STUDIA INFORMATICA

Volume 21

2000 Number 1(39)

Tadeusz CZACHÓRSKI, Sławomir NOWAK Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN

SYMULACYJNA OCENA ALGORYTMÓW STEROWANIA W PĘTLI SPRZĘŻENIA ZWROTNEGO (USŁUGA ABR) W SIECIACH ATM¹

Streszczeni. W artykule zbadano zachowanie się wybranych algorytmów sterowania natężeniem przesylanego w sieci ATM, w ramach obsługi ABR, strumienia informacji. Wzięto pod uwagę strumienie odpowiadające swymi własnościami statystycznymi przesyłom multimedialnym. Ocena algorytmów i znaczenia ich parametrów została wykonana za pomocą modeli symulacyjnych.

SIMULATION-BASED EVALUATION OF FEEDBACK CONTROL ALGORITHMS OF ABR SERVICE IN ATM NETWORKS

Summary. The article investigates the behaviour of several control algorithms used in ABR service of ATM networks to regulate traffic intensity of particular connections. Traffic patterns corresponding to multimedia transmissions are considered. The evaluation of algorithms and the influence of their parameters is performed with the use of discrete event simulation models.

1. Wprowadzenie

Architektura sieci ATM pozwala na jednoczesną transmisję głosu, ruchomych obrazów idanych, zgodnie z zasadą integracji usług. W celu zapewnienia określonej i zróżnicowanej jakości obsługi ruchu w sieci zdefiniowano pięć klas usług, biorąc pod uwagę uzależnienia czasowe między nadawcą a odbiorcą (wymagane lub nie), szybkość transmisji (stała lub zmienna), tryb transmisji (połączeniowy lub bezpołączeniowy). Klasy określają

Praca powstała w ramach projektu KBN numer 8 T11 C038

charakterystykę ruchu, wymaganą jakość obsługi i definiują także takie funkcje, jak: routing, kontrolę zgłoszenia, alokację zasobów i kontrolę ruchu. Nie przewidziano wszystkich kombinacji powyższych parametrów, lecz wyróżniono jedynie podstawowe klasy usług: CBR, VBR, ABR, UBR, GFR.

Połączeniom typu CBR (constant bit rate) przydziela się stałe pasmo przepustowości dla całego czasu trwania połączenia, niezależnie od faktycznego jego wykorzystania. Połączeniom VBR (variable bit rate) gwarantuje się stałe pasmo przepustowe z możliwościa jego chwilowego zwiększenia. Wyróżnia się usługi uwzględniające uwarunkowania czasu rzeczywistego: rt-VBR (real time VBR) oraz ich pozbawione: nrt-VBR (non-real time VBR) Dla połączeń typu ABR (avaiable variable bit rate) należy zapewnić możliwie jak największe pasmo przepustowe, ale przy założeniu, że nie nastąpi odrzucenie komórek wskutek przeciążenia tych połączeń. Realizacja połączeń typu ABR w sieci ATM możliwa jest tyko wtedy, gdy w wçzłach sieci istnieją odpowiednie, działające w pętli sprzężenia zwrotnego. mechanizmy kontroli przeciążenia. Połączenia typu UBR (unspecified bit rate) nie gwarantują żadnych parametrów jakościowych. Usługa ta wykorzystuje pozostałe pasmo transmisji w sieci ATM; w chwilach przeciążenia sieci komórki należące do tego rodzaju połączenia są odrzucane w pierwszej kolejności. Kontrolą przepływu i niezawodnościa transmisji zajmują się wyższe warstwy protokołu komunikacyjnego (np. TCP). Najnowsza, podlegająca jeszcze standaryzacji, usługa GFR (guaranteed frame rate) [21] wymaga, by dane użytkownika były podzielone na ramki nie większe od określonej wielkości i były wysyłane w ograniczonym odcinku czasu.

