

#### Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie z trasowaniem pakietów w sieciach IP.

### ***Wprowadzenie – routing***

Trasowanie (routing) jest to sposób, w jaki urządzenia sieciowe (routery) decydują gdzie wysłać pakiet. Odbywa się to poprzez identyfikację sieci do której ma zostać przesłany pakiet na podstawie adresu docelowego, a następnie skierowanie go w odpowiednim kierunku. Jeżeli sieć wysyłająca pakiet i sieć odbierająca nie sąsiadują ze sobą bezpośrednio pakiet po drodze może przejść przez wiele routerów pośredniczących.

Każdy router utrzymuje swoją tablicę routingu. Jest to tablica kojarząca numery portów routera z adresami docelowymi dla pakietów. Dzięki niej router wie, gdzie wysłać odebrany pakiet aby dotarł do adresu przeznaczenia, bądź też, gdy adresu tego nie zna, może pakiet odrzucić.

Trasowanie w którym tablica routingu zawiera informacje o trasowaniu raz ustawione przez operatora i niezmiennie podczas pracy routera nazywa się trasowaniem statycznym. Trasowanie takie jest jednak kłopotliwe w większych sieciach, gdyż wymaga dużego nakładu pracy administratora przy konfiguracji sieci i przy wprowadzaniu zmian w jej topologii, oraz nie jest w stanie samodzielnie reagować na zmiany zachodzące w sieci (np. awarie niektórych łączy).

### ***Protokół dynamicznego trasowania RIP***

#### **Informacje ogólne**

Celem istnienia dynamicznego protokołu trasowania jest po prostu dostarczenie informacji niezbędnej do prawidłowego przeprowadzenia trasowania. Ma on jednak tę przewagę nad trasowaniem statycznym, że dzięki niemu większość żmudnej pracy wykonywanej dotychczas przez administratora wykonują routery, które po wstępnej konfiguracji same wymieniają się między sobą informacjami o znanych im sieciach korzystając właśnie z protokołu dynamicznego trasowania. Ponadto bez pomocy operatora potrafią wykryć fakt niedostępności tras spowodowany przez awarię bądź dopasować się do zmian w topologii sieci.

Protokół RIP (Routing Information Protocol) jest przeznaczony do pracy w sieciach o średniej wielkości. Jest protokołem wewnętrznego routingu (IGP – Interior Gateway Protocol) – co oznacza, że wykonuje trasowanie w obrębie pojedynczego autonomicznego systemu, podczas gdy protokoły zewnętrzne (EGP – Exterior Gateway Protocol) wykonują trasowanie pomiędzy różnymi autonomicznymi systemami. Wywodzi się on od programu routed dołączanego do systemu Unix opracowanego w University of California w Berkeley (4BSD). Program routed powstał na podstawie badań przeprowadzonych w Palo Alto Research Center (PARC) firmy Xerox Corporation, jest jednak jego uogólnieniem na wiele rodzin sieci. Został on przyjęty do powszechnego użytku jeszcze przed powstaniem formalnego standardu, który powstał w czerwcu 1988 roku w formie dokumentu RFC 1058 opublikowanego przez Network Working Group. Protokół ten jest oparty na algorytmie wektora odległości zwanym też algorytmem Ford-Fulkerson'a lub częściej Bellman-Ford'a.

## Sposób działania protokołu

Działanie protokołu Routing Information Protocol polega na utrzymywaniu przez każdy router swojej tablicy routingu, wysyłaniu do innych routerów żądań z zapytaniem o ich tablice routingu i na podstawie otrzymanych odpowiedzi uaktualnianiu swoich tras routingu, co pozwala im poznać topologię sieci.

Routery muszą wysyłać w ściśle określonych przedziałach czasu (zazwyczaj co 30 sekund), a także w wypadku wykrycia zmian w topologii sieci, informacje o swojej obecności i używanej przez nich trasie routingu do innych routerów. Aby poprawnie reagować na zmiany w topologii sieci każda trasa w tabeli routingu musi posiadać mechanizm umożliwiający jej usunięcie w przypadku np. awarii łącza. W protokole RIP rolę taką spełnia mechanizm licznika ważności czasu trasy, po którego upływie trasa jest oznaczana jako nieważna i nie jest dalej używana, dopóki nie zostanie zaoferowana routerowi ponownie.

RIP przy uaktualnianiu tabeli trasowania na podstawie informacji otrzymanych od innych routerów zapamiętuje jedynie najlepszą otrzymaną trasę. Kryterium jakości trasy jest miara korzystająca z algorytmu wektora odległości. Miara wskazuje liczbę przejść między routerami konieczną do osiągnięcia adresu docelowego. Jest to więc liczba „skoków” jakie wysłany pakiet wykonuje na swojej drodze do celu. Trasa z miarą o mniejszej wartości jest lepsza od trasy o większej wartości miary odległości, gdyż przy przesyłaniu pakietu pośredniczy mniej urządzeń. Koszt bezpośredniego połączenia jest ustalany jako równy 1, przejście pakietu przez 2 routery jako 2 itd. Maksymalna możliwa wartość miary wynosi 15 skoków. Wartość 16 oznacza odległość równą nieskończoności i trasy z taką wartością stają się nieosiągalne. Mechanizm taki pozwala na uniknięcie problemów z zapętleniem trasy, jednakże ogranicza wielkość sieci do 15 routerów dla każdej z tras.

