

**Konrad PŁACHECKI**

POLITECHNIKA LUBELSKA, KATEDRA ELEKTRONIKI

**Wykorzystanie logiki rozmytej w algorytmach AQM****Mgr inż. Konrad PŁACHECKI**

Ukończył studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Lubelskiej w 2000 r. o specjalności: Inżynierskie Zastosowania Informatyki. Działalność naukowo-badawcza koncentruje się wokół zagadnień wykorzystania sztucznej inteligencji w procesie zarządzania przepływem pakietów w sieciach TCP/IP. Ostatnie prace dotyczą opracowania adaptacyjnego algorytmu wczesnego wykrywania przeciążeń w sieciach TCP/IP, wykorzystującego wnioskowanie w logice rozmytej.



e-mail: plachon@politechnika.lublin.pl

**Streszczenie**

W obecnych czasach wymagania stawiane sieciom TCP/IP zostały znacznie zróżnicowane poprzez aplikacje wymagające odmiennych poziomów usług sieciowych QoS (ang. *Quality of Service*). Dodatkowo, wzrastający udział transmisji czasu rzeczywistego RTP wymusza poszukiwanie nowych metod aktywnego zarządzania obsługą pakietów w węzłach sieci. Autor wskazuje możliwość wykorzystania logiki rozmytej w mechanizmach adaptacyjnych AQM (ang. *Active Queueing Management*), w celu poprawy wydajności układów zarządzania przepływem pakietów.

**Słowa kluczowe:** logika rozmyta, aktywne zarządzanie kolejkami.

**On a proposal of using fuzzy logic in AQM mechanism****Abstract**

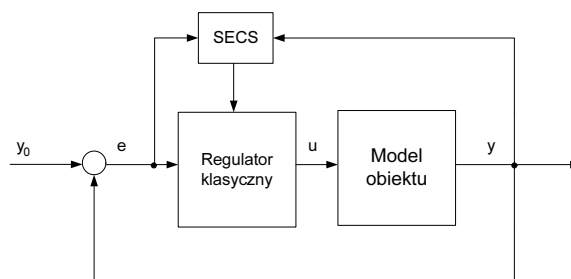
Active Queue Management (AQM) is the name given to router mechanisms used in congestion control. AQM mechanisms manage queue lengths by dropping (or marking) packets during building up congestion, that is, before the queue is full. End-systems can then react to such losses by reducing their packet rate, hence avoiding severe congestion. AQM mechanisms are also relevant in the context of DiffServ. The DiffServ architecture has been defined to provide IP networks with scalable quality of service (QoS) processing of traffic aggregates, based on a special field in the IP header. This paper presents new active queue management mechanisms to provide congestion control in TCP/IP best-effort networks. The author propose how to use fuzzy logic to better solve the drop tail problem in the basic AQM mechanism (REM) with one buffer and a server. The objective of the fuzzy controller is to determine the optimal admission policies so as to maximise the average profit (reward minus cost). The proposed fuzzy logic approach for congestion control allows using linguistic knowledge to capture the dynamics of nonlinear probability marking functions. In the introduction the author defines a structure of Supervisory Expert Control System [10, 12, 14] and the project aims illustrated in Figs. 2 and 3 [15]. In Section 3 the author presents implementation of a new algorithm FREM that uses a Fuzzy Logic Controller. The model of FREM algorithm [8] is shown in Fig. 5. In Section 5 the author shows the plan on future works: a project of the FLC controller and verification of the FREM algorithm performance. The paper presents the FREM algorithm with nonlinear probability marking functions. There is shown a conception of applying Supervisory Expert Control System to congestion control in TCP/IP networks. The author proposes how to ensure the adaptation ability of the REM algorithm. The presented solution requires an additional FLC supervisory module. The objective of fuzzy controller is to determine the optimal admission policies so as to maximise the average profit (reward minus cost). The proposed fuzzy logic approach to congestion control allows using linguistic knowledge to capture the dynamics of nonlinear probability marking functions.

