

Mariusz Frydrych¹⁾, Maciej Kacperski^{2,3)}

¹⁾Uniwersytet Łódzki, Wydział Matematyki i Informatyk

²⁾Politechnika Łódzka, Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych

³⁾Wyższa Szkoła Informatyki w Łodzi

IMPLEMENTACJA WIRTUALNEGO ŚRODOWISKA W DYDAKTYCE STUDIÓW E-LEARNINGOWYCH

Streszczenie – W pracy przedstawiono koncepcję projektu zwirtualizowanego i zintegrowanego środowiska oferującego możliwość pracy zdalnej studentów studiujących w trybie e-learningowym. Wykorzystano najnowsze technologie informatyczne do budowy, zarządzania środowiskiem informatycznym oraz zapewnienia bezpieczeństwa. Przedstawiono projekt i pilotażowe wdrożenie dla niewielkiej grupy użytkowników. Tworzone jest środowisko dostosowane do potrzeb realizacji zajęć dla specjalistycznych studiów, które korzysta z sprzętowego wsparcia serwerów kasetowych (blade) stanowiących skalowalną o wysokiej niezawodności bazę sprzętową umożliwiającą utrzymanie środowiska wirtualizacji. Specyfika budowy środowiska wirtualnego stawia wysokie wymagania technologiczne dla infrastruktury informatycznej, a w szczególności dla pamięci masowych, które muszą charakteryzować się dużą pojemnością, niskimi czasami dostępu i wysokim transferem danych.

Słowa kluczowe: wirtualizacja systemów, wirtualizacja sieci, środowisko wirtualizacji, wirtualne środowisko systemów operacyjnych, maszyny wirtualne, e-learning, zdalne nauczanie.

1 Wprowadzenie

Uczenie się w trybie e-learningowym jest jedną z najszybciej rozwijających się ścieżek realizacji usług edukacyjnych. Gwałtowny rozwój obserwowany w USA oraz krajach europejskich jest wynikiem szerokiej dostępności do sieci Internet nie tylko z wykorzystaniem szerokopasmowych łączy stacjonarnych. Idea uczenia się przez całe życie (ang. Lifelong Learning Programme) oraz uczenia się z wykorzystaniem różnych form i miejsca (ang. Lifewide Learning) może zostać zrealizowana w głównej mierze dzięki popularyzacji oraz znacznemu obniżeniu cen i poprawieniu jakości łączy dla urządzeń mobilnych. Udostępnienie łączności bezprzewodowej w standardzie LTE otworzyło dostęp do

usług wymagających znacznej przepustowości osiągającej kilkanaście, kilkadziesiąt Mb/s.

Jednym z problemów uczenia się i nauczania w trybie e-learningowym jest niedostateczny kontakt z nauczycielem i brak możliwości realizacji zajęć w trybie nadzorowanym, co jest szczególnie uciążliwe w przypadku studiów e-learningowych realizowanych na kierunkach ścisłych, takich jak informatyka, gdzie nawet krótkie chwile kontaktu interakcyjnego pomiędzy studentem i prowadzącym zajęcia umożliwiają przebrnięcie przez trudne zagadnienia w znacznie krótszym czasie i przy podwyższonych rezultatach. Nauczanie staje się bardziej efektywne, a osiągnięte wyniki mierzone skalą umiejętności i wiedzy znacznie większe. Potwierdzeniem tej tezy jest porównanie rezultatów różnorodnych form zaliczeń realizowanych na studiach e-learningowych i studiach niestacjonarnych. Realizacja specjalistycznych zajęć na kierunku Informatyka z zakresu tak popularnego obecnie programowania, systemów operacyjnych, grafiki komputerowej, baz danych, sieci komputerowych, bezpieczeństwa informatycznego, technologii mobilnych wymaga nie tylko odpowiedniego przygotowania, czyli wiedzy i umiejętności w realizowanym zakresie zajęć ale również odpowiedniego środowiska informatycznego. Środowisko to w głównej mierze musi spełniać podstawowe wymagania narzucone poprzez realizację treści programowych zawartych w specjalistycznych przedmiotach. W klasycznym trybie nauki zajęcia prowadzone w trybie nadzorowanym realizowane są w pracowniach komputerowych wyposażonych w odpowiedni sprzęt, najczęściej zestawy komputerowe uzupełnione o sprzęt sieciowy w postaci routerów, przełączników sieciowych, urządzeń łączności bezprzewodowej i różnorodnego sprzętu mobilnego. Nieodzownym elementem jest oprogramowanie poczynając od oprogramowania podstawowego, czyli systemu operacyjnego poprzez dedykowane oprogramowanie takie jak środowiska programistyczne, dedykowane oprogramowanie graficzne do przetwarzania grafiki rastrowej i wektorowej oraz tworzenia rzeczywistości wirtualnej w 3D, systemy serwerów baz danych, oprogramowanie z zakresu bezpieczeństwa danych oraz sieci komputerowych.

