

Paweł Chrobak

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: pawel.chrobak@ue.wroc.pl

WDRAŻANIE INFRASTRUKTURY VDI W ŚRODOWISKU AKADEMICKIM – STUDIUM PRZYPADKU

Streszczenie: W artykule opisano przyczyny ekonomiczno-organizacyjne przemawiające za wdrażaniem rozwiązań VDI (*Virtual Desktop Infrastructure*) w ośrodkach dydaktycznych wyższych uczelni. 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 240 terminali typu *zero client* i ponad 400 zwirtualizowanych systemów udostępnianych studentom w 9 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 o środowisko VMware Horizon View.

Słowa kluczowe: chmura prywatna, wirtualizacja, infrastruktura VDI, laboratorium dydaktyczne.

DOI: 10.15611/ie.2014.2.22

1. Wstęp

Rosnąca popularyzacja scentralizowanych centrów obliczeniowych, zwanych popularnie chmurami [Rosenberg 2012], spowodowała, iż także uczelnie wyższe w Polsce zaczęły budować własne chmury prywatne nie tylko do obsługi swoich procesów wewnętrznych, lecz także do dostarczania studentom zwirtualizowanych stacji roboczych w modelu DaaS (*Desktop as a Service*) [Madden 2014]. Jedną z pierwszych uczelni, która wdrożyła w Polsce to rozwiązanie na masową skalę, był Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu. Poniżej opisano wybrane korzyści wynikające ze zwirtualizowania laboratoriów studenckich oraz inne doświadczenia uzyskane z realizacji tego projektu.

Przedmiotem poniższego opracowania są studenckie laboratoria akademickie, choć treści tu zawarte odnoszą się także do wszelkiego typu ośrodków szkoleniowych oraz rozwiązań dydaktycznych w szkołach czy też centrach kształcenia ustawicznego.

2. Architektura i charakterystyka rozwiązań VDI¹

Technologia VDI (*Virtual Desktop Infrastructure*) jest kolejnym po *Terminal Services*² wcieleniem filozofii wirtualizacji stacji roboczych oraz umieszczania ich w scentralizowanych serwerach i udostępnianych na terminalach typu *zero client*³. W uproszczeniu, VDI to dedykowana dla każdego użytkownika wirtualna stacja robocza, pracująca pod kontrolą systemu wirtualizującego. Podobnie jak w przypadku wirtualizacji serwerów, każda wirtualna stacja robocza ma przydzieloną pamięć RAM, obszar dyskowy, a pełna instalacja systemu operacyjnego rezyduje na wirtualnym dysku. Użytkownik współdziela z wirtualną maszyną, używając protokołu zdalnego terminala graficznego, takiego jak Microsoft RDP (*Remote Desktop Protocol*) czy VMware PCoIP (*Pc over Internet Protocol*). Kluczowy jest fakt, że terminal jest tylko bezdyskowym systemem cienkiego klienta, którego działanie sprowadza się do łączenia się z infrastrukturą VDI. Terminal nie posiada więc żadnego systemu operacyjnego, a jedynie sprzętowy układ dekodujący strumień danych i wyświetlający go na ekranie. Dodatkowo terminal dekoduje dane z portów USB (klawiatura/mysz/pendrive) i przesyła go do systemu wirtualnego [Serafin 2011].

Centralizując funkcje desktopów, upraszcza się jednocześnie ich administrowanie i zabezpieczanie oraz eliminuje konieczność wykonywania podstawowych prac związanych z utrzymaniem desktopów. Zmniejsza się też istotnie pobór mocy, co opisane zostanie w dalszych punktach.

3. Przyczyny ekonomiczno-organizacyjne wdrażania VDI w środowisku dydaktycznym

Uczelnie mają dwa główne powody wdrażania rozwiązań VDI w laboratoriach dydaktycznych: ekonomiczne oraz organizacyjne. Prawdą jest jednak, że niemal wszystkie aspekty organizacyjne mają także w podtekście oszczędności ekonomiczne (redukcje etatów itp.), dlatego w charakterystyce poniżej oznaczone one będą jako ekonomiczno-organizacyjne lub ekonomiczne (redukujące wprost koszty utrzymania laboratoriów).

