

# 조업 자동화 시스템을 위한 퍼지 모델 시뮬레이터 개발

박건국, 김영봉  
부경대학교 IT 융합응용공학과  
e-mail: pkk1113@naver.com, ybkim@pknu.ac.kr

## Development of Fuzzy Model Simulator For Automation Fishing System

Keon-Kuk Park, Young-Bong Kim  
Dept. of IT Convergence and Application Engineering, Pukyong National University

### 요 약

지난 해 롤스로이스의 무인 선박 개발 프로젝트(AAWA) 본격화 등 선박과 관련된 무인 자동화 기술 개발이 활발해지면서 국내의 R&D 사업이 많이 증가하였다. 특히 국내에서는 퍼지 모델을 이용한 RVC 지능 시스템 등 퍼지 이론을 사용한 기술들이 최근까지도 발표되고 있다. 퍼지 모델을 결정하기 위해선 해당 시스템에 대한 전문 지식뿐만이 아니라 다양한 환경에서의 반복적인 실험과 수정을 필요로 하기 때문에 시뮬레이터를 만들어 실험하게 되는데 대부분의 연구에서 시뮬레이터가 제작되는 비용과 시간에도 불구하고 해당 퍼지 모델을 위해서만 쓰이게 된다. 따라서 본 논문에서는 다양한 환경에서 퍼지 모델을 반복 실험할 수 있도록 시뮬레이터를 개발하였으며 기존의 퍼지 모델 일부를 본 시뮬레이터에 적용하여 같은 실험을 할 수 있음을 보이고 이를 통해 퍼지 모델을 만드는데 드는 시간과 비용을 줄일 수 있음을 보였다.

### 1. 서론

조업 자동화 시스템의 필요성이 대두되면서 이를 실험하기 위한 시뮬레이터의 개발 또한 요구되고 있다. 국가지표체계에 따르면 어가(漁家)수 및 어가인구수가 10 년동안 23%가 줄었으며 앞으로 더 줄어들 전망이다. 어가 인구수가 주는 것과 더불어 한국의 어가인 연령 중 65 세 이상 비중은 반대로 22.7%에서 35.2%까지 올라감으로써 어가인의 고령화가 많이 진행된 상태라는 것을 알 수 있다[1]. 이는 결과적으로 선원 구인난이 진행됨에 따라 국내외에서는 이를 해결하기 위한 방법으로 조업자동화에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 정부의 무인기술에 대한 적극적인 관심으로 최근 조업자동화 R&D 과제가 증가중에 있다[2]. 조업 자동화 시스템은 복잡한 해양 환경에서 목적을 이루어야 하기 때문에 선형적 모델로는 한계가 있으며, RVC 지능 시스템(Won-ho Lee 2003), 퍼지제어 알고리즘(Su-bong Park 2017) 등의 비선형적인 제어 시스템을 필요로 한다[3]. 그 중 퍼지 모델을 언어적인 제어규칙으로부터 추론을 통해 제어 입력을 결정하고 퍼지 소속 함수를 통해 비선형적인 값을 도출하는 알고리즘으로서 산업에서는 그 실용성을 인정 받고 널리 쓰이고 있는 기술이다[4]. 퍼지 모델은 퍼

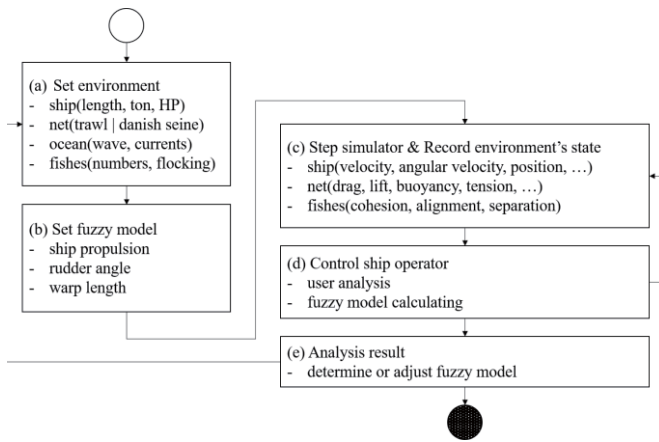
지 소속 함수와 퍼지 연산 메모리의 차이에 따라 입력 값에 대한 계산 결과 값이 달라지게 되며 이들 함수와 메모리를 결정하기 위해서는 시스템 동작의 전문 지식과 더불어 반복적인 실험과 수정을 필요로 한다. 또한 이를 현실의 선박에 적용하여 실험을 하기에는 그 비용과 안전등 경제적인 측면에서 적합하지 않다[5]. 또한 대부분의 연구에서 퍼지 모델을 만들기 위해서 해당 퍼지 모델을 실험할 수 있는 시뮬레이터를 제작하는데 다소 시간과 비용을 들이게 된다. 이런 시뮬레이터들은 대부분 현재 퍼지 모델만을 실험하기 위해서만 구현됨으로 재활용성에 있어서 불리하게 작용한다.