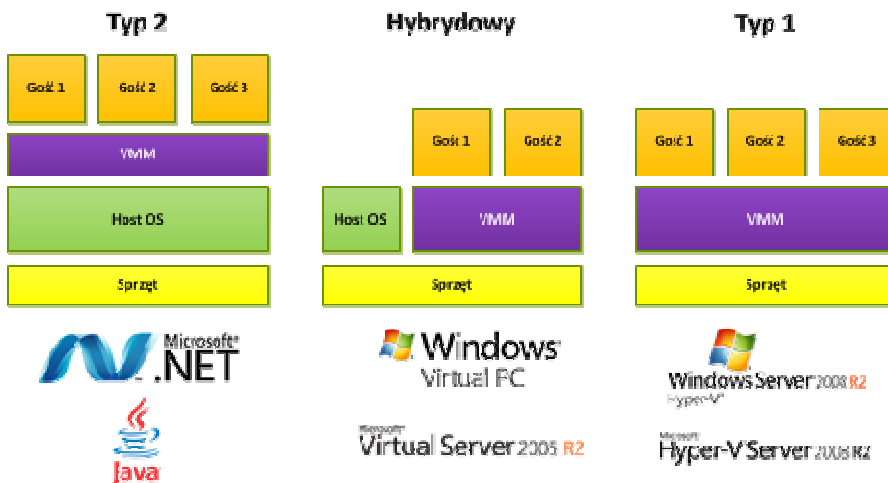
Studia e-learningowe realizowane są przy wsparciu szeregu platform informatycznych oferujących bardzo rozbudowane funkcje, umożliwiają przekazywanie materiałów również w bardzo atrakcyjnej postaci multimedialnej, realizację ćwiczeń, sprawdzianów, wspomaganie przy wypracowywaniu ocen cząstkowych i oceny końcowej. Platformy e-learningowe umożliwiają realizację kontaktów między uczestnikami kursów i osobą prowadzącą w postaci forów dyskusyjnych, indywidualnej wymiany treści oraz w pełni multimedialnych spotkań indywidualnych z przekazem obrazu i dźwięku on-line. Najczęściej stosowane platformy e-learningowe to dostępne na podstawie licencji Open Source Moodle, OLAT, Claroline, Dokeos i wiele innych oraz szeroki wachlarz platform

komercyjnych, które mogą być ściśle dostosowane do potrzeb realizacji kursów, szkoleń czy studiów podyplomowych. W ramach tych platform nie ma możliwości realizowania wirtualnej pracowni komputerowej zapewniającej w trybie synchronicznym współdziałanie studentów z nauczycielem oraz między sobą przy realizacji ćwiczeń i projektów zespołowych.

