



**ANDRZEJ PASZKIEWICZ¹, MAREK BOLANOWSKI²,
PRZEMYSŁAW ZAPAŁA³**

Możliwości zastosowania wirtualizacji zasobów informatycznych w e-learningu

Possibilities of using virtualization resources in e-learning

¹ Doktor inżynier, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Energoelektroniki, Elektroenergetyki i Systemów Złożonych, Polska

² Doktor inżynier, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Energoelektroniki, Elektroenergetyki i Systemów Złożonych, Polska

³ Magister inżynier, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Energoelektroniki, Elektroenergetyki i Systemów Złożonych, Polska

Streszczenie

W artykule zaprezentowano problematykę związaną z wirtualizacją zasobów informatycznych i ich wykorzystaniem w procesach dydaktycznych, głównie w odniesieniu do e-learningu. Ograniczone zasoby sprzętowe w istotny sposób wpływają na dostępność oraz efektywność tej formy nauczania. Opracowanie, a następnie wdrożenie odpowiedniego modelu wirtualizacji może pozwolić na lepsze upowszechnienie wiedzy z wielu dziedzin.

Słowa kluczowe: wirtualizacja, e-learning.

Abstract

The article presents issues related to virtualization of IT resources and their use in the processes of teaching, especially in relation to e-learning. Limited hardware resources have a significant impact on the availability and effectiveness of this teaching form. The development and implementation of the appropriate virtualization model can allow for a better promotion of knowledge in many areas.

Key words: virtualization, e-learning.

Wstęp

Ciągły rozwój technologii informatycznych wymaga dostosowania zarówno treści i metod nauczania, jak również narzędzi wykorzystywanych w procesie dydaktycznym. Zwłaszcza w obszarze technologii informatycznych dostępnych jest na rynku bardzo wiele rozwiązań, które wymagają odpowiedniej dla siebie

infrastruktury sprzętowo-programowej. Stosowanie odrębnej, wysokowydajnej infrastruktury znajduje uzasadnienie w produkcyjnych systemach informatycznych, w przypadku których ważną rolę odgrywa wydajność i niezawodność. Natomiast w procesie dydaktycznym priorytetem powinno być zapewnienie szerokiego dostępu do środowisk edukacyjnych, testowych i laboratoryjnych przy zachowaniu odpowiednich parametrów wydajnościowo-jakościowych. Dlatego też zazwyczaj nie ma możliwości tworzenie niezależnych, wyodrębnionych fizycznie stanowisk edukacyjnych. Co więcej, problematyka ta istotną rolę odgrywa w nowoczesnych formach edukacji, takich jak e-learning, gdzie w tym samym czasie może korzystać z platformy edukacyjnej od kilku do kilku tysięcy (a nawet więcej) osób. Biorąc pod uwagę fakt, iż w takich obszarach, jak systemy operacyjne, systemy bazodanowe, sieci komputerowe itp. w wielu przypadkach niezbędne jest zapewnienie rozbudowanego środowiska składającego się z licznych serwerów, hostów, urządzeń sieciowych itd., stworzenie skalowalnego i efektywnego środowiska staje się dużym wyzwaniem.

Z pomocą w takim przypadku może przyjść wirtualizacja zasobów sprzętowo-programowych. W zależności od przyjętego modelu wirtualizacji oraz sposobu jego implementacji możliwe jest stworzenie środowiska czysto symulacyjnego, jak również środowiska odpowiadającego rzeczywistym systemom produkcyjnym. Dlatego też właściwe zaprojektowanie oraz realizacja takiego systemu stanowi jeden z kluczowych elementów decydujących o efektywności i funkcjonalności całego środowiska dydaktycznego.

W artykule skupiono się na zaprezentowaniu możliwości oraz potencjalnego zakresu zastosowania mechanizmów wirtualizacji w procesach dydaktycznych związanych z e-learningiem.

Istota wirtualizacji

Wirtualizacja jest pojęciem odnoszącym się do abstrakcyjnych zasobów fizycznych. Prościej rzecz ujmując, jest to mechanizm tworzenia wirtualnej, a nie fizycznej przestrzeni pracy danego systemu. Jednakże należy zaznaczyć, iż u podstaw każdej wirtualizacji leży fizyczna platforma sprzętowa o ograniczonych zasobach i możliwościach rozbudowy. Dzięki mechanizmom wirtualizacji możliwe jest efektywniejsze zarządzanie dostępnymi zasobami, takimi jak pamięć operacyjna, procesor (rdzenie procesora), przestrzeń dyskowa, interfejsy sieciowe itp.

