

Projektowanie Sieci Komputerowych

projekt zaliczeniowy

Sieć komputerowa dla szkoły średniej

Autor: Rafał Malinowski

Data oddania projektu:

Data zaliczenia:

OCENA:

[podpis oceniającego]

I. Cele, wymagania i założenia projektu

1. Cel i zakres projektu

Celem projektu jest przygotowanie dokumentacji technicznej umożliwiającej stworzenie sieci komputerowej dla szkoły średniej. Projekt obejmuje opracowanie logicznej i fizycznej topologii, zapewnienie działania wymaganych usług oraz zagwarantowanie odpowiedniej niezawodności i poziomu bezpieczeństwa.

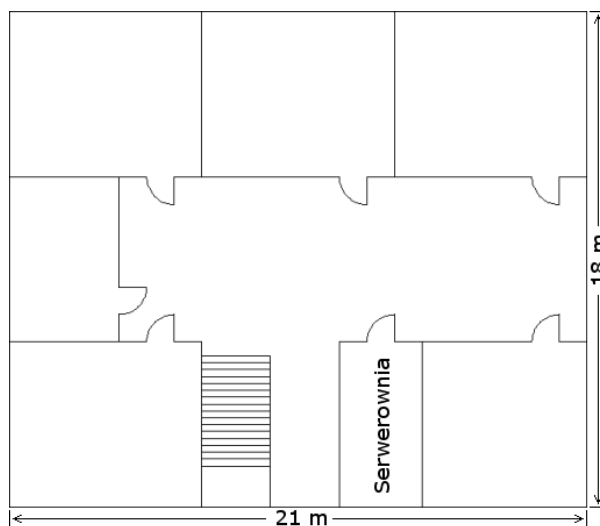
2. Opis obiektu - założenia sieci

Obiektem, dla którego projektowana jest sieć komputerowa, jest szkoła średnia. Dostęp do internetu będzie zapewniony przez doprowadzone z zewnątrz łącze światłowodowe z konwerterem na fast-ethernet.

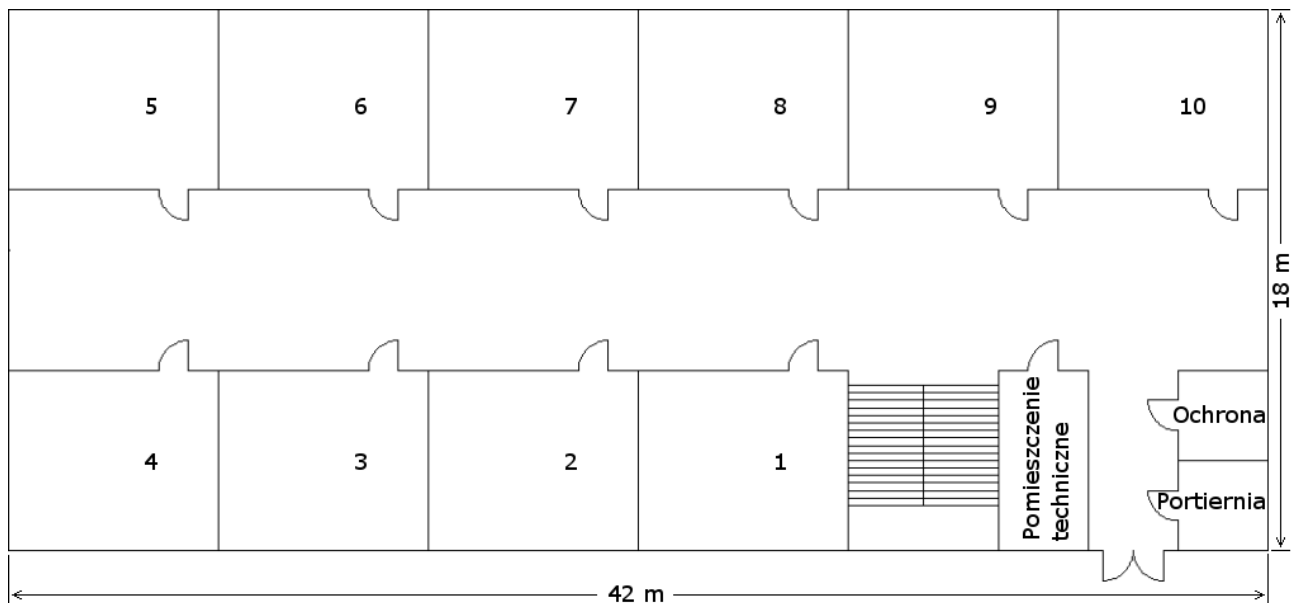
Szkoła mieści się w jednym trzypiętrowym budynku. Na każdym piętrze znajduje się 10 sal laboratoryjnych. Dodatkowo na parterze znajdują się pomieszczenia portierni i ochrony szkoły.

W każdej sali laboratoryjnej ma się znaleźć 15 komputerów dla uczniów, serwer sieciowy i komputer dla nauczyciela. W każdej sali ma istnieć możliwość prowadzenia dowolnych zajęć. Dodatkowo, w portierni i pomieszczeniu ochrony mają znaleźć się komputery z dostępem do sieci szkoły.

