

Zdalne Laboratorium Sieciowe

Łukasz SKIBNIEWSKI, Janusz FURTAK

Instytut Teleinformatyki i Automatyki WAT,
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
lskibniewski@wat.edu.pl, jfurtak@wat.edu.pl

STRESZCZENIE: W artykule opisany jest projekt i konfiguracja techniczna urządzeń systemu Zdalnego Laboratorium Sieciowego. Przedstawiono koncepcję i implementację systemu umożliwiającego realizowanie zadań dotyczących sieci komputerowych na fizycznych urządzeniach za pośrednictwem sieci Internet.

SŁOWA KLUCZOWE: zdalne laboratorium sieciowe, ccna, ccna security, routing, przełączanie.

1. Wprowadzenie

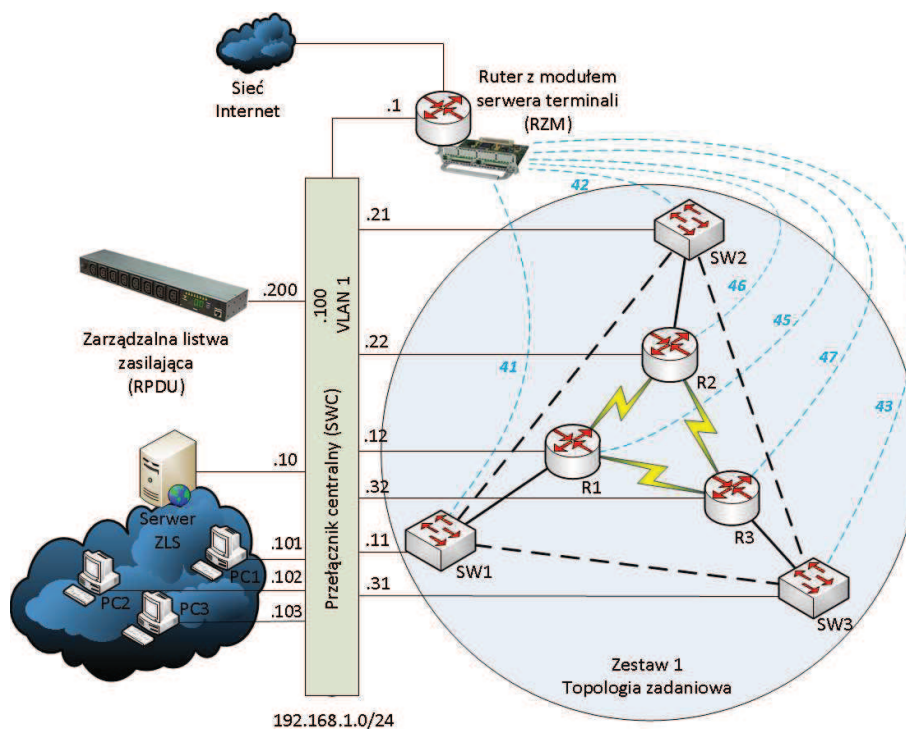
Począwszy od roku 2001 w Instytucie Teleinformatyki i Automatyki istnieje możliwość podnoszenia kwalifikacji zawodowych poprzez uczestnictwo w zajęciach objętych programem Akademii Cisco (zakres CCNA oraz CCNA Security). W prowadzonych kursach najczęściej uwagi skupione jest na umiejętnościach praktycznych, które można zdobyć konfigurując urządzenia sieciowe. Pomimo dobrego wyposażenia sali laboratoryjnej obserwuje się niedostatki w dostępie do sprzętu sieciowego w trakcie prowadzonych zajęć. W dobie upowszechniania się narzędzi zdalnego nauczania problem dostępu do dobrze wyposażonych laboratoriów nie jest w pełni rozwiązany. W ramach Akademii Cisco istnieje możliwość korzystania z systemu NETLAB¹. Rozwiązanie to daje możliwość grupowego użytkowania wielu zestawów szkoleniowych CCNA i CCNA Security jednocześnie, ale jest rozwiązaniem bardzo kosztownym zarówno przy zakupie jak i w trakcie eksploatacji. Innym,

¹ Komercyjny system firmy Network Development Group, który w wersji NETLAB Academy Edition jest odpłatnie dostępny dla Akademii Cisco. Centrum Szkoleniowe Cisco w Rzeszowie jest jednym z miejsc, w których taki system jest użytkowany.

podobnym rozwiązaniem jest system zbudowany i eksploatowany na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej. Jednak to rozwiązanie umożliwia użytkownikom tylko jednego zestawu szkoleniowego przez jednego studenta. W wyniku kilkuletnich prac studentów i nauczycieli Instytutu Teleinformatyki i Automatyki opracowano autorskie rozwiązanie Zdalnego Laboratorium Sieciowego oferującego funkcje podobne do funkcji wcześniej opisanych systemów dające możliwość pracy grupowej na dwóch zestawach CCNA lub CCNA Security jednocześnie. Opis Zdalnego Laboratorium Sieciowego jest treścią kolejnych rozdziałów.

2. Charakterystyka Zdalnego Laboratorium Sieciowego

Zdalne Laboratorium Sieciowe (ZLS) jest to rozwiązanie programowo-sprzętowe umożliwiające użytkownikom rezerwowanie sprzętu sieciowego na określony czas oraz zdalną realizację zadań sieciowych na tym sprzęcie przez przeglądarkę internetową. Architektura ZLS jest pokazana na rys. 1.



Rys. 1. Architektura ZLS z zaznaczoną adresacją i oznaczeniami wykorzystywanych linii terminalowych [4]

Do najważniejszych elementów, na których bazuje koncepcja ZLS, można zaliczyć:

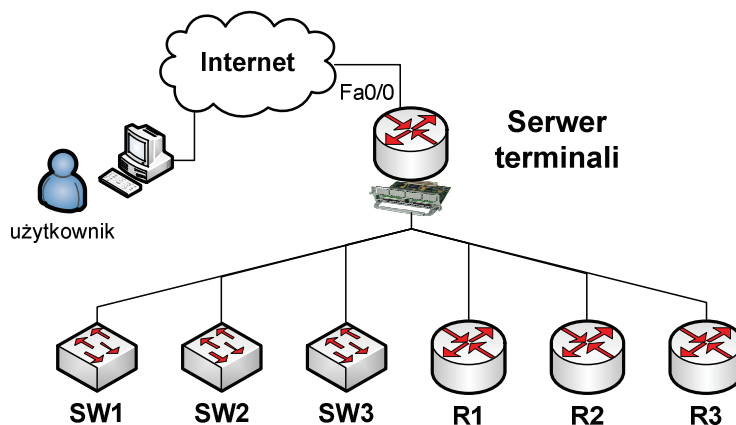
- router (RZM) jako serwer terminali do obsługi urządzeń sieciowych;
- przełącznik centralny (SWC) z obsługą sieci VLAN do budowania różnych topologii sieciowych;
- serwer ZLS i monitor maszyn wirtualnych do symulacji pracy komputerów ZLS;
- zarządzalna listwa zasilająca (RPDU) do sterowania zasilaniem urządzeń sieciowych;
- urządzenia użytkowe laboratorium: routery R1, R2 i R3 oraz przełączniki SW1, SW2 i SW3.