Zdefiniowanie powyższych klas usług pozwala uwzględnić zróżnicowane potrzeby użytkowników sieci. Szczególnie interesujące jest zagadnienie właściwej obsługi transmisji multimedialnych, które mają duży udział w całkowitym obciążeniu pracujących dzisiaj sieci. Natężenie transmitowanego w tym przypadku ruchu komórek jest szybkozmienne i analizowane jako proces losowy, charakteryzuje się specjalnymi własnościami statystycznymi, w tym samopodobieństwem i autokorelacją. Transmisje wymagają zachowania określonych parametrów jakościowych. Należy zagwarantować ustaloną minimalną przepustowość oraz zapewnić odpowiednio małą zmienność opóźnień.

Dla lepszego wykorzystania łączy można też przesyłać strumienie medialne wykorzystując usługę ABR. Wymaga to starannego doboru parametrów kontroli ruchu, by zapewnić wymaganą przez te przesyły jakość usług, mimo że usługa ABR ich oficjalnie nie gwarantuje.

Usługi ABR działają na zasadzie reakcyjnej kontroli przeciążeń, która dzięłu wykorzystaniu sprzężenia zwrotnego prowadzi do szybkiego rozładowania stanu przeciążenia sieci. Zastosowano specjalną komórkę zarządzającą RM (resource management), która

przenosi informacje sterujące zawierające m.in. aktualną dozwoloną prędkość transmisji. Komórka ta jest generowana przez urządzenie nadawcze i przesyłana do urządzenia odbiorczego, które odsyła ją do nadawcy. Zgodnie z zastosowanym algorytmem kontroli przeciążenia węzły sieci modyfikują jej zawartość na podstawie bieżącego stanu sieci (obciążenia łączy, zajętości buforów). Źródło, po odebraniu powracającej komórki RM (backward RM), dopasowuje prędkość transmisji do możliwości sieci. Parametry kontroli ruchu w połączeniach ABR omówiono w następnym paragrafie.

Komórka RM zawiera, oprócz typowego nagłówka, pola informacyjne, z których najważniejsze to:

DIR - direction: kierunek komórki RM w odniesieniu do transmitowanych danych. Źródło ustawia DIR = 0, a w powracającej komórce RM, DIR = 1.

CI-congestion indication: wartość CI=1 wskazuje na wystąpienie przeciążenia.

NI - no increase: NI = 1 powiadamia źródło ruchu, aby nie zwiększało wartości ACR. Parametr ten używany jest zwykle, kiedy przełącznik jest bliski wystąpienia przeciążenia, np. ustawia się NI = 1, gdy długość kolejek przekroczyła pewną wartość (najczęściej ok. 80% objętości).

ER - explicit cell rate: wartość używana do ustawienia parametru ACR źródła ruchu.

CCR - current cell rate: Parametr ten ustawiany jest przez źródło w chwili generowania
^{komórki} RM i ma aktualna wartość ACR.

Zgodnie z tym, co napisano wcześniej, węzły sieci dokonują modyfikacji pól informacyjnych komórek RM według pewnych algorytmów kontroli przeciążeń.

2. Schematy sterowania w usłudze ABR

Usługa ABR wykorzystuje pasmo, które nie jest aktualnie zajęte przez priorytetowe połączenia CBR i VBR. W ten sposób może ona zwiększyć efektywność wykorzystania łącza bez obniżenia jakości usług CBR/VBR. Po dyskusji przeprowadzonej w ATM Forum, dotyczącej dwu koncepcji sterowania: (a) opartej na mechanizmie oknowym [10,11] (*credit based*), w której określona jest liczba komórek będących w danej chwili w ruchu w ramach jednego połączenia i (b) wykorzystującej bezpośrednio wartości natężenia strumienia komórek (*rate-based*), wybrano tę ostatnią. Wprowadzono parametry charakteryzujące ruch isterowanie jego natężeniem:

- ACR allowed cell rate dozwolone aktualnie natężenie strumienia wysyłanego przez źródło (można oczywiście wysyłać mniej).
- MCR minimum cell rate minimalna wartość, jaką może przybrać ACR, czyli minimalna gwarantowana użytkownikowi przepustowość (może mieć wartość zerową).