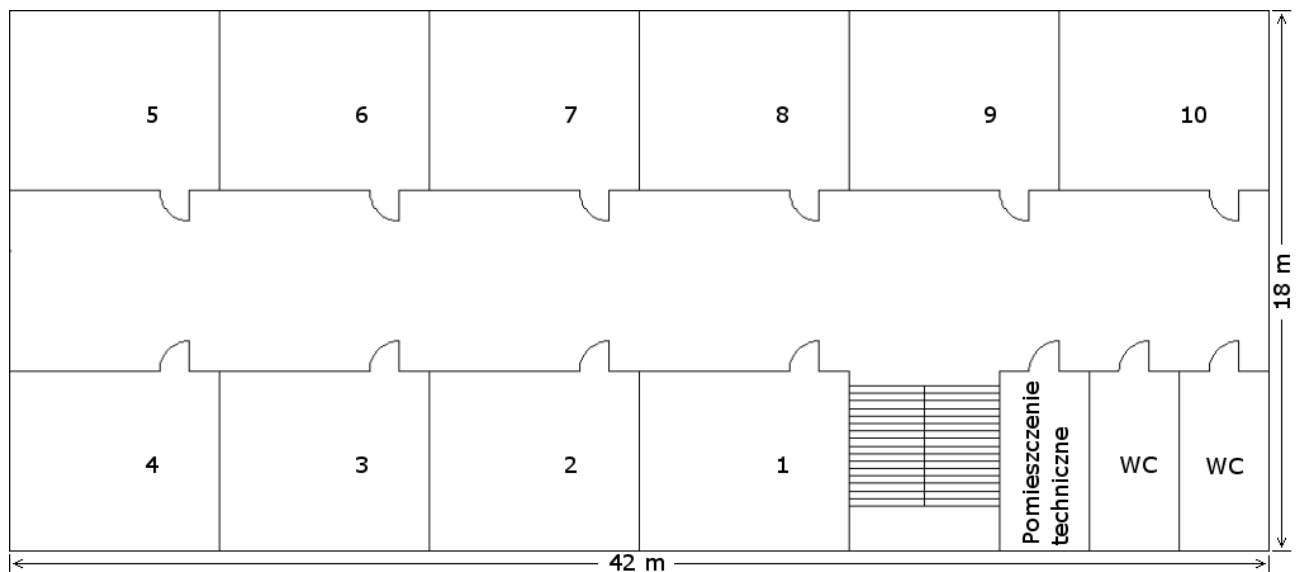
Poniższe schematy prezentują układ pomieszczeń w piwnicy, na parterze oraz na piętrach:



Ilustracja 1: Schemat piwnicy



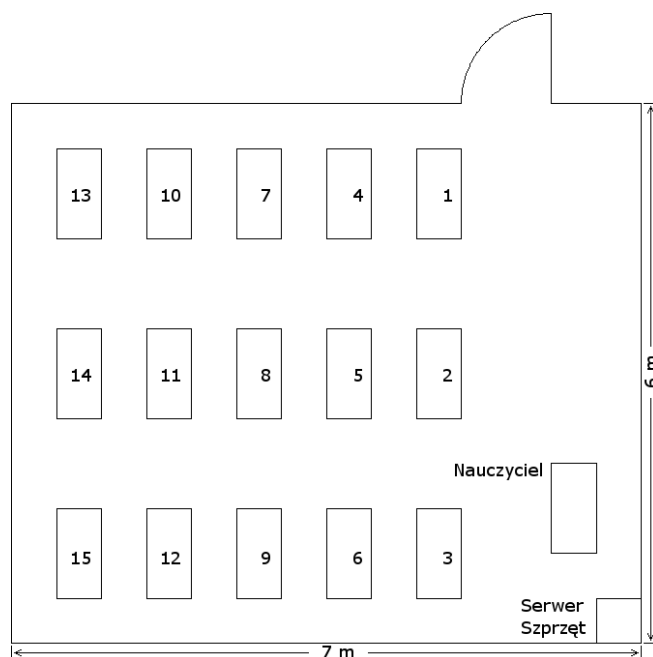
Ilustracja 2: Schemat parteru



Ilustracja 3: Schemat pierwszego i drugiego piętra

Numery sal przedstawione na rysunku odpowiadają ostatnim dwóm cyfrm rzeczywistych numerów sal (na pierwszym piętrze sale mają numery zaczynające się od 101, na drugim od 102).

Układ pojedynczej sali jest następujący:



Ilustracja 4: Układ sali

3. Grupy użytkowników

Następujące grupy użytkowników będą korzystały z sieci szkolnej:

a) Uczniowie

Są najliczniejszą grupą użytkowników. Wykorzystują sieć do wymiany plików z nauczycielami (materiały dydaktyczne, sprawdziany na komputerze). Uczniowie powinni mieć dostęp do przeglądania stron edukacyjnych, oglądania filmów na nich zamieszczonych i pobierania z nich materiałów edukacyjnych. Uczniowie korzystają w różnym czasie z różnych komputerów, dlatego należy zapewnić im możliwość logowania się na jedno konto z różnych miejsc w szkole.

b) Nauczyciel

Umieszcją dane na serwerach do wykorzystania przez uczniów, otrzymują pliki od uczniów. Tak samo jak uczniowie korzystają w różnym czasie z różnych komputerów i powinni mieć możliwość logowania się na jedno konto z różnych miejsc w szkole. Nauczyciel powinien mieć możliwość blokowania/odblokowywania dostępu do usług uczniom w klasie, w jakiej się znajduje.

c) Portier i ochroniarze

Nie mają dostępu do pozostałych komputerów w sieci. Posiadają tylko konta lokalne. Na ich komputery nie można się zalogować posiadając konto uczniowskie lub nauczycielskie. Nie

obowiązuje ich filtrowanie sieci jak na komputerach uczniowskich. Mają dostęp do technologii telefonii internetowej VoIP.

d) Administrator

Szkoła nie zatrudnia administratora sieci na miejscu. Pracuje on zdalnie, niektóre prace wykonuje dojeżdżając do szkoły. Administrator musi mieć zdalny dostęp do wszystkich serwerów i komputerów w sieci.