Router otrzymując pakiet z uaktualnieniem dodaje jedynkę do miary oferowanej trasy (koszt połączenia równy 1 – w rozszerzonej implementacji RIP wartość tą może zdefiniować administrator) i wpisuje zmianę do swojej tablicy routingu jeżeli trasy o danym adresie nie posiada, bądź też wyliczona wartość miary jest mniejsza od istniejącego wpisu (czyli znaleziono trasę lepszą od aktualnie obowiązującą), oraz oczywiście obliczona wartość miary nie jest większa od 15. Po dokonaniu aktualizacji rozsyła informację o niej do innych routerów.

Przy założeniu, że topologia sieci jest niezmienna, taka procedura zawsze prowadzi do zbieżności przy uaktualnianiu tras routingu w skończonym czasie. Jednak jeżeli podczas procesu uaktualniania tras zachodzą zmiany w topologii sieci to mogą wystąpić problemy. Gdy zmiany następują szybko po sobie sieć może nie mieć wystarczającej ilości czasu na zakończenie procesu ustalania wymaganych tras routingu dla danej topologii a musi rozpocząć dostosowywanie się do nowej.

## Obsługa programu

### Opcje menu i przyciski sterujące

W menu programu mamy następujące opcje do wyboru: *Plik*, *Widok*, *Konfiguracja* oraz *Pomoc*.

W menu *Plik* występują następujące opcje:

<b>Nowy</b>	Tworzy nową sieć nie zawierającą żadnych elementów sieciowych. Jeżeli wcześniej utworzono lub wczytano sieć, zostanie ona usunięta i zastąpiona nową, pustą.
-------------	--

<b>Otwórz</b>	Otwiera sieć zapisaną wcześniej do pliku.
<b>Zamknij</b>	Usuwa aktualną sieć i na jej miejsce tworzy nową, pustą.
<b>Zapisz</b>	Zapisuje do pliku bieżącą sieć.
<b>Zakończ</b>	Zakończenie pracy z programem.

W menu *Widok* występują następujące opcje:

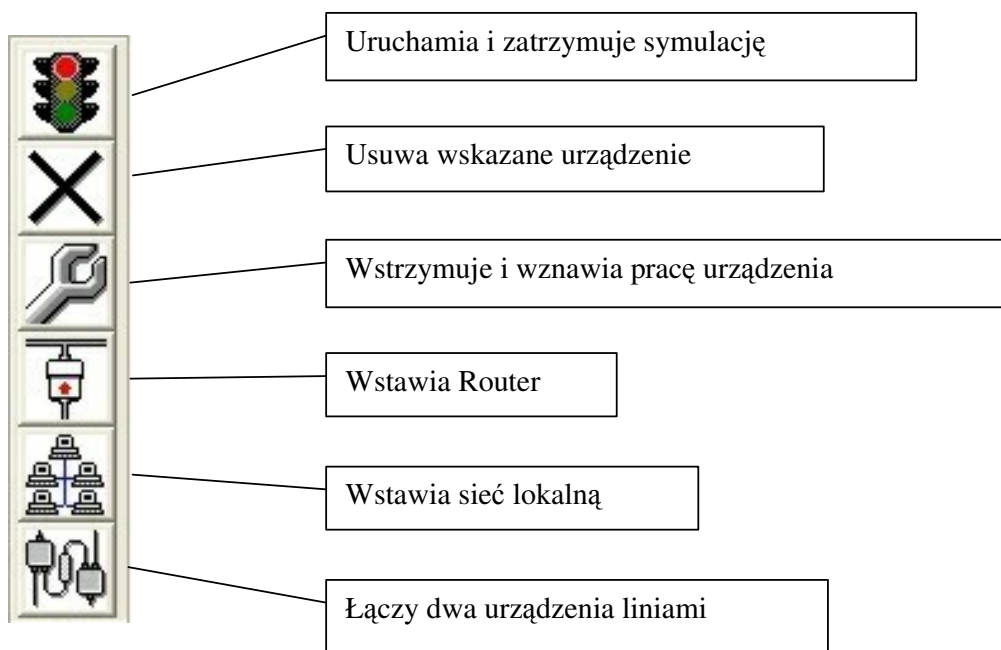
<b>Okno informacji o pracy sieci</b>	Po zaznaczeniu wyświetla dodatkowe okno, w którym można zobaczyć podstawowe informacje o działaniu sieci
<b>Pasek narzędzi</b>	Pokazuje lub ukrywa pasek narzędzi umożliwiający operacje na sieci
<b>Zmień kolor 1</b>	Zmienia kolor linii wyświetlany gdy linia nie jest obciążona.
<b>Zmień kolor 2</b>	Zmienia kolor linii wyświetlany gdy linia jest obciążona w 100%. Pośrednie wartości kolorów pokazują pośrednie obciążenie.

