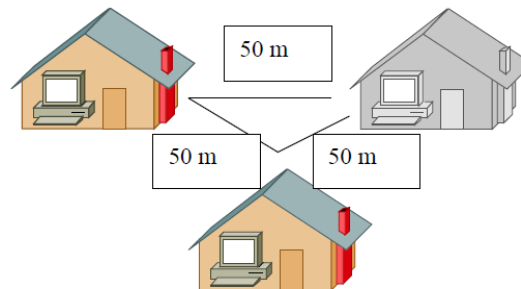


Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

Wydział Fizyki Matematyki i Informatyki

Sieci Komputerowe, Projekt nr 2

1. Zadanie projektowe

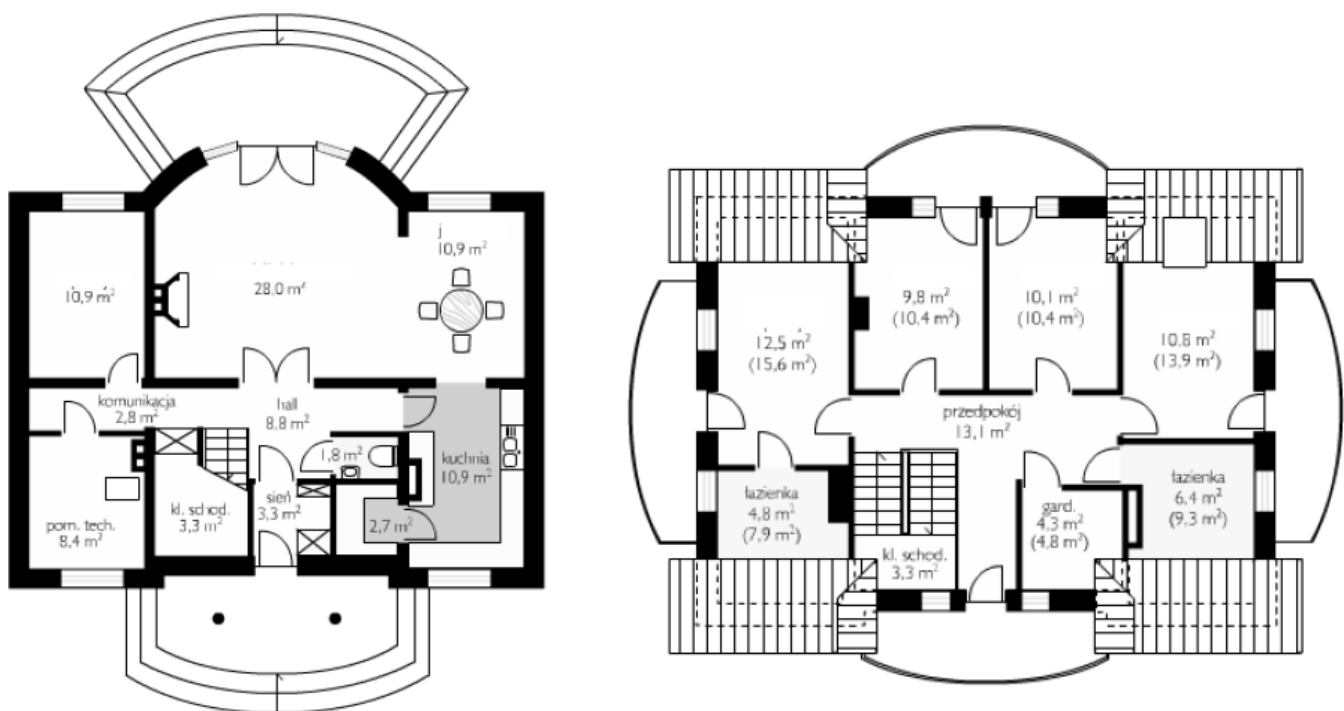


Rysunek 1 - ideowy schemat rozłożenia budynków i odległości między nimi

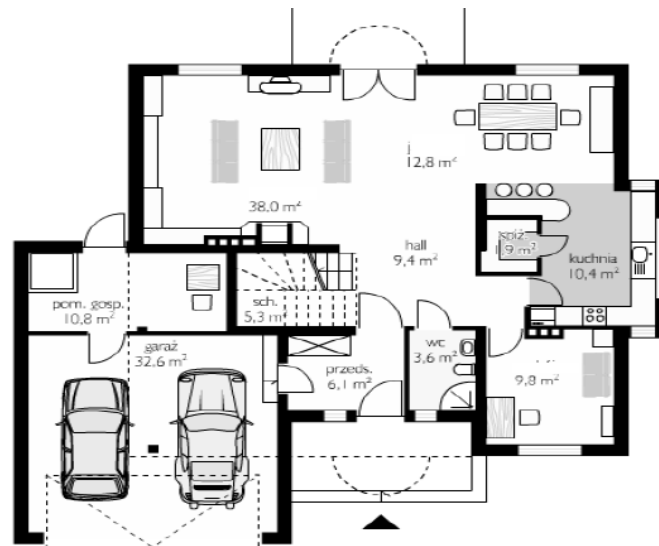
Zadaniem projektowym jest zaprojektowanie sieci spełniającej następujące założenia:

1. Firma składa się z czterech działów.
2. W każdym znajduje się 10 użytkowników komputerów klasy PC
3. W firmie są 4 serwery: serwer bazy danych, serwery aplikacji (system magazynowy, system finansowy, system kadrowy)
4. Firmie należy również zapewnić dostęp do Internetu
5. Firma położna jest w trzech budynkach położonych od siebie w odległości 50 m
6. Wszystkie serwery powinny znajdować się w jednym budynku

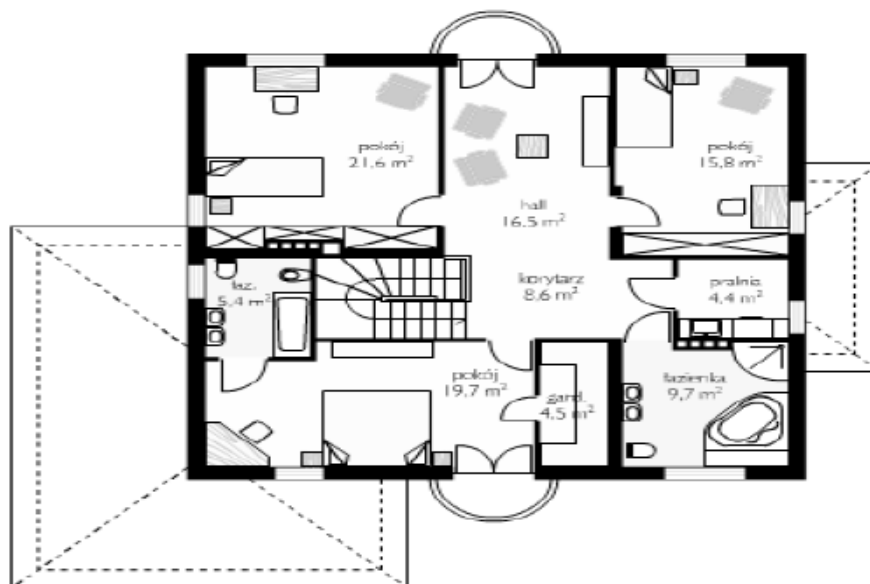
Sieć będzie znajdować się w budynkach o planie przedstawionym na rysunkach 2, 3, 4 i 5.



Rysunek 2 – schemat budynków 1 i 2. Po lewej parter po prawej pierwsza kondygnacja



