

구륜 이동 로봇의 퍼지-유전 제어알고리즘에 관한 연구

A Study on Fuzzy-Genetic Control Algorithm for Wheeled-Mobile Robot

김성희*, 박세송**, 박종국*

* 경희대학교 전자공학과

** 조선대학교 전자공학과

요 약

로봇이 지나는 지역적 한계성을 극복하기 위하여 구륜 이동용 로봇에 대한 연구가 전세계적으로 진행되어지고 있으나, 구륜이동로봇은 모델링의 불확실성이나 nonholonomic 등의 제약조건에 의하여 제어기의 설계시 많은 문제들을 지니게된다[1][2]. 이러한 어려움을 해결하기 위해 퍼지 알고리즘을 이용한 제어기 설계가 이루어지고 있으나 제한된 범위에 머무르고 있는 상황이다. 본 연구에서는 유전알고리즘에 근거하여 소속함수 및 규칙부의 자율적 조절을 수행하는 구륜이동로봇의 퍼지 제어기를 한다. 제시된 알고리즘에서 퍼지 입출력 소속함수의 조절은 각각 독립적으로 이루어지며, 출력 소속함수의 유사지표에 근거하여 규칙부의 조절이 이루어진다.

I. 서론

현재 로봇의 지역적 제약성을 극복하기 위하여 이동용로봇의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 이동용 로봇이 갖는 모델링의 불확실성이나 nonholonomic 등의 제약조건에 의하여 제어기 설계시 많은 문제점을 지닌다. 이에 대한 대안으로 퍼지를 이용한 제어기 설계가 이루어지고 있으나 적용에 있어서 제한된 범위에 머무르고 있는 실정이다[4][8]. 본 논문에서는 유전함수에 기초하여 퍼지소속함수와 규칙부의 자율적 조절을 갖는 제어알고리즘을 제시한다. 퍼지제어기는 전건부와 후건부 그리고 규칙부로 나누어지며 각 소속함수의 크기 및 언어 항 그리고 규칙들의 연결 상태가 시스템의 성능을 결정 짓는다. 이러한 시스템 요소들중 소속함수의 크기조절은 유전알고리즘에 근거를 두었으며, 언어 항 및 규칙들의 연결상태는 두 소속함수의 같은 정도를 나타내는 유사지수 및 그에 따른 조절 결과에 의해 결정된다. 본 논문에서 제시된 알고리즘의 효율성 입증을 위하여 2 자유도

이동용 로봇에 대하여 모의실험을 수행하였다.

II. 소속함수의 크기 조절 및 재구성

일반적인 소속함수가 그림1에서와 같이 보여질 수 있다. 각각의 삼각형 항들은 언어항을 나타내며, 이 항들은 알고리즘 수행중 첨가되어지거나 크기가 조절되어진다. 그림에서 a_i , b_i , w_i 는 각 항들의 중심 및 폭 그리고 i 번째 규칙의 출력값을 나타낸다.

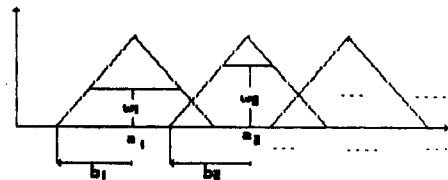


그림 1. 퍼지집합의 일반적인 소속함수

퍼지함수에서 중심 및 폭의 적절한 선택은 시스템 전체에 영향을 미친다. 본 알고리즘에서는 유전알고리즘을 이용하여 그 해를 구하였다. 그림 2에서 보여지는 바와 같이 소속함수들의 각 항에 스트링(string)들이 배당되어진

다[7].

|string1|string2|.....|string n|
 NL(a₁) NS(a₂) PS(b_n)

그림 2. 퍼지소속함수의 스트링(string) 할당
 최적의 값을 구하기 위하여 유전알고리즘의 방법을 이용한다. 먼저 개체군이 초기화 되어지고 개체군의 각 염색체의 값이 계산되어진다. 돌연변이와 재결합에 의하여 새로운 염색체가 생성되어지며 열등한 개체집단이 비교에 의해 제거되어지며 새로운, 염색체가 개체군 집단으로 삽입되어진다. 제거와 교배의 과정이 기준값이 만족되어질 때까지 반복되어진다. 이 과정이 끝난 후 각각의 중심과 폭은 값들이 갱신되어진다. 그림 3에서 보여지는 바와 같이 갱신되어진 항(a_{iu}, b_{iu})들은 기존에 존재하던 항(a_i, b_i)들과 비교되고 두 항들의 유사지수 S[i, t]가 설정된 값보다 작을 경우 두 항이 관계가 없다고 간주하여 갱신된 항들을 포함하는 새로운 출력소속함수를 구성한다.

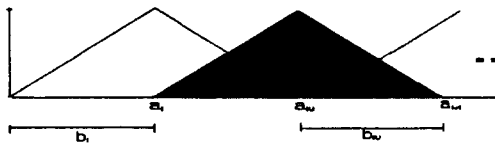


그림 3. 소속함수의 재구성

III. 규칙부 조정과 유전 함수의 재구성

새로운 출력소속함수가 만들어짐에 따라서 규칙부 조정이 수행되어진다. 유사지수를 사용한 규칙부 조정은 두 소속항의 유사정도가 주어진 조건에 부합되면은 다음과 같이 수행되어진다.