W menu *Konfiguracja* występują następujące opcje:

<b>Zmień rozmiar sieci</b>	Zmienia ilość pól wirtualnej sieci. Domyślnie jest to 10 na 6 pól.
<b>Zapisz przebieg symulacji do pliku.</b> <b>Możliwe opcje: Wszystko, Linie, Routery,</b> <b>Sieci LAN, Czas symulacji</b>	Zapisuje w pliku c:\debug.rrr informacje o działaniu urządzeń podczas trwania symulacji. Można zapisywać informacje generowane przez linie, routery, sieci LAN, a także upływający czas symulacji.
<b>Zapisz ustawienia</b>	Zapisuje wszystkie wcześniej podane ustawienia w katalogu, w którym znajduje się plik wykonywalny symulatora do pliku RouterEmul.cfg
<b>Wczytaj ustawienia</b>	Wczytuje ustawienia zapisane w pliku RouterEmul.cfg z katalogu, w którym znajduje się plik wykonywalny symulatora.

W menu *Pomoc* występuje tylko jedna opcja: **O programie**. Pokazuje ona informacje o autorze programu.

Pasek narzędzi programu jest przedstawiony na rysunku 1.

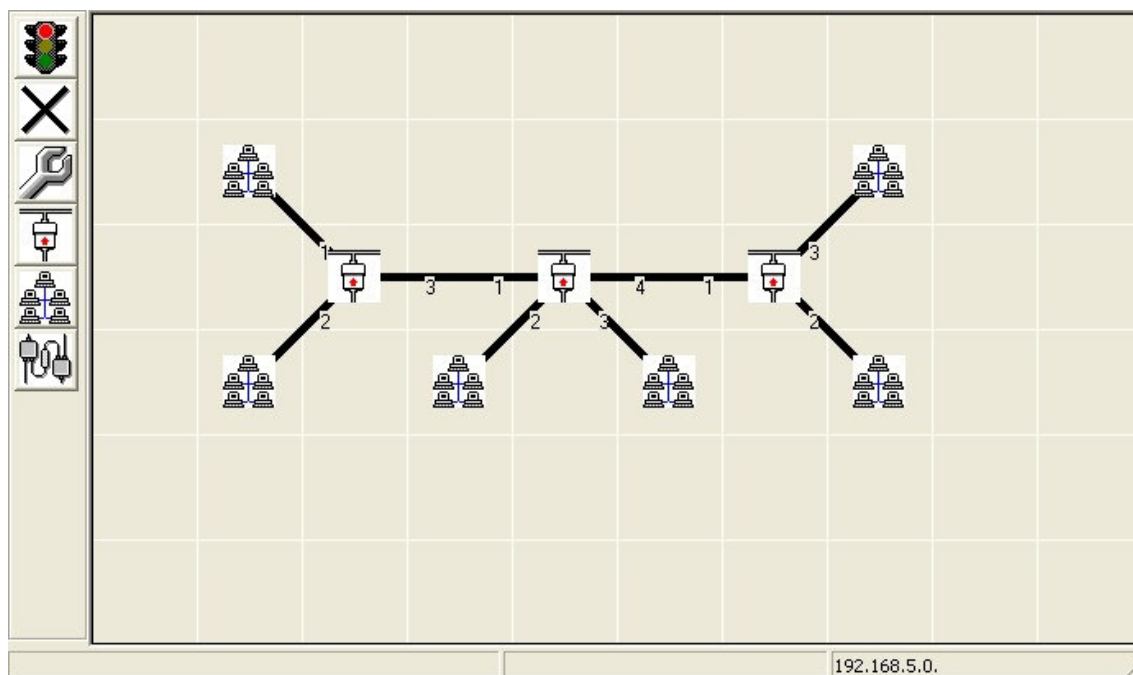


RYSUNEK 1. Pasek narzędziowy programu.

## Przykłady eksperymentów

### *Trasowanie statyczne*

Pierwszym przykładowym ćwiczeniem laboratoryjnym będzie ustawienie trasowania statycznego dla prostej sieci w której występują trzy routery. Z menu Plik wybieramy Otwórz i wskazujemy plik „*trasowanie statyczne 1.rem*”. Na ekranie pokaże nam się wczytana sieć (rysunek 2).



RYSUNEK 2.

Sieć jest już wstępnie skonfigurowana – każda sieć posiada ustawiony adres, linie mają ustawioną przepustowość, a w routerach ustawiono trasowanie statyczne oraz adresy routerów.

