

Керування навантаженням мережі на основі нечіткої логіки

А.Р. Врублевський¹, І.П. Лісовий¹

Abstract – In the thesis the questions of construction fuzzy logic routing systems are briefly described. The decision-making process based on fuzzy logic, which is the basis of the operation of fuzzy controllers is described.

The problems of optimization of their basic parameters (ranges of variation of linguistic variables, shape and membership function parameters of linguistic quantities) are explained important for design of digital fuzzy controllers by minimizing the square-law performance criterion for the purpose of deriving optimum transient processes in fuzzy routing.

Key words – fuzzy logic, linguistic variables, membership function.

I. ВСТУП

Особливістю телекомунікаційних мереж є ймовірнісний характер їх структури та невизначеність зовнішніх умов в яких вони функціонують. У випадку недостатніх знань про умови функціонування, які створюють невизначеності при описуванні ситуацій, розв'язування задачі динамічного керування навантаженням в умовах неможливості виконання точних вимірювань, маршрутизація в телекомунікаційних мережах може здійснюватись на основі теорії нечітких множин.

II. МЕТА

Конфігурація телекомунікаційних мереж стає все складнішою, що підвищує вагу задачі маршрутизації яка впливає на продуктивність та ефективність функціонування мережі. Використання нечіткої логіки для керування процесами маршрутизації в телекомунікаційних мережах має низку переваг порівняно з традиційними.

Маршрутизація на основі нечіткої логіки дозволяє здійснювати безперервний контроль стану мережі від перших ознак відмови або зростання навантаження, що не впливає на якість функціонування мережі до повної відмови. Використовуючи набір нечітких правил маршрутизатори заздалегідь готуються до позаштатної ситуації й забезпечують передавання пакетів через суміжні маршрутизатори. При традиційних методах маршрутизації пошук обхідного шляху починається після відмови або перевантаження маршрутизатора.

Одна з головних переваг полягає у тому, що регулятор на основі нечіткої логіки можна створювати за лінгвістичними правилами. Керування в нечіткому регуляторі здійснюється за допомогою набору умовних лінгвістичних операторів або правил (нечітких асоціативних матричних правил), які задають конкретні

ситуації керування. Такі умовні лінгвістичні правила можна сформулювати виходячи з міркувань здорового глузду або технічних даних про процес, які отримують шляхом простого експерименту. Одна з головних переваг полягає у тому, що регулятор на основі нечіткої логіки можна створювати за лінгвістичними правилами. Керування в нечіткому регуляторі здійснюється за допомогою набору умовних лінгвістичних операторів або правил (нечітких асоціативних матричних правил), які задають конкретні ситуації керування. Такі умовні лінгвістичні правила можна сформулювати виходячи з міркувань здорового глузду або технічних даних про процес, які отримують шляхом простого експерименту.

Оцінка лінгвістичних змінних (вхідні та вихідні параметри) похибка системи θ , швидкість зміни (перша похідна) похибки $\dot{\theta}$, прискорення (друга похідна) похибки $\ddot{\theta}$, керуючий вплив на об'єкт m здійснюється за допомогою двох термів. Діапазони $[\theta_{\min}, \theta_{\max}]$, $[\dot{\theta}_{\min}, \dot{\theta}_{\max}]$, $[\ddot{\theta}_{\min}, \ddot{\theta}_{\max}]$ та $[m_{\min}, m_{\max}]$ зміни вхідних і вихідного параметрів відображаються на єдину універсальну множину

$$U_i = [0, L_i - 1] = [0, 1],$$

де $L_i = 2$ – число, яке відповідає кількості термів кожної лінгвістичної змінної x_i , $i = \overline{1, n}$, $n = 4$.

Перетворення фіксованого значення параметра $x_i^* \in [x_{\min}, x_{\max}]$ у відповідний елемент $u^* \in [0, 1]$ здійснюється за формулою:

$$u_s^* = (x^* - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}). \quad (1)$$

Використовуються функції належності (ФН) експоненційної форми:

$$\mu^1(u) = e^{-cu}; \mu^2(u) = e^{-c(1-u)}, \quad u \in [0, 1]. \quad (2)$$

Лінгвістичне правило керування (робоче правило) нечіткого регулятора формулюється у вигляді:

$$\text{ЯКЩО } (\theta^* = a_1^j) \text{ ТА } (\dot{\theta}^* = a_2^j) \text{ І } (\ddot{\theta}^* = a_3^j),$$

$$\text{ТОДІ } (m^* = a_4^j), \quad j = \overline{1, 2}, \quad (3)$$

де a_1^j, a_2^j, a_3^j – лінгвістичні оцінки похибки, швидкості зміни (першої похідної) похибки та другої похідної похибки, які розглядаються як нечіткі множини, що визначаються на універсальній множині, $j = \overline{1, 2}$; a_4^j – лінгвістичні оцінки керуючого впливу на об'єкт, з терм-множини змінної m .