4. Bezpieczeństwo

Szkoła, jako instytucja edukacyjna, wprowadza szczególne wymagania dotyczące dostępu do różnych usług internetowych. Dostęp do każdej usługi musi być ograniczony w celu zapewnienia bezpieczeństwa sieci i komputerów, a także w celu zapewnienia uczniom możliwości pełnego zaangażowania w prowadzone zajęcia.

Dostęp do usług HTTP/HTTPS, FTP, e-mail jest dla uczniów wystarczający. Dodatkowo, nauczyciel prowadzący zajęcia powinien mieć możliwość dokładniejszego określania dostępu w czasie zajęć (dotyczy to zarówno ograniczania uprawnień jak i rozszerzania) - należy dostarczyć odpowiednie narzędzia umożliwiające szybkie i łatwe zmienianie dostępu do globalnej sieci.

Każdy komputer musi być wyposażony w program antywirusowy. Firewalle będą znajdować się na serwerach ogólnych, serwerach w salach oraz komputerach w portierni i pomieszczeniu ochrony. Konta muszą być chronione odpowiednio silnymi hasłami, szczególnie uprawnione konta nauczycieli i administratora.

W razie kompromitacji lub uszkodzenia instalacja systemu operacyjnego powinna być możliwa z gotowego obrazu systemu z zainstalowanym odpowiednim oprogramowaniem i odpowiednią konfiguracją. Pobieranie obrazu powinno odbywać się przez sieć z centralnego serwera szkoły. Zapisany obraz systemu powinien być chroniony przed zapisem i modyfikowany jedynie przez administratora systemu. Instalacja powinna być przeprowadzona po automatycznym sprawdzeniu spójności obrazu.

5. Niezawodność

Specyfika sieci szkolnej nie wymaga zapewnienia dużej niezawodności. Nie jest to sieć o krytycznym znaczeniu dla funkcjonowania instytucji - pełni rolę pomocniczą. Dodatkowo ilość równocześnie wykorzystywanych podsieci w salach (nie przekraczająca 2/3 według rozkładu zajęć) oraz ich homogeniczność zapewnia samo w sobie bardzo dużą nadmiarowość.

Dane z kont nauczycielskich i uczniowskich oraz z serwerów ogólnych wymagają szczególnej ochrony. Dlatego wszystkie serwery wyposażone zostaną w macierze dyskowe RAID-1 zapewniające dużą ochronę danych przed zniszczeniem.

6. Przepustowość sieci

Dostęp do zlokalizowanych wewnątrz sieci szkolnej danych przeznaczonych dla uczniów i nauczycieli musi być szybki - minimalne wymagania to 2 Mbps na osobę. Dostęp do danych zewnętrznych - 512 kbps (takich transferów wymagają umieszczone w Internecie mini-filmy edukacyjne).

Według szkolnego planu zajęć maksymalna liczba równocześnie zajętych sal wynosi 20. Dodatkowo prawie zawsze równocześnie z łącz korzystają wszystkie osoby znajdujące się w danej chwili w jednej sali, a liczba sal korzystających równocześnie z łącz nie przekracza 10. Poza tym, osoby znajdujące się w jednej sali korzystają najczęściej z tych samych danych pobieranych z Internetu - co daje możliwość zastosowania serwerów umieszczonych w każdej klasie jako *cache* dla protokołów, które to umożliwiają (HTTP, FTP). Wystarczającym łączem dla takiego serwera *cache* jest 1 Mbps. Dla każdego ucznia należy jeszcze przeznaczyć 128 kbps na pobieranie danych z innych serwerów.