Sieci lokalne mają adresy od 192.168.1.0 do 192.168.6.0, a routery 192.168.10.1, 192.168.10.2 oraz 192.168.10.3. Sieć lokalna o adresie 192.168.5.0 posiada zdefiniowane 2 zadania:

- wysłanie 100 pakietów o rozmiarze 1024 bajtów do sieci 192.168.3.0
- wysłanie 300 pakietów o rozmiarze 512 bajtów do sieci 192.168.2.0

Należy tak skonfigurować routery, aby możliwa była wymiana informacji między wszystkimi sieciami oraz aby wszystkie pakiety trafiły do sieci docelowych.

Klikamy prawym guzikiem myszy na router 192.168.10.1 (adres urządzenia wyświetli nam się w trzeciej kolumnie pasku stanu po najechaniu myszą na urządzenie). Pokaże nam się okno konfiguracji routera (rysunek 3).

	Adres sieci	Maska sieci
Port 1	Adres	Maska
Port 2	Adres	Maska
Port 3	Adres	Maska

**RYСУNEK 3.**

Wpisujemy odpowiednie wartości w polu adres i maska sieci. Aby zobaczyć, który port odpowiada danej linii wystarczy spojrzeć na rysunek sieci. Numery portów są wyświetlane na liniach w pobliżu routera. Tabela trasowania powinna wyglądać następująco (rysunek 4):

	Adres sieci	Maska sieci
Port 1	192.168.1.0.	255.255.255.0.
Port 2	192.168.2.0.	255.255.255.0.
Port 3	0.0.0.0.	255.255.255.0.

**RYСУNEK 4.**

Adres 0.0.0.0 oznacza adres domyślny w sieci. Wszystkie pakiety o nieznanym adresie źródłowym zostaną przesłane na ten właśnie port urządzenia.

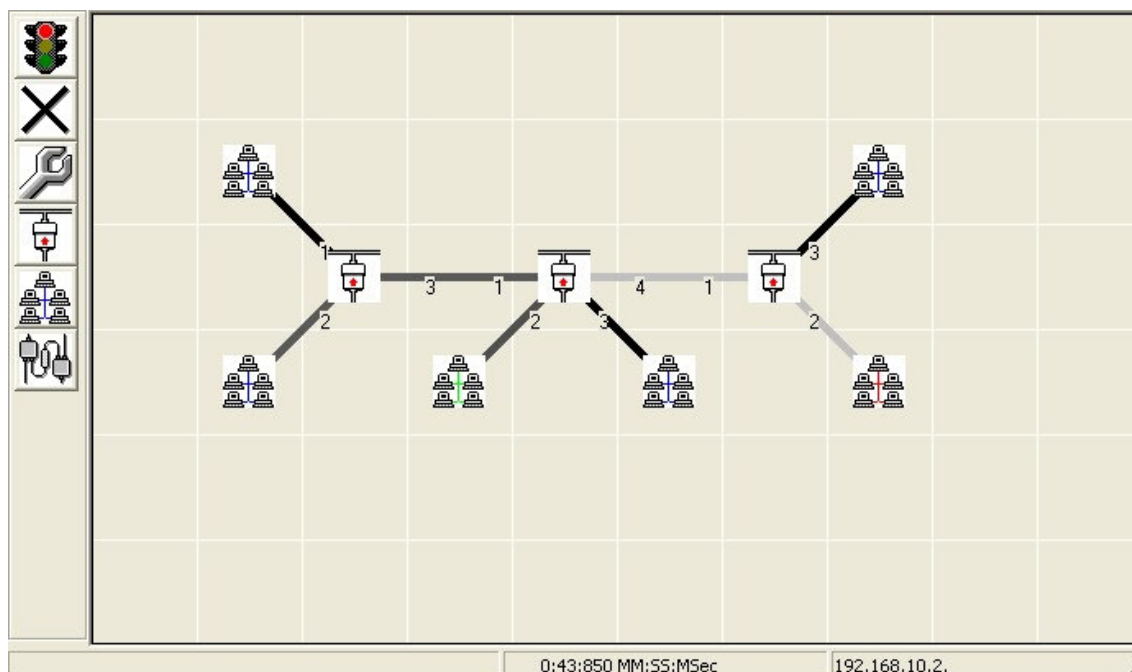
Jednemu portowi routera można przypisać wiele adresów docelowych. Robi się to klikając prawym klawiszem myszy w polu wpisywania adresu. Pojawi się wtedy podmenu (rysunek 5):



**RYSUNEK 5.**

Wystarczy wtedy wybrać opcję wstaw trasę poniżej. W dodanym wierszu można już wpisać wartość adresu i maski.

Po uzupełnieniu tabel trasowania dla wszystkich trzech routerów należy nacisnąć na przycisk rozpoczynający symulację znajdujący się po lewej stronie ekranu na pasku narzędziowym. Jeżeli pasek narzędziowy jest niewidoczny należy w menu Widok zaznaczyć opcję Pasek narzędzi. Rozpocznie się symulacja. Sieci wysyłające w danej chwili pakiety mają kolor czerwony, odbierające – zielony, a beczynne – niebieski.

