



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

LABORATORIUM „SYSTEMY I SIECI TELEKOMUNIKACYJNE”

CZĘŚĆ 1

WPROWADZENIE DO PRACY Z PROGRAMEM NCTUNS

1 Charakterystyka programu NCTUns

Program NCTUns jest zaawansowanym narzędziem umożliwiającym symulację oraz emulację działania sieci teleinformatycznych. W celu uzyskania jak najwierniejszych wyników modelowania funkcjonowania sieci, architektura programu wykorzystuje rzeczywisty stos protokołów TCP/IP systemu Linux. Ścisła integracja z systemem operacyjnym umożliwia także uruchamianie na węzłach modelowanych sieci rzeczywistych aplikacji zainstalowanych w systemie.

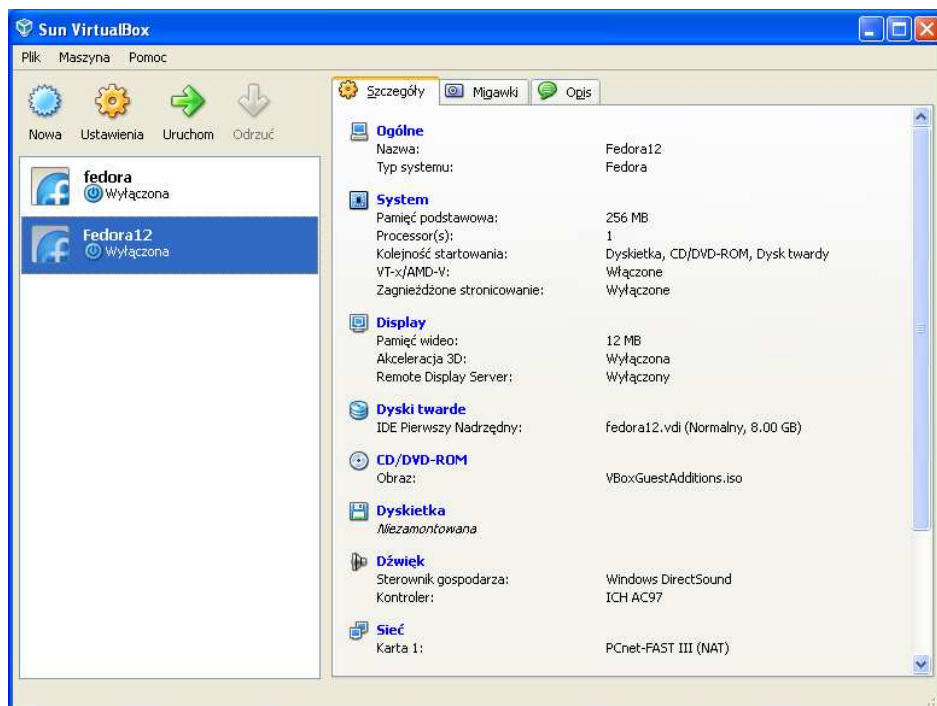
Program NCTUns pozwala na prowadzenie symulacji działania sieci IP złożonych z węzłów stałych oraz ruchomych wykorzystujących najpopularniejsze protokoły: transportowe (TCP, UDP), warstwy MAC (CSMA/CD, CSMA/CA), routingu (RIP, OSPF). Pozwala na modelowanie działania urządzeń pracujących w standardach transmisji danych takich jak IEEE 802.11, IEEE 802.16 (WiMAX), GPRS.

Otwarta architektura programu pozwala użytkownikowi na dodawanie własnych protokołów [2].

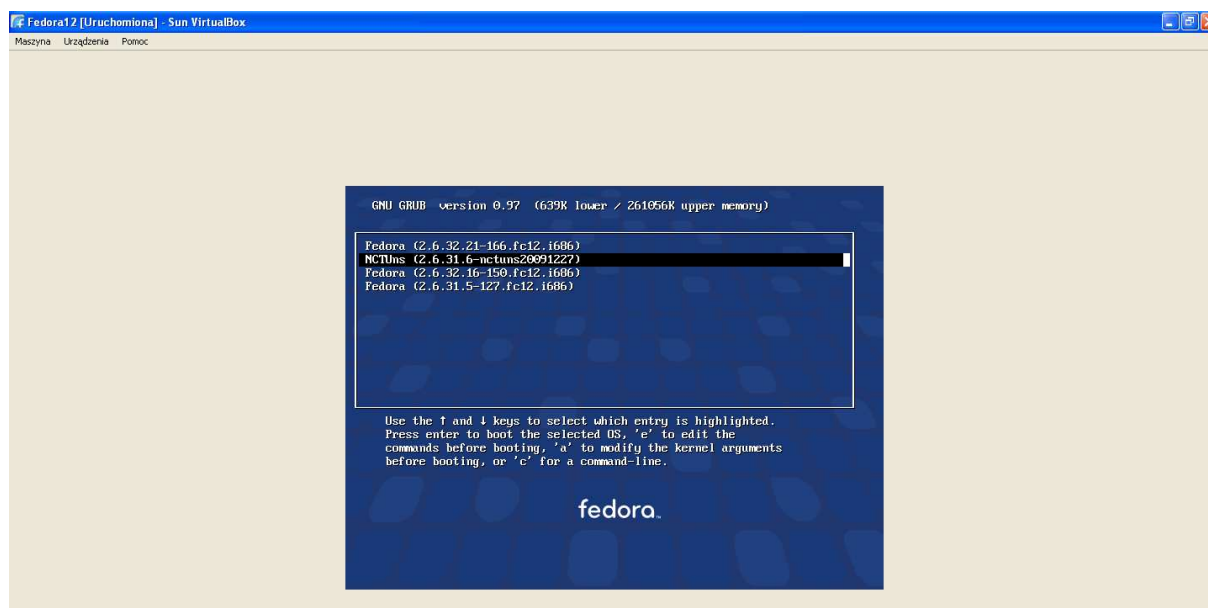
2 Uruchamianie programu NCTUns

W celu uruchomienia programu **NCTUns** należy:

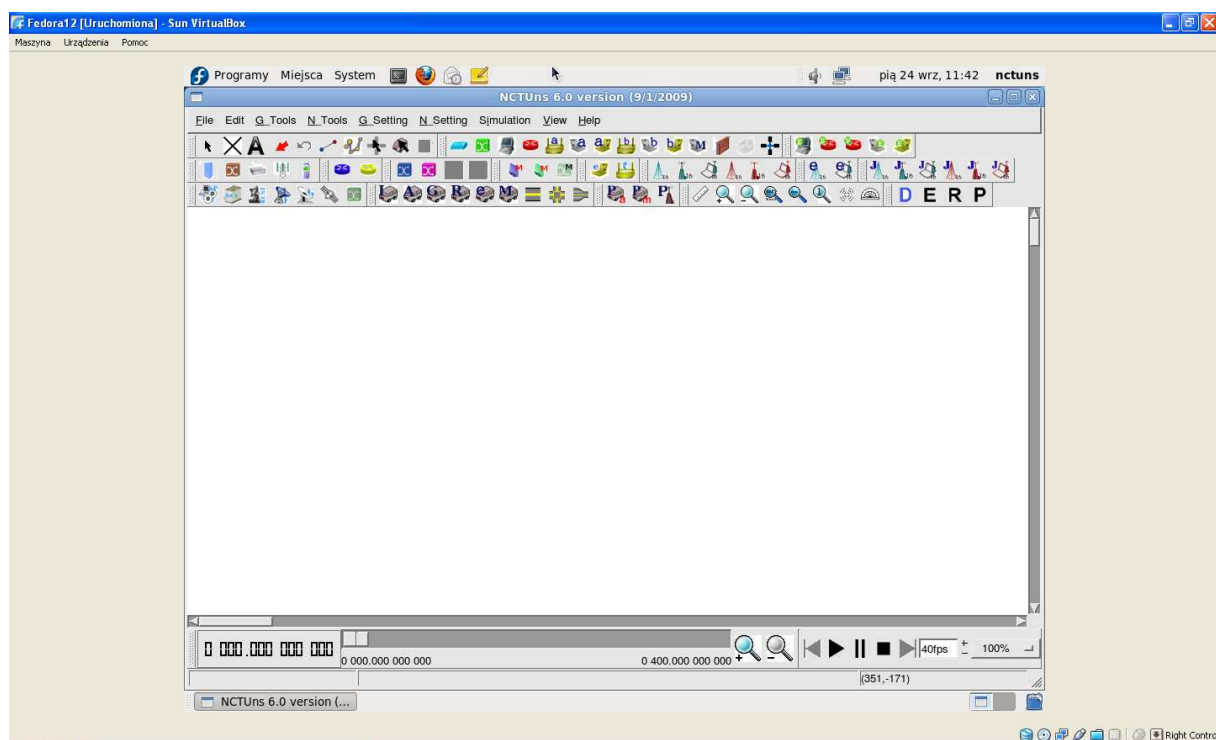
- zalogować się jako użytkownik *student* (hasło: *telekomunikacja*);
- uruchomić program Sun VirtualBox;
- wybrać maszynę wirtualną Fedora12 i uruchomić poprzez naciśnięcie przycisku **Uruchom** (Rys. 1);
- podczas uruchamiania systemu Fedora pojawi się okno wyboru jądra systemu; należy wybrać opcję *NCTUns (2.6.31.6-nctuns20091227)* i zatwierdzić decyzję poprzez naciśnięcie klawisza **Enter** (Rys. 2);
- po uruchomieniu systemu należy zalogować się jako użytkownik *nctuns* (hasło: *nctuns*);
- *przed uruchomieniem klienta programu NCTUns należy uruchomić programy dispatcher oraz coordinator znajdujące się w katalogu /usr/local/nctuns/bin/. W celu uruchomienia* wymienionych programów należy uruchomić terminal (skrót znajduje się na pulpicie) oraz wykonać polecenie **./run_nctuns**;
- uruchomić program **nctunsclient** znajdujący się katalogu */usr/local/nctuns/bin/*. **Skrót do programu znajduje się na pulpicie**;
- po poprawnym wykonaniu wymienionych czynności powinno ukazać się okno interfejsu graficznego programu **NCTUns** (Rys. 3).



Rys. 1 Okno programu VirtualBox – wybór przeznaczonej do uruchomienia maszyny wirtualnej



Rys. 2 Wybór jądra systemu Linux Fedora

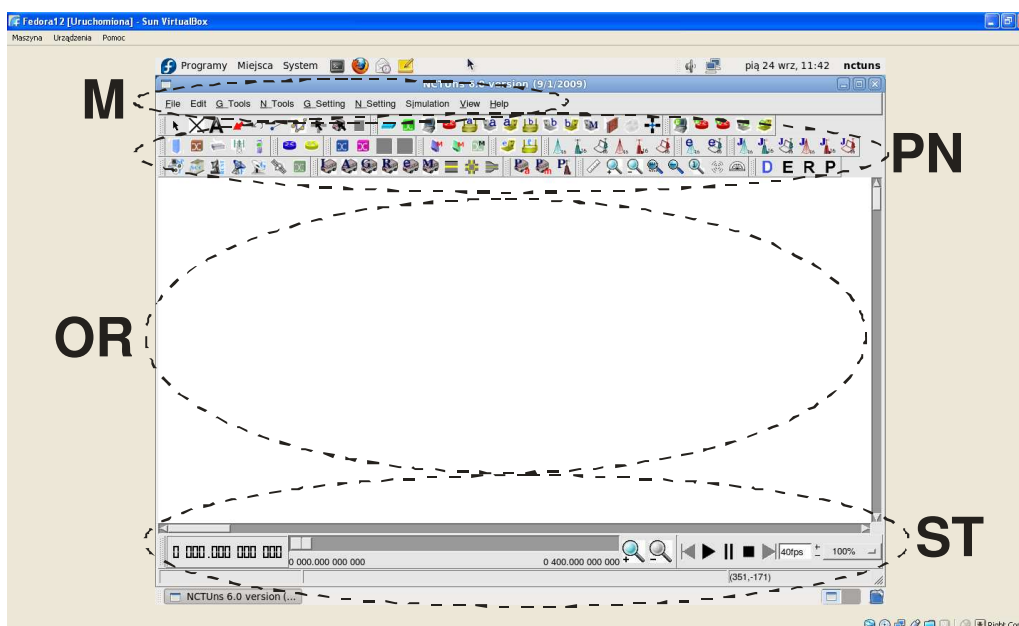


Rys. 3 Interfejs graficzny programu NCTUns

3 Opis podstawowych elementów interfejsu programu NCTUns

Graficzny interfejs użytkownika programu NCTUns składa się z następujących elementów:

- menu pozwalającego na dostęp do funkcji programu (Rys. 4 – M);
- pasków narzędzi umożliwiających m.in. definiowanie topologii sieci (ikony reprezentujące różne klasy urządzeń) oraz zmianę trybu działania programu (Rys. 4 – PN);
- obszaru roboczego, w którym definiuje się topologię analizowanej sieci (Rys. 4 – OR);
- pasku statusu, w którym wyświetlane są informacje dotyczące przebiegu symulacji oraz znajdują się przyciski umożliwiające sterowanie odtwarzaniem wyników symulacji (Rys. 4 – ST).



Rys. 4 Główne elementy interfejsu graficznego programu NCTUns

4 Rozpoczynanie pracy z programem NCTUns

Praca nad projektem sieci dzieli się na cztery etapy, z którymi powiązane są odpowiednie tryby działania programu:

- etap rysowania topologii sieci (przycisk **D** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Draw Topology**);
- etap określania parametrów elementów sieci (przycisk **E** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Edit Property**);
- etap symulacji działania sieci (przycisk **R** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Run Simulation**);
- etap odtwarzania i wizualizacji wyników symulacji (przycisk **P** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Play Back**).

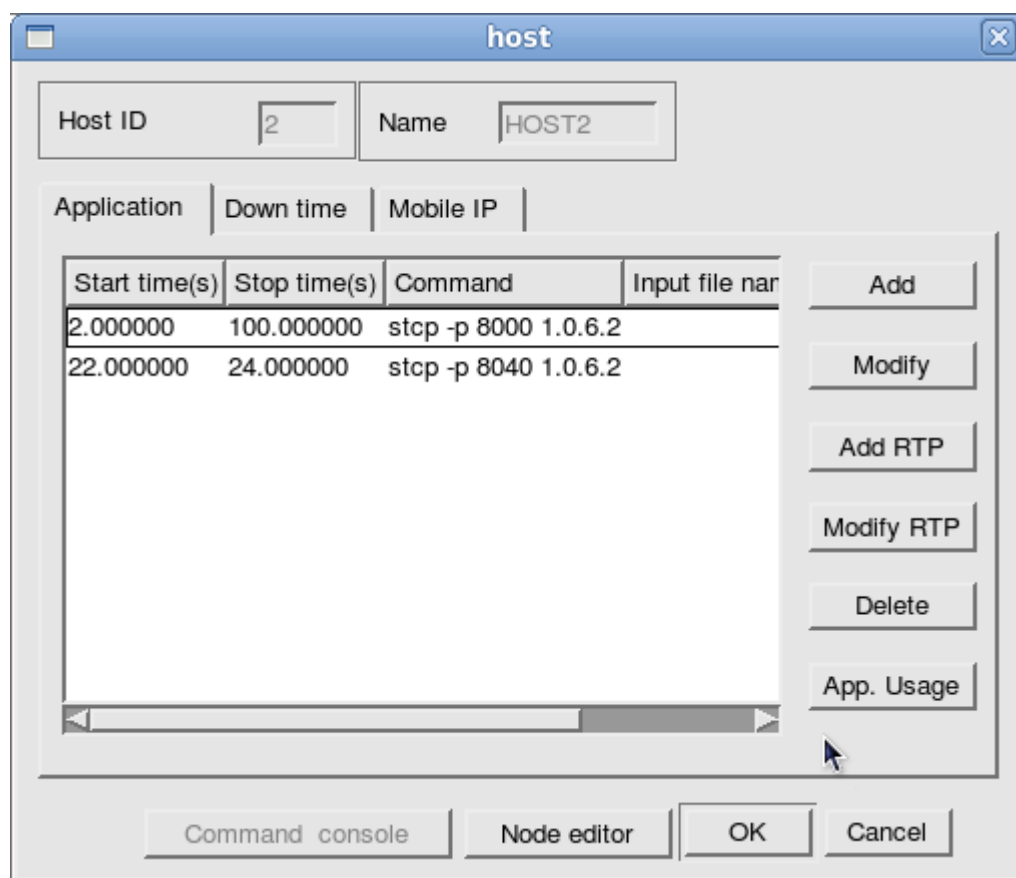
W celu otworzenia istniejącego projektu sieci należy wybrać menu **File->Open** a następnie wskazać położenie pliku projektu (.tpl).