2 Przegląd istniejących rozwiązań

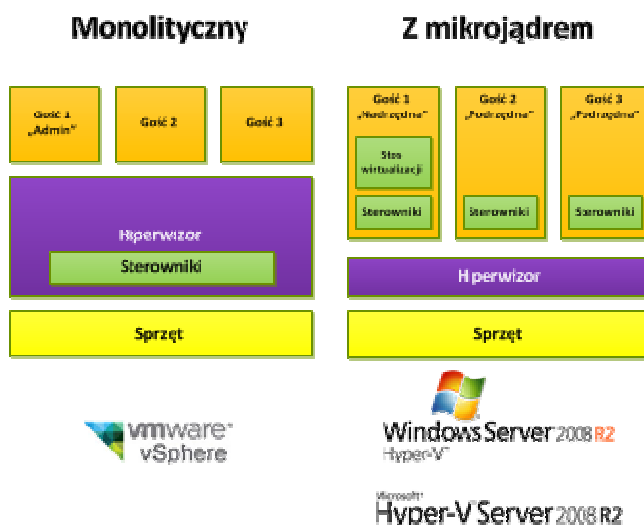
Funkcjonująca w wielu uczelniach infrastruktura informatyczna składa się z trzech podstawowych elementów serwerów usług sieciowych, w tym zwykle usługi katalogowej, sieci komputerowej, oraz stacji klienckich. Sieć komputerowa zapewnia połączenie serwerów i stacji klienckich oraz zwykle daje możliwość dostępu do sieci Internet. Realizacja programu studiów z wykorzystaniem metody uczenia się i nauczania na odległość realizowana w oparciu o obecnie obowiązujące przepisy wymaga organizacji zajęć w siedzibie uczelni w wymiarze ponad 60% ogółu zajęć dydaktycznych. W porównaniu do rozwiązań stosowanych w innych państwach jest to duże obciążenie studentów realizujących tą formę kształcenia głównie ze względu na czas i koszty dojazdu do siedziby uczelni. Realizacja nawet części zajęć w pracowni wirtualnej daje możliwość efektywniejszego wykorzystania czasu nauki i ograniczenia godzin spędzonych w siedzibie uczelni.

Technologicznym wsparciem wirtualnej pracowni komputerowej jest wirtualizacja, która wykorzystywana jest od szeregu lat w różnych zastosowaniach i modelach wirtualizacji.



Rys. 1. Modele wirtualizacji z użyciem różnych hypervisorów
[\[https://technet.microsoft.com/pl-pl/library/architektura-hyper-v.aspx\]](https://technet.microsoft.com/pl-pl/library/architektura-hyper-v.aspx)

W projekcie wirtualnej pracowni komputerowej zastosowano rozwiązanie wirtualizacji firmy Microsoft typu 1 rys.1, w którym platforma wirtualizacji działa bezpośrednio na warstwie sprzętowej. Rozwiązanie to jest bardzo efektywne ze względu na pełne wykorzystanie zasobów sprzętowych tylko do realizacji procesów wirtualizacji. Rozważane były różne koncepcje środowiska wirtualnego z wykorzystaniem hypervizora VMware ESXi, Xen oraz Hyper-V. Środowiska wirtualizacji VMware oraz Hyper-V są rozwiązaniami komercyjnymi, Xen jest rozwiązaniem opracowanym na licencji Open Source. Biorąc pod uwagę kryterium możliwości zarządzania maszynami wirtualnymi najlepszym środowiskiem jest VMware oraz Hyper-V. Dodając kryterium kosztów realizacji projektu środowisko Xen jest darmowe. Dla uczelni mającej dostęp do licencji MSDN AA koszt systemu Windows 2012 z Hyper-V do zastosowań dydaktycznych i naukowych jest niewielki, a samo środowisko Hyper-V zostało przez firmę Microsoft udostępnione za darmo. Decydującym kryterium wyboru środowiska wirtualizacji była współpraca z systemami Windows wykorzystywanymi, w tym projekcie jako systemy stacji roboczych. System Hyper-V oferuje pełną integrację systemów gościa ze środowiskiem wirtualizacji rys. 2.



Rys. 2. Współpraca systemów "Gościa" ze środowiskiem wirtualizacji
[<https://technet.microsoft.com/pl-pl/library/architektura-hyper-v.aspx>]

Dedykowanym do zastosowań związanych z wirtualizacją środowiskiem sprzętowym jest rozwiązanie związane z serwerami kasetowymi rysunek 3a, które umożliwiają zbudowanie skalowalnego środowiska sprzętowego dostosowanego do zadań wirtualizacji.

Podstawowa zaleta wynika z możliwości łatwej rozbudowy sprzętowej poprzez dołączanie kolejnych kaset zawierających w pełni funkcjonalne komputery a tym samym zwiększanie zasobów środowiska wirtualizacji rysunek 3b.



a)



b)

Rys. 3. Serwer kasetowy (blade) a) kaseca z wstawionymi serwerami, b) pojedynczy serwer kasetowy

Serwer kasetowy dysponuje ograniczonymi zasobami pamięci masowej i podstawowe jej udostępnienie jest realizowane za pomocą protokołu iSCSI oraz macierzy SAN lub NAS i wydajnych łącz sieciowych z reguły wykonanych w technologii światłowodowej rysunek 4.