3.1. 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:

¹ VDI (*Virtual Desktop Infrastructure*) – infrastruktura wirtualnych stacji roboczych

² Więcej: pl.wikipedia.org/wiki/Remote_Desktop_Protocol.

³ Inaczej Klient Zerowy – rodzaj cienkiego urządzenia klienckiego, niezawierający klasycznego procesora, pamięci dyskowej ani pamięci RAM. Jest to kompaktowy terminal końcowy, który jest używany w scentralizowanej infrastrukturze obliczeniowej lub VDI.

1. Do większości zajęć używana jest taka sama konfiguracja programowa stanowisk (pakiet Office + oprogramowanie specyficzne dla różnych zajęć, jak Mathematica, Pakiet Visual Studio, pakiety graficzne itp.)

2. Dla części bardziej zaawansowanych przedmiotów potrzebna jest specyficzna konfiguracja (z reguły wymagająca także wydajniejszych komputerów) głównie w przypadku konfiguracji, gdzie instalowana jest lokalnie baza danych. Najczęściej są to przedmioty związane z bazami danych, oprogramowaniem ERP (np. SAP z lokalną bazą) czy też sieciami komputerowymi (inna konfiguracja sieci lub elementy lokalnej wirtualizacji). Sytuacja ta często jest rozwiązywana poprzez wyodrębnienie specjalistycznych laboratoriów lub możliwość uruchamiania różnych systemów podczas startu systemów (osobne systemy z inną konfiguracją na różnych partycjach dysku).

3. Pożądane jest, aby każdy student przystępujący do zajęć miał do dyspozycji komputer bez plików czy też zmian konfiguracyjnych, które mógł pozostawić poprzedni student, czyli mówiąc w języku potocznym – „miał świeży system operacyjny”.

4. Kluczowe jest, aby wszystkie komputery w laboratorium miały dokładnie taką samą konfigurację oprogramowania, aby każdy student mógł realizować ćwiczenia w podobny sposób.

5. Jednym z głównych problemów administratorów są zmiany konfiguracyjne powodowane przez studentów. Poziom komplikacji systemu Windows powoduje, iż mimo nakładania kolejnych ograniczeń na konto studenckie, odbierania uprawnień do instalacji, jest wiele luk, które co sprytniejsi studenci wykorzystują, aby pokazać swoje zdolności (np. podmiany tapety na pulpicie, instalacja dodatków do przeglądarki, podatności na instalację *malware*). Z drugiej strony odbieranie uprawnień powoduje problemy z aktualizacją oprogramowania, sterowników (np. sterowniki do pendrive'ów), które uprzykrzają życie i studentom, i prowadzącym.

6. Najczęściej studenci realizują proste zadania (jak edycja arkuszy kalkulacyjnych), przez co wykorzystanie procesora pozostaje na poziomie 5–10% przez 90% czasu.

Podsumowując niektóre implikacje wynikające z powyższych spostrzeżeń oraz doświadczenia administratorów laboratoriów studenckich, należy stwierdzić, że bardzo czasochłonne i żmudne jest utrzymanie szeregu takich klasycznych laboratoriów (w formie komputerów PC) oraz ciągle prześciganie się z pomysłowością studentów, którzy mniej lub bardziej rozmyślnie modyfikują standardowe konfiguracje systemu operacyjnego lub aplikacji. Oczywiście ta czasochłonność wyraża się liczbą etatów administratorów, którzy połowę czasu poświęcają na wykonywanie tych samych, często niepotrzebnych czynności. Oczywiście są narzędzia administracyjne pozwalające na automatyzację części czynności (Active Directory, automatyzacja instalacji oprogramowania i inne), lecz powstają jeszcze nowe utrudnienia:

- nie zawsze administratorzy pracujący na uczelniach są biegli we wdrażaniu nowych rozwiązań,

- narzędzia do automatyzacji wdrażania oprogramowania często wymagają od administratorów poświęcenia czasu, aby można było ten proces przeprowadzić (nie wszystkie programy dają się automatycznie zainstalować lub wymagają przerobienia do wersji instalacyjnych „msi”)⁴.

