

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
im. Jarosława Dąbrowskiego

WYDZIAŁ CYBERNETYKI



**ZARZĄDZANIE SYSTEMAMI
TELEINFORMATYCZNYMI**

PROJEKT

Autor:

Marcin Przerwa

Grupa:

I0H1S4

Prowadzący:

dr inż. Tomasz Malinowski

W a r s z a w a 2011

1. TREŚĆ ZADANIA PROJEKTOWEGO

1. Opracować model sieci teleinformatycznej, który będzie użyty w badaniach porównawczych mechanizmów QoS. Model sieci powinien uwzględniać (odzwierciedlać):
 - strukturę fizyczną i logiczną sieci teleinformatycznej z łączem stanowiącym "wąskie gardło", gdzie będą implementowane: LLQ, WFQ, PQ
 - ustalone zasady wymiany informacji między węzłami (hostami) sieciowymi (zasady generowania ruchu sieciowego, powiązane z wybranymi aplikacjami sieciowymi). Tu należy wybrać modele ruchu sieciowego, sparametryzować je i uzasadnić swój wybór.
2. Przeprowadzić eksperyment symulacyjny wykazujący użyteczność kolejkowania LLQ (na tle kolejkowania WFQ).
3. Wykazać, że kolejkowanie PQ prowadzi do "zagłodzenia" ruchu sieciowego w obecności ruchu uprzywilejowanego (z najwyższym priorytetem).
4. Zebrać wyniki przeprowadzonych eksperymentów, udokumentować i skomentować.

Klasyfikowanie ruchu sieciowego powinno być realizowane z wykorzystaniem IP Precedence (lub DSCP). Opracowanie powinno cechować się unikalnym podejściem do postawionego zadania badawczego. Badania przeprowadzić z wykorzystaniem pakietu symulacyjnego OPNET IT Guru Academic Edition.

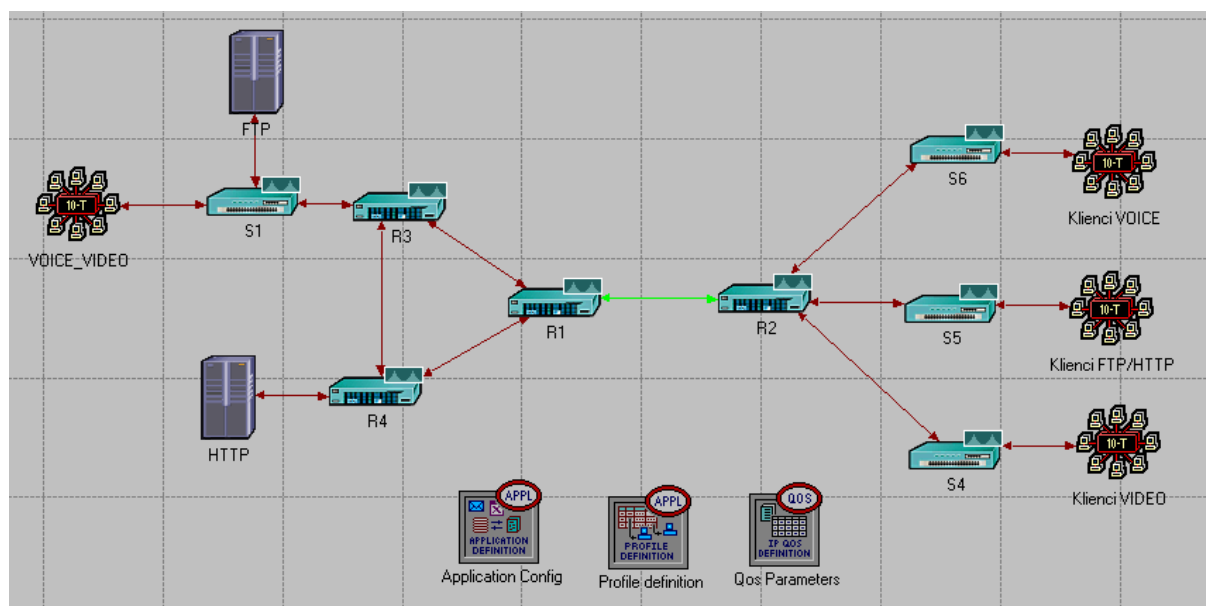
2. PAKIET SYMULACYJNY – OPNET

Oprogramowanie OPNET IT GURU jest wirtualnym środowiskiem służącym do modelowania oraz symulowania systemów teleinformatycznych z uwzględnieniem ich infrastruktury, która obejmuje urządzenia, protokoły czy aplikacje. OPNET to środowisko symulacyjne pozwalające na rozwiązywanie problemów związanych z wydajnością, topologią czy jakością usług dostarczanych w sieci teleinformatycznej. Pozwala na sprawdzenie zachowania istniejącej sieci bądź projektowanej w różnych sytuacjach.

3. REALIZACJA ZADANIA PROJEKTOWEGO

3.1. Model sieci teleinformatycznej

Do zrealizowania zadania wymagane było zbudowanie sieci, w której będzie występowało tzw. „wąskie gardło”. Rysunek 1 przedstawia strukturę zaprojektowanej przeze mnie sieci.



Rys. 1. Topologia badanej sieci.

Sieć składa się z czterech routerów Cisco 3660 – R1, R2, R3, R4, czterech przełączników Cisco 3200 – S1, S4, S5, S6. Do routera R4 jest podłączony serwer HTTP, który udostępnia usługi http dla sieci LAN Klienci FTP/HTTP inicjującej wymianę danych FTP oraz HTTP podłączonej do S5. Ta sama sieć zawiera w sobie hostów korzystających z usługi FTP, którą udostępnia serwer FTP podłączony do S1. Sieć LAN VOICE_VIDEO symuluje hostów końcowych dla usług głosowych, z którymi komunikują się Klienci VOICE inicjujący połączenia głosowe w sieci są podłączeni do S6. Połączenia wideo są inicjowane przez sieć Klienci VIDEO podłączoną do S4. Cała sieć zbudowana jest z łączy o przepustowości 10Mbit/s. Między routerami R1 i R2 zostało zestawione łącze, które stanowi „wąskie gardło”. W tym miejscu został zaimplementowany mechanizm QoS.

Obiekty znajdujące się pod topologią pełnią funkcje:

Application Config – zawiera definicje aplikacji wykorzystywanych do przeprowadzenia badań.

Profile Definition – definiują profile klientów usług inicjujących i przeprowadzających ruch w całej sieci.

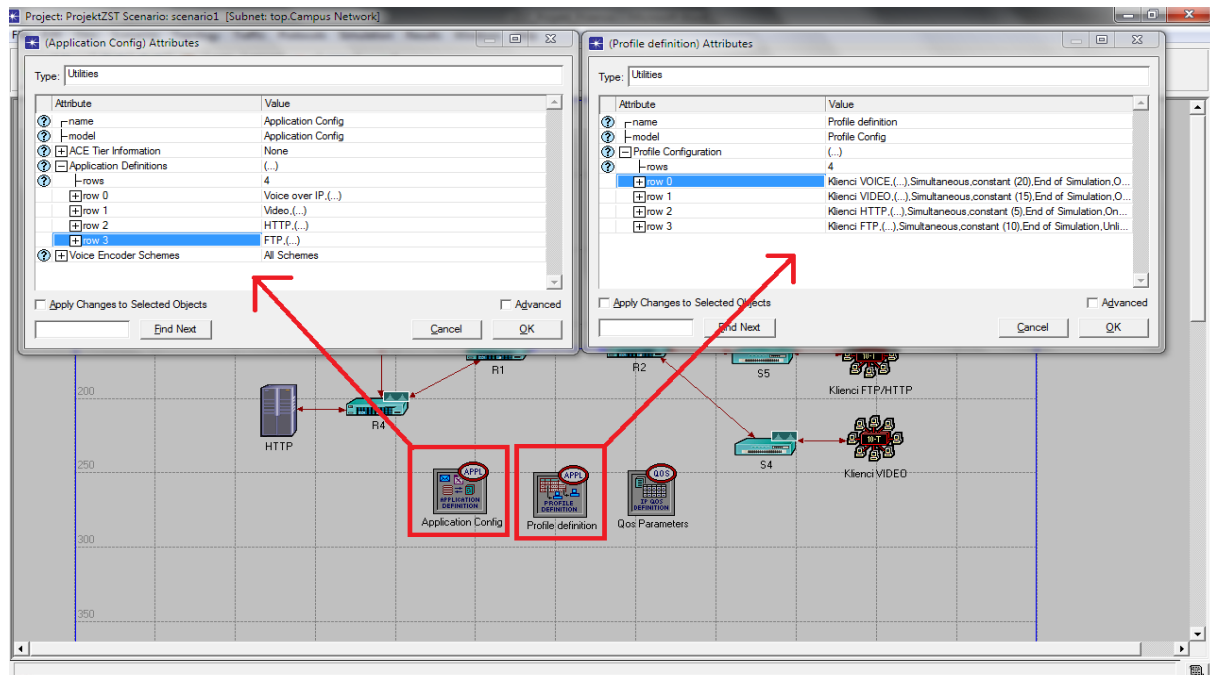
QoS Parameters – określa parametry QoS po skonfigurowaniu na odpowiednim łączu.