W celu utworzenia projektu nowej sieci należy wybrać menu **File->New**. Po utworzeniu nowego projektu na ekranie pokaże się pusty obszar roboczy, na którym można umieszczać elementy modelowanej sieci. W celu umieszczenia elementu sieci w obszarze roboczym należy upewnić się, że program jest w trybie definiowania topologii sieci (przycisk **D** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Draw Topology**) a następnie wybrać element sieci z paska narzędzi, wskazać kursorem docelowe miejsce w obszarze roboczym i kliknąć lewym przyciskiem myszy.

Po zdefiniowaniu topologii modelowanej sieci należy przejść do kolejnego etapu, w którym określone zostaną bardziej zaawansowane parametry węzłów sieci. W tym celu należy zmienić tryb pracy programu na tryb określania parametrów elementów sieci (przycisk **E** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Edit Property**). W wyniku zmiany trybu pracy, program poprosi o wskazanie położenia i podanie nazwy pliku projektu oraz automatycznie wygeneruje podstawowe ustawienia sieci, m.in. adresy IP urządzeń. W tym trybie pracy programu można określić bardziej zaawansowane parametry pracy urządzeń. Należą do nich m.in.:

- opóźnienia i stopy błędów w łączach transmisyjnych;
- aplikacje (generatory ruchu) działające na poszczególnych węzłach sieci;
- protokoły routingu;
- wielkości buforów;
- parametry pracy zapisywane do plików dziennika;
- czasy włączenia/wyłączenia urządzeń.

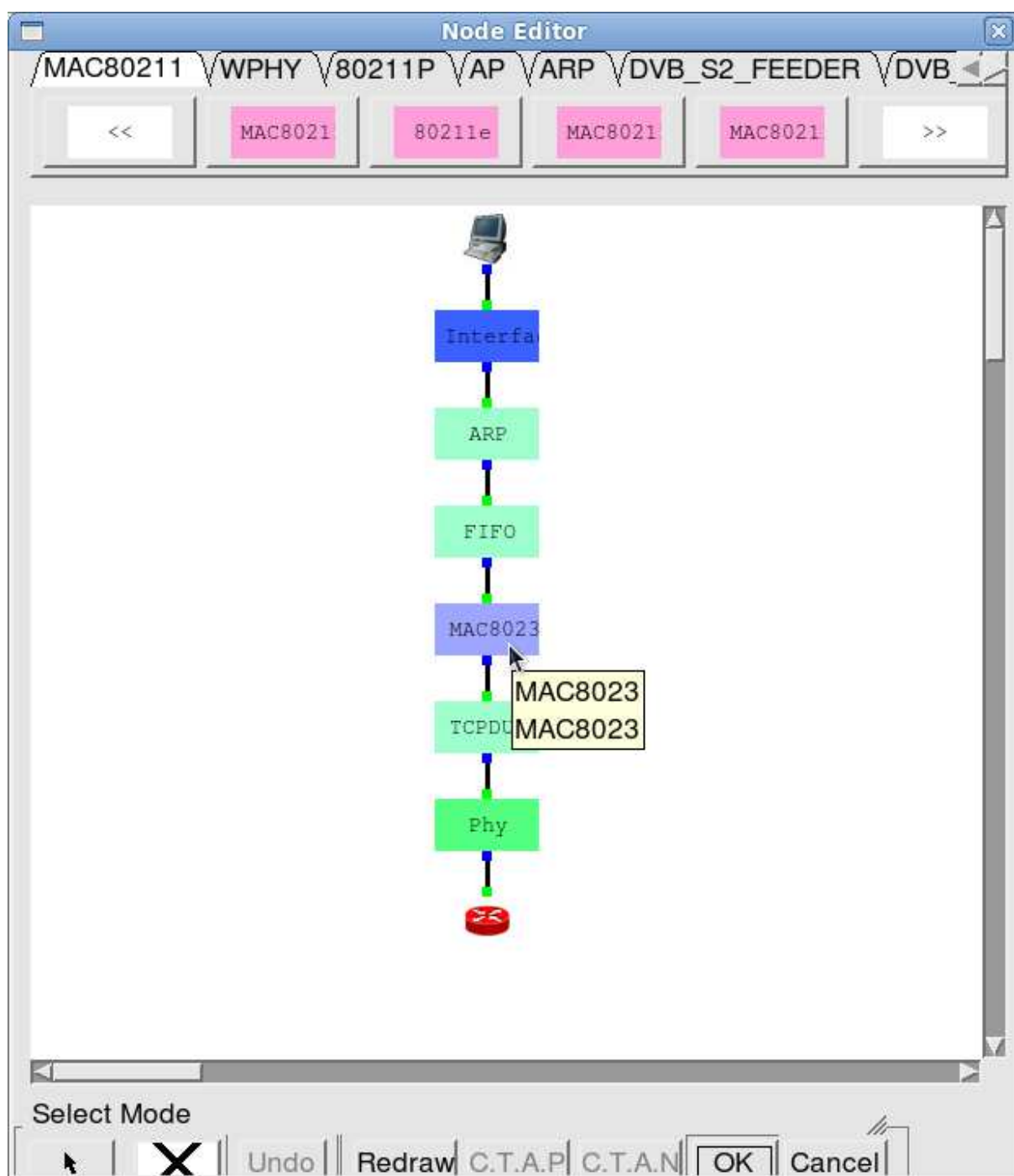
Dostęp do ustawień podstawowych parametrów urządzeń uzyskuje się poprzez wskazanie kursorem ikony urządzenia i podwójne kliknięcie lewym przyciskiem myszy (Rys. 5).



