

DNA 코딩 방법을 이용한 국소 퍼지 추론규칙의 자동획득

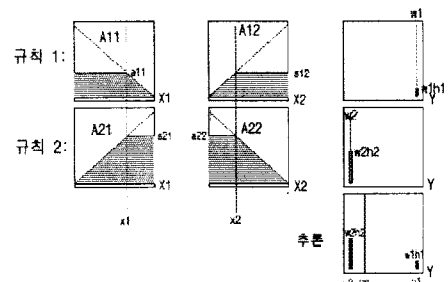
박종규*, 윤성용, 오성권, 안태천
원광대학교 공과대학 전기전자공학부

Automatic acquisition of local fuzzy reasoning rules through DNA coding method

Jonggyu Park*, Sungyong Yun, Sungkwon Oh and Taechon, Ahn
School of Electrical & Electronics Eng, Wonkwang university, Iksan, ChonBuk

Abstract In this paper, the composition method of global and local fuzzy reasoning concepts is researched for reducing the number of rules, not losing the performance for fuzzy controller. A new method is proposed in details that controls the interaction between global reasoning and local reasoning. In order to automatically acquire and optimize the method, the DNA coding algorithm is introduced to the local fuzzy reasoning of the proposed composition fuzzy reasoning method. The method is applied to the real liquid level control system for the purpose of evaluating the performance. The simulation results show that the proposed technique can produce the fuzzy rules with higher accuracy and feasibility than the conventional methods.

$$\begin{aligned}
 \text{RULE 1} & : A_{11} \text{ and } A_{21} \Rightarrow w_1 h_1 y_1 \\
 \text{RULE 2} & : A_{11} \text{ and } A_{21} \Rightarrow w_2 h_2 y_2 \\
 \text{RULE 3} & : A_{11} \text{ and } A_{21} \Rightarrow w_3 h_3 y_3 \\
 & \vdots \\
 & \vdots \\
 y_o & = \frac{\sum w_i h_i y_i}{\sum w_i h_i} \quad (1)
 \end{aligned}$$



[그림 1] 퍼지 싱글톤 추론법
[Fig. 1] Fuzzy singleton reasoning

본 연구에서는 시스템의 퍼지 규칙 수를 줄이는 방법으로 전체의 시스템을 표현하는 개략추론규칙을 세우고, 필요한 부분에 대해서 국소추론규칙을 다시 세워 정밀도가 높은 제어를 수행할 수 있게 하는 퍼지규칙 저감법(低減法)으로 새로운 합성 퍼지 추론법을 제안하고, 이 추론법에 최근에 각광받고 있는 생명체의 DNA구조를 이용한 최적화 방법인 DNA 코딩방법을 사용하여 국소추론규칙을 자동 생성하는 방법을 개발한다. 또한 이 자동생성 알고리즘을 이용한 합성 퍼지 추론법을 실제 제어 시스템인 불탱크 시스템에 적용하여 새로운 합성 퍼지 추론법 유효성을 입증한다.

1. 서 론

2. 합성형 퍼지 추론법

새로운 방법은 가능한 한 정밀도가 높은 제어에 적용할 수 있는 퍼지 규칙을 만들 수 있고, 다 입력에 대응할 수 있으며, 가능한 한 고속으로 동작하는 계산 방식을 취할 수 있어야 한다. 더불어 입력에 따라서 규칙이 없는 상태가 없어야 하고, 신뢰성과 안정성이 있는 제어가 보장되어야 한다. 이와 같은 특징을 만족시킬 수 있는 하나의 방법으로 같은 입력을 2개의 퍼지 싱글톤형 추론 시스템으로 추론하고, 결과를 통합시켜서 최종적인 추론값을 계산하는 합성형 퍼지추론법을 고려한다.