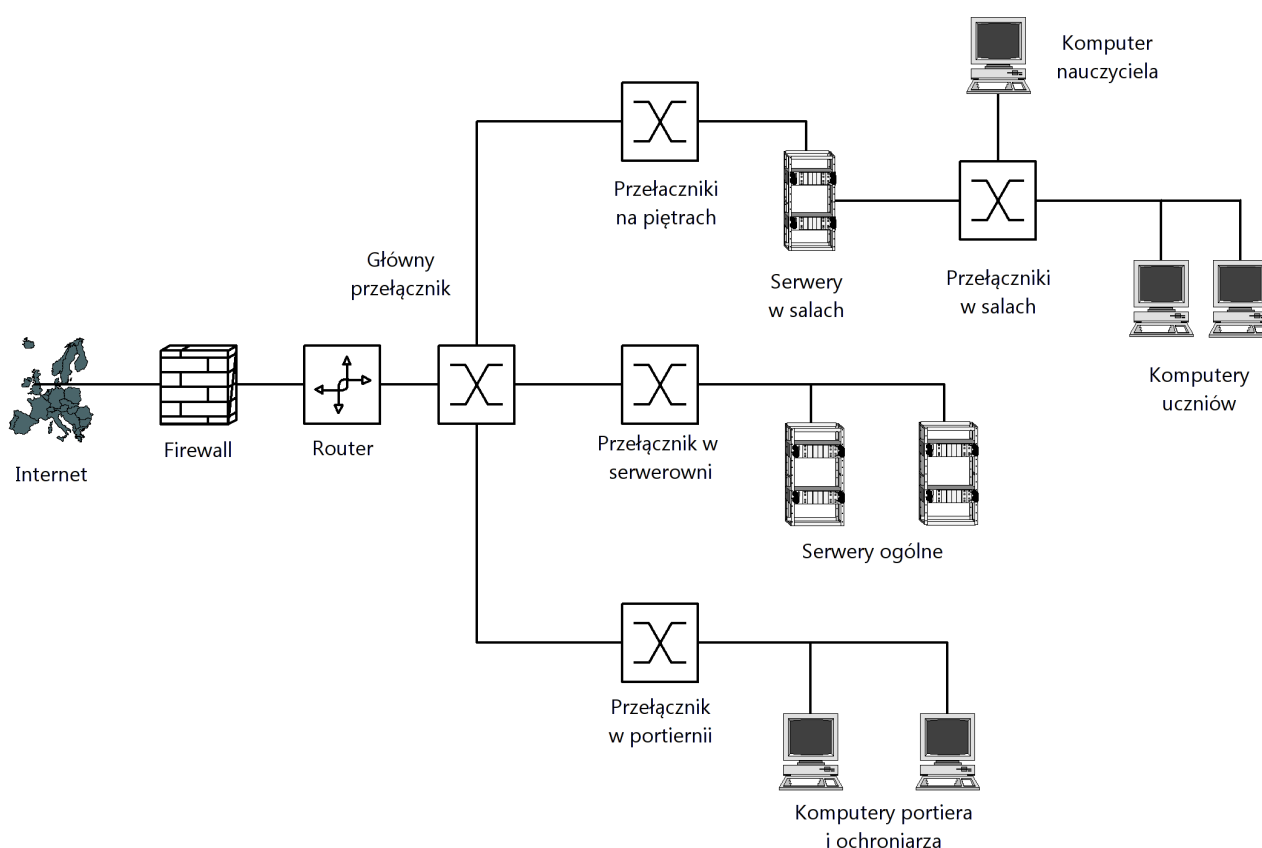
Przyjmując powyższe założenia można przyjąć, że wymagania wynoszą: 3 Mbps na salę komputerową i dodatkowo po 512 kbps dla portiera i ochrony (w tym 32 kbps na połączenia VoIP). Przy założeniach dotyczących wykorzystywania łącz na poziomie 10 sal równocześnie oraz przez portiera i ochroniarza, otrzymujemy wymaganą przepustowość do Internetu wynoszącą 31 Mbps.

Transfer między komputerami w salach a serwerami ogólnymi musi osiągać prędkość co najmniej 2 Mbps na komputer. Przyjmując, że głównymi protokołami dostępu do danych na tych serwerach będą także HTTP i FTP można zastosować serwer *cache* do przyśpieszenia dostępu do tych serwerów. W takim przypadku wystarczy 2 Mbps na salę komputerową + dodatkowe 256 kbps na komputer. To daje wymaganą przepustowość 6 Mbps dla sali. Przy wykorzystaniu łącz na piętrze rzędu 50% wymagana szybkość transferu danych z serwerów ogólnych na piętro wynosi 30 Mbps. Dla całego budynku szkoły transfer ten wynosi 60 Mbps (maksymalnie 10 sal równocześnie korzysta z łącz).

II. Projekt logiczny sieci

1. Topologia logiczna sieci i technologie

Sieć wykorzystuje topologię rozszerzonej gwiazdy. Bramą do internetu jest router podłączony do głównego przełącznika, który łączy 3 przełączniki z pięter, przełącznik portierni/ochrony oraz przełącznik serwerów ogólnych. Przełączniki na piętrach połączone są z serwerami umieszczonymi w poszczególnych salach, do których z kolei łączą się za pomocą przełączników komputery uczniów i nauczycieli. Dla celów bezpieczeństwa połączenie z dostawcą internetowym zostanie zabezpieczone firewallem.



Ilustracja 5: Schemat logiczny sieci

2. Adresacja urządzeń

Sieć szkoły wykorzystuje do adresację prywatny zakres IP klasy A 10.0.0.0/8. Każde piętro ma przydzielony adres posieci 10.x.0.0/16, gdzie x jest numerem piętra. Każda sala ma przydzielony adres podsieci 10.x.y.0/24, gdzie y to dwie ostatnie cyfry numeru sali na piętrze (patrz rysunek 3). Serwery ogólne znajdują się w podsieci 10.200.0.0/24. Komputery portierni i ochrony są w podsieci 10.220.0.0.

W poszczególnych salach serwer posiada adres 10.x.y.200 a komputer nauczyciela 10.x.y.220. Komputery uczniów numerowane są kolejno: 10.x.y.z (patrz rysunek 4).

Adresy dla wszystkich komputerów przydzielane są statycznie. Dodatkowo komputery są autoryzowane na przełącznikach po adresach MAC, co zabiega nieuprawnionemu podłączaniu własnych komputerów do szkolnej sieci.

Korzystanie z adresacji prywatnej wymaga zastosowania translacji SNAT przy dostępie do zasobów internetowych.