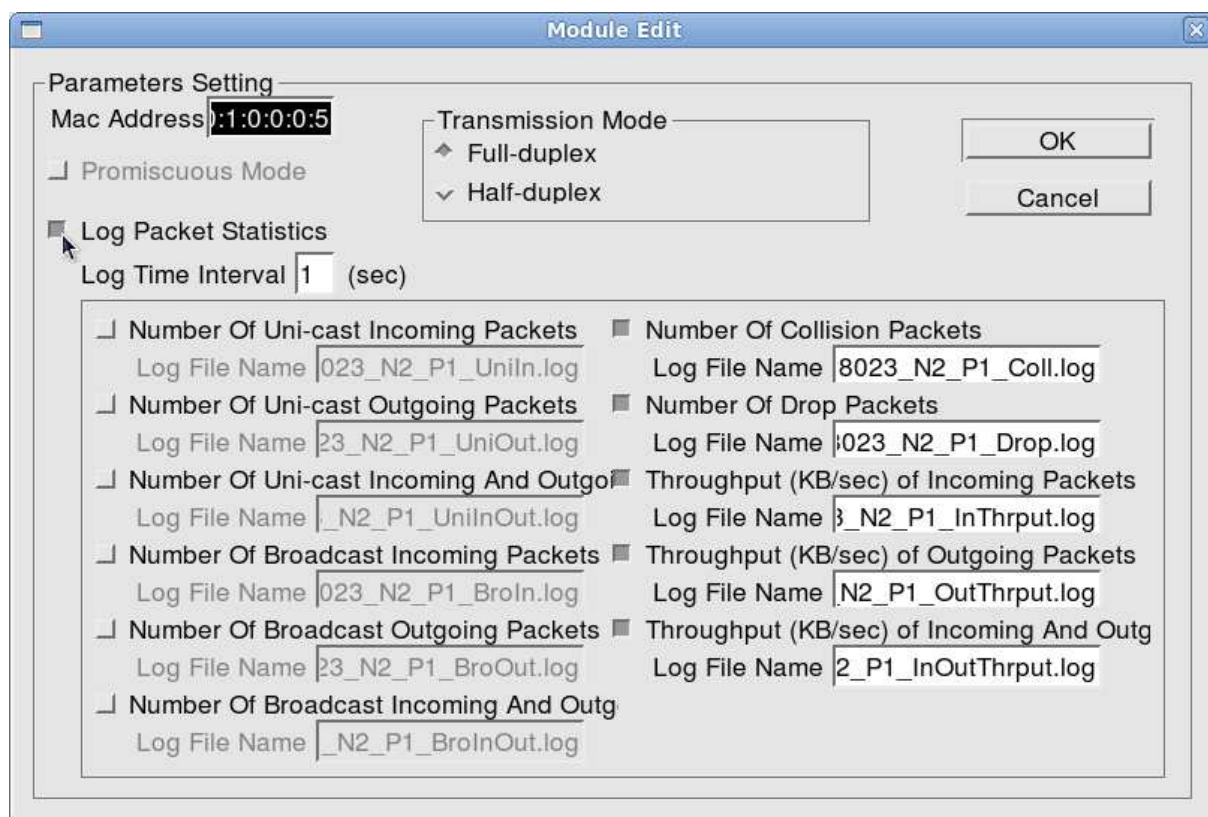
Rys. 5 Okno definiowania parametrów węzła typu *host* - definiowanie aplikacji (ustawień generatorów ruchu)

Poprzez naciśnięcie przycisku **Node editor** można uzyskać dostęp do bardziej zaawansowanych ustawień (Rys. 6). Wybierając np. prostokąt reprezentujący warstwę MAC 802.3 można m.in. dokonać modyfikacji adresu IP węzła typu *host* oraz wskazać parametry pracy węzła, które podczas symulacji będą zapisywane do plików dziennika (Rys. 7).

UWAGA! Każda zmiana trybu pracy programu na tryb definiowania topologii i ponowna zmiana trybu na tryb określania parametrów urządzeń skutkuje ponownym wygenerowaniem podstawowych ustawień węzłów sieci. Ponowne przypisanie adresów IP węzłom sieci może skutkować koniecznością zmiany innych ustawień, np. parametrów wywołań aplikacji uruchamianych na poszczególnych węzłach sieci.



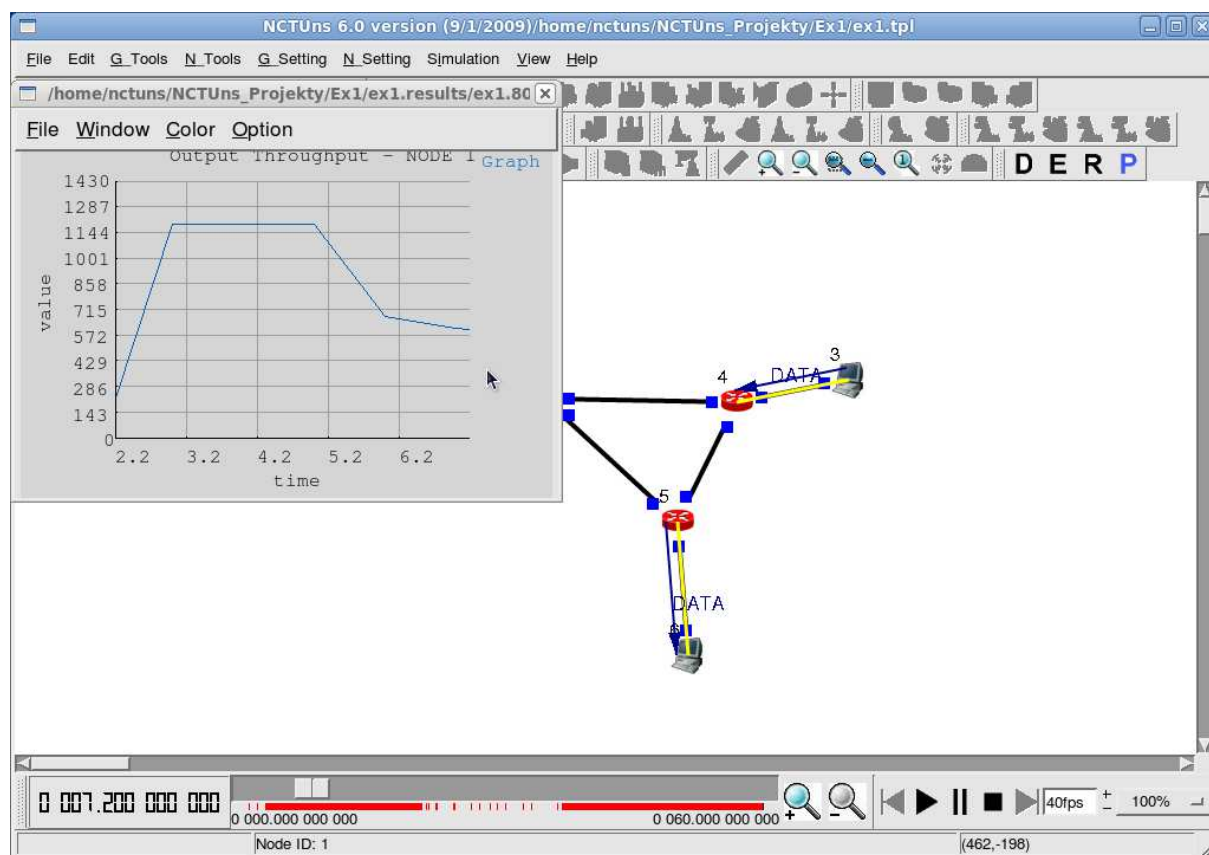
Rys. 6 Dostęp do zaawansowanych ustawień węzła sieci



Rys. 7 Wybór parametrów pracy hosta do zapisu w plikach dzienników

Po zdefiniowaniu parametrów węzłów sieci można przejść do etapu symulacji działania sieci. W tym celu program należy przełączyć do trybu symulacji (przycisk **R** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Run Simulation**). Następnie w celu uruchomienia symulacji należy wybrać opcję menu **Simulation->Run**.

Po zakończeniu obliczeń program powinien automatycznie przełączyć się do trybu odtwarzania i wizualizacji wyników (przycisk **P** na pasku narzędzi **D E R P**). Można wówczas odtworzyć animację pokazującą przepływ danych oraz wykreślić wykresy obrazujące zmiany wybranych parametrów pracy sieci w funkcji czasu (Rys. 8).