PCR - peak cell rate - maksymalna wartość, jaką może przybrać ACR.

- ICR initial cell rate wartość początkowa ACR, przyjmowana w momencie nawiązania połączenia lub po okresie milczenia źródła, najczęściej jest to PCR.
- RIF rate increase factor parametr określający jak zwiększyć natężenie strumienia danych po otrzymaniu zachęty przez komórkę sterującą RM: nowe natężenie = stare natężenie * (1+ RIF); standardowa wartość RIF = 1/16.
- RDF rate decrease factor współczynnik, opisujący zmniejszenie natężenia emisji: nowe natężenie = poprzednie natężenie * (1-RDF); standardowa wartość RDF=1/16.
- Nrm liczba komórek roboczych wysyłanych pomiędzy komórkami sterującymi; standardowa wartość Nrm = 32.

FRTT - fixed round-trip time - suma czasów propagacji od źródła do odbiorcy i z powrotem.

Przełączniki sieciowe ATM dzielą się na dwie generacje. Pierwsza, prosta, potań jedynie zaznaczyć w przechodzącej komórce, czy jest zatłoczenie. Można to zrobić za pośrednictwem bitu EFCI (*explicit forward congestion indication*) w nagłówku komórki roboczej lub wykorzystuje się do tego bity CI i NI w komórkach RM. Źródło reaguje na otrzymywane wiadomości, korygując strumień zgodnie z posiadanymi wartościami RF i RDF, na podstawie następującego drzewa decyzyjnego, np.:

If CI = 1 then zmniejsz ACR zgodnie z RDF, lecz nie bardziej niż jest to określone przez MCR, czyli ACR := max [MCR, ACR * (1- RDF)] else if NI = 0 then zwiększ ACR zgodnie z PCR, ale nie bardziej niż do PCR, czyli ACR := min [PCR,ACR + RIF*PCR].

Tak działające algorytmy, wykorzystujące informację zawartą w jednym lub dwu bitach, nazywa się binarnymi. Wśród nich najbardziej znany był PRCA (*proportional rate control algorithm*). Problemy związane z niesprawiedliwym przydziałem łącza (połączenia zawierające więcej przełączników są dyskryminowane, bo bardziej jest prawdopodobne, że w ich komórkach bit CI zostanie ustawiony w pozycji oznaczającej zatłoczenie) zostały rozwiązane przez selektywne ustawianie tego bitu – tylko w połączeniach, których natężenie jest większe od określonego poziomu [13].

Następna generacja przełączników potrafi na podstawie aktualnie obserwowanego zatłoczenia obliczać w liczbach bezwzględnych dozwolone natężenia poszczególnych połączeń ABR przechodzących przez przełącznik. Wskazania te są przekazywane źródłom w polu ER zwrotnych komórek sterujących. Mówi się wtedy o algorytmach wykorzystujących jawną informację o natężeniach (*explicit rate feedback schemes*). Zaproponowano już wiele schematów określania dopuszczalnych natężeń. We wszystkich chodzi o: (1) obliczenie sprawiedliwego podziału dostępnej przepustowości łącza pomiędzy wszystkie aktywne połączenia ABR; (2) określenie aktualnego zatłoczenia; (3) obliczenie dozwolonej przepustowości dla każdego połączenia i przesłanie jej do źródła.