Przykładowe adresy:

- 10.0.1.200 - serwer w pierwszej sali na parterze
- 10.2.11.4 - czwarty komputer w jedenastej sali na drugim piętrze
- 10.200.0.2 - jeden z serwerów ogólnych
- 10.220.0.1 - jeden z komputerów portiernii

3. Nazwy urządzeń

Typ urządzenia	Format nazwy	Przykład
Główny router	MAIN-ROUTER	MAIN-ROUTER
Główny przełącznik	MAIN-SWITCH	MAIN-SWITCH
Przełącznik na piętrze	SWITCH-FLOOR-#piętro	SWITCH-FLOOR-2
Serwer w sali	SERVER-F#piętro-R#sala	SERVER-F2-R9
Przełącznik w sali	SWITCH-F#piętro-R#sala	SWITCH-F2-R9
Komputer nauczyciela w sali	NODE-F#piętro-R#sala-MAIN	NODE-F2-R9-MAIN
Komputer ucznia w sali	NODE-F#piętro-R#sala-#numer	NODE-F2-R9-11
Serwer ogólny	COMMON-SERVER-#numer	COMMON-SERVER-1
Przełącznik dla portiernii i ochrony	SWITCH-DOORKEEPER	SWITCH-DOORKEEPER
Komputer w portiernii	NODE-DOORKEEPER	NODE-DOORKEEPER
Komputer w pomieszczeniu ochrony	NODE-SAFEGUARD	NODE-SAFEGUARD
Przełącznik dla serwerów ogólnych	COMMON-SWITCH	COMMON-SWITCH

4. Lista protokołów

Oprócz standardowych protokołów (IP, TCP, HTTP, FTP, DNS) projekt wymaga następujących technologii:

ActiveDirectory (LDAP) - jest to usługa zdalnego uwierzytelniania w systemach z rodziny Windows. Jej zastosowanie umożliwi użytkownikom logowanie się na swoje konta z dowolnego

komputera podłączonego do systemu ActiveDirectory (czyli do komputerów w salach lekcyjnych).

VPN (Virtual Private Network) - usługa umożliwiająca tworzenie wirtualnych sieci prywatnych składających się z sieci oddzielonych od siebie łączami internetowymi. Zastosowanie tej technologii umożliwi administratorom zdalne bezpieczne łączenie do szkolnej sieci oraz logowanie na serwerach za pomocą usługi Remote Access Server (RAS).

SNMP (Simple Network Management Protocol), RMON - protokoły służące do monitorowania urządzeń sieciowych oraz komputerów. W połączeniu z VPN umożliwiają administratorowi łatwy dostęp do informacji niezbędnych do zarządzania siecią szkolną.

RIS (Remote Installation Service) - protokół umożliwia automatyczną instalację systemów z rodziny Windows przez sieć. Na serwerach ogólnych jest zainstalowany serwer RIS dostarczający obrazy systemu gotowe do instalacji i uruchamiania.

SIP (Session Initiation Protocol) - protokół umożliwiający połączenia VoIP.

5. Mechanizmy i środowiska bezpieczeństwa

W celu zapewnienia niezbędnego bezpieczeństwa komputerom szkolnym zastosowano sprzętowe firewalle zainstalowane w miejscu łączenia się sieci szkolnej z Internetem. Firewall dopuszcza z zewnątrz jedynie połączenia VPN, umożliwiając administratorowi zarządzanie siecią. Połączenia wychodzące na zewnątrz nie są poddane żadnym ograniczeniom - jedynie pakiety zwrotne sprawdzane są za pomocą mechanizmu IDS (Intusion Detection System).

Serwery znajdujące się w salach lekcyjnych wyposażone są w prosty firewall ograniczający dostęp uczniom do Internetu (standardowo wszystkie połączenia do Internetu są zabronione). Nauczyciel wyposażony jest w interfejs do tego firewalla, który umożliwia szybkie odblokowanie dostępu do potrzebnych w czasie zajęć usług i adresów sieciowych.

Każdy komputer wyposażony jest w program antywirusowy z ustawionym automatycznym pobieraniem nowych sygnatur wirusów (wymaga to odblokowania w firewallu odpowiedniego adresu).

Zainstalowane przełączniki pozwalają na dostęp do sieci jedynie komputerom ze znanymi im adresami fizycznymi MAC, co uniemożliwi podłączanie obcych komputerów do sieci i ataki od wewnątrz.

6. Mechanizmy i środowiska zarządzania siecią

Zarządzenie siecią szkoły będzie się opierać o protokoły SNMP i RMON. Urządzenia sieciowe wyposażone są w obsługę tych protokołów, zawierają odpowiednie sondy pozwalające na zbieranie danych i odczyt z poziomu zarządcy. Do zarządzania wykorzystanie będzie pakiet Nagios (<http://nagios.sourceforge.net/>) umożliwiający monitorowanie wszystkich aspektów sieci oraz wykonywanie określonych poleceń w wypadku, gdy pewne parametry sieci osiągną wyznaczone wartości.

7. Przyszły rozwój sieci

Projekt sieci zapewnia łatwą możliwość dodawania kolejnych komputerów do sal a także podziału lub łączenia istniejących sal bez modyfikacji systemu nazywania węzłów sieci ani przydzielania im adresów IP. Dodanie kolejnych serwerów ogólnych jest także bardzo proste.

III. Projekt fizyczny sieci

1. Dobór sprzętu

Skonstruowanie powyższej sieci wymaga następujących komponentów:

- serwery do obsługi usług HTTP, FTP, DNS, ActiveDirectory, RIS
- serwery do obsługi *cache* w salach w budynku
- router
- firewall (najlepiej wbudowany w router)
- przełącznik główny, łączący router, przełączniki na piętrach, pomieszczenia ochrony i portiera oraz serwerownie (może być wbudowany w router)
- przełączniki na piętrach, łączące przełącznik główny z serwerami w salach
- przełączniki w salach
- przełącznik w serwerowni, łączący serwery z przełącznikiem głównym
- przełącznik w portierni
- szafy

a) serwery HTTP, FTP, DNS, ActiveDirectory, RIS

W sieci zastosowane zostaną dwa serwery: jeden obsługujący usługi HTTP, FTP i przechowujący dane użytkowników, drugi będzie obsługiwał usługi DNS, ActiveDirectory oraz RIS. Serwery muszą mieć uruchomiony system operacyjny Windows 2003 Server.