Ze względu na potrzebę odwzorowania pełnej dydaktycznej pracowni w środowisku wirtualnym zasoby sprzętowe potrzebne do realizacji tego projektu bazowały na czterech kasetach, z których każda wyposażona w jest w dwa procesory cztero rdzeniowe Intel® Xeon i 64 GB RAM na procesor oraz cztery karty sieciowe 1Gb/s. Kasetka może obsługiwać 16 serwerów. Macierz dyskowa SAN wyposażona w 15 dysków pracujących w RAID 6 udostępniająca 13 TB pamięci wykorzystywana jest do składowania maszyn wirtualnych oraz udostępnianie studentom zasobów pamięci masowej.



Rys. 4. Macierz SAN współpracująca z serwerem kasetowym

Serwer kasetowy, macierz, przełączniki sieciowe pracują w wysokim standardzie niezawodności oferując pełną nadmiarowość sprzętową, w zakresie zasilania, portów sieciowych serwerów kasetowych, przełączników sieciowych oraz pamięci masowej.

3 Koncepcja wirtualnej pracowni

W skład pełnego środowiska wirtualnej pracowni wchodzi servery, sieć komputerowa stacje klienckie i inne urządzenia dostępne w sieci komputerowej. Zarządzanie wirtualnymi stacjami komputerowymi jest realizowane za pomocą usługi katalogowej, która udostępnia bazę użytkowników, grupy użytkowników, oraz kontenery reprezentowane w postaci obiektów w bazie usługi katalogowej. Realizowany projekt wirtualnej pracowni dedykowany był rozwiązaniom bazodanowym. Studenci w ramach realizowanych zajęć muszą mieć dostęp do środowiska, w którym mogą tworzyć i administrować serwami baz danych. Postawione wymagania powodują, że każdy ze studentów musi mieć do dyspozycji dwie maszyny wirtualne, z których jedna pełni rolę serwera

bazy danych a druga jest klientem. Uwzględniając fakt, że studenci w ramach tych zajęć poznają co najmniej dwa systemy baz danych liczba maszyn wirtualnych znacznie wzrasta. Oszacowanie zapotrzebowania na pamięć masową można wyznaczyć na podstawie rozmiarów dysków przygotowanych serwerów z systemem Windows 2012 R2 lub Windows 2008 R2 po instalacji systemu i aktualizacji oraz zainstalowaniu i konfiguracji systemu Oracle lub MS SQL serwer zajęta przestrzeń to od 40 do 50 GB co oczywiście nie jest problemem dla dedykowanej macierzy lecz należy uwzględnić w rozważaniach, że maszyn wirtualnych musi być tyle ilu jest studentów. Przy testowej realizacji projektu przyjęto grupę 30 osobową i uwzględniając również maszyny klienckie z systemami Windows XP lub Windows 7 wymagana przestrzeń w pamięci masowej musi mieć minimum 3 TB co wydaje się przy obecnej pojemności dysków twardych i macierzy niewielkim wymaganiem. Uruchomienie dodatkowych przedmiotów w wirtualnej pracowni oczywiście zwielokrotni wykorzystywaną przestrzeń dyskową. Ważnym elementem dostępu do systemów i serwerów usług w wirtualnej pracowni jest system uwierzytelniania użytkowników i przydzielania uprawnień. Niezaprzeczalnym walorem wirtualnej pracowni komputerowej jest to, że studenci mogą mieć pełny dostęp do systemów operacyjnych i serwerów usług maszyn wirtualnych. W projekcie wirtualnej pracowni założono, że wirtualna pracownia będzie w pełni zintegrowana z usługą katalogową wykorzystującą rolę Active Directory (AD) serwera Windows 2012. Korzystając z mechanizmów uwierzytelniania można przypisać prawo do administrowania serwerem usług i systemu operacyjnego Windows dowolnemu użytkownikowi AD. System usługi katalogowej AD steruje również dostępem zdalnym do maszyny wirtualnej co umożliwi personalizację dostępu do każdej maszyny wirtualnej i przydzielenie jej określone studentowi. Rejestracja maszyn wirtualnych w serwerze DNS usługi katalogowej umożliwi łatwe dotarcie do maszyny wirtualnej poprzez użycie nazwy domenowej zawierającej numer indeksu studenta, co znacznie ułatwia organizację dostępu do właściwych przydzielonych studentowi maszyn wirtualnych.

