

Genetic Algorithm을 이용한 전자레인지 온도 최적 제어패턴 구현

Finding a Temperature Control Method in Microwave Oven using Genetic Algorithm

최이준* 이승구* 임형택* 김성현** 전홍태**
Lee-jon Choy, Seung-Koo Lee, Hyoung-Tack Lim, Seung-hyun Kim, Hong-Tae Jeon

Abstract

In this paper, a method is presented for finding an optimal temperature control pattern in microwaveoven using genetic algorithm. Power spectrum of temperature variance of charcoal is obtained and oven system modeling with fuzzy-neural-network is explained. Fan on/off timing is converted to strings in gene pool and then genetic iterations make the power spectrum of simulated temperature variance of microwave oven closer to that of charcoal.

1. 서론

식기세척기, 에어컨, 그리고 전자레인지등과 같은 가전제품은 여러관련분야의 기술을 종합하여 만들어진 시스템으로 실생활에 없어서는 안될 필수품이다. 따라서 가전제품의 성능을 향상하고 소비자의 욕구를 충족할 수 있도록 하기위한 연구가 계속적으로 이루어지고있다. 소비자의 요구나 만족도는 성능평가의 중요한 지표이며 이러한 성능지표를 향상시키기 위해서 가전제품의 제어에 관한 연구가 최근의 주요 연구과제가 되고 있다. 최근까지 이러한 연구는 시스템의 명확한 수학적 모델을 바탕으로 설계하는 방식과 시행착오에 의한 방식이었으나 실제의 가전제품은 여러 기계적 요소와 전기, 전자의 복합체로써 고도의 비선형 특성을 갖고 있으므로 명확한 수학적 모델을 구하기란 쉽지않고 이를 바탕으로 제어시스템 설계시 제한된 성능에 만족할 수 밖에 없으며 시행착오법은 실험시 많은 시간과 비용이 든다.

일반적으로 숯불구이에 의해 조리된 음식은 독특한 맛을 갖는데 그 원인으로는 여러가지가 있으나 숯 고유의 향과 숯불온도변화의 특성이 주된 요소로 추정되며 이 중에서 숯불온도변화 특성을 전자레인지 내에서 재현시켜 가능한한 숯불가열과 유사한 효과를 갖게함으로써 음식의 맛을 제고하고자 한다. 본 논문에서는 인공지능 기법인 유전 알고리즘, 신경망 그리고 퍼지 이론을 이용하여 실제 측정 데이터를 바탕으로 시스템 모델링을 수행하여 시간과 비용을 절감하고 원하는 성능을 만족하는 제어시스템을 개발한다. 이러한 기법은 앞서 열거한 여러 문제점을 효율적으로 해결할 수 있다. ([1]~[2])

* LG전자 생활시스템 연구소 Living System Lab. LG Electronics,
** 중앙대학교 전자과 Dept. of Electronic Engineering Chung-Ang Univ.

2. 적용 이론 개요

2.1 뉴럴-퍼지 시스템

입출력 데이터에 의한 퍼지 모델링을 수행하기 위해 Sugeno가 제안한 퍼지 모델링 기법을 사용하였고([3]~[4]), 제안한 퍼지함의는 다음과 같다.

$$R^i : \text{If } x_1 \text{ is } A_1^i \text{ and } \dots \text{ and } x_k \text{ is } A_k^i \quad (2-1)$$

$$\text{then } y^i = a_0^i + a_1^i x_1 + a_k^i x_k$$

여기에서 R^i 는 i 번째의 제어규칙 혹은 함의이고, $x_j (j=1,2,\dots,k)$ 는 입력이다. 그리고, y^i 는 출력이며, 또한 $A_1^i \sim A_k^i$ 는 퍼지변수를 나타낸다. 뉴럴-퍼지 추론 모델을 이용한 시스템 식별은 그림 2-1과 같으며, 뉴럴-퍼지 추론 모델은 퍼지 규칙(fuzzy rule)과 추론 과정(the process of fuzzy reasoning)을 그림 2-2와 같은 신경망(neural network)구조로 구현한 것이며, 뉴럴-퍼지 추론모델의 전건부는 (A) ~ (C) 층(layer)으로 표현된다. 퍼지-뉴럴 제어기의 후건부는 (D) ~ (G) 층으로 표기되며, 실제 제어량 발생을 위한 최종 추론값을 계산한다.