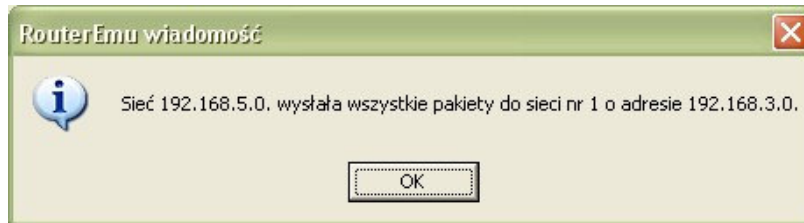


**RYSUNEK 6.**

Kolor linii na rysunku 6 oznacza stopień jej wykorzystania: od najciemniejszego (linia nieużywana) do najjaśniejszego (linia wykorzystywana w 100%). Kolory można jednak zmienić korzystając z menu Widok i opcji Zmień kolor 1 oraz Zmień kolor 2.

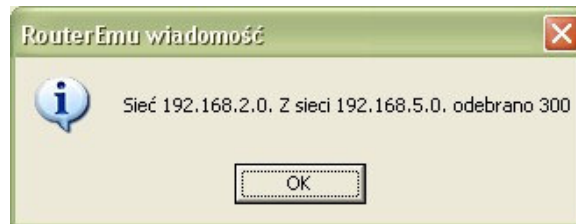
W trakcie działania można wyświetlić okno informacji o pracy sieci. Dokonuje się tego poprzez zaznaczenie opcji Okno informacji o pracy sieci w menu Widok.

Sieć lokalna informuje o zakończeniu wykonywania każdego zadania przez wyświetlenie komunikatu, jak np. na rysunku 7:



**RYSUNEK 7.**

Ponadto po zakończeniu symulacji (tj. gdy wszystkie urządzenia w sieci zakończą wykonywać swoje zadania) każda z sieci pokaże podsumowanie o pakietach odebranych z innych sieci w trakcie symulacji (rysunek 8):



**RYSUNEK 8.**

Aby ponownie rozpocząć symulację, należy ponownie wczytać plik sieci.

Przykładowe rozwiązanie zadania znajduje się w pliku „*trasowanie statyczne 2.rem*”.

### ***Trasowanie dynamiczne***

Pokazany wcześniej przykład trasowania statycznego pokazuje, że nawet w niewielkiej sieci konfiguracja tabel trasowania może zająć dużo czasu. Ponadto trasowanie statyczne nie potrafi dostosować się do zmian zachodzących w sieci (np. czasowej niedostępności niektórych łączy). Problem ten rozwiązuje trasowanie dynamiczne. W programie RouterEmu zastosowano trasowanie dynamiczne w oparciu o protokół RIP w wersji 1.

Wczytujemy plik „*trasowanie dynamiczne 1.rem*”. Otrzymamy sieć z sześcioma routerami oraz dwiema sieciami lokalnymi. Routery mają adresy od 192.168.10.1 do 192.168.10.6, a sieci adresy 192.168.1.0 i 192.168.2.0.

Wybieramy router 192.168.10.1. ma on już jedną trasę zdefiniowaną – trasę do sieci bezpośrednio z nim podłączonej 192.168.1.0. wybieramy opcję Typ routingu: Dynamiczny (RIP v1) a następnie w polu Stała wpisujemy literę T. Ustawi to metrykę dla danego wpisu jako niezmienną (patrz rysunek 9).

Adres routera

192.168.10.1.

Maska sieci

255.255.255.0.

	Adres sieci	Maska sieci	Metryka	Stała [T/N]
Port 1	192.168.1.0.	255.255.255.0.	1	T
Port 2	złotek	złotek	1	N
Port 3	złotek	złotek	1	N
Port 4	złotek	złotek	1	N

Typ Routingu

☐ Statyczny
   
☒ Dynamiczny (RIP v1)

OK

Usuń

Anuluj

**RYSUNEK 9.**

Identycznie postępujemy z routerem 192.168.10.5, z tym, że ustalamy na stałe metrykę trasy 192.168.2.0.

