

Rozległe sieci komputerowe

Projekt

Uczestnicy	Prowadzący	Termin zajęć
Iwo Bujkiewicz (226203) Bartosz Rodziewicz (226105)	Prof. dr hab. inż. Andrzej Kasprzak	Poniedziałek 13:15

Założenia projektowe

W zakres prac projektowych wchodziło zaprojektowanie sieci rozległej pomiędzy centralą i innymi oddziałami firmy funkcjonującej na terenie województw dolnośląskiego i opolskiego.

Projekt zakłada następujące lokalizacje oddziałów firmy:

- Opole (centrala)
- Wrocław
- Kędzierzyn-Koźle
- Prudnik
- Świdnica
- Wałbrzych

Wszystkie oddziały firmy czynne są codziennie w godzinach 09:00-18:00. W tym czasie każdego dnia między każdymi dwoma oddziałami przesyłane jest 10 MB danych, z każdego oddziału do centrali 51.5 MB, a z centrali do każdego oddziału 20 MB. Poza tymi godzinami, każdego dnia między każdymi dwoma oddziałami przesyłane jest 10.8 MB danych, a z każdego oddziału do centrali 55 MB. Klienci firmy każdego dnia generują łącznie 3 GB ruchu sieciowego przychodzącego i wychodzącego z centrali.

Do transmisji danych pomiędzy oddziałami oraz na zewnątrz firmy wykorzystywane są linie transmisyjne Orange.

Ogólny opis koncepcji rozwiązania

Model struktury teleinformatycznej firmy jest hierarchiczny (podzielony na centralę - będącą jednocześnie oddziałem - i pozostałe oddziały). Uwzględniając występującą w sieci komunikację pomiędzy poszczególnymi oddziałami, a także ich położenie geograficzne, za najlepszy wybór uznano konstrukcję sieci w topologii pierścienia.

Sieć budowana jest z użyciem połączeń MetroEthernet firmy Orange, zgodnie z wymaganiami klienta.

Celem podniesienia niezawodności sieci zastosowane są:

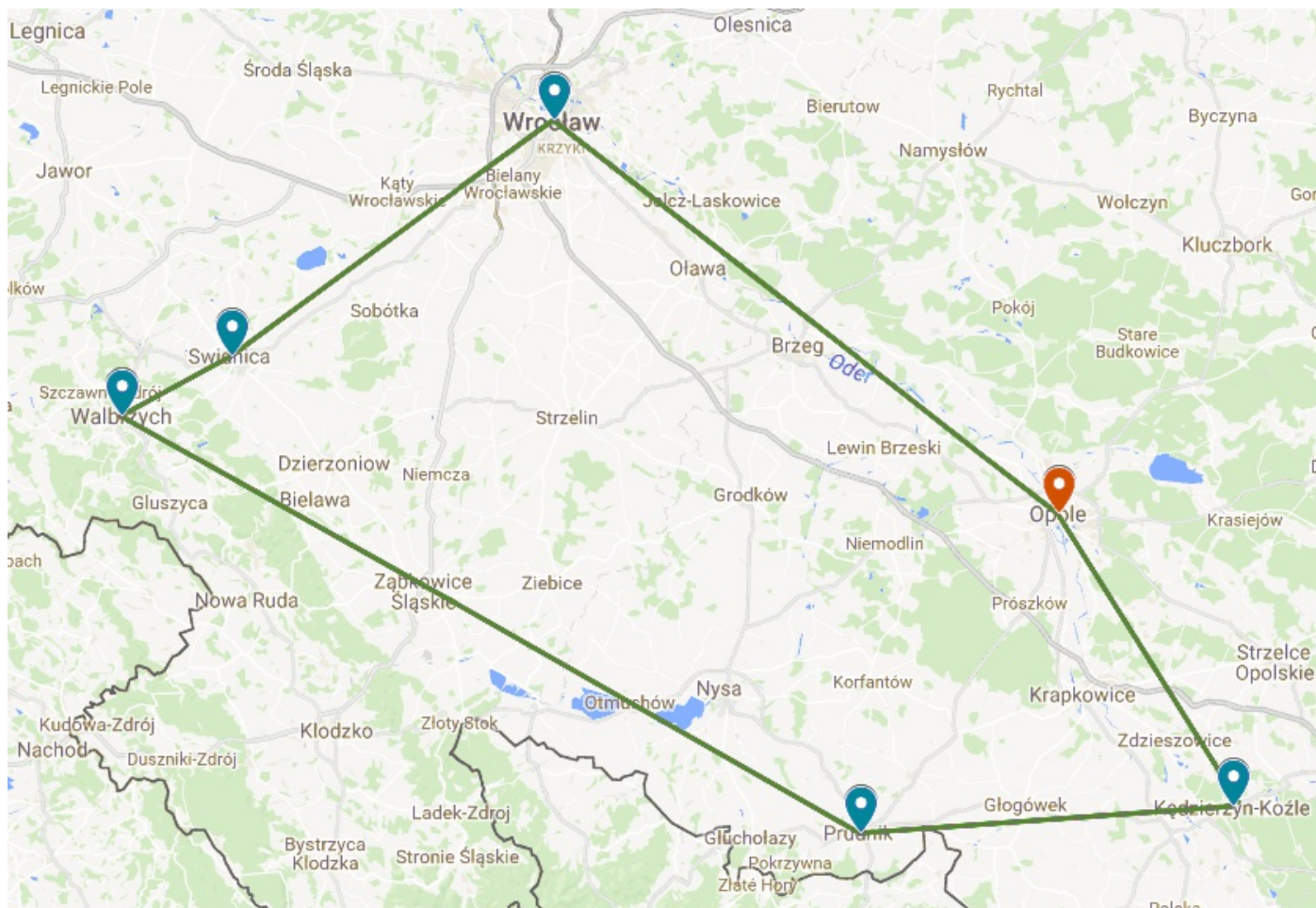
- redundancja sprzętu - zapasowe routery w oddziałach, replikujące konfigurację aktywnie używanych routerów;
- odpowiedni dobór topologii sieci - zapewniający, w przypadku awarii w jednym z oddziałów, połączenie między wszystkimi pozostałymi;
- możliwość rozbudowy sieci o kolejne połączenia;
- dobór urządzeń sieciowych produkowanych przez firmy z wieloletnią renomą.

Jedną z cech prawidłowo zaprojektowanej sieci jest uwzględnienie potencjalnej przyszłej rozbudowy. Z tego powodu wykorzystane w projekcie routery posiadają dodatkowe, wolne porty, a jako tymczasowe rozwiązanie w przypadku szerzej zakrojonej rozbudowy można zastosować aktywne użycie routerów zapasowych, zakupionych na wypadek awarii (nie jest to jednak rozwiązanie wskazane, sugeruje się zakup nowych routerów).

Każdy oddział posiada światłowodowe połączenie internetowe dostarczane przez Orange. Centrala ma zapewnioną prędkość pobierania i wysyłania danych na poziomie odpowiednio 300 Mb/s i 30 Mb/s, a każdy z pozostałych oddziałów na poziomie 100 Mb/s i 10 Mb/s.

Dobór struktury sieci

Topologia sieci



Wykorzystywane są połączenia MetroEthernet typu LINK, za pomocą których komunikują się ze sobą następujące pary oddziałów firmy:

- Opole - Kędzierzyn-Koźle (42 km)
- Kędzierzyn-Koźle - Prudnik (46 km)
- Prudnik - Wałbrzych (105 km)
- Wałbrzych - Świdnica (15 km)
- Świdnica - Wrocław (49 km)
- Wrocław - Opole (79 km)

Redundancja połączeń między każdymi dwoma oddziałami jest ustanowiona dzięki połączeniu w topologii pierścienia.

Analiza niezawodnościowa

Topologia sieci

Konstrukcja sieci w technologii pierścienia zapewnia niską podatność sieci na awarię w pojedynczym oddziale, bądź na jednym odcinku sieci, ze względu na obecność dwóch tras pomiędzy każdymi dwoma węzłami. Jeszcze wyższą niezawodność może potencjalnie zapewnić możliwość rozbudowy sieci o dodatkowe połączenia. Pierwsze sugerowane takie połączenie to bezpośrednie łączy Opole - Wałbrzych. Nie zostało ono jednak uwzględnione w podstawowej wersji projektu.