**Keywords:** fuzzy logic, active queue management.

**1. Sterowanie w układzie z nadzorcą**

Układy sterowania wykorzystujące wnioskowanie w logice rozmytej należą do ogólnej klasy systemów wykorzystujących

wiedzę projektanta – systemy KBS (ang. *Knowledge Based System*) [1, 2, 6, 7]. Procesy decyzyjne podejmowane przez regulator z logiką rozmytą wykorzystywane są w przypadku, gdy nie jest znany dokładny model obiektu, a decyzje podejmowane są w oparciu o wiedzę o właściwościach obiektu. Wiedza zakodowana jest w systemach KBS w postaci definicji, faktów, pojęć i relacji między nimi oraz reguł wnioskowania. Jest ona tworzona w oparciu o ludzkie doświadczenie, intuicję lub na podstawie teoretycznego i praktycznego zrozumienia dynamiki procesu sterowanego. W przypadku wykorzystania regulatora FLC (ang. *Fuzzy Logic Controller*), jako nadzorcy klasycznego algorytmu, umieszczony on jest poza główną pętlą sterowania [10, 12, 14]. Zadanie nadzorcy polega na rozszerzeniu funkcjonalności regulatora klasycznego o samodostrajanie i adaptację. Strukturę systemu ekspertowego z nadzorem SECS (ang. *Supervisory Expert Control System*) przedstawia rysunek 1.



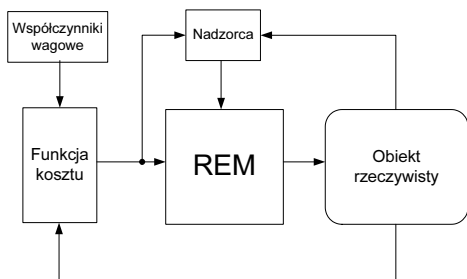
Rys. 1. Struktura systemu SECS

Fig. 1. The SECS system structure

**2. Cele i założenia projektowe**

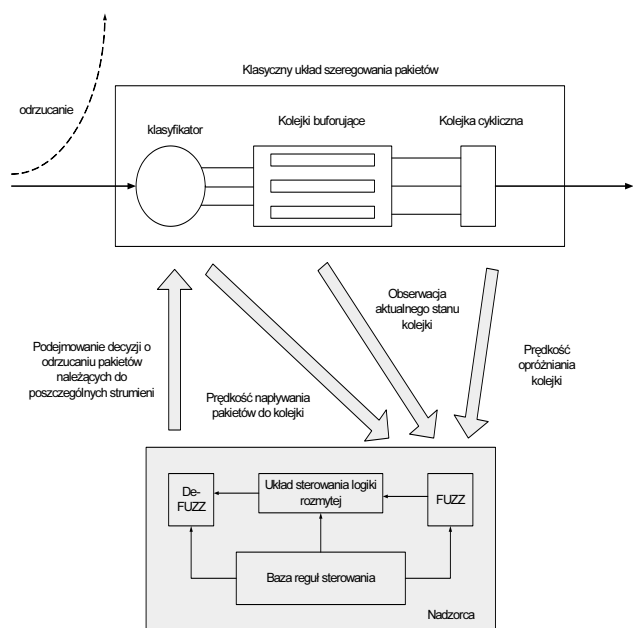
Przesył danych w sieci rozproszonej uzależniony jest przede wszystkim od prędkości łączy transmisyjnych oraz od wydajności węzłów pośredniczących. W węzłach realizowane są zadania związane z obsługą równoległych strumieni danych, w postaci buforowania oraz obsługi ścieżki połączenia. Analiza wykorzystania pamięci buforowej w węźle umożliwia wpływanie na właściwości czasowe przetwarzanych danych, takich jak: opóźnienie i zmienność opóźnienia. Poprawa tych właściwości, w stosunku do metod obecnie stosowanych, w rzeczywistym węźle sieci rozproszonej może być zrealizowana poprzez zastosowanie wydajniejszej struktury elektronicznej układów lub optymalizację procesu obsługi napływających żądań obsługi przez pakiety. Optymalizacja procesu przetwarzania pakietów w węźle zapewniona będzie poprzez modernizację klasycznego algorytmu, do układu sterowania z członem nadzorującym. Tak zmodyfikowany algorytm ma za zadanie minimalizować ilość strat danych w węźle w połączeniu z efektywniejszą stabilizacją średniego czasu ich przetwarzania.