Często przy tej okazji spotykanym pojęciem jest maszyna wirtualna (z ang. *virtual machine* – VM). Odnosi się ono do pewnego rodzaju abstrakcyjnego urządzenia (systemu), które w pewnym sensie rezyduje na dostępnych (przdzielonych mu) zasobach. W tej relacji zarówno płaszczyzna fizyczna, jak również dedykowane, specjalistyczne oprogramowanie odgrywają istotną rolę. Zazwyczaj wiele wirtualnych maszyn może współdzielić te same zasoby fizyczne,

co pozwala na zwiększenie elastyczności, skalowalności, a często również sprawności przy jednoczesnym obniżeniu kosztów. Należy jednak pamiętać, iż maszyna wirtualna musi dokładnie odwzorowywać architekturę danego systemu komputerowego. Dlatego też niezbędna jest również odpowiednia warstwa oprogramowania, która eliminuje ograniczenia wynikające z kompatybilności architektur [Nie 2014; Kaur Chouhanp i in. 2015].

Obecnie istnieje kilka rodzajów wirtualizacji różniących się podejściem do tworzenia środowiska wirtualizacji [Internet 1]. Należą do nich:

1. Pełna wirtualizacja – oznacza symulację w stu procentach fizycznego serwera, co przekłada się na uprzywilejowanie instrukcji wykonywanych przez system operacyjny uruchomiony w środowisku wirtualnym. Do instrukcji takich zalicza się dostęp do pamięci, operacje dyskowe, komendę zatrzymania systemu. Dzięki odpowiedniej obsłudze możliwa jest kontrola, z którego konkretnego środowiska dane instrukcje zostały wywołane. Ten typ wirtualizacji cechuje się dużym poziomem separacji pomiędzy wirtualnymi systemami, ale jednocześnie może wpływać negatywnie na wydajność całego systemu.

2. Parawirtualizacja – wykorzystuje interfejs oprogramowania dla wirtualnych maszyn, który jest podobny do warstwy sprzętowej. W odróżnieniu do pełnej wirtualizacji poszczególne systemy są świadome, że nie działają bezpośrednio na platformie sprzętowej, co wymaga przekazywania instrukcji do głównego systemu lub hypervisora (tzw. nadzorcy systemów wirtualnych) [Pan i in. 2012]. Podejście to charakteryzuje się dużą efektywnością działania.

3. Wirtualizacja na poziomie systemu operacyjnego – w której podział na wirtualne środowiska odbywa się na poziomie systemu operacyjnego. Technologia ta znajduje szerokie zastosowanie wśród firm hostingowych, ponieważ pozwala na zapewnienie bezpieczeństwa i elastyczności poszczególnym klientom przy niskich nakładach na obsługę. Dodatkowo, umożliwia łatwe zarządzanie przestrzenią dyskową, a także nie wymaga bezpośredniego wsparcia wirtualizacji na poziomie procesora.

4. Wirtualizacja sprzętowa – jest rodzajem pełnej wirtualizacji, gdzie architektura procesora posiada zestaw specjalnych instrukcji wspomagających wirtualizację sprzętowo. Dzięki temu, iż część zadań wykonywana jest bezpośrednio przez procesor bez wykorzystania emulacji, uzyskuje się znacznie wyższą wydajność i efektywność działania. Obecnie większość dostępnych na rynku procesorów wspiera ten rodzaj wirtualizacji. Co ważne, na rynku pojawiają się również wyspecjalizowane procesory, jak np. procesory graficzne posiadające wsparcie dla wirtualizacji.

5. Wirtualizacja w chmurze – polegająca na udostępnianiu zasobów obliczeniowych oraz usług sieciowych dla zdalnych użytkowników za pomocą sieci komputerowej (zazwyczaj jest to internet). Ta forma wirtualizacji bazuje na

opisanych powyżej architekturach, jednakże uzupełniona jest o dodatkową funkcjonalność w obszarze zarządzania i utrzymania platformy sprzętowej lub/i programowej przez danego usługodawcę.

Obszary możliwej wirtualizacji i ich wykorzystanie w e-learningu

E-learning jako forma edukacji pozwala na uniezależnienie procesu dydaktycznego od ograniczeń czasowych i organizacyjnych. Jednakże wiąże się z licznymi wyzwaniami w zakresie wykorzystania nowoczesnych technik i technologii informatycznych w celu zapewnienia odpowiedniej jakości oraz dostępności materiałów edukacyjnych. W tym kontekście wirtualizacja może być rozpatrywana jako rozwiązanie wspierające e-learning w wielu obszarach [Ruest, Ruest 2009, Gouda i in. 2014], nie tylko związanych z nauką treści bezpośrednio odnoszących się do systemów i sieci komputerowych. Poniżej przedstawiono kilka obszarów zastosowania wirtualizacji w e-learningu.