Poniższe tabele prezentują podstawowe i zapasowe trasy ustalone dla każdej pary węzłów źródłowego i docelowego.

Trasy dla węzła Opole

Węzeł docelowy	Typ trasy	Przeskoki
Kędzierzyn-Koźle	podstawowa	Kędzierzyn-Koźle
Kędzierzyn-Koźle	zapasowa	Wrocław, Świdnica, Wałbrzych, Prudnik, Kędzierzyn-Koźle
Prudnik	podstawowa	Kędzierzyn-Koźle, Prudnik
Prudnik	zapasowa	Wrocław, Świdnica, Wałbrzych, Prudnik
Wałbrzych	podstawowa	Wrocław, Świdnica, Wałbrzych
Wałbrzych	zapasowa	Kędzierzyn-Koźle, Prudnik, Wałbrzych
Świdnica	podstawowa	Wrocław, Świdnica
Świdnica	zapasowa	Kędzierzyn-Koźle, Prudnik, Wałbrzych, Świdnica
Wrocław	podstawowa	Wrocław
Wrocław	zapasowa	Kędzierzyn-Koźle, Prudnik, Wałbrzych, Świdnica, Wrocław

Trasy dla węzła Kędzierzyn-Koźle

Węzeł docelowy	Typ trasy	Przeskoki
Prudnik	podstawowa	Prudnik
Prudnik	zapasowa	Opole, Wrocław, Świdnica, Wałbrzych, Prudnik
Wałbrzych	podstawowa	Prudnik, Wałbrzych
Wałbrzych	zapasowa	Opole, Wrocław, Świdnica, Wałbrzych
Świdnica	podstawowa	Opole, Wrocław, Świdnica
Świdnica	zapasowa	Prudnik, Wałbrzych, Świdnica
Wrocław	podstawowa	Opole, Wrocław
Wrocław	zapasowa	Prudnik, Wałbrzych, Świdnica, Wrocław
Opole	podstawowa	Opole
Opole	zapasowa	Prudnik, Wałbrzych, Świdnica, Wrocław, Opole

Trasy dla węzła Prudnik

Węzeł docelowy	Typ trasy	Przeskoki
Wałbrzych	podstawowa	Wałbrzych
Wałbrzych	zapasowa	Kędzierzyn-Koźle, Opole, Wrocław, Świdnica, Wałbrzych
Świdnica	podstawowa	Wałbrzych, Świdnica
Świdnica	zapasowa	Kędzierzyn-Koźle, Opole, Wrocław, Świdnica
Wrocław	podstawowa	Kędzierzyn-Koźle, Opole, Wrocław
Wrocław	zapasowa	Wałbrzych, Świdnica, Wrocław
Opole	podstawowa	Kędzierzyn-Koźle, Opole
Opole	zapasowa	Wałbrzych, Świdnica, Wrocław, Opole
Kędzierzyn-Koźle	podstawowa	Kędzierzyn-Koźle
Kędzierzyn-Koźle	zapasowa	Wałbrzych, Świdnica, Wrocław, Opole, Kędzierzyn-Koźle

Trasy dla węzła Wałbrzych

Węzeł docelowy	Typ trasy	Przeskoki
Świdnica	podstawowa	Świdnica
Świdnica	zapasowa	Prudnik, Kędzierzyn-Koźle, Opole, Wrocław, Świdnica
Wrocław	podstawowa	Świdnica, Wrocław
Wrocław	zapasowa	Prudnik, Kędzierzyn-Koźle, Opole, Wrocław
Opole	podstawowa	Świdnica, Wrocław, Opole
Opole	zapasowa	Prudnik. Kędzierzyn-Koźle, Opole
Kędzierzyn-Koźle	podstawowa	Prudnik. Kędzierzyn-Koźle
Kędzierzyn-Koźle	zapasowa	Świdnica, Wrocław, Opole, Kędzierzyn-Koźle
Prudnik	podstawowa	Prudnik
Prudnik	zapasowa	Świdnica, Wrocław, Opole, Kędzierzyn-Koźle, Prudnik