Dominującym współcześnie trendem w dziedzinie poprawy wydajności działania układów zarządzania przepływem pakietów jest propozycja wyposażenia ich w zdolność adaptacji do warunków panujących w sieci telekomunikacyjnej [4, 16, 17]. Zaproponowana, w niniejszym artykule, zdolność adaptacji klasycznego algorytmu REM, do warunków panujących w węźle, jest zrealizowana poprzez dodanie członu nadzorczego (rodzaj nadzorcy). Przeznaczeniem członu nadzorcy jest analizowanie wykorzystania zasobów węzła, a następnie na ich podstawie zmiana krótkoterminowej polityki odrzucania, poprzez zmianę profilu funkcji odrzucania. Schemat blokowy zaproponowanego algorytmu FREM (ang. *Fuzzy Random Exponential Marking*) przedstawiony jest na rysunku 2.



Rys. 2. Algorytm adaptacyjny w układzie z nadzorcą  
Fig. 2. An adaptive algorithm with supervisor

Podstawowym zadaniem członu nadzorcy, jest reagowanie na dynamikę zmian wartości zajętości buforów oraz na zmianę wartości kosztu w funkcji odrzucania. Na tej podstawie jest „przewidywana” potencjalna możliwość wystąpienia zatoru w węźle. Przepływ informacji wykorzystywanych przez algorytm adaptacyjny przedstawiony został na rysunku 3 [15].



Rys. 3. Przepływ informacji wykorzystywanych przez algorytm adaptacyjny  
Fig. 3. The flow of information used by the adaptive algorithm

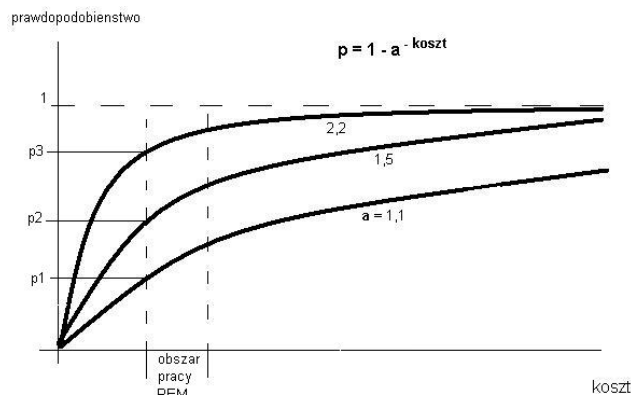
Układ nadzorcy, w oparciu o wnioskowanie w logice rozmytej, ma możliwość kontrolowania poszczególnych elementów wykonawczych całego toru sterowania przepływem pakietów. Nadzorca będzie potrafił w przyszłości przewidzieć, na podstawie zmian aktualnego ruchu i wartości funkcji kosztu, zbliżając się możliwość wystąpienia gwałtownego zatoru w węźle. Opis lingwistyczny procesów zachodzących w węźle sieci, dostarcza przesłanek do reguł dostrajania klasycznego układu przeciwdziałania przeciążeniom, a ponadto umożliwi realizację członu nadzorcy jako sterownika z logiką rozmytą.

### 3. Implementacja algorytmu FREM

Zaproponowany projekt algorytmu adaptacyjnego z logiką rozmytą bazuje na właściwościach znanego algorytmu REM. Model dyskretny algorytmu FREM opisywany jest w kolejnych chwilach czasowych  $k\delta$ , gdzie  $\delta$  jest okresem próbkowania. Funkcja wyznaczania wartości prawdopodobieństwa odrzucenia w algorytmie REM, dla  $j$ -tej kolejki, dla algorytmu FREM przyjmie postać

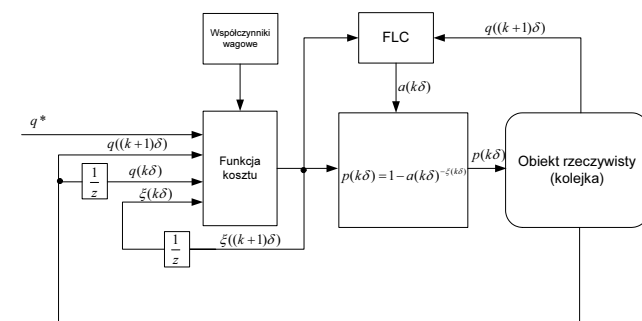
$$p_j(k\delta) = 1 - a(k\delta)^{-\xi_j(k\delta)} \quad (1)$$