Rysunek 3 – plan parteru budynku 3



Rysunek 4 - plan pierwszej kondygnacji budynku 3

2. Informacje wstępne o tworzonej infrastrukturze i podziale firmy.

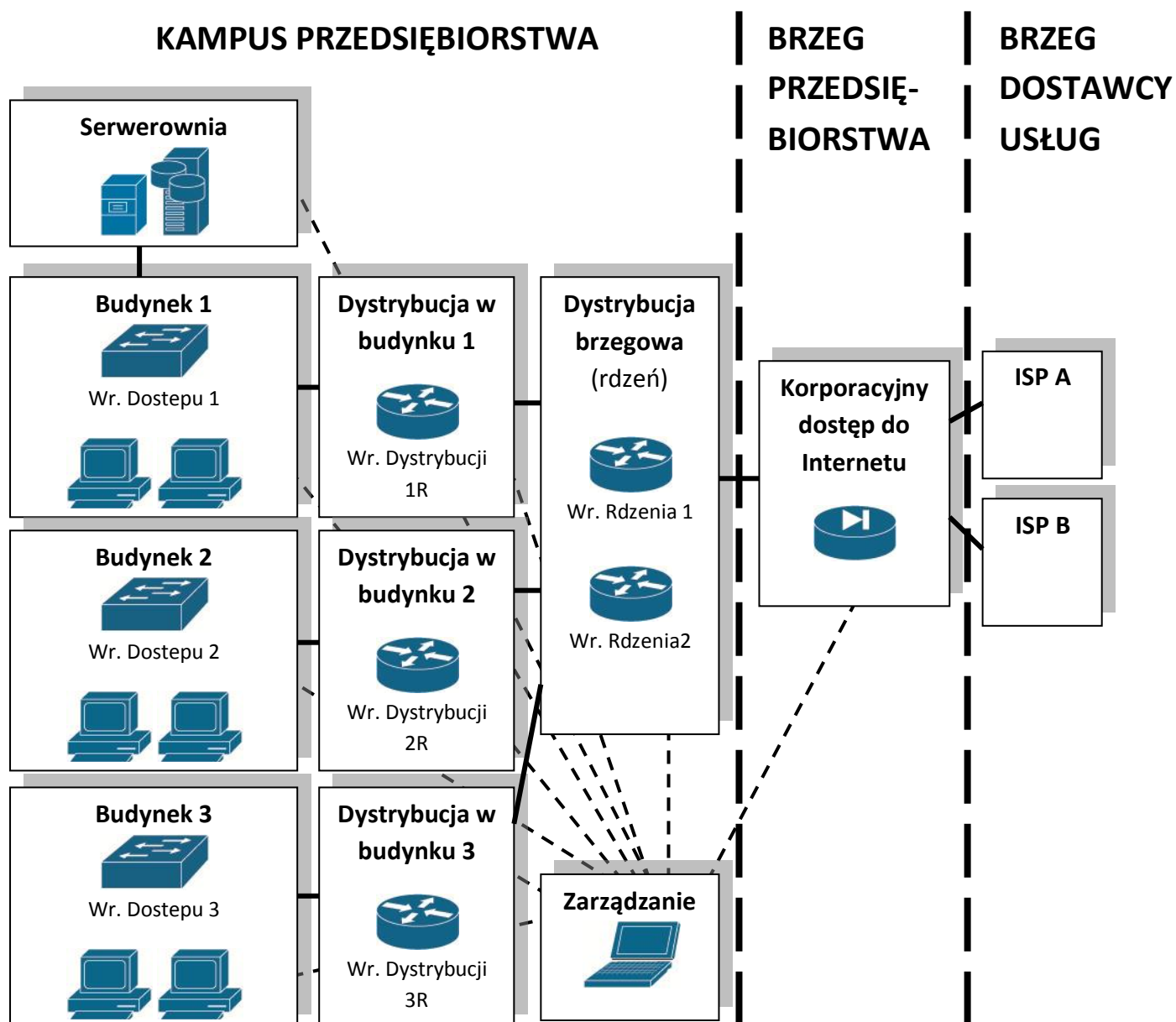
Sieć będzie projektowana z wykorzystaniem metody Top-Down zwanej także zstępującą. Zakłada ona, że logiczny projekt sieci będzie tworzony przez fizycznym. Logiczny projekt będzie ściśle odpowiadał strukturze firmy, dzięki czemu poprowadzi do jak najlepszego dopasowania sprzętu a co za tym idzie lepszej skalowalności, wydajności i opłacalności inwestycji.

Firma składa się z trzech budynków i czterech działów. Jeden z budynków jest wyraźnie większy, więc spokojnie pomieści dwa działy firmy. W pozostałych budynkach rozlokowano po jednym dziale firmy.

