

**Andrzej PASZKIEWICZ**  
Politechnika Rzeszowska, Polska

**Robert PEKALA**  
Uniwersytet Rzeszowski, Polska

## **Analiza wydajności sieci konwergentnych za pomocą programowego generatora ruchu**

### **Wstęp**

Początek XXI w. stanowi dynamiczny rozwój sieci komputerowych, a przede wszystkim różnorodnych usług świadczonych za ich pomocą. Można wręcz stwierdzić, iż jest to okres, w którym sieć komputerowa trafiła „pod strzechy”. Powszechny dostęp w szczególności do sieci internet wpłynął na życie wielu ludzi i nadal będzie na nie oddziaływał zarówno w obszarze zawodowym, prywatnym, jak i edukacyjnym. W związku z tym na usta ciśnie się pytanie, czy rozwój technologii sieciowych przyczynia się do rozwoju nowoczesnych usług, czy nowe usługi, a raczej potencjalne potrzeby użytkowników, wpływają na rozwój sprzętu, protokołów oraz technologii sieciowych. Zapewne każde z powyższych stwierdzeń znajduje swoich zwolenników, jednak ważniejsze jest, aby zapewnić zrównoważony rozwój wszystkich wspomnianych powyżej aspektów gwarantujących jakość oraz niezawodność infrastruktury sieciowej. Z tej perspektywy synergia pomiędzy permanentnie rozwijającymi się usługami sieciowymi a wydajnością urządzeń pośrednich (przełączników i routerów), zwłaszcza z perspektywy kosztów i możliwości dalszego rozwoju, stanowi kluczowy element procesu projektowania oraz rozbudowy współczesnych sieci komputerowych.

Obecne usługi sieciowe coraz częściej charakteryzuje konwergencja, tzn. integracja transmisji klasycznych danych, dźwięku i obrazu [Donoso 2009]. Biorąc pod uwagę zróżnicowany charakter ich ruchu sieciowego, istotną kwestią stanowi zapewnienie odpowiednich wartości parametrów transmisyjnych dla tego typu sieci, zwłaszcza w odniesieniu do opóźnienia, jittera, przepustowości itp. Współczesne usługi konwergentne związane są m.in. z transmisją obrazu, w tym videokonferencjami oraz IPTV (w postaci ruchu strumieniowego lub ewentualnie na żądanie). Dodatkowo, dynamicznie rozwijane są systemy transmisji głosu oparte na sieci IP. Ze względu na łatwość rozbudowy tego typu systemów o dodatkowe usługi – faksowe, mailingowe itp. – komunikacja VoIP staje się na naszych oczach powszechnie obowiązującym standardem. Do tej pory przy projektowaniu, a następnie budowie i testowaniu struktur sieciowanych zazwyczaj nie uwzględniano konwergentnego charakteru ruchu. Dlatego też budowanie tzw. linii bazowych, a także bieżąca analiza wydajności sieci, jak

również predykcja przyszłego wykorzystania dostępnej platformy sprzętowo-programowej powinna uwzględniać procesy konwergencji zachodzące w sieciach komputerowych. Nie bez znaczenia dla poziomu wiedzy i umiejętności przyszłych inżynierów sieciowych jest też zapewnienie w laboratoriach dydaktycznych możliwości testowania zachowania się sieci w odniesieniu do rzeczywistego ruchu [Hanrahan 2007].

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia, aby dokonać właściwej analizy wydajności współczesnej sieci komputerowej, a dzięki temu zwiększyć jej efektywność m.in. poprzez likwidację np. wąskich gardeł, bardziej wydajną priorytyzację ruchu sieciowego, dokładniejsze przewidywanie wzrostu obciążenia sieci, należy w procesie testowania sieci stosować mieszaninę profili różnego rodzaju ruchów sieciowych, które są spotykane w rzeczywistej infrastrukturze.

### **Metody i środki generowania ruchu sieciowego**

Funkcjonalność dostępnych narzędzi umożliwiających generowanie ruchu sieciowego jest różnorodna. Dokonując ich analizy, należy w pierwszej kolejności rozróżnić dwa rodzaje generatorów ruchu: sprzętowe oraz programowe. Biorąc pod uwagę sprzętowe generatory ruchu, należy pamiętać o tym, iż są one projektowane i tworzone w celu minimalizacji ewentualnych opóźnień związanych z generowaniem i wprowadzaniem do sieci poszczególnych pakietów. Dzięki zastosowaniu tego typu rozwiązań istnieje możliwość testowania wysokoprzepustowych sieci komputerowych, a także analizowanie poziomu oraz zmienności opóźnień zarówno w całej infrastrukturze, jak i w jej poszczególnych obszarach. Jednak zasadniczą ich wadą jest brak możliwości uwzględnienia zróżnicowanego charakteru ruchu sieciowego. Dlatego też niezbędne jest zastosowanie w tym celu programowych generatorów ruchu zapewniających dużą elastyczność w zakresie rodzaju generowanego ruchu.