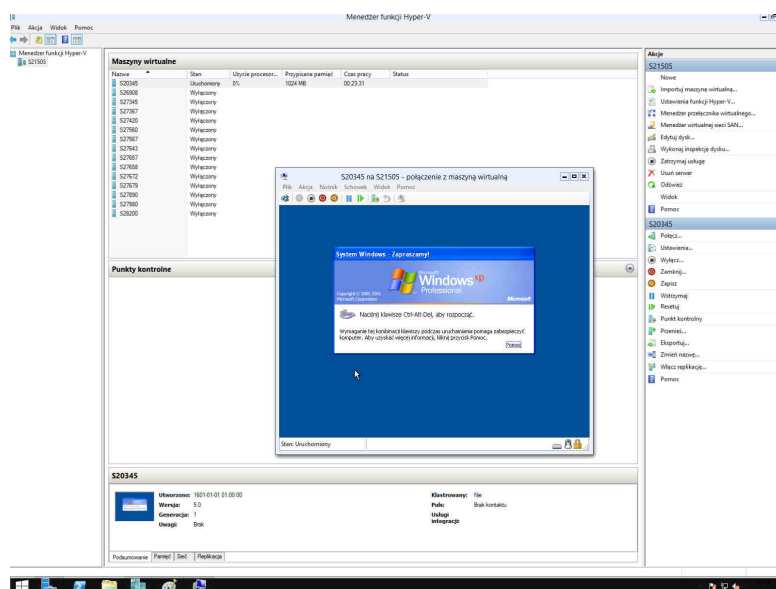
Realizacja dostępu wirtualnej pracowni użytkownikom, którzy znajdują się poza uczelnianą siecią komputerową jest bardzo istotnym elementem projektu. Jak każde przedsiębiorstwo tak i uczelnie dbają o bezpieczeństwo zasobów we własnej sieci komputerowej stosując rozwiązania blokujące dostęp do pracowni komputerowych z sieci Internet. Wirtualna pracownia komputerowa jest częścią sieci wewnętrznej uczelni w związku z tym dostęp do tej sieci musi być realizowany poprzez bezpieczne łącza takie jak wirtualne sieci prywatne - VPN lub tunelowanie z wykorzystaniem protokołu SSH.

Realizacja zajęć w wirtualnej pracowni komputerowej wymaga pełnego dostępu do komputerów wirtualnych studentów uczestniczących

w zajęciach oraz możliwości sterowania komputerem przez nauczyciela. Odzworowanie form kontaktu interpersonalnego pomiędzy prowadzącym zajęcia a studentem, występującego w zajęciach realizowanych w trybie nadzorowanym w pracowni komputerowej, wymaga wprowadzenia dodatkowych rozwiązań sprzętowych i programowych. W szeregu platform e-learningowych można wykorzystać kamery oraz mikrofony do przeprowadzenia rozmowy ze studentami lub wymiany zdań w szerszym gronie studentów. Istnieją platformy e-learningów, które dysponują mechanizmami multimedialnymi umożliwiającymi przeprowadzenie widekonferencji ale te mechanizmy nie są sprzęgnięte z wirtualną pracownią komputerową. Do realizacji tej funkcjonalności wykorzystane zostało oprogramowanie TimeViewer.