Budynek 1	Dział 1 oraz serwerownia
Budynek 2	Dział 2
Budynek 3	Dział 3 i 4

3. Model ECNM tworzonej infrastruktury sieciowej

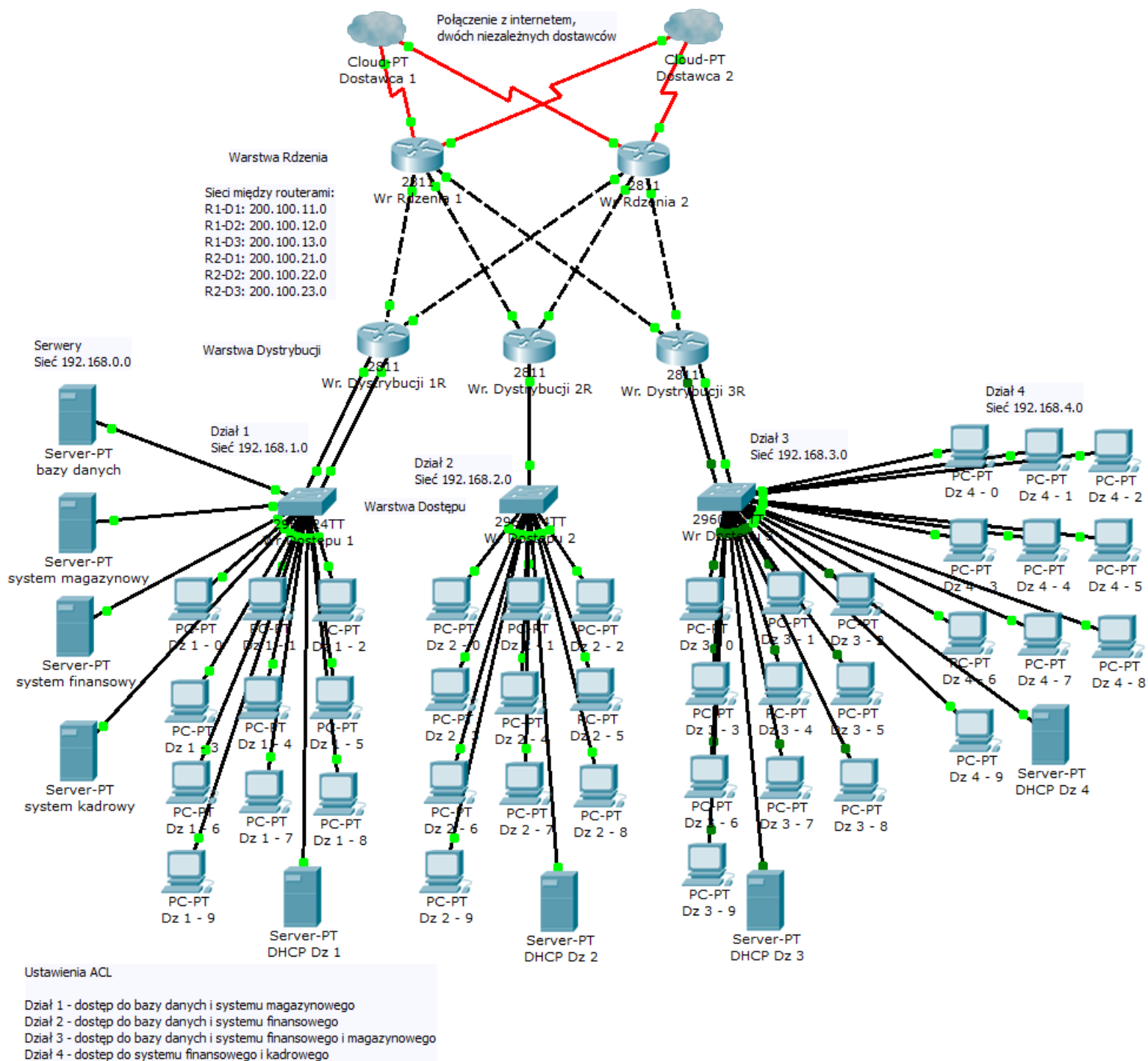
Sieć została zaprojektowana zgodnie z modelem ECNM czyli *Enterprise Composite Network Model*. Wprowadza on modularną i hierarchiczną strukturę sieci i podział na fizyczne, logiczne i funkcjonalne obszary sieci. Ułatwia przez to projektowanie, implementowanie i rozwiązywanie problemów w tworzonej infrastrukturze. Zakłada on funkcjonalny podział na **Kampus Przedsiębiorstwa, Brzeg Przedsiębiorstwa i Brzeg Dostawcy Usług**. Podział fizyczny polega na wyszczególnieniu warstw **Dostępu w budynku, Dystrybucji w budynku i Rdzenia sieci w budynku**. Schemat ECNM tworzonej w ramach projektu sieci przedstawiony jest na rysunku 5.



Rysunek 5 - Schemat ECNM projektowanej sieci

4. Logiczny projekt sieci

Podział sieci na podsieci wraz z rozmieszczeniem switchy i routerów znajduje się w pliku [Projekt 2 - Sieci Komputerowe - Piotr Grawecki - routing dynamiczny.pkt](#), w pliku [Projekt 2 - Sieci Komputerowe - Piotr Grawecki - routing statyczny.pkt](#) oraz na rysunku 6.



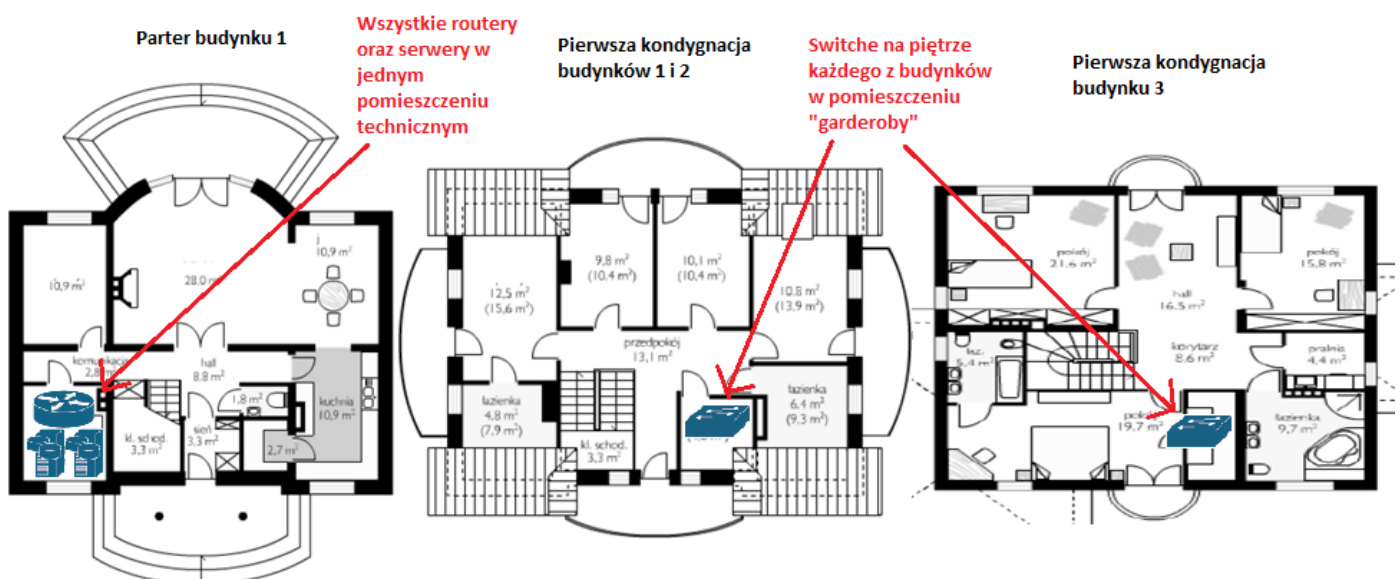
Rysunek 6 - schemat logiczny projektowanej sieci