W historycznie pierwszym schemacie MIT [14] przełączniki utrzymują listę połączeń ipotrzebnych im przepustowości: wszystkie połączenia, których potrzeby są mniejsze niż obowiązujący w danej chwili "sprawiedliwy udział", są połączeniami niedociążającymi (underloading), a połączenia, których potrzeby są wyższe od sprawiedliwego udziału, są przeciążające (overloading). Sprawiedliwy udział jest obliczany jako

sprawiedliwy udział = $\frac{\text{przepustowość łączy} - \sum \text{przepustowość połączeń niedociążających}}{\text{całkowita liczba połączeń - liczba połączeń niedociążających}}$

Po obliczeniu sprawiedliwego udziału może się okazać, że połączenia zmieniły swą przynależność: połączenia przeciążające mogą stać się niedociążającymi i na odwrót; w tym przypadku powtarza się obliczenia sprawiedliwego udziału – można pokazać, że ta procedura jest zbieżna w dwu iteracjach. Połączenia, które wymagają mniej, niż wynosi przypadający na nie sprawiedliwy udział, otrzymują tyle, ile jest im potrzebne.

Wprowadzenie ETRCA (enhanced proportional rate control algorithm), [15], zmniejszyło nakład niezbędnych obliczeń. EPRCA oblicza dla każdego połączenia średnie dozwolone natężenie strumienia komórek MACR (mean allowed cell rate):

 $MACR(I) = (1 - \alpha) \times MACR(I - 1) + \alpha \times CCR(I)$

gdzie I jest numerem nadchodzącej komórki FRM, a CCR(I) bieżącą wartością natężenia strumienia zapisaną w tej komórce. Najczęściej przyjmuje się $\alpha = 1/16$, czyli poprzednie wartości CCR mają istotne znaczenie. W przypadku powstania zatłoczenia przełącznik redukuje dozwolone natężenie każdego połączenia do wartości DPF × MACR, gdzie DPF (*Down Pressure Factor*) ma najczęściej wartość PDF = 7/8.

Zaproponowany później algorytm ERICA [7] definiuje współczynnik obciążenia z, stosunek mierzonego natężenia do założonego docelowego obciążenia, przyjmujący np. wartość 0.90 i następująco oblicza:

sprawiedliwy udział = $\frac{\text{natężenie docelowe}}{\text{liczba połączeń}}$

Bieżący udział danego połączenia jest wyznaczany jako CCR/z = (CCR/strumień wejściowy)× strumień docelowy. Następnie przydziela się przepustowość ER = max [sprawiedliwy udział, bieżący udział].

W algorytmie TUB rozróżnia się dodatkowo dwie charakterystyczne sytuacje: jeżeli z < 0.1, to wszystkie połączenia zmieniają natężenie ER := ER/z; jeżeli $z \approx 1$, tj. $1-\delta < z < 1+\delta$, wszystkie połączenia, dla których ER jest mniejsze od ich sprawiedliwego udziału, otrzymują ER := ER× $(1+\delta)/z$, a połączenia, których ER jest większe od sprawiedliwego udziału, otrzymują ER := ER× $(1-\delta)/z$. Monograficzny opis algorytmów sterowania i omówienie jakości usług w sieciach ATM można znaleźć np. w [6,7]. Dyskusja nad własnościami poszczególnych algorytmów i dostosowaniem ich parametrów do topologii sieci i charakteru transmitowanego ruchu, nad ich interakcją z mechanizmami kontroli stosowanymi w wyższych warstwach protokołu komunikacyjnego (TCP) wciąż jest prowadzona, także w środowisku akademickim [8,9,10,11]. Niniejszy artykuł wprowadza do tych rozważań stosunkowo wiemy rzeczywistości model źródła emitującego strumień ruchomych obrazów zakodowanych w standardzie MPEG2 i porównuje dla tego typu ruchu działanie algorytmu binamego oraz algorytmu ERICA w prostych konfiguracjach sieciowych.