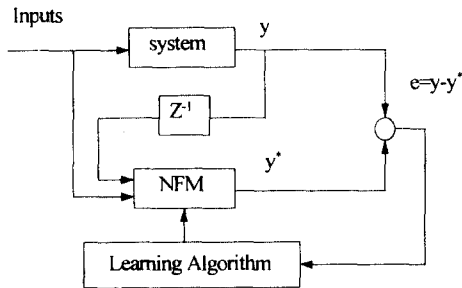


그림 2-1. 뉴럴-퍼지 모델을 이용한 시스템 식별

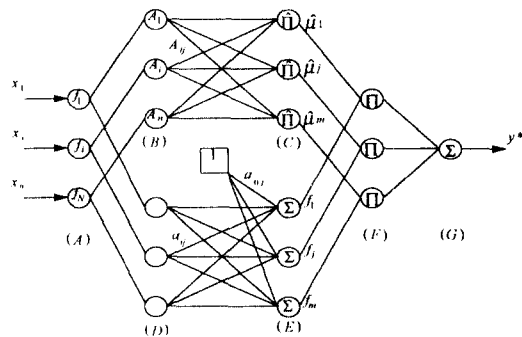


그림 2-2. 뉴럴-퍼지 추론 모델의 구조

2-2. 유전 알고리즘(Genetic Algorithm : GA)

유전 알고리즘을 문제 해결에 적용시키기 위해서는 '염색체 상에 문제의 해를 부호화 하는 방법'과 '문제속에서 염색체의 가치를 측정하는 평가 함수 설정 방법'의 2가지 매카니즘을 사용해야 한다. 첫번째의 경우 부호화하는 기술은 문제마다 다르며 부호화는 비트 스트링(bit string)으로 수행한다. 두번째의 경우 평가함수는 유전 알고리즘과 해결해야할 문제를 결합시켜주며 또한 염색체를 입력으로 받아 해결할 문제에 대한 염색체의 적합도의 측정을 제공한다. 이러한 유전 알고리즘은 미지의 함수 $Y = G(x)$ 의 최적해를 발견하는 모의진화(Simulated evolution) 형의 탐색(Search)알고리즘의 성격을 갖는다. ([5]~[7])

3. 숯불구이 온도특성 분석

숯불구이 온도특성을 재현하기 위해 업소용 숯불화로에 참나무숯을 넣고 화력이 일정수준에 도달한 시점에서 화로위에 석쇠를 놓고 중앙지점의 온도변화를 측정하고 그 온도파형 및 Power Spectrum은 그림 3과 같다. 이때 숯불 온도 변화 특성을 전자레인지 내에서 재현시켜 가능한한 숯불 가열과 유사한 조리효과를 갖게 하기 위하여 그림 3-2의 참나무 숯불 Power Spectrum의 근사 직선 (a - b)과 최대한 근접한 온도특성을 갖도록 전자레인지의 온도제어를 하고자 한다.

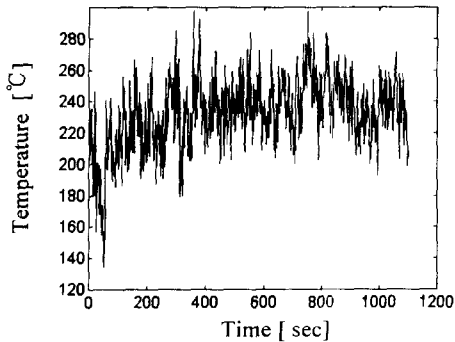


그림 3-1 참나무숯불 온도변화 파형

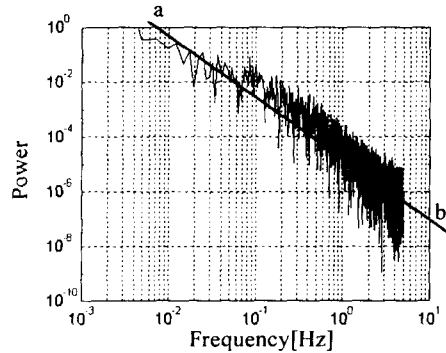


그림 3-2 참나무숯불 온도변화 Power Spectrum

4. 전체 구성도

숯불온도특성 재현을 위한 전체 구성은 그림 4와 같다. 여기서 Fan On/Off Controller란 전자레인지 조리실 안쪽 상부에 위치한 Grill Heater에 의해 조리실 온도(석쇠 중앙부)가 일정 수준에 도달한 후 Fan으로 바람을 불어넣어 온도 파형이 감소/상승 하도록 제어하며, Modeling부에서는 주어진 Fan On/Off 신호에 대해 예상되는 조리실 내 온도변화 파형을 Simulation한다. 다음, Spectrum 발생부에서는 이 Simulation파형의 Power Spectrum을 계산하고 이 값이 3절에서의 숯불구이의 근사직선 (a - b)에 접근하도록 Genetic Algorithm을 적용하여 Fan On/Off시점을 최적화해 나간다.