Rys. 8 Wizualizacja wyników symulacji działania sieci - animacja pakietów wraz z wykresem zależności wybranego parametru od czasu

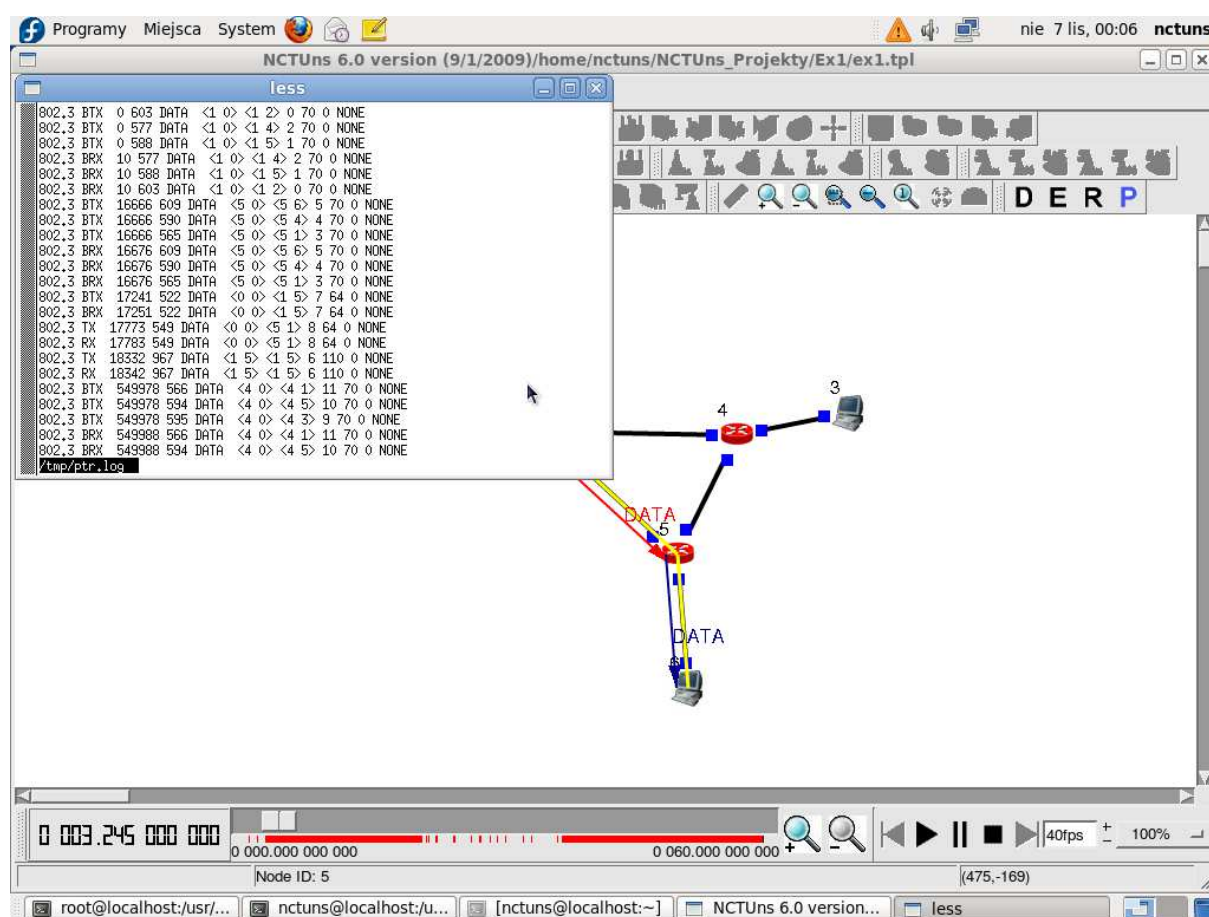
5 Narzędzia do wizualizacji wyników

Podczas wykonywania symulacji program automatycznie zapisuje plik z wykazem zdarzeń zachodzących podczas działania modelowanej sieci. Plik ten wykorzystywany jest następnie do przedstawienia animacji obrazującej działanie sieci.

Definiując parametry węzłów sieci użytkownik programu może także wymusić zapisywanie parametrów pracy wybranych urządzeń, które zostaną zapisane do odpowiednich plików dzienników i będą mogły posłużyć do wykreślenia stosownych wykresów. Do parametrów takich można zaliczyć np. liczbę utraconych pakietów, liczbę kolizji, przepustowość łączy, itp.

5.1 Pliki dziennika

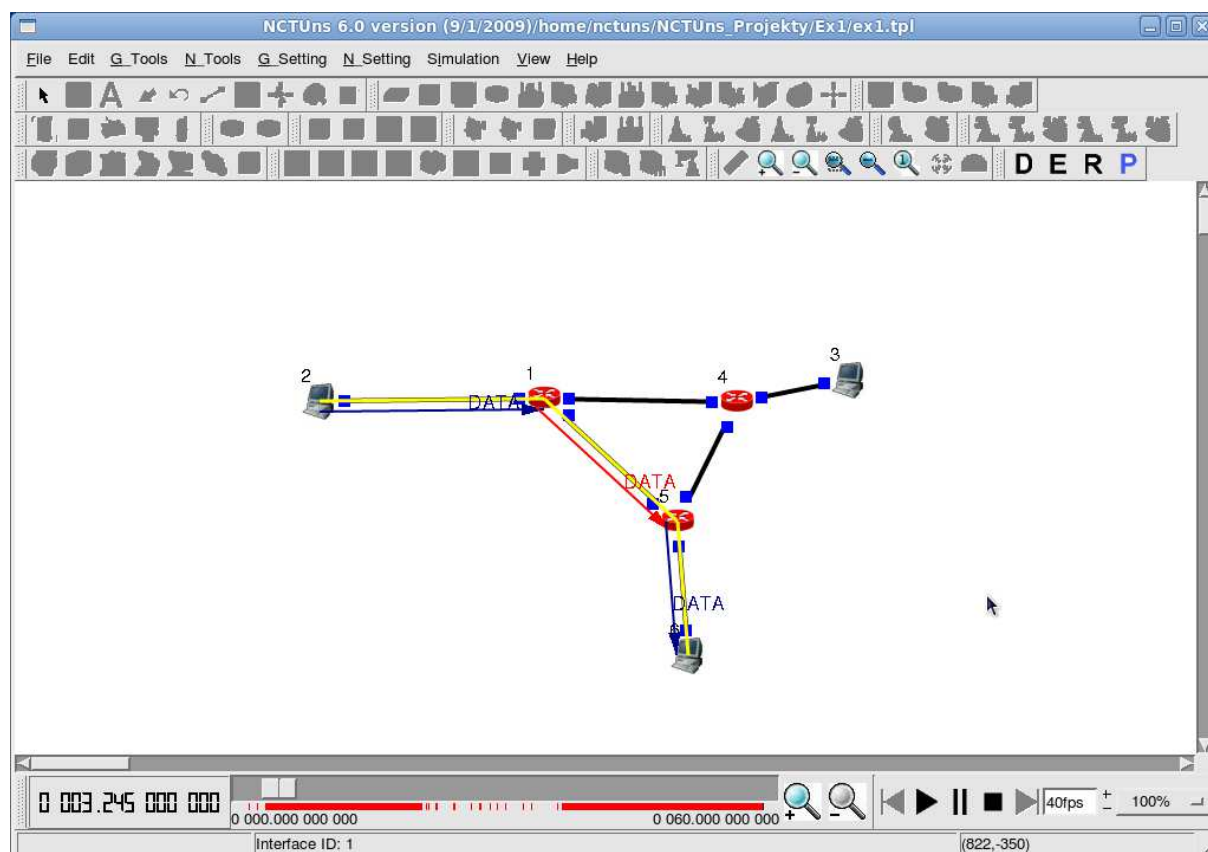
W celu wyświetlenia pliku dziennika zawierające informacje na temat przepływu pakietów w sieci należy wybrać menu **G_Tools->View Packet Trace** (Rys. 9). Opis znaczenia poszczególnych kolumn pliku można wyświetlić wybierając menu **G_Tools->Show Packet Trace Format**.