3. Modele symulacyjne

Ponieważ działanie mechanizmów kontroli natężenia strumieni komórek w sieci ATM jest zbyt złożone, by można je było szczegółowo opisać za pomocą modeli analitycznych, został opracowany symulator sieci [19]. Zawiera on opis mechanizmów kontroli ruchu tak na wejściu do sieci, jak i w różnych jej miejscach. Dla porównania algorytmu binamego i algorytmu ERICA jako reprezentanta algorytmów wykorzystujących jawną informację o dopuszczalnym natężeniu transmisji ABR wybrano następujące, proste modele sieci:

Model A składa się z jednego przełącznika ATM, stacji nadawcy i odbiorcy. Przepustowość kanału pomiędzy stacją nadawczą a węzłem wynosi 0,62 [Mb/s], a pomiędzy węzłem a stacją odbiorczą 0,45 [Mb/s]. Transmisja jest dokonywana z wykorzystaniem usługi ABR.

Model B składa się z dwóch przełączników ATM, znajdujących się pomiędzy stacja nadawczą a odbiorczą. Przepustowość kanałów wynosi: pomiędzy stacją nadawczą a pierwszym węzłem: 0,62 [Mb/s], pomiędzy węzłem 1 a 2: 0,5 [Mb/s] i pomiędzy węzłem 2 a stacją odbiorczą: 0,45 [Mb/s]. W sieci dokonywana jest transmisja z wykorzystaniem usługi ABR, oraz transmisja tła typu VBR (źródło poissonowskie typu ON-OFF, natężenie w fazie OFF wynosi 20 [Kb/s], w fazie ON – 100 [Kb/s]).

Przesył o charakterze multimedialnym dokonywany jest za pomocą usługi ABR. Źródło imituje zmiany natężenia strumienia wideo zakodowanego w standardzie MPEG2. Do utworzenia strumienia użyto generatora opartego na miarach multifraktalnych, zaproponowanego w [20]. Pakiety generowane są w regularnych odstępach 1/24 [s], średnia długość pakietu wynosi 15200 [b], wykładnik Hursta charakteryzujący samopodobieństwo strumienia ma wartość H = 0,87. Rysunek 1 przedstawia przykładową sekwencję zmian natężenia tego źródła. W tym i następnych wykresach jednostką czasu jest itu (invisible time unit), najmniejsza jednostka czasu symulacji (1 itu = 10⁻⁶ [s]). Rysunki 2 – 16 przedstawiają niektóre uzyskane wyniki.

Rysunck 2 prezentuje histogramy długości kolejki w węźle (model A) przy zastosowaniu algorytmów ERICA i binarnego. Obserwujemy ustalenie się kolejki pomiędzy wartościami progowymi dolną (200) i górną (300) dła algorytmu binarnego. Algorytm ERICA nie pozwala na tworzenie się długich kolejek. Z wykresu wynika, że algorytm binarny umożliwia lepsze wykorzystanie łącza. kosztem jednak większych opóźnień i większych fluktuacji czasu przesyłu komórek w sieci.

Dla przykładu z jednym węzłem porównano działanie algorytmu binarnego i ERICA pod kątem przebiegu ACR (rys. 3). Zgodnie z oczekiwaniami przebieg (rys. 3) dla ERICA wykazuje znacznie mniejsze oscylacje wokół wartości średniej. Inaczej wygląda przebieg dla algorytmu binarnego, gdzie ACR szybko oscyluje wokół wartości MCR i PCR, w miarę zwalniania i zapełniania buforów.

Kolejny wykres (rys. 4) prezentuje wpływ parametru Nrm na rozkład długości kolejki w buforze przy zastosowaniu algorytmu binarnego. Układ zawiera dwa węzły, (model B) przebieg dotyczy węzia nr 2, który stanowi wąskie gardło transmisji. Łącze współdzielą usługi ABR (MPEG2) i VBR (tło ON-OFF). Im niższa wartość Nrm, tym częściej źródło otrzymuje informacje o stanie sieci, dostosowując swoje natężenie do możliwości sieci. W efekcie kolejka szybciej osiąga zadany, dolny próg swej długości (200 komórek) i szybciej tozładowuje swą wielkość po przeciążeniu (górny próg = 300 komórek). Większa wartość Nrm powoduje, że źródło reaguje z większą opóźnienicm, co zwiększa zapełnienie buforów. Zmniejszając Nrm, zwiększamy liczbę komórek informacyjnych (RM), co zmniejsza użyteczną przepustowość łącza.