Jedną z zalet programowych generatorów ruchu sieciowego jest ich dostępność na różne platformy systemowe, w tym Windows i Linux, a także wybór pomiędzy rozwiązaniami komercyjnymi a udostępnianymi na licencji *open source*. Natomiast wadą jest wpływ wydajności uniwersalnej platformy sprzętowo-programowej, jaką zazwyczaj jest komputer klasy PC, na szybkość i wielkość generowanych pakietów sieciowych.

Przykładem takich aplikacji są generatory programowe Iperf oraz Netperf [<http://comp.ist.utl.pt/ec-cm/2011/>]. Iperf zapewnia dostosowania parametrów transmisji TCP oraz UDP, co pozwala dokonać pomiaru maksymalnej wydajności oraz przepustowości sieci komputerowej. Pomiar przepustowości realizowany jest na trasie pomiędzy dwoma ustalonymi punktami w trybie jedno- lub dwukierunkowym.

W celu przetestowanie infrastruktury sieciowej z użyciem różnorodnych charakterystyk ruchu sieciowego najbardziej zbliżonego do rzeczywistych warunków wybrano jednak rozwiązanie w postaci pakietu IxChariot. Rozwiązanie to dostarcza możliwości pełnej oceny parametrów wydajności w sieciach przewodowych

oraz bezprzewodowych dla szerokiej gamy charakterystyk ruchu. IxChariot zapewnia możliwość generowania ruchu w trybie skryptowym lub strumieniowym. Skrypty aplikacji IxChariot stanowią podstawę poprawnego pomiaru wydajności sieci. Służą do modelowania wzorców ruchu podobnych do ruchu generowanego przez rzeczywiste aplikacje i protokoły używane w sieci. Dzięki temu możliwe jest emulowanie komunikacji dwukierunkowej pomiędzy komputerami stanowiącymi punkty końcowe. Natomiast transmisja strumieniowa naśladuje ruch generowany poprzez takie aplikacje, jak RealAudio lub NetShow czy też IPTV, umożliwiając tym samym przeprowadzenie testów przy zachowaniu pełnej konwergencji usług sieciowych.

Program IxChariot zawiera w sobie dużo dodatkowych funkcji ściśle związanych z monitoringiem i testowaniem sieci, które umożliwiają zautomatyzowanie pewnych regularnych czynności, a także w znacznym stopniu ułatwiają obsługę samego narzędzia. Funkcje te stwarzają użytkownikowi wiele możliwości, np. dzięki harmonogramowi testów możemy zaprogramować regularne i stałe zadania. Dostępne są również narzędzie umożliwiające zestawienie wyników poszczególnych testów w celu ich porównania, co ułatwia dokonywanie szerszych analiz. IxChariot mierzy m.in. przepustowość, jitter, liczbę utraconych pakietów, opóźnienie, MOS oraz MDI [<http://www.ixiacom.com/>].

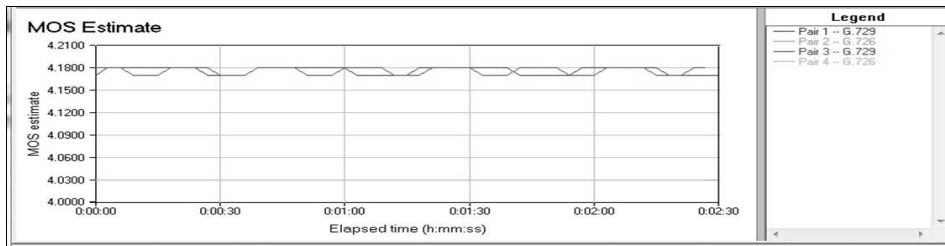
### **Analiza wydajności sieci komputerowej z uwzględnieniem konwergentnego charakteru ruchu sieciowego**

Narzędzia wykorzystane do badania wydajności infrastruktury sieciowej powinny umożliwić przeprowadzenie tych działań w dowolnej topologii fizycznej oraz logicznej, a także przy uwzględnieniu funkcjonowania w niej różnego rodzaju protokołów i mechanizmów sieciowych, które również wpływają na ostateczne wyniki pomiarów, np. takich jak mechanizmy routingu, wyrównywania obciążeń, QoS, filtracji pakietów itp. Tylko wówczas możliwe jest dokonanie właściwej analizy możliwości i ograniczeń danej sieci komputerowej.