Poza tym pozostaje szereg czynności, których nie da się zautomatyzować i wymagają one interwencji, jak odtwarzanie systemu, naprawa uszkodzonych jednostek itp. Aby odpowiednio przedstawić skalę problemu, należy jeszcze poświęcić chwilę analizie punktu 2 opisywanej charakterystyki. Oba opisane tam warianty są nieefektywne i nieporęczne w praktyce. Tworzenie specjalistycznych laboratoriów powoduje trudności w przydzielaniu i harmonogramowaniu zajęć oraz musi prowadzić do nieoptymalnego zarządzania czasem wykorzystania tych laboratoriów lub problemy z ich dostępnością, szczególnie jeśli jest ich więcej. Często wykorzystywana na uczelniach opcja druga (konfiguracje multisystemowe) jest efektywniejsza, wymaga jednak restartu komputera przed zajęciami, co praktycznie może zająć nawet 5 minut, a potem wymaga kolejnego restartu komputera (pod koniec lub na początku kolejnych zajęć). Jest to problem, z którym można się pogodzić, ale w ekstremalnych przypadkach (np. spotkania 45-minutowe) prowadzący może stracić nawet 10% czasu zajęć.

3.2. Korzyści wynikające z wdrożenia VDI w laboratoriach studenckich

Z analizy dokonanej w poprzednim punkcie wyłania się model optymalnego rozwiązania organizacyjnego: idealnie byłoby, gdyby student na początku zajęć otrzymał komputer ze świeżo zainstalowanym systemem operacyjnym oraz niezbędnymi mu do zajęć aplikacjami, mógł na nim robić, co chce (a nawet w niektórych przypadkach miał uprawnienia administracyjne), a po skończeniu zajęć system taki byłby kompletnie kasowany, a w jego miejsce byłby podstawiany zupełnie nowy. Dokładnie taką możliwość daje zastąpienie klasycznych komputerów PC architekturą VDI oraz urządzeniami końcowymi klasy *zero-client*.

Jednak całe powyższe rozważania są dopiero wstępem do zmiany modelu organizacyjnego utrzymywania laboratoriów, dalej należy skoncentrować się na korzyściach ekonomicznych i wykazać oszczędności, które pozwolą uczelniom efektywniej gospodarować swoim budżetem w obszarze IT:

- **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

⁴ Pliki o rozszerzeniu „msi” zawierają wersje instalacyjne oprogramowania, które może być instalowane automatycznie na systemach Windows, przy wykorzystaniu mechanizmu Windows Installer.

(1 etat) wystarcza na obsługę ok. 500 i więcej stacji roboczych. Jednak w środowiskach akademickich (zwłaszcza w uczelniach państwowych) z różnych pozamerytorycznych przyczyn, których omówienie wykracza poza to opracowanie, obserwuje się przerost zatrudnienia w tym segmencie. Wdrożenie VDI pozwala zastąpić stan obecny jednym lub dwoma etatami administracyjnymi. Sama specyfika VDI powoduje, że niezależnie od tego, czy mamy 100, czy 500 stacji roboczych – na samo utrzymanie laboratoriów i realizację zapotrzebowania od strony prowadzących wystarcza ½ etatu. Sposób jego rozłożenia i harmonogramowania pozostaje już w rękach kierownictwa uczelni.

- **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 ok. 200 W wraz z monitorem⁵). 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 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. Nie ma więc procesora czy karty graficznej, które staną się zbyt wolne, dysku, który może ulec awarii, kończącej się pamięci RAM itp. Wszystkie te komponenty leżą po stronie serwerów, więc dopóki terminal nie zepsuje się w sposób naturalny w procesie starzenia się elektroniki lub wyświetlacza – nie ma potrzeby wymieniać go. Terminale VDI nie mają żadnych części mechanicznych, nawet wentylatorów, dzięki czemu wskaźnik MTBF (*Mean Time Between Failures*) wynosi dla nich ok. 70 000 godzin⁶, co jest wartością ponaddwukrotnie wyższą od typowej stacji roboczej (MTBF – 30 000 godzin). Należy też zauważyć, że sam koszt terminala VDI jest o ok. ¼ tańszy niż przeciętnego zestawu komputerowego do laboratorium.