Rys. 9 Podgląd pliku dziennika z informacjami o wymienianych pakietach danych

5.2 Odtwarzacz animacji

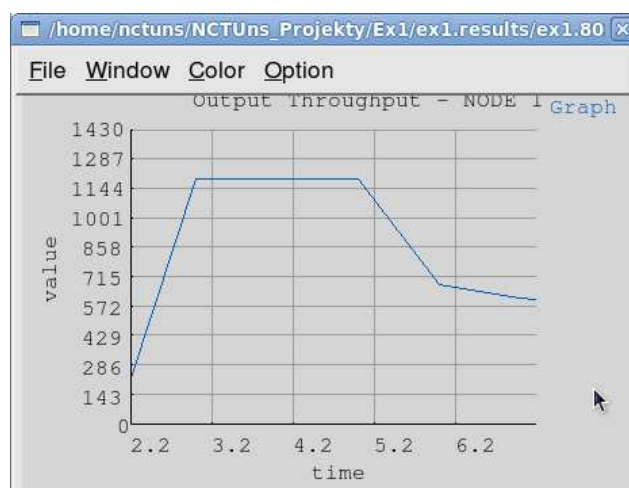
Plik z wynikami symulacji wykorzystywane są przez odtwarzacz animacji obrazujących przepływ pakietów w sieci (*Packet Animation Player*) (Rys. 10). Odtwarzacz animacji jest automatycznie uaktywniany po przełączeniu programu do trybu odtwarzania wyników symulacji. Animacje mogą zostać także włączone podczas wykonywania symulacji działania sieci w czasie rzeczywistym.



Rys. 10 Animacja przepływu danych w sieci (*Packet Animation*)

5.3 Monitor wydajności systemu

Wykresy obrazujące zmienność w czasie dodatkowych parametrów pracy wybranych urządzeń mogą zostać wyświetlone po wybraniu menu **G_Tools->Plot Graph** (Rys. 11). Po pojawieniu się okna wykresu należy wybrać menu **File->Open** oraz wskazać położenia pliku dziennika, z którego chcemy wyświetlić dane.

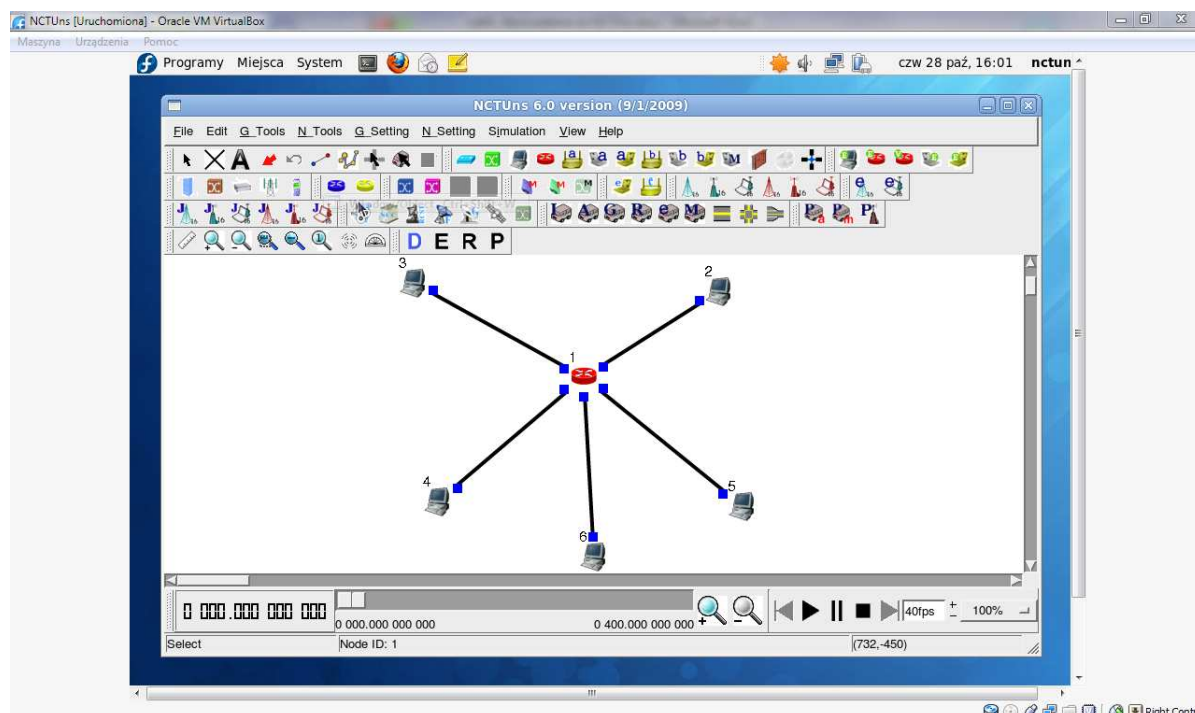


Rys. 11 Przykładowy wykres obrazujący zależność przepustowości *hosta* w funkcji czasu

6 Symulacja działania przykładowej sieci

6.1 D – Definiowanie topologii sieci

1. Utworzyć projekt nowej sieci (menu **File->New**).
2. Upewnić się, że program jest w trybie rysowania topologii sieci (zaznaczony przycisk **D** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Draw Topology**).
3. Na pasku narzędzi wybrać symbol routera a następnie kliknąć lewym przyciskiem myszy w obszarze roboczym programu. W wyniku tej operacji router powinien zostać dodany do topologii sieci a jego symbol powinien być widoczny w obszarze roboczym programu.
4. Na pasku narzędzi wybrać symbol hosta a następnie kliknąć lewym przyciskiem myszy w kilku (tylu, ile elementów typu host chcemy dodać do topologii sieci) miejscach obszaru roboczego programu.
5. Na pasku narzędzi wybrać ikonę połączenia i przytrzymując wciśnięty lewy klawisz myszy połączyć ze sobą elementy sieci (np. poszczególne hosty z routerem). W wyniku poprawnego wykonania operacji 1÷5 powinna powstać sieć jak na Rys. 12.
6. Zapisać plik projektu (menu **File->Save As**).



Rys. 12 Przykładowa topologia sieci składającej się z routera oraz pięciu hostów

6.2 E – Określanie parametrów elementów sieci

1. Przełączyć tryb działania programu do trybu edycji parametrów elementów sieci (zaznaczyć przycisk **E** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Edit Property**). W wyniku zmiany trybu, dla wcześniej zdefiniowanej sieci zostaną automatycznie wygenerowane adresy urządzeń. Adresy te można podejrzeć wskazując niebieskie kwadraty

na końcach połączeń pomiędzy poszczególnymi elementami sieci.

W trybie edycji można ustawić wiele parametrów urządzeń, zdefiniować charakterystykę ruchu w sieci, ustawić czas włączenia/wyłączenia urządzeń, itd. Zestaw dostępnych parametrów uzależniony jest od rodzaju urządzenia.