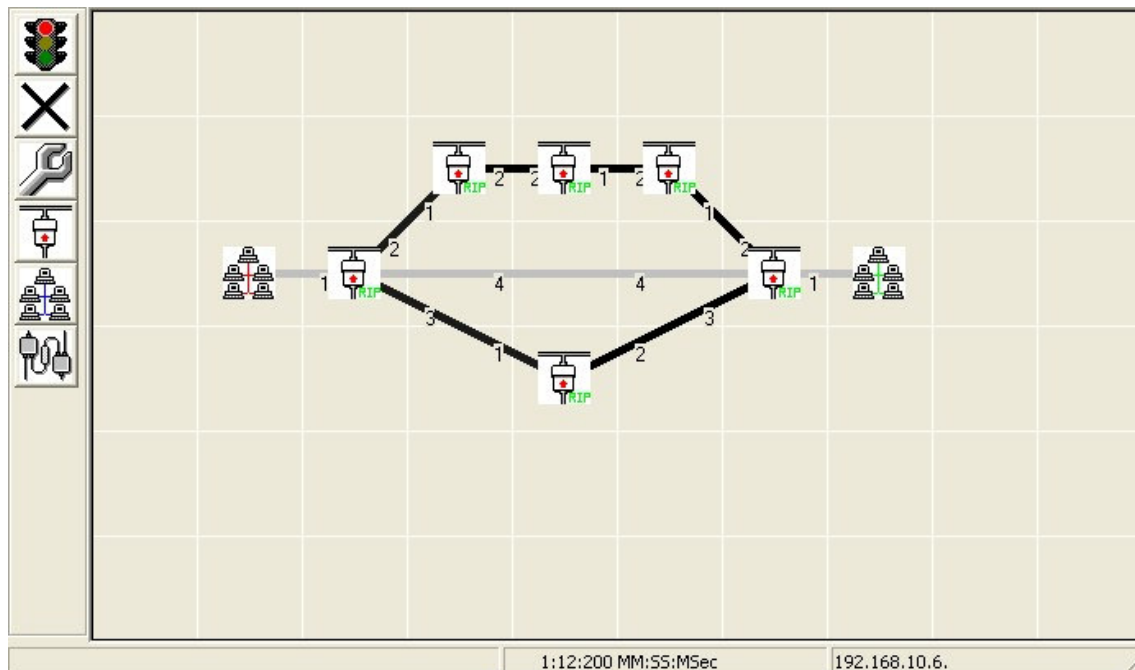
Widać teraz, że zmienione routery mają zielony napis RIP na swoich ikonach.

Następnym krokiem jest ustawienie we wszystkich pozostałych routerach routingu dynamicznego RIP identycznie jak w przypadku dwóch wcześniejszych. Jednak nie ustalamy w nich na stałe żadnej z metryk.

Konfiguracja routerów jest zakończona. Przywołując poprzednie ćwiczenie można porównać poniesiony nakład pracy: mając dwa razy więcej urządzeń wykonaliśmy kilka razy mniej czynności. Wszystko to, czego sami nie podaliśmy, routery przekażą sobie same.

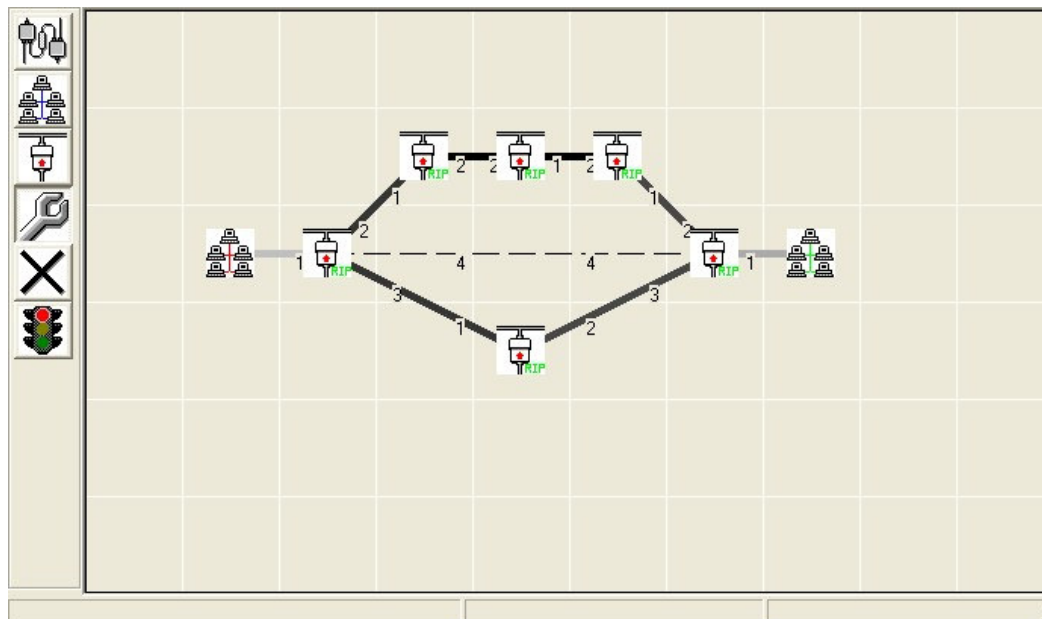
Teraz włączamy symulację. Początkowo widać, że przez pierwsze 30 sekund czasu symulacji sieć 192.168.1.0 wysyła pakiety do routera 192.168.10.1, jednak nie przechodzą one dalej. Po chwili jednak routery ustalają między sobą trasy i widać, że pakiety z sieci 192.168.1.0 dochodzą do 192.168.2.0 i są przez tą sieć odbierane (rysunek 10).