Do obsługi wymaganych usług wymagany jest co najmniej dwurdzeniowy procesor o taktowaniu min. 2 GHz, 2 GB RAM oraz 15 GB dysku twardego (konkretnie: 2 dyski 15 GB połączone w RAID-1 w celu zapewnienia większego bezpieczeństwa danym).

Powyższe wymagania spełnia serwer HP ProLiant DL320 G5 z zainstalowanymi dwoma dyskami HP 250GB SATA.



Ilustracja 6: Serwer HP ProLiant DL320 G5

Specyfikacja:

Procesor	Dual-Core Intel® Xeon® 3050 (2.13 GHz, 2MB L2 Cache, 65 Watów, 1066MHz FSB)
Pamięć RAM	2x 1 GB
Pamięć trwała	2x 250 GB (SATA)
Port Ethernet	NC324i PCI Express Dual Port Gigabit Server Adapter
Rozmiar	1 RU
Waga	11 kg
Cena serwera	3 658,78 zł
Cena procesora	662,00 zł
Cena pamięci	2x 240,90 zł
Cena dysków	2x 355,61 zł
Cena łącznie	5512,00 zł

b) serwery cache

Jedynym zadaniem tych serwerów jest zapewnienie większej prędkości pobierania danych HTTP/FTP i innych na komputerach w salach. Zgodnie z założeniem te komputery będą pobierały te same dane z internetu, dzięki czemu można zmniejszyć wymaganą szybkość transferu. Serwer nie musi posiadać ani szybkiego procesora, ani dużej ilości pamięci.

Został wybrany serwer DELL PowerEdge™ R200.



*Ilustracja 7: Serwer DELL
PowerEdge R200*

Specyfikacja:

Procesor	Intel® Celeron® Processor 430 (1.8GHz, 512K Cache, 800MHz FSB)
Pamięć RAM	1x 512MB DDR2
Pamięć trwała	1x 160 GB (SATA)
Port Ethernet	Broadcom® NetXtreme 5721 Single Port Gigabit Ethernet NIC
Rozmiar	1 RU
Cena	2818,20 zł

c) router, firewall, przełącznik główny

Urządzenie to musi mieć możliwość komunikowania się zarówno z internetem (poprzez ISDN) jak i z podłączonymi urządzeniami z prędkością 100 Mbit (wymagana prędkość transmisji do internetu wynosi faktycznie 31 Mbit, maksymalna wymagana prędkość na jednym łączu w sieci szkolnej wynosi 64 Mbit dla dostępu do serwerowni).

Urządzenie musi posiadać wbudowany firewall oraz przełącznik na co najmniej 5 złączy 100 Mbit.

Powyższe wymagania spełnia router Cisco 1802:



Ilustracja 8: Router Cisco 1802

Specyfikacja:

Port DSL WAN	ADSL over ISDN
Liczba portów 10/100 FE WAN	1
Zintegrowany zarządzalny przełącznik	Tak, 8 portów 10/100 BASE-T
Sieć bezprzewodowa	802.11a/b/g
Zintegrowany firewall	Tak, w tym filtrowanie URL
Intrusion Prevention System	Tak
Wielkość	1 RU
Waga	2,8 kg
Obsługa SNMP	v3, szyfrowana
Tunele VPN/IPSec	Maksymalnie 50
Wirtualne sieci LAN	Maksymalnie 8
Sprzętowe szyfrowanie	Tak
System operacyjny	IOS
Cena	3 171,00 zł

Urządzenie zapewnia duże możliwości rozbudowy sieci: posiada 3 nadmiarowe porty przełącznika, wbudowaną obsługę sieci bezprzewodowych oraz tuneli VPN/IPSec i sieci VLAN. Wbudowany firewall i IPS mogą zapewnić duże bezpieczeństwo sieci szkolnej.

d) przełączniki na piętrach

Przełączniki na piętrach muszą posiadać minimalnie 10 portów co najmniej 10 Base-T oraz 1 port uplink co najmniej 100 Base-T.

Warunki te są spełnione przez przełącznik Cisco Catalyst Express 500-24TT:



Ilustracja 9: Przełącznik Cisco Catalyst Express 500-24TT

Specyfikacja:

Uplink	2 porty 10/100/1000 Base-T
Porty	24 porty 10/100 Base-T
Wielkość	1 RU
Waga	3,7 kg
Obsługa SNMP	v3, szyfrowana
Wirtualne sieci LAN	Maksymalnie 32
Cena	1 349,00 zł

Ten sam model przełącznika może zostać z powodzeniem zastosowany w serwerowni, portierni, a także w salach szkolnych.

e) szafa w serwerowni

Szafa stojąca DELTA/S 15U/600x600mm TRITON.

Specyfikacja:

Wysokość	770 mm
Wysokość użytkowa	668 mm (15U)
Szerokość	660 mm
Głębokość	600 mm
Waga	42 kg
Cena	1226,22 zł

f) pozostałe szafy

Szafa wisząca DELTA/X 6U/400 RXA-06-AS4-CAX-A1 TRITON.

