



# TRwST - Projekt IP\_QoS

PORÓWNANIE METOD KOLEJKOWANIA:  
BASELINE/FIFO/CUSTOM\_QUEUEING

PROWADZĄCY: DR INŻ. SŁAWOMIR SAMBOR

JAKUB SZOPA (259715)

GRZEGORZ WÓJCIK (259734)

JAKUB SZUPER (259695)

## Spis treści

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Wstęp .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>Opis teoretyczny .....</b>                             | <b>2</b>  |
| <b>Podstawowe scenariusze Riverbed Modeler .....</b>      | <b>2</b>  |
| Baseline .....  | 3         |
| FIFO .....  | 3         |
| Custom Queuing .....                                      | 4         |
| Porównanie podstawowych scenariuszy .....                 | 6         |
| <b>Rozbudowane scenariusze .....</b>                      | <b>7</b>  |
| Dodawanie aplikacji w Riverbed Modeler (instrukcja) ..... | 7         |
| Porównanie algorytmów po dodaniu aplikacji.....           | 14        |
| <b>Podsumowanie .....</b>                                 | <b>16</b> |
| <b>Spis ilustracji .....</b>                              | <b>17</b> |

## Wstęp

Projekt polegał na porównaniu metod kolejkowania IP QoS. QoS to protokół priorytetowania transmisji pakietów w 2 modelu OSI. Porównano następujące metody kolejkowania: Baseline, FIFO oraz Custom Queuing. W celu porównania metod wykorzystano symulację w programie Riverbed Modeler.

Symulacja opiera się na topologii sieci składającej się z czterech par klientów wideo. Każda para używa odrębnego TOS (Type of Service) do przesyłania danych. Łącze między routerami między routerami jest potencjalnym wąskim gardłem.

## Opis teoretyczny

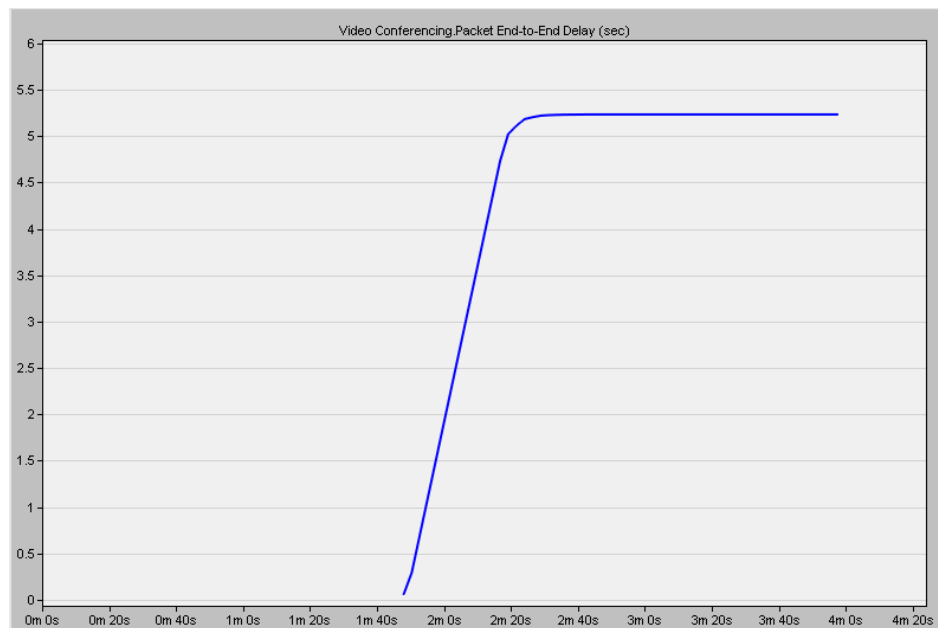
FIFO: Metoda ta powoduje, że pierwszeństwo uzyskuje ten użytkownik, który pierwszy wysłał swoje żądanie. Łącza mają określoną pojemność, co określa całkowity czas transmisji. Prędkość ściągania plików jest taka jak pojemność najmniejszego pośredniczącego łącza. W takiej sytuacji możliwe jest, że jeden użytkownik jest w stanie przez długi czas zablokować całe łącze.

Custom Queuing: Algorytm kolejkowania CQ pozwala na sprawiedliwe współdzielenie zasobów sieciowych przez standardowe aplikacje oraz aplikacje krytyczne, czułe na opóźnienia. Ograniczenia kolejki są określane przez średni rozmiar pakietu, maksymalną jednostkę transmisji (MTU) i procent przydziału przepustowości. Ograniczenia kolejki (w bajtach) są usuwane z kolejki dla każdej kolejki, co skutkuje statystycznym oszacowaniem przydzielonej przepustowości.

## Podstawowe scenariusze Riverbed Modeler

Początkowo sprawdzono działanie wszystkich metod na bazie podstawowych scenariuszy, które znajdują się w programie Riverbed Modeler. Symulacje te przedstawiały przesył pakietów aplikacji Video Conferencing przy opisanej wcześniej topologii sieci. Każdy z TOS posiada inne priorytety.

