

Rough Set 이론을 이용한 전자동 세탁기의 포량 감지에 관한 연구

Detection of Laundry Weights in the Washing Machine Using The Rough Set Theory

김 형 섭*, 최 이 존, 고 범 석
LG 전자 리빙시스템연구소 제어팀

Hyung-Sup Kim*, Lee-Jon Choy, Bum-Suk Ko

Home Appliance Control Team, Living System Research Laboratory, LG Electronics Inc.

E-mail : hskim@lsl.lge.co.kr

<요 약>

최근들어 가전제품은 90 년대를 전후로 고품질화, 고기능화, 다양화, 지능화로 추세가 한층 가속화되고 있다. 즉 퍼지, 신경회로망, 카오스, 유전자 알고리즘등으로 대표되는 soft computing 기술을 적용하여 가전제품의 인공지능화를 추구해 왔으며 한편으로는 첨단이론을 적용한 가전제품의 수명은 점점 단축되고 있는 실정이다. 한편 환경보호에 대한 사회 전반적인 인식의 확대로 에너지 절약에 대한 관심이 고조되고 있다. 따라서 세탁기 사용에 있어서 세탁량을 정확히 감지하여 오감지로 인한 과도한 세탁수 사용을 방지할 수 있는 알고리즘을 개발하면 한정된 에너지를 절약하는데 큰 기여를 할 수 있다. Soft computing 기술의 하나인 Rough set 이론을 적용하여 세탁량(포량)감지 알고리즘개발에 관해 기술한다.

1. 서 론

최근들어 다양한 Soft computing 기술이 가전 제품에 적용되어 고품질화, 고기능화, 다양화, 지능화에 큰 기여를 해 왔으나, 한편으로는 이러한 가전제품의 수명을 단축시키는 경향도 뚜렷해졌다.

그러나 환경보호라는 소비자들의 인식이 높아짐에 따라 제한된 에너지를 절약하려는 운동 또한 활발히 전개되고 있는 실정이다. 특히 세탁기의 경우 포량을 오감지하여 과도한 물사용으로 인해 에너지 낭비의 원인이 되고 있다. 따라서 보다 정확한 포량을 감지하여 적정량의 물을 사용하면 세탁시간의 단축 및 세탁수의 절약이 가능하게 된다. 그러나 포량을 정확히 감지하기 위해서는 별도의 무게센서를

사용하면 해결될 수도 있지만 이것은 cost 상승이라는 부담을 사용자에게 전가시켜야 하는 역효과가 있기 때문에 가능한 한 cost 상승없이 정확한 포량감지 알고리즘이 절실히 요구되고 있다.

Rough set 이론은 1980 년대 초반 폴란드의 Pawlak 교수에 의해 제안된 이론으로 부정확함 (imprecision), 모호함(vagueness), 불확실성 (uncertainty)을 다루는 새로운 수학적 접근방법이다. 불안정한 지식을 이해하고 다루는 방법에 대해서는 많은 접근법이 있지만 그중에서도 의심할 여지가 없이 가장 훌륭한 것 중의 하나가 바로 Zadeh 교수에 의해 제안된 Fuzzy set 일 것이다.

한편, 이러한 문제에 대한 새로운 수학적인

방법중의 하나인 Rough set 이론의 원리는 모든 대상에 어떤 정보를 연관시킨다는 가정에 기초를 두고 있다.

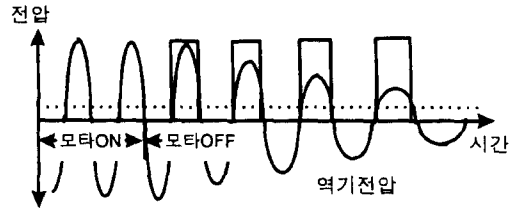
2. 세탁기의 포량감지 알고리즘

2.1 개요

전자동세탁기에 있어서 세탁을 시작하기 전에 세탁량을 감지하여 포량에 맞게 수위를 결정해야 하는데 이때의 포량감지방법은 모터축에 설치된 Gear의 회전시 발생하는 자속변화를 Hall IC가 내장된 홀센서로 전기적 신호인 구형파로 변화시켜 이것을 감지하여 수위를 결정하는 방법, 즉 포량에 따른 잔류회전력을 감지하여 얻어진 펄스갯수로 포량레벨을 판정하는 방법과 모터의 역기전력에 의한 신호가 일정 전압이상일때 구형파가 발생하도록 만들어 포량에 따른 잔류회전력에 의해 발생하는 펄스갯수로 판정하는 2가지 방법이 주로 사용되고 있다. 그러나 이 2가지 방법 모두 일정 포량까지는 제대로 포량판정을 할 수 있지만 그 이상의 포량에 대해서는 오판정을 할 확률이 높기 때문에 실제의 포량보다 높게 판정하게 되면 세탁수위가 높게 설정되어 물낭비뿐만 아니라 세탁시간도 길어지게 되어 전력소모도 초래된다. 한편 실제 포량보다 낮게 판정하게 되면 세탁수위가 낮게 설정되어 세탁이 제대로 되지 않을 뿐만 아니라 포손상도 심하게 되는 문제점을 안고 있다.