Wirtualizacja serwerów – polega na tworzeniu grupy serwerów w ramach pojedynczej platformy sprzętowej. Dzięki temu możliwe jest zapewnienie niezależnych systemów zarówno w odniesieniu do poszczególnych kursów e-learningowych, jak również udostępnieniu jednakowych, w pełni funkcjonalnych systemów dla poszczególnych grup projektowych, jak również indywidualnych uczniów, studentów i kursantów.

Wirtualizacja stacji roboczych – pozwala na stworzenie rozproszonego funkcjonalnie, ale scentralizowanego pod względem przestrzennym środowiska systemów i sieci komputerowych. Tym samym możliwe jest zapewnienie indywidualnego środowiska testowego dla pracy na danym systemie komputerowym, niezależnej instalacji i testowania wybranych aplikacji i konfiguracji, a także badanie i analizowanie rozwiązań związanych z komunikacją, wymianą oraz synchronizacją danych pomiędzy odrębnymi systemami komputerowymi.

Wirtualizacja pamięci masowej – zapewnia tworzenie spójnej pod względem logicznym, a odseparowanej pod względem fizycznym abstrakcyjnej przestrzeni gromadzenia i przechowywania danych. Rozwiązanie to zapewnia możliwość rozbudowy skalowalnych systemów e-learningowych.

Wirtualizacja aplikacji – umożliwia odizolowanie od siebie różnych aplikacji, w konsekwencji czego zapewnia skalowalność, autonomiczność działań w zakresie nauki poszczególnych platform programowych, ich niezależną konfigurację i modyfikację. Dodatkowo umożliwia szybkie i niezawodne przywracanie aplikacji do ustawień początkowych lub punktów startowych dla danego etapu kursu.

Wirtualizacja prezentacji – wykorzystuje mechanizm strumieniowania danych do użytkownika końcowego w celu dostarczenia konkretnych aplikacji lub zawartości całego pulpitu. Realizowane jest to poprzez tzw. wirtualną sesję dostarczającą interfejs użytkownika bezpośrednio do jego komputera. Dzięki temu

rozwiązaniu możliwe jest utrzymywanie spójnych i aktualnych danych wykorzystywanych przez poszczególne systemy i aplikacje w jednym centralnym miejscu bez konieczności ich przesyłania oraz aktualizacji i synchronizacji na wielu komputerach użytkowników końcowych.

Wirtualizacja sieci – zapewnia tworzenie wirtualnego środowiska sieciowego odwzorowującego rzeczywiste konfiguracje i połączenia sieciowe. Mechanizm ten pozwala tworzyć niezależne schematy wykorzystywane w procesie dydaktycznym, ale również zapewnia obszar do testów konfiguracji oraz funkcjonalności urządzeń sieciowych na etapie projektowym oraz przedwdrożeniowym.

Prace badawcze

W ramach prowadzonych prac badawczych określono podatność omówionych wcześniej systemów wirtualizacji na zastosowanie ich w nauczaniu wybranych kursów oraz przedmiotów ze szczególnym naciskiem na zagadnienia związane z teleinformatyką i sieciami komputerowymi. Należy podkreślić, że podczas nauczania metody e-learningowe były wykorzystane jako materiały pomocnicze i nie używano ich do przekazywania wszystkich treści w ramach zajęć. Celem badań było sprawdzenie ograniczeń towarzyszących zastosowaniu technik wirtualizacyjnych w procesie nauczania e-learningowego. Wyniki prac zostały przedstawione w tabeli 1. Przyjęto skale ocen: niewystarczająca, dobra, wystarczająca, doskonała. Większość ocen w tabeli została opatrzonych krótkim komentarzem wyjaśniającym zasadność przyznania danej oceny.

Tabela 1. Ograniczenia w zakresie zastosowania technik wirtualizacyjnych

	Wirtualizacja serwerów	Wirtualizacja stacji roboczych	Wirtualizacja pamięci masowej	Wirtualizacja aplikacji	Wirtualizacja prezentacji	Wirtualizacja sieci
Pełna wirtualizacja	Wystarczająca	Wystarczająca ²	Doskonała	Doskonała ³	Średnia ⁵	Średnia/ Niewystarczająca ⁶
Para-wirtualizacja	Średnia	Średnia/ Niewystarczająca	Doskonała	Doskonała ³	Średnia ⁵	Średnia ⁶
Wirtualizacja na poziomie systemu operacyjnego	Wystarczająca	Średnia/ Niewystarczająca ³	Doskonała	Doskonała ³	Średnia ⁵	Doskonała ⁶
Wirtualizacja sprzętowa	Doskonała	Średnia/ Niewystarczająca ^{2,3}	Doskonała	Doskonała ³	Średnia ⁵	Średnia ⁶
Wirtualizacja w chmurze	Wystarczająca ¹	Średnia/ Niewystarczająca ^{1,2,3}	Średnia/ Niewystarczająca ^{1,4}	Średnia ^{3,4}	Doskonała/ Wystarczająca	Średnia ^{1,3,6}

Źródło: opracowanie własne.