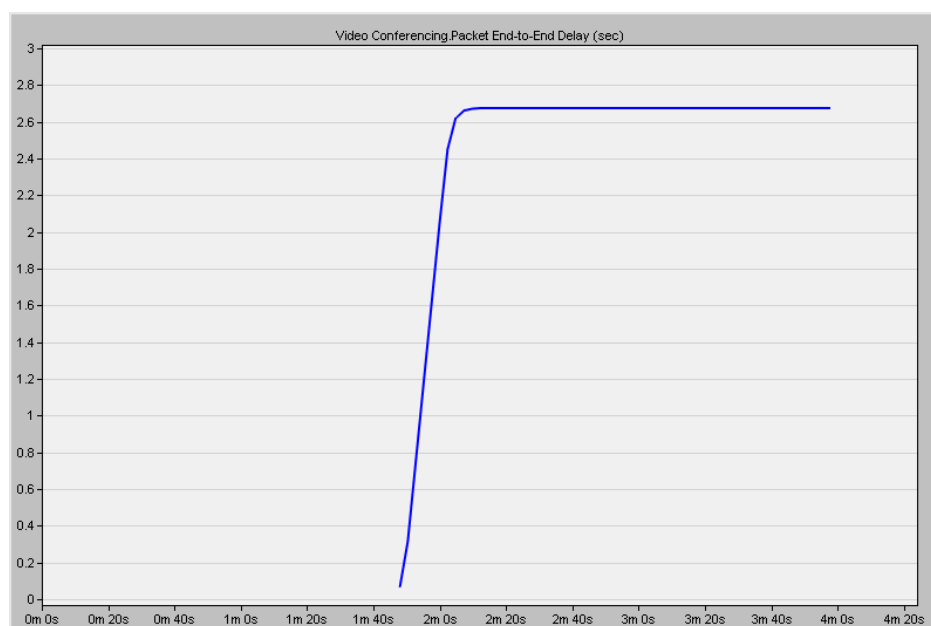
## Baseline



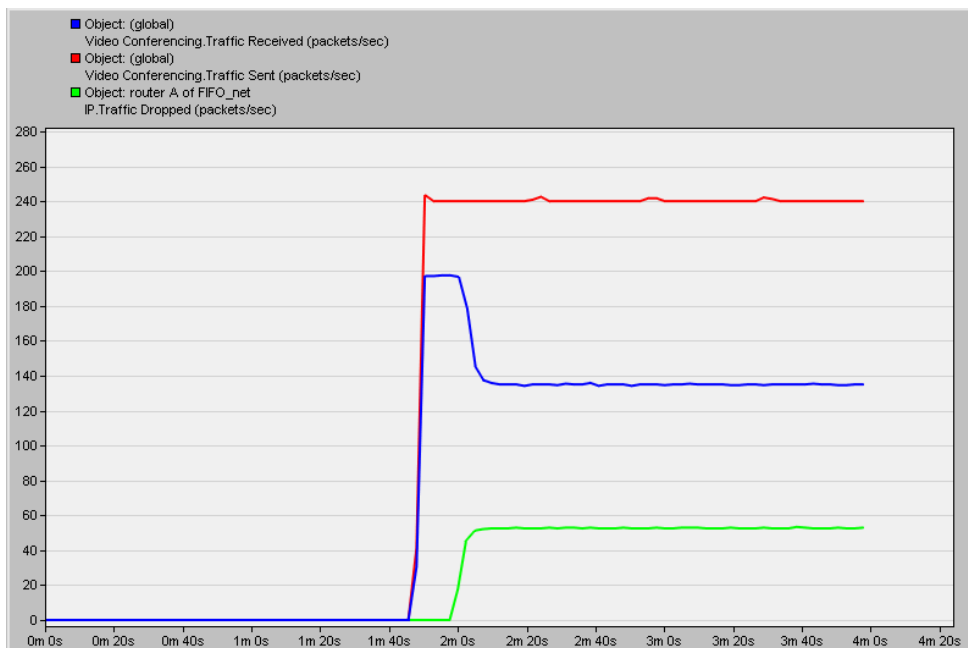
Wykres 1. Video Conferencing End-to-End Delay (sec) - Baseline

Przy scenariuszu Baseline, bufor na routerach jest nielimitowany, przez co żadne pakiety nie są gubione. Jak można zauważyć na powyższym wykresie, opóźnienie w wysyłaniu pakietów dla tego scenariusza, stopniowo rośnie aż do poziomu około 5 sekund.

## FIFO



Wykres 2. Video Conferencing End-to-End Delay (sec) - FIFO

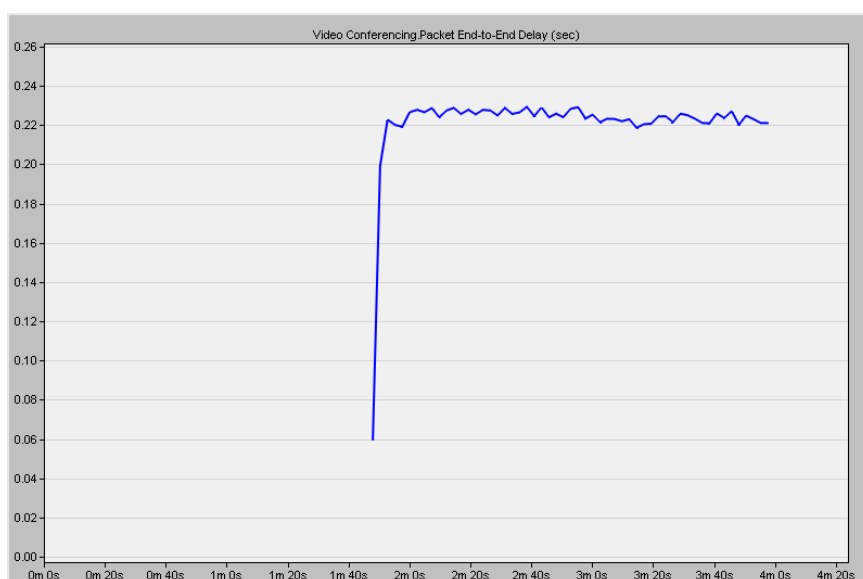


Wykres 3. Traffic Sent i Received dla Video Conferencing, IP Traffic Dropped na routerze A (packets/sec) - FIFO

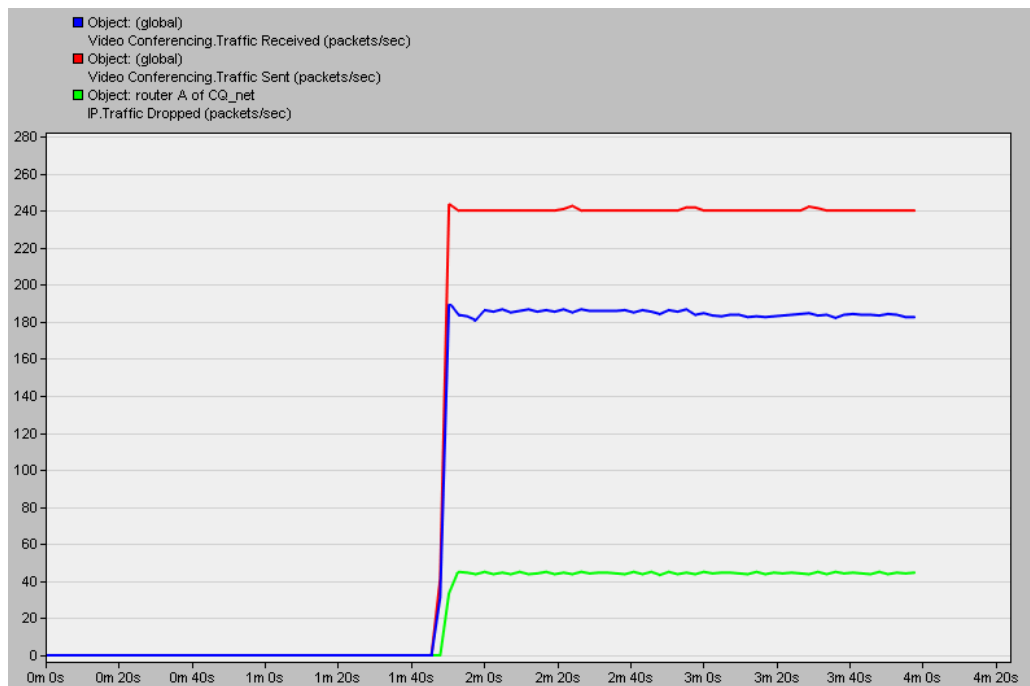
W scenariuszu typu FIFO, router A oraz B mają ograniczoną pojemność bufora 1mbyt, co powoduje odrzucenie pakietów, które wchodzi do routera w sytuacji, gdzie bufor jest przepełniony.

Można zauważyć, że maksymalne opóźnienie, jakie obserwuje przychodzący pakiet, to opóźnienie napotkane w wyniku obsługi wszystkich pakietów znajdujących się przed nim, w prawie pełnej kolejce. Na powyższym wykresie można zauważyć, że około 2 minuty symulacji bufor zaczyna się przepełniać, przez co pakiety zostają odrzucane, co skutkuje dużym spadkiem otrzymanych pakietów.