Jak można zauważyć sieć ma topologie hierarchiczną z podziałem na warstwy zgodnie z modelem ECNM. Pierwszą warstwą jest **warstwa rdzenia**, w której znajdują się szybkie redundantne routery zapewniające bezproblemową komunikację między działami i Internetem, nie są one obciążone żadnymi dodatkowymi zadaniami (typu DHCP, czy ACL), jednak jako że są na brzegu przedsiębiorstwa mają włączoną translację NAT. Kolejna warstwa to **warstwa dystrybucji**. Znajdują się w niej routery, które nie są już zwielokrotnione. Zajmują się one routingiem do wyższej warstwy, routingiem między VLANami najbliższego switcha oraz jeden z nich mają włączony mechanizm list ACL zapewniający odpowiednie prawa dostępu do serwerów. Ostatnią warstwą jest **warstwa dostępu** zawierająca switche, do których bezpośrednio podłączone są komputery PC. Zajmuje się ona tylko i wyłącznie zapewnieniem dostępu klientom do warstw wyższych z podziałem na VLANy.

Do routingu pomiędzy warstwą rdzenia a warstwą dystrybucji w wersji z routingiem dynamicznym wykorzystano protokół **RIP v2**. W warstwie dostępu, w której dwa działy korzystają z jednego switcha wykorzystano podział na sieci VLAN – każdy dział dysponuje osobną siecią wirtualną, w osobnej wirtualnej sieci znajdują się serwery. Dzięki temu możliwe było zapewnienie bezpieczeństwa serwerom i ścisłych reguł dostępu dla poszczególnych podsieci.

5. Fizyczny projekt sieci

a) Lokacja działów firmy oraz rozłożenie infrastruktury sieciowej w budynkach



Rysunek 7 - schemat rozmieszczenia urządzeń aktywnych w budynkach

Podział działów na budynki został przeprowadzony we wcześniejszym rozdziale. Co do samego rozmieszczenia komputerów w budynkach nie ma to większego znaczenia dla działania sieci. Warto nadmienić, że rozmiary pomieszczeń są na tyle nieduże, że maksymalna długość kabla dla standardu Cat. 5 UTP wynosząca 100 m absolutnie wystarcza aby poprowadzić sieć do każdego stanowiska, nawet zakładając prowadzenie kabla wzdłuż krawędzi podłogi.

Odległość między budynkami wynosi 50 m., więc pomiędzy switchami w poszczególnych budynkach, a routerami warstwy dystrybucji znajdującymi się w serwerowni również można poprowadzić kabel miedziany Cat. 5 UTP, lub lepiej STP z racji prowadzenia go na zewnątrz budynku. Rozmieszczenie routerów oraz switchy w budynkach zaprezentowane jest na rysunku 7.

b) Kosztorys

Wstępny i bardzo ogólny kosztorys sieci zakłada wykorzystanie następujących urządzeń oraz nośników:

Nazwa przedmiotu	Cena jdnst.	Il. Sztuk	Cena zakupu
Router Cisco 2811	5700	5	28500
Karta interfejsów NM-2FE2W-V2	7200	5	36000
Karta interfejsów WIC-1T	950	4	3800
Switch Catalyst 2960 24	2600	3	7800
Paczka 305 m Kabla STP Cat. 5 e	180	1	180
Paczka 305 m Kabla UTP Cat. 5 e	120	3	360
Patchcord 1m (do szaf krosujących)	1,5	200	300
Patchcord 2m (do podł. komputera z gniazdem)	2,5	50	125
Duża szafa rack 41 U (serwery i routery)	1050	1	1050
Mała naścienna szafka rack 6U (switchy)	165	3	495
Robocizna ?			0
SUMA			78610

Można zauważyć, że jak na 40 komputerów cena jest dosyć wysoka. Pozostaje zadać sobie pytanie czy dla tak stosunkowo niedużej firmy koniecznej jest zapewnienie dostępności aż na tak wysokim poziomie, z użyciem aż 5 wysokowydajnych routerów. Istnieją jednak metody zapewnienia jeszcze większej dostępności wraz z równoważeniem obciążenia zakładające użycie mniejszej ilości routerów (2 szt. dla tej sieci) i większej ilości tańszych switchy (5 szt.). Wspomniane to zostanie w rozdziale dotyczącym awarii.