2. Dwukrotnie kliknąć ikonę hosta o adresie IP 1.0.1.2. W polu dialogowym właściwości urządzenia wybrać zakładkę *Application* oraz nacisnąć przycisk *Add*. W polu *Start time* wpisać wartość **5**, *Stop time* – wartość **50**, w polu *Command* – **stcp -p 8000 1.0.2.2** (pomiędzy 5 a 50 sekundą symulacji urządzenie będzie wysyłało pakiety TCP do stacji o adresie 1.0.2.2).
3. Dwukrotnie kliknąć ikonę hosta o adresie IP 1.0.3.2. W polu dialogowym właściwości urządzenia wybrać zakładkę *Application* oraz nacisnąć przycisk *Add*. W polu *Start time* wpisać wartość **15**, *Stop time* – wartość **70**, w polu *Command* – **stcp -p 9000 1.0.2.2** (pomiędzy 15 a 70 sekundą symulacji urządzenie będzie wysyłało pakiety TCP do stacji o adresie 1.0.2.2).
4. Dwukrotnie kliknąć ikonę hosta o adresie IP 1.0.2.2. W polu dialogowym właściwości urządzenia wybrać zakładkę *Application* oraz nacisnąć przycisk *Add*. W polu *Start time* wpisać wartość **0**, *Stop time* – wartość **100**, w polu *Command* – **rtcp -p 8000**. Ponownie nacisnąć przycisk *Add*. W polu *Start time* wpisać wartość **0**, *Stop time* – wartość **100**, w polu *Command* – **rtcp -p 9000** (urządzenie będzie odbierało pakiety TCP na portach 8000 oraz 9000).
5. Zapisać zmiany w projekcie.

6.3 R – Wykonywanie obliczeń

1. Przełączyć tryb pracy na tryb symulacji działania sieci (zaznaczony przycisk **R** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Run Simulation**).
2. Sprawdzić ustawienia programu **dispatcher**. Wybrać menu **G_Setting->Dispatcher** w oknie dialogowym w polu *IP address* powinna być wpisana wartość **127.0.0.1** a w polu *Port* wartość **9800** (Rys. 13).

The screenshot shows a 'Preference' window with two main sections. The 'Job dispatcher' section contains an 'IP address' field with the value '127.0.0.1' and a 'Port' field with the value '9800'. The 'User information' section contains a 'User name' field with the value 'nctuns', a 'Password' field with masked characters '*****', and an empty 'Email address' field. Below these fields, a message states: 'The user name here cannot be "root". Otherwise, the command console function cannot work correctly.' At the bottom right, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Rys. 13 Ustawienia programu dispatcher

3. Uruchomić obliczenia wybierając menu **Simulation->Run**. W wyniku poprawnego uruchomienia symulacji, licznik czasu widoczny w dolnej części interfejsu programu powinien wskazywać postęp obliczeń. Szybkość symulacji działania sieci może odbiegać od czasu rzeczywistego. Więcej parametrów dotyczących szybkości wykonywania obliczeń można ustawić po wybraniu menu **G_Setting->Simulation->Speed**.

6.4 P – Przeglądanie wyników działania programu – narzędzia do wizualizacji wyników

1. Po zakończeniu symulacji program powinien automatycznie przejść do trybu odtwarzania wyników. W razie potrzeby zmienić tryb pracy programu (zaznaczony przycisk **P** na pasku narzędzi **D E R P** lub menu **File->Operating Mode->Play Back**).
2. Korzystając z przycisków sterowania umieszczonych w dolnej części ekranu odtworzyć przebieg działania sieci. Dane zapisane w pliku **.ptr** (*Packet Animation Trace*) zostaną przedstawione w postaci animacji prezentującej wymianę danych pomiędzy poszczególnymi węzłami sieci (Rys. 10).
3. Wybrać menu **G_Tools->View Packet Trace** oraz wskazać plik **.ptr** o nazwie odpowiadającej nazwie projektu w celu wyświetlenia zawartości pliku. Poszczególne wiersze przedstawiają kolejne zdarzenia, jakie zaszły podczas symulowanego okresu działania sieci (Rys. 9).

7 Symulowanie awarii urządzeń

Symulator NCTUns umożliwia badanie zachowania sieci w sytuacji wystąpienia awarii wybranych urządzeń. W celu zamodelowanie scenariusza, w którym awarii ulega jeden z elementów sieci należy przełączyć program do trybu edycji parametrów węzłów sieci (E). Następnie po wskazaniu kursorem i dwukrotnym kliknięciu lewym przyciskiem myszy ikony węzła sieci (lub łącza pomiędzy wybranymi węzłami) można określić przedziały czasu symulacji, w których urządzenie będzie pozostawało nieaktywne (sekcja **Down time**, nacisnąć przycisk **Add** a następnie podać początek i koniec przedziału czasu) (Rys. 14).

The screenshot shows the 'LINK' dialog box with the following details:

- From Host2 to Router1:**
 - Delay: 1.00 (us) [C.T.A.L] [C.T.A.C]
 - Bandwidth: 10.00 (Mbps) [C.T.A.L] [C.T.A.C]
 - BER: 0.0000000000 [C.T.A.L] [C.T.A.C]
 - Down time:**

Start (s)	End (s)
20.00	40.00

[Add] [Delete] [C.T.A.L]
- From Router1 to Host2:**
 - Delay: 1.00 (us) [C.T.A.L] [C.T.A.C]
 - Bandwidth: 10.00 (Mbps) [C.T.A.L] [C.T.A.C]
 - BER: 0.0000000000 [C.T.A.L] [C.T.A.C]
 - Down time:**

Start (s)	End (s)
20.00	40.00

[Add] [Delete] [C.T.A.L]

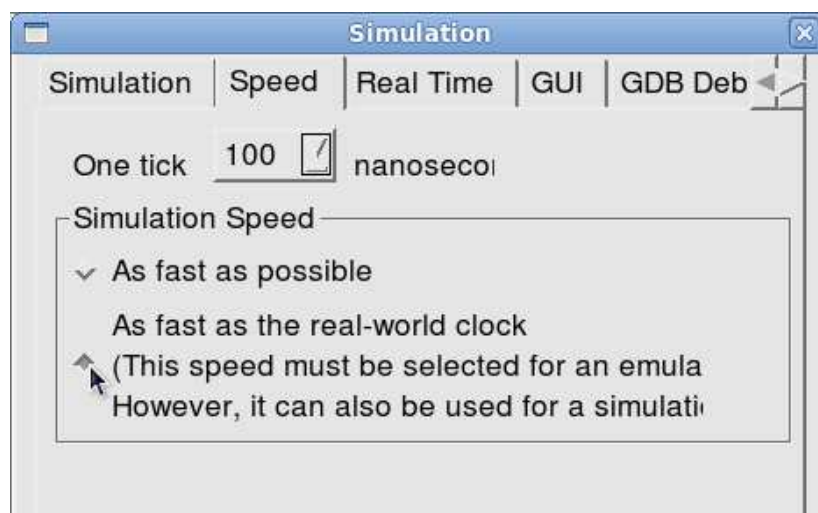
[OK] [Cancel]