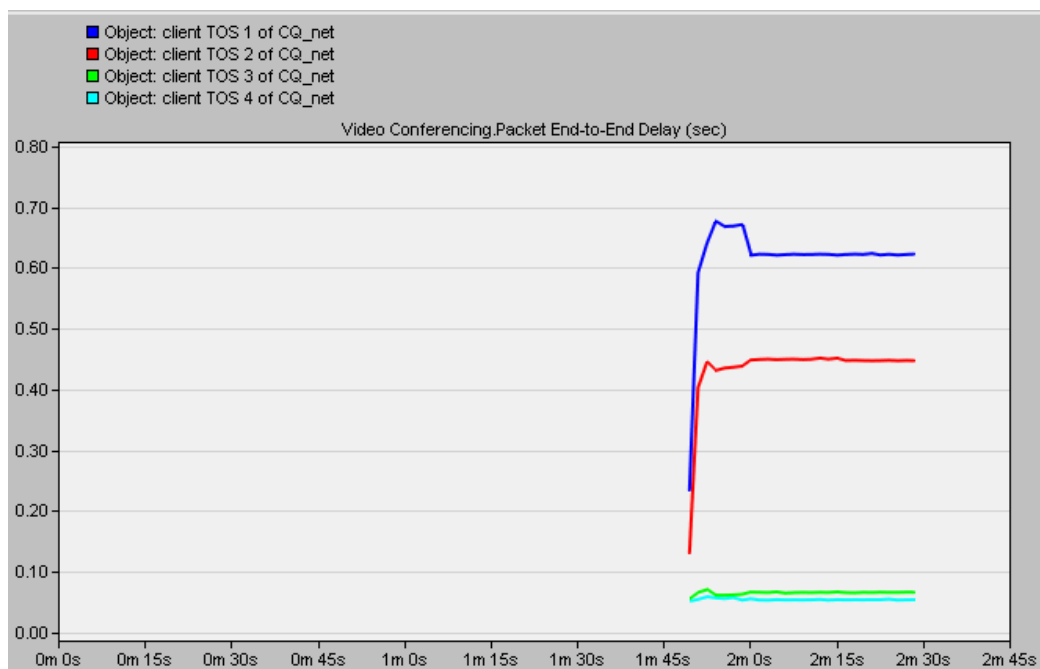
## Custom Queuing



Wykres 4. Video Conferencing End-to-End Delay (sec) - CQ



Wykres 5. Traffic Sent i Received dla Video Conferencing, IP Traffic Dropped na routerze A (packets/sec) - CQ



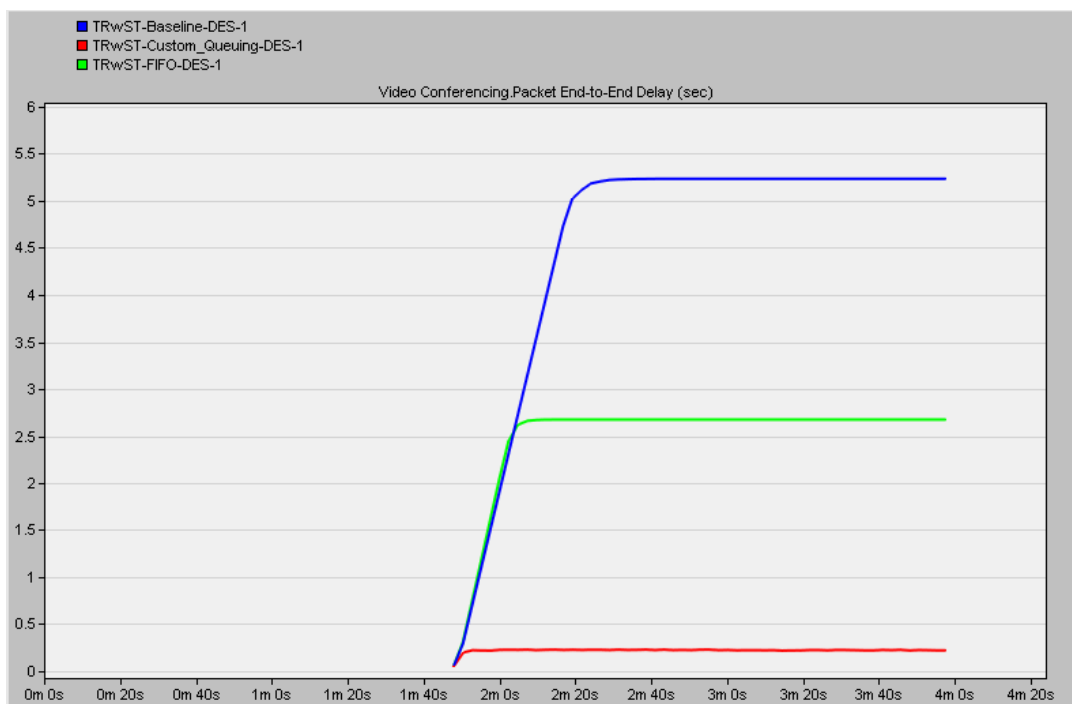
Wykres 6. Video Conferencing End-to-End Delay (sec) dla każdego klienta - CQ

W metodzie Custom Queuing, routery obsługują wiele kolejek dla każdego typu usługi. Kolejka 4 odbiera ruch TOS 4, kolejka 3 odbiera ruch TOS 3...

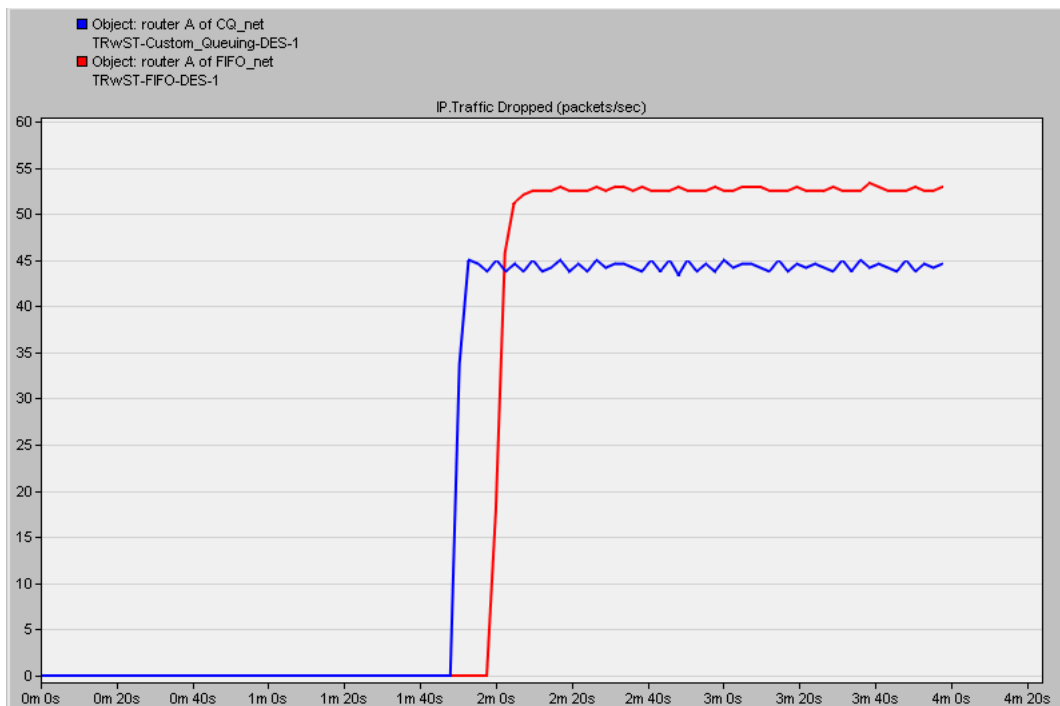
W tym przykładzie, mechanizm custom queuing rozróżnia ruch między kolejkami na podstawie typu usługi (TOS). Ruch jest wysyłany na zasadzie algorytmu Round-Robin. Kolejki wysyłają ruch proporcjonalnie do liczby bajtów. W tym przykładzie kolejki o wysokim indeksie mają większą liczbę bajtów. W wyniku tej klasyfikacji ruch o wyższym TOS uzyskuje większe opóźnienie. Kolejki 3 i 4 dostają swój udział, ale pozwalają innym kolejkom na brak przepustowości co widać na wykresie Packet End-to-End Delay dla poszczególnych klientów.

Przy tej metodzie kolejowania, opóźnienie przy tym scenariuszu, jest bardzo małe, jednak nigdy całkowicie się nie stabilizuje.