Результуюча функція належності для керуючого впливу згідно з робочим правилом:

¹ Odessa National Academy of Communication, Kuznechnaya Str. 1, Odessa, 65029, UKRAINE, E-mail: ur5fo@mail.ru

$$\mu^{mj}(x_1, x_2, x_3) = \mu^{m1}(x_1, x_2, x_3) \vee \mu^{m2}(x_1, x_2, x_3), \quad (4)$$

де \vee – логічне АБО.

У відповідності з лінгвістичними правилами керування, формалізованими системою нечітких логічних рівнянь, функція належності керуючого впливу $\mu^1(u_4)$ нечіткій множині "негативна" обмежена зверху значенням:

$$A = \min[\mu^1(u_1^*), \mu^1(u_2^*), \mu^1(u_3^*)], \quad (5)$$

а функція належності керуючого впливу $\mu^2(u_4)$ нечіткій множині "позитивний" обмежена зверху значенням:

$$B = \min[\mu^2(u_1^*), \mu^2(u_2^*), \mu^2(u_3^*)]. \quad (6)$$

Результуюча функція належності для керуючого впливу одержується формуванням максимуму

$$\mu(u_4) = \max[\mu^1(u_4), \mu^2(u_4)]. \quad (7)$$

Детерміноване значення керуючого впливу m^* формується шляхом визначення абсиси центра ваги $s_c = S(u_c, \mu_c)$ ділянки площини, обмеженої результуючою ФН $\mu(u)$ у діапазоні значень змінної u від $u = U_1$ до $u = U_2$, використовуючи числове інтегрування методом трапецій (з кроком дискретизації u_0), за формулою:

$$u_4^* = u_c = \frac{\frac{U_1 \mu_0}{2} + \sum_{i=1}^{M-1} u_i \mu_i + \frac{U_2 \mu_M}{2}}{\frac{\mu_0}{2} + \sum_{i=1}^{M-1} \mu_i + \frac{\mu_M}{2}}, \quad (8)$$

де $(U_2 - U_1) / M = u_0$ – крок дискретизації;

M – кількість дискрет на інтервалі $U_2 - U_1$;

$i = 1, 2, 3, \dots, M - 1$.

Для ФН експоненційного виду абсиси точки перетину визначаються як:

$$u^* = -\frac{1}{c} \ln \mu^1(u^*) \text{ та } u^* = 1 + \frac{1}{c} \ln \mu^2(u^*). \quad (9)$$

Одержані значення u_4^* перераховуються у значення керуючого впливу на об'єкт керування:

$$m^* = m_{\min} + (m_{\max} - m_{\min}) u_4^*. \quad (10)$$

Основними параметрами налагодження цифрових регуляторів на основі нечіткої логіки, за якими виконується їх синтез та оптимізація, є кількість та форма функцій належності $\mu^T(u)$ лінгвістичних величин і діапазони зміни вхідних та вихідної лінгвістичних змінних похибки, першої похідної похибки, другої похідної похибки, керуючого впливу на об'єкт:

$$[\theta_{\min}, \theta_{\max}], [\dot{\theta}_{\min}, \dot{\theta}_{\max}], [\ddot{\theta}_{\min}, \ddot{\theta}_{\max}], [m_{\min}, m_{\max}]. \quad (11)$$

Налагодження функцій належності до експертних даних виконується піднесенням до степеня:

$$[\mu^T(u)]^c, \quad (12)$$

де c – показник степеня, що визначає зміну форми функції належності.

III. ВИСНОВОК

Розроблення та практичне використання алгоритмів маршрутизації на основі нечіткої логіки стримується відсутністю математичного апарату для аналітичного опису математичної моделі нечіткого регулятора та методик формального опису процесу керування. Все це вимагає пошуку нових алгоритмів маршрутизації на основі нечіткої логіки, що забезпечують ефективне функціонування телекомунікаційних систем.

Регулятори на основі нечіткої логіки можуть працювати з неповністю описаними системами з невідомою динамікою, для них (на відміну від традиційних адаптивних регуляторів) не потрібна апріорна математична модель об'єкта керування. Легке розуміння концепції нечіткої логіки, простота та зручність реалізації обладнання сприяють застосуванню нечіткої логіки також у системах керування, в яких є неточність, але немає невизначеності.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г., Рюмшин Н.А. Системы функции-управления. – К.: Техніка, 1997 – 208 с.
- [2] Гостев В.И., Лесовой И.П., Чуприн А.Е. Оптимизация параметров цифровых нечетких регуляторов // Труды Междунар. конф. "АВТОМАТИКА-2001". – Том 1. – Одесса: ОГПУ, 2001. – С. 21-22.
- [3] Лісовий І.П. Методика параметричного синтезу цифрового регулятора на основі нечіткої логіки. Моделювання та інформаційні технології: Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – К.: 2004.– Вип. 26. – С. 23-28.