Następna seria wykresów (rys. 5, 6, 7, 8) ilustruje przebieg ACR i CR oraz zmiany długości kolejek dla algorytmów binarnego i ERICA (w modelu B). Przebieg CR jest ^{ograniczony} przez ACR, który jest określony na podstawie odpowiedniego algorytmu (binarny lub ERICA). Można zaobserwować momenty, w których następuje nagły wzrost długości kolejki, spowodowany działaniem tła ON-OFF, co powoduje ograniczenia ACR mocno oscylujące dla binarnego i znacznie mniejsze dla ERICA. W przypadku algorytmu ERICA również długość kolejki oscyluje w znacznie mniejszym zakresie. Duży wpływ na długość kolejek ma tło ON-OFF, przesyłające w określonych chwilach znaczne ilości danych.

Dla zbadania wpływu własności statystycznych źródła na charakter transmisji nozpatrzono te same przykłady dla źródeł mających charakter poissonowski (pakiety generowane w odstępach czasu o rozkładzie wykładniczym) bądź generujących pakiety w stałych odstępach czasu. W przykładach wykorzystany został model B. Rezultaty ilustrują kolejne wykresy (rys. 9 i 10). Przedstawiają przebiegi ACR i CR dla algorytmów binamego iERICA, dla źródła generującego pakiety zgodnie z rozkładem Poissona. Charakter źródła pozwala na osiągnięcie większej wartości średniej ACR, jak i CR. Na rys. 11 przedstawiono przykładowy fragment przebiegu ACR i CR dla źródła generującego pakiety z rozkładem punktowym, w stałych odstępach czasu. Obserwujemy regularne oscylacje ACR, proporcjonalne do przesyłanego przebiegu. Kolejne wykresy ilustrują fragment przebiegu ACR i CR dla źródła generującego pakiety zgodnie z MPEG2 (rys. 12) i rozkładem Poissona (rys. 13), zgodnie z algorytmem ERICA. Mimo iż przebiegi mają wizualnie podobny charakter, osiągane parametry dynamiczne (opóźnienie, zmienność) oraz średnia przepustowość róźnią się, osiągając korzystniejsze dla użytkownika wartości w przypadku rozkładu Poissona, rys. 14. Zestawienie (rys. 14, 15, 16) zawiera porównanie skuteczności algorytmów binarnego i ERICA podczas transmisji sygnałów o rozkładzie typu MPEG, jak i Poissona. Porównano średnie wartości i wariancje dla ACR, CR i sumarycznego czasu przesyłu komórek przez sieć. Z porównania wynikają następujące wnioski:

- algorytm typu binarnego pozwala na osiągnięcie większej przepustowości poprzez lepsze wykorzystanie łącza. Lepsza przepustowość okupiona jest jednak znacznie większą wariancją czasu przesyłu;
- algorytm ERICA skraca czas opóźnienia komórek podczas transmisji przez sieć. Spowodowane jest to tym, że w przypadku ERICA komórki są buforowane przed transmisją do sieci, podczas gdy w przypadku algorytmu binarnego znaczna część danych znajduje się w kolejkach na portach wyjściowych węzłów;
- zmienność opóźnienia komórek (na podstawie wariancji) podczas transmisji jest o prawit rząd wielkości mniejsza dla algorytmu ERICA w porównaniu z algorytmem binamym;
 przesyłanie sygnałów o charakterze szybkozmiennym (strumień MPEG) powoduje
- zauważalne obniżenie efektywności transmisji (mniejsza wartość ACR i CR oraz większe opóźnienia) w stosunku do przypadku, gdy źródło generuje pakiety zgodnie z rozkładem Poissona.

