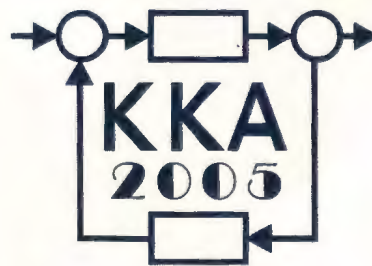


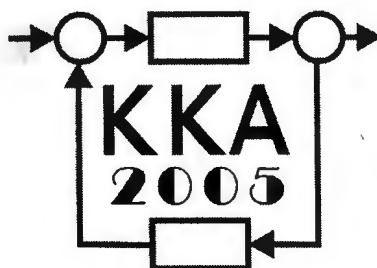
XV Krajowa Konferencja Automatyki

Tom II



**Redaktorzy:
Zdzisław Bubnicki
Roman Kulikowski
Janusz Kacprzyk**

XV Krajowa Konferencja Automatyki Tom II



Redaktorzy:
Zdzisław BUBNICKI
Roman KULIKOWSKI
Janusz KACPRZYK

ORGANIZATOR

Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

WSPÓŁORGANIZATORZY

Politechnika Warszawska

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

Polskie Stowarzyszenie Pomiarów, Automatyki i Robotyki

ORGANIZATOR

Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

WSPÓLORGANIZATORZY

Politechnika Warszawska
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów
Polskie Stowarzyszenie Pomiarów, Automatyki i Robotyki

KOMITET PROGRAMOWY

Przewodniczący	Zdzisław BUBNICKI
Zastępca Przewodniczącego	Roman KULIKOWSKI

CZŁONKOWIE

Stanisław BAŃKA	Michał BIAŁKO
Mikołaj BUSŁOWICZ	Władysław FINDEISEN
Ryszard GESSING	Henryk GÓRECKI
Jakub GUTENBAUM	Jerzy JÓZEFczyk
Stanisław KACZANOWSKI	Tadeusz KACZOREK
Janusz KACPRZYK	Jerzy KLAMKA
Józef KORBICZ	Zbigniew KOWALSKI
Krzysztof KOZŁOWSKI	Juliusz L. KULIKOWSKI
Krzysztof KUŹMIŃSKI	Kazimierz MALANOWSKI
Krzysztof MALINOWSKI	Wojciech MITKOWSKI
Antoni NIEDERLIŃSKI	Władysław PEŁCZEWSKI
Tadeusz PUCHAŁKA	Leszek RUTKOWSKI
Stanisław SKOCZOWSKI	Roman SŁOWIŃSKI
Jerzy ŚWIĄTEK	Andrzej ŚWIERNIAK
Ryszard TADEUSIEWICZ	Piotr TATJEWSKI
Krzysztof TCHOŃ	Leszek TRYBUS
Jan WĘGLARZ	Andrzej P. WIERZBICKI

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący	Roman KULIKOWSKI
Zastępcy Przewodniczącego	Janusz KACPRZYK
	Stanisław KACZANOWSKI
	Tadeusz KACZOREK
	Krzysztof MALINOWSKI
Członkowie	Roman OSTROWSKI
	Tadeusz PUCHAŁKA
	Dariusz WAGNER
Sekretarze naukowci	Jan STUDZIŃSKI
	Jan W. OWSIŃSKI

ISBN 83-89475-01-4

Copyright © Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk
All rights reserved

Druk: ARGRAF, Warszawa

STEROWANIE
I TECHNIKA KOMPUTEROWA

STEROWANIE PRZECIĄŻENIEM W SIECI ATM W WARUNKACH NIEPEWNOŚCI

Magdalena TUROWSKA

Politechnika Wroclawska, Instytut Informatyki Technicznej

Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, e-mail: Magdalena.Turowska@pwr.wroc.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono niepewny system sterowania przeciążeniem w sieci ATM. Do opisu niepewności dotyczącej nieznanego parametru systemu – liczby obsługiwanych połączeń – zastosowano zmienne niepewne. Przeprowadzono analizę stabilności i stabilizację rozpatrywanego systemu sterowania. Wyznaczono warunki stabilności i oszacowano wskaźnik pewności tego, że system jest stabilny. Przeprowadzono symulacje działania systemu oraz zbadano wpływ postaci rozkładu pewności na wyniki analizy stabilności.

Słowa kluczowe: Sterowanie przeciążeniem, zmienne niepewne, systemy niepewne, stabilność, stabilizacja.