Router RZM pełni rolę zapory sieciowej chroniącej ZLS i rolę serwera terminali. Router ten jest wyposażony w moduł serwera terminali NM-16A/S (rys. 2). Dzięki niemu możliwe jest zarządzanie wszystkimi urządzeniami sieciowymi ZLS poprzez port konsolowy z poziomu jednego routera.



Rys. 2. Moduł NM-16A/S wraz z okablowaniem

Koncepcja zastosowania routera pełniącego rolę serwera terminali jest przedstawiona na rys. 3.



Rys. 3. Umieszczenie serwera terminali w strukturze ZLS

W module NM-16A/S jest do dyspozycji 16 portów, które mogą być wykorzystane jako łącza konsolowe do routerów i przełączników. W systemie IOS routera każdy port modułu jest dostępny przez jedną linię terminalową. Użytkownik, który uzyskał dostęp do routera RZM z wykorzystaniem protokołu **telnet** lub **ssh**, może uzyskiwać dostęp do wybranego urządzenia sieciowego poprzez linię konsolową zmieniając numer linii terminalowej. W konfiguracji ZLS wykorzystano 6 takich linii terminalowych (numery użytych linii terminalowych są pokazane na rys. 1 – linie te na rysunku oznaczono cienką przerywaną linią).

Wszystkie urządzenia, które są elementami ZLS są podłączone do przełącznika centralnego SWC. Przełącznik ten jest używany do realizacji następujących zadań:

- udostępnianie zasobów ZLS użytkownikom pracującym w sieci Internet;
- utworzenie infrastruktury sieciowej dla urządzeń obsługujących ZLS tzn. routera RZM, serwera i monitora maszyn wirtualnych oraz listwy RPDU;
- dostosowanie topologii fizycznej² ZLS do topologii zadaniowej³ sieci wymaganej przez użytkownika ZLS.

Powyższe zadania są wykonywane poprzez modyfikację konfiguracji sieci VLAN na tym przełączniku, odpowiednie włączanie i wyłączanie interfejsów oraz zmianę trybu pracy interfejsów przełącznika SWC.

Serwer ZLS pełni funkcję serwera aplikacji internetowej obsługującej funkcje użytkowe zdalnego laboratorium (tzn. uwierzytelnianie użytkowników, zarządzanie harmonogramem dostępności laboratorium, zarządzanie zasobami laboratorium, udostępnianie repozytorium zdefiniowanych zadań dla użytkowników itp.) oraz funkcję monitora maszyn wirtualnych. Monitor ten może obsługiwać do sześciu maszyn wirtualnych (stacji PC będących częścią topologii zadaniowej), które są w pełni dostępne dla użytkowników wykonujących zadania sieciowe w ZLS.

Zarządzana listwa zasilająca RPDU jest wyposażona w port Ethernet i ma zainstalowany serwer WWW przeznaczony do monitorowania stanu włączania/wyłączania poszczególnych gniazd zasilania. Listwa ta umożliwia użytkownikom sterowanie zasilaniem urządzeń topologii zadaniowej w trakcie korzystania z ZLS i wyłączanie urządzeń, gdy zdalne laboratorium nie jest użytkowane.

Aplikacja internetowa będąca podstawą rozwiązania składa się z trzech modułów: Modułu Harmonogramów, Modułu Zadań oraz Modułu Zarządzania

² Topologia fizyczna określa schemat połączeń wszystkich urządzeń ZLS.

³ Topologia zadaniowa określa wybrane połączenia urządzeń ZLS wykorzystywanych w danym zadaniu.

Zasilaniem. W ramach Modułu Harmonogramów realizowana jest obsługa użytkowników oraz rezerwacji zasobów sieciowych. W ramach Modułu Zadań realizowana jest programowa konfiguracja laboratorium, obsługa dodawania zadań (jak również powiązanych z nimi załączników, topologii i konfiguracji) oraz korzystanie z ZLS. Moduł Zarządzania Zasilaniem jest przeznaczony do włączania/wyłączania poszczególnych komponentów ZLS.

3. Topologia sieci Zdalnego Laboratorium Sieciowego

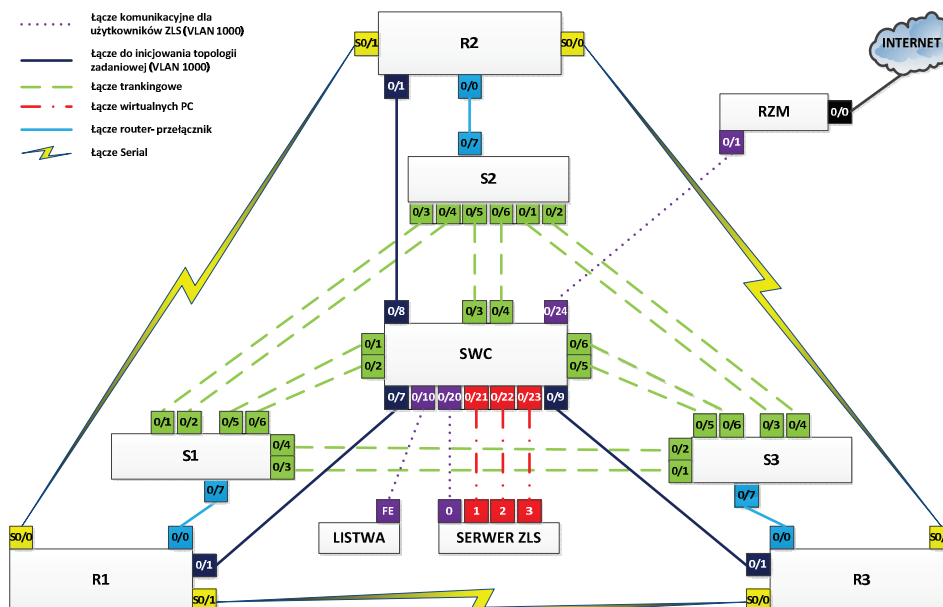
Zbudowanie topologii fizycznej Zdalnego Laboratorium Sieciowego było najważniejszym elementem koncepcji ZLS. Topologia ta powinna zapewnić dostęp użytkownikom pracującym w sieci Internet do elementów ZLS odpowiedzialnych za udostępnianie topologii zadaniowych tzn. do routera RZM, przełącznika SWC, listwy RPDU i serwera ZLS (stała i niezmienna część topologii) oraz do urządzeń tworzących różne topologie zadaniowe tzn. do routerów R1, R2 i R3, przełączników SW1, SW2 i SW3 i wirtualnych maszyn PC1, PC2 i PC3 (zmienna i konfigurowalna część topologii). Ze względu na te wymagania topologia taka powinna mieć wiele połączeń nadmiarowych. Dostosowanie tej topologii do wymagań poszczególnych zadań jest możliwe poprzez wyłączanie poszczególnych połączeń i odpowiednie konfigurowanie urządzeń. W laboratorium wykorzystano sprzęt sieciowy, którego wykaz jest podany w tab. 1.