## Porównanie podstawowych scenariuszy



Wykres 7. Video Conferencing End-to-End Delay (sec) dla wszystkich metod



Wykres 8. IP Traffic Dropped na routerze A - FIFO i CQ

Jak można zauważyć na wykresach, najbardziej wydajną metodą kolejkowania pod względem opóźnienia pakietów jest Custom Queuing. Najwolniejszym rozwiązaniem jest scenariusz Baseline. Jest on jednak najbardziej wydajny pod względem utraconych pakietów, ponieważ dzięki nieograniczonemu buforowi nie traci on żadnych pakietów. Przy podstawowym scenariuszu najbardziej optymalnym algorytmem jest Custom Queuing, ponieważ ma najmniejsze opóźnienie i mniejszą utratę pakietów, niż algorytm FIFO.

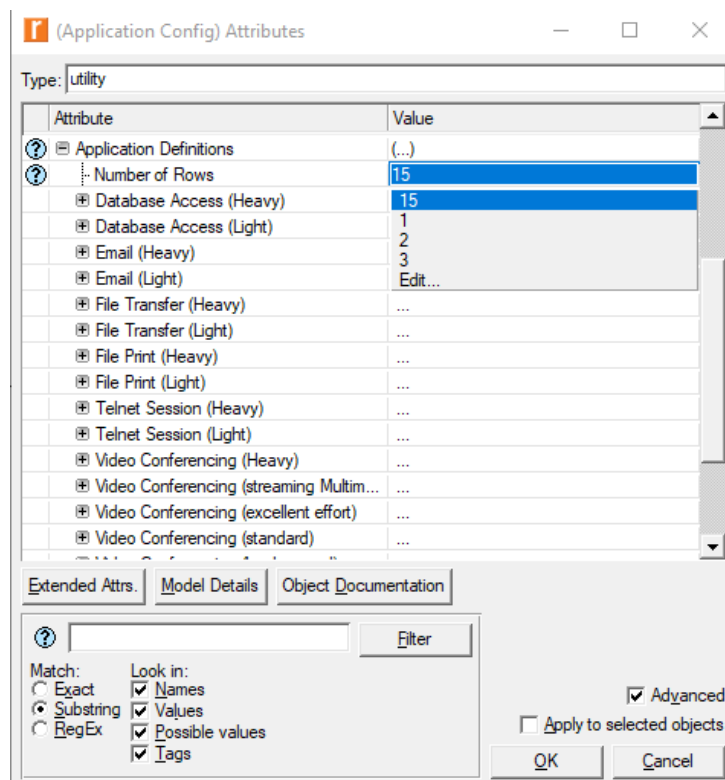
## Rozbudowane scenariusze

### Dodawanie aplikacji w Riverbed Modeler (instrukcja)

Gdy już mamy otworzony projekt i wybrany scenariusz metody kolejkowania, w którym chcemy dodać nową aplikację, postępujemy według następujących kroków:

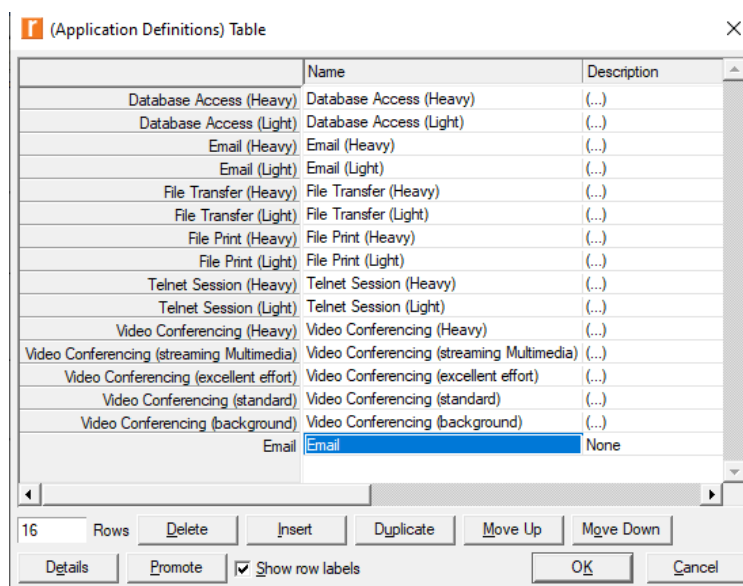
1. Należy stworzyć aplikację, czyli prawym przyciskiem myszy klikamy Application Config -> Edit Attributes -> Application Definitions -> zwiększamy Number of Rows o 1 (klikamy na numer -> edit -> wpisujemy wartość). Na dole listy aplikacji pojawiło się pole Enter Application Name..., zmieniamy nazwę aplikacji -> obok pola Description klikamy (...) -> edit -> zmieniamy wartość dla atrybutu Email na High Load zatwierdzamy OK



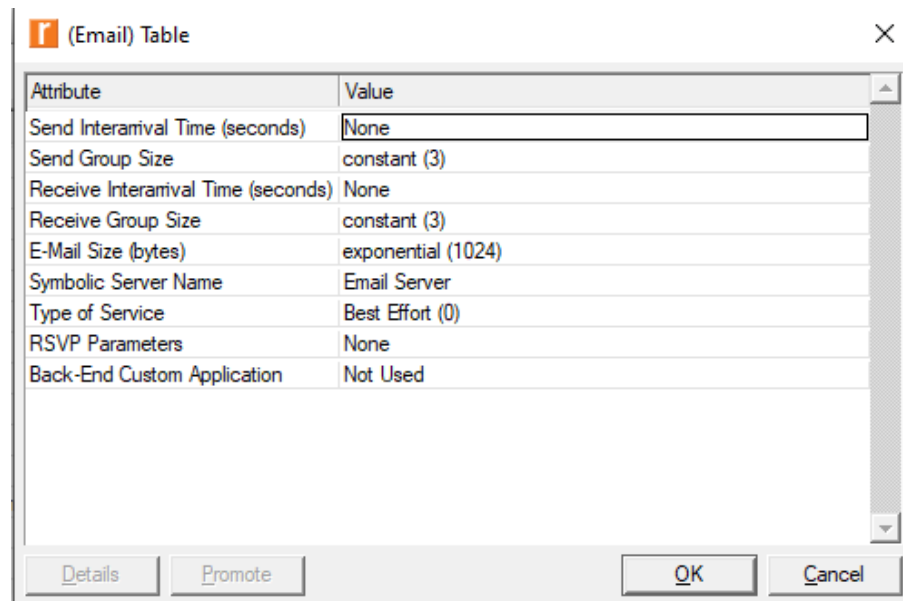


Rysunek 1. Application Config Attributes

- Na dole listy aplikacji pojawiło się pole Enter Application Name..., zmieniamy nazwę aplikacji -> obok pola Description klikamy (...) -> edit -> zmieniamy wartość dla atrybutu Email, klikając edit ustawiamy parametry (w naszym przypadku Send Interarrival Time: constants 15, Receive Interarrival Time: constants 15)

