

실내 이동 로봇의 위치 인식 및 속도 제어에 관한 연구

Positioning Recognition and Speed Control of Moving Robot at Indoor

신위재, 정래원

Wee-Jae Shin, Rae-Won Jeong

요약

본 논문은 RF모듈과 초음파 센서들을 설치한 밀폐된 공간에서 이동 로봇을 사용해 위치인식과 속도제어에 대한 내용으로 구성하였다. 두 개의 퍼지 룩업 테이블은 설정값에 대한 듀티비로서 선택한다. 출발점과 커브지점에서 기본퍼지규칙 보다 이중퍼지 규칙을 갖는 이동로봇이 수렴시간을 줄일 수 있었다. 또한 이중 룩업테이블의 교체시간은 e-Δe 위상평면내의 특이점인 b1,c1,d1에서 발생한다. 룩업 테이블 중 하나는 과도영역에서 상승시간을 줄이기 위해 사용하고 다른 하나는 정상상태 오차를 줄이고 설정값에 빠르게 수렴하기 위해 사용한다. 퍼지 제어기를 갖는 실내 위치 인식 로봇 제어시스템을 통한 실험의 결과로서 퍼지 제어 알고리즘의 유용성을 확인하였고 이중 퍼지 제어 룩을 갖는 로봇이 하나의 룩 테이블을 갖는 로봇에 비해 개선된 속도 응답을 얻을 수 있음을 확인 하였다.

Abstract

In this paper. We are composed the position recognition and speed control using the moving robot in the shield Room with a RF Module and Ultrasonic Sensors . Double look up tables are selected a reference value/duty ratio. The moving robot with the dual fuzzy rules which can decrease a Conversion time than basic fuzzy control rules at start point and curve region . Also , a changing times of double look up table are rise at specific points b1,c1,d1 in the e-Δe phase plane and the one of the look up table is used which for increase rising time at transition area. the other used for rapidly conversion to the reference value. We verified that a dual fuzzy control rules get the good response compare with the basic fuzzy control rule .

keywords : R FModel, Ultrasonic .Look up table. Duty ratio ,Changing time, e-Δe phase plane , Sensor points

I. 서론

현대 사회의 흐름이 유비쿼터스를 지향함에 따라 가정자동화, 공장 자동화, 사무 자동화 등 각 분야에서 자동화를 실현하기 위해 많은 연구가 이루어 지고 있다. 대부분의 경우와 마찬가지로 실내 생활이 주를 이루어 가며, 일터도 실외에서 많은 부분이 실내로 옮겨가고 있는 실정이다. 실내 자동화를 구현하기 위해서는 실내 자율 이동기기는 필수가 될 것이고, 자율 이동을 원활히 하기 위해서 위치 인식 기술은 반드시 이루어져야 할 기술이 될 것이다. 이와 같이 실내에서 로봇 등의 물체가 자율 이동함에 있어서 물체의 위치를 파악하는 것과 주행에 관한 속도의 이득은 중요한 문제이다. [9] 본 논문에서는 실내 위치 인식 로봇을 구현하고 로봇을 제어하는 데 있어서 퍼지 제어기의 제어 응답속도를 향상시키기 위하여

일반적으로 사용되는 기본 퍼지 제어 규칙의 한계를 극복하는 방법으로 두 개의 제어 규칙을 사용하여 상승시간과 정정시간을 감소시켰다. [3][4] 두 개의 퍼지 제어규칙을 교체하는데 있어서 실내 위치 인식로봇의 특성에 얽매이지 않고 보편적으로 사용할 수 있도록 e-Δe 위상평면에서의 특징점에서 제어규칙을 교체시키는 방법을 이용하였다. [5][6]

II. 시스템 구조

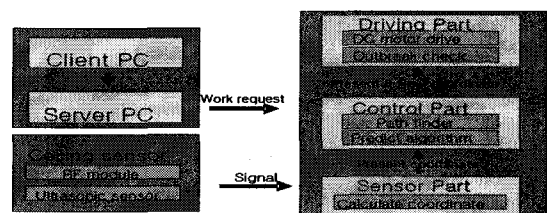


그림 1. 전체 시스템 구조

Fig.1. Overall System Architecture

*경남대학교 전자공학과

투고 일자 : 2009. 12. 24 수정완료일자 : 2010. 1. 27

게재확정일자 : 2010. 1. 29

* 이 연구 결과물은 2008학년도 경남대학교 학술진흥연구비지원에 의하여 연구되었음.