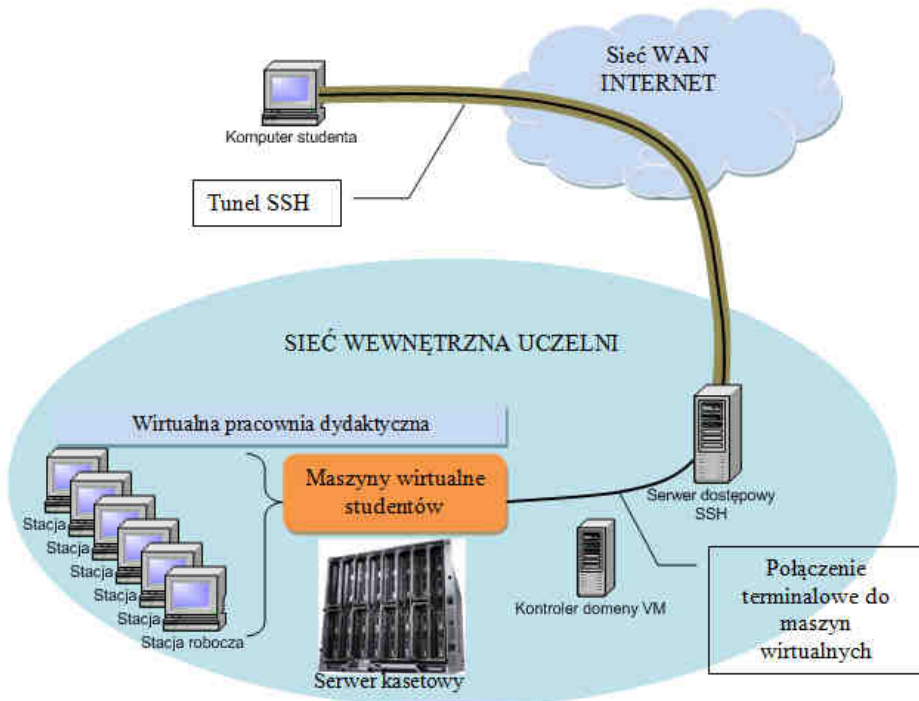
4 Implementacja wirtualnej pracowni w środowisku wirtualizacji Hyper-V

Zaprezentowane w poprzednim rozdziale koncepcja przedstawiająca model środowiska zwirtualizowanego w implementacji wirtualnej pracowni komputerowej została zaprojektowana i wdrożona na potrzeby realizacji zajęć dla studiów e-learningowych oraz specjalistycznych studiów podyplomowych. Zasadniczym problemem było oszacowanie zasobów środowiska wirtualizacji potrzebnych do realizacji projektu oraz bezpieczeństwo w dostępie do zasobów wirtualnej pracowni.



Rys. 5. Maszyny wirtualne w środowisku wirtualizacji Hyper-V

Przyjęte parametry dla wdrożenia serwera to 4 GB pamięci RAM, procesor cztero rdzeniowy i jedna karta sieciowa. Końcówki klienckie wymagają odpowiednio 2 GB pamięci RAM oraz procesor dwurdzeniowy i jednej karty sieciowej. Wymagania stawiane pamięci masowej to około 50 GB na dyski systemowe serwerów maszyn wirtualnych i 40 GB na każdą stację kliencką oraz dodatkowe zasoby udostępniane na macierzy powiązane z kontami użytkowników w AD jako zasoby sieciowe przeznaczone dla użytkowników AD w wymiarze 1 TB. Ważnym elementem projektu jest przepustowość łącz sieciowych umożliwiających komunikację z macierzą przy wykorzystaniu protokołu iSCSI jako podstawowego transportu danych, wykorzystane zostały cztery łącza o przepustowości 1Gb/s pracujące jako łącze zagregowane.



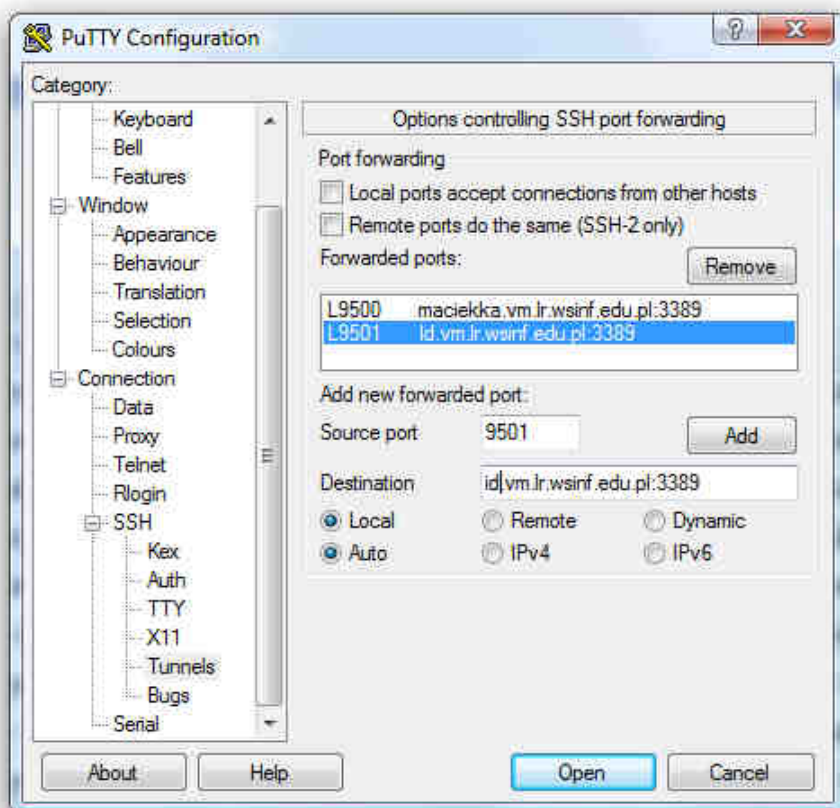
Rys. 6. Metoda dostępu do wirtualnej pracowni dydaktycznej