Specyfikacja:

Wysokość	320 mm
Wysokość użytkowa	270 mm (6U)
Szerokość	660 mm
Głębokość	600 mm
Waga	13 kg
Cena	347,94 zł

2. Topologia fizyczna sieci

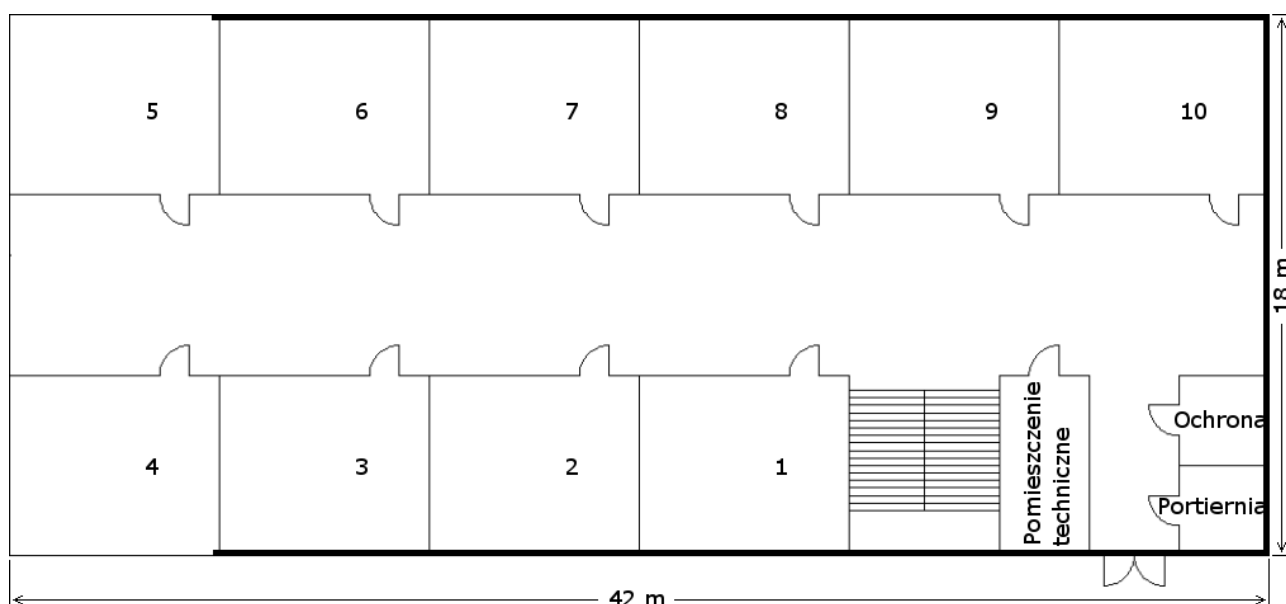
a) Rozmieszczenie serwerów

Serwery sieciowe oraz główne urządzenia zostaną umieszczone w wydzielonym pomieszczeniu w piwnicy budynku. Wydzielone pomieszczenia znajdują się także na każdym piętrze, w nich będą umieszczone przełączniki rozdzielające ruch między salami. W każdej sali zostanie umieszczona specjalnie zabezpieczona szafa, w której znajdzie się serwer oraz przełącznik rozdzielający ruch między komputerami w sali.

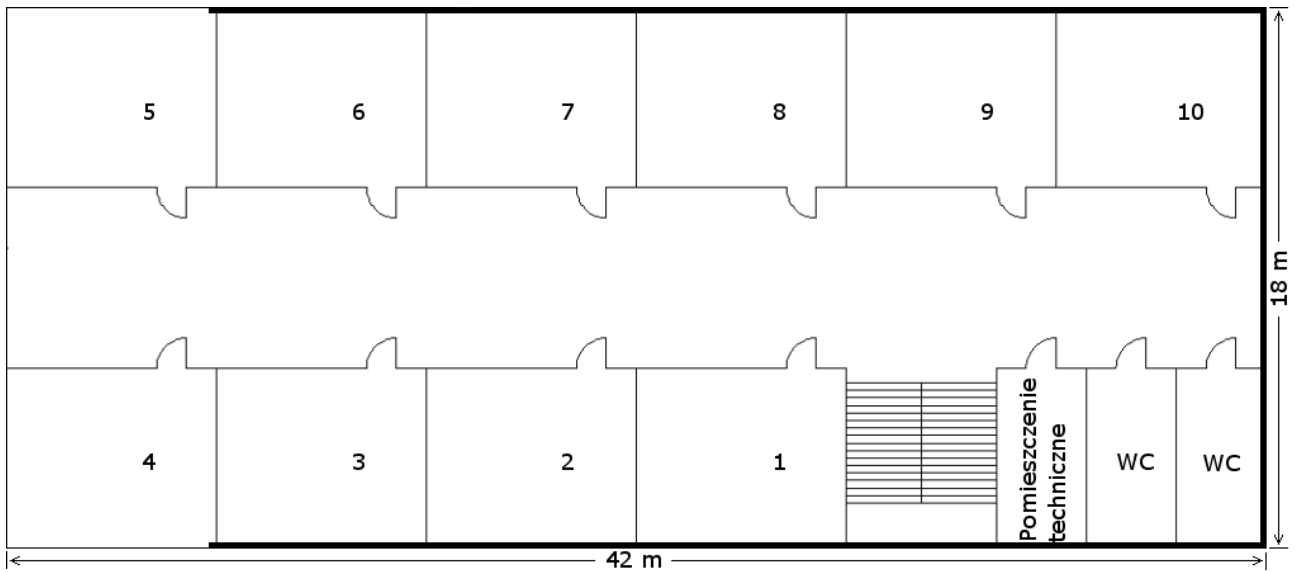
Wszystkie pomieszczenia techniczne znajdują się w jednym pionie, dzięki czemu połączenie ich w jeden system nie wymaga skomplikowanego prowadzenia kabli.