1. WPROWADZENIE

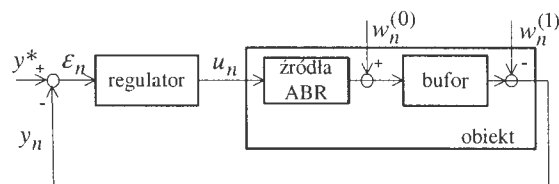
Systemy komputerowe traktowane mogą być jako obiekty sterowania (lub zarządzania), dla których stosować można znane metody teorii sterowania z uwzględnieniem specyfiki rozpatrywanych obiektów. Niniejsza praca dotyczy sterowania przeciążeniem w sieci ATM [9-11]. Sterowanie przeciążeniem zapobiega utracie danych w momentach wzmożonego ruchu. Stosowane jest w sieci ATM w odniesieniu do ruchu generowanego przez źródła o niezdefiniowanej szybkości transmisji. Źródła te umożliwiają użytkownikowi wykorzystanie w danym momencie całej dostępnej przepustowości kanału. Ruch generowany przez te źródła określany jest mianem usługi o dostępnej szybkości bitowej ABR (*Available Bit Rate*). Jedną z metod sterowania przeciążeniem jest wykorzystanie specjalnych komórek RM (*Resource Management*), w których jedno z pól służy do przenoszenia obliczonej w węźle sieci szybkości transmisji dla źródeł ruchu ABR.

Zwykle w modelu sieci, jako obiektu sterowania dotyczącego rozpatrywanej funkcji (w naszym przypadku jest to sterowanie przeciążeniem), występują nieznane parametry, co utrudnia analizę i projektowanie systemu. W ostatnich latach opracowano metodę tzw. zmiennych niepewnych i jej zastosowanie do analizy i projektowania dla szerokiej klasy systemów niepewnych z nieznanymi parametrami w opisie obiektu [3-6, 8]. W szczególności zmienne niepewne scharakteryzowane rozkładem pewności podanym przez eksperta mogą być zastosowane do analizy stabilności dyskret-

nych systemów sterowania z nieznanymi parametrami [1, 2, 7]. Celem niniejszej pracy jest pokazanie, jak zmienne niepewne wykorzystać w zadaniu projektowania stabilnych systemów sterowania przeciążeniem, przy założeniu, że nieznane parametry są wartościami zmiennych niepewnych.

2. MODEL SYSTEMU STEROWANIA

W pracy rozpatruje się system sterowania przeciążeniem zaproponowany w [11], gdzie problem wyznaczenia szybkości transmisji dla źródła ABR został sprowadzony do klasycznego problemu regulacji w zamkniętym systemie sterowania. Schemat blokowy systemu sterowania przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy układu regulacji.

2.1. Obiekt sterowania

Obiektem sterowania jest sieć komputerowa. Model obiektu ma postać

$$y_{n+1} = y_n + l_n^{(0)} u_{n+1} + l_n^{(1)} u_n + l_n^{(2)} u_{n-1} + \dots + l_n^{(k)} u_{n+1-k} + w_n^{(0)} - w_n^{(1)}. \quad (1)$$

Wejściem obiektu sterowania u_n jest szybkość transmisji źródła ABR wyznaczona w n -tym takcie sterowania. Wyjściem y_n jest liczba komórek ABR w kolejce wyjściowej portu węzła sieci. Na obiekt działają dwa zakłócenia: $w_n^{(0)}$ – liczba komórek, które trafiają do bufora węzła sieci ze źródeł w n -tym takcie nie podlegających sterowaniu, $w_n^{(1)}$ – liczba komórek opuszczających bufor w n -tym takcie sterowania.

W równaniu modelu obiektu występuje wektor parametrów

$$l_n = \begin{bmatrix} l_n^{(0)} \\ l_n^{(1)} \\ \dots \\ l_n^{(k)} \end{bmatrix},$$

gdzie $l_n^{(i)} \geq 0$ jest liczbą połączeń z opóźnieniem i taktów, $i \in \overline{0, k}$, $\sum_{i=0}^k l_n^{(i)} = L_n$, k oznacza maksymalne opóźnienie między taktem, w którym wyznaczona została wielkość sterująca a taktem, w którym do bufora węzła sieci trafiają komórki generowane z szybkością u_n .