Rys. 14 Ustawianie czasu, w którym łącze pozostaje nieaktywne

8 Symulacje w czasie rzeczywistym

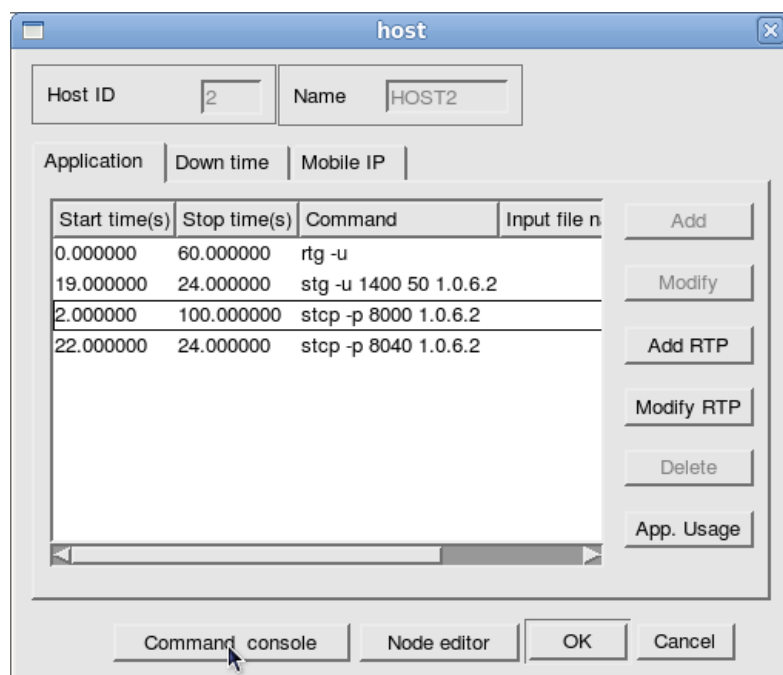
Jedną z opcji udostępnianych przez program NCTUns jest możliwość wykonywania symulacji działania sieci w czasie rzeczywistym. Zaletą takiego podejścia jest możliwość zalogowania się do wybranego węzła sieci i wydawania w trakcie trwania symulacji komend (np. *ping*, *tcpdump*, *traceroute*, *ifconfig*, *route*, *netstat*) z poziomu modelowanego urządzenia. W tym trybie można także włączyć animację pakietów podczas trwania symulacji.

W celu włączenia trybu symulacji w czasie rzeczywistym należy wybrać menu **G_Tools->Simulation** wybrać zakładkę **Speed** oraz zaznaczyć opcję *As fast as the real-world clock* (Rys. 15).

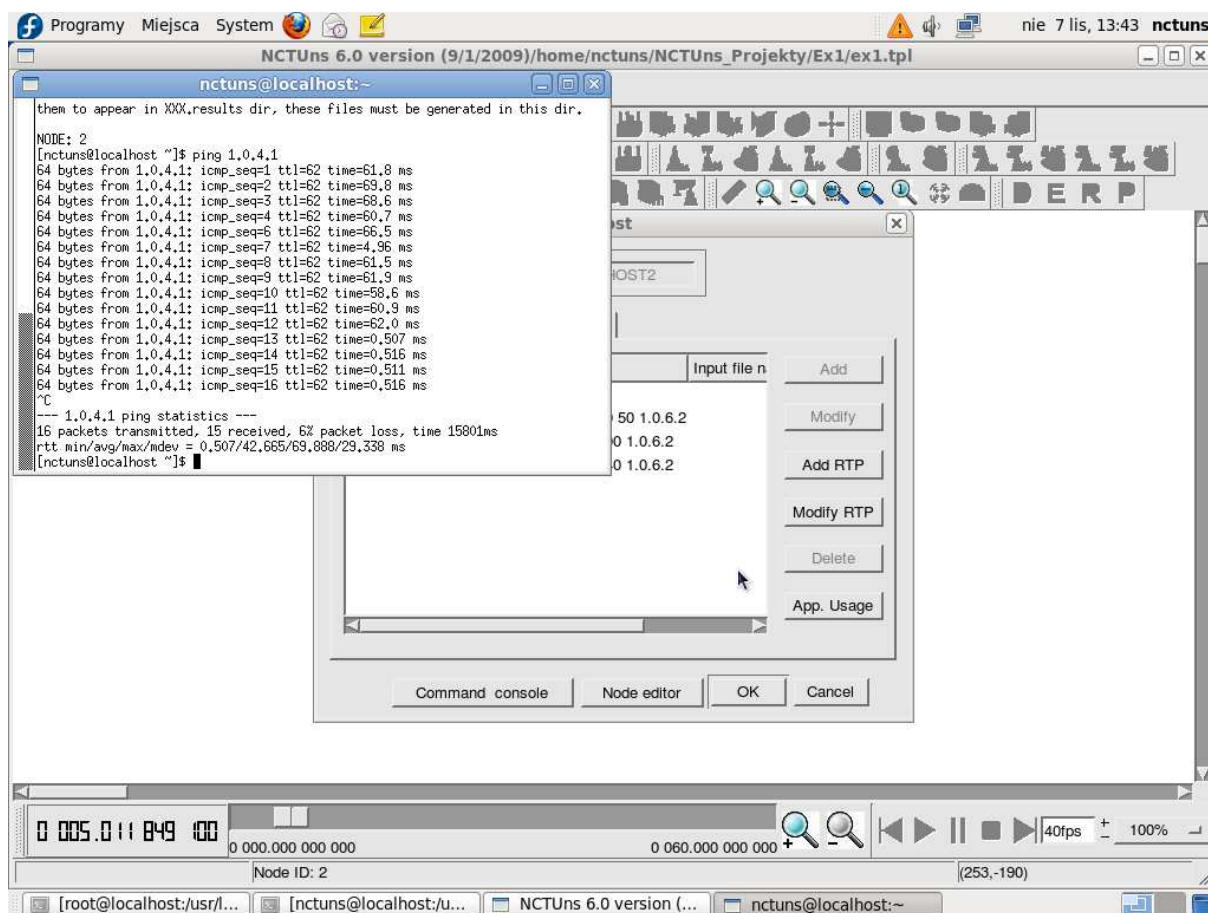


Rys. 15 Włączanie trybu symulacji w czasie rzeczywistym

W celu uruchomienia konsoli poleceń wybranego węzła sieci należy podczas trwania symulacji wskazać kursorem wybrane urządzenie a następnie dwukrotnie kliknąć lewym przyciskiem myszy. Następnie należy w oknie dialogowym wybrać przycisk **Command console** (Rys. 16). Po wykonaniu tej operacji powinno pojawić się okno terminala umożliwiającego wykonywanie poleceń z poziomu wybranego węzła sieci (Rys. 17).



Rys. 16 Uruchamianie konsoli poleceń podczas trwania symulacji



Rys. 17 Wykonywanie poleceń systemowych podczas trwania symulacji

9 Ćwiczenia do wykonania pomagające zapoznaniu się z programem

1. Zapoznać się z dostępnymi w programie modelami podstawowych urządzeń sieciowych (koncentrator, przełącznik, router, host, podsieć, łącze punkt-punkt). Zmodyfikować utworzony wcześniej model sieci, tak aby zawierał wymienione komponenty. Sprawdzić, jakie parametry można ustawić w przypadku poszczególnych komponentów.
2. Dla wybranej pary hostów przećwiczyć definiowanie ustawień generatorów ruchu (stcp, rtcp, stg, rtg, rtp, rtcp).
3. Sprawdzić jakie parametry podstawowych węzłów sieci można monitorować i zapisywać w plikach dzienników. Dla przykładowego węzła (np. hosta) przećwiczyć korzystanie z narzędzia do kreślenia wykresów.
4. Uruchomić symulację działania prostej sieci w czasie rzeczywistym. Zalogować się do wybranego hosta. Przećwiczyć korzystanie z okna komend (wykonać przykładowe polecenia, np. *ping*).
5. Zapoznać się z przykładowymi projektami (/home/nctuns/Pobrane/nctuns-6.0/examples/). Mogą one stanowić podstawę do budowy własnych projektów sieci.

10 Literatura

- [1] Shie-Yuan Wang, Chih-Liang Chou, Chih-Che Lin, *The GUI User Manual for the NCTUns 6.0 Network Simulator and Emulator*, National Chiao Tung University, Tajwan 2010
- [2] Shie-Yuan Wang, Chih-Liang Chou, Chih-Che Lin, Chih-Hua Huang, *The Protocol Developer Manual for the NCTUns 6.0 Network Simulator and Emulator*, National Chiao Tung University, Tajwan 2010
- [3] Jim Kurose, Keith Ross, *Sieci komputerowe – Ujęcie całościowe*, Helion, 2010
- [4] Douglas E. Comer, *Sieci komputerowe i intersieci – Aplikacje internetowe*, WNT, 2007