3.2. Opis wybranych modeli ruchu sieciowego

W badanej sieci generowany był ruch HTTP, FTP, rozmowy głosowe oraz wideokonferencje. Application Config definiuje wszystkie 4 typy ruchu sieciowego. Rysunek 2 przedstawia zawartość obiektu Application Config oraz Profile Definition. Po utworzeniu obiektu Application Config należało utworzyć obiekt Profile Definition, który definiował klientów inicjujących utworzone usługi. Następnie tak utworzone profile trzeba przypisać odpowiednim podsietkom i serwerom. Poszczególne instancje tych dwóch obiektów obrazuje tabela numer 1.

Application Config	Profile Definition
Voice over IP (VOICE_VIDEO)	Klienci VOICE
Video (VOICE_VIDEO)	Klienci VIDEO
HTTP	Klienci HTTP
FTP	Klienci FTP

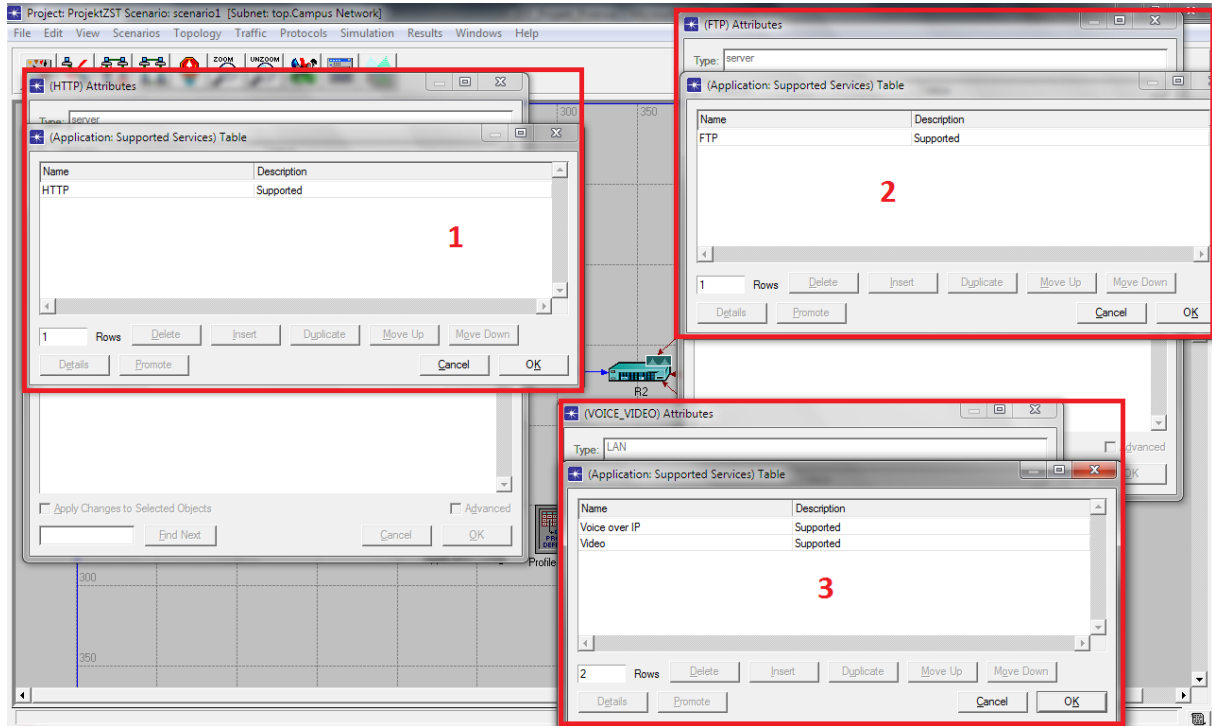
Tabela 1. Powiązania pomiędzy Application Config a Profile Definition



Rys.2. Zawartość obiektów Application Config oraz Profile Definition

Rysunek 3 przedstawia przypisanie aplikacji do serwerów oraz podsieci.

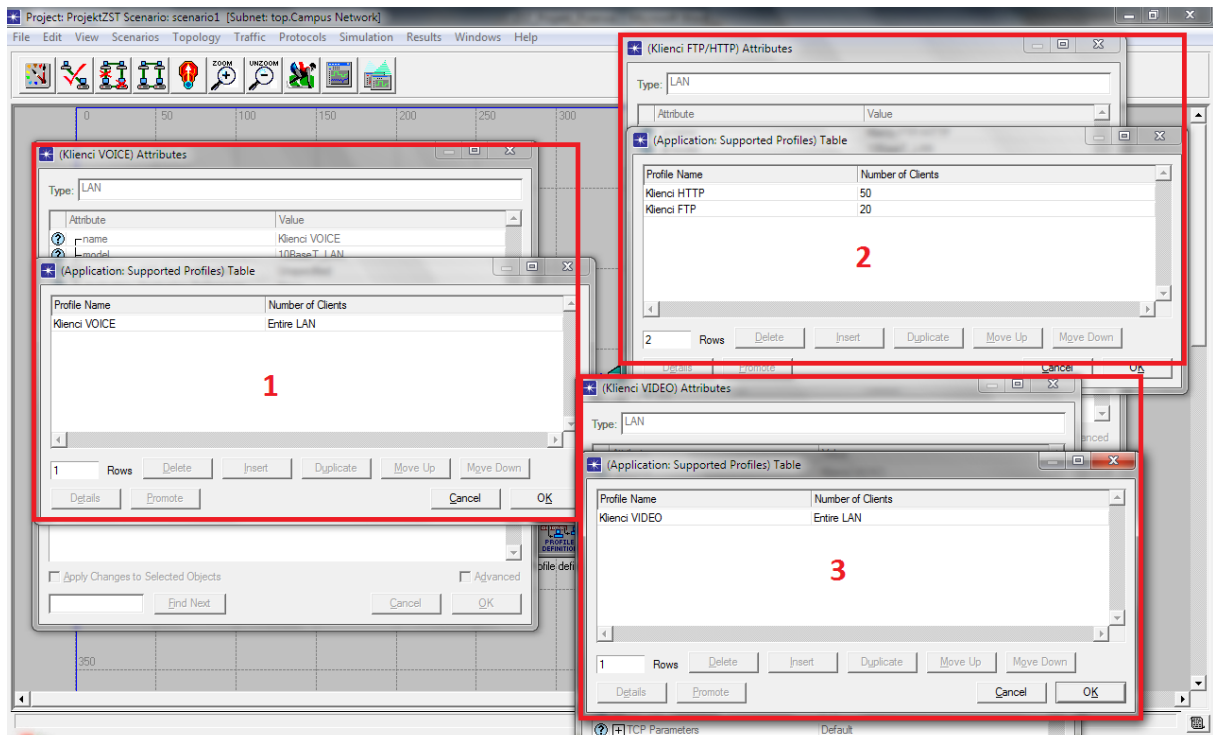
- 1 – aplikacja generująca ruch HTTP -> serwer HTTP.
- 2 – aplikacja generująca ruch FTP -> serwer FTP.
- 3 – aplikacja generująca ruch VIDEO i Voice over IP -> podsieć VOICE_VIDEO.



Rys.3. Przypisanie instancji Application Config do odpowiednich sieci lub serwerów.

Rysunek 4 przedstawia z kolei przypisanie profili do podsieci, które będą inicjalizowały generowanie ruchu w całej sieci.

- 1 – profil Klienci VOICE -> podsieć Klienci VOICE.
- 2 – profil Klienci VIDEO -> podsieć Klienci VIDEO.
- 3 – profil Klienci HTTP i Klienci FTP -> podsieć Klienci FTP/HTTP.



Rys.4. Przypisanie instancji Profile Definition do odpowiednich sieci klienckich.

Zestawienie utworzonych aplikacji razem z ich parametrami:

HTTP	FTP	VIDEO	VOICE
Generuje ruch poprzez symulowania przeglądania stron internetowych. Parametry: - Czas pomiędzy przeładowywanymi stronami – 5 sekund - rozmiar strony 1000 bajtów - znakowany klasą AF21	Generuje ruch FTP. Parametry: - rozmiar pliku – 400000 bajtów - czas pomiędzy żądaniami – 5 sekund - znakowany klasą AF31	Generuje ruch VIDEO. Parametry: - odstęp pomiędzy ramkami – 10 klatek/s - rozmiar klatki 128x120 pixels - znakowanie klasą AF41	Generuje ruch VOICE Parametry: Zgodne z telefonią IP.

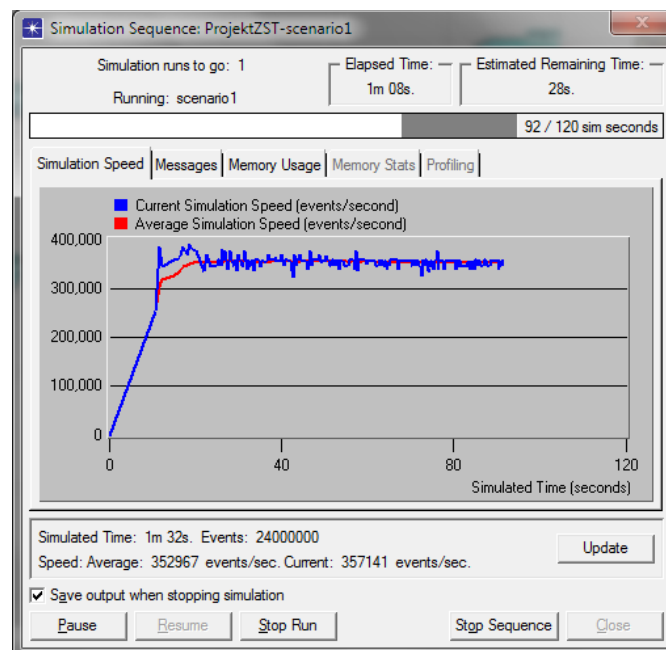
3.3. Symulacja modelowanej sieci

Badanie sieci przeprowadziłem dokonując szereg symulacji oraz zmian parametrów profili oraz aplikacji, które generują ruch w sieci w celu osiągnięcia pewnych wyników. Rysunek 5 przedstawia okno przeprowadzanej symulacji.