2.2. Algorytm sterowania

Idea proponowanego rozwiązania [9-11] opiera się na wydłużeniu taktu sterowania: wielkość sterującą u_n - szybkość transmisji dla źródeł ABR wyznacza się, co $(k+1)$ pierwotnych taktów sterowania, czyli

$$u_{n(k+1)} = u_{n(k+1)+1} = \dots = u_{(n+1)(k+1)-1}, \quad n \geq 0.$$

Dzięki temu zamiast znajomości k składowych wektora l_n - czyli liczby połączeń z poszczególnymi opóźnieniami, wystarczy znajomość jednego parametru $L_n = \sum_{i=0}^k l_n^{(i)}$. Dodatkowo zakłada się, że wielkości $w_n^{(0)}$

i $w_n^{(1)}$ są stałe w czasie. Założenie takie można przyjąć, gdy $w_n^{(0)}$ i $w_n^{(1)}$ zmieniają się bardzo powoli w stosunku do długości taktu sterowania [9].

Proponowany algorytm regulacji wykorzystuje podejście zastosowane w przypadku nieliniowego algorytmu sterowania [9], do liniowego algorytmu sterowania proponowanego w [10] i ma postać

$$u_{(n+1)(k+1)} = u_{n(k+1)} + a\varepsilon_{n(k+1)} - b(L_{n(k+1)}u_{n(k+1)} + w^{(0)} - w^{(1)}), \quad (2)$$

błąd regulacji $\varepsilon_n = y^* - y_n$ jest wejściem regulatora, a i b są parametrami regulatora. W stanie ustalonym otrzymujemy

$$u_\infty = u_\infty + a\varepsilon_\infty - b(L_\infty u_\infty + w^{(0)} - w^{(1)}), \quad (3)$$

gdzie $u_\infty, \varepsilon_\infty, L_\infty$ są wartościami w stanie ustalonym odpowiednich wielkości $u_{n(k+1)}, \varepsilon_{n(k+1)}, L_{n(k+1)}$.

Rozwiązaniem równania (3) jest

$$\varepsilon_\infty = y^* - y_\infty = 0,$$

gdzie y_∞ jest liczbą komórek w buforze węzła sieci (wyjściem obiektu) w stanie ustalonym, oraz

$$u_\infty = \frac{w^{(1)} - w^{(0)}}{L_\infty}, \quad (4)$$

co oznacza, że w stanie ustalonym zapelnienie bufora jest równe wartości pożądanej y^* , a proponowana szybkość transmisji jest równa wartości określonej jako sprawiedliwy podział dostępnego pasma transmisyjnego (*ang. max/min fairness*) [10], zapewniającej maksymalne wykorzystanie zasobów sieciowych przy minimalizacji współczynnika strat.

Po przyjęciu następujących zmiennych stanu

$$x_{n(k+1)}^{(1)} = y^* - y_{n(k+1)} = \varepsilon_{n(k+1)},$$

$$x_{n(k+1)}^{(2)} = u_{n(k+1)} - \frac{w^{(1)} - w^{(0)}}{L_{n(k+1)}},$$

opis rozpatrywanego system sterowania w przestrzeni stanu ma postać

$$x_{(n+1)(k+1)} = Ax_{n(k+1)}, \quad (5)$$

gdzie

$$A = \begin{bmatrix} 1 - a\gamma_{n(k+1)}^{(0)} & \gamma_{n(k+1)}^{(0)}(1 - bL_{n(k+1)}) + \gamma_{n(k+1)}^{(1)} \\ -a & 1 - bL_{n(k+1)} \end{bmatrix},$$

$$\gamma_{n(k+1)}^{(0)} = \sum_{i=0}^k (k+1-i)l_{n(k+1)}^{(i)},$$

$$\gamma_{n(k+1)}^{(1)} = \sum_{i=0}^k kl_{n(k+1)}^{(i)},$$

$$\gamma_{n(k+1)}^{(0)} + \gamma_{n(k+1)}^{(1)} = (k+1)L_{n(k+1)}.$$

Jest to równanie stanu liniowego dyskretnego systemu sterowania z punktem równowagi $\bar{0}$.

3. ANALIZA STABILNOŚCI

Analiza stabilności rozpatrywanego systemu jest podstawą do zadania stabilizacji, czyli doboru parametrów regulatora zapewniających systemowi stabilność. W pracy przyjmuje się, że L_n jest nieznanym parametrem. Opis niepewności ma postać

$$\bigwedge_n 1 \leq L_{n(k+1)} \leq M,$$

gdzie maksymalna liczba obsługiwanych połączeń M jest nieznaną, scharakteryzowana przez ekspertem rozkładem pewności $h(M)$.