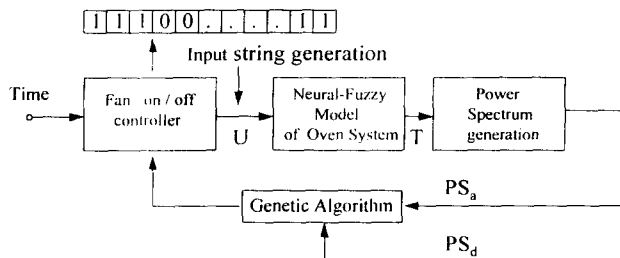


그림 4 최적 온도제어 패턴 구현을 위한 전체 구성도

5. Oven System Modeling

Fan On/Off 와 조리실 온도변화 간의 입출력 관계는 다음과 같은 비선형 특성을 갖는다.

$$T(t) = f(T(t), U(t)) \quad (5-1)$$

여기서 T는 온도, U는 입력으로서 Fan의 On/Off 이다. 식(5-1)의 비선형 특성의 Modeling 을 위해 Sugeno([3]~[4]) 등에 의해 제안된 혼합 퍼지추론 방식을 그림 2-2와 같이 신경망 구조로 구현한 퍼지 - 뉴럴 추론 모델을 적용하였다. 혼합추론 방식은 상대적으로 적은 규칙을 가지고 비선형 함수를 보다 정확하게 투영할 수 있는 장점을 갖는 것으로 알려져 있다. 상기의 Modeling 에 의한 온도추정의 결과를 그림 5 에 보인다. 여기서 그림 5-1은 임의로 주어진 Fan On/Off Timing 패턴이고 이것을 입력으로 한 출력의 실제 - 추정의 비교를 그림 5-2 에 보인다.

ON	14	3	3	3	12	5	5	30
OFF	12	1	5	2	6	1	7	5

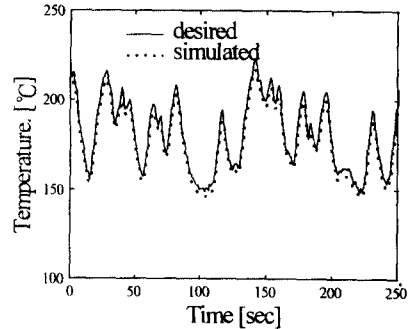


그림 5-1 Fan On/Off Timing 패턴 예(단위:초)

그림 5-2 Oven Modeling 결과 비교

6. Genetic Algorithm 을 이용한 Fan 제어 최적화

6.1 Genetic Algorithm 적용 조건

6.1.1 String 구성

Genetic Algorithm 적용 조건은 숯불구이 재현시간을 총 8분으로 하고 전반 4분 동안의 Fan On/Off 입력 String 을 전체 String으로 하여 그림 6-1 과 같이 구성하였다.

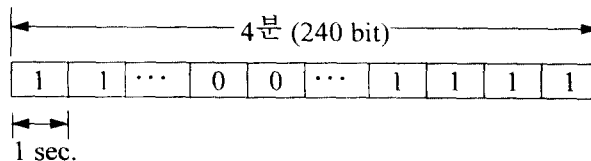


그림 6-1 Fan 제어를 위한 입력 String 표현

7. 결론

본 논문에서는 비선형적인 요소가 많아 명확한 수학적 모델을 구할 수 없는 전자 레인지 시스템에서 숯불구이의 가열특성을 재현하기 위해 전자 레인지 Fan 과 조리실내 온도간의 뉴럴-퍼지 모델링을 하고 Genetic Algorithm을 이용하여 Fan On/Off 제어의 최적해를 구한 후 이를 실제의 전자레인지에 적용하여 숯불의 온도변화 특성에 접근시킴으로써 “숯불구이 전자레인지”가 Pet Name 이상의 의미로서 실질적 구이요리에서의 맛향상을 실현할 수 있었다.

8. 참고문헌

- [1] Ho-Jin Seong, Seong-Hyun Kim, et al, “ Design of GA-Fuzzy-Neuro Control System for a Dish Washer”, 94년도 퍼지 추계 학술 대회, Vol. 4, No. 2, pp. 79~84, 1994
- [2] Min-sub Shim, et al., “ A Learning Control of AirConditioner in the field using Evolutionary Algorithms ”, 95년도 퍼지 추계 학술 대회, Vol. 5, No. 1, pp. 221~226, 1995
- [3] Tomohiro Takaki, Michi Sugeno, “ Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and control,” IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-15, No. 1, 1985
- [4] M. Sugeno and T. Takaki, “ Multi-dimensional fuzzy reasoning ”, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 9, No. 2, 1983
- [5] David E. Goldberg, “ Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning ”, Addison -Wesley Publishing Company, 1989
- [6] Yubal Davidor, “ Genetic Algorithms and Robotics, A heuristic Strategy for Optimization ”, World Scientific Publishing Co., 1991
- [7] Joey K. Paker, Ahmad R. Khoogar, David E. Goldberg, “ Inverse Kinematics of Redundant Robots using Genetic Algorithms ”, Proceedings 1989 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 271~276, 1989