그림 1과 같이 클라이언트로부터 요청이 들어오면 서버 PC에서 자율 이동기기의 요청에 대한 일처리를 요구하게 되고, 서버측에서 관리하는 RF모듈과 초음파 센서는 천정에서 자신의 데이터를 송신하고 자율이동기기는 수신된 데이터를 통해 좌표를 계산 할 수 있다. 계산되어진 좌표를 이용하여 자신의 위치를 스스로 인식하고 인식되어진 좌표와 목적지까지의 경로를 디지털 맵을 통해 최적경로를 계산하여 계산된 루트를 이용하여 목적지까지 이동하게 된다.

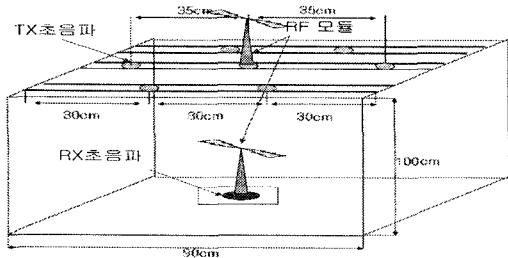


그림 2. RF 모듈과 초음파센서

Fig.2. RF Module and Ultra Sonic Sensor

그림 2과 같이 RF모듈과 초음파 센서를 배치하였다. RF모듈과 초음파 송신센서는 서버 측 타겟 보드를 통해 제어된다. RF를 통해 초음파 동기신호와 목적지에 대한 좌표를 전송하고, 초음파 신호는 각각 위치한 좌표신호를 RF에서 발생할 때, 동시에 신호를 발생한다.

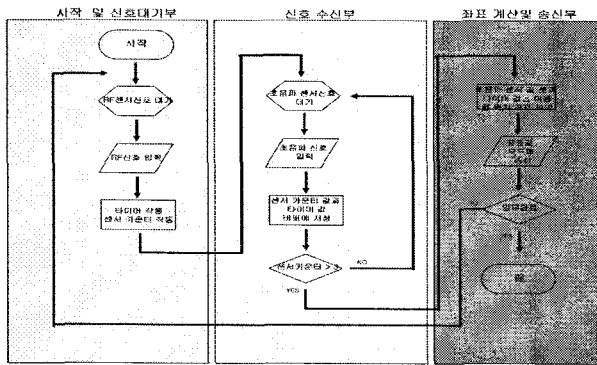


그림 3. 전반적인 시스템 알고리즘

Fig.3. Overall System Algorithm

그림 3과 같이 시작부에서 RF신호와 초음파신호를 제어하고 자율 이동기기의 수신부에선 받아들인 RF신호와 초음파 신호를 좌표 연산부 및 송신부로 전달하여 이를 계산하고 자신의 위치를 파악해 작업을 진행하게 된다.

III. 기본 퍼지 제어규칙

기본 퍼지 제어규칙은 제어 전문가의 지식을 활용하는 방법 중에서 발견법(Heuristic method)으로서 오차가 줄어들고 설정값에 수렴되도록 하기 위한 제어 대상의 스텝응답의 오차(e)와 오차 변화율(Δe)을 위상평면(그림5)에서 특징점과 특징영역으로 표현하여 기본 퍼지 제어규칙을 만들면 표 1과 같다.[5]

표 1. 기본 퍼지 제어규칙

Table 1. Basic Fuzzy Control Rule

e	Δe						
Δe	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZE	PS	PB
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB

IV. 이중 퍼지 제어 규칙

본 논문에서 사용된 이중 제어규칙 중 과도영역에 중점을 둔 제어규칙1은 상승시간과 최대오버슈트, 언더슈트 감소에만 관점을 둔 규칙이고, 수렴영역에 중점을 둔 규칙2는 설정치에 더 빨리 도달하게 하는 규칙으로 규칙1의 수렴 특성을 보완한다. 두 개의 제어규칙을 각각의 영역에서 교체하여 사용하면 과도영역과 수렴영역에서 기본 퍼지 제어규칙보다 나은 성능을 가진다. 그림 4에서 위상 I와 II에서는 e가 양 이고 크기 때문에 e를 줄이기 위해서는 큰 가속이 요구되고 상승시간의 감소에 비중을 많이 두고 오버슈트는 둔감하게 Δu 를 양의 값을 적용한다. 위상 III과 위상 IV는 오버슈트 부분으로 e가 음으로 계속 커져 큰 오버슈트가 예상되므로 Δu 를 음으로 하고 큰 값을 적용한다. V에서는 $e < 0$ 이지만 e가 점점 작아지고 있으므로 Δu 를 음의 값으로 비교적 작게 한다. 위상 VI에서는 언더슈트를 예상하여 미리 가속하기 위해 Δu 값은 양으로 하며 Δu 를 크게 적용한다. 위상 VII과 VIII에서는 언더슈트 부분으로 e가 양으로 계속 커져 큰 언더슈트가 예상되므로 Δu 를 양으로 하고 크게 적용한다. 이러한 방법으로 퍼지 제어규칙을 구하면 표 2(규칙1)와 같이 되며, 표3은 그림 4에서 위상 I은 규칙1과 같이 적용하고 Δu 를 양으로 해야 하며 크게 적용하지만 위상 II에 가까워짐에 따라 Δu 를 작게 적용한다. 위상 II에서는 예상되는 오버슈트를 작게 하기 위해 미리 감속해야 한다. 따라서 Δu 를 음으로 하고 크기는 작게 적용한다. 위상 V와 위상 VI의 경계선에서는 Δu 가 음에서 양으로 바뀌는 부분이므로 Δu 를 zero로하며 그 외에 언급 되지 않은 각 위상에서의 스텝 응답에 따른 적용 퍼지 양은 규칙 1의 설명과 동일하다.

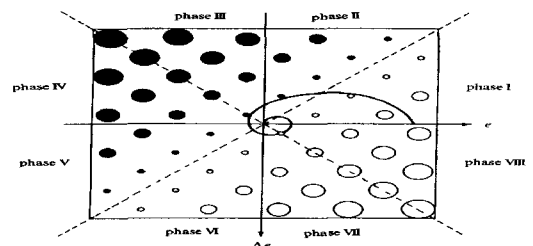


그림 4. e- Δe 위상 평면에서의 궤적

○=positive ●=negative (원 크기= Δu 크기)

Fig.4. e- Δe Phase Plane Locus

표 2. Rule 1의 제어규칙.

Table 1. Control Rule of Rule 1

e							
Δe	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	PM	PB
NM	NB	NB	NB	NM	PM	PB	PB
NS	NB	NB	NM	NS	PB	PB	PB
ZE	NB	NM	NS	ZE	PB	PB	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PB	PB	PB
PM	NS	ZE	PB	PB	PB	PB	PB
PB	ZE	PB	PB	PB	PB	PB	PB

표 3. Rule 2의 제어규칙

Table3. Control Rule of Rule 2

e							
Δe	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NM	NM	NS	NS	ZE
NM	NB	NM	NM	NS	NS	ZE	PS
NS	NM	NM	NS	NS	ZE	PS	PS
ZE	NM	NS	NS	ZE	PS	PS	PM
PS	NS	NS	ZE	PS	PS	PM	PM
PM	NS	ZE	PS	PS	PM	PM	PB
PB	ZE	PS	PS	PM	PM	PB	PB

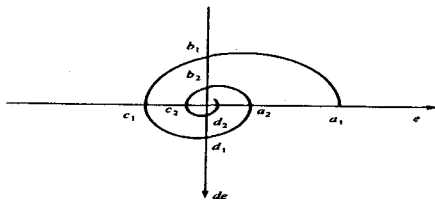


그림 5. e- Δe 위상평면 궤적의 특징점
Fig.5. Characteristic Point of a e- Δe Phase Plane Locus

규칙 1에서 규칙 2로 교체되는 시기는 그림 5에서 볼 수 있는 것과 같이 과도영역과 수렴영역을 구분할 수 있는 e- Δe 위상평면에서의 특징점 b1,c1,d1등으로 정할 수 있다. b1에서 규칙2로 교체되는 경우 규칙1을 적용하였을 때 제어 대상이 일반적인 스텝응답 특성을 나타낼 경우, 즉 오버슈트가 발생할 경우에는 규칙2가 적용된다. 오버슈트가 발생하지 않았을 경우 스케일 계수를 조절함으로써 오버슈트를 유발시킨다. 주의할 것은 규칙1은 대칭성이 없으므로 현재의 설정치 보다 낮은 값의 설정치를 위해서는 제시된 규칙1을 대칭되게 작성하여 적용 하면 된다. 하지만 규칙 2는 대칭을 이루고 있으므로 상관없다.