4. 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 filozofii czynią ją szczególnie przydatną w rozwiązaniach projektowania la-

⁵ Wyliczono na podstawie: www.extreme.outervision.com/psucalculatorlite.jsp.

⁶ Na podstawie: www.itwadministracji.pl/numery/marzec-2014/wady-i-zalety-wirtualizacji-stacji-roboczych.html.

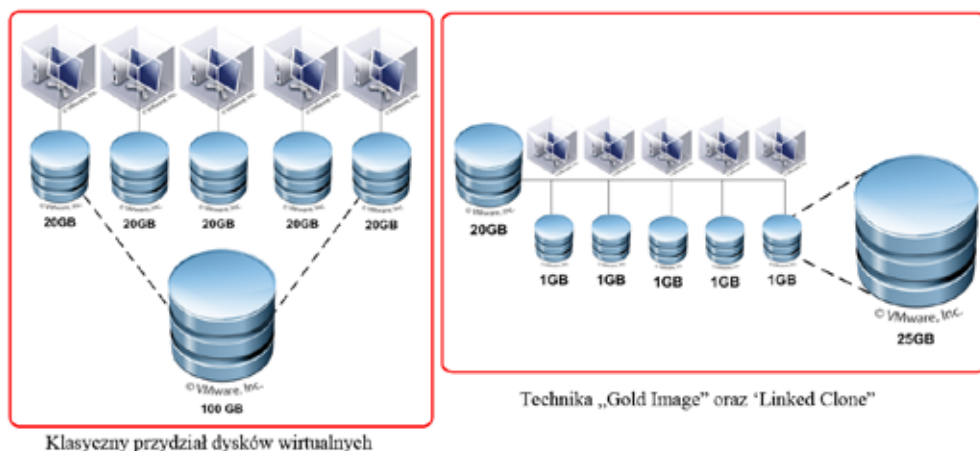
boratoriów dydaktycznych. Obecnie na rynku jest dwóch wiodących dostawców rozwiązań VDI:

- **VMware Horizon View** – opierający się na wirtualizatorach VMware vSphere i protokole PCoIP [Guthrie 2013],
- **Microsoft Hyper-V** wraz z Microsoft System Center i protokołem RDP [Finn 2012].

Dalszy opis funkcjonalności opiera się na doświadczeniach autora ze środowiskiem **VMware Horizon View**, jednakże rozwiązanie Microsoftu oferuje podobne funkcjonalności. Oczywiście rozwiązanie bazujące na VMware jest obecnie uważane za najbardziej zaawansowane technologicznie, jednak należy pamiętać, że jest to rozwiązanie najdroższe i jeśli dodatkowo uczelnia ma możliwość wykorzystania licencji w ramach **MSDN Academic Alliance**⁷ (lub innego programu), to rozwiązanie Microsoft może znacząco obniżyć koszty licencji, a przez to całego wdrożenia.

Filozofia i infrastruktura VDI daje administratorom 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. *gold 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 złotego obrazu, a wszystkie zmiany k realizowane w systemie wirtualnym zapisywane są w tak



Rys. 1. Przydział dysków wirtualnych w technice złotego obrazu

Źródło: VMware.