Dostęp i konfiguracja maszyn wirtualnych jest realizowana z pomocą Menedżera funkcji Hyper-V rysunek 5. Praca studentów na serwerach jak i praca na stacjach roboczych jest realizowana poprzez zdalny terminal.

Kolejnym bardzo ważnym problemem ze względu na bezpieczeństwo całego rozwiązania było zapewnienie weryfikowanego i łatwego do realizacji przez studentów dostępu do pracowni wirtualnej z komputerów

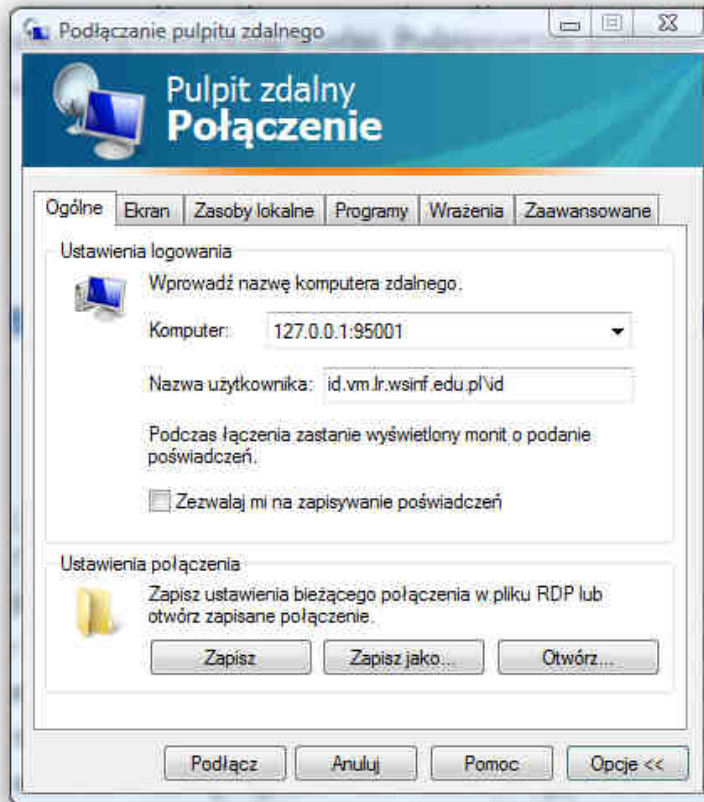
domowych studentów. Wybrano ze względu na prostotę realizacji i istniejące już mechanizmy bezpieczeństwa tunelowanie z wykorzystaniem protokołu SSH.

Wykorzystano istniejącą infrastrukturę informatyczną uczelni umożliwiającą utworzenie i zarządzanie dostępem poprzez protokół SSH do sieci wewnętrznej uczelni rysunek 7. Przedstawione tutaj wdrożenie wirtualnej pracowni dydaktycznej zostało zrealizowane dla niewielkiej liczby serwerów i ograniczonej liczby stacji klienckich. Serwer kasetowy jest rozwiązaniem sprzętowym umożliwiającym realizację dużej skalowalności oraz niezawodności. Wyposażenie serwera kasetowego można znacznie rozszerzyć instalując 11 dodatkowych serwerów (kasetę ma możliwość instalacji 16 serwerów) o podobnych lub lepszych parametrach co umożliwi powstanie dedykowanych pracowni wirtualnych.