본 연구의 대상 시스템에서 사용할 수 있는 있는 센서종류로는 수위의 높이를 측정하기 위한 수위센서(압력센서)와 부가적으로 사용할 수 있는 신호로는 모터에서 나오는 전압, 전류신호만을 사용하여 cost 상승없이 보다 정확한 포량감지 알고리즘을 개발하는 것이 목적이다. 모터의 역기전력을 이용하여 잔류회전력을 측정하여 포량을 판정하는 종래의 방

법을 설명하면 아래 [그림 1]과 같다.

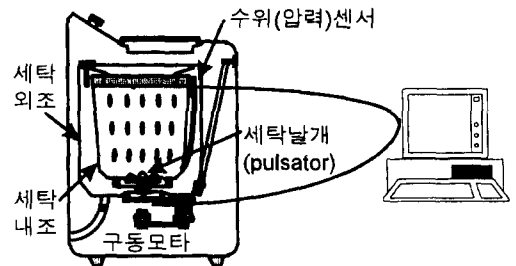


[그림 1] 종래의 모터역기전력을 이용한 포량 감지방법

즉, 모터를 일정시간 On 시킨후 Off 시키면 관성력에 의해 세탁날개는 일정시간동안 회전한 후 멈추게 된다. 이때 잔류회전시간은 부하량(세탁물의 양)에 따라 다르게 되므로 포량에 대한 정보를 얻을 수 있게 된다.

2.2 새로운 포량감지 알고리즘

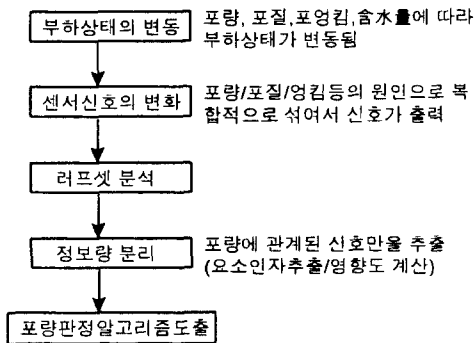
일반적으로 세탁기의 세탁날개에 걸리는 부하변동의 순시값들은 포량, 포질, 영킴정도 그리고含水量등에 의해 영향을 받는다. 따라서 모터의 역기전력신호에는 위에서 언급한 정보량이 섞여서 나오게 되며 이러한 정보량을 목적에 맞게 분리해 낼 필요가 있다.



[그림 2] 대상시스템의 구성 및 실험장치도

한편 수위센서로부터의 신호에도 위의 정보량이 포함되어 있으므로 이 2개의 신호중

포량에 관계된 정보만을 추출하여 포량판정에 사용하면 보다 정확한 포량판정이 가능하게 된다. 결국 2 개의 센서신호를 적당한 신호처리 기법으로 변환시킨 후 Rough set 분석을 통하여 포량에 관한 정보를 가장 많이 포함하고 있는 센서신호를 찾아내어 알고리즘을 구성하는 것이다. 포량판정 알고리즘의 개발 Flow 는 아래 [그림 3]와 같다.



[그림 3] 포량감지 알고리즘 개발 Flow

3. 실험결과

포량판정에 대한 실험데이터는 [표 1]과 같다. 여기에서 러프셋 분석을 위해 각각의 신호를 아래와 같이 10 개의 class 로 분류하였다.

$(-\infty, m-4\sigma/3], (m-4\sigma/3, m-\sigma], (m-\sigma, m-2\sigma/3],$
 $(m-2\sigma/3, m-\sigma/3], (m-\sigma/3, m], (m, m+\sigma/3],$
 $(m+\sigma/3, m+2\sigma/3], (m+2\sigma/3, m+\sigma],$
 $(m+\sigma, m+4\sigma/3], (m+4\sigma/3, \infty)$
 여기서 m 는 평균, σ 는 표준편차임

A~D 중 2 개의 신호는 수위센서로부터 그리고 나머지 2 개의 신호는 모터의 역기전력신호를 적절한 신호처리를 하여 변환된 신호이다.

포량	신호 A	신호 B	신호 C	신호 D
0 Kg	3	3	6	10
2	7	8	7	7

7	4	4	6	3
5	10	10	6	5
9	1	1	7	1
3	7	7	6	6
7	5	5	4	4
2	8	8	3	8
8	2	2	9	3

[표 1] 변환된 정보테이블

[표 1]을 이용하여 러프셋 분석을 행해본 결과는 아래 [표 2]에 정리한다.