2.1 개략과 국소의 합성형 퍼지 추론법

본 연구에서는 제어에 용이한 실수값을 사용하는 퍼지 싱글톤형 추론법을 고려한다. 퍼지 싱글톤형 추론법을 표시하면 식(1)과 같이 퍼지규칙과 추론 값으로 나타낼 수 있다. [그림 1]은 간단한 예로서 2개의 퍼지 규칙, 2개의 입력 그리고 1개의 출력으로 이루어진 시스템을 고려하여 표시한 것이다. 이것은 일반화된 싱글톤형 추론법으로 확장할 수 있다.

다음으로 개략추론과 국소추론의 합성형 퍼지 추론법을 생각한다. [그림 1]에서와 같이 하나의 퍼지 싱글톤 추론은 입력공간 전체를 간략하게 분할하여 퍼지규칙을 발화시킨 후 이 규칙을 따라 실행하는 개략추론이고, 다른 하나의 싱글톤 추론은 필요한 입력공간의 필요한 부분에서만 퍼지규칙을 발화시킨 후 이 규칙에 따라 실행하는 국소추론이다. 이 두 추론을 결합시킨 합성형 추론법의 최종 추론 값은 식(2)와 같다.

$$y_o = \frac{\sum_{\text{개략}} W_i H_i Y_i + \sum_{\text{국소}} w_i h_i y_i}{\sum_{\text{개략}} W_i H_i + \sum_{\text{국소}} w_i h_i} \quad (2)$$

2.2 국소추론 강화 합성형 퍼지 추론법

본 논문에서는 국소추론을 강화하는 세 가지 방법을 제안한다. 첫 번째 방법으로, 식(2)을 변형한 다음의 식(3)과 (4)를 이용한다.

$$y_o = \frac{(1 - h_{\text{국소}}) \sum_{\text{개략}} W_i H_i Y_i + \sum_{\text{국소}} w_i h_i y_i}{(1 - h_{\text{국소}}) \sum_{\text{개략}} W_i H_i + \sum_{\text{국소}} w_i h_i} \quad (3)$$

$$h_{\text{국소}} = \sum_{\text{국소}} h_i \quad (4)$$

여기서 $h_{\text{국소}}$ 는 국소 추론값의 적합도 h_i 의 합계를 나타

낸다. 즉, 적합도가 높으면 합성 후의 추론 실수 값에 국소추론의 결과를 강하게 반영시키려는 것이다.

두 번째 방법은, 국소추론의 결과로 얻은 싱글톤 값에 증량값 w 을 변화시키는 방식이다.

세 번째 방법은, 국소추론의 결과로 얻은 싱글톤의 위치를 영향을 주고자 하는 방향으로 이동시키는 방식이다.

실제로 본 논문에서는 세 번째 방법을 DNA를 이용한 국소추론규칙의 자동생성에 사용하였다.

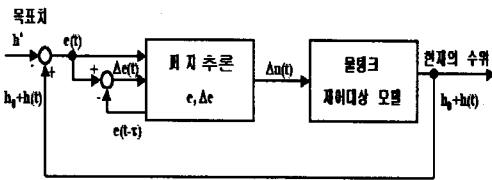
3. 컴퓨터 시뮬레이션

앞장에서 설명한 개략추론과 국소추론을 합성한 퍼지추론 방법을 이용하면 퍼지규칙의 수를 많이 줄일 수 있다는 것을 알 수 있다. 하지만 이렇게 퍼지 규칙을 줄이는 것이 성능의 저하를 가져오거나 퍼지 제어기를 모순 상태에 빠지게 한다면 의미가 없다.

본 연구에서는 실제의 액면제어 탱크 시스템에 적용해 보고, DNA코딩 방법으로 최적화하여 성능의 개선을 시도 해 볼 것이다.

3.1. 퍼지 제어 모델

물탱크 모델을 대상으로 퍼지 제어를 수행하기 위하여 [그림 2]와 같은 블록 선도를 고려한다.