Trasy dla węzła Świdnica

Węzeł docelowy	Typ trasy	Przeskoki
Wrocław	podstawowa	Wrocław
Wrocław	zapasowa	Wałbrzych, Prudnik, Kędzierzyn-Koźle, Opole, Wrocław
Opole	podstawowa	Wrocław, Opole
Opole	zapasowa	Wałbrzych, Prudnik. Kędzierzyn-Koźle, Opole
Kędzierzyn-Koźle	podstawowa	Wrocław, Opole, Kędzierzyn-Koźle
Kędzierzyn-Koźle	zapasowa	Wałbrzych, Prudnik. Kędzierzyn-Koźle
Prudnik	podstawowa	Wałbrzych, Prudnik
Prudnik	zapasowa	Wrocław, Opole, Kędzierzyn-Koźle, Prudnik
Wałbrzych	podstawowa	Wałbrzych
Wałbrzych	zapasowa	Wrocław, Opole, Kędzierzyn-Koźle, Prudnik, Wałbrzych

Trasy dla węzła Wrocław

Węzeł docelowy	Typ trasy	Przeskoki
Opole	podstawowa	Opole
Opole	zapasowa	Świdnica, Wałbrzych, Prudnik. Kędzierzyn-Koźle, Opole
Kędzierzyn-Koźle	podstawowa	Opole, Kędzierzyn-Koźle
Kędzierzyn-Koźle	zapasowa	Świdnica, Wałbrzych, Prudnik. Kędzierzyn-Koźle
Prudnik	podstawowa	Opole, Kędzierzyn-Koźle, Prudnik
Prudnik	zapasowa	Świdnica, Wałbrzych, Prudnik
Wałbrzych	podstawowa	Świdnica, Wałbrzych
Wałbrzych	zapasowa	Opole, Kędzierzyn-Koźle, Prudnik, Wałbrzych
Świdnica	podstawowa	Świdnica
Świdnica	zapasowa	Opole, Kędzierzyn-Koźle, Prudnik, Wałbrzych, Świdnica

Niezawodność urządzeń sieciowych

Awaryjność sprzętu, jest minimalizowana przez zakup nadmiarowych routerów do wszystkich oddziałów. Dzięki takiemu rozwiązaniu, nawet w przypadku awarii urządzenia sieciowego, istnieje możliwość natychmiastowego przywrócenia sprawności węzła.

Drugim sposobem na zminimalizowanie prawdopodobieństwa awarii sprzętowej jest zakup urządzeń firmy o uznanej marce i dużym doświadczeniu w dostarczaniu tego typu rozwiązań. W ramach projektu wybrano urządzenia firmy Juniper Networks, które nie tylko spełniają wymagania projektowanej sieci pod względem funkcjonalności, ale także cieszą się znakomitą renomą na rynku IT.

Niezawodność łącz telekomunikacyjnych zewnętrznego dostawcy

Usługa MetroEthernet firmy Orange zawiera SLA, co oznacza formalną gwarancję wysokiej jakości usług operatora - wysokiej dostępności usługi, krótkiego czasu usunięcia awarii oraz ograniczenia przerw w działaniu usługi.

Możliwość transmisji danych poprzez sieć Internet

Ostatnim filarem niezawodności sieci jest podłączenie każdego z oddziałów do sieci Internet. Pozwala to na utrzymanie funkcjonowania komunikacji pomiędzy odległymi lokalizacjami firmy - za pomocą szyfrowanych tuneli - nawet w wypadku awarii wielu z wymienionych wyżej elementów.

Reguły doboru tras

Ze względu na nieskomplikowaną konstrukcję sieci, zdecydowano o wykorzystaniu statycznych reguł doboru tras.

W każdym z węzłów tworzona jest statyczna tablica routingu, w której, przez odpowiednie ustawienie statycznego kosztu, ustala się trasy podstawowe i alternatywne. Szeroki zakres metryki tras pozwala na łatwą ewentualną rozbudowę sieci o kolejne węzły, bez konieczności całkowitej redefinicji tablic routingu. Tablice tworzone są w taki sposób, aby trasy o mniejszej liczbie przeskoków między węzłami były wybierane w pierwszej kolejności.