1. Ograniczenia związane są ze stabilnością dostępu do takich platform oraz trudnościami prawnymi w obszarze ochrony danych wrażliwych. Sugerowane jest zastosowanie w tym przypadku chmury hybrydowej.
2. Taka wirtualizacja jest wystarczająca tylko w przypadku, gdy nie wykorzystujemy specjalistycznych portów do pracy z zewnętrznymi urządzeniami (np. port COM – wówczas konieczny jest zewnętrzny terminal portów COM).
3. W przypadku pracy wyłącznie z systemem operacyjnym wirtualizacja jest wystarczająca, jednak w przypadku próby uruchomienia wybranych usług lub aplikacji mogą wystąpić ograniczenia licencyjne lub programowe uniemożliwiające ich działanie.
4. W przypadku niestabilnego łącza sieciowego mogą wystąpić znaczne opóźnienia transmisji danych, co w przypadku dostępu do pamięci masowej lub aplikacji może utrudnić lub uniemożliwić działanie systemu.
5. Wykorzystanie mechanizmu masowego strumieniowania musi być wsparte posiadaniem specjalizowanych aplikacji oraz wykwalifikowanego w tym obszarze zespołu IT. Przy zastosowaniu prostych, darmowych mechanizmów strumieniowania jakość strumieni przy dużej liczbie jednoczesnych odtworzeń może być niewystarczająca. Istnieje jednak szereg darmowych platform działających w chmurze, które posiadają dedykowaną strukturę sprzętowo-programową do realizacji tej klasy transmisji.
6. W przypadku wirtualizacji sieci komputerowej możemy wyróżnić dwa podejścia:
 - każde urządzenie wirtualizowane jest na osobnym systemie operacyjnym, co przekłada się bezpośrednio na konieczność wykorzystania dużej liczby wirtualnych maszyn i w tym przypadku pełna wirtualizacja może nie być wymagana, a podnosić będzie koszty instalacji i eksploatacji,
 - urządzenia są wirtualizowane w ramach jednej aplikacji (np. Riverbed Modeler, Omnet++, Packet Tracer itp.) i wtedy do jej działania potrzeba jest jedna maszyna wirtualna na poziomie systemu operacyjnego.

Wnioski

W artykule zaprezentowane zostały wyniki pierwszego etapu badań prowadzonych w zakresie wirtualizacji zasobów laboratoryjnych w nauczaniu z wykorzystaniem e-learningu. W chwili obecnej większość zajęć w laboratorium realizowana jest w oparciu o technikę *blended learning*. Autorzy artykułu podjęli próbę pełnej wirtualizacji zasobów laboratorium z wykorzystaniem różnych technik. W wyniku przeprowadzonych prac wyłoniono te metody, które wykazują największy potencjał. Dalsze prace koncentrować się będą na opracowaniu spójnego kursu ćwiczeń laboratoryjnych z obszaru wprowadzenia do sieci komputerowych, w ramach których wszystkie ćwiczenia będą realizowane na platformie e-learningowej z wykorzystaniem pełnej wirtualizacji zasobów sprzętowych i programowych.

Literatura

- Nie J. (2014), *A Study on the Application Cost of Server Virtualisation*, 9th International Conference on Computational Intelligence and Security (CIS), IEEE.
- Kaur Chouhan P., Sezer S., Choi Y., Kim I., Jung Ch. (2015), *Secure Virtualised Environment*, 9th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST), IEEE.
- Internet 1: *Virtualization Overview*, <https://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>.
- Pan W., Zhang Y., Yu M., Jing J. (2012), *Improving Virtualization Security by Splitting Hypervisor into Smaller Components*, Data and Applications Security and Privacy XXVI Vol. 7371 of the series Lecture Notes in Computer Science, Springer.
- Ruest D., Ruest N. (2009), *Virtualization: A Beginner's Guide*, McGraw-Hill.
- Gouda K.C., Patro A., Dwivedi D, Bhat N. (2014), *Virtualization Approaches in Cloud Computing*, „International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)” vol. 12, issue 4.