V. 실험

산업 현장의 밀폐된 공간에서 이동로봇의 이용 빈도가 날로 증가하고 있는 실정을 감안해 본 연구의 제어대상으로

했으며 RF모듈과 초음파 센서들을 설치한 한정된 실내 공간에서 아래 그림의 이동로봇을 이용해 지정된 궤도를 주행 시켰을때 주행 패턴과 이동경로 데이터 및 타코메터의 속도제어 그림(그림8)이다.

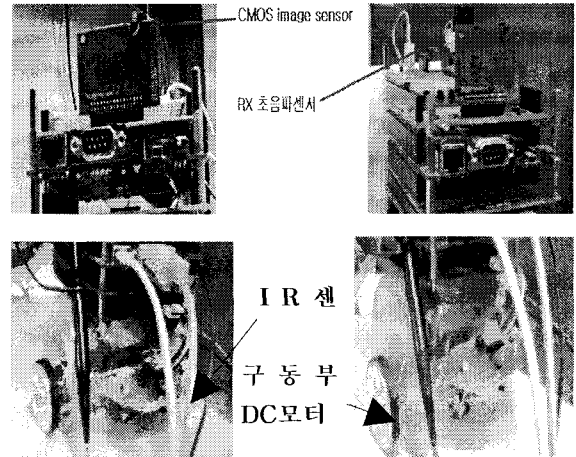
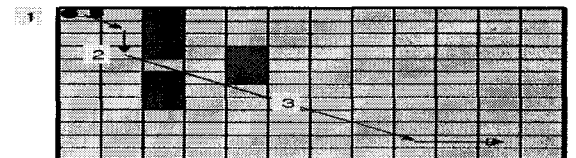
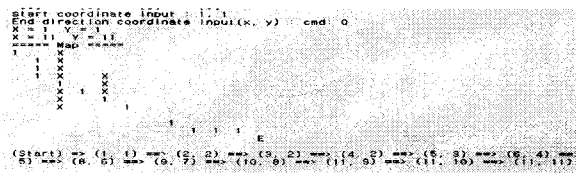


그림 6. 제작된 로봇
Fig.6. A Implemented Robot



(a)



(b)

그림 7. (a)로봇의 이동 경로 (b) 이동 경로 데이터
Fig.7. (a) Traveling Path of Robot (b)Traveling Path Data of Robot

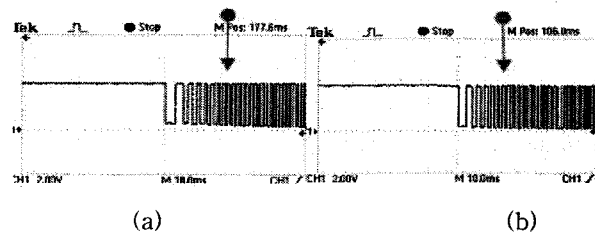


그림 8. (a)기본 퍼지 Rule Table (b) 이중 퍼지 Rule Table
Fig.8. The Encoder Output at Applied Two Rule Tables.

그림 8은 그림 7. (a)에서 1번 위치인 출발 시에 기본 알고리즘과 이중 알고리즘 적용시의 엔코더 출력 값을 비교한 것이다. 그림8에서와 같이 기본 퍼지 Rule 적용 시에 21ms정도에서 수렴되어지는 반면에 이중 퍼지 Rule을 적용했을 때에는15ms 정도로 나타나고 있다.

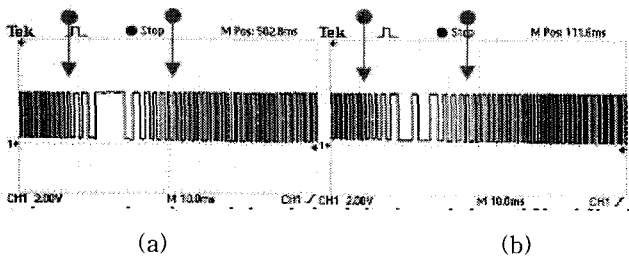


그림 9. (a)기본 퍼지 Rule Table 적용 시 (b) 이중 퍼지 Rule Table 적용 시

Fig.9. The Fuzzy Rule Table Applied in a Robot

그림 9는 그림 7에 (a)에서 2번에 해당 하는 위치로 방향 전환 시 엔코더의 출력 값을 나타내는 그림이다. 그림 9에서와 같이 기본 알고리즘 적용 시에는 37ms정도인 반면에 이중 퍼지 알고리즘 적용 시에는 33ms임을 확인 할 수 있다.