Tablica routingu dla węzła Opole

Opis sieci docelowej	Adres sieci docelowej	Adres następnego przeskoku	Metryka trasy
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.1.2	1
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.0.21	20
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.0.2	100
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.0.21	40
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.0.2	80
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.0.21	50
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.0.2	70
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.0.2	40
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.0.21	80
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.0.2	20
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.0.21	80
Internet	0.0.0.0/0	88.52.137.254	-

Tablica routingu dla węzła Wrocław

Opis sieci docelowej	Adres sieci docelowej	Adres następnego przeskoku	Metryka trasy
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.1.22	1
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.0.17	20
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.0.22	100
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.0.17	40
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.0.22	80
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.0.22	50
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.0.17	70
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.0.22	40
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.0.17	80
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.0.22	20
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.0.17	100
Internet	0.0.0.0/0	88.55.97.254	-

Tablica routingu dla węzła Świdnica

Opis sieci docelowej	Adres sieci docelowej	Adres następnego przeskoku	Metryka trasy
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.1.18	1
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.0.13	20
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.0.18	100
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.0.13	40
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.0.18	80
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.0.18	50
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.0.13	70
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.0.18	40
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.0.13	80
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.0.18	20
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.0.13	100
Internet	0.0.0.0/0	88.51.230.254	-

Tablica routingu dla węzła Wałbrzych

Opis sieci docelowej	Adres sieci docelowej	Adres następnego przeskoku	Metryka trasy
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.1.14	1
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.0.9	20
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.0.14	100
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.0.9	40
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.0.14	80
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.0.14	50
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.0.9	70
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.0.1	40
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.0.9	80
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.0.14	20
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.0.9	100
Internet	0.0.0.0/0	88.51.230.254	-

Tablica routingu dla węzła Prudnik

Opis sieci docelowej	Adres sieci docelowej	Adres następnego przeskoku	Metryka trasy
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.1.10	1
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.0.5	20
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.0.10	100
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.0.5	40
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.0.10	80
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.0.5	50
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.0.10	70
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.0.10	40
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.0.5	80
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.0.10	20
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.0.5	100
Internet	0.0.0.0/0	88.52.146.254	-

Tablica routingu dla węzła Kędzierzyn-Koźle

Opis sieci docelowej	Adres sieci docelowej	Adres następnego przeskoku	Metryka trasy
LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.4/30	176.16.1.6	1
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.0.1	20
LAN Opole	176.16.1.0/30	176.16.0.6	100
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.0.1	40
LAN Wrocław	176.16.1.20/30	176.16.0.6	80
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.0.1	50
LAN Świdnica	176.16.1.16/30	176.16.0.6	70
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.0.6	40
LAN Wałbrzych	176.16.1.12/30	176.16.0.1	80
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.0.6	20
LAN Prudnik	176.16.1.8/30	176.16.0.1	100
Internet	0.0.0.0/0	88.52.140.254	-

Wyznaczanie średniego opóźnienia pakietu

Średnie opóźnienie pakietu obliczono zgodnie z metodą zdefiniowaną w [1].

Obliczanie opóźnienia rozpoczęło się od zdefiniowania parametrów opisujących połączenie, takich jak:

- przepustowość użytego kanału,
- rozmiar przesyłanych pakietów,
- ilość danych przesyłanych pomiędzy węzłami.

Większość par oddziałów łączy się ze sobą za pośrednictwem innych oddziałów. Należało obliczyć, jaka ilość danych przepływa poprzez poszczególne węzły.

Ilość danych wysyłanych pomiędzy dwoma oddziałami to 10 MB w obie strony, z centrali do oddziału 20 MB, a z oddziału do centrali 51.5 MB.

Dla każdego kanału transmisyjnego ilość codziennie przesyłanych danych definiuje wzór:

$$P = X * (51.5 \text{ MB} + 20 \text{ MB}) + Y * 10 \text{ MB}, \text{ gdzie}$$

- **P** to ilość danych,
- **X** to ilość oddziałów łączących się po tym odcinku z centralą,
- **Y** to ilość par oddziałów łączących się ze sobą po tym odcinku.