Zmienne niepewne wykorzystać można w analizie stabilności niepewnego systemu sterowania z nieznanym parametrem M , dla którego ekspert podaje rozkład pewności [5, 8].

Idea polega na oszacowaniu wskaźnika pewności v_y tego, że system jest globalnie asymptotycznie stabilny. Niech $W(M)$ i $G(M)$ oznaczają odpowiednio warunek wystarczający i konieczny stabilności. Wówczas

$$v_w \leq v_g \leq v_g,$$

gdzie v_w i v_g oznaczają odpowiednio wskaźniki pewności tego, że w przybliżeniu (tj. dla przybliżonej wartości M) spełnione są własności $W(M)$ i $G(M)$, czyli

$$v_w = \max_{M \in D_w} h(M), \quad (6)$$

$$v_g = \max_{M \in D_g} h(M), \quad (7)$$

gdzie

$$D_w = \{M : W(M)\},$$

$$D_g = \{M : G(M)\}.$$

W rozważaniach występuje „szara strefa” $\{v_w, v_g\}$, czyli dodatkowa niepewność spowodowana tym, że warunek konieczny na ogół nie pokrywa się z warunkiem wystarczającym.

3.1. Warunki stabilności

Twierdzenie 1 (warunek konieczny stabilności).

Jeśli system (5) jest globalnie asymptotycznie stabilny to

$$a > 0, \quad b < 0$$

lub

$$a < 4, \quad b > 0.$$

Twierdzenie 2 (warunek wystarczający stabilności).

Jeśli

$$M < \min \left\{ \frac{1}{a(k+1)}, \frac{1}{b} \right\},$$

oraz

$$a < b$$

to system (5) jest globalnie asymptotycznie stabilny.

Dowody twierdzeń można znaleźć w [16].

3.2. Oszacowanie wskaźnika pewności tego, że system jest stabilny

Ponieważ warunek konieczny nie zależy od wartości M więc

$$v_g = 1$$

dla

$$a > 0, \quad b < 0$$

lub

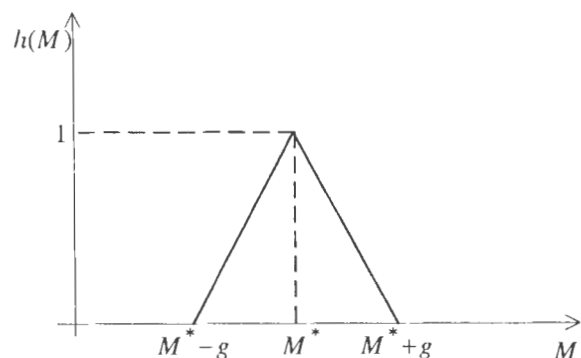
$$a < 4, \quad b > 0.$$

Z warunku wystarczającego otrzymujemy

$$D_w = \left\{ M : M < \min \left\{ \frac{1}{a(k+1)}, \frac{1}{b} \right\}, a < b \right\}.$$

Przyjmując konkretną postać rozkładu pewności możemy wyznaczyć wskaźniki pewności spełnienia warunku wystarczającego stabilności. Załóżmy, że $h(M)$ ma kształt trójkątny o parametrach M^* oraz g (rys. 2).

$$h(M) = \begin{cases} \frac{1}{g} M - \frac{M^*}{g} + 1 & \text{dla } M^* - g \leq M \leq M^*, \\ -\frac{1}{g} M + \frac{M^*}{g} + 1 & \text{dla } M^* \leq M \leq M^* + g, \\ 0 & \text{w pozostałych przypadkach.} \end{cases}$$



Rys. 2. Trójkątny rozkład pewności $h(M)$.