b) Schemat okablowania strukturalnego

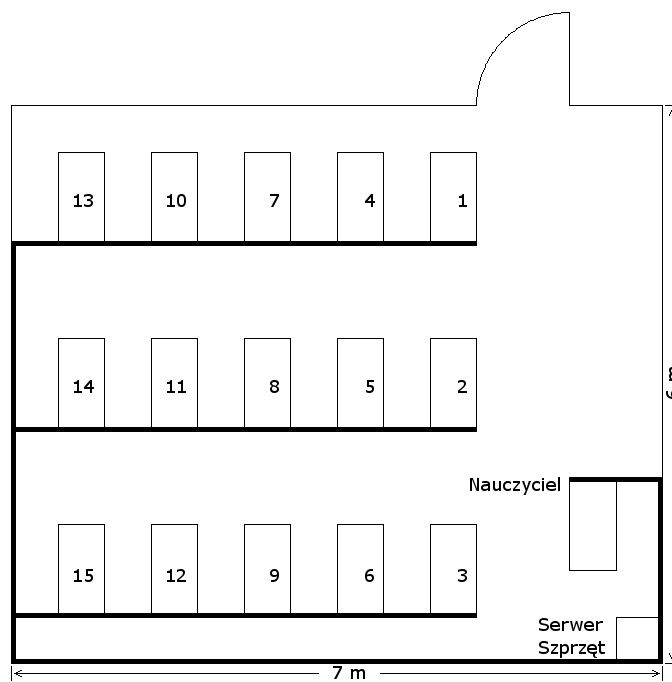
Na poniższych schematach zaznaczono prowadzenie kabli na piętrach oraz w pomieszczeniach.



Ilustracja 10: Prowadzenie kabli na parterze



Ilustracja 11: Prowadzenie kabli na piętrach



Ilustracja 12: Prowadzenie kabli w pomieszczeniach

Wszystkie kable w budynku są typu 100 Base-T. Do połączenia pięter wystarczy przeprowadzić kabel między pomieszczeniami technicznymi.

Wymagana długość kabli wynosi:

1. 3x 355m - kable łączące pomieszczenia na piętrach i parterze
2. 30x 225m - kable łączące komputery w salach
3. 4x 4m - kable łączące urządzenia w pomieszczeniach sieciowych
4. 2x 4m - kable w pomieszczeniach portiernii i ochrony
5. 18m - kable łączące piętra

Co daje łącznie 7857m kabla. Dodatkowo należy dodać 20% zapasu - łączna długość wyniesie 9430 metrów.

Wymagana ilość końcówek:

1. 3x 20 - kable łączące pomieszczenia na piętrach i parterze
2. 30x 34 - kable łączące komputery w salach
3. 8 - kable w serwerowni
4. 6 - kable w pomieszczeniach portiernii i ochrony
5. 6 - kable łączące piętra

Łącznie 1100 końcówek. Dodatkowe 20% zostanie zakupionych na zakup - łącznie 1320 sztuk.

c) Testy sieci

Zamontowane okablowanie należy przetestować pod względem spełniania wymogów technologii 100 Base-T. Testy obejmą sprawdzenie wartości parametrów NEXT, FEXT oraz ACR między następującymi miejscami sieci:

1. główny przełącznik a przełączniki na piętrach
2. przełączniki na piętrach a serwery w salach
3. przełączniki w salach a poszczególne komputery
4. przełącznik na parterze a przełącznik portiernii
5. przełącznik portiernii a komputery portiera i ochroniarza

3. Harmonogram realizacji

Dzień	Działanie
1-2	Przygotowywanie traktów kablowych
2-3	Montowanie szaf i sprzętu sieciowego
4	Położenie okablowania
4	Testy sieci (sprzętowe)
5-9	Instalacja i testowanie oprogramowania
10	Oddanie sieci do użytku

Opóźnienia w tworzeniu sieci mogą wynikać z:

1. niedostarczenia na czas sprzętu przez dostawców
2. utrudnień w przygotowywaniu traktów kablowych
3. niepoprawnego montowania kabli (nieodpowiednio dobre wyniki testów)
4. problemów z instalacją i konfiguracją oprogramowania

4. Kosztorys

Pozycja	Ilość	Cena jednostkowa	Cena łącznie
Serwer HP ProLiant DL320 G5	2	5 512,00 zł	11 024,00 zł
DELL PowerEdge™ R200.	30	2 818,20 zł	84 546,00 zł
Router Cisco 1802	1	3 171,00 zł	3 171,00 zł
Przełącznik Cisco Catalyst Express 500-24TT	35	1 349,00 zł	47 215,00 zł
Szafa stojąca DELTA/S 15U/600x600mm TRITON	1	1 226,22 zł	1 226,22 zł
Szafa wisząca DELTA/X 6U/400 RXA-06-AS4-CAX-A1 TRITON	34	347,94 zł	11 826,56 zł
Okablowanie	9430 m		
Złącza RJ-45	1320		