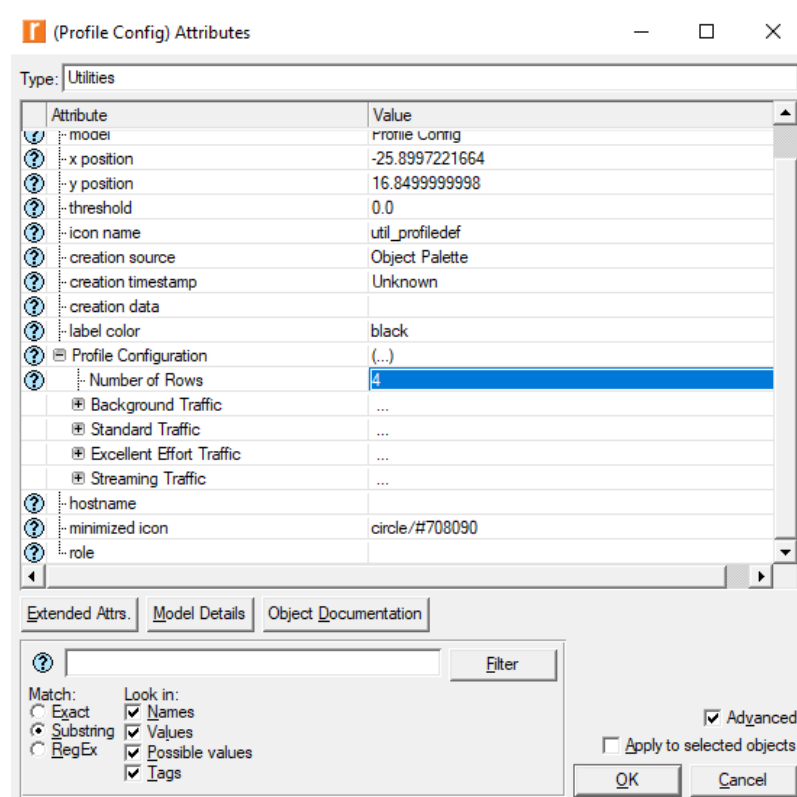


Rysunek 2. Application Definitions Table



Rysunek 3. Email Table

3. Prawym przyciskiem myszy wchodzimy w Profile Config -> Edit Attributes -> rozwijamy Profile Configuration -> zwiększamy Number of Rows o 1 (klikamy na numer -> edit -> wpisujemy wartość)



Rysunek 4. Profile Config Attributes

- Na dole listy aplikacji pojawiło się pole Enter Profile Name..., zmieniamy nazwę profilu -> obok pola Applications klikamy (...)

**(Profile Configuration) Table**

|                          | Profile Name             | Applications | Operation Mode   | Start Time (seconds) | Duration (seconds) | Repeatability      |
|--------------------------|--------------------------|--------------|------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Background Traffic       | Background Traffic       | (...)        | Simultaneous     | constant (100)       | End of Simulation  | Once at Start Time |
| Standard Traffic         | Standard Traffic         | (...)        | Simultaneous     | constant (100)       | End of Simulation  | Once at Start Time |
| Excellent Effort Traffic | Excellent Effort Traffic | (...)        | Simultaneous     | constant (100)       | End of Simulation  | Once at Start Time |
| Streaming Traffic        | Streaming Traffic        | (...)        | Simultaneous     | constant (100)       | End of Simulation  | Once at Start Time |
| Email                    | Email                    | None         | Serial (Ordered) | uniform (100,110)    | End of Simulation  | Once at Start Time |

5 Rows

☒ Show row labels

Rysunek 5. Profile Configuration Table

- Wyświetliło się puste okienko, na dole po lewej stronie jest wartość liczbową 0, zmieniamy ją na 1. Wyświetlił się teraz nowy wiersz w kolumnie Name, wybieramy nazwę aplikacji którą ustawiliśmy w punkcie pierwszym i zatwierdzamy OK

**(Applications) Table**

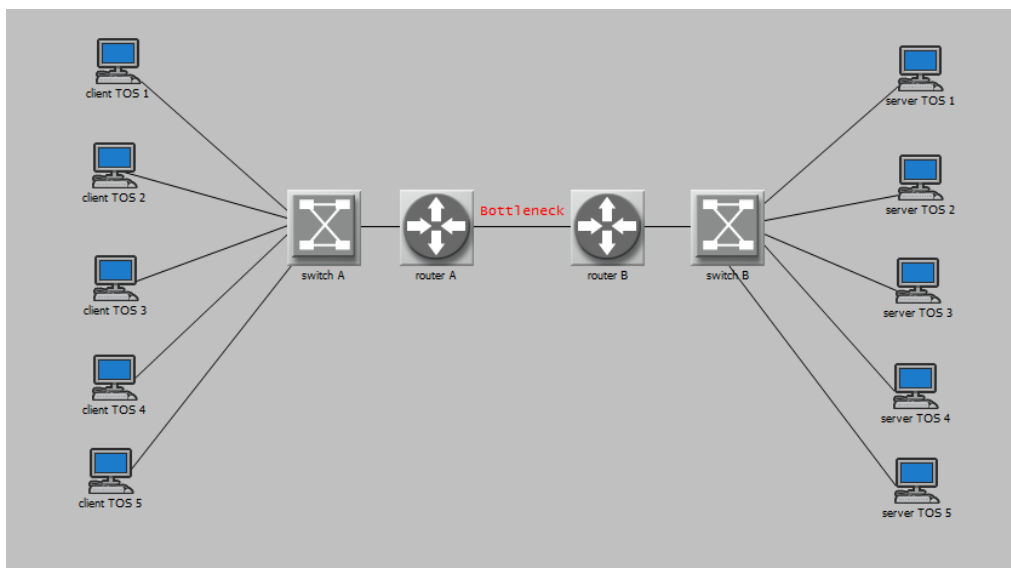
|       | Name  | Start Time Offset (seconds) | Duration (seconds) | Repeatability |
|-------|-------|-----------------------------|--------------------|---------------|
| Email | Email | uniform (5,10)              | End of Profile     | Unlimited     |

1 Rows

☒ Show row labels

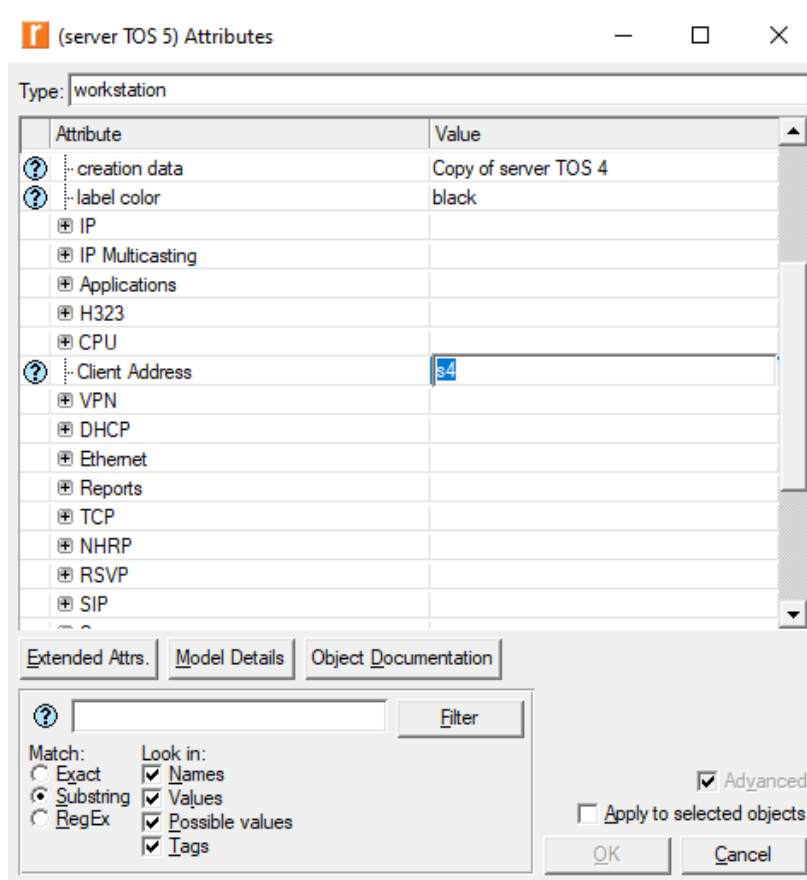
Rysunek 6. Application Table

- Następnie kopiujemy Client TOS i wklejamy go obok (wystarczy Ctrl C, Ctrl V) i łączymy skopiowanego Klienta ze switchem z którym są połączone inne Clienty. Taką samą operację wykonujemy dla Server TOS. Efekt powinien wyglądać następująco:



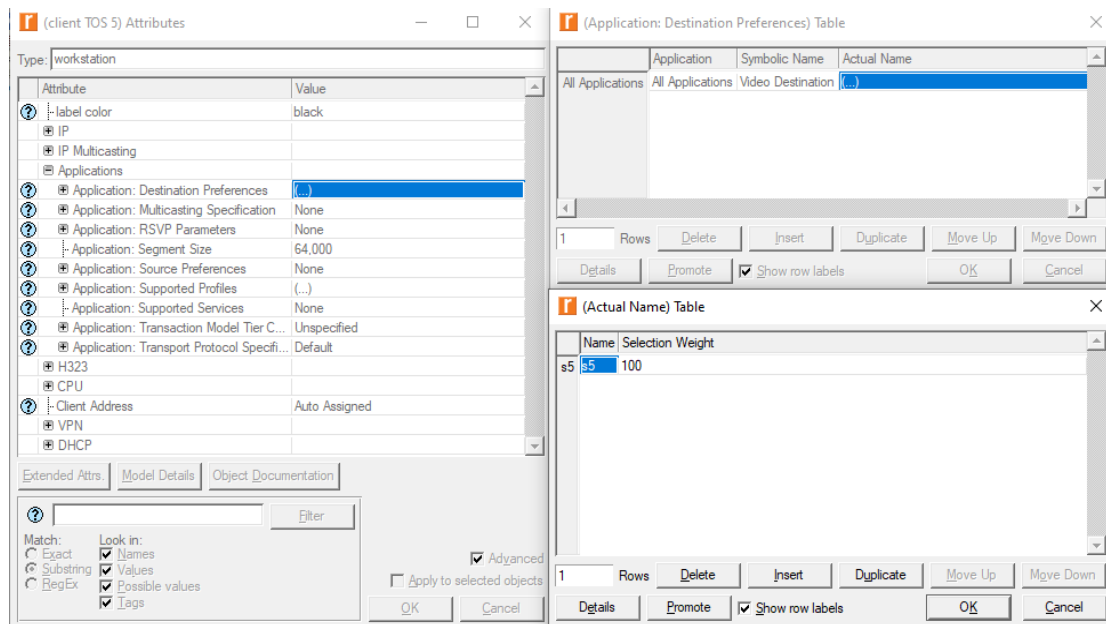
Rysunek 7. Klienty TOS i Servery TOS

7. Klikamy prawym przyciskiem na Server TOS 5 -> Edit Attributes -> obok pola Client Address zmieniamy wartość z s4 na s5. Zatwierdzamy OK



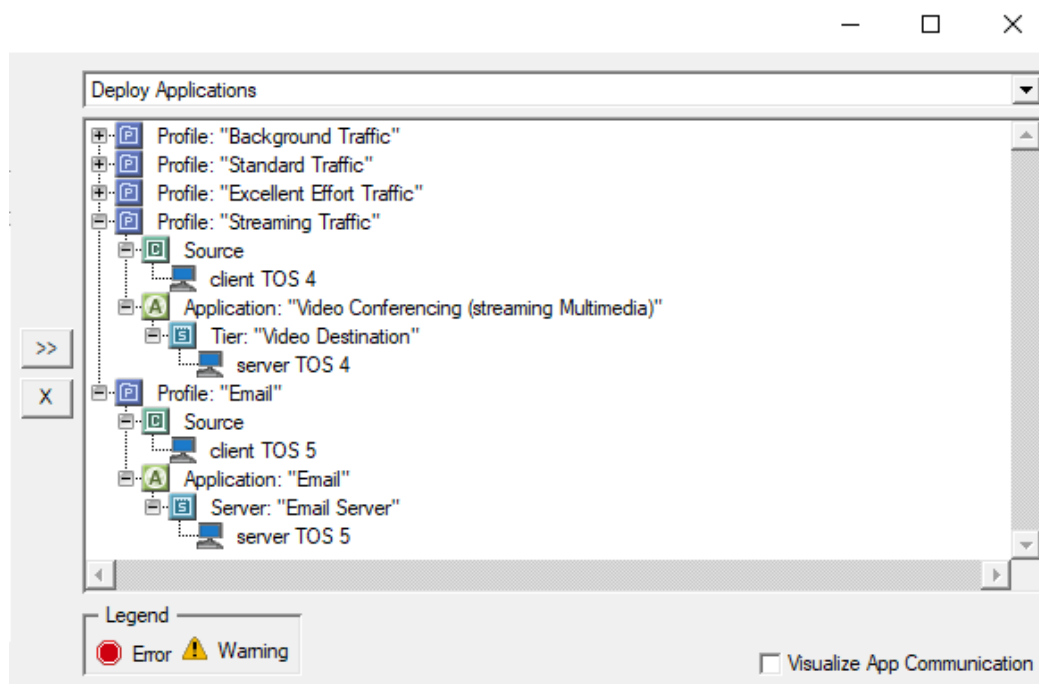
Rysunek 8. Server TOS 5 Attributes

8. Klikamy prawym przyciskiem na Client TOS 5 -> Edit Attributes -> rozwijamy zakładkę Applications, obok pola Application: Destination Preferences klikamy na (...) -> edit. W nowo otwartym oknie zmieniamy w kolumnie Application, wybieramy nazwę aplikacji, którą ustawiliśmy w punkcie pierwszym, w kolumnie Symbolic Name zmieniamy na wartość odpowiadającą aplikacji i zatwierdzamy OK



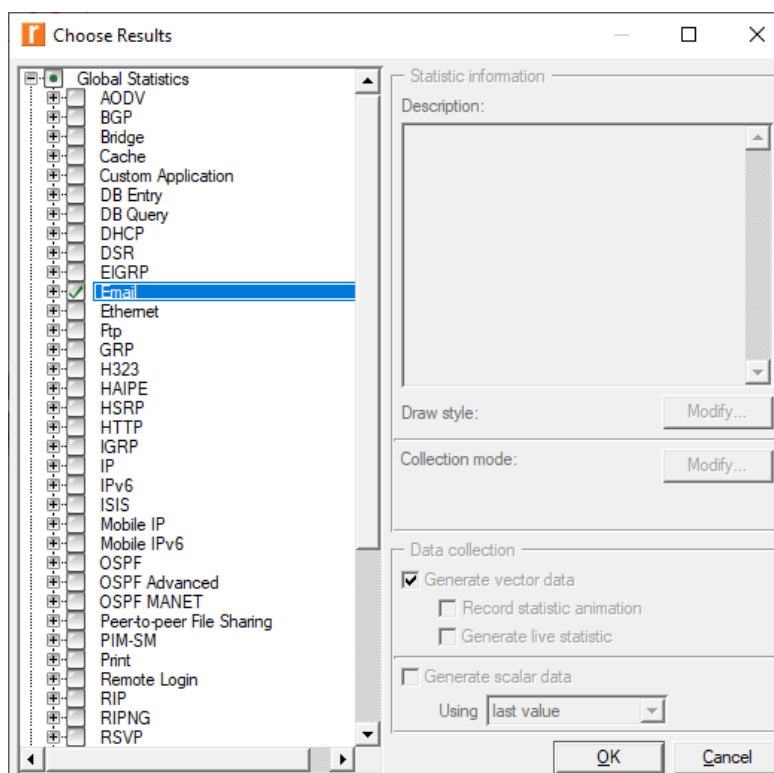
Rysunek 9. Actual Name Table

9. W pasku narzędzi klikamy na Protocols -> Applications -> Deploy Defined Applications... -> rozwijamy wszystko co dostępne w profile: „Streaming Traffic”. Z zakładki Source usuwamy client TOS 5, a z zakładki Application: „Video Conferencing (Streaming Multimedia)” -> Tier: “Video Destination” usuwamy server TOS 5 (usuwa się przyciskiem z X na środku okna). Rozwijamy wszystko co możliwe w Profile: „Email Profile”. Do zakładki Source dodajemy client TOS 5, a do zakładki Application: „Email” -> Server: „Email Server” dodajemy server TOS 5. (dodaje się wybierając z lewej strony to co chce się dodać i klikając przycisk >> na środku okna) zatwierdzamy przyciskiem OK. Finalnie powinno to wyglądać następujący sposób:



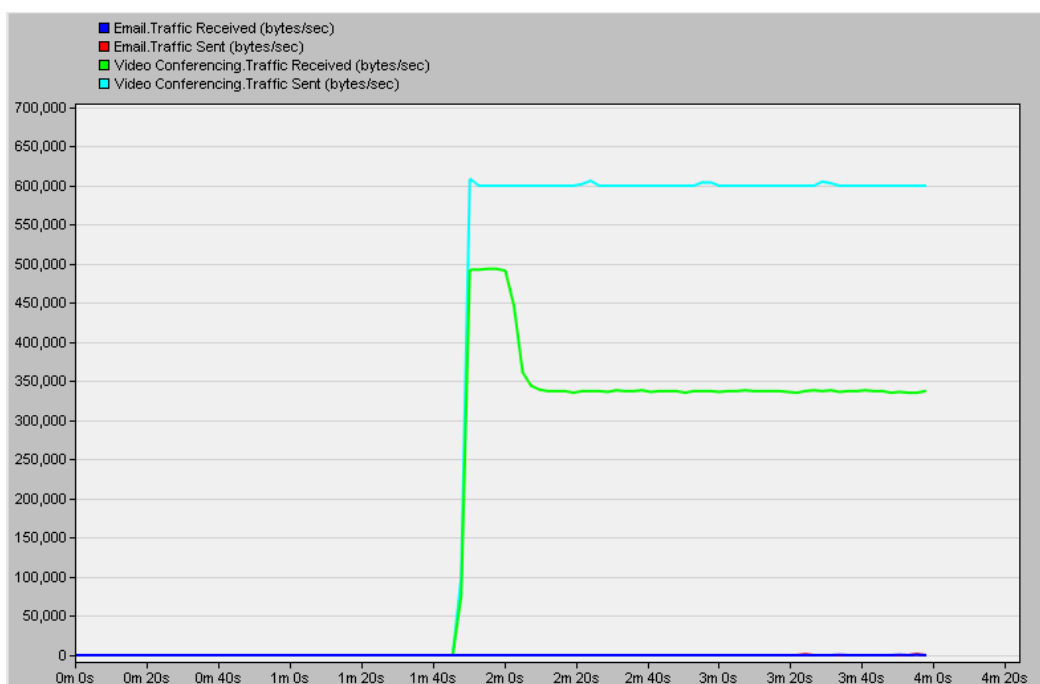
Rysunek 10. Deploy Applications

10. W górnej części programu klikamy na DES -> Choose Individual Statistics... -> rozwijamy Global Statistics -> zaznaczamy jaką aplikację chcemy obserwować. Zatwierdzamy OK

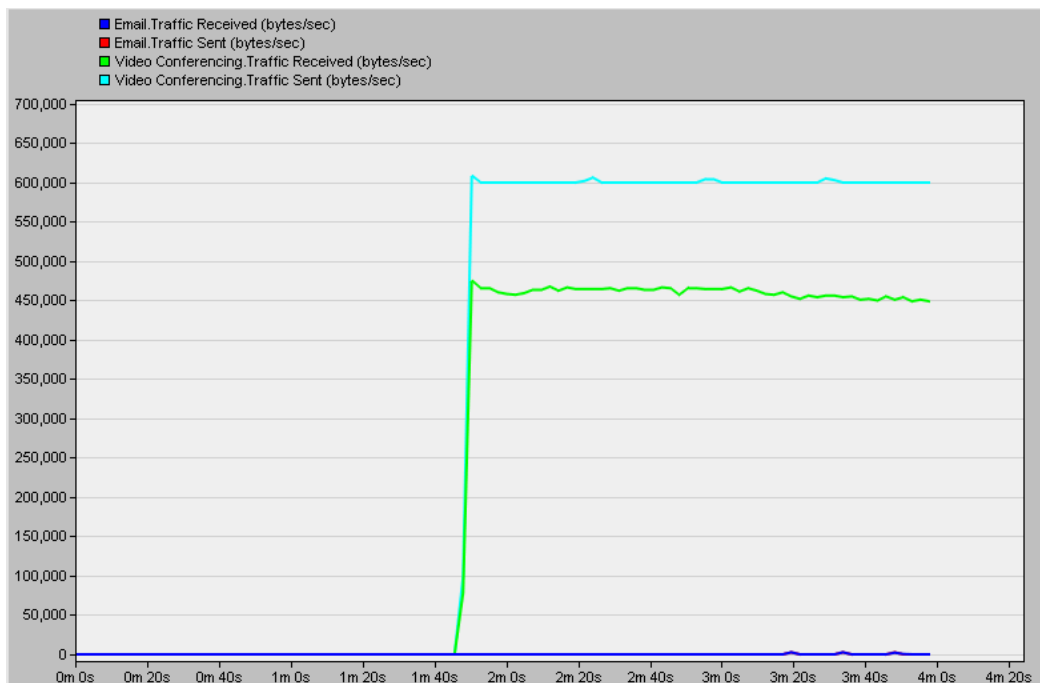


Rysunek 11. Choose Results

## Porównanie algorytmów po dodaniu aplikacji

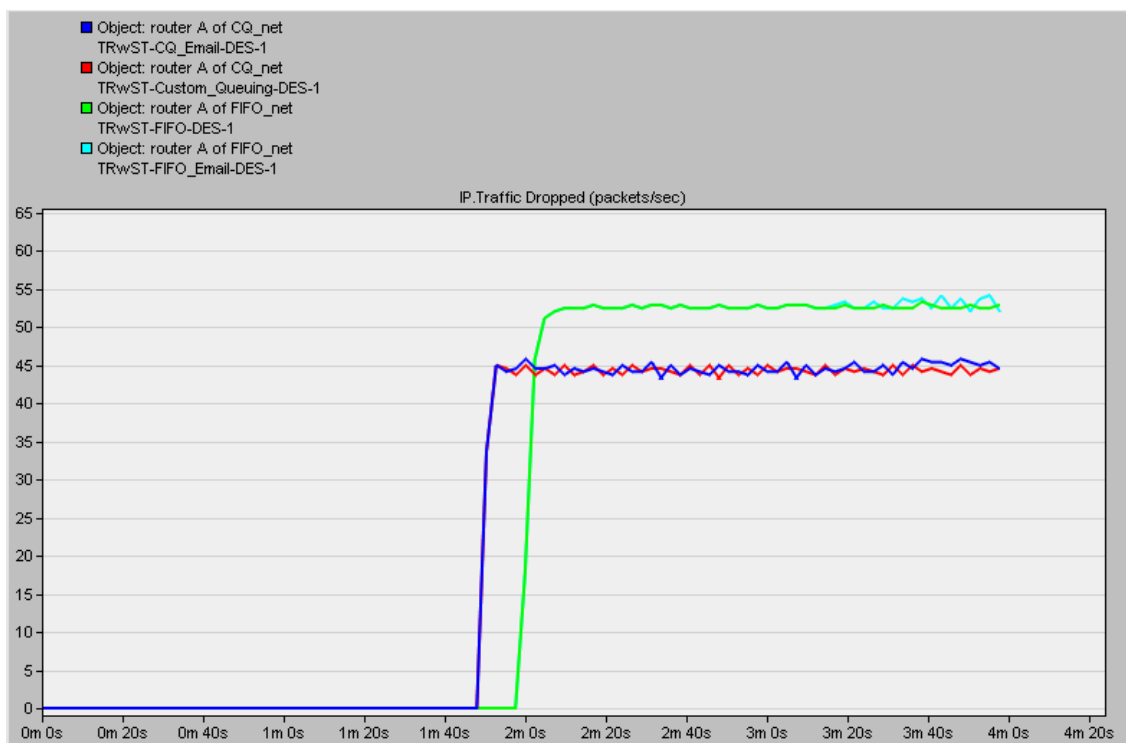


Wykres 9. Traffic Sent i Received dla Email i Video Conferencing (bytes/sec) – FIFO