표 4. 기본 알고리즘과 이중 퍼지 알고리즘 수렴 시간 비교
Table 4. The Comparison of convergence Time a Basic Fuzzy Rule and Double Fuzzy Rule

수렴시간 경로	기본 퍼지 Rule 적용 시 수렴 시간	이중 퍼지 rule 적용 시 수렴시간
출발 시	21ms	15ms
코너 진입 시	37ms	33ms

VI. 결론

실내에서 이동체의 효과적인 주행을 위해 속도제어를 목적으로 위치 인식 로봇과 실내 주행 공간을 제작하였으며 퍼지 알고리즘을 적용한 로봇의 주행경로를 이차원 평면상에 나타내 보였다. 이때 두 개의 퍼지 룰 테이블의 적절한 교체시기를 정하는 방법도 소개되었다. 실내 위치인식 로봇의 속도제어 응답 특성은 이중 퍼지 규칙을 사용한 로봇이 기본 퍼지 제어 규칙을 사용할 때 보다 과도영역에서 상승시간을 단축시키고 정상상태 수렴시간도 감소됨을 알 수 있었다. 그러나 초음파의 주위환경에 따른 외란문제는 완전히 해결할 수 없었다.

참고 문헌

[1] Ronald R. Yager, Dimitar P. Filev, "Essentials of Fuzzy Modeling and Control", John Wiley & Sons, Inc., pp.109-202, 1999.
 [2] K. J. Astrom, B. Wittenmark : "Computer Controlled Systems Theory and Design Control", Prentice-Hall, pp.1-156, 1984.
 [3] C. C. Lee, "Fuzzy logic in control systems : fuzzy logic in controller, Part I", IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics, Vol. 20, No. 2, pp. 404~418,

1990.
 [4] C. C. Lee, "Fuzzy logic in control systems : fuzzy logic in controller, Part II", IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics, Vol. 20, No. 2, pp. 419~435, 1990.
 [5] 채석,오영식, "퍼지 이론과 제어" 청문각 pp 236-238, 1995
 [6] 박광목, "이중 제어규칙을 갖는 퍼지 제어기설계와 구현", 석사학위논문, 경남대학교 대학원 전자공학과, 1999
 [7] 신위재, "퍼지PID 제어기 설계및구현",신호처리.시스템학회논문지 제6권2호 pp.89-94 2005.4
 [8] Yasutaka Fuke and Eric Krotkov, "Dead Reckoning for a Linar Rover on Uneven Terrain" in Proc. of IEEE Int'l. Conf. on Robotics and Automation, Vol. 1, pp. 411-416, 1996.
 [9] G. C. Anousaki and K. J. Kyriakopoulos, "Simultaneous Localization and Map Building for Mobile Robot Navigating" IEEE Robotics and Autonomous Magazine, pp. 42-53, Sep. 1999.
 [10] 양주현, 이쾌희 "퍼지 로직 컨트롤을 이용한 자율 이동 로봇의 주행에 관한 연구" Proc. of thr 12th KACC, October 1997.
 [11] Yasutaka Fuke and Eric Krotkov, "Dead Reckoning for a Linar Rover on Uneven Terrain" in Proc. of IEEE Int'l. Conf. on Robotics and Automation, Vol. 1, pp. 411-416, 1996.
 [12] G. C. Anousaki and K. J. Kyriakopoulos, "Simultaneous Localization and Map Building for Mobile Robot Navigating" IEEE Robotics and Autonomous Magazine, pp. 42-53, Sep. 1999.



신 위 재(Wee-Jae Shin)

1983년-현 경남대학교 전자공학과 교수
 2000년 현 한국신호처리시스템학회수석부회장
 1998년 일본 Kyushu 대학 객원교수
 1997년 대한전자공학회 학술위원

1997년 대한전자공학회 학술위원
 1989년 동아대학교 전자공학과(공학박사)
 1975년 동아대학교 전자공학과 졸업
 *관심분야 : 시스템지능제어 및 자동화, 신호처리



정 래 원(Rae-Won Jeong)

2003.3 경남대학교전자공학과입학
 2009.2 경남대학교 전자공학과 졸업
 *관심분야 : 제어공학 및 신호처리 시스템