Wynikiem analizy zmiany wartości funkcji kosztu  $\xi((k+1)\delta)$  oraz dynamiki zmian długości bufora  $q((k+1)\delta) - q(k\delta)$ , jest modyfikacja współczynnika  $a(k\delta)$  w funkcji generującej wartość prawdopodobieństwa odrzucenia pakietu, co pokazano na rysunku 4 [8]. Rozwiązanie to uwzględnia dynamikę zmian długości kolejki oraz ich kierunek. Dzięki takiemu rozwiązaniu algorytm jest w stanie szybciej zareagować na fakt wystąpienia gwałtownego przeciążenia w krótkim horyzoncie czasowym. Natomiast w przypadku ustąpienia przeciążenia algorytm FREM szybciej „łagodzi” politykę odrzucania.



Rys. 4. Zmiana profilu odrzucania algorytmu FREM  
Fig. 4. Change of dropping profile of the FREM algorithm

Zastosowanie sterownika logiki rozmytej FLC do wyznaczania profilu funkcji odrzucania pakietów, pozwala na wykorzystanie wiedzy „a-priori” w procesie sterowania pracą mechanizmu FREM. Wiedza ta ma zastosowanie na etapie projektowania doboru funkcji przynależności oraz bazy reguł sterowania. Model algorytmu FREM przedstawiony jest na rysunku 5.



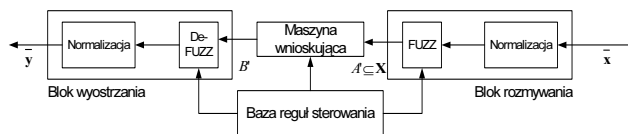
Rys. 5. Model algorytmu FREM  
Fig. 5. The model of FREM algorithm

### 4. Projekt kontrolera FLC

W literaturze [3, 5] spotykane są propozycje wykorzystania kontrolera FLC do zarządzania przepływem pakietów w sieciach TCP/IP. Pojawiające się aplikacje wykorzystują możliwość sterowania procesem technologicznym bez konieczności wyznaczania modelu rozważanego procesu. Podejście takie bardzo dobrze sprawdza się w obszarze sieci pakietowych z protokołem TCP, gdzie znalezienie odpowiedniego modelu jest problemem skomplikowanym, wymagającym niekiedy przyjęcia wielu założeń upraszczających.

Zaproponowany w niniejszym artykule algorytm FREM wykorzystuje układ sterowania z nadzorcą w postaci kontrolera FLC. Podstawowa struktura takiego kontrolera składa się z czterech komponentów: bazy reguł, bloku rozmywania, bloku wyostrzenia

i maszyny wnioskującej. Schemat klasycznego sterownika FLC przedstawia rysunek 6 [9, 11, 13, 17].



Rys. 6. Schemat klasycznego kontrolera FLC  
Fig. 6. The classic FLC controller

Dalsze prace związane z projektem kontrolera FLC będą polegać na zdefiniowaniu bazy wiedzy oraz bloków wyostrzania i rozmywania.

## 5. Podsumowanie

W przedstawionym artykule przedstawiona została koncepcja wykorzystania sterowania przepływem pakietów w sieciach TCP/IP w układzie z nadzorcą. Wykorzystanie systemu SECS umożliwi uzyskanie cech adaptacji proponowanego algorytmu do warunków panujących w sieci, a dzięki implementacji członu eksperta w postaci kontrolera FLC dodatkowo uzyskano możliwość przewidywania występowania zatoru w węzle sieci.

Dalsze prace związane z projektem kontrolera FLC będą polegać na zdefiniowaniu bazy wiedzy oraz bloków wyostrzania i rozmywania oraz dobraniu odpowiednich funkcji przynależności. Na etapie prac badawczych nastąpi weryfikacja zaproponowanego algorytmu FREM w środowisku symulacyjnym, w porównaniu do obecnie wykorzystywanych algorytmów. Szczegóły dotyczące budowy kontrolera FLC, uzyskane wyniki symulacji oraz zaobserwowane wnioski zostaną przedstawione w kolejnym komunikacie.