[그림 2] 물 탱크 시스템의 퍼지제어 블록선도
[Fig. 2] Block diagram for fuzzy control of water tank system

2개의 입력 : $e(t)$, $\Delta e(t)$, 범위 [-1, 1]

수위의 편차

$$e = (\text{현재 수위} - \text{목표수위}) / \text{목표수위} \quad (5)$$

수위의 변화분

$$\Delta e = (\text{현재의 수위} - 1 \text{ 단위시간전의 수위}) / 6 \quad (6)$$

1개의 출력 : $\Delta u(t)$, 범위 [-6, 6]

유입량의 변화분

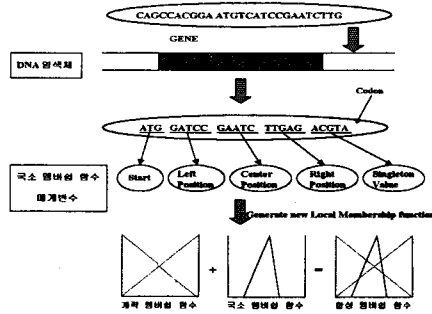
$$\Delta u = \text{추론결과}(y_r) \times 6 \quad (7)$$

본 연구에서는 모델의 이득 5, 시정수 50, 시간지연 0, 목표 수위 40, 초기 수위 0, 20, 40, 60, 80, 시뮬레이션 시간 200 단위로 가정하고 시뮬레이션을 수행한다. [8] 그리고 시스템의 적합성을 고찰하기 위해, 퍼지규칙을 형성하는 각 염색체의 적합도를 평가하는 함수로 식(8)을 사용한다. 여기서 초기 값에 따른 오차 면적의 합을 그 염색체의 평가 함수로 하고, 이 평가함수가 가장 낮은 염색체가 그 세대에서 가장 우수한 인자로 결정한다.

$$\text{평가함수} = \sum_{(초기수위 = 0, 20, 40, 60, 80)}^{200} |h(t) - 40| \quad (8)$$

3.2. 퍼지규칙 생성

생물학적 DNA 기반의 인공 DNA로부터 퍼지규칙의 집합을 생성하는 과정을 간단히 나타내면 [그림 3]와 같이 표현할 수 있다.



[그림 3] DNA 염색체로부터 국소퍼지 규칙의 발생
[Fig. 3] Generation of local fuzzy rules form DNA chromosome

물탱크의 수위제어를 위해 본 연구에서 가정한 4개의 퍼지 추론규칙은 식(9)과 같고, 퍼지 추론식은 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} \text{RULE 1}_{[개략]} : M \text{ and } P2 &\Rightarrow W_1 H_1 Y_1 \\ \text{RULE 1}_{[국소]} : L1 &\Rightarrow w_1 h_1 y_1 \\ \text{RULE 2}_{[개략]} : P1 \text{ and } N2 &\Rightarrow W_2 H_2 Y_2 \\ \text{RULE 2}_{[국소]} : L2 &\Rightarrow w_2 h_2 y_2 \end{aligned} \quad (9)$$

여기서 N_1 과 N_2 는 개략추론 규칙의 Negative 멤버십 함수이고, P_1 과 P_2 는 개략추론 규칙의 Positive 멤버십 함수이며, L_1 과 L_2 는 국소 추론 규칙의 멤버십 함수를 나타낸다. 그리고 퍼지 싱글톤 추론값: $W_1 H_1 Y_1, w_1 h_1 y_1, W_2 H_2 Y_2, w_2 h_2 y_2$ 이다.

3.3. DNA 코딩 알고리즘

DNA 코딩 알고리즘을 순차적으로 살펴보면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[Step 1] 초기 DNA 유전자 생성 : 300개의 Codon을 가지는 100개의 DNA를 난수로 발생시키는 데 $A=0, T=1, G=2, C=3$ 식으로 300×100 의 행렬을 형성한다.

[Step 2] 번역 : ATG를 시작점으로 멤버십은 5자리의 Codon을 취해서 첫 번째 자리는 부호로 나머지 4자리는 4진수 4자리로 인식해서 10진수로 변환한 다음 255 나누어서 -1~1까지의 수로 번역해 내고 폭은 4자리를 취해서 같은 방법으로 번역해 낸다. 나머지 싱글톤의 위치는 부호 없이 4자리를 취해서 같은 방법으로 변환하되 싱글톤의 위치를 -3~3까지 선택 될 수 있도록 해서 국소추론이 합성에 미치는 영향을 조절할 수 있도록 한다.