따라서 본 논문에서는 다양한 해양 환경에서 퍼지 모델을 실험할 수 있는 시뮬레이터를 제안하려고 한다. 2 절에서는 시뮬레이터의 구조와 기능을 보일 것이며, 3 절에서는 본 시뮬레이터를 적용하여 기존의 퍼지 모델을 실험할 수 있었음을 보이고 해당 퍼지 모델의 결과를 보일 것이다.

### 2. 퍼지 모델 시뮬레이터 개요

퍼지 모델 시뮬레이터는 환경을 설정하고 선박을 조정하여 조업을 할 수 있도록 되어 있다. 선박의 조정은 추진력 증감과 선회 타각 조정 그리고 끝줄의

길이 조정의 3 가지로 이루어져 있으며 기본적으로 사용자가 조정할 수 있다. 여기에 퍼지 모델의 실험을 할 수 있도록 선택에 따라서 사용자 조정을 입력한 퍼지 모델에게 위임할 수 있도록 되어 있다. 시뮬레이터의 흐름은 (그림 1)과 같이 이루어져 있으며 (a)는 퍼지 모델을 실험할 환경을 설정하며, (b)에서는 위임할 선박 조정과 그에 대한 퍼지 모델을 결정한다. (c)는 물리 계산식을 이용하여 고정된 시간 계단(Time Step) 만큼 시뮬레이터를 진행시킨다. (d)에서는 기본적으로 사용자 분석에 따라 선박의 조정을 결정하나, (b)에서 위임한 조정은 해당 퍼지 모델에 따라 계산된다. (e)는 퍼지 모델을 교환할지 또는 수정할 지 정하는 부분으로 (c)와 (d)를 일정 수 반복하여 의도하는 목적에 이루는 정도를 보고 판단한다.



(그림 1) 시뮬레이터 흐름 개요

2.1 환경 설정 단계

본 논문에서 제공하는 환경에는 선박, 그물, 어군, 그리고 해양이 있으며 물리 계산식을 통해 서로 상호 작용한다. 다양한 환경에서도 퍼지 모델이 올바르게 작동하는지 실험할 수 있도록 많은 부분에서 사용자가 설정할 수 있도록 되어 있다. 선박은 선체 길이, 무게 그리고 마력을 설정할 수 있으며, 그물은 트롤 조업용(저층, 중층)과 외끌이 조업용을 제공 선택할 수 있다. 어군은 물고기의 수와 크기를 기본적으로 정하며 어군의 자연스러운 운동을 위해 플로킹 알고리즘을 통해 구현하였는데 기본적으로 2 가지 어종에 대해서 이미 값이 있으며, 추가적으로 필요한 경우 플로킹 알고리즘에 필요한 변수들을 직접 입력하도록 되어 있다. 마지막으로 해양은 파랑과 조류로 이루어지며 파랑의 경우 방향, 파고, 파장, 그리고 주기를 정할 수 있고 조류의 경우 방향과 속도를 설정할 수 있으며 최대 5 개까지 수심별로 설정할 수 있다.

2.2 퍼지 모델 설정 단계

본 논문에서 제공하는 퍼지 모델은 삼각 소속 함수를 제공한다. 퍼지 모델이 값을 추론할 수 있도록 5x5 행렬의 퍼지 연상 메모리를 제공하며 NB(Negative Big), NS(Negative Small), ZO(Zero), PS(Positive Small), PB(Positive Big)로 이루어진다.