Tab. 1. Wykaz urządzeń sieciowych Zdalnego Laboratorium Sieciowego

Urządzenie	Nazwa	Model	Pamięć RAM/Flash [MB]	Obraz IOS
Router	R1	2611XM	256/32	c2600-advipservicesk9-mz.124-15.T9.bin
	R2	2621XM	128/32	c2600-ipbasek9-mz.124-15.T14.bin
	R3	2611XM	256/32	c2600-advipservicesk9-mz.124-15.T9.bin
	RZM	2621XM	192/32	c2600-ipbasek9-mz.124-15.T14.bin
Przełącznik	S1	c2950	16/8	c2950-i6k2l2q4-mz.121-22.EA12.bin
	S2	c2950	16/8	c2950-i6k2l2q4-mz.121-22.EA12.bin
	S3	c2950	16/8	c2950-i6k2l2q4-mz.121-22.EA12.bin
	SWC	c2960	64/32	c2960-lanbasek9-mz.122-55.SE.bin

Sposób połączenia urządzeń ZLS jest pokazany na rys. 4. W tej topologii wykorzystywana jest sieć VLAN 1000 do zapewnienia możliwości komunikacji użytkowników (tzn. studentów, instruktorów i administratora) z zasobami ZLS,

do której na stałe przynależą interfejsy urządzeń połączone na rys. 4 linią kropkową. Do tej samej sieci VLAN, tylko na czas inicjowania topologii zadaniowej, przynależą również interfejsy Fa0/1 routerów R1, R2 i R3 oraz interfejsy SVI przełączników S1, S2 i S3 i są wtedy wykorzystywane do przesłania konfiguracji początkowej do tych urządzeń.



Rys. 4. Topologia fizyczna ZLS

Topologia zadaniowa jest to dowolna topologia, która jest możliwa do utworzenia z topologii fizycznej ZLS poprzez wykonanie co najmniej jednej z następujących czynności:

- wyłączenie (ang. *shutdown*) wybranych interfejsów routerów R1, R2 i R3, przełączników SW1, SW2 i SW3 lub wirtualnych maszyn PC1, PC2 i PC3;
- tworzenie sieci VLAN na przełączniku SWC i przydzielanie do tych sieci VLAN wybranych interfejsów urządzeń ZLS.

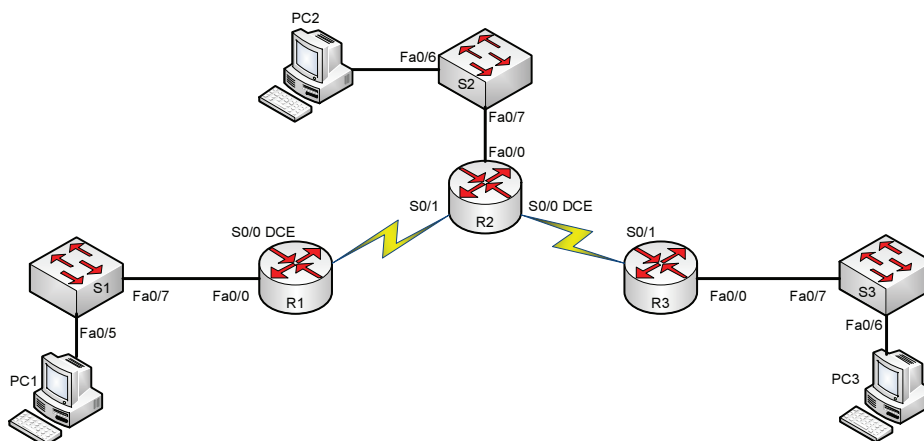
Topologie zadaniowe mogą być utworzone przez administratora lub instruktora i przypisane do konkretnego zadania, albo utworzone przez studenta przed rozpoczęciem realizacji zadania laboratoryjnego.

Większość zadań laboratoryjnych realizowanych na kursie CCNA oraz CCNA Security bazuje na jednej z trzech poniżej wymienionych topologii zadaniowych:

- **Topologia routerowa** – zadania laboratoryjne bazujące na tej topologii obejmują swoim zakresem zagadnienia związane z routingiem w sieciach komputerowych (semestr 2 CCNA);
- **Topologia przełącznikowa** – zadania laboratoryjne bazujące na tej topologii obejmują swoim zakresem zagadnienia związane z działaniem przełączników oraz przełączaniem pakietów w sieciach komputerowych (semestr 3 CCNA);
- **Topologia security** – zadania laboratoryjne bazujące na tej topologii związane są z działaniem sieci rozległych oraz tematyką bezpieczeństwa w sieciach komputerowych (semestr 4 CCNA oraz CCNA Security).

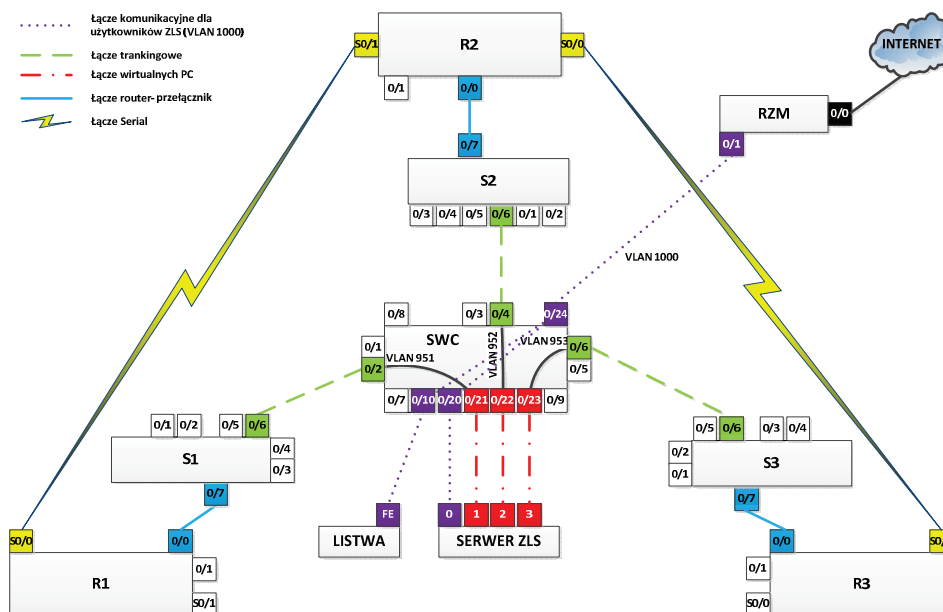
3.1. Topologia routerowa

Topologia routerowa jest pokazana na rys. 5, a schemat połączeń fizycznych tej topologii jest pokazany na rys. 6.