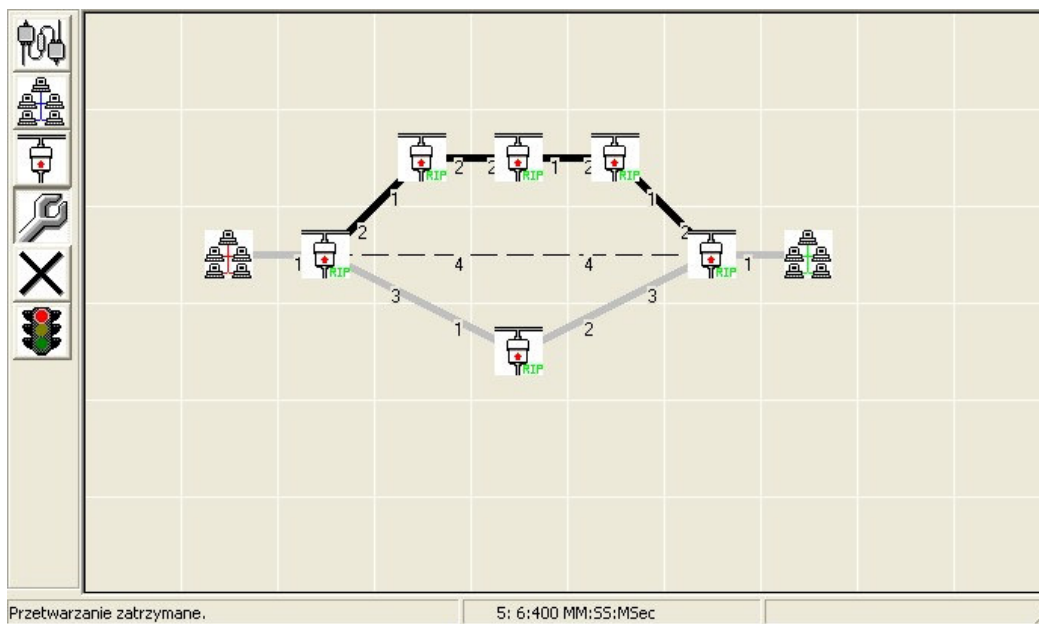
**RYSUNEK 10.**

Teraz czasowo wstrzymujemy symulację poprzez ponowne naciśnięcie przycisku Start/Stop. Zobaczymy jak sieć się zachowa w przypadku awarii jednego z łączy. Wybieramy ikonę narzędzia Wstrzymaj urządzenie a następnie klikamy na linii łączącej routery 192.168.10.1 i 192.168.10.5 (tej przez którą przebiega transmisja pakietów pomiędzy dwoma sieciami). Sieć powinna wyglądać jak ta na rysunku – linia wyłączona jest oznaczona linią przerywaną (patrz rysunek 11). Następnie ponownie uruchamiamy symulację.



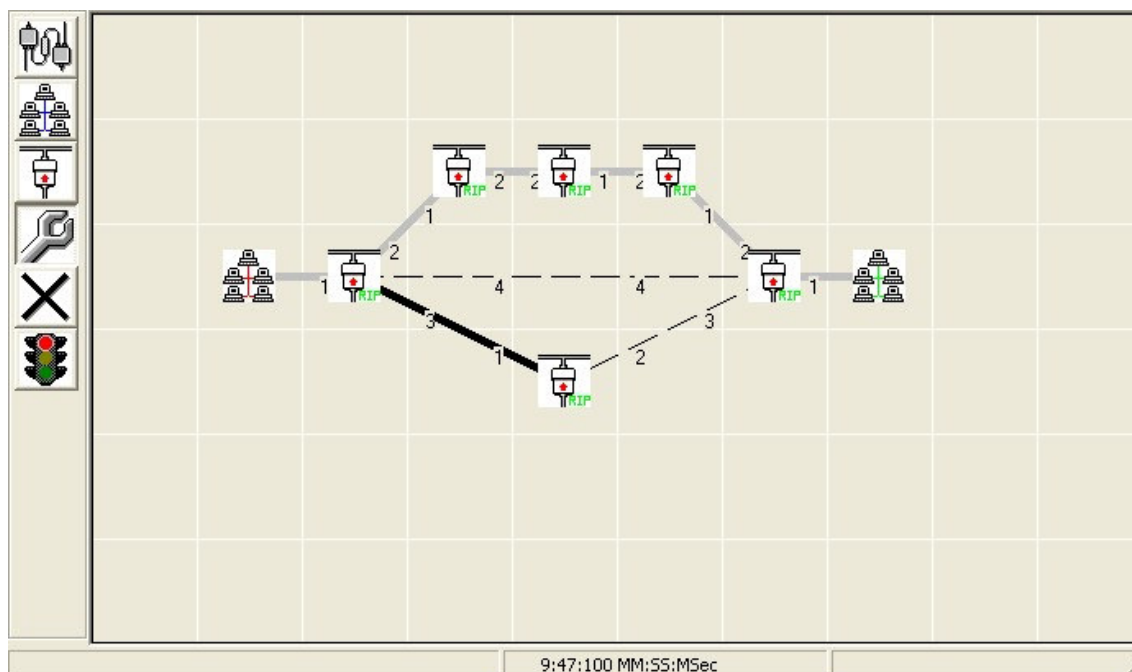
**RYSUNEK 11.**

Po chwili sieć dostosuje się do nowych warunków i wybierze trasę dolną (rysunek 12):