6. Działanie infrastruktury sieciowej

Wyniki testu ICMP Ping dla komunikacji w sieci z użyciem dynamicznego protokołu routingu RIP w wersji 2 przedstawione są na rysunku 8, a dla sieci wykorzystującej statyczny routing na rysunku 9.

a) Routing dynamiczny

Last Status	Source	Destination	Type	Last Status	Source	Destination	Type
Successful	Dz 1 - 4	bazy danych	ICMP	Successful	Dz 1 - 0	Dz 2 - 0	ICMP
Successful	Dz 1 - 4	system magazynowy	ICMP	Successful	Dz 1 - 4	Dz 3 - 3	ICMP
Successful	Dz 2 - 5	bazy danych	ICMP	Successful	Dz 1 - 7	Dz 4 - 9	ICMP
Successful	Dz 2 - 5	system finansowy	ICMP	Successful	Dz 2 - 1	Dz 1 - 2	ICMP
Successful	Dz 3 - 1	bazy danych	ICMP	Successful	Dz 2 - 1	Dz 3 - 0	ICMP
Successful	Dz 3 - 5	system magazynowy	ICMP	Successful	Dz 2 - 1	Dz 4 - 6	ICMP
Successful	Dz 3 - 3	system finansowy	ICMP	Successful	Dz 3 - 4	Dz 2 - 5	ICMP
Successful	Dz 4 - 7	system finansowy	ICMP	Successful	Dz 3 - 5	Dz 4 - 6	ICMP
Successful	Dz 4 - 9	system kadrowy	ICMP	Successful	Dz 3 - 7	Dz 1 - 8	ICMP
				Successful	Dz 4 - 0	Dz 1 - 2	ICMP
				Successful	Dz 4 - 0	Dz 2 - 1	ICMP
				Successful	Dz 4 - 1	Dz 3 - 1	ICMP

Rysunek 8 - wynik ping dla komunikacji podsieci – serwery (po lewej) i dla komunikacji pomiędzy podsieciami (po prawej) z użyciem routingu dynamicznego

b) Routing statyczny

Last Status	Source	Destination	Type	Last Status	Source	Destination	Type
Successful	Dz 1 - 2	bazy danych	ICMP	Successful	Dz 1 - 4	Dz 2 - 4	ICMP
Successful	Dz 1 - 8	system magazynowy	ICMP	Successful	Dz 1 - 7	Dz 4 - 7	ICMP
Successful	Dz 2 - 0	bazy danych	ICMP	Successful	Dz 1 - 8	Dz 3 - 6	ICMP
Successful	Dz 2 - 7	system finansowy	ICMP	Successful	Dz 2 - 1	Dz 1 - 7	ICMP
Successful	Dz 3 - 7	system magazynowy	ICMP	Successful	Dz 2 - 1	Dz 3 - 8	ICMP
Successful	Dz 3 - 8	bazy danych	ICMP	Successful	Dz 2 - 3	Dz 4 - 6	ICMP
Successful	Dz 3 - 8	system finansowy	ICMP	Successful	Dz 3 - 4	Dz 1 - 3	ICMP
Successful	Dz 4 - 7	system finansowy	ICMP	Successful	Dz 3 - 5	Dz 2 - 8	ICMP
Successful	Dz 4 - 8	system kadrowy	ICMP	Successful	Dz 3 - 5	Dz 4 - 6	ICMP
				Successful	Dz 4 - 3	Dz 1 - 0	ICMP
				Successful	Dz 4 - 6	Dz 2 - 1	ICMP
				Successful	Dz 4 - 7	Dz 3 - 2	ICMP

Rysunek 9 - wynik ping dla komunikacji podsieci – serwery (po lewej) i dla komunikacji pomiędzy podsieciami (po prawej) z użyciem routingu statycznego

c) Porównanie czasów działania sieci dla routingu statycznego i dynamicznego

Badanie przeprowadzono na przykładzie komputera Dz4-9 pingującego serwer programu kadrowego.

Routing statyczny (ms)	Routing dynamiczny (ms)
205	135
156	143
40	167
47	65
35	170
62	187
23	132
88	63
185	73
36	57
31	156
42	158
143	127
78	171
Średnia: 83,64	Średnia: 128,85

Analizując powyższą tabelę można zauważyć, że w przypadku routingu statycznego opóźnienie było mniejsze. Jest to spowodowane tym, że routing statyczny mniej obciąża łącze, gdyż nie musi cyklicznie aktualizować tablic routingu.

7. Zachowanie sieci w przypadku awarii, metody równoważenia obciążenia

a) Zachowanie się sieci z użyciem routerów w układzie hierarchicznym

W układzie hierarchicznym każdy router warstwy niższej jest połączony z każdym z routerów warstwy wyższej. Dzięki temu, przy użyciu dynamicznych protokołów routingu awaria jednego z routerów warstwy rdzenia nie powoduje żadnych problemów związanych z przesyłaniem danych. Jedyne co można odczuć, to maksymalnie 30 sekundowe opóźnienie związane z uaktualnianiem tablic routingu pomiędzy routerami.

