowania całego obrazu. System odczytuje dane ze złozonego obrazu, a wszystkie zmiany realizowane w systemie wirtualnym zapisywa-

ne są w tak zwanych obrazach *linked clone*. Oszczędność miejsca jest stosunkowo wysoka i w procesie zwiększania liczby stacji roboczych rośnie (Lowe, Marshall 2013).

- Błyskawiczne odświeżanie systemów wirtualnych – jedną z implikacji złotych obrazów jest fakt, że jeśli wirtualny system operacyjny tylko czyta dane ze złotego obrazu (bez możliwości zapisu nań czegokolwiek) i wszystkie zmiany różnicowe zapisuje na *linked clone*, to usunięcie danych z tego miejsca natychmiastowo powoduje, że przywracany jest czysty obraz systemu operacyjnego. System automatycznie odłącza sesję użytkownika po 15 minutach braku aktywności i od razu odświeża obraz systemu wirtualnego, co przywraca go do stanu początkowego (proces ten trwa kilka sekund dla każdego systemu) (Asselin, O'Doherty 2014).
- Ciągłość działania laboratorium – użytkownik nie ma możliwości konfigurowania jakichkolwiek ustawień, tak aby zakłócić ciągłość działania terminali.
- Polityka bezpieczeństwa – w zależności od przyjętej przez administratorów filozofii bezpieczeństwa można zainstalować jeden centralny program antywirusowy z agentami dla poszczególnych systemów wirtualnych lub nawet zrezygnować z oprogramowania antywirusowego na stacjach roboczych, opierając się na założeniu, że i tak komputery zostaną przywrócone do stanu początkowego.

Ponadto środowisko VDI oferuje wiele dodatkowych funkcji, które pozwalają na: balansowanie obciążenia (przenoszenie wirtualnych systemów w locie na inne serwery w klastrze), wyłączenie serwerów przy mniejszych obciążeniach, tworzenie kopii migawkowych i wiele innych. Przed wdrożeniem konieczne jest oczywiście rozplanowanie niezbędnych zasobów serwerowych, które zapewnią odpowiednią wydajność.

Studium przypadku – Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Autorzy niniejszego artykułu byli autorami koncepcji przebudowy infrastruktury IT na Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu i stworzenia tam chmury prywatnej. Uczelnia była jedną z pierwszych w Polsce, która wdrożyła takie rozwiązania na tak dużą skalę (8 laboratoriów VDI, ok. 40% wszystkich laboratoriów).

Pierwsza faza projektu objęła instalację i konfigurację 7 laboratoriów ze 175 terminalami *zero client* (Samsung NC240) oraz nową serwerownię opartą na serwerach Blade firmy Dell, gdzie łącznie zainstalowano sześć 2-procesorowych serwerów z 864 GB pamięci RAM oraz możliwością szybkiego skalowania do 16 serwerów. Jako pamięć masową wykorzystano macierz EMC z dyskami o łącznej pojemności roboczej 10 TB. Połowę serwerów przeznaczono na obsługę VDI, pozostała część została wykorzystana do wirtualizacji środowiska serwerowego. Po 3 miesiącach od uruchomienia infrastruktury w puli serwerowej pracowało już 60 serwerów – zwirtualizowano większość istniejących serwerów obsługujących Uczelnię (łącznie z serwerami pocztowymi i WWW). Koszt projektu zamknął się kwotą około 1,3 mln zł. Po roku od wdrożenia, w związku z tym, że projekt spełnił

jest w szeregu zadań projektowych, w szczególności projektów grupowych cechujących się największą swobodą w samodzielnym podejmowaniu decyzji i proponowaniu rozwiązań.

Uproszczenie sprzętu w technologii *zero client* zmniejszyło koszty utrzymania infrastruktury w porównaniu z tradycyjnym stanowiskiem pracy wyposażonym w komputer PC i monitor. Klient zerowy pobiera znacznie mniej mocy niż tradycyjne stanowisko pracy i zmniejsza liczbę zainstalowanych urządzeń, dzięki czemu pozwala obniżyć nawet kilkukrotnie zużycie energii; jest także całkowicie cichy i wyjątkowo niezawodny. Usterki mechaniczne odchodzą do przeszłości, co zmniejsza liczbę przestojów i eliminuje koszty serwisowania. Użytkownicy nie muszą się już obawiać awarii systemu w swoich urządzeniach. Terminale cechuje aktualnie mniejszy nakład zadań administracyjnych w porównaniu z klasycznymi komputerami PC, ponieważ zaproponowana architektura jest w bardzo dużym stopniu scentralizowana, a obsługa stacji roboczych może być wykonywana przez jedną osobę. W prosty i szybki sposób można dokonać personalizacji określonych grup terminali, np. na potrzeby konkretnych zajęć; łatwo utrzymać porządek aplikacyjny, istnieje możliwość szybkiego przywrócenia wzorcowej stacji roboczej. Również podstawowe zadania administracyjne, jak aktualizacja systemu, aktualizacja oprogramowania czy instalacja oprogramowania dodatkowego, mogą być wykonywane zdalnie i automatycznie przez jedną osobę na wielu komputerach jednocześnie. Zastąpienie komputerów terminalami pozwoliło opóźnić proces starzenia się sprzętu i zmniejszyć koszty jego modernizacji. O ile klasyczny komputer wymaga modernizacji (w środowisku akademickim praktycznie wymiany) co około 4 lata, o tyle użycie terminali powoduje, że technologicznie starzeją się one znacznie wolniej. Dzięki centralizacji mocy obliczeniowej oraz wirtualizacji możemy założyć, iż cykl życia terminali na Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu będzie się wahał w granicach nawet 7-8 lat, a koszt ich wymiany będzie o około 50% niższy niż klasycznych komputerów. Zaproponowane rozwiązanie jest warte implementacji przede wszystkim ze względów opłacalności, ale również z uwagi na możliwości rozbudowy i prostotę utrzymania.