Przeprowadzone symulacje:

1. Symulacja sieci bez wykorzystania QoS.
2. Symulacja sieci z wykorzystaniem kolejkowania WFQ.
3. Symulacja sieci z wykorzystaniem kolejkowania WFQ+LLQ.
4. Symulacja sieci z wykorzystaniem kolejkowania PQ.
5. Symulacja sieci z wykorzystaniem kolejkowania PQ – zagłódzenie najniższego priorytetu.

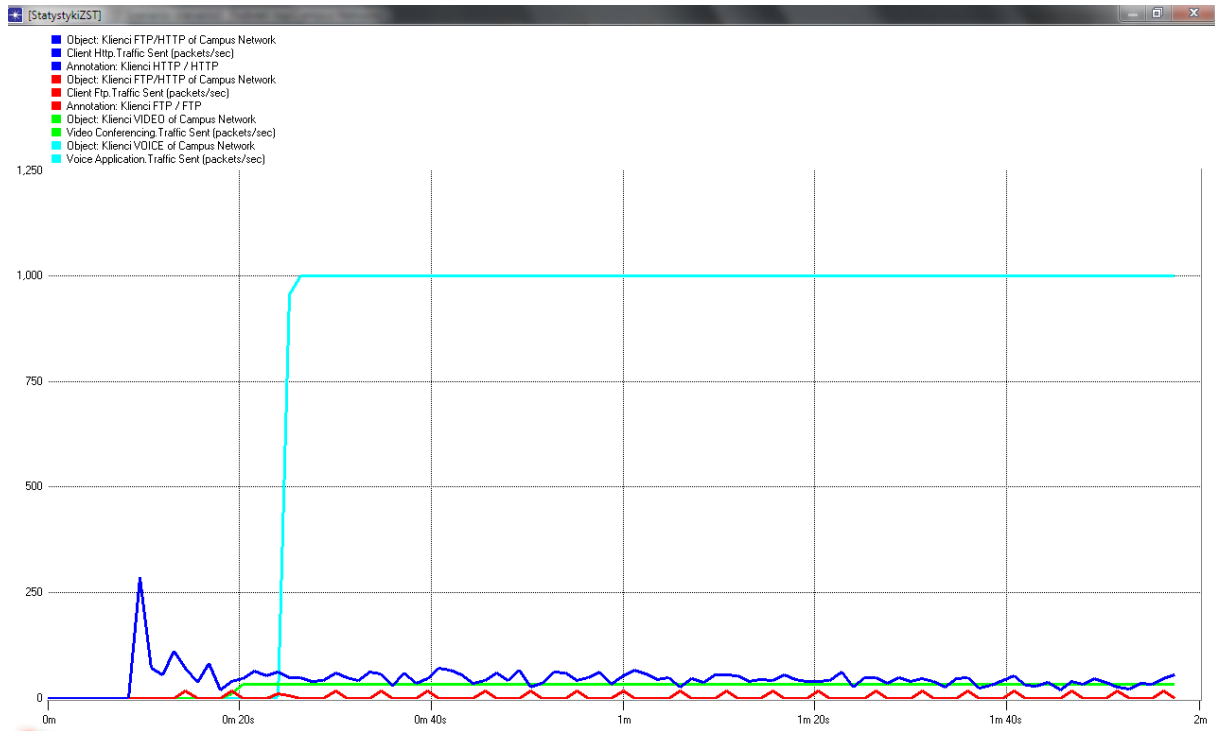
W każdej z symulacji generowanie ruchu HTTP odbywało się po 5 sekundach, ruchu FTP po 10 sekundach, ruchu VIDEO po 15 sekundach a ruchu VOICE po 20 sekundach. Na rysunku 5 świetnie można zaobserwować jak po 30 sekundzie, kiedy każdy z 4 typów ruchu jest generowany, następuje znaczne obniżenie czasu przeprowadzania symulacji ze względu na dużą liczbę występujących zdarzeń. Ponadto ruch głosowy oraz wideo potrzebują dużo większej ilości mocy obliczeniowej podczas przeprowadzania symulacji niż ruch HTTP czy FTP.



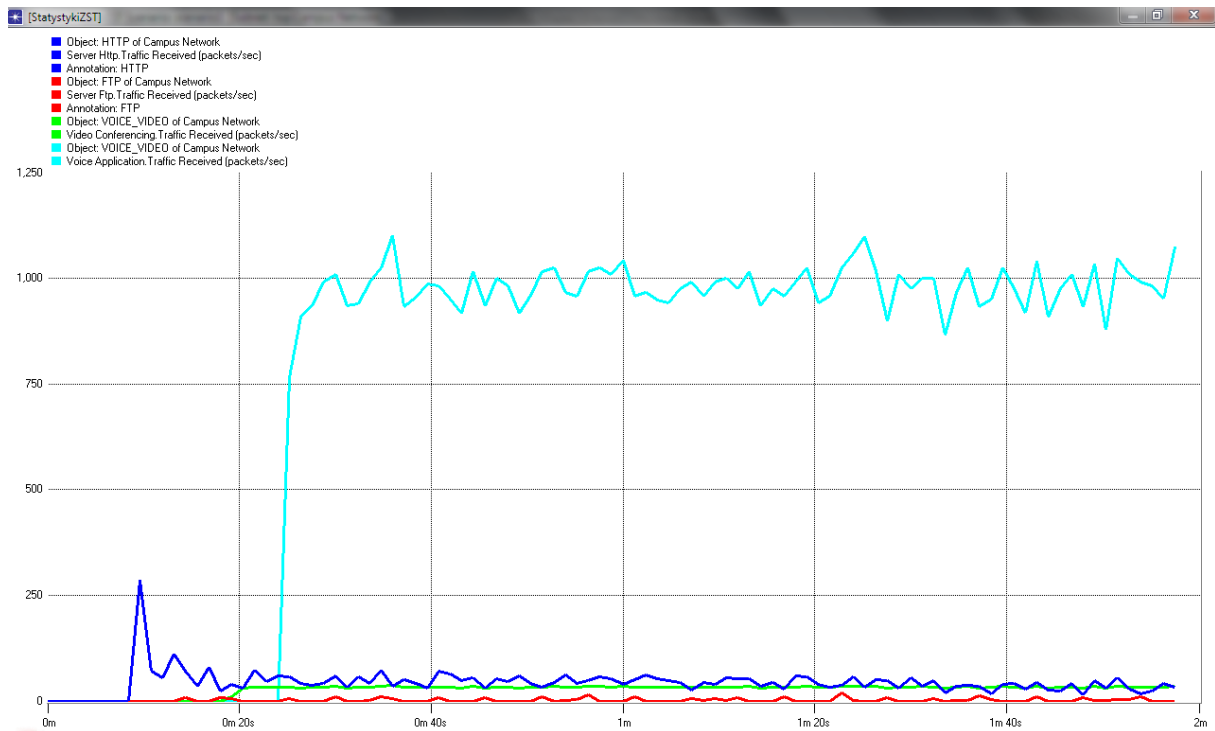
Rys. 5. Okno symulacji w środowisku OPNET IT

3.3.1. Wybrane parametry bez użycia kolejkowania.

Rysunki 6 i 7 przedstawiają przepływ pakietów w sieci. Widać, że największa ilość ruchu generowana jest przez aplikacje głosowe. Dzieje się tak, iż w następnych etapach ruch ten będzie oznaczany jako ruch o najwyższym priorytecie.



Rys.6. Przesyłanie pakietów bez użycia QoS.