Mając ten wzór oraz dane dotyczące topologii sieci i tablic routingu można wyznaczyć **X** i **Y** dla każdego odcinka, a następnie wyznaczyć ilość danych. Na jej podstawie szacowana jest przepływność kanału, przy założeniu, że takie dane są przesyłane w sposób zbliżony do ciągłego w godzinach pracy firmy (9 godzin dziennie). Pakietów wysyłanych poza godzinami pracy nie uwzględniono w obliczeniach, ponieważ tworzą one niższe wartości przepływności kanałów.

Połączenie	X	Y	Przesyłane dane [MB]	Przepływowość [kb/s]
Węzeł Opole - Węzeł Wrocław	3	5	264.5	66.88
Węzeł Wrocław - Węzeł Świdnica	2	4	183.0	46.27
Węzeł Świdnica - Węzeł Wałbrzych	1	5	121.5	30.72
Węzeł Wałbrzych - Węzeł Prudnik	0	4	40.0	10.11
Węzeł Prudnik - Węzeł Kędzierzyn-Koźle	1	5	121.5	30.72
Węzeł Kędzierzyn-Koźle - Węzeł Opole	2	4	183.0	46.27

Wyliczona przepływowość kanałów pokazuje, że teoretycznie dopuszczalny byłby wybór łącz przepustowości 128 kb/s i 64 kb/s. Jednakże, z uwagi na komfort użytkowania, jak i nieustanny rozwój firm i technologii, zaleca się wybór kanałów o przepustowości przynajmniej 10 Mb/s.

Średnie opóźnienie pakietu obliczono ze wzoru:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^q \frac{f_i}{c_i - f_i}$$

gdzie:

- γ to sumaryczne natężenie strumienia pakietów wprowadzanych do sieci, innymi słowy ilość pakietów w sieci we wszystkich kanałach wyrażona w pakiet/s
- q to ilość kanałów
- f_i to przepływność i-tego kanału w b/s
- c_i to przepustowość i-tego kanału w b/s

Parametr γ obliczono, sumując przepływności kanałów i dzieląc je przez rozmiar pakietu. Za średni rozmiar pakietu przyjęto 1518 B, podążając za zaleceniami firmy Orange. Po wykonaniu obliczeń parametr γ wynosi 155.81 pakietów na sekundę.

Pozostałe parametry są znane, więc korzystając z arkusza kalkulacyjnego można obliczyć T , które wynosi 0.1 ms, co jest nieporównywalnie krótszym czasem, niż wymagane przez klienta maksymalne 700 ms. Dodatkowe opóźnienie wprowadzą urządzenia sieciowe; jest ono szacowane na kilka dodatkowych milisekund.

Uwzględniając tylko opóźnienie w przesyle pakietów, można było bez przeszkód wybrać kanały o niższej przepustowości, co można wziąć pod uwagę, gdyby nastąpiła konieczność redukcji kosztów.

Adresacja w sieci

Opole

Opis sieci	Adres CIDR IPv4	Przeznaczenie
Wrocław - Opole	176.16.0.22/30	Węzeł Opole: XE-0/1/0
Opole - Kędzierzyn-Koźle	176.16.0.1/30	Węzeł Opole: XE-0/1/1
Opole - LAN Opole	176.16.1.1/30	Węzeł Opole: GE-0/0/0
Opole - LAN Opole	176.16.1.2/30	Brama LAN Opole
Opole - Internet	88.52.137.202/22	Węzeł Opole: XE-0/1/2
Opole - Internet	88.52.137.254/22	Brama ISP

Kędzierzyn-Koźle

Opis sieci	Adres CIDR IPv4	Przeznaczenie
Opole - Kędzierzyn-Koźle	176.16.0.2/30	Węzeł Kędzierzyn-Koźle: XE-0/1/0
Kędzierzyn-Koźle - Prudnik	176.16.0.5/30	Węzeł Kędzierzyn-Koźle: XE-0/1/1
Kędzierzyn-Koźle - LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.5/30	Węzeł Kędzierzyn-Koźle: GE-0/0/0
Kędzierzyn-Koźle - LAN Kędzierzyn-Koźle	176.16.1.6/30	Brama LAN Kędzierzyn-Koźle
Kędzierzyn-Koźle - Internet	88.52.140.55/22	Węzeł Kędzierzyn-Koźle: XE-0/1/2
Kędzierzyn-Koźle - Internet	88.52.140.254/22	Brama ISP