Podsumowanie

Środowisko informatyczne ma kluczowe znaczenie dla dzisiejszych organizacji, w tym także środowisk akademickich, które oczekują większej elastyczności i szybszego działania systemów informatycznych, a także wyższej wydajności i kontroli nad kosztami. Wdrażanie nowych usług z wykorzystaniem środowisk wirtualnych oraz migracja już funkcjonujących do tego typu rozwiązań będą z pewnością w najbliższych latach zyskiwać coraz bardziej na popularności. Dlatego też wirtualizacja wydaje się aktualnie jedną z najbardziej perspektywicznych innowacji technologicznych w obszarze informatyki. Oferuje ona wiele korzyści, gdyż rozwiązania te dają nowe możliwości, prowadzą do optymalnego wykorzystania istniejących zasobów, zapewniają ciągłość działania, zwiększają bezpieczeństwo zasobów informatycznych, a także przyczyniają się do znaczących oszczędności.

Literatura

1. Asselin S., O'Doherty P. (2014), *VMware Horizon Suite: Building End User Services*, VMware Press.
2. Czajkowski A. (2011), *Wirtualizacja jako narzędzie wspomagające nauczanie na poziomie studiów wyższych na kierunkach informatycznych*, [w:] Baron-Polańczyk E. (red.), *Projektowanie w komputerowym wspomaganie procesu dydaktycznego*, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra, s. 193-212.
3. IBM (2017), *Virtualization in Education, Global Education White Paper*, <http://www-07.ibm.com/solutions/in/education/download/Virtualization%20in%20Education.pdf> (dostęp: 07.01.2017).
4. Lowe S., Marshall N. (2013), *Mastering VMware vSphere 5.5*, John Wiley & Sons, Indianapolis.
5. Madden B., Knuth G. (2014), *Desktops as a Service: Everything You Need to Know about DaaS & Hosted VDI*, Burning Troll Production, San Francisco.
6. Mendyk-Krajewska T., Mazur Z., Mazur H. (2014), *Konkurencyjność rozwiązań wirtualnych infrastruktury informatycznej*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług”, nr 113, t. 2, s. 261-271.
7. Porowski D. (2011), *Co to jest wirtualizacja*, Microsoft, <http://technet.microsoft.com/pl-pl/library/co-to-jest-wirtualizacja.aspx> (dostęp: 19.03.2017).
8. Rosenberg J., Mateos A. (2012), *Chmura obliczeniowa. Rozwiązania dla biznesu*, Helion, Gliwice.
9. Roszkowski M. (2011), *Wpływ wirtualizacji środowiska informatycznego na funkcjonowanie przedsiębiorstwa*, „Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management”, t. 57, <http://www.pszw.edu.pl/pl/publikacje/item/984-tomt057-4> (dostęp: 17.01.2017), s. 225-235.
10. Rot A. (2016a), *Wybrane metody pomiaru efektywności ekonomicznej inwestycji związanych z zarządzaniem ryzykiem IT w organizacjach*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie”, nr 23, t. 1, s. 118-129.
11. Rot A. (2016b), *Zarządzanie ryzykiem w cyberprzestrzeni – wybrane zagadnienia teorii i praktyki*, [w:] Komorowski T.M., Swacha J. (red.), *Projektowanie i realizacja systemów informatycznych zarządzania. Wybrane aspekty*, PTI, Warszawa, s. 35-50.
12. Rot A., Sobińska M. (2013), *IT Security Threats in Cloud Computing Sourcing Model*, [w:] Ganzha M., Maciaszek L., Paprzycki M. (red.), *Proceedings of the 2013 Federated Conference on Computer Science and Information*, PTI, Kraków, fedcsis.org/proceedings/2013/pliks/fedcsis.pdf (dostęp: 18.11.2016), s. 1141-1144.
13. Rule D., Dittner R. (2007), *The Best Damn Server Virtualization Book Period*, Syngress Publishing, Burlington.
14. Turek T. (2011), *Wybrane aspekty wirtualizacji środowiska informatycznego w przedsiębiorstwach partnerskich*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług”, nr 67, s. 396-403.

VIRTUALIZATION OF IT INFRASTRUCTURE IN AN ACADEMIC ENVIRONMENT. A CASE STUDY USING THE EXAMPLE OF VDI TECHNOLOGY

Abstract: Implementing virtualization technologies in higher education has many benefits, including better use of IT resources, higher performance, the ability to dynamic optimization of software environments, reduction of future IT infrastructure costs, lower operating expenses, lower failure rates. This article describes the economic and organizational premises for implementing VDI (Virtual Desktop Infrastructure) solutions in academic institutions. The analysis of laboratory infrastructure makes it possible to better understand the wide range of VDI adaptability and the range of benefits received by IT administrators and academics. A case study of a model solution at the Wrocław University of Economics, which includes more than 300 zero client terminals and more than 500 virtualized systems for students in 11 laboratories, has been presented in the paper. The article also presents selected experiences from the project and comments that can be key to successful implementation of VDI infrastructure. The implementation is based on the VMware Horizon View environment.

Keywords: academic IT laboratory, private cloud, VDI infrastructure, virtualization, VMware Horizon View