퍼지 모델 설정 단계에서는 (그림 3 의 우측)과 같

이 설정 창을 통해 오차, 오차율 그리고 제어를 위한 퍼지 소속 함수 3 개를 설정해주어야 하며, 오차 퍼지 소속 함수에서는 퍼지 소속 함수의 입력(input) 값으로 사용할 계산식을, 제어 퍼지 소속 함수에서는 출력(output)을 제어 입력 값(control)으로 변환하는 계산식을 각각 넣어주어야 한다. 또한 퍼지 추론을 위한 5x5 행렬의 퍼지 연상 메모리 값 25 개를 설정해 준다.

2.3 시뮬레이터 진행 및 상태 기록 단계

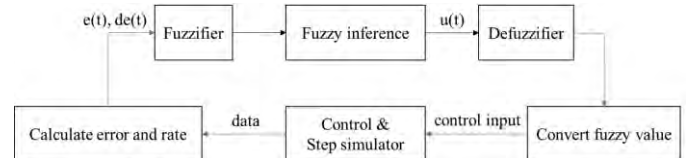
시뮬레이터를 정해진 시간 단계만큼 진행시키고 그 후 시뮬레이터 내 객체들의 현재 상태를 기록한다. 이렇게 기록된 데이터는 퍼지 모델이 추적하여 퍼지 모델 입력 값을 구하는데 사용된다. 각 객체 별 기록 자료는 다음과 같다.<표 1>과 같다.

Objects	Recorded Data	
Ship	- position - velocity - angular velocity - direction	- angle - torque - acceleration
Net	- center position - direction - warp left(right) length - warp drag force - warp lift force	- width - height - trawl door position - trawl door direction - danish seine warp length
Fishes	- center position - direction	- range box size(width, height, depth) - head, tail position

<표 1> 객체 별 기록되는 속성 값

2.4 선박 조정 단계

2.2 절에서 선택한 퍼지 모델은 (그림 2)의 자료 흐름도로 data 는 2.3 절에서 기록한 자료를 뜻하며, t 는 프레임을 나타낸다. e(t)는 프레임별 추적중인 data 값의 오차(error)를, de(t)는 오차율(error rate)을 표현한다. u(t)는 퍼지 추론 후 디퍼화지기를 통해 정규화된 값이며 이를 2.2 절에서 설정한 변환 공식을 통해 제어 입력 값(control)으로 변환한다. 제어 입력 값은 그대로 선박의 추진력, 타각, 그리고 그물의 끌줄 길이를 조정하는 값으로 쓰이며 2.3 절의 진행에 영향을 미친다. 추진력과 끌줄 길이는 0 부터 시작하는 양수 값을 입력으로 사용하며, 선회 타각은 -35 에서 35 까지 범위의 값을 가지며 음수는 좌측 각도, 양수는 우측 각도의 값을 표현한다.



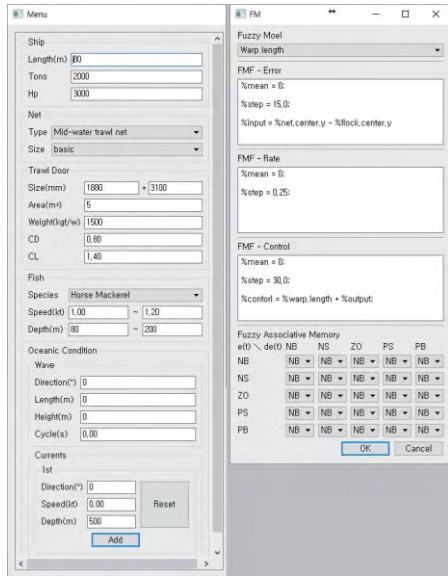
(그림 2) 퍼지 모델 자료 흐름도

2.5 결과 분석 단계

2.4 절에서 시뮬레이터 기록 정보와 시뮬레이터 결과를 보고 현재 실험한 퍼지 모델을 선택할지 수정 후 다시 실험할 지 결정한다. 또 한 실험 간의 비교를 위하여 현재의 결과를 저장할 수 있도록 하였다.

### 3. 기존 퍼지 모델의 시뮬레이터 적용

본 논문에서는 2 절에서 기술한 시뮬레이터를 개발 하였으며 선박 조정 중 선회 타각 조정과 끌줄 길이 조정을 위한 기존의 퍼지 모델을 실험하였다. (그림 3) 은 (그림 1)의 (a)(좌측)과 (b)(우측)을 설정하는 창이다.