4. Wnioski

Powyższe przykłady zwracają uwagę na zalety algorytmów wykorzystujących obliczenia wykonywane w przełącznikach ATM w stosunku do algorytmów binarnych, przekazujących jedynie informację o zatłoczeniu lub jego braku. Zwracają też uwagę na wpływ charakteru obserwowanego ruchu na jakość usług świadczonych przez sieć oraz potrzebę symulacyjnego modelowania sieci ATM, a w szczególności mechanizmów kontroli natężenia ruchu, zbył złożonych, by uzyskać rezultaty inną drogą.

414



- Rys. 1. Strumień wideo MPEG2, utworzony za pomocą generatora opartego na miarach multifraktalnych
- Fig. 1. MPEG2 stream as a function of time, generator based on multifractal measures









Rys. 3. Porównanie przebiegów ACR w stacji nadawczej dla algorytmów ERICA i binarnego

Fig. 3. A comparison of ACR determined by ERICA and binary algorithms





Fig. 4. Histograms of queue length in switch 2 (model B), NRM is a parameter

416





- Rys. 5. Przebieg ACR i CR w stacji nadawczej (model B) dla algorytmu binamego, przebieg MPEG2
- Fig. 5. ACR and CR as a function of time, model B, MPEG2 source, binary algorithm



Rys. 6. Wykres długości kolejki w przełącznikach; model B, algorytm binarny Fig. 6. Queue lengths at switches; model B, binary algorithm













- Rys. 9. Przebieg ACR i CR w stacji nadawczej, model B, dla algorytmu binarnego, poissonowski strumień wejściowy
- Fig. 9. ACR and CR as a function of time; model B, binary algorithm, Poisson source



Rys. 10. Przebieg ACR i CR w stacji nadawczej (model B) dla algorytmu ERICA, poissonowski strumień wejściowy







Fig. 11. ACR and CR as a function of time; the parameters are given by ERICA algorithm to the MPEG2 source





Fig. 12. ACR and CR as a function of time; Poisson input stream, ERICA algorithm

Symulacyjna ocena algorytmów sterowania w pętli sprzężenia zwrotnego (usługa ABR)... 421





algorithm to the regular source



- Rys. 14. Zestawienie średnich wartości i wariancji parametru CR w stacji nadawczej dla algorytmów binarnego i ERICA oraz rozkładów MPEG2 i Poissona
- Fig. 14. Mean values and variances of the source CR for binary and ERICA algorithms; MPEG2 and Poisson streams



- Rys. 15. Zestawienie średnich wartości i wariancji opóźnienia komórek dla algorytmów binarnego i ERICA oraz rozkładów MPEG2 i Poissona
- Fig. 15. Mean values and variances of overall cell transmission delay for binary and ERICA algorithms, MPEG2 and Poisson streams



- Rys. 16. Zestawienie średnich wartości i wariancji parametru ACR w stacji nadawczej dla algorytmów binarnego i ERICA, dla rozkładów MPEG2 i Poissona
- Fig. 16. Mean values and variances of the source ACR for binary and ERICA algorithms, MPEG2 and Poisson streams