Zgodnie z (6) otrzymujemy

$$v_w = \begin{cases} 1 & \text{dla } M^* < \min \left\{ \frac{1}{a(k+1)}, \frac{1}{b} \right\}, a < b, \\ \frac{1}{g} \min \left\{ \frac{1}{a(k+1)}, \frac{1}{b} \right\} - \frac{M^*}{g} + 1 & \text{dla } M^* - g \leq \min \left\{ \frac{1}{a(k+1)}, \frac{1}{b} \right\} \leq M^*, a < b, \\ 0 & \text{w pozostałych przypadkach.} \end{cases}$$

oraz w przypadku zmiennej niepewnej typu C [5, 8]

$$v_{w,c} = \begin{cases} 1 & \text{dla } \min\left\{\frac{1}{a(k+1)}, \frac{1}{b}\right\} \geq M^* + g, \quad a < b, \\ \frac{1}{2g} \min\left\{\frac{1}{a(k+1)}, \frac{1}{b}\right\} - \frac{M^*}{2g} + \frac{1}{2} & \text{dla } M^* \leq \min\left\{\frac{1}{a(k+1)}, \frac{1}{b}\right\} \leq M^* + g, \quad a < b, \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2g} \min\left\{\frac{1}{a(k+1)}, \frac{1}{b}\right\} - \frac{M^*}{2g} & \text{dla } M^* - g \leq \min\left\{\frac{1}{a(k+1)}, \frac{1}{b}\right\} \leq M^*, \quad a < b, \\ 0 & \text{w pozostałych przypadkach.} \end{cases}$$

3.3. Przykład

Dla parametrów rozkładów pewności $M^* = 35$, $g = 15$, oraz $k = 5$ i dwóch różnych zestawów wartości parametrów regulatora otrzymujemy oszacowania wskaźnika pewności v_s przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Oszacowanie wskaźnika pewności v_s .

	$a=0.001, b=0.05$	
Rozkład paraboliczny	$0.55 \leq v_s \leq 1$	$0.28 \leq v_{s,c} \leq 1$
Rozkład trójkątny	$0.33 \leq v_s \leq 1$	$0.16 \leq v_{s,c} \leq 1$
Rozkład hiperboliczny	$0.26 \leq v_s \leq 1$	$0.13 \leq v_{s,c} \leq 1$
	$a=0.0009, b=0.035$	
Rozkład paraboliczny	$0.88 \leq v_s \leq 1$	$0.44 \leq v_{s,c} \leq 1$
Rozkład trójkątny	$0.69 \leq v_s \leq 1$	$0.34 \leq v_{s,c} \leq 1$
Rozkład hiperboliczny	$0.56 \leq v_s \leq 1$	$0.28 \leq v_{s,c} \leq 1$

4. STABILIZACJA

Mając wyznaczone warunki stabilności i odpowiadające im wskaźniki pewności, można rozważyć zadanie polegające na odpowiednim zaprojektowaniu rozpatrywanego układu sterowania tak, aby był on stabilny, czyli stabilizację systemu. Zadanie projektowania jest zadaniem parametrycznym, tzn. należy wyznaczyć parametry w zadanej postaci algorytmu sterowania niepewnym obiektem. Stabilizacja systemu niepewnego polega na maksymalizacji wskaźnika pewności, że rozpatrywany system sterowania jest stabilny. Jednak z powodu tego, iż w wyniku analizy stabilności nie otrzymujemy bezpośrednio wartości wskaźnika pewności tylko jego oszacowanie, zadanie stabilizacji może zostać sformułowane jako:

- wybór parametrów regulatora maksymalizujących wskaźnik pewności v_w wyznaczony z warunku wystarczającego,
- wybór parametrów regulatora maksymalizujących wskaźnik pewności v_w przy ograniczeniu $v_g \leq \alpha$ lub $v_g - v_w \leq \alpha$ dla danego $0 < \alpha < 1$,
- wybór parametrów regulatora maksymalizujących wskaźnik pewności v_g przy ograniczeniu $v_w \geq \beta$ lub $v_g - v_w \leq \beta$ dla $0 < \beta < 1$.

Jeśli nie ma żadnych ograniczeń na parametry regulatora uniemożliwiających osiągnięcie $v_w = 1$ to dla rozpatrywanego systemu każde z opisanych powyżej podejść sprowadza się do wyznaczenia zbioru $D_{a,b}$, takich parametrów regulatora, dla których $v_w = 1$. Zadanie wyznaczenia zbioru

$$D_{a,b} = \{(a, b) : (a, b) = \arg \max_{a,b} v_w(a, b)\},$$

sprowadza się do wyznaczenia zbioru

$$D_{a,b} = \{(a, b) : v_w(a, b) = 1\}.$$

W przypadku systemu (5) otrzymujemy

$$D_{a,b} = \{(a, b) : a < \frac{1}{M^*(k+1)}, b < \frac{1}{M^*}, a < b < 1\}.$$

Wybierając parametry regulatora z wyznaczonego zbioru $D_{a,b}$ uzyskujemy wskaźnik pewności tego, że układ jest stabilny $v_s = 1$.