Biorąc to pod uwagę, podczas testów laboratoryjnych wykorzystano narzędzie IxChariot w celu zasymulowania ruchu konwergentnego w różnych odmiennych konfiguracjach sieciowych. Zasadniczą kwestią było uwzględnienie powszechnie spotykanego ruchu generowanego przez użytkowników sieciowych w postaci protokołu http, transferu plików za pomocą FTP, usługi poczty elektronicznej i związanych z nią protokołów SMTP oraz POP, a także symulacji usługi rozpoznawania nazw domenowych DNS. Dodatkowo, w celu zapewnienia konwergencji należało wziąć pod uwagę transmisję dźwięku w postaci usługi VoIP oraz obrazu za pomocą usługi IPTV.

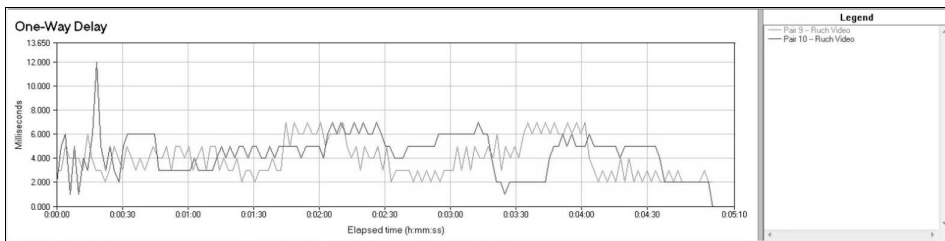
IxChariot może naśladować ruch głosowy za pomocą kilku różnych rodzajów algorytmów. W tym przypadku istnieje możliwość generowania dwukierunkowego ruchu i mierzenia średniego współczynnika jakości dźwięku (*mean opinion score*) dla rozmów głosowych. Pozwala to na określenie wydajności sieci w odniesieniu do przenoszonego ruchu głosowego. Na rys. 1 zaprezentowano

wyniki uzyskane dla wybranej topologii sieciowej przy założeniu wykorzystania kodeka G.726 oraz G.729.



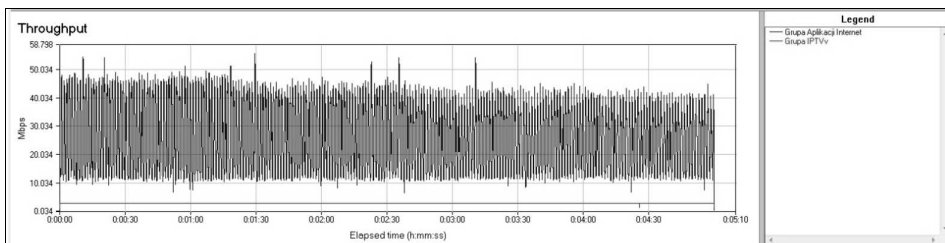
**Rys. 1. Wartość parametru MOS**

Odnośząc się do skali MOS (od 1 do 5) przyjętej przez Międzynarodowy Związek Telekomunikacyjny (ITU), otrzymane wyniki wskazują na dobrą jakość przesyłanego dźwięku. Jednak sieci konwergentne to również transmisja obrazu. W przeprowadzonej symulacji uwzględniono także strumienie wideo przesyłane w formacie MPEG. Na rys. 2 zaprezentowano otrzymane wyniki pomiaru opóźnienia dla testowanej usługi IPTV.



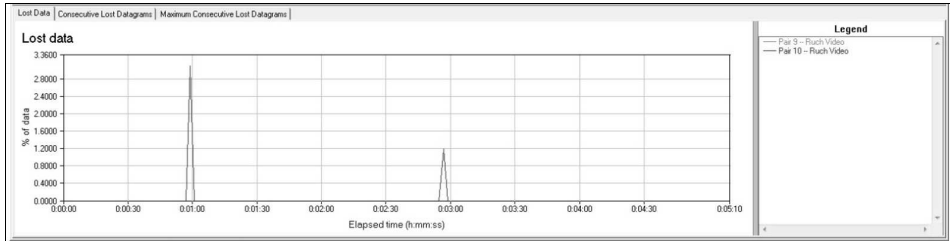
**Rys. 2. Wartość opóźnienia dla jednokierunkowej transmisji IPTV**

W przypadku tego typu transmisji istotną rolę odgrywa też dostępna przepustowość, zwłaszcza w sytuacji, gdy coraz powszechniejsza staje się transmisja obrazu w wysokiej rozdzielczości, która wymaga znacznie większego pasma w porównaniu do pozostałych usług sieciowych. Dlatego też na rys. 3 przedstawiono wartości uzyskanej przepustowości w testowanym środowisku dla wybranej usługi IPTV.