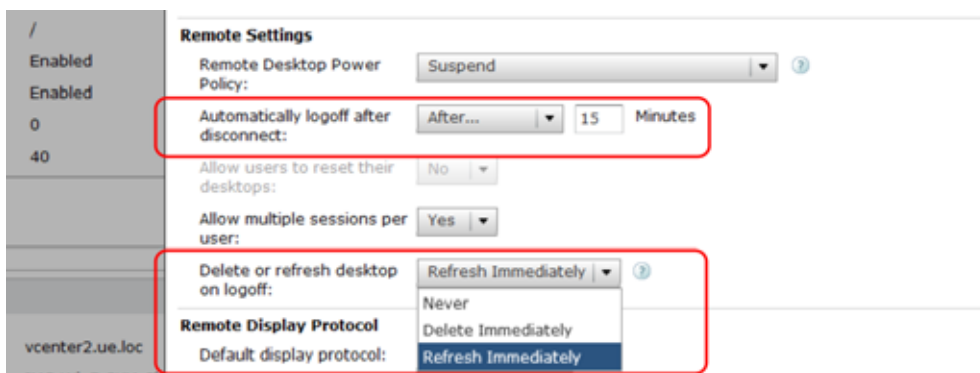
⁷ MSDN Academic Alliance – program firmy Microsoft skierowany do uczelni wyższych, studentów i pracowników naukowych.

zwanych obrazach *linked clone*. Proces ten zwizualizowano na rys. 1. Porównano tutaj objętość dysku dla pięciu wirtualnych stacji roboczych, przedstawiając, że każdy z obrazów zapisał po 1 GB danych na własne potrzeby, objętość zaś złotego obrazu wynosi 20 GB. Oczywiście przestrzeń obrazów *linked clone* będzie się automatycznie powiększała podczas zapisu nowych danych aż do osiągnięcia wartości maksymalnych (zdefiniowanych przez administratora) [Lowe, Marshall 2013].

Dla podanego przykładu oszczędność miejsca wynosi 75% i w procesie zwiększania liczby stacji roboczych współczynnik ten będzie jeszcze rósł. Oczywiście technika ta wymaga odpowiednio szybkiego dysku do przechowywania złotego obrazu. Powinien on być przechowywany na dyskach SSD lub dane z dysku powinny być cache'owane, najlepiej także z wykorzystaniem do tego dysku SSD. Stosowanie takiej technologii daje także drugą kluczową korzyść dla naszego przypadku laboratoriów, a mianowicie szybkie odświeżanie systemów wirtualnych.

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 w tego miejsca natychmiastowo powoduje, że przywracany jest czysty obraz systemu operacyjnego. Na rys. 2 przedstawiony został fragment ustawień konfiguratora odświeżania systemów w konsoli VMware View. 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 ok. 5 sekund dla każdego systemu) [Asselin 2014].

Ciągłość działania laboratorium – użytkownik nie ma możliwości konfigurowania czegokolwiek, chyba że fizycznie uszkodzi terminal. Ponieważ system wirtualny, na którym pracuje, ulegnie skasowaniu zaraz po jego pracy, nie ma znaczenia, jak bardzo uda mu się go przekonfigurować, rozstroić lub zawirusować.



Rys. 2. Konfiguracja odświeżania systemu

Źródło: opracowanie własne.

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 nawet jeśli studentowi uda się zawirusować swój komputer lub komputery w sąsiedztwie, to i tak przestaną one (komputery) istnieć po zajęciach.

Ponadto środowisko VDI oferuje wiele pożytecznych dodatkowych funkcji, które pozwalają na: balansowanie obciążenia (przenoszenie wirtualnych systemów w locie na inne serwery w klastrze), wyłączanie serwerów przy mniejszych obciążeniach, tworzenie kopii migawkowych i wiele innych. Przed wdrożeniem konieczne jest oczywiście rozplanowanie niezbędnych zasobów serwerowych, które zapewnią odpowiednią wydajność – w kolejnym punkcie przedstawiono przykładową konfigurację i jej obciążenie dla 300 obrazów, z kolei na stronach znaleźć można odpowiednie kalkulatory do wyliczania parametrów środowiska.