포량 상태 (Kg)	제거된 속성(removed condition)							
	No	A	B	C	D	{B, C}	{A, B}	{A, B, C}
0	1	1	1	1	0.2	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	0.5	1	1	1
3	1	1	1	1	0.5	1	1	1
4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0
5	0.3	0.3	0.3	0	0.3	0	0.3	0
6	1	1	1	1	0.3	1	1	0
7	1	1	1	1	0.5	1	1	0
8	1	1	1	1	0.5	1	1	0.2
9	1	1	1	1	1	1	1	1
$\gamma(D)$	0.9	0.9	0.9	0.8	0.6	0.8	0.9	0.5

[표 2] 센서값 A,B,C,D 중 일부를 제거했을 때의 근사정확도(accuracy of approximation)

[표 2]의 결과를 분석해 보면 센서속성 A,B는 센서속성집합으로부터 제거되더라도 원래의 근사정확도와 같으므로 redundant 한 속성이므로 포량감지를 할때 영향을 주지 못하는 속성이 된다. 한편 A,B,C,D 중 D를 제거했을 때

에는 근사정확도가 0.9에서 0.6으로 떨어지게 되어 4개의 조건부 속성중 포량감지시 가장 영향도가 큰 센서속성을 갖는다. 즉 포량감지에 대해 가장 많은 정보를 갖고 있음을 알 수 있다

한편 A, B, C를 제거하고 D의 센서신호 하나만으로 포량을 감지하는 경우, 근사정확도가 0.5 정도임을 알 수 있다. 위의 분석결과를 보면 최소한 2개의 신호를 조합하여 포량을 판단하게 될 경우 약 0.9 정도의 근사정확도를 갖게 됨을 알 수 있다. 신호 A,B,C,D의 4개 신호를 조합하여 포량을 판단할 경우에는 0.9의 근사정확도를 갖게 되므로 0.9의 근사정확도를 갖는 신호의 조합으로는 {B,C,D}, {A,C,D}, {C,D}임을 알 수 있다. 즉, 3개의 relative reduct를 갖고 있다.

- Relative Reduct : C1, C2, C3

C1={C,D}, C2={B,C,D}, C3={A,C,D}

포량감지신호로 신호 C, 신호 D를 이용하여 value reduct를 구하면 포량판정 규칙을 찾아낼 수 있다.

[포량판정규칙]

- 규칙 1

If (D, 10), then 판정포량=0kg

- 규칙 2

If (D, 9), then 판정포량= 1kg

- 규칙 7

If [(C, 7) and (D, 4)] or [(C,6) and (D,4)],
then 판정포량= 6kg

- 규칙 8

If [(C, 4) and (D, 4)] or [(C,7) and (D,3)] or

[(C,6) and (D,3)], then 판정포량= 7kg

- 규칙 9

If (D, 2)] or [(C,1) and (D,3)] or

[(C,9) and (D,3)], then 판정포량= 8kg

- 규칙 10

If (D,1), then 판정포량= 9kg

4. 결 론

종래의 포량감지 알고리즘에 적용된 센서는 보통 Hall IC나 모터의 역기전력방식을 각각 사용해서 판단하고 있으나 정확도 측면에서 본다면 오판정의 확률을 가지고 있으므로 과도한 물사용으로 인해 에너지 낭비의 문제를 안고 있을 뿐만 아니라 세탁시간도 길어지게 되어 전력소비량도 증가하게 된다.

본 연구에 있어서는 모터의 역기전력과 수위센서를 조합하여 포량판단을 하게되면 종래보다 정확한 포량판정을 할 수 있다. 또한 2개의 센서를 조합해서 생기는 결정규칙의 look-up table의 크기가 증가하는 문제도 value of reduction 방법으로 look-up table의 크기도 줄일 수가 있다. 향후에는 센서 fusion의 개념으로도 응용할 수 있으며 새로운 기능의 창출에도 cost 상승없이 큰 기여를 하리라 판단된다.

[참고문헌]

[1]. Pawlak, "Rough Sets : Theory and Applications",

한국퍼지및 지능시스템 추계학술대회, 1996

[2]. Mrozek, "Rough Sets in computer implementation of rule-based control of industrial processes", Intelligent Decision support, 1992, pp19~31

[3]. Duntsh, Gediga, "The Rough Set Model of Data Analysis - Introduction and Overview", 1996

To appear: <http://frege.infj.ulst.ac.uk/papers>

[4]. Nguyen, "Searching for Approximate Description of Decision Classes", The 5th International Work- shop on Rough Sets, Fuzzy Sets, and Machine Discovery, pp153~161, 1996