Rys. 7. Tworzenie tunelu SSH między stacją kliencką i serwerem dostępowym

Tunelowanie danych z użyciem protokołu SSH umożliwia bezpośrednie połączenie terminala na komputerze studenta z przypisanymi maszynami wirtualnymi dla danego studenta.



Rys. 8. Połączenie pulpitem zdalnym do maszyny wirtualnej pracowni komputerowej z wykorzystaniem tunelu SSH

Na rysunku 8 podano przykład adresowania i wykorzystania zdefiniowanych w serwerze DNS nazw domenowych komputerów pracowni wirtualnej do realizacji dostępu z wykorzystaniem pulpitu zdalnego.

5 Podsumowanie

Wirtualizacja w e-learningu daje nowe możliwości zastosowań w obszarze dotychczas nie wykorzystywanym. Dzięki nowoczesnym technikom multimedialnym mamy możliwość realizacji komunikacji w trybie on-line nie tylko między dwoma użytkownikami ale w znacznie szerszym

gronie z możliwością transmisji dźwięku i obrazu z indywidualnych kamer. Tak realizowana wideokonferencja jest uzupełniona bardzo ważnym elementem z punktu widzenia dydaktyki i rozwiązywania problemów w trybie nadzorowanej pracy ze studentami. Prowadzący zajęcia ma możliwość oglądania pulpitu wirtualnego komputera każdej osoby biorącej udział w zajęciach oraz możliwość ingerowania w pracę studenta czyli przejęcia sterowania myszki i klawiatury. Równie często wykorzystywana jest możliwość udostępnienia pulpitu nauczyciela studentom w celu pokazania realizacji szeregu czynności prowadzących do rozwiązania problemu, zadania czy zademonstrowania materiałów z komentarzem. Realizowane w ten sposób zajęcia w wirtualnej pracowni komputerowej, w warstwie kontaktu ze studentami i prezentowania materiału przez prowadzącego zajęcia nie różnią się znacznie od zajęć realizowanych w tradycyjny sposób.

6 Literatura

- [1] Serafin M., *Wirtualizacja w praktyce*, Helion 2011
- [2] Aidan F., Luescher M., Lownds P., *Windows Server 2012 Hyper-V. Podręcznik instalacji i konfiguracji*, Helion 2012
- [3] Ruest D., Ruest N., *Virtualization a Beginner's Guide*, The McGraw-Hill 2009
- [4] Daniluk D., *Wirtualne serwery na bazie oprogramowania VMware GSX/ESX wspomaganego przez VMware VirtualCenter*, Warszawa 2006
- [5] Adam Pelikant, *MS SQL Server. Zaawansowane metody programowania*, Helion, 2014
- [6] Kacperski M., *Modelowanie dostępu do zróżnicowanego środowiska systemów operacyjnych, serwerów i aplikacji użytkowych*, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Informatyki w Łodzi. Teoria i Zastosowania Informatyki, Nr 2/2011 (10)
- [7] Pelikant A., *Systemy informatyczne gromadzenia danych, w Informatyka gospodarcza*, red. Janusz Zawila-Niedźwiecki, Katarzyna Rostek, Artur Gąsiorkiewicz, ss. 409-444, C.H.Beck 2010
- [8] Goldworm B., Skamarock A., *Blade Servers and Virtualization: Transforming Enterprise Computing While Cutting Costs*, Wiley, 2007
- [9] Pelikant A., *Hurtownie danych. Od przetwarzania analitycznego do hurtowni danych* – Helion, 2011

IMPLEMENTATION OF VIRTUAL ENVIRONMENT IN THE E-LEARNING TEACHING

Summary: The paper presents the design concept virtualized and integrated environment offering the opportunity to work remotely students studying in e-learning. It uses the latest technologies to build, manage IT environment and ensure safety. The paper presents the design and pilot implementation for a small group of users. It creates an environment tailored to the needs of the course for specialized studies that benefit from hardware support blade servers as a scalable, highly reliable database that maintains the hardware virtualization environment. The specificity of building a virtual environment sets high technological requirements for infrastructure, in particular for storage that must have a large capacity, low access times and high data transfer.

Keywords: virtualization systems, network virtualization, virtualization environment, virtual environment operating systems, virtual machines, e-learning