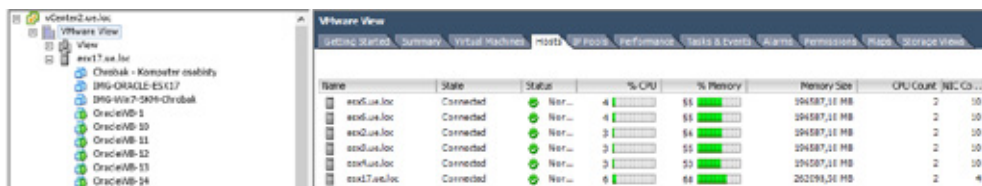
5. Studium przypadku – Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Koncepcja przebudowy infrastruktury IT na Uniwersytecie Ekonomicznym i wybudowania własnej **chmury prywatnej** zaczęła powstawać w połowie 2010 r., aby po przejściu wszystkich procedur, ustaleniu koncepcji i finansowania projektu we wrześniu 2011 r. można było rozpocząć proces zamówień publicznych i uruchomić cały projekt na początku 2012 roku. **Uniwersytet Ekonomiczny** był **pierwszą uczelnią**⁸ w Polsce, która wdrożyła takie rozwiązania na tak dużą skalę (8 laboratoriów VDI, ok. 40% wszystkich).

Pierwsza faza projektu objęła instalację i konfigurację 6 laboratoriów ze 175 terminalami *zero client* (Samsung NC240 – 24”) 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 T brutto. Połowę serwerów (czyli trzy) przeznaczono na obsługę VDI, pozostała część została wykorzystana do wirtualizacji środowiska serwerowego. Po 3 miesiącach po uruchomieniu infrastruktury w puli serwerowej pracowało już 60 serwerów, w większości produkcyjnych – zwirtualizowano większość starych serwerów obsługujących uczelnię (łącznie w serwerami pocztowymi i www). Koszt projektu zamknął się kwotą około 1 300 000 zł brutto. Po roku od wdrożenia, w związku z tym, że projekt spełnił wszystkie wymagania, zaczęto poszerzać bazę laboratoriów pracujących w VDI. Obecnie jest ponad 240 terminali, ponad 400 wirtualnych systemów, a studenci mogą podłączać się do 1 z 5

⁸ Mowa o VDI dla laboratoriów, ponieważ w tym czasie podobne wdrożenie dla obsługi pracowników prowadził Wydział Prawa i Administracji Uniwersytetu Łódzkiego.

dostępnych obrazów w zależności od zajęć i niezbędnej konfiguracji. Na potrzeby VDI przeznaczonych jest **sześć** 2-procesorowych serwerów, posiadających łącznie **1,2 TB RAM**. Macierz dyskowa oraz niektóre serwery wyposażone są w pamięć cache opartą na SSD. Na rys. 3 przedstawiono typowe obciążenie serwerów obsługujących VDI w godzinach zajęć.



Rys. 3. Typowe obciążenie serwerów VDI na UE we Wrocławiu

Źródło: opracowanie własne.

W latach 2012 i 2013 UE realizowała **Laboratorium badawcze projektu InKoM⁹** (z infrastrukturą o wartości ok. 200 000 zł), w ramach którego powstało specjalistyczne laboratorium badawcze. W związku z pozytywnymi doświadczeniami z VDI zdecydowano się na wdrożenie tej infrastruktury również tam. Projektując rozwiązanie dla tego laboratorium, autor artykułu zetknął się z paroma istotnymi problemami, których omówienie i zrozumienie może być kluczowe dla udanego wdrożenia infrastruktury VDI. Na rys. 4 przedstawiono zdjęcie części laboratorium¹⁰.