[Step 3] 평가 : 평가는 앞에서 설명한 면적의 넓이가 최소화하는 규칙을 최적의 규칙으로 선택한다. 또한, 어떠한 초기 조건에서도 적용할 수 있는 규칙을 생성하기 위해서 초기 조건을 5가지(0, 20, 40, 60, 80)로 주고 목표치를 40으로 해서 각각의 면적의 합을 더한 것을 평가 함수의 값으로 사용한다.

[Step 4] 선택 : 엘리트전략으로 먼저 상위 5개의 규칙은 무조건 다음세대로 유전시키고 우수한 DNA를 많이 선택 되게 하기 위해서 룰렛방법에 의해서 선택을 행하게 된다.

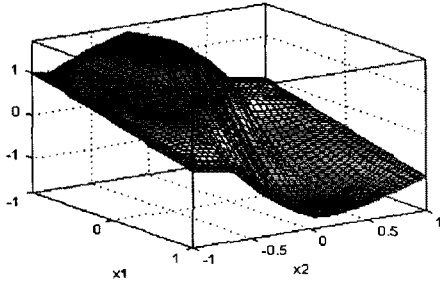
[Step 5] 교차 : 많은 교차의 방법이 있지만 논문에서 사용된 교차의 방법은 교차점 2개를 무작위로 택해서 그 사이의 Codon을 서로 교차시키는 방법을 선택했다.

[Step 6] 돌연변이 : 30개의 Codon에 30%정도의 비율로 무작위의 돌연변이가 일어나게 했다.

[Step 7] 유전반복 : 위의 방법을 세대수만큼 반복한다.

3.4. 자동생성 국소추론에 의한 실제결과

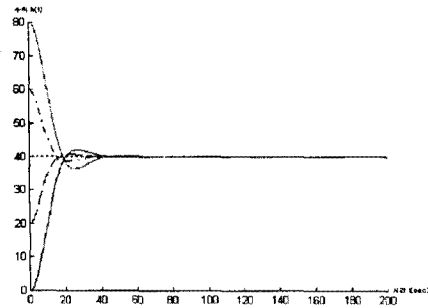
본 논문에서는 개략추론과 국소추론이 합성된 퍼지규칙의 추론 면을 분석한다. [그림 4]는 2000 세대 유전시킨 후의 DNA에서 얻은 퍼지규칙의 추론 면을 보여주고 있다.



[그림 4] 2000세대 후 DNA에서 얻은 퍼지규칙의 퍼지 추론면

[Fig. 4] Fuzzy surface of fuzzy rules from DNA after 2000 generations

DNA 코딩 방법을 실제 적용해서 순환적으로 자동 생성된 국소추론의 퍼지규칙을 물탱크의 액면제어 시스템에 사용하여 시뮬레이션을 실행해 보면 [그림 5]와 같은 그림의 결과를 얻을 수 있다.



[그림 5] 2000세대를 후 얻은 퍼지규칙을 적용한 액면제어 결과

[Fig. 5] Result of level control using the fuzzy rules from 2000 generations

[표 1]은 세대수의 변화에 따른 평가함수의 값을 합한 것으로 세대수가 많아질수록 평가 값이 낮아지는 것을 보여 주고 있다.

[표 1] 세대수에 따른 Δh 의 면적의 합

[Table 1] Sum of Δh areas to the number of generation

세대수	Δh 면적의 합
300	1,703
1000	1,414
2000	1,168

[표 2]에서는 기존의 퍼지추론 방법과 제안한 을 Δh 값의 관점에서 비교하였다. 이 표에서 우리가 제안한 합성형 퍼지추론 방법이 우수한 성능을 보여 주고 있다. 이상에서 알 수 있듯이 1차계 시스템에서는 2개의 국소 추론 만으로도 충분히 원하는 결과를 얻을 수 있다는 것을 입증하고 있다.