W wypadku routingu statycznego, trasy do pozostałych sieci są wprowadzone dla jednego i dla drugiego routera, z uwzględnieniem rozłożenia obciążenia. Np. trasa z sieci 1 do sieci 2 ustawiona na routerze dystrybucji 1 preferuje router rdzenia 1, a trasa do sieci 3 i 4 preferuje router rdzenia 2. Podobnie na drodze do internetu Sieć 1 wybierze router rdzenia 1

a sieć 4 wybierze router rdzenia 2. W wypadku awarii któregoś z routerów rdzenia wszystkie routery warstwy dystrybucji wykorzystają pozostałe działające urządzenie.

b) Porównanie czasów routingu statycznego i dynamicznego w sytuacji awarii.

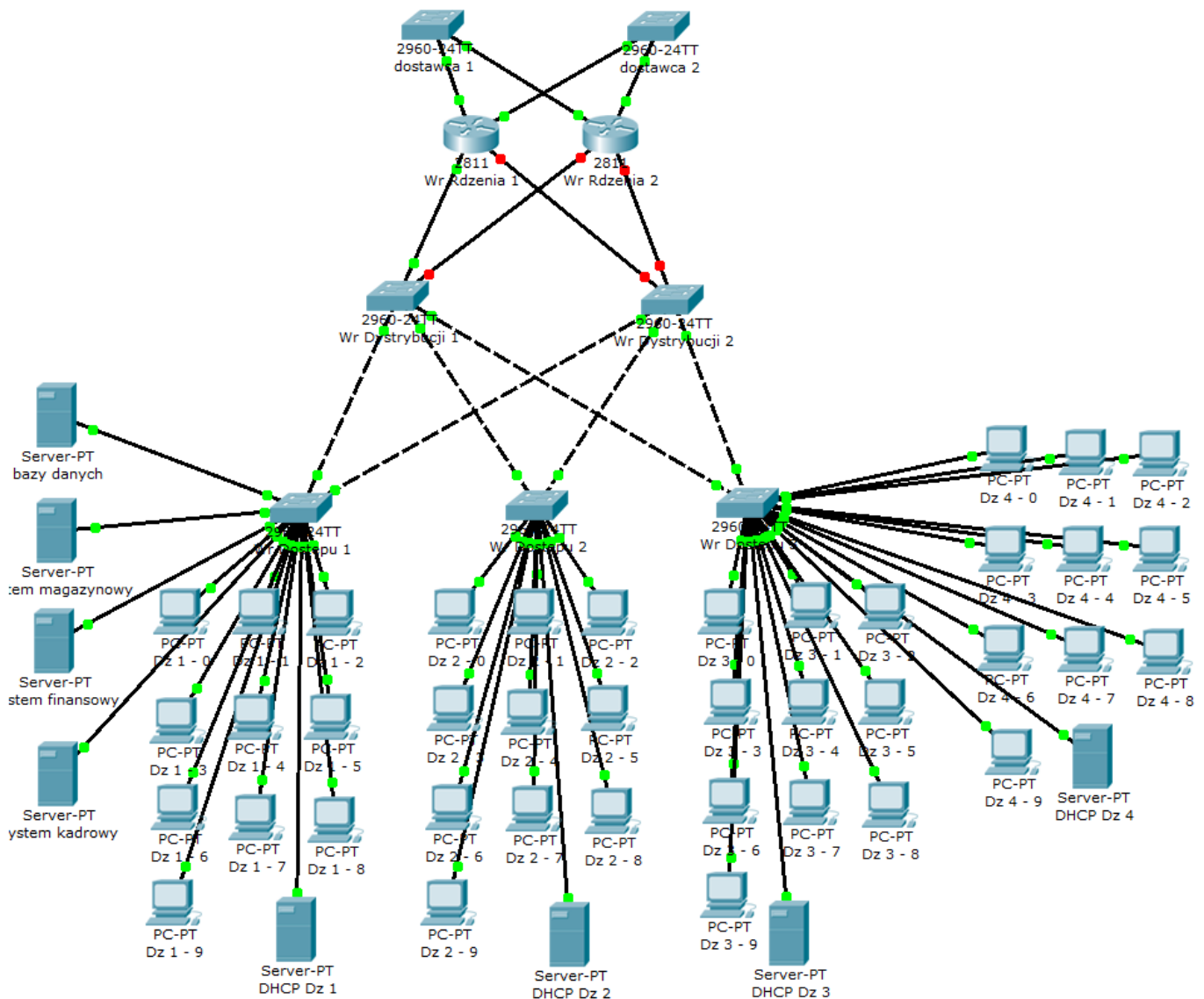
Routing statyczny (ms)	Routing dynamiczny (ms)
34	180
129	123
38	177
77	203
187	150
93	52
40	26
43	25
33	103
156	136
44	65
184	30
187	171
141	60
Średnia: 99	Średnia: 107