Często jednak dodatkowe ograniczenia mogą powstać przy ocenie jakości sterowania w rozpatrywanym systemie, wtedy szukając rozwiązania kompromisowego należy rozpatrzyć jedno z wyżej wymienionych podejść do stabilizacji systemu.

5. BADANIA SYMULACYJNE

5.1. Symulacja działania algorytmu sterowania

Celem przeprowadzonych symulacji jest zbadanie własności proponowanego algorytmu. Działanie rozpatrywanego systemu z algorytmem (2) zostało zasymulowane w środowisku Matlab 6.0. Przyjęto następujące wartości parametrów systemu:

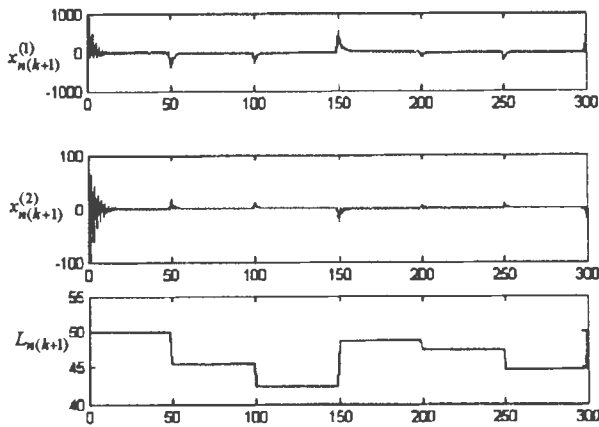
liczba komórek przychodzących do bufora $w^{(0)} = 2000$,

liczba komórek opuszczających bufor $w^{(1)} = 1800$,

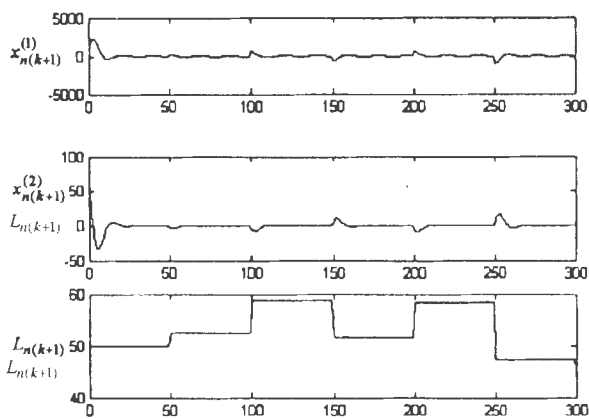
pożądane wypełnienie bufora $y^* = 1500$,

wartość początkowa wypełnienia bufora $x_0^{(1)} = 1600$,

początkowa szybkość transmisji komórek ABR $x_0^{(2)} = 10$.



Rys. 3. Zależność $x_{n(k+1)}^{(1)}$, $x_{n(k+1)}^{(2)}$ oraz $L_{n(k+1)}$ od czasu dla $a=0.005$, $b=0.05$.



Rys. 4. Zależność $x_{n(k+1)}^{(1)}$, $x_{n(k+1)}^{(2)}$ oraz $L_{n(k+1)}$ od czasu dla $a=0.001$, $b=0.01$.

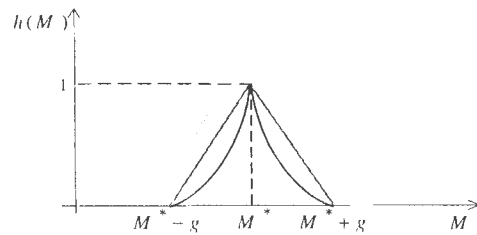
Przeprowadzone symulacje pokazują, że proponowany algorytm sterowania zapewnia stabilność rozpatrywanego systemu przy przyjętych założeniach i spełnieniu warunku wystarczającego stabilności.