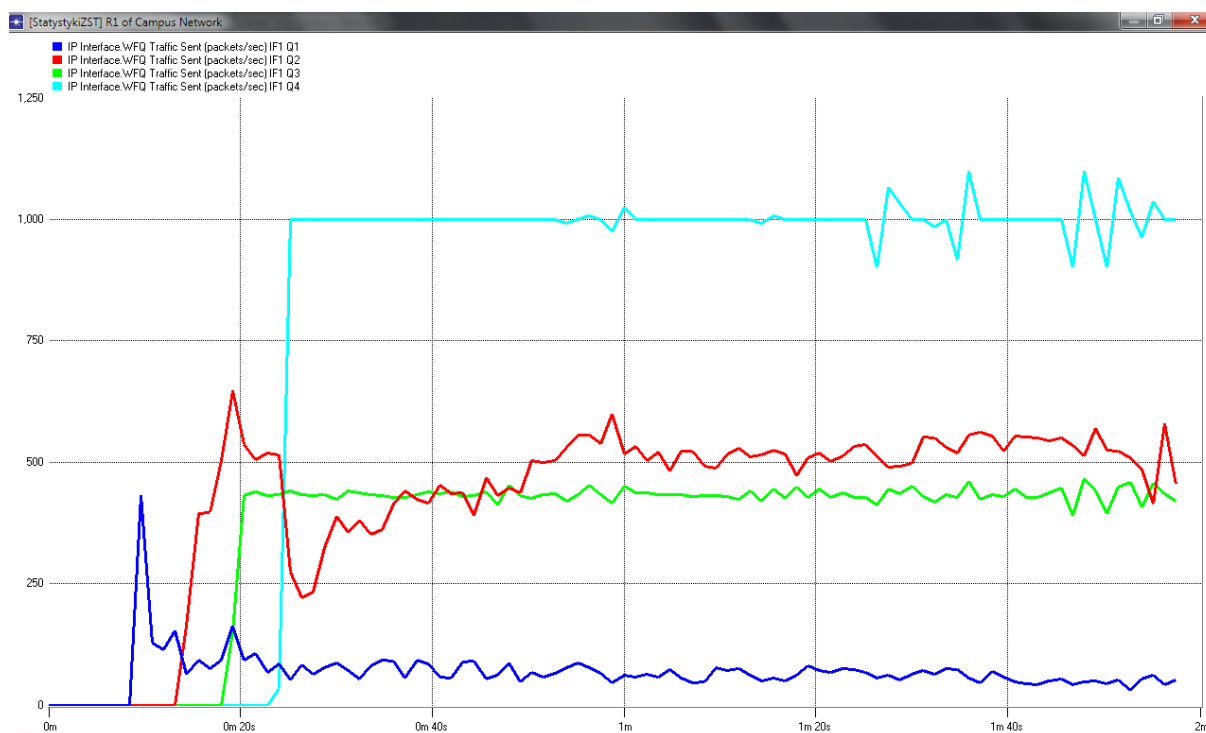
Rys.7. Odebranie pakietów bez użycia QoS

3.3.2. Kolejowanie WFQ.

Kolejnym etapem zadania było zbadanie kolejowania WFQ. W sieci generowany jest ruch HTTP, FTP, głosowy oraz wideo. Dla każdego z nich został przypisany odpowiedni znacznik oraz kolejka priorytetowa. Kolejowanie WFQ ustala priorytety na podstawie wag. W tabeli poniżej zilustrowana została organizacja ruchu.

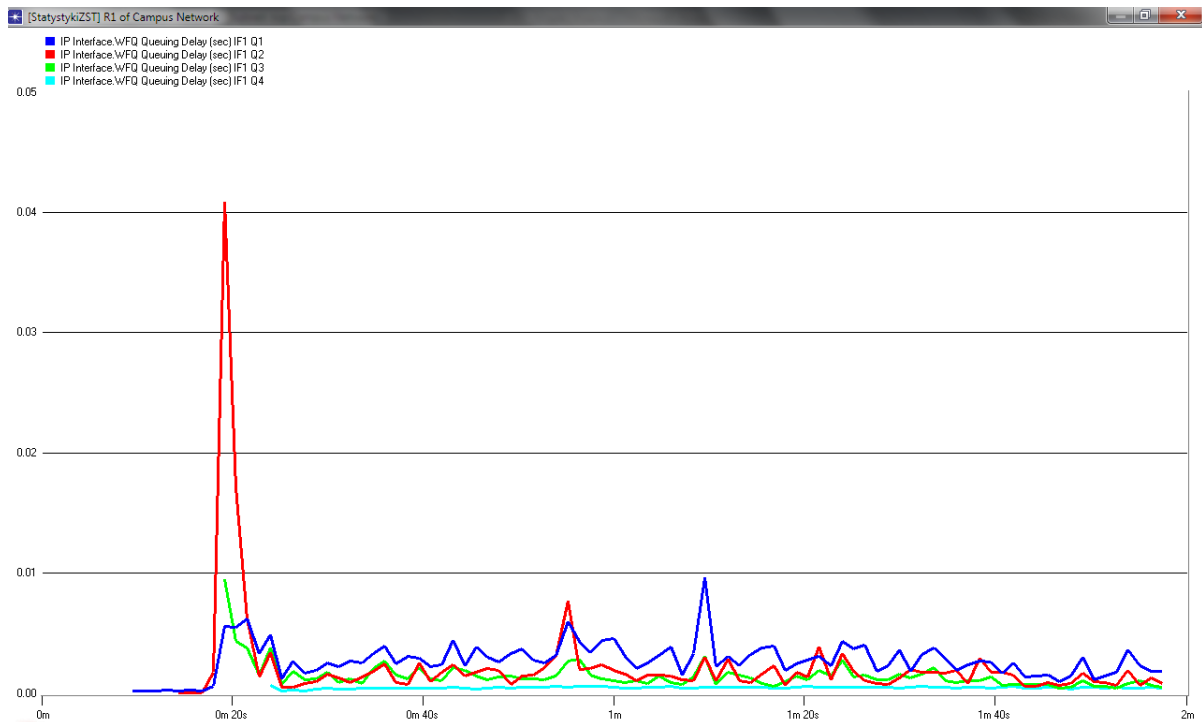
Rodzaj ruchu	Znacznik	Kolejka
HTTP	AF21	Q1
FTP	AF31	Q2
Wideo	AF41	Q3
Głos	EF	Q4

Rysunek 8 przedstawia transfer pakietów. Jak widać ruch jest generowany w różnych odstępach czasowych. Żaden ruch nie jest głodzony.



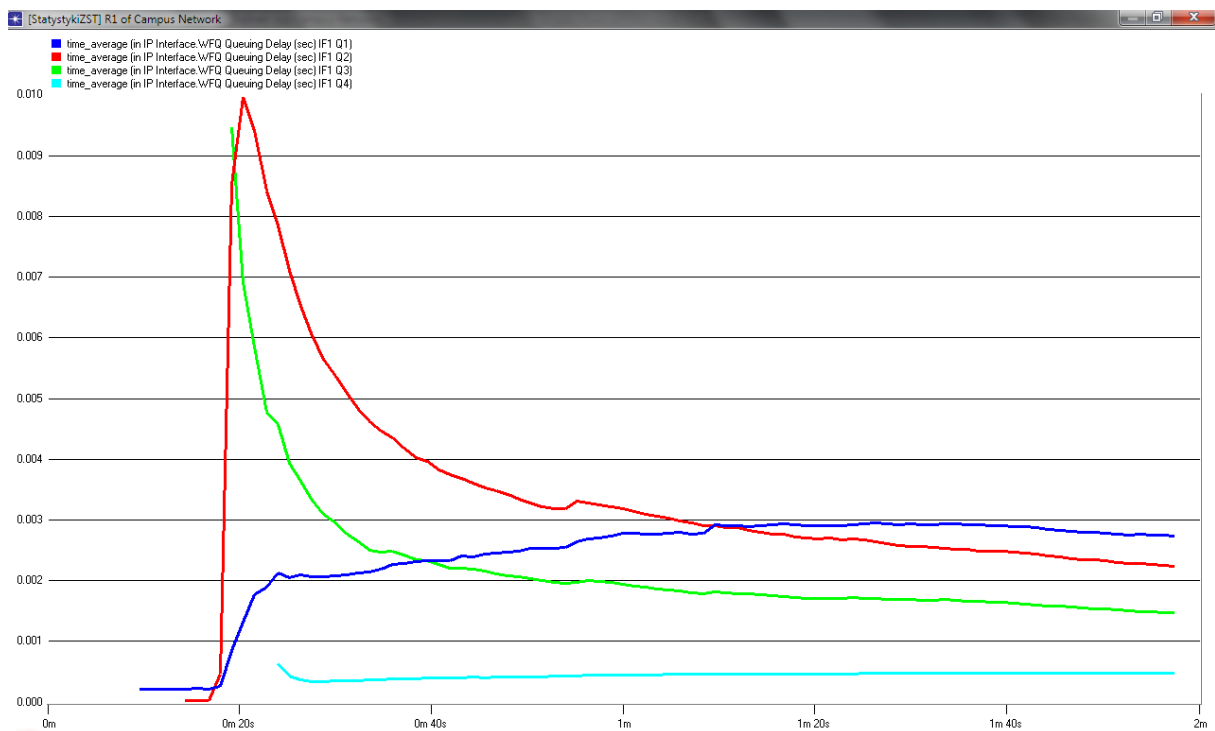
Rys.8. WFQ Przesyłanie pakietów.

Ważnym elementem przy badaniu kolejowania WFQ oraz działania ustalonych zasad kolejowania było zbadanie opóźnień kolejowania. Na rysunku 9 są przedstawione opóźnienia dla każdego rodzaju ruchu. Pakiety głosowe, które trafiają do kolejki Q4 o najwyższym priorytecie mają najmniejsze opóźnienia. Z wykresu wynika, że największe opóźnienia ma ruch HTTP a to, dlatego że trafia do kolejki o najniższym priorytecie Q1. Ciężko jednak stwierdzić jak wygląda sprawa z ruchem FTP i Wideo. Dlatego aby lepiej zobrazować opóźnienie kolejowania, wykorzystałem wykres uśredniony, który przedstawiony jest na rysunku 10.