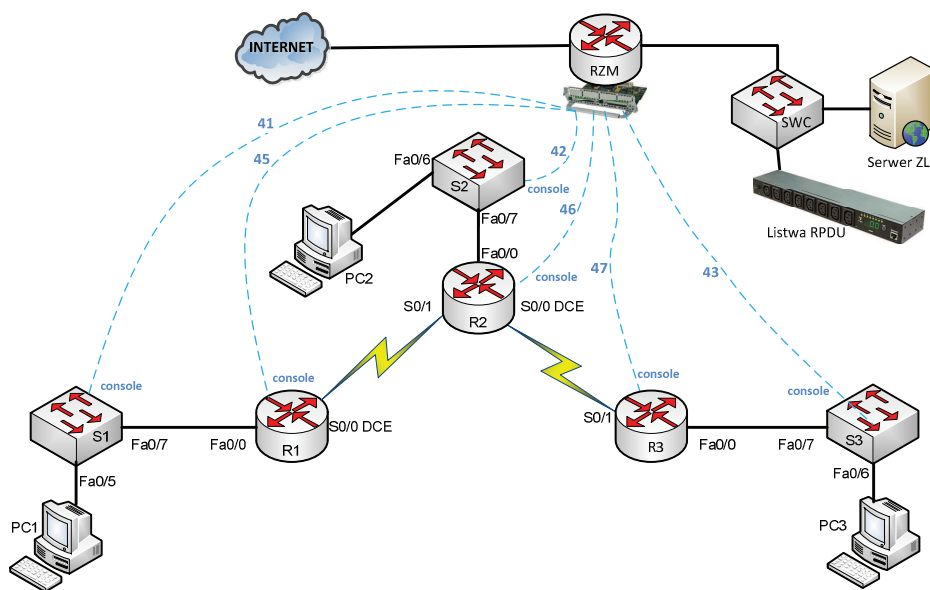
Rys. 5. Topologia routerowa

W celu utworzenia topologii routerowej z topologii fizycznej wyłączono administracyjnie niepotrzebne interfejsy (na rys. 6 tło oznaczeń tych interfejsów jest białe) i odpowiednio na przełączniku SWC skonfigurowano sieci VLAN 951, 952 i 953.



Rys. 6. Schemat połączeń fizycznych w topologii routerowej

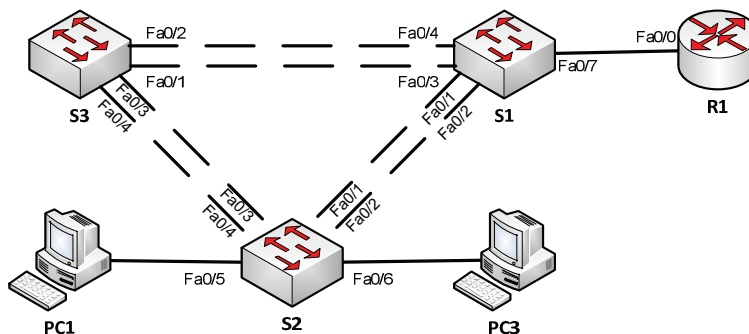
Sposób dostępu użytkowników ZLS z sieci Internet do portów konsolowych urządzeń należących do sieci o topologii routerowej jest pokazany na rys. 7.



Rys. 7. Sposób dostępu użytkowników ZLS z sieci Internet do sieci o topologii routerowej

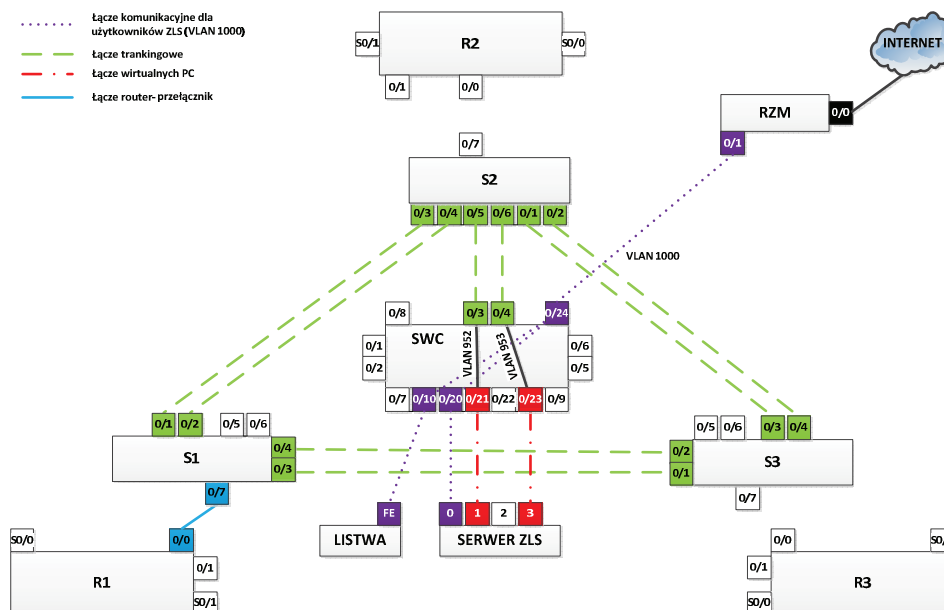
3.2. Topologia przełącznikowa

Topologia przełącznikowa jest pokazana na rys. 8, a schemat połączeń fizycznych w tej topologii jest pokazany na rys. 9.



Rys. 8. Topologia przełącznikowa

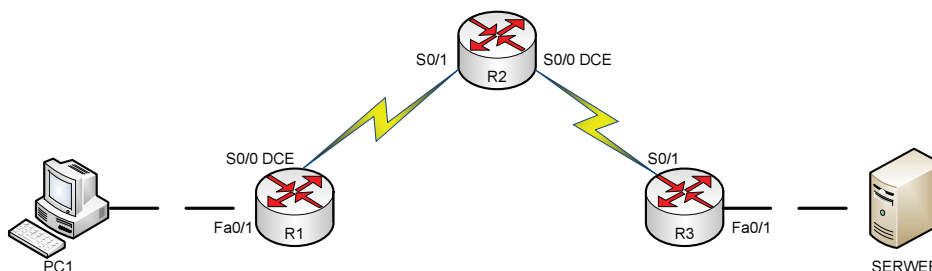
W celu utworzenia topologii przełącznikowej z topologii fizycznej wyłączono administracyjnie niepotrzebne interfejsy (na rys. 9 tło oznaczeń tych interfejsów jest białe) i odpowiednio na przełączniku SWC skonfigurowano sieci VLAN 951 i 953. Sposób dostępu użytkowników ZLS z sieci Internet do topologii przełącznikowej jest analogiczny jak dostęp do sieci o topologii routerowej pokazanej na rys. 7.



Rys.9. Schemat połączeń fizycznych w topologii przełącznikowej

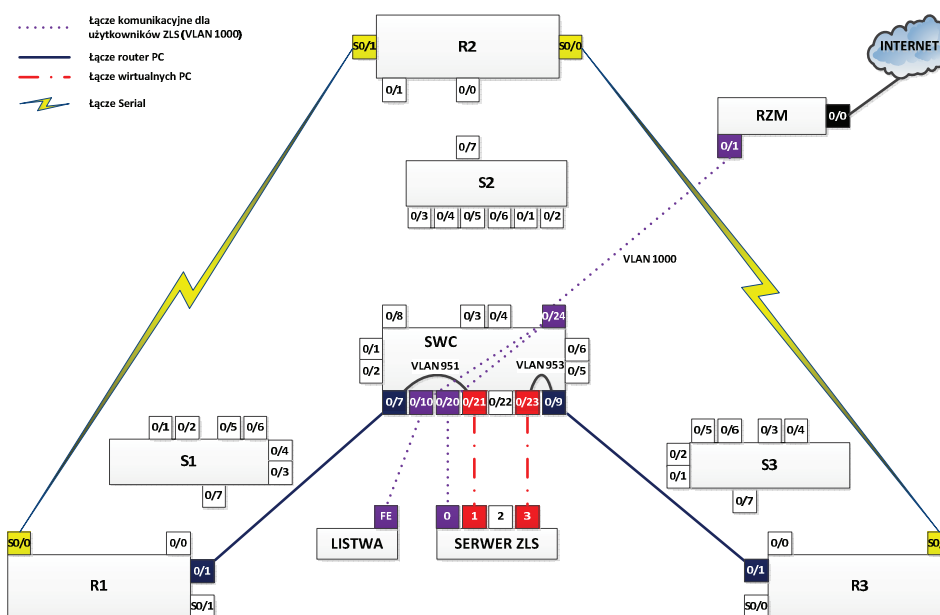
3.3. Topologia security

Topologia security jest pokazana na rys. 10, a schemat połączeń fizycznych tej topologii jest pokazany na rys. 11.