5. 결론

이상에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 제안한 방법은 퍼지규칙의 수를 줄여 실시간 제어가 가능하게 한다.
- (2) 전체적 제어 규칙인 개략추론 규칙에다 필요한 곳에 영향을 주는 몇 개의 국소추론규칙을 생성함으로 규칙이 없는 제어불가능 상태에 빠지는 것을 방지한다.
- (3) DNA 방법으로 최적화를 수행할 경우, 최적화 시간에 줄이고도 원하는 결과도 얻을 수 있다.
- (4) 제안한 퍼지 추론법을 이용하여 제어기를 설계할 경우, 국소 추론이 제어기에서 어떤 역할을 하고 있는지 쉽게 알 수 있고, 더 나은 성능을 위해서 쉽게 필요한 곳에 다른 국소추론 규칙을 새울 수 있어, 제어기의 설계과정이 간소화되고, 수정과정이 편리하게 된다.
- (6) 제안한 방법을 물탱크 시스템에 적용한 결과 오버슈트나 정착시간 등등에서 기존의 방법보다 우수한 성능을 보였다.

[표 2] 다른 추론법과 Δh 의 비교

[Table 2] Comparison of Δh to different methods

퍼지 추론 방법	국소추론 수	개략추론 수	세대수	Δh 면적의 합
① 기존의 퍼지 추론방법()	×	25	2000세대	1098
② 합성형 퍼지 추론방법 (국소규칙 보통추론)	2	2	2000세대	1423
③ 합성형 퍼지 추론방법 (국소규칙 강화추론)	2	2	2000세대	1168

6. 참고문헌

- [1] Tomohiro Yoshikawa, Takeshi Furuhashi, Yoshiki Uchikawa. "A Combination of DNA Coding Method with Pseudo-Bacterial GA for Acquisition of Fuzzy Control Rules.". The 1st Online Workshop on Soft Computing (WCSI) Aug.19(Mon) - Aug.30(Fri), 1996
- [2] E. Sanchez. "DNA Biosoft Computing". 9th Annual Meeting of Biomedical Fuzzy Systems Association (Kurashiki, November 15-16, 1996)
- [3] R. C. Murphy, R. Deaton, D. R. Franceschetti, S.E. Stevens Jr, and M. Garzon. "A New Algorithm for DNA Based Computation". Proceedings of the 1997 IEEE International InterMag., 1997 Magnetics Conference, 4/01/1997
- [4] T. Furuhashi, Y. Miyata, Y. Uchikawa. "Pseudo-Bacterial Genetic Algorithm and Finding of Fuzzy Rules." the Second Online Workshop on Evolutionary Computation (WEC2), pp.65-68 (1996)
- [5] T. Yoshikawa, T. Furuhashi, Y. Uchikawa. "A Combination of DNA Coding Method with Pseudo-Bacterial GA for Acquisition of Fuzzy Control Rules". The 1st Online Workshop on Soft Computing (WCSI) Aug.19(Mon) - Aug. 30 (Fri), 1996
- [6] T. Yoshikawa, T. Furuhashi and Y. Uchidawa. "The Effects of Combination of DNA Coding Method with Pseudo-Bacterial GA". Proceeding of the 1997 IEEE International InterMag '97 Magnetics Conference . 4/01/1997
- [7] Benjamin C. Kuo. "Automatic Control Systems". Prentice-Hall International, Seventh Edition, 1995
- [8] Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini, "Feedback Control of Dynamic Systems", Addison-wesley Publishing Company, 1991
- [9] Bahram Shahian, Michael Hassul. "Control System Design Using Matlab". Prentice - Hall International, 1993
- [10] Li-Xin Wang. "A Course in Fuzzy Systems and Control". Prentice-Hall International, 1997
- [11] Bart Kosko. "Fuzzy Engineering". Prentice Hall International, 1997
- [12] Timothy J. Ross. "Fuzzy Logic With Engineering Applications". McGraw-Hill, 1995