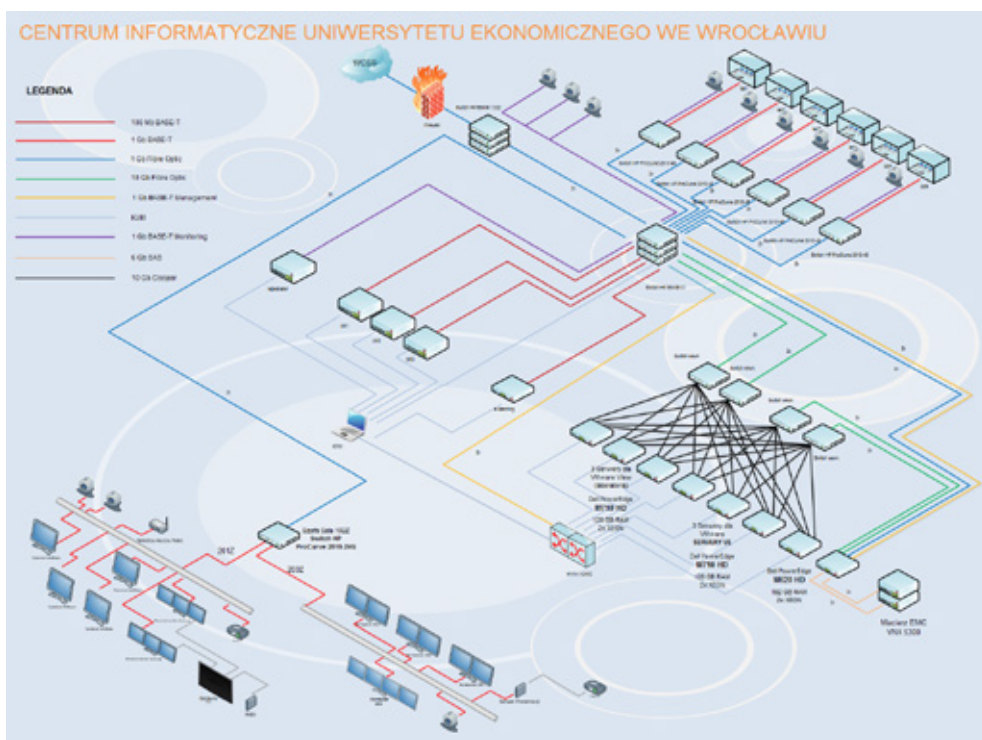
Rys. 4. Część wyposażenia Laboratorium InKoM

Źródło: zasoby własne.

Na rys. 5 przedstawiono fragment obecnej infrastruktury sieciowej obsługującej VDI (stan na styczeń 2014 r.).

⁹ www.ue.wroc.pl/aktualnosci/7272/otwarto_laboratorium_badawcze_projektu_inkom.html.

¹⁰ Więcej zdjęć dostępnych jest na stronie: <http://pawelchrobak.pl/budowa-laboratorium-w-ramach-projektu-inkom-inteligentny-kokpit-dla-menedzerow-projekt-ncbir>.



Rys. 5. Fragment Infrastruktury sieciowej na UE we Wrocławiu

Źródło: opracowanie własne.

Choć systemy używane do laboratoriów nie są specjalnie wymagające graficznie, to zainstalowano tam duże 30-calowe wyświetlacze o rozdzielczości natywnej 2560x1600 pikseli wraz z systemami Windows 7 lub 8.1.1. Wyświetlacze te obsługiwane są przez terminale *zero client* firmy Wyse P25. Dodatkowo są tam dwa zestawy monitorowe (każdy zestaw to 3 monitory Full HD osadzone na wspólnej ramie w pozycji pionowej) oraz podłączone do monitora 55 cali (również Full HD). Zestawy te podłączone są do terminali Wyse P45. Taka konfiguracja urządzeń powoduje, że serwery, nawet przy uruchomieniu serwisu Youtube, są bardzo mocno obciążane z dwóch powodów:

- Strumień PCoIP jest domyślnie kodowany w stacji roboczej i wysyłany siecią LAN. Przy dekodowaniu całego obrazu 2560x1600 okazuje się, że proces dekodujący strumień potrafi zabrać nawet 50–60% mocy dwurdzeniowego wirtualnego procesora. Aby temu zaradzić, serwer został zakupiony ze specjalną kartą dekodującą sprzętowo strumienie PCoIP (karta Teradici Apex 2800). Cena takiej karty oscyluje w granicach 2000 euro (2014 rok), jednak większym problemem jest fakt, że produkt ten jest niedostępny w Polsce, co utrudnia proces zamówie-

nia publicznego. Zastosowanie karty odciążyło proces strumieniowania parokrotnie. Jedna karta jest w stanie dekodować równocześnie 40 strumieni Full HD lub 25 strumieni 2560x1600.