Wykres 10. Traffic Sent i Received dla Email i Video Conferencing (bytes/sec) – CQ

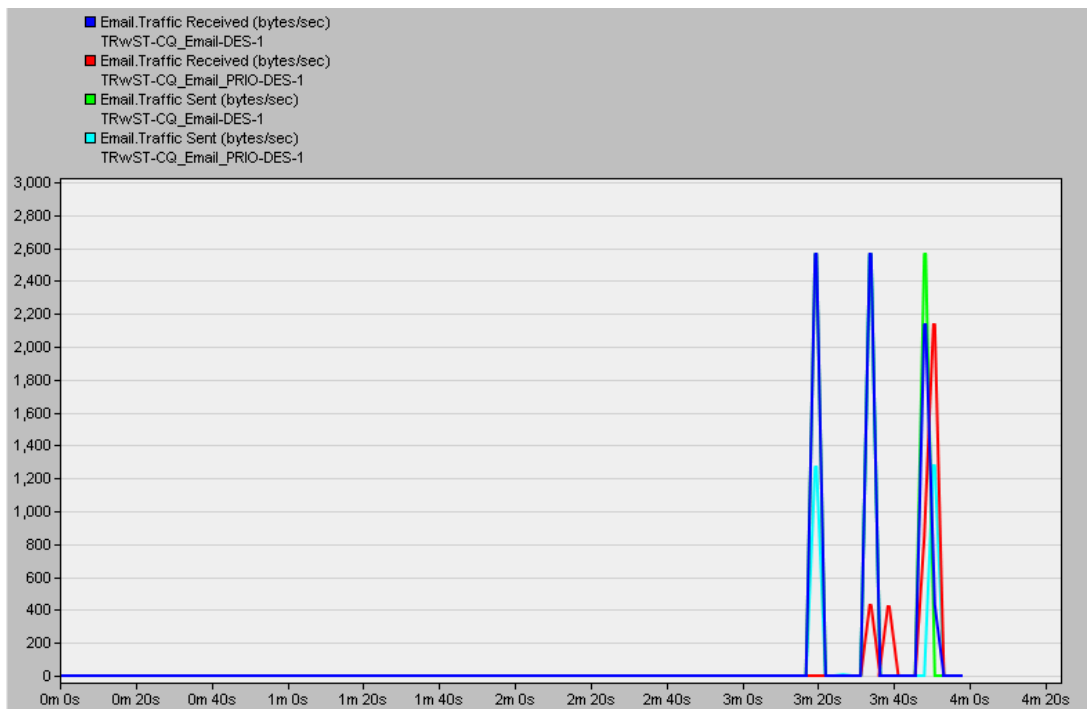
Jak można zauważyć na powyższych wykresach, dodanie aplikacji Email nie wpływa znacząco na transfer danych w symulacji. Wynika to z małej liczby bajtów przesyłanych przez aplikację, przez co ciężko porównać działanie tej aplikacji do Video Conferencing.



Wykres 11. IP Traffic Dropped na routerze A dla FIFO, CQ, FIFO z priorytetem i CQ z priorytetem

Przesył pakietów na początku jest ustabilizowany zarówno dla FIFO bez dodatkowej aplikacji, jak i z dodatkową aplikacją. Dopiero w okolicach 3minut 20sekund zaczyna być widoczne zaburzenie wykresu utraty pakietów. Dla Custom Queueing zaburzenie uwidacznia się we wcześniejszym etapie. W tym porównaniu FIFO radzi sobie zdecydowanie lepiej, ponieważ przez dłuższy czas symulacji wykresy nakładają się na siebie.





Wykres 12. Traffic Sent i Received dla Email i Email z priorytetem

Dodatkowo został stworzony scenariusz Custom Queuing z dodaną aplikacją Email posiadającą priorytet ustawiony na wartość *Standard (2)* i porównano go z priorytetem *Best Effort (0)*. Na wykresie można zauważyć, że w kolejce z ustawionym priorytetem mała część danych jest przesyłana dużo szybciej niż w kolejce bez priorytetu, po czym reszta danych przesyłana jest w podobnym czasie, co w kolejce bez priorytetu. Pokazuje to, że zastosowanie priorytetu w kolejce zwiększa wydajność transferu danych.

## Podsumowanie

Przebieg tego ćwiczenia wykazał że Custom Queuing jest lepszy w danej topologii sieci od pozostałych metod kolejkowania. Jedynie Baseline przewyższa go wydajnością w sytuacji, kiedy staramy się uniknąć utraty pakietów. Prawdopodobnie w rzeczywistej sytuacji, taka sytuacja nie mogłaby mieć miejsca, bo na routerze zawsze powinien być ustawiony bufor.

## Spis ilustracji

|  |    |
|--|----|
| Rysunek 1. Application Config Attributes.....  | 8  |
| Rysunek 2. Application Definitions Table .....   | 8  |
| Rysunek 3. Email Table .....   | 9  |
| Rysunek 4. Profile Config Attributes .....   | 9  |
| Rysunek 5. Profile Configuration Table .....   | 10 |
| Rysunek 6. Application Table .....   | 10 |
| Rysunek 7. Clienty TOS i Servery TOS.....  | 11 |
| Rysunek 8. Server TOS 5 Attributes.....  | 11 |
| Rysunek 9. Actual Name Table .....   | 12 |
| Rysunek 10. Deploy Applications .....  | 13 |
| Rysunek 11. Choose Results .....   | 13 |
|  |    |
| Wykres 1. Video Conferencing End-to-End Delay (sec) - Baseline .....   | 3  |
| Wykres 2. Video Conferencing End-to-End Delay (sec) - FIFO .....   | 3  |
| Wykres 3. Traffic Sent i Received dla Video Conferencing, IP Traffic Dropped na routerze A<br>(packets/sec) - FIFO ..... | 4  |
| Wykres 4. Video Conferencing End-to-End Delay (sec) - CQ.....  | 4  |
| Wykres 5. Traffic Sent i Received dla Video Conferencing, IP Traffic Dropped na routerze A<br>(packets/sec) - CQ .....   | 5  |
| Wykres 6. Video Conferencing End-to-End Delay (sec) dla każdego klienta - CQ.....  | 5  |
| Wykres 7. Video Conferencing End-to-End Delay (sec) dla wszystkich metod .....   | 6  |
| Wykres 8. IP Traffic Dropped na routerze A - FIFO i CQ.....  | 7  |
| Wykres 9. Traffic Sent i Received dla Email i Video Conferencing (bytes/sec) – FIFO .....                                | 14 |
| Wykres 10. Traffic Sent i Received dla Email i Video Conferencing (bytes/sec) - CQ .....                                 | 14 |
| Wykres 11. IP Traffic Dropped na routerze A dla FIFO, CQ, FIFO z priorytetem i CQ z priorytetem ....                     | 15 |
| Wykres 12. Traffic Sent i Received dla Email i Email z priorytetem .....   | 16 |