Jak można łatwo zauważyć analizując powyższą tabelę, sieć bardzo dobrze poradziła sobie z brakiem jednego z routerów warstwy rdzenia. W przypadku routingu dynamicznego sieć sama ustaliła nowe ścieżki, a w przypadku routingu statycznego zadziałały opcjonalne trasy. Nawet czasy przejścia pinga niewiele się różnią. Można przypuszczać, że większą różnicę można by zauważyć gdyby rozdział obciążenia (load balancing) był na wyższym poziomie niż tym, na jaki pozwala protokół RIP, oraz odpowiednio ustawione trasy statyczne.

c) Zachowanie się sieci z użyciem switchy z protokołem drzewa rozpinającego dla VLANów, (PVST+) oraz routerów z użyciem technologii wirtualnego routera z równoważeniem obciążenia dla VLANów (HSRP)

Technologia budowy sieci zakładająca wykorzystanie dużej ilości routerów oraz oparcie zapewnienia redundancji na samych tylko protokołach routingu powoli odchodzi do lamusa. W książce „Projektowanie sieci metodą Top-Down” Dla największych nawet instalacji, w których liczba klientów podawana jest w tysiącach zalecano wykorzystanie protokołów HSRP oraz PVST+. Taka też była pierwotna idea wykonania niniejszego projektu, lecz niestety możliwości symulacji programu Packet Tracer nie obejmują protokołu HSRP. Wykorzystanie tych protokołów zapewnia rozdział obciążenia i redundancję już w warstwie dystrybucji i

pozwala na wykorzystanie tańszych switchy zamiast routerów. Prototyp sieci wykorzystującej te protokoły zaprezentowany jest na rysunku 10.



Rysunek 10 - próba konfiguracji projektowanej sieci dla wykorzystania protokołów HSRP i PVST+

Protokół HSRP – Hot Standby Router Protocol – zakłada stworzenie wirtualnego routera, którego działania realizowane są na 2 lub więcej routerach. Najlepiej używać go w warstwie rozdzielania. Po ustawieniu wirtualnego adresu IP, który jest bramą domyślną dla poszczególnych sieci, wszystkie zadania realizuje router aktywny. W przypadku jego awarii, lub awarii istotnego dla jego działania łącza, jego funkcję w sposób przezroczysty dla całej sieci przejmuje inny router. Ustawianie zadań poszczególnych routerów współdziałających poprzez protokół HSRP osiąga się poprzez system wartości priorytetów. W przypadku wykorzystania wielu sieci VLAN każdy z routerów może mieć inny priorytet dla każdego z VLANów, dzięki czemu uzyskuje się rozdział obciążenia. W wypadku awarii zadania dla danego VLANu, co oczywiste, przejmie inny router

Protokół PVST+ - Per-VLAN Spanning Tree Plus – odmiana protokołu drzewa rozpinającego dla wielu sieci VLAN. Różni się od zwykłego STP tym, że każdy ze switchy może być korzeniem (rootem) dla różnych sieci VLAN. W wypadku awarii któregoś ze switchy inny switch ustawi się jako korzeń dla jego VLANów. Osiąga się to podobnie jak przy HSRP systemem wartości priorytetu. Podobnie też jak przy HSRP wykorzystanie tego protokołu zapewnia rozdział obciążenia z użyciem wszystkich dostępnych urządzeń danej warstwy oraz zapewnia odporność na uszkodzenia dzięki przejęciu zadań uszkodzonego urządzenia przez pozostałe. Konfiguracja projektu do użycia z powyższymi protokołami zaprezentowana jest na rysunku 10. Użyto trunkingu dla VLANów, aby móc wykorzystać jeden kabel dla dwóch VLANów podłączonych do switchy warstwy dystrybucji.

8. Podsumowanie

Niniejszy projekt jest tylko przykładem możliwości, jakie oferuje współczesny sprzęt sieciowy, zwłaszcza ten z najwyższej półki, jakim niewątpliwie są produkty firmy CISCO. Zaawansowane i nowatorskie rozwiązania używane w routerach i switchach tej firmy, sprawiają, że jest ona liderem na rynku. Nie mniej jednak dla instalacji składającej się z 40 komputerów, tak zaawansowana sieć jest nieco na wyrost. Koszt budowy sieci przypadający na jedno stanowisko, jest niemalże równy wartości nowego komputera. To dużo, jednak warto wiedzieć, że taka infrastruktura jest produktem zaprojektowanym na wiele lat bezawaryjnej pracy, w dodatku jest skalowalna, przez co w najbliższym czasie nie będzie konieczności inwestowania w jakiegokolwiek zmiany w samym jej rdzeniu. Mając to na uwadze, można zauważyć sens, w tym także taki sens biznesowy, który polega na tym, że poniesione koszty bez wątpienia zwrócą się przez lata.