- Drugi problem przy tak dużych rozdzielczościach: domyślnie grafika 2/3D jest emulowana przez VMware, co w przypadku desktopów zaczyna być wąskim gardłem (zwłaszcza przy użyciu nowszych systemów Windows, nawet z wyłączonym AERO). Dlatego zdecydowano się na użycie karty graficznej projektowanej dla środowisk VDI – Nvidia Grid K1 (768 rdzeni, 16G RAM), która może zostać użyta w trybie sVGA (shared VGA), czyli współdzielonej karty graficznej dla wielu wirtualnych systemów. Choć moc karty (i cena również) wydaje się olbrzymia, w przypadku podzielenia jej mocy na 20–30 wirtualnych komputerów pozwala ledwo wspomagać podstawowe operacje graficzne.

Obu wyżej wymienionych rozwiązań nie da się zastosować w serwerach typu Blade, choć w rozwiązaniach HP Blade Gen8 możliwe jest użycie zminiaturyzowanej wersji tej karty. Projektując więc takie rozwiązania dla wyświetlaczy wielkoformatowych, należy montować je w tradycyjnych serwerach (np. dell R7 20 na UE)

Pozostałe, mniej istotne doświadczenia autora z opisanego wdrożenia, są następujące:

- W związku z rosnącym tempem pojawiania się na rynku nowych rozwiązań warto nastawiać się na rozwiązania, które dopiero zaczynają pojawiać się na rynku – w trakcie wdrażania okaże się wtedy, że nie jesteśmy krok do tyłu z naszym rozwiązaniem.
- Terminale *zero client* – dobrym rozwiązaniem jest stosowanie terminali (o ile to możliwe i uzasadnione – laboratoria studenckie są tutaj dobrym przykładem) zintegrowanych z wyświetlaczem. Oprócz często mniejszego zużycia prądu możliwe jest utrzymanie większego porządku w sali poprzez wyeliminowanie wielu niepotrzebnych kabli (klawiatura i mysz łączone są wtedy bezpośrednio do monitora).

Literatura

- Serafin M., 2011, *Wirtualizacja w praktyce*, Helion, Warszawa.
- Finn A., Luescher M., Lownds P., 2012, *Windows Server 2012 Hyper-V. Podręcznik instalacji i konfiguracji*, Helion, Warszawa.
- Lowe S., Marshall N., 2013, *Mastering VMware vSphere 5.5*, John Wiley & Sons, Indianapolis, Indiana.
- Guthrie F., Lowe S., Coleman K., 2013, *VMware vSphere design*, John Wiley & Sons, Indianapolis, Indiana.
- Rosenberg J., Mateos A., 2012, *Chmura obliczeniowa. Rozwiązania dla biznesu*, Helion, Warszawa.
- Asselin S., O'Doherty P., 2014, *VMware Horizon Suite: Building End User Services*, VMware Press.
- Madden B., Knuth G., 2014, *Desktops as a Service: Everything You Need to Know About DaaS & Hosted VDI*, Burning Troll Production, San Francisco, California.

IMPLEMENTATION OF VDI INFRASTRUCTURE IN AN ACADEMIC ENVIRONMENT – CASE STUDY

Summary: The article describes the causes of the economic and organizational case for implementing VDI solutions in the learning centers of universities. The analysis of laboratory infrastructure allows to better understand the broad ability to adapt to VDI as well as the range of benefits administrators and research and teaching staff receive. In addition to the benefit analysis a case study of the implementation of the model solution at the University of Economics in Wrocław is shown, which includes more than 240 terminals of a „true zero-client” and more than 400 virtualized systems available to students in 9 laboratories. The article presents a selection of experience from the project. Described implementation is based on VMware Horizon View.

Keywords: private cloud, virtualization, VDI infrastructure, academy laboratory.