Rys.9. Opóźnienia kolejkowania pakietów WFQ

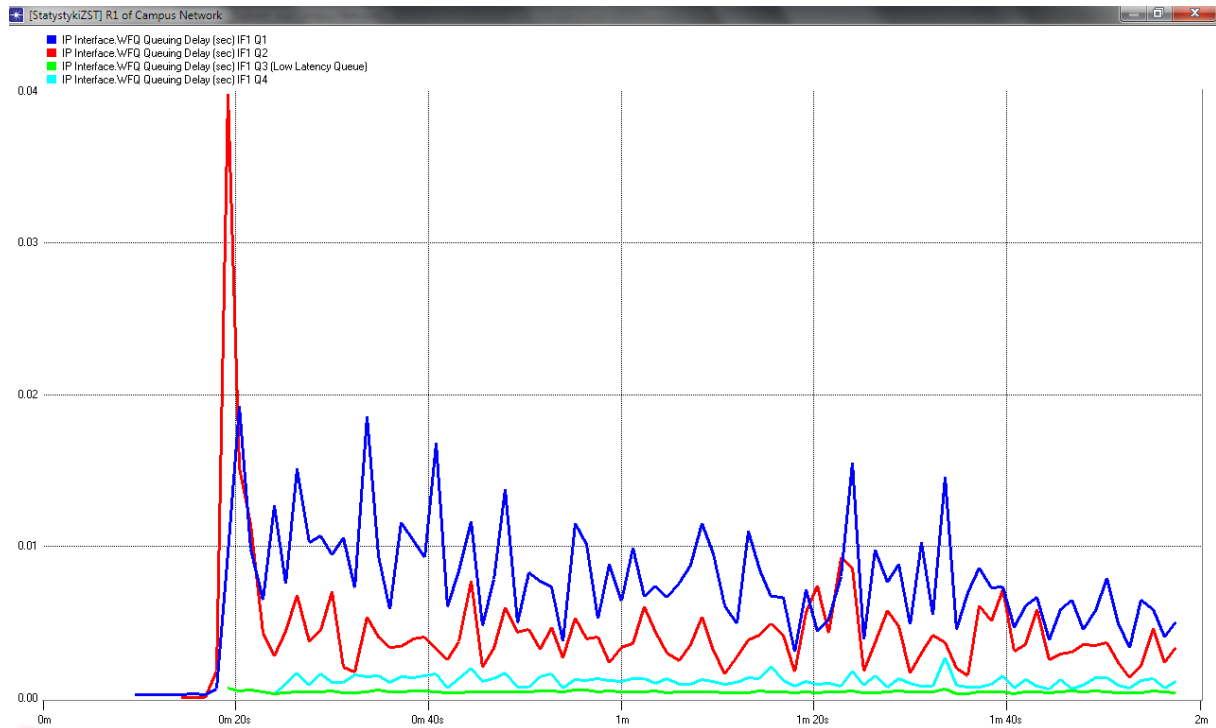
Na rysunku 10 widać, że po upływie około jednej minuty opóźnienia są adekwatne do ustalonej polityki kolejkowania ruchu. Największe opóźnienie ma HTTP -> Q1 niższe FTP -> Q2, potem Wideo -> Q3 oraz najniższe Głos -> Q4.



Rys.10. Opóźnienia kolejkowania pakietów WFQ - średnia.

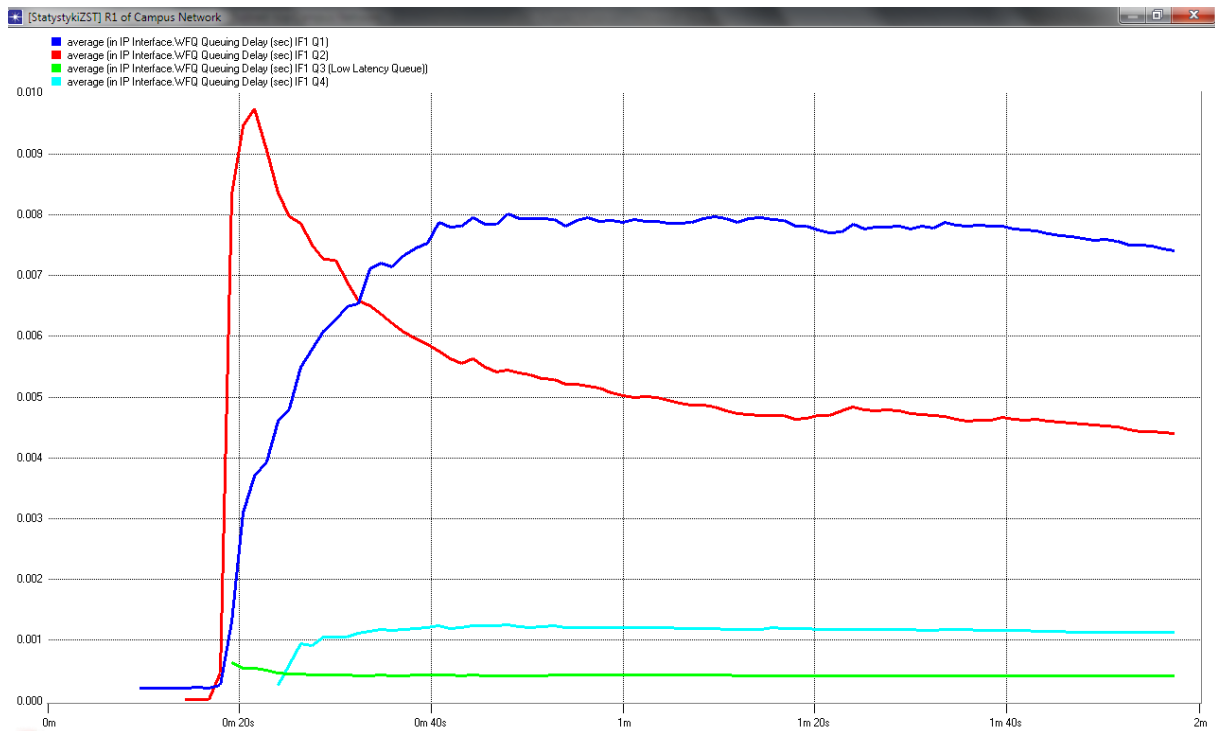
3.3.3. Użyteczność kolejkowania WFQ+LLQ na tle WFQ.

Kolejkowanie WFQ dla badanej sieci oraz zastosowanych polityk kolejkowania spełnia założone oczekiwania. Jednak opóźnienia między ruchem FTP a Wideo nie są zadowalające. Aby zmniejszyć opóźnienia dla ruchu Wideo, który ma wyższy priorytet niż FTP zastosowałem dodatkowe kolejkowanie LLQ. Rysunek 11 przedstawia wynik zastosowania LLQ dla ruchu Wideo.



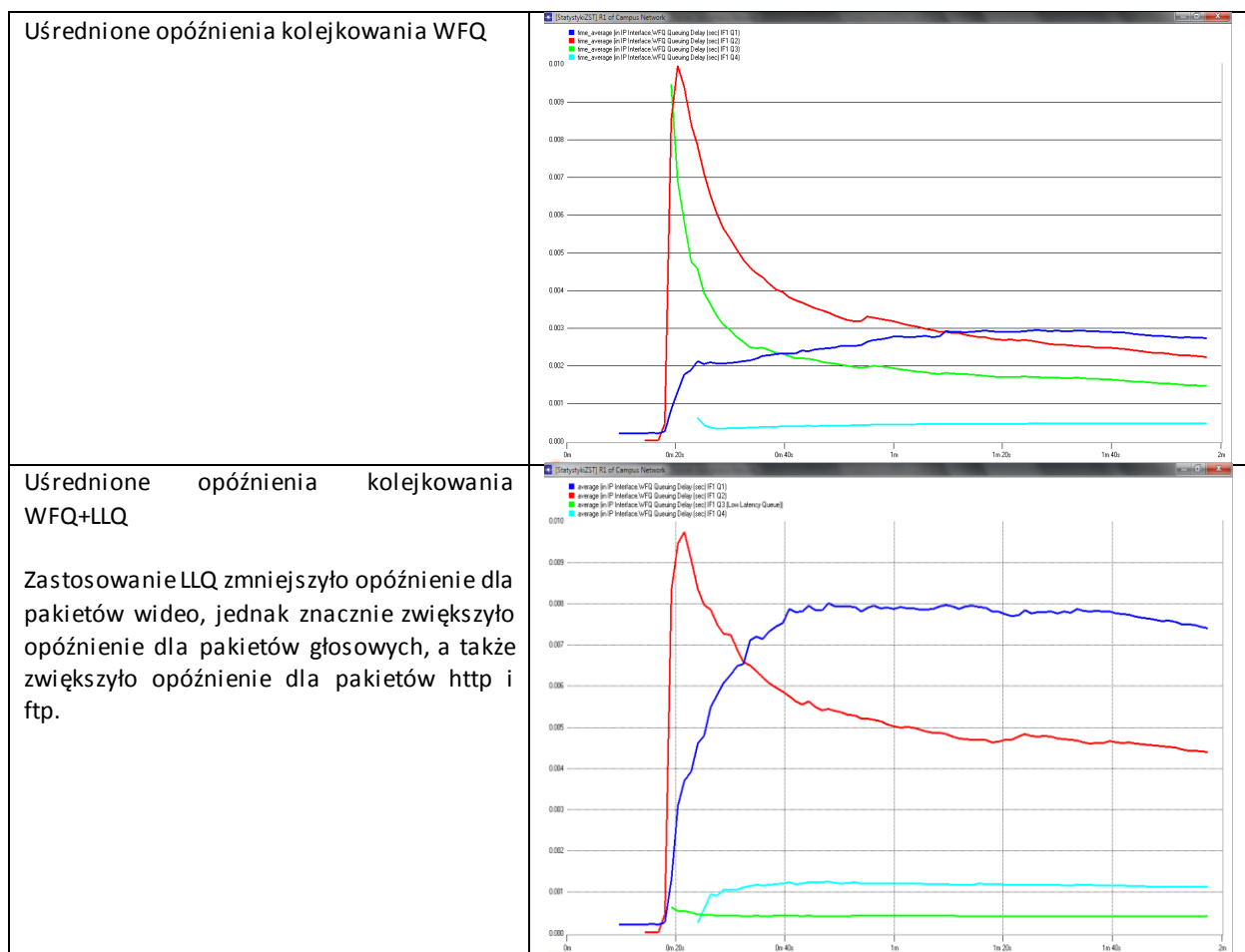
Rys.11. Opóźnienie WFQ+LLQ dla wideo Q3.