5.2 Badanie wpływu kształtu i parametrów rozkładów pewności na otrzymane wyniki

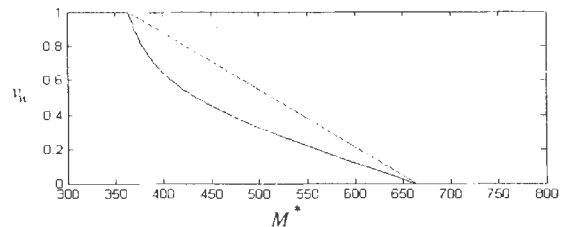
Ponieważ rozkład pewności jest subiektywną opinią eksperta, wyrażającą jego ocenę przybliżonych wartości nieznanymi parametrów, więc ocena ta jest trudna do weryfikacji empirycznej. Stanowi ona wiedzę eksperta na temat liczby połączeń obsługiwanych przez sieć ATM. Podstawowymi parametrami charakteryzującymi tę wiedzę są:

- parametr M^* określający wartość, której ekspert jest najbardziej pewien oceniając nieznaną wartość,
- parametr g określający przedział wszystkich możliwych (według opinii eksperta) wartości nieznanego parametru,
- kształt rozkładu pewności określający stopień pewności eksperta co do możliwych wartości nieznanego parametru.

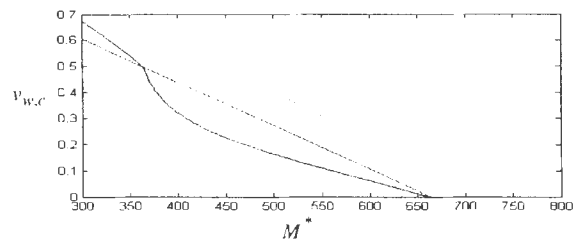
Rys. 5 przedstawia przyjęte w pracy kształty rozkładu pewności.



Rys. 5. Kształty rozkładu pewności $h(M)$.

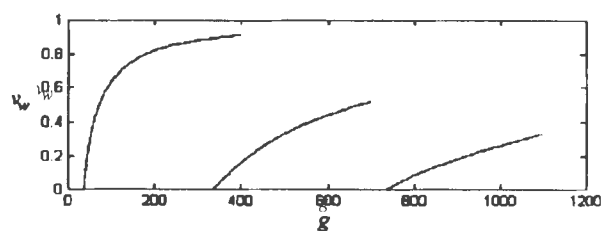


Rys. 6. Zależność v_w od M^* dla $g=300$, $a=0.001$, $b=0.01$, $k=5$.

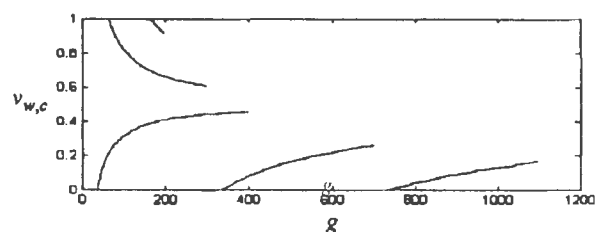


Rys. 7. Zależność $v_{w,c}$ od M^* dla $g=300$, $a=0.001$, $b=0.01$, $k=5$.

Wiedza pochodząca od różnych ekspertów może różnić się zarówno kształtem, jak i parametrami rozkładów pewności. Dlatego celowym wydaje się zbadanie wpływu tych parametrów na wyniki uzyskane podczas analizy stabilności. Badania te pomogą w ocenie wiedzy uzyskanej od eksperta.



Rys. 8. Zależność v_w od g dla $a=0.001$, $b=0.01$, $k=5$.



Rys. 9. Zależność $v_{w,c}$ od g dla $a=0.001$, $b=0.01$, $k=5$.

Wartość wskaźnika pewności v_y jest wrażliwa na zmiany parametrów M^* (rys. 6 i 7) i g (rys. 8 i 9) oraz na kształt rozkładu pewności. Większa wrażliwość występuje w przypadku zmiennej niepewnej typu C , co świadczy o lepszym wykorzystaniu w tym przypadku wiedzy eksperta – im większe różnice w reprezentacjach wiedzy w postaci kształtu i parametrów rozkładów pewności od różnych ekspertów, tym większa różnica w wartościach wskaźnika pewności $v_{s,c}$ wyznaczonych na podstawie ich wiedzy.

6. PODSUMOWANIE

Praca przedstawia niepewny system sterowania przeciążeniem w sieci ATM. W opisie rozważanego obiektu sterowania występuje nieznan parametr, który został potraktowany jako wartość zmiennej niepewnej. Przedstawiona została metoda oceny stabilności systemu sterowania przy założeniu, że parametr ten jest zmienny w czasie. Uzyskano konkretne wyniki w postaci oszacowań wskaźników pewności tego, że rozważany system sterowania jest w przybliżeniu stabilny. Rozważono dobór parametrów regulatora.