If $S[i, t] < \lambda(t)$,
 then made new output membership
 function including a_{iu}, b_{iu}
 if $O(i, t) \geq \beta$
 then change the firing output of
 i-th rule from $f(a_i, b_i)$ to $f(a_{iu}, b_{iu})$

Else

$a_i = a_{iu}$
 $b_i = b_{iu}$

$\lambda(t) =$ 유사기준

$\beta =$ 출력 경계값

$S[i, t] = \langle f(a_{iu}, b_{iu}), f(a_i, b_i) \rangle$

$f(a_i, b_i) = a_i, b_i$ 를 중심과 폭으로 갖는 언어항

$a_{iu}, b_{iu} = a_i, b_i$ 의 갱신되어진 값

그림 4에서 보여지는 바와같이 규칙부 및 출력소속함수 조정의 한 주기가 끝난 후, 새로 추가되어진 언어항에 대한 유전알고리즘의 실행을 위하여 추간된 언어항의 비례하여 염색체의 길이가 늘어나게 된다.

|string1|string2|.....|string n|string1|.....|
 NL(a₁) NS(a₂) PS(b_n) a_{iu}

그림 4. 재구성된 소속함수에 대한 스트링

규칙부와 출력소속함수의 조정은 정지조건이 만족되어질 때까지 반복적으로 수행되어지며 이를 블록선도로 나타내면 그림 .5와 같다.

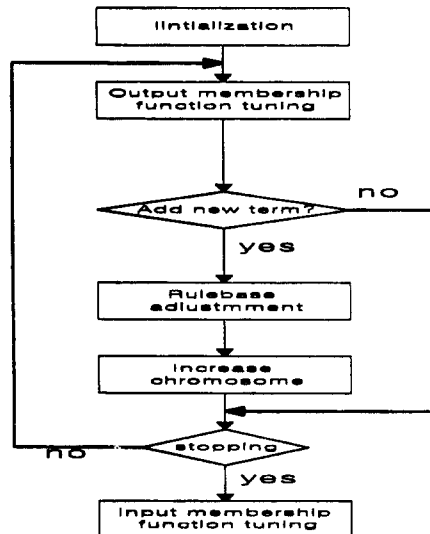


그림 5. 규칙부 및 소속함수 조절을 위한 블록선도

제안된 퍼지-유전 알고리즘의 퍼지적 구성이 그림 6에서 보여진다.

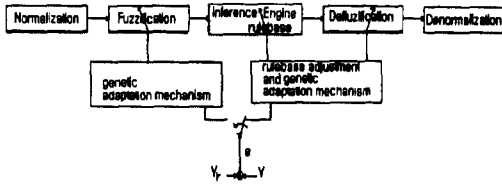


그림 6. 제안된 알고리즘의 퍼지적 구성

IV. 2자유도 이동로봇의 제어기 설계

다음의 좌표계 벡터 $P=[X, Y, \theta]$ 를 고려하자.

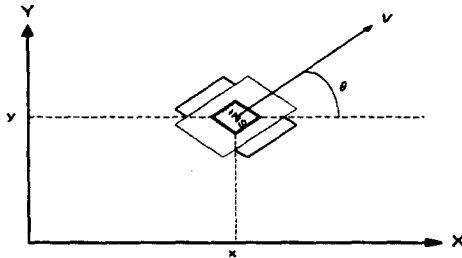


그림 7. WMR의 위치와 방향에 대한 좌표계 설정

그림 7에서 보여지는 바와 같이 X, Y, θ 는 각각 로봇의 X방향 위치, Y방향 위치 그리고 회전각을 나타낸다.

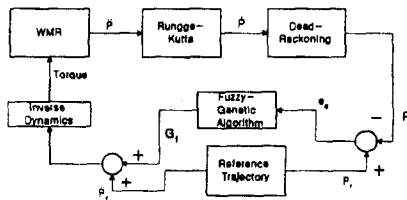


그림 8. 시스템 구성의 블록선도

제시되어진 이동 로봇의 제어를 위한 전체적인 블록과 그림 8에서 보여진다. 역동역학에 의해 생성된 토크에 의해 이동 로봇은 가속(f)되어지고, 로봇의 가속은 룬지(rungge-kutta)에 의해 속도(f)로, 데드레코닝 (dead-reconing)에 의

해서 위치(f)가 구해진다.

소속함수와 규칙부를 조절하기 위한 입력으로 오차($e=P_r-P$)와 오차변화량($\Delta e=e_n-e_{n-1}$)을 사용한다.

V. 모의실험 및 결과

제시되어진 알고리즘의 효율성을 입증하기 위하여 2자유도 이동로봇에 대하여 모의실험을 수행하였다. 실험에 사용되어진 동력학 방정식은 다음과 같다[3].

$$N \cdot \tau_a + F \cdot f_e + M \cdot a_b = C_r$$

τ_a = 구동토크

f_e = 접촉마찰력

a_b = 본체 가속도

C_r = 코리올리력 및 원심력

사용되어진 로봇 시스템 파라미터들을 표 1에서 다음과 같이 나타내었다.