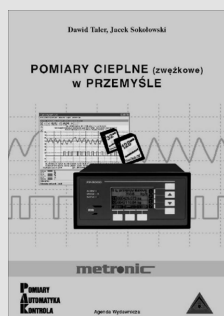
## 6. Literatura

- [1] Bertanzon C., Giacomazzi U., Gomiero F.: An expert systems based diagnosis technique for industrial application, TOOLDIAG'93, Proc. Int. Conf. On Fault Diagnosis, Toulouse, France 1993, April 5-7, pp. 416-425.
- [2] Cholewa W., Pedrycz W.: Systemy doradcze, Skrypt uczelniany Pol. Śląskiej, Nr 1447, Gliwice 1987.
- [3] Chonggang W., Bo L., Kazem S., Yong P.: AFRED: An Adaptive Fuzzy-based Control Algorithm for Active Queue Management, 28th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks (LCN'03), p. 12.
- [4] Chrysostomou C., Pitsillides A., Rossides L., Sekercioglu A.: Fuzzy logic controlled RED: congestion control in TCP/IP differentiated services networks, Soft Computing 8, pp. 79-92, Springer-Verlag 2003.
- [5] Chrysostomou C., Pitsillides A., Hadjipollas G., Sekercioglu A., Polycarpou M.: Fuzzy Logic Congestion Control in TCP/IP Best-Effort Networks, Australian Telecommunications, Networks and Applications Conference, 8 - 10 December 2003, Sheraton Towers, Southbank, Melbourne.
- [6] Chwiłkowski E.: Sztuczna inteligencja w systemach eksperckich, MIKOM, Warszawa 1991.
- [7] Crookes D.: Architectures for high performance image processing: The future, Journal of Systems Architecture, nr 45, 1999.
- [8] Frank P.M.: Fuzzy supervision – Application of fuzzy logic to process supervision and fault diagnosis, Proc. Int. Workshop on Fuzzy Intelligent Systems, Duisburg, Germany, April 7-8, pp. 36-59.
- [9] Hipel K. W.: Fuzzy set techniques in decision making, Proc. IFAC Symp. On Theory and Application of Digital Control, January 5-7, New Delhi, India, Vol. 1, pp. 25-33.
- [10] Kulikowski R.: Wspomaganie decyzji. Systemy eksperckie, Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 1995.
- [11] Lee C.C.: Fuzzy logic In control systems: Fuzzy logic controller – Part 1, IEEE Trans. On "Systems, Man and Cybernetics", Vol. 20, No. 2, March/April 1990, pp. 404-435.
- [12] Möller N.: Window-based congestion control, Doctoral Thesis, Stockholm, Sweden 2008.
- [13] Pieczyński A.: Modelowanie rozmyte – struktury i parametry, Studia z Automatyki i Informatyki 2002, t. 27, pp. 99-122.
- [14] Płachecki K., Pawelski W.: Adaptacyjny algorytm przeciwdziałania przeciążeniom z logiką rozmytą, „Nowe Technologie Sieci Komputerowych”, WKŁ 2006.
- [15] Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L.: Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte, PWN, Warszawa Łódź 1999.
- [16] Sadiku M., Tofighi M.: A Tutorial on Simulation of Queueing Models, Int. J. Elect. Enging. Educ., Vol. 36, pp. 102-120, Manchester U.P., 1999.
- [17] Yang Y.R., Kim M.S., Lam S.S.: Transient Behaviors of TCP-Friendly Congestion Control Protocols, IEEE INFOCOM, kwiecień 2001.

Artykuł recenzowany

## INFORMACJE

# Książka Wydawnictwa PAK



Książka „Pomiary cieplne (zwężkowe) w przemyśle” przedstawia problematykę pomiarów strumienia masy i ciepła płynów przepływających w przewodach przy użyciu zwężek pomiarowych. Książka przeznaczona jest dla inżynierów i techników zajmujących się zagadnieniami cieplno-przepływowymi w przemyśle, energetyce i ogrzewnictwie. W książce omówiono przyrządy i układy do pomiarów zwężkowych strumienia ciepła, produkowane przez firmę Metronic.

**Zamówienia prosimy składać na adresy PAK:**

Wydawnictwo PAK  
00-050 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14A,  
tel./fax: 022 827 25 40

Redakcja PAK  
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, p. 30b,  
tel./fax: 032 237 19 45  
e-mail: wydawnictwo@pak.info.pl