(그림 3) 실험 환경 설정 (좌측-환경 설정, 우측-퍼지 모델 설정)

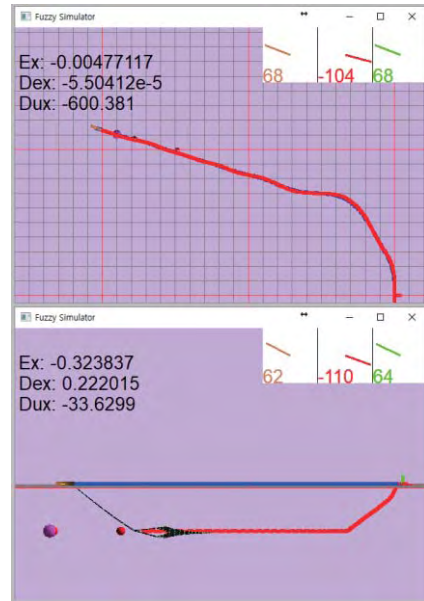
(그림 4)는 (Subong Park 2017)에서 소개된 선회 퍼지 모델(상단)과 끌줄 길이 조정 퍼지 모델(하단)을 본 시뮬레이터에서 실험한 결과 이미지이다. 빨간 선은 그물의 이동 경로를 뜻하여, 파란 선은 선박의 이동 경로를 보여준다. 또한 현재 실험하고 있는 퍼지 모델의 값을 실시간으로 추적할 수 있도록 좌상단에 해당 값을 표현하고 있다. Ex 는 퍼지 모델에 입력되는 오차를 Dex 는 오차율을 그리고 Dux 는 제어 입력 값을 뜻한다.

### 4. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 조업 자동화의 필요성에 대응하여 조업 자동화 기술 중 널리 쓰이는 퍼지 모델을 살펴 보았고, 퍼지 모델을 실험하기 위한 시뮬레이터의 필요성을 보였으며, 현재까지 퍼지 모델들을 연구하기 위해 만든 시뮬레이터들의 (특정 퍼지 모델만을 위한 다는) 특수성을 들어 재활용성의 불리한 점과 퍼지 모델 연구에 있어서 시뮬레이터 제작이 갖는 비용과 시간의 문제점을 지적하였다. 본 논문에서는 복잡한 변수로 작동하는 해양 환경과 상호 작용하며 작동하는 퍼지 모델 시뮬레이터를 개발하였다. 또한 3 장에서 이를 통해 기존의 퍼지 모델을 실험하여 같은 결과를 얻음으로써 기존 시뮬레이터 과정에서 벗어나 퍼지 모델 제작에 있어서 시간과 비용을 줄일 수 있음을 보였다.

추후 연구로는 시뮬레이터에서 제공하는 퍼지 소속 함수의 종류를 늘릴 것이며 선박의 장애물 회피에 중

점을 두어 암초 등 수중 환경 속 장애물과 항로상의 위험물을 시뮬레이터 상에 설정할 수 있도록 하려고 한다.



(그림 4) 퍼지 모델 실험 결과 (상단-선회 설정 퍼지 모델, 하단- 끌줄 길이 조정 퍼지 모델), (Subong Park 2017)에 나온 퍼지 모델을 본 논문에서 소개한 시뮬레이터에서 실험

### 참고문헌

- [1] <http://www.index.go.kr>
- [2] <https://www.kbfg.com/kbresearch>
- [3] 박수봉, “퍼지논리와 강화학습을 적용한 트롤 시스템 제어” 국립부경대학교 대학원, 박사학위논문, 2017.
- [4] 이춘우, 차봉전 "퍼지 논리를 이용한 모형 중층트롤 어구의수심제어시스템 개발." 수산해양기술연구 (구 韓國漁業技術學會誌) Vol. 36. No. 1. pp. 54-59. 2000.
- [5] 이원호, 김창민, 김용기. "지능형 자율운항제어시스템을 위한 시뮬레이터 구현." 한국지능시스템학회 학술발표 논문집 Vol. 11. No. 2. pp. 169-172. 2001.
- [6] Reynolds, Craig W. "Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model." ACM SIGGRAPH computer graphics. Vol. 21. No. 4. pp. 25-34. 1987.