Rys. 10. Topologia security

W celu utworzenia topologii security z topologii fizycznej wyłączono administracyjnie niepotrzebne interfejsy (na rys.11 tło oznaczeń tych interfejsów jest białe) i odpowiednio na przełączniku SWC skonfigurowano sieci VLAN 951 i 953. Sposób dostępu użytkowników ZLS z sieci Internet do topologii security jest analogiczny jak dostęp do topologii routerowej pokazanej na rys. 7.



Rys. 11. Schemat połączeń fizycznych w topologii security

3.4. Stacje robocze używane w ZLS

System Zdalnego Laboratorium Sieciowego, oprócz zagwarantowania dostępu do urządzeń sieciowych, umożliwia korzystanie z urządzeń końcowych takich jak stacje robocze. Są one używane do badania wzajemnej osiągalności (np. za pomocą poleceń ping czy traceroute/tracert). Stacje robocze mają także zastosowanie podczas weryfikowania ruchu sieciowego, który generują oraz ruchu generowanego przez urządzenia sieciowe. Do tego celu stosowane są narzędzia do przechwytywania pakietów (np. Wireshark). Dodatkowo, w zadaniach objętych szkoleniem CCNA Security, w trakcie ćwiczeń laboratoryjnych, na stacjach roboczych jest konfigurowane oprogramowanie do zestawiania tuneli VPN. Takie ćwiczenia mają na celu weryfikowanie poprawności działania tuneli i rozwiązywanie potencjalnych problemów. Zastosowane w ZLS rozwiązanie umożliwiające korzystanie z urządzeń końcowych bazuje na technologii wirtualizacji zasobów sprzętowych komputera pełniącego rolę serwera ZLS. Wybrana koncepcja ma następujące zalety:

- zmniejsza liczbę fizycznych urządzeń, które trzeba byłoby dodać w przypadku rozwiązania klasycznego (3 dodatkowe komputery);
- zapewnia dużą skalowalność – liczba stacji roboczych jest ograniczona przez wielkość pamięci RAM oraz wydajność procesora serwera ZLS;
- zmniejsza narzut administracyjny. W przypadku wprowadzenia niepożądanych zmian lub awarii systemu operacyjnego maszyny wirtualnej przywrócenie pełnej funkcjonalności wymaga odzyskania danych z kopii zapasowej lub snapshotu⁴ (~1h).

Do obsługi maszyn wirtualnych systemu Zdalnego Laboratorium Sieciowego zostało wykorzystane oprogramowanie VMware Server w wersji 2.0 (wersja dla procesorów 64-bitowych). Oprogramowanie to w trakcie uruchamiania systemu operacyjnego serwera ZLS inicjuje proces monitora maszyn wirtualnych, który zapewnia dostęp do funkcji związanych z konfiguracją, uruchamianiem oraz zarządzaniem maszynami wirtualnymi. W systemie ZLS, na potrzeby zadań objętych szkoleniami Cisco, uruchamiane są jednocześnie trzy maszyny wirtualne. Na każdą z nich zostały nałożone ograniczenia w stosunku do kluczowych zasobów sprzętowych serwera ZLS. Testy obciążenia systemu ZLS z trzema uruchomionymi maszynami wirtualnymi wykazały wykorzystanie zasobów na poziomie 80% (pamięć RAM i procesor). Ograniczenia dotyczące zasobów przydzielonych do systemu operacyjnego każdej maszyny wirtualnej są następujące:

- liczba procesorów: 1;
- pamięć RAM: 512MB;

⁴Snapshot (migawka) – sposób zapewniania dostępu do ustawień systemów operacyjnych zawierających wcześniejszą wersję danych przechowywanych w pamięci masowej.

- pojemność dysku twardego: 16GB;
- liczba interfejsów sieciowych: 2.

Pozostałe komponenty fizycznie (np. karta graficzna, czy karta muzyczna) nie mają dużego znaczenia w przypadku obsługi systemu ZLS i dlatego są one pominięte w wymaganiach. Każda maszyna wirtualna ma przypisane dwa interfejsy sieciowe:

- interfejs typu „bridged” używany do przesyłania i odbierania pakietów sieciowych z topologii zadaniowej bezpośrednio do fizycznej karty sieciowej;
- interfejs typu „host-only” (wirtualna karta sieciowa) używany do komunikacji maszyny wirtualnej z serwerem ZLS.

Każda z maszyn wirtualnych korzysta z osobnej karty sieciowej do przesyłania i odbierania pakietów w topologii zadaniowej. Przyjęta koncepcja w znaczący sposób upraszcza obsługę komunikacji pomiędzy urządzeniami końcowymi.

Interfejs typu „host-only” umożliwia zarządzanie systemem operacyjnym maszyny wirtualnej z poziomu serwera ZLS. Wybrane dozwolone operacje to: włączanie, restartowanie, wyłączanie systemu i kopiowanie plików. Połączenie to zapewnia także inną, ważną z punktu widzenia systemu ZLS, funkcję otwierania sesji zdalnego pulpitu do maszyny wirtualnej z poziomu przeglądarki internetowej. Do tego celu jest wykorzystywane oprogramowanie ThinVNC uruchamiane wraz ze startem systemu operacyjnego ZLS.

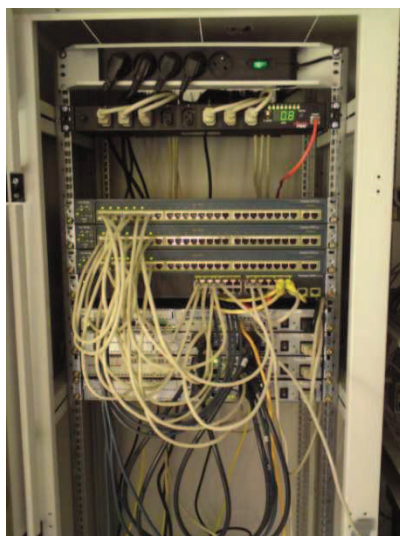
Poprawne przesyłanie pakietów do wymienionych interfejsów sieciowych maszyn wirtualnych wymaga wstępnego mapowania interfejsów fizycznych na interfejsy wirtualne. Czynność tę wykonuje się z poziomu edytora wirtualnych połączeń oprogramowania VMware Server. W tab. 2 przedstawiona jest lista mapowanych interfejsów.