Opóźnienia pakietów trafiających do kolejki Q3 gdzie zastosowano LLQ zmniejszyły się diametralnie. Niestety na niekorzyść wpłynęło to na ruch głosowy, który ma najwyższy priorytet. Jednak opóźnienie powstałe dla ruchu głosowego jest bardzo małe i aproksymuje się do linii prostej. Zastosowanie uśrednionych wartości świetnie zobrazuje jak teraz wyglądają opóźnienia względem kolejek (Rysunek 12)

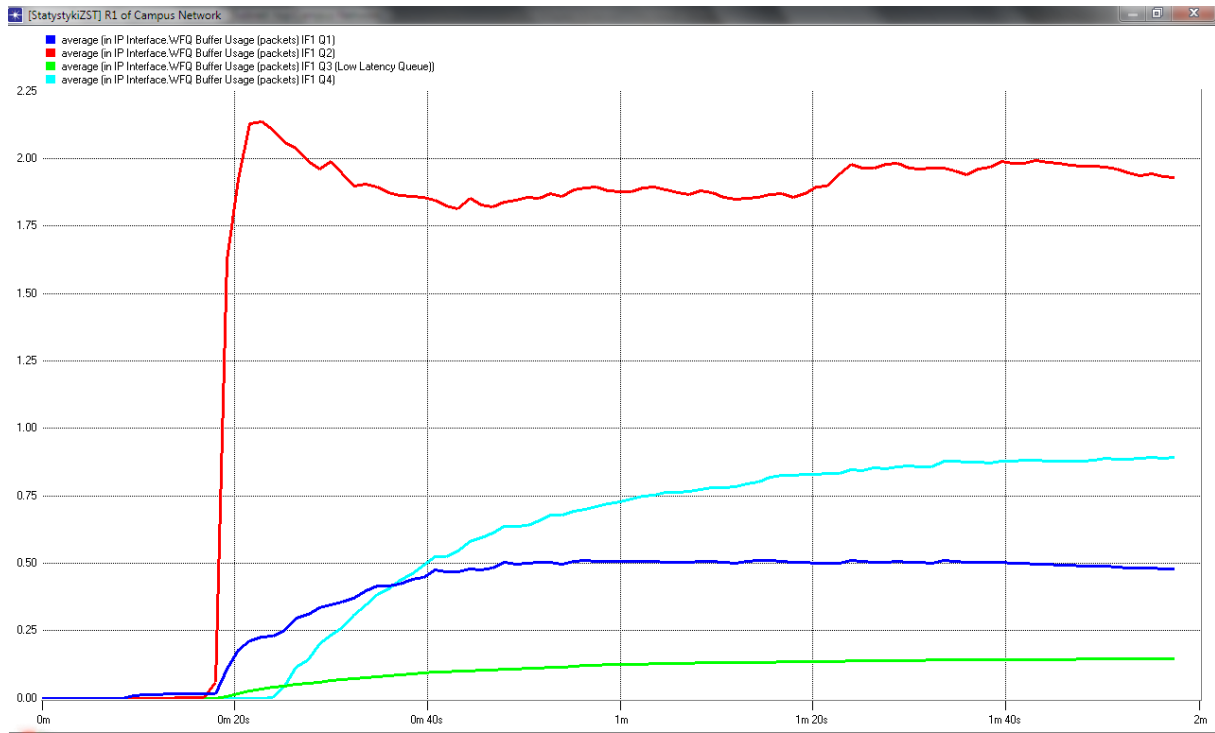


Rys.12. Opóźnienie uśrednione WFQ+LLQ dla wideo Q3

Zestawienie WFQ oraz WFQ+LLQ



Rysunek 13 przedstawia uśrednione użycie bufora dla kolejkowania WFQ+LLQ. Największe zużycie bufora występuje dla ruchu FTP. Dzieje się tak, dlatego iż wysyłany jest przez sieć jeden plik o dużym rozmiarze, dlatego bufor jest wykorzystywany praktycznie w pełni. Pozostałe aplikacje nie zapełniają bufora swojej kolejki nawet w połowie.



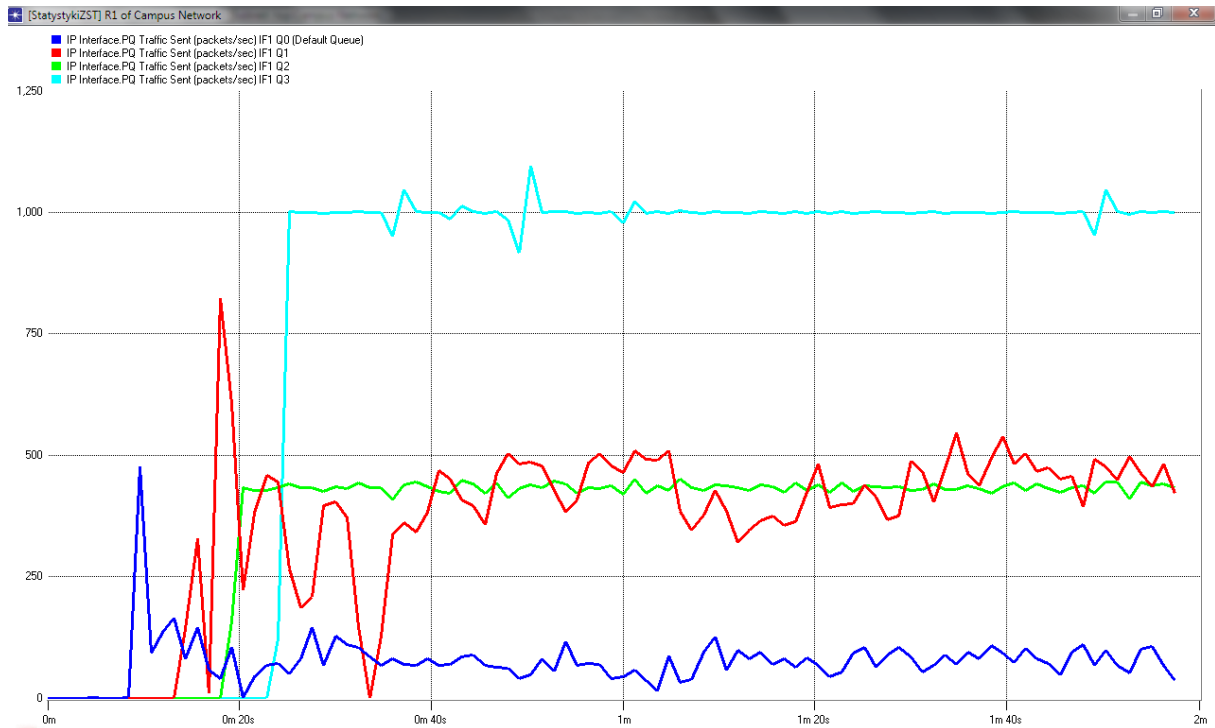
Rys.13. WFQ uśrednione użycie bufora.

3.3.4. Kolejkowanie PQ.

Kolejkowanie PQ posiada znacznie mniej kolejek niż WFQ. W PQ występują 4 kolejki o priorytetach odpowiednio High, Medium, Normal, Low. Istotną wadą dla kolejkowania PQ jest to, że dopóki w kolejce o najwyższym priorytecie będą pakiety to pakiety będące w kolejkach o niższych priorytetach nie będą wypuszczane. W przypadku dużego natężenia ruchu w kolejkach High i Medium ruch w kolejce o najniższym priorytecie Low może zostać zagłodzony, co zostanie przedstawione w punkcie 3.3.5. Polityka ruchu dla PQ została przyjęta w sposób następujący:

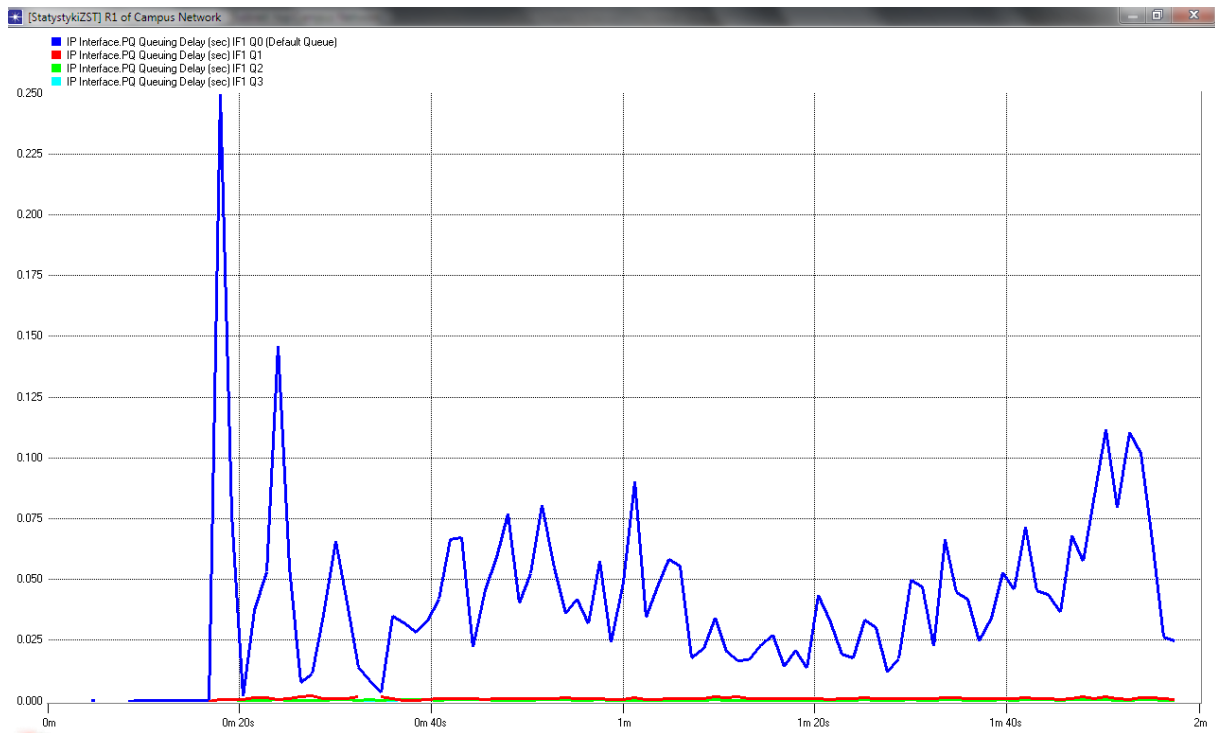
Rodzaj ruchu	Znacznik	Kolejka
HTTP	AF21	Low
FTP	AF31	Normal
Wideo	AF41	Medium
Głos	EF	High

Ilości przesłanych pakietów niczym się nie różni od przypadku z kolejkowaniem WFQ (Rysunek 8). Jednak opóźnienia kolejkowania są bardzo odczuwalne dla ruchu HTTP o najniższym priorytecie (Rysunek 15). W tym momencie można stwierdzić, że gdybyśmy natężyli ruch dla kolejek o wyższych priorytetach wtedy ruch HTTP mógłby zostać zagłodzony.



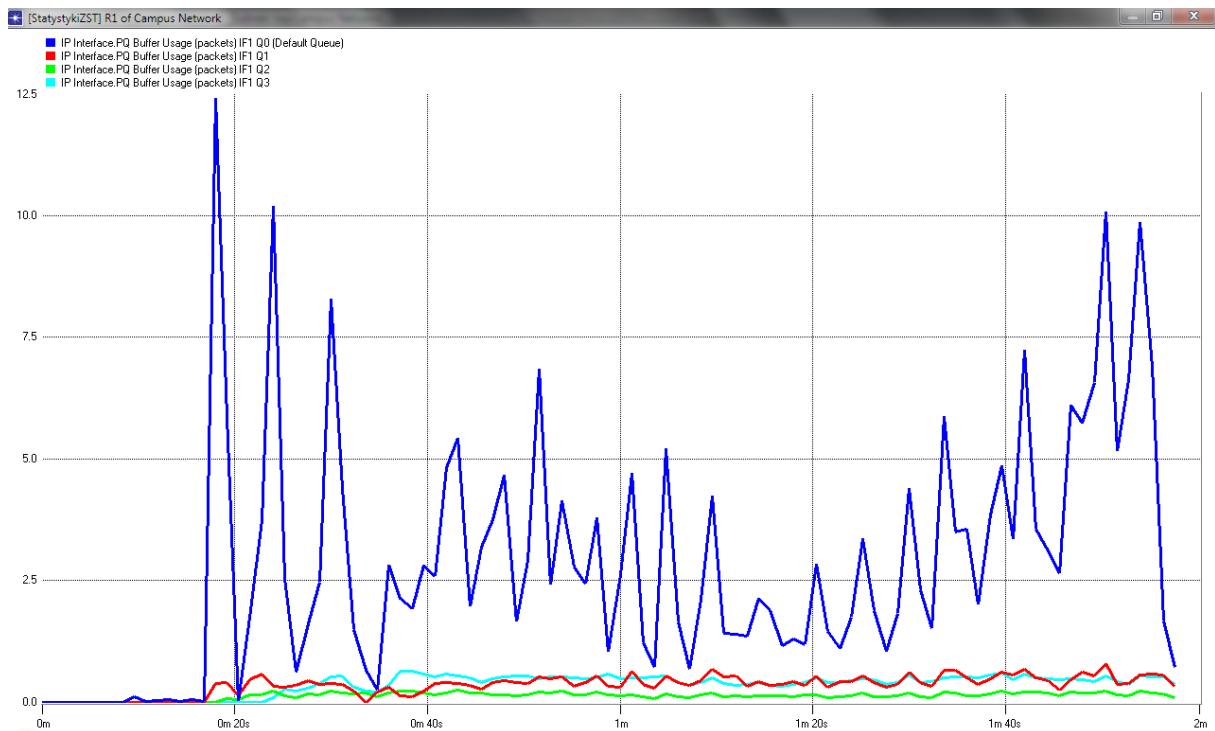
Rys.14. Przesyłanie pakietów PQ

Rysunek 15 bardzo dobrze obrazuje jak duże opóźnienie posiadają pakiety w kolejce Low względem kolejek o wyższych priorytetach. Pakiety z kolejek Normal, Medium i High mają podobne opóźnienia w rozsyłaniu pakietów.



Rys.15. Opóźnienia kolejkowania PQ

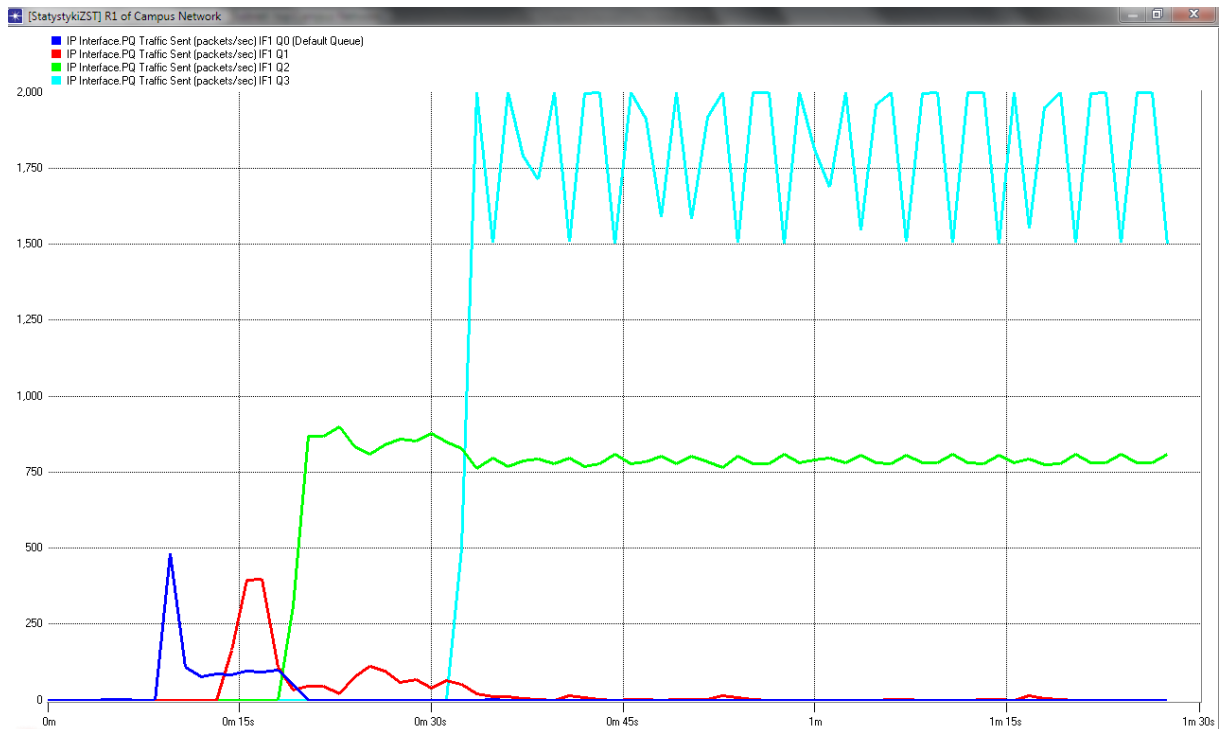
Użycie bufora dla kolejek PQ jest znaczące dla ruchu HTTP, natomiast pozostały ruch wykorzystuje bufor w podobnych ilościach (Rysunek 16). Wykorzystanie dużej ilości bufora przez HTTP jest spowodowany dużymi opóźnieniami, gdyż pakiety te dużo wolniej opuszczają kolejkę, a co za tym idzie więcej ich przybywa niż ubywa.