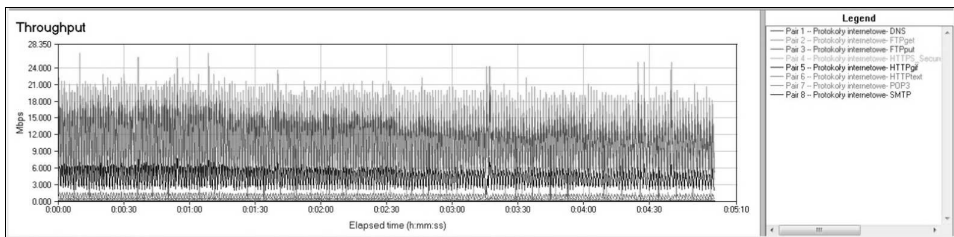
**Rys. 3. Pomiar przepustowości dla transmisji IPTV**

W sieciach konwergentnych ważną rolę odgrywa poziom utraconych pakietów podczas transmisji. Zwłaszcza w przypadku usług, które nie korzystają z retransmisji danych, minimalizacja tego wskaźnika ma istotny wpływ na ich jakość. Na rys. 4 przedstawiono wyniki pomiarów utraconych bajtów dla usługi IPTV.



**Rys. 4. Pomiar ilości utraconych danych w stosunku do ilości wysłanych dla transmisji IPTV**

Biorąc pod uwagę różnorodność symulowanych usług sieciowych, można również zaprezentować wartości przepustowości dla każdej z nich (rys. 5). Dzięki temu istnieje możliwość odczytania zmierzonej wartości maksymalnej, średniej oraz minimalnej osiągniętej przez każdą z usług sieciowych.



**Rys. 5. Przepustowość dla wybranych symulowanych usług**

Oczywiście, w opracowaniu tym nie przedstawiono wszystkich możliwych czy też zalecanych testów, które należy przeprowadzić, aby uzyskać całościowy i rzetelny pogląd na wydajność analizowanej infrastruktury sieciowej. Wśród nich można wyróżnić badanie sumarycznej przepustowości dla grupy aplikacji internetowych, pomiar zmienności opóźnienia sygnału, czasy odpowiedzi dla symulowanych usług, czas trwania poszczególnych usług itp.

## Podsumowanie

Powszechny rozwój usług konwergentnych, a co za tym idzie – konieczność dostosowania istniejących sieci, właściwego projektowania oraz budowy nowych struktur sieciowych wymaga przeprowadzenia analizy ich wydajności

z punktu widzenia obsługi tego typu ruchu. Dlatego też w opracowaniu zaprezentowano rozwiązanie, które można zastosować zarówno w infrastrukturze dydaktycznej, laboratoryjnej, jak i produkcyjnej. Dostarcza ono również wszechstronnych i kompleksowych funkcjonalności zapewniających przeprowadzania testów wydajności, konwergencji czy też dostępności sieci. Może być także stosowane w sieciach dowolnej skali, jest zdolne do zasymulowania wielu protokołów sieciowych, obsługując kilka tysięcy punktów końcowych sieci, jak również jest w stanie określić charakterystykę funkcjonowania każdej uruchomionej aplikacji w sieciach zarówno przewodowych, jak i bezprzewodowych.

## **Literatura**

Donoso Y. (2009): *Network Design for IP Convergence*, Auerbach.

Hanrahan H. (2007): *Network Convergence: Services, Applications, Transport, and Operations Support*, John Wiley & Sons, England.

<http://www.ixiacom.com/>.

<http://comp.ist.utl.pt/ec-cm/2011/>.

## **Streszczenie**

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z wykorzystaniem programowych generatorów ruchu w celu dokonania analizy wydajności rzeczywistej infrastruktury sieciowej w odniesieniu do współcześnie występujących usług sieciowych o charakterze konwergentnym.

**Słowa kluczowe:** sieci konwergentne, testy wydajności sieci, generatory ruchu.

## **Analysis of Convergence Networks Performance Using Software Network TrafficG**

### **Abstract**

The article presents the issues related to the use of the software traffic generator to analyze the performance of the real network infrastructure in relation to the contemporary existing converged network services.

**Keywords:** convergence networks, network performance tests, traffic generators.