Tab. 2. Mapowanie interfejsów logicznych VMnet

Interfejs fizyczny	Interfejs logiczny VMnet	Zastosowanie	Tryb pracy
DGE-530T	vmnet 0	komunikacja PC1 z urządzeniami sieciowymi	bridged
DGE-530T	vmnet 1	komunikacja PC2 z urządzeniami sieciowymi	bridged
DGE-530T	vmnet 2	komunikacja PC3 z urządzeniami sieciowymi	bridged
-----	vmnet 3	komunikacja pc 1 z vmware server	host-only
-----	vmnet 4	komunikacja pc2 z vmware server	host-only
-----	vmnet 5	komunikacja pc3 z vmware server	host-only

4. Implementacja Zdalnego Laboratorium Sieciowego

Zdalne Laboratorium Sieciowe to zestaw przygotowanych urządzeń sieciowych, komputerów PC oraz odpowiednie oprogramowanie umożliwiające wykonywanie takich samych badań jak w laboratorium fizycznym z tą różnicą, że osoba przeprowadzająca eksperyment nie znajduje się fizycznie przy sprzęcie, lecz korzysta ze specjalnego systemu umożliwiającego zdalną konfigurację urządzeń poprzez przeglądarkę internetową [5]. Urządzenia sieciowe (4 routery oraz 4 przełączniki) są umieszczone w przygotowanej specjalnie dla systemu Zdalnego Laboratorium Sieciowego szafie na sprzęt sieciowy i serwerowy (szafa Rack) – sposób rozmieszczenia sprzętu sieciowego w tej szafie jest pokazany na rys. 12. Dodatkowo w szafie przechowywana jest jedna stacja robocza pełniąca rolę serwera dla systemu ZLS.



Rys. 12. Szafa Rack wraz ze sprzętem sieciowym używanym w ZLS

Główne funkcje Zdalnego Laboratorium Sieciowego są następujące:

- wykonywanie zadań laboratoryjnych na fizycznym sprzęcie w sposób zdalny;
- rezerwacje sprzętu laboratoryjnego na określony dzień i godzinę;
- wykonywanie jednego ze wstępnie przygotowanych ćwiczeń laboratoryjnych;
- tworzenie własnej topologii zadaniowej na podstawie topologii fizycznej;
- zapisywanie plików konfiguracyjnych oraz przywracanie konfiguracji z wcześniej zapisanych plików.

Ponadto ZLS ma następujące możliwości:

- praca pojedyncza lub grupowa (kilku użytkowników wykonuje jedno zdanie);
- emulacja hostów, dzięki czemu możliwe jest sprawdzenie poprawności połączeń End-to-End;
- włączanie, wyłączanie oraz restartowanie urządzeń.

Oprogramowanie Zdalnego Laboratorium Sieciowego obejmuje trzy moduły:

- Moduł Zarządzania Harmonogramami Zdalnego Laboratorium Sieciowego (MZH);
- Moduł Zarządzania Zadaniem Zdalnego Laboratorium Sieciowego (MZZad);
- Moduł Zarządzania Zasilaniem Zdalnego Laboratorium Sieciowego (MZZas).

4.1. Moduł Zarządzania Harmonogramami ZLS (MZH)

Główną funkcją modułu Zarządzania Harmonogramami systemu Zdalnego Laboratorium Sieciowego jest dodawanie, usuwanie oraz wyświetlanie rezerwacji sprzętu sieciowego ZLS. Po zalogowaniu użytkownikowi przedstawiony jest stan jego rezerwacji zasobów systemu (rys. 13).

Stan twoich rezerwacji na dzień: 06.06.2011, godz. 08:20

Lp.	TYTUŁ ZADANIA	GODZINA ROZPOCZĘCIA	GODZINA ZAKOŃCZENIA	DATA	GRUPOWA	CZYNNOŚCI
1	FrameRelay	00:10	03:40	13-06-2011	NIE	USUŃ
2	FrameRelay	12:00	13:00	06-06-2011	NIE	USUŃ
3	Protokół RIP	11:20	15:40	06-06-2011	NIE	USUŃ
4	FrameRelay	08:20	10:40	06-06-2011	NIE	PRZEJDŹ
5	FrameRelay	02:20	05:40	05-06-2011	NIE	

Rys. 13. Wygląd tabeli prezentującej stan rezerwacji zalogowanego użytkownika

Moduł MZH umożliwia przygotowywanie konfiguracji startowej urządzeń dla zarezerwowanego zadania lub rozpoczęcie zadania z konfiguracją fabryczną urządzenia. Użytkownik już w momencie rezerwacji sprzętu wskazuje zadanie, dla którego jest dodawana rezerwacja. System ZLS zawiera prede-

finiowane zadania, które wchodzą w skład zadań praktycznych kursów akademii Cisco. Alternatywą jest dokonanie rezerwacji na tzw. „puste zadanie”, które nie zawiera przygotowanej topologii. Sprzęt laboratoryjny ZLS jest uruchamiany na kilka minut przed rozpoczęciem rezerwacji ZLS użytkownika.

Ponadto moduł MZH przygotowuje i generuje raporty obciążenia ZLS. Przykład takiego raportu jest pokazany na rys. 14. Funkcja ta pozwala na generowanie raportów o strukturze, która może być wcześniej przygotowana przez administratora ZLS.

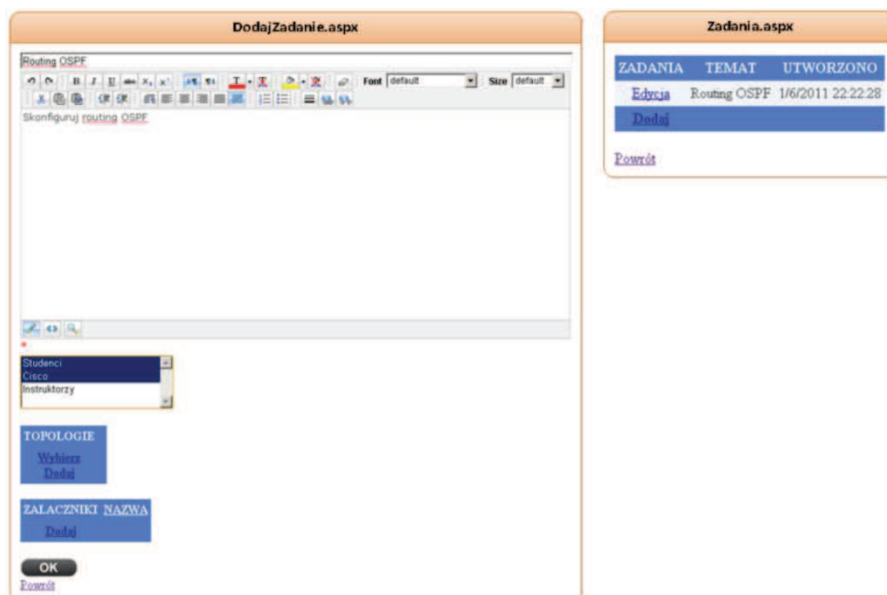
The screenshot shows a web browser window with the URL `http://localhost/modulhar/Raport/Raport.aspx`. The page content includes a section titled "Wybierz raport:" with three links: "TOP 10 użytkowników korzystających z ZLS", "Najczęściej wykonywane zadanie laboratoryjne", and "Obciążenie ZLS z podziałem na miesiące". The selected report is a table with the following data:

ROZPOCZĘCIE	ZAKOŃCZENIE	IMIE	NAZWISKO
2011-06-06 12:00:00	2011-06-06 13:00:00	Tadek	Testowy
2011-06-13 00:10:00	2011-06-13 03:40:00	Tadek	Testowy
2011-06-06 08:20:00	2011-06-06 10:40:00	Tadek	Testowy
2011-06-05 02:20:00	2011-06-05 05:40:00	Tadek	Testowy
2011-06-15 13:00:00	2011-06-15 14:00:00	Tadek	Testowy
2011-06-26 03:20:00	2011-06-26 05:40:00	Tadek	Testowy
2011-06-13 20:00:00	2011-06-13 21:00:00	Tadek	Testowy
2011-06-17 03:10:00	2011-06-17 05:30:00	Tadek	Testowy
2011-06-06 11:20:00	2011-06-06 15:40:00	Tadek	Testowy

Rys. 14. Widok ekranu zawierającego przykład raportu użytkowania systemu ZLS

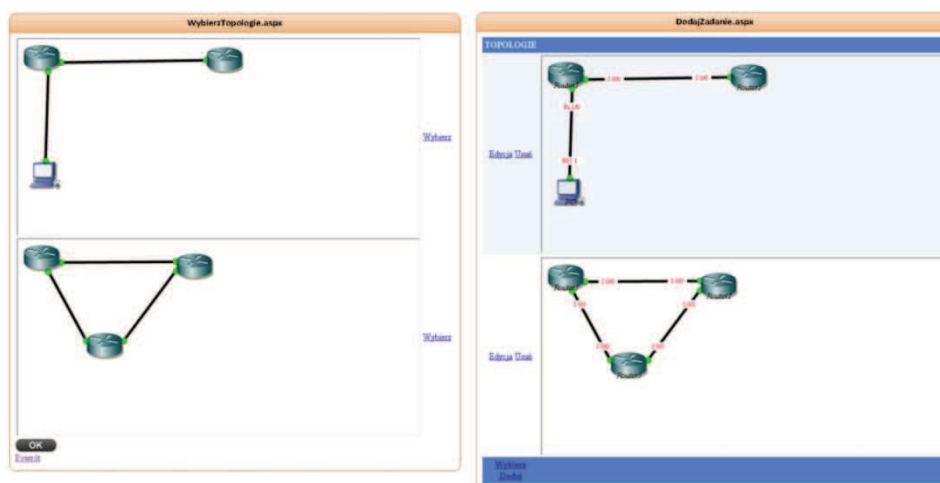
4.2. Moduł Zarządzania Zadaniem ZLS (MZZad)

Głównym zadaniem tego modułu Zdalnego Laboratorium Sieciowego jest dodawanie zadań laboratoryjnych. Zadanie może być dodane przez administratora ZLS, instruktora, ale także przez użytkownika ZLS (studenta, kursanta Cisco). Zadania do systemu ZLS są dodawane za pośrednictwem przygotowanej w tym celu aplikacji internetowej. Okno edycyjne nowego zadania pozwala na dodawanie opisu, rysunków, tabel, a także na formatowanie tekstu. Przykład okna edycyjnego nowego zadania jest przedstawiony na rys. 15.



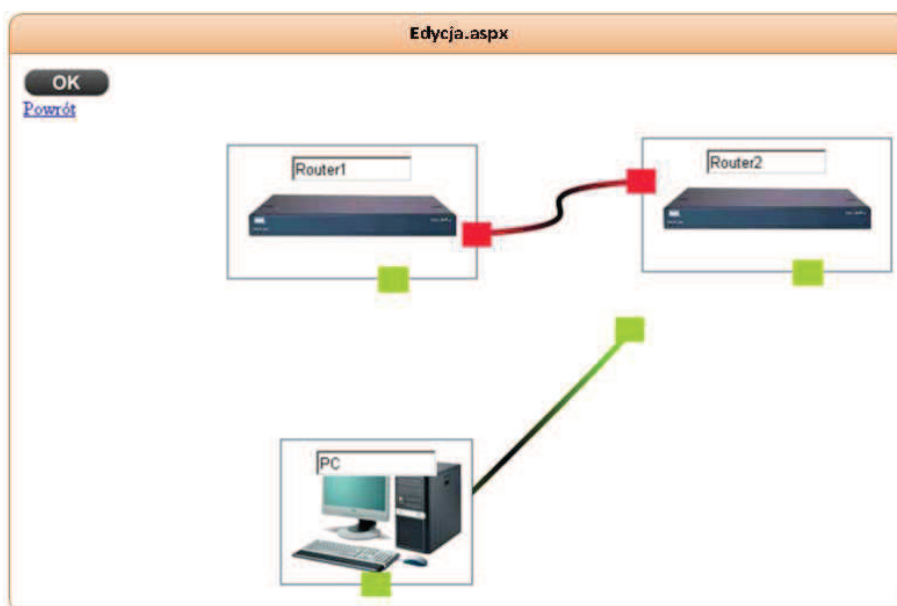
Rys. 15. Okno edycyjne nowego zadania laboratoryjnego

Dodatkowo do zadania można dodawać załączniki w postaci przygotowanych plików konfiguracyjnych urządzeń czy dokumentów z rozszerzeniem .pdf, zawierających wstęp teoretyczny do realizowanego zadania. Przygotowane ćwiczenie laboratoryjne może być powiązane z jedną z dostępnych topologii zadaniowych. Przykład jest pokazany na rys. 16 (po lewej stronie pokazane są dostępne topologie, po prawej stronie prezentowane są zadania z wybraną topologią zadaniową).



Rys. 16. Przykładowe dostępne topologie zadaniowe (lewa część rysunku) oraz przykład zadań laboratoryjnych, którym przypisano topologię (prawa część rysunku)

Istnieje możliwość przygotowywania własnej topologii zadaniowej⁵. Funkcja ta jest także dostępna przez przeglądarkę internetową. Przykład okna edycyjnego topologii zadaniowej przedstawiony jest na rys. 17.



Rys. 17. Okno edycyjne nowej topologii logicznej

Moduł MZH jest odpowiedzialny za przygotowywanie konfiguracji startowych dla urządzeń sieciowych, natomiast moduł MZZ umożliwia wgrzywanie konfiguracji startowej dla wybranego zadania do wskazanego urządzenia. Funkcja ta jest realizowana za pomocą dodatkowej aplikacji rezydującej na serwerze obsługującym system ZLS.

4.3. Moduł Zarządzania Zasilaniem ZLS (MZZas)

Podstawowymi funkcjami Modułu Zarządzania Zasilaniem są: włączanie, restartowanie oraz wyłączenie urządzeń sieciowych wchodzących w skład zestawu laboratoryjnego. Wymienione czynności mogą być wykonywane przez oprogramowanie ZLS przy obsłudze poszczególnych rezerwacji w następujących przypadkach :

- bezpośrednio przed uruchamianą rezerwacją nie było innej rezerwacji – urządzenia są włączane;

⁵ Szczegółowy opis znajduje się w [4].

- bezpośrednio przed uruchamianą rezerwacją była inna rezerwacja – urządzenia są restartowane;
- bezpośrednio po zakończonej rezerwacji nie ma innej planowanej rezerwacji – urządzenia są wyłączane.