**RYСУNEK 12.**

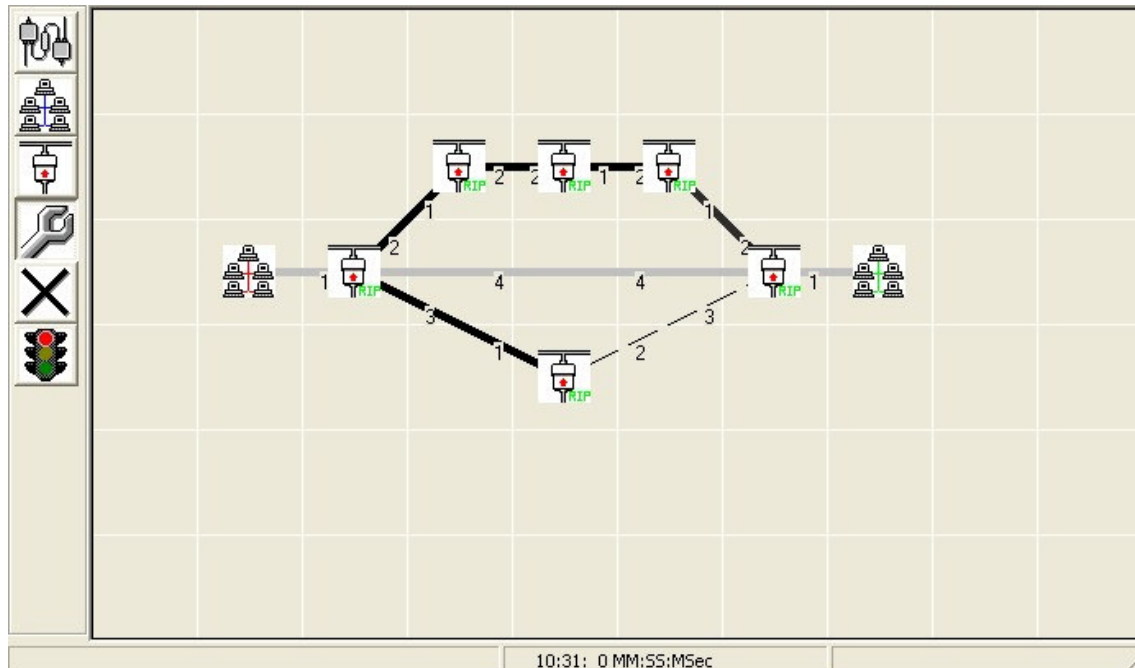
Sieć dostosowała się do nowych warunków i transmisja pakietów przebiega poprawnie, chociaż po drodze część pakietów zginęło (można to obserwować gdy mamy włączone Okno informacji o pracy sieci. Co jednak, gdy uszkodzimy jakieś łącze na tej nowej trasie? Zatrzymujemy symulację i wyłączamy linię łączącą routery 192.168.10.5 i 192.168.10.6. ponownie uruchamiamy symulację. Zgodnie z oczekiwaniami sieć dostosowuje się do nowych warunków i trasa pakietów wiedzie teraz przez 5 routerów: 192.168.10.1, 192.168.10.2, 192.168.10.3, 192.168.10.4 i 192.168.10.5 (rysunek 13).



**RYСУNEK 13.**

Co się jednak stanie, gdy łączy bezpośrednio pomiędzy 192.168.10.1 a 192.168.10.5 znowu zacznie działać poprawnie? Zatrzymujemy symulację i włączamy tę linię, po czym wznowiamy symulację.

Jak widać na rysunku 14 sieci trasa pakietów będzie teraz, tak jak na początku, przez dwa tylko routery: 192.168.10.1 i 192.168.10.5.



**RYSUNEK 14.**

Dzięki protokołowi RIP routery ustaliły najlepszą trasę jako tę o najmniejszej liczbie pośredników i dlatego też trasa przez te dwa routery została przywrócona jako aktywna (mimo istnienia dobrej trasy przez większą liczbę routerów). Włączenie linii pomiędzy 192.168.10.5 i 192.168.10.6 nic już nie zmieni w trasowaniu pakietów, ponieważ trasa ta do dotarcia z 192.168.1.0 do 192.168.2.0 używa trzech routerów, a nie dwóch.

*Opracowano na podstawie pracy magisterskiej Roberta Kanii*