Rys.16. Użycie bufora PQ

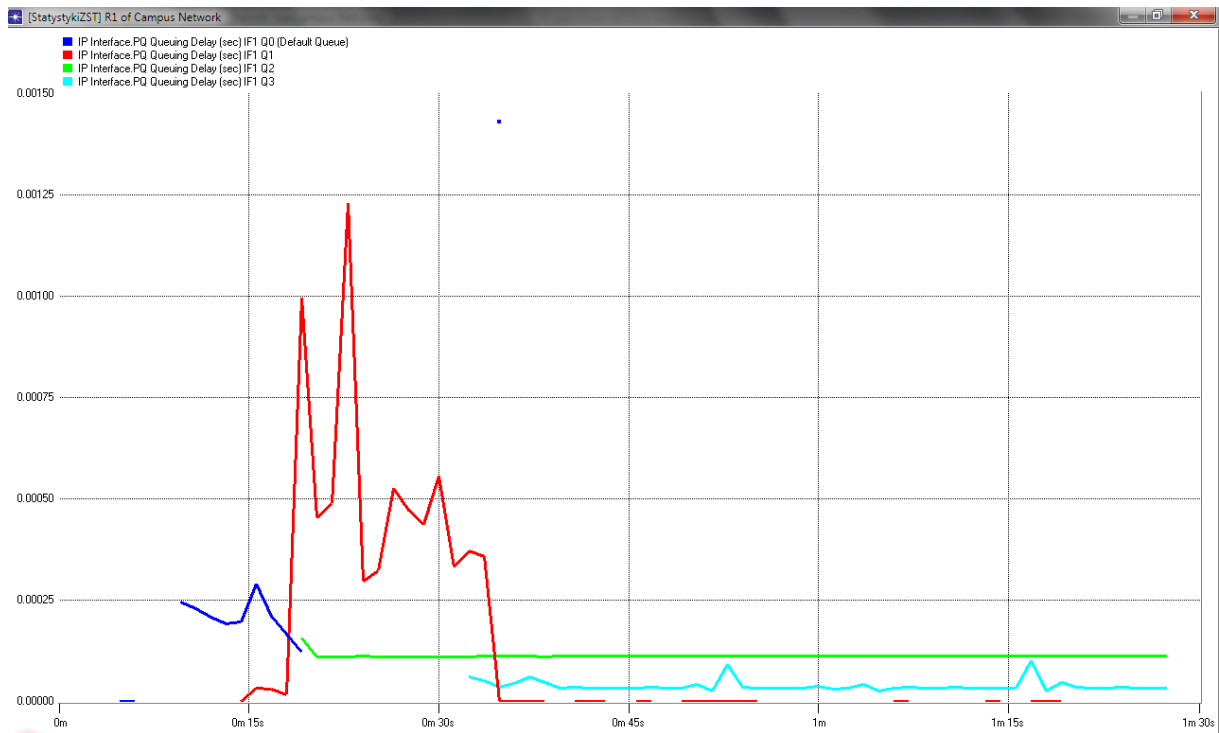
3.3.5. Zagłodzenie ruchu sieciowego przy wykorzystaniu kolejkowania PQ

Ostatnim etapem zadania było doprowadzenie do „zagłodzenia” ruchu o najniższym priorytecie. Jak już wspominałem w punkcie 3.3.4 aby zagłodzić ruch o najniższym priorytecie należy zwiększyć natężenie ruchu pakietów o wyższych priorytetach. Dla mojej topologii zwiększyłem ruch głosowy oraz wideo, które odpowiedni trafiają do kolejek High i Medium. Jak widzimy na rysunku 17 generowana jest bardzo duża ilość pakietów głosowych i wideo. Można zaobserwować, że w momencie rozpoczęcia przepływu pakietów głosowych, ruch HTTP zanikł jak i FTP.



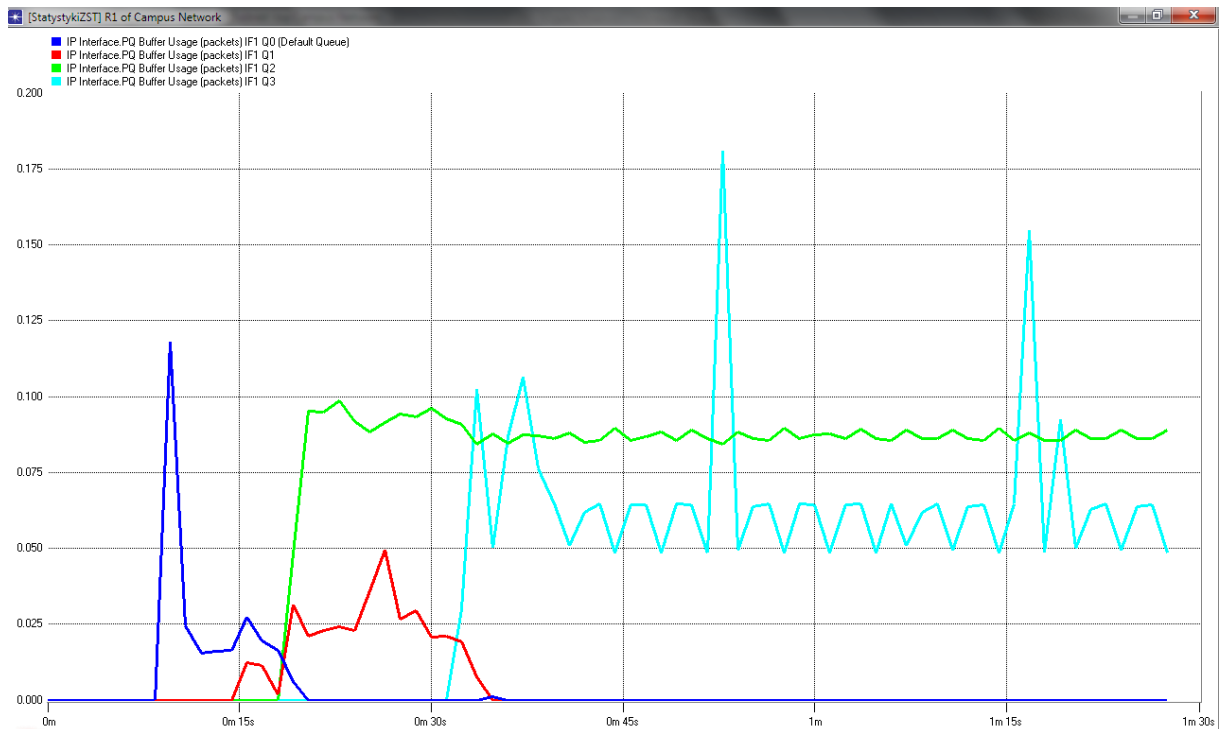
Rys.17. Przesyłanie pakietów PQ – zagłodzenie HTTP Q0

Zagłodzenie ruchu HTTP najlepiej obrazuje rysunek 18 przedstawiający opóźnienia kolejkowania pakietów. Jak doskonale widać ruch głosowy ma najmniejsze opóźnienia, a następnie wideo. Ruch HTTP już w momencie rozpoczęcia przesyłania pakietów wideo został „zagłodzony”. Warto też zauważyć, że gdy włączył się ruch głosowy do sieci ruch FTP też ma pewne problemy i momentami jest „głodzony”. Gdybyśmy zwiększyli natężenie ruchu dla głosu i wideo ruch FTP także zostałby „zagłodzony”.



Rys.18. Opóźnienia PQ – zagłodzenie HTTP Q0

Rysunek 19 potwierdza doprowadzenie do „zagłodzenia” ruchu HTTP. Jak widzimy kolejka Q0 po wystartowaniu Q1 i Q2 przestała używać bufora. A kiedy także do kolejki Q3 zaczęły napływać pakiety Q1 także przestała używać bufora.



Rys.19. Użycie bufora PQ – zagłodzenie HTTP Q0

4. WNIOSKI

Celem zadania projektowego było stworzenie środowiska symulacyjnego umożliwiającego zbadanie mechanizmów QoS, jakimi były: kolejkowanie WFQ, WFQ+LLQ, PQ. Do wykonania zadania należało użyć oprogramowania OPNET IT. Oprogramowanie dostarcza bardzo dużo możliwości modelowania. Pozwala na sprawdzenie pewnych technologii przed wdrożeniem do realnej sieci, co pozwala na zredukowanie liczby błędów.

Głównymi celami zadania projektowego było pokazanie użyteczności kolejkowania LLQ na tle WFQ oraz, że ruch priorytetowy w kolejkowaniu PQ może zagłodzić ruch z mniejszym priorytetem. Aby dobrze zrealizować zadanie musiałem przeprowadzić wiele prób dotyczących zasad generowania ruchu sieciowego. Najpierw należało generować ruch o stosunkowo małym natężeniu i tak powoli włączać kolejne z coraz to większym. Takie zachowanie pozwoliło mi na bardzo dobrze przebadanie kolejkowania WFQ. Jednak WFQ nie daje nam pełnej kontroli nad pasmem i opóźnieniami. Wykorzystanie LLQ niesie ze sobą efekty, ale także powoduje obniżenie, jakości innych usług występujących w sieci.

„Zagłodzenie” ruchu o najniższym priorytecie dla kolejkowania PQ powiodło się. Jednak trzeba odpowiednio dobierać ile będziemy generować ruchu i z jakim priorytetem. Często znaczne zwiększenie natężenia ruchu dla pakietów o najwyższym priorytecie nie koniecznie doprowadzi do „zagłodzenia”. Dlatego należy generować dużą ilość ruchu dla dwóch najwyższych kolejek.