LITERATURA

- ITU-Telecommunication Standardization Sector, B-ATM Layer Cell Transfer Performance, recommendation I.356. October 1996.
- ITU-Telecommunication Standardization Sector, Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN, recommendation I.371. May 1996.
- ITU-Telecommunication Standardization Sector, Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN-ABR and ABT Conformance Definitions, recommendation 1.371.1. June 1997.
- 4. The ATM Forum Technical Committee, Traffic Management Specification, version 4.0, af-tm-0056.0000. April 1996.
- Stallings W.: High-Speed Networks: TCP-IP and ATM Design Principles, Prentice Hall, Upper Saddle River New. Jersey, 1998.
- Giroux N., Ganti, S.: Quality of service in ATM Networks: State-of-the-Art Traffic Management, Prentice Hall PTR. Upper Saddle River, NJ, USA.
- & Kalyanaraman S.: Traffic Management for the Available Bit Rate (ABR) Service in Asynchronous Transfer Mode (ATM) Networks. Ph.D. Thesis, The Ohio State University, 1997.
- 9. Mehaoua A.: Transmission de Flux Video MPEG2 sur les Services Elastiques ATM. Thèse de Doctorat de l'Université de Versailles - Saint Quentin en Yvelines, Versailles 1997.
- 10. Costeux J.-L.: Performances des applications de transfert de données sur ATM, Ph.D. Thesis, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris 1999.
- Fahmy, S.: Traffic Management for Point-to-Point and Multipoint Available Bit Rate (ABR) Service in Asynchronous Transfer Mode (ATM) Networks. Ph.D. Thesis, The Ohio State University, 1999.
- ¹² Kung, H.T.: Flow-Controlled Virtual Connections Proposal for ATM Traffic Management. ATM Forum 94-0632R2, 1994.
- H. T. Kung, Adaptive Credit Allocation for Flow-Controlled VCs. ATM Forum 94-0282, 1994.
- ¹⁴ Hluchyj M. et al., Closed-loop rate-based traffic management. ATM Forum 94-0211R3, 1994.
- Barnhard A.W.: Use of the Extended PRCA with Various Switch Mechanisms. ATM Forum 94-0898, 1994.
- ¹⁶ Charny A., Clark, D.D., Jain R.: Congestion control with explicit rate indication. Proc. of the IEEE International Communication Conference (ICC), 1995.

Τ.	Czac	hórski.	S.	Nowak
			~ ~ ~	

- Roberts L.: Enhanced PRCA (Proportional Rate-Control Algorithm). ATM Forum 94-0735R1, 1994.
- Gburzyński P.: Protocol Design for Metropolitan Area Networks. Academic Press, New York 1995.
- 19. Jędruś S.: Symulator sieci ATM. Opracowanie wewnętrzne IITiS PAN, Gliwice 1999.
- Jędruś S.: Modelowanie natężenia ruchu pakietów w sieciach komputerowych z wykorzystaniem miar multifraktalnych. Praca doktorska, IITiS PAN, Gliwice 1999.
- Kenney J.B.: Traffic management draft specifications, ATM Forum/TM 4.1. July 1999.

Recenzent: Dr inż. Marcin Skowronek

Wpłynęło do Redakcji 12 kwietnia 2000 r.

Abstract

424

Asynchronous Transfer Mode (ATM) was selected by telecommunication industry as a technology to perform integrated services, i.e. to handle together different kinds of communication traffic: voice, audio, video and data. It provides multiple classes of service to support the quality of service requirements of diverse applications. The current set of classes include: the constant bit rate (CBR), real-time variable bit rate (rt-VBR), non-real time variable bit rate (nrt-VBR), available bit rate (ABR), and unspecified bit rate (UBR). The ABR traffic is dynamically closed-loop controlled on the basis of information concerning congestion along the whole virtual connection. Special RM (Resource Management) cells are interleaved with normal cells gather information while passing consecutive nodes of a connection path and then return it to the source. First generation ATM switches only set 2 bits indicating the congestion. Newer switches can compute the throughput allowed for a given connection. There are various schemes to determine this allowed traffic and their features are still discussed. The article compares the performances of two algorithms (binary and ERICA) using a detailed software simulator of ATM networks. It includes most of encountered ATM traffic control mechanisms. The traffic generated by network users and simulated in our tool may include such features of real traffic as self-similarity and autocorrelation. We conclude that the performances of various ATM traffic control algorithms applied in ABR differ substantially.