Prudnik

Opis sieci	Adres CIDR IPv4	Przeznaczenie
Kędzierzyn-Koźle - Prudnik	176.16.0.6/30	Węzeł Prudnik: XE-0/1/0
Prudnik - Wałbrzych	176.16.0.9/30	Węzeł Prudnik: XE-0/1/1
Prudnik - LAN Prudnik	176.16.1.9/30	Węzeł Prudnik: GE-0/0/0
Prudnik - LAN Prudnik	176.16.1.10/30	Brama LAN Prudnik
Prudnik - Internet	88.52.146.184/22	Węzeł Prudnik: XE-0/1/2
Prudnik - Internet	88.52.146.254/22	Brama ISP

Wałbrzych

Opis sieci	Adres CIDR IPv4	Przeznaczenie
Prudnik - Wałbrzych	176.16.0.10/30	Węzeł Wałbrzych: XE-0/1/0
Wałbrzych - Świdnica	176.16.0.13/30	Węzeł Wałbrzych: XE-0/1/1
Wałbrzych - LAN Wałbrzych	176.16.1.13/30	Węzeł Wałbrzych: GE-0/0/0
Wałbrzych - LAN Wałbrzych	176.16.1.14/30	Brama LAN Wałbrzych
Wałbrzych - Internet	88.51.230.19/22	Węzeł Wałbrzych: XE-0/1/2
Wałbrzych - Internet	88.51.230.254/22	Brama ISP

Świdnica

Opis sieci	Adres CIDR IPv4	Przeznaczenie
Wałbrzych - Świdnica	176.16.0.14/30	Węzeł Świdnica: XE-0/1/0
Świdnica - Wrocław	176.16.0.17/30	Węzeł Świdnica: XE-0/1/1
Świdnica - LAN Świdnica	176.16.1.17/30	Węzeł Świdnica: GE-0/0/0
Świdnica - LAN Świdnica	176.16.1.18/30	Brama LAN Świdnica
Świdnica - Internet	88.51.230.76/22	Węzeł Świdnica: XE-0/1/2
Świdnica - Internet	88.51.230.254/22	Brama ISP

Wrocław

Opis sieci	Adres CIDR IPv4	Przeznaczenie
Świdnica - Wrocław	176.16.0.18/30	Wrocław: XE-0/1/0
Wrocław - Opole	176.16.0.21/30	Wrocław: XE-0/1/1
Wrocław - LAN Wrocław	176.16.1.21/30	Węzeł Wrocław: GE-0/0/0
Wrocław - LAN Wrocław	176.16.1.22/30	Brama LAN Wrocław
Wrocław - Internet	88.55.97.244/22	Węzeł Wrocław: XE-0/1/2
Wrocław - Internet	88.55.97.254/22	Brama ISP

Wykaz urządzeń

Urządzenie	Rodzaj	Model	Ilość
Węzeł Opole	Router	Juniper ACX1100-AC	2
Węzeł Wrocław	Router	Juniper ACX1100-AC	2
Węzeł Świdnica	Router	Juniper ACX1100-AC	2
Węzeł Wałbrzych	Router	Juniper ACX1100-AC	2
Węzeł Prudnik	Router	Juniper ACX1100-AC	2
Węzeł Kędzierzyn-Koźle	Router	Juniper ACX1100-AC	2

Literatura

1. Kasprzak, A., 1999. *Rozległe sieci komputerowe z komutacją pakietów* (Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 1999)
2. Juniper Networks, 2018. *ACX Series Universal Metro Routers* (<https://www.juniper.net/assets/us/en/local/pdf/datasheets/1000397-en.pdf>)
3. Orange Polska, 2017. *Regulamin usługi Miejski Ethernet* (<http://www.orange.pl/ocp-http/PL/Binary2/1993810/4083323399.pdf>)