Przeprowadzone badania oceniające wpływ postaci rozkładu pewności na uzyskane wyniki wskazują na celowość zastosowania adaptacji polegającej na dostrajaniu parametrów rozkładu pewności na podstawie bieżącej oceny jakości sterowania.

Zmienne niepewne mogą zostać wykorzystane także do optymalizacji rozpatrywanego systemu sterowania [8].

CONGESTION CONTROL IN ATM NETWORKS UNDER UNCERTAINTY

Abstract: The paper presents the uncertain ATM ABR congestion control system. The time-varying system with unknown parameters is considered. The unknown parameter is assumed to be a value of uncertain variable described by the certainty distribution given by an expert. The estimation of the certainty index that the system is stable is presented. The estimation consists in the determination of the lower and upper bounds for the certainty index via the determination of sufficient and necessary stability conditions. A specific stabilization problem is considered. The influence of the form and parameters of the certainty distributions on the stability analysis results is examined.

Literatura

- [1] Bubnicki Z. (2000) General approach to stability and stabilization for a class of uncertain discrete nonlinear systems, *International Journal of Control*, vol. 73, pp. 1298–1306.
- [2] Bubnicki Z. (2001) A probabilistic approach to stability and stabilization of uncertain discrete systems. *Proceedings of 5th IFAC Symposium "Nonlinear Control Systems"*, St.-Petersburg, Rosja, pp. 980-985.

- [3] Bubnicki Z.(2001) Uncertain variables and their applications for a class of uncertain systems, *International Journal of Systems Science*, vol. 32, no. 5, pp. 651-659.
- [4] Bubnicki Z.(2001) Uncertain variables and their application to decision making, *IEEE Transactions On SMC, Part A: Systems and Humans*, vol. 31, no. 6, pp. 587-596.
- [5] Bubnicki Z.(2002) *Uncertain Logics, Variables and Systems*, Springer-Verlag, London, Berlin.
- [6] Bubnicki Z.(2002) Zmienne niepewne i ich zastosowanie w analizie i projektowaniu systemów sterowania, *XIV Krajowa Konferencja Automatyki*, Zielona Góra, vol. 1, pp. 13-22.
- [7] Bubnicki Z.(2003) Stability and stabilization of discrete systems with random and uncertain parameters, *Proceedings of 15th IFAC World Congress*. Pergamon, Oxford, vol. E, pp. 193–198.
- [8] Bubnicki Z.(2004) *Analysis and Decision Making in Uncertain Systems*, Springer Verlag, Berlin, London, New York.
- [9] Imer O., Compans S., Basar T., Srikant R. (2001) ABR congestion control in ATM networks. *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 21, pp. 38-56.
- [10] Kelly F.(2003) Fairness and stability of end-to-end congestion control, *European Journal of Control*, vol. 9, pp. 159-176.
- [11] Kolarov A., Ramamurthy G. (1999) A control-theoretic approach to the design of an explicit rate controller for ABR service, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 7, no. 5, pp. 741-753.
- [12] Turowska M. (2002) Zastosowanie zmiennych niepewnych do oceny stabilności systemów sterowania przeciążeniem w sieci ATM, *XIV Krajowa Konferencja Automatyki*, Zielona Góra, vol. 2, pp. 787-792.
- [13] Turowska M. (2003) Zastosowanie zmiennych niepewnych do stabilizacji pewnego systemu sterowania przeciążeniem w sieci ATM, *Inżynieria Wiedzy i Systemy Ekspertowe*, vol. 2, pp. 168-175.
- [14] Turowska M. (2004) Application of uncertain variables to stability analysis and stabilization for ATM ABR congestion control systems, *Proceedings of the International Conference on Enterprise Information Systems*. INSTICC Press, Porto, vol.2, pp. 523-526.
- [15] Turowska M. (2004) Application of uncertain variables to stability analysis of nonlinear congestion control system in ATM networks, *Proceedings of the 15th International Conference on Systems Science*, vol. 3, pp. 157-164.
- [16] Turowska M. (2004) Zastosowanie zmiennych niepewnych do analizy stabilności systemów sterowania przeciążeniem w sieci ATM. *Raport PRE 08/04* (rozprawa doktorska).



Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk

ISBN 83-89475-01-4