Włączanie, wyłączenie i resetowanie urządzeń może także wynikać z warunków zadania i może być przeprowadzone w sposób manualny przez zalogowanego użytkownika. MZZas umożliwia sterowanie zasilaniem urządzeń laboratoryjnych za pomocą komunikatów protokołu SNMP⁶ wysyłanych do specjalizowanej listwy zasilającej⁷. Komunikaty te powodują włączenie/wyłączenie zasilania odpowiedniego gniazda elektrycznego. W ZLS została użyta listwa firmy **Amazing PDU**⁸ (pokazana na rys. 18) obsługująca maksymalnie 8 urządzeń. Diody LED znajdujące się nad wyświetlaczem LCD sygnalizują włączenie/wyłączenie gniazda zasilającego.



Rys. 18. Listwa firmy Amazing PDU sterująca zasilaniem urządzeń ZLS

Oprócz funkcji związanych z możliwością sterowania zasilaniem urządzeń elektrycznych, przedstawiona listwa zapewnia ochronę przeciwprzepięciową oraz wyświetla informację o poborze mocy przez poszczególne urządzenia.

4.4. Interfejsy użytkownika w czasie korzystania z ZLS

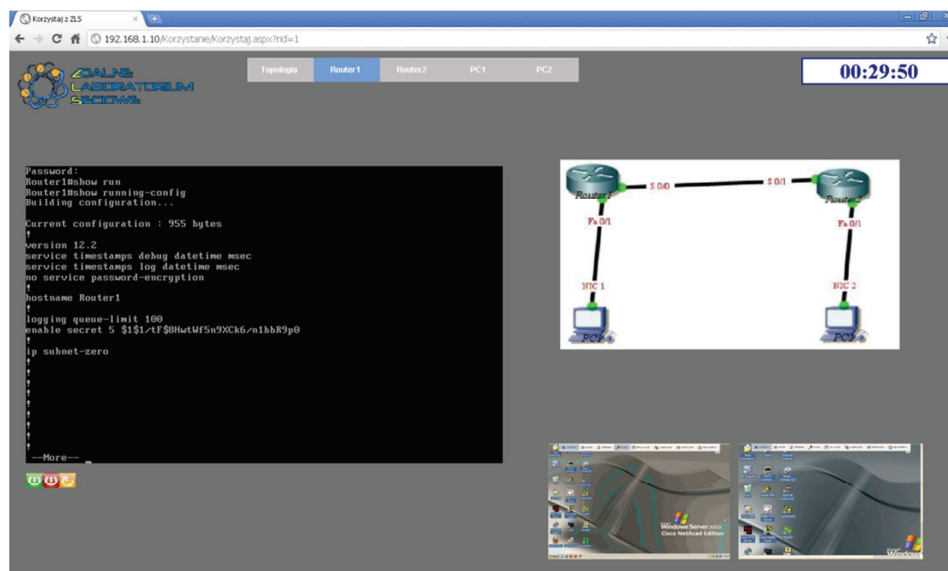
Użytkownik systemu ZLS po zalogowaniu i wybraniu aktywnej rezerwacji jest przekierowywany na podstronę umożliwiającą realizację zadania laboratoryjnego (rys. 19). W górnej, środkowej części okna znajduje się pasek nawigacyjny umożliwiający wyświetlanie (kolor niebieski) oraz ukrywanie (kolor szary) okien: topologii zadaniowej, terminala konsoli urządzeń sieciowych

⁶ Simple Network Management Protocol — rodzina protokołów sieciowych wykorzystywanych do zarządzania urządzeniami sieciowymi. MZZas korzysta z wersji SNMPv2c, opisanej w dokumencie RFC 1901 [1].

⁷ Szczegółowy opis znajduje się w [3].

⁸ Specyfikacja techniczna tej listwy znajduje się w [8].

oraz zdalnego pulpitu stacji roboczych. Użytkownik może według własnego uznania wyświetlać lub ukrywać wymienione elementy. Pod oknem terminala konsoli urządzeń sieciowych znajdują się trzy przyciski umożliwiające odpowiednio: włączenie urządzenia sieciowego, wyłączenie urządzenia oraz restart urządzenia. W prawym górnym rogu widoczny jest zegar odliczający czas do zakończenia rezerwacji. W momencie gdy użytkownikowi kończy się czas rezerwacji, cyfry zegara zmieniają kolor na czerwony.



Rys. 19. Interfejs użytkownika ZLS

5. Zakończenie

Liczba rozwiązań, które można wziąć pod uwagę podczas opracowywania systemu ZLS była bardzo duża. Niemniej jednak podczas opracowywania systemu Zdalnego Laboratorium Sieciowego skłaniano się ku rozwiązaniom, które przy niskim koszcie zakupu oferują skalowalne oraz wydajne działanie. Opracowany system ukierunkowany jest przede wszystkim na wspomaganie realizacji prac dydaktycznych Instytutu Teleinformatyki i Automatyki WAT. W trakcie początkowej eksploatacji ZLS dostrzeżono pewne niedostatki w konstrukcji. Dotyczą one na przykład weryfikacji poprawności przygotowanej topologii fizycznej laboratorium z jej opisem w zasobach ZLS, możliwości skasowania przez użytkownika obrazu systemu IOS na urządzeniach użytkowanych w topologii zadaniowej, niedoskonałości interfejsu użytkownika. Wymienione zagadnienia są tematami trwających prac, które zostaną wdrożone w kolejnej wersji ZLS.

Literatura

- [1] CASE J., MCCLOGHIRE K., ROSE M., WALDBUSSER S., *Introduction to Community-based SNMPv2*, RFC 1901, January 1996.
- [2] DOOLEY K., BROWN I. J., *Cisco. Receptury*, Gliwice, 2004.
- [3] MAJEWSKI T., *Moduł obsługi portów konsolowych i zarządzania zasilaniem w Zdalnym Laboratorium Sieciowym*, Praca dyplomowa, Wydział Cybernetyki WAT, 2011.
- [4] MALISZEWSKI Ł., *Projekt modułu zarządzania zadaniami systemu Zdalnego Laboratorium Sieciowego*, Praca dyplomowa, Wydział Cybernetyki WAT, 2011.
- [5] SKIBNIEWSKI Ł., *Projekt modułu zarządzania harmonogramami systemu Zdalnego Laboratorium Sieciowego*, Praca dyplomowa, Wydział Cybernetyki WAT, 2011.
- [6] *Cisco 3600 Series Multiservice Platforms. Understanding 16- and 32-Port Async Network Modules*, http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps274/products_tech_note09186a00800a93f0.shtml.
- [7] *Cisco 3600 Series Multiservice Platforms. How Async Lines are Numbered in Cisco 3600 Series Routers*, http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps274/products_tech_note09186a00801ca70b.shtml.
- [8] *Instrukcja obsługi listwy zasilającej* (plik AMZ H-1623F/SW-08-1.pdf).

Remote Network Laboratory

ABSTRACT: The paper describes a project of Remote Network Laboratory system along with its technical configuration. The design and implementation of the system is presented. The system enables performing computer network tasks on physical devices via the Internet.

KEYWORDS: remote laboratory, CCNA Security, routing, switching.

Praca wpłynęła do redakcji: 08.03.2012