표 1, 구륜이동로봇의 파라미터

수치값	단위	내용
0.3048	m	본체높이
0.3048	m	부하높이
0.2667	m	본체폭/2
0.2667	m	본체길이/2
0.2667	m	보조구륜의 y-변이
0.1524	m	구동구륜의 z-변이
0.2667	m	보조구륜의 x-변이
0.1524	m	보조구륜의 z-변이
0.0254	m	조향축 길이
0.1127	m	구동구륜의 반경
0.0381	m	보조구륜의 반경
90.72	kg	본체질량

WMR의 그림 9, 10에서 초기위치는 $P(0, 0, 0)$ 이며 목적궤적의 최종위치는 $P(4.65, 3.8, -90^\circ)$ 이고 그림 11, 12에서 초기위치는 $P(0, 0, 0)$ 이며 목적궤적의 최종위치는 $P(4.65, 2.8, -90^\circ)$ 이다.

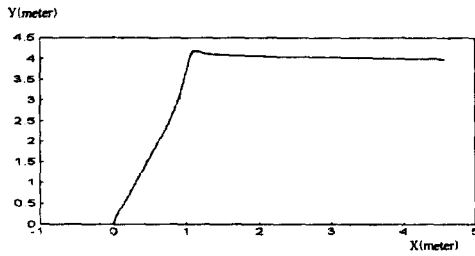


그림 9. X, Y에 대한 WMR의 실제궤적
($X_d=4.65$, $Y_d=3.8$)

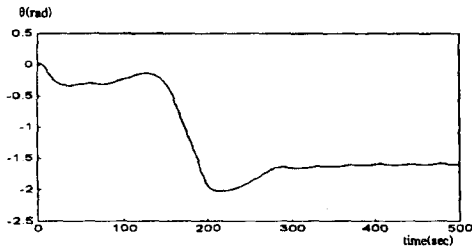


그림 10. WMR의 회전각($\theta_d=-1.57$)

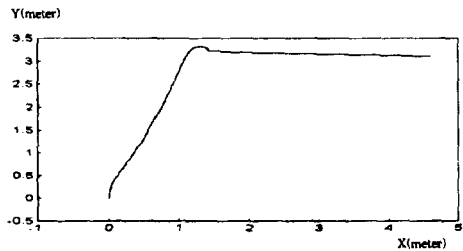


그림 11. X, Y에 대한 WMR의 실제궤적
($X_d=4.65$, $Y_d=2.8$)

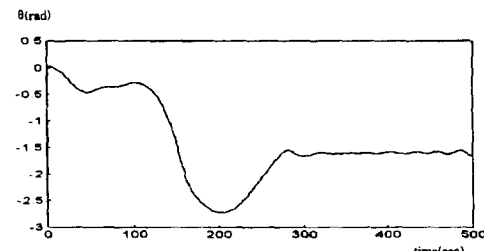


그림 12. WMR의 회전 각($\theta_d=-1.57$)

그림에서 보여주는 바와 같이 로봇의 실제 위치가 기준궤적에 점근적으로 수렴함을 보여준다.

VI. 결론

본 논문에서는 소속함수의 폭과 위치 그리고

언어항의 선택 및 규칙의 자율적 조정을 위하여 퍼지에 유전알고리즘 결합시킨 제어알고리즘을 제시하였다. 이를 구륜 2자유도 로봇에 대하여 적용하여 모의실험을 수행하였으며 결과를 통하여 알고리즘의 타당성 및 효율성을 입증하였다. 개선사항으로서 보다 빠르고 안정된 수렴을 위한 소속함수의 적절한 초기 분할 및 규칙의 선택을 위한 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] A. Bloch and N. H. McClamroch, "Controll of mechanical systems with classical nonholonomic constraints." Proceedings of the 28th IEEE conference on Decision and Control. pp. 201-205,1989.
- [2] A. Bloch and N. H. McClamroch. and M.reyhanoglu, "Controllability and stability of nonholonomic control system." Proceedings of the 29th IEEE conference on Decision and Control. pp. 1312-1314, 1990.
- [3] 문종우, 박종국, "제한된 구동토크를 갖는 4륜 2자유도 구륜 이동 로봇의 모델링과 경로추적", 대한전자공학회지, 대한전자공학회,1996
- [4] Y. F. Zheng, Recent Trends in Mobile Robots, World Scientific, USA, 1993.
- [5] Robert J. Marks II, Fuzzy Logic Technology and Applications, IEEE Technical Activities Board, New York, 1994.
- [6] D. Driankov and H. Hellendoorn. and M. Reinfrank, An Introduction To Fuzzy Controll, Springer, New York, 1996.
- [7] Zbigniew Michalewicz, Genetic Algorithms+Data Structures=Evaluation Programs, Springer-Verlag, 1995.
- [8] Chin-Teng Lin and C.S. George Lee, Neural Fuzzy Systems, Prentice Hall P T R, 1995.