

논문 2009-3-19

블루투스 통신 네트워크를 이용한 군집합로봇의 행동학습

Attitude Learning of Swarm Robot System using Bluetooth Communication Network

진현수*

Hyun-Soo Jin

요 약 기술의 발전과 더불어 로봇은 더욱 소형화 되어가고 응용을 요구하는 로봇의 수요는 더욱 커지고 있다. 지역적 상호작용을 통하여 많은수의 자동로봇을 처리하는 방법이 로봇군집에 있어서 더욱 중요한 실험 주제로 자리 잡고 있다. 군집로봇시스템은 선배정된 조건으로 부터 자기의 상태를 유추할수 있는 제한된 환경가운데 있는 독립적인 자동로봇으로 부터 자기자신을 유도할 수 있고 서로간의 역할을 분담하는 로봇이다. 군집로봇에 있어서 로봇을 둘러싸고 있는 상황을 인식하기 위해 센서부분을 포함하고 정보를 교환하기위해 통신 부분을 포함하고 작업을 하기위해 액츄에이터 부분을 포함한다. 특히 다른 로봇과의 협동작업을 하기 위해 로봇과의 통신은 필수적인 요소이다. 블루투스는 저전력 소모라든지 모듈패키지 크기가 작든지, 여러 가지 기준 프로토콜을 가지고 있든지하여 작은 크기의 로봇시스템에 적용할 수 있는 많은 잇점을 가지고 있다. 본문에서 자동로봇을 위하여 블루투스 통신을 개발한다. 그리고 지능공간안에서 군집합로봇의 통신시스템을 개발하기 위한 작업을 진행하기위한 방법을 논의한다.

Abstract Through the development of techniques, robots are becomes smaller, and many of robots needed for application are greater and greater. Method of coordinating large number of autonomous robots through local interactions has becoming an important research issue in robot community. Swarm Robot System is a system that independent autonomous robots in the restricted environment infer their status from preassigned conditions and operate their jobs through the cooperation with each other. Within the SRS, a robot contains sensor part to percept the situation around them, communication part to exchange information, and actuator part to do a work. Specially, in order to cooperate with other robots, communicating with other robot is one of the essential elements. In such as Bluetooth has many advantages such as low power consumption, small size module package, and various standard procotols, it is rated as one of the efficent communcating system for autonomous robot is developed in this paper. and How to construct and what kind of procedure to develop the communicatry system for group behavior of the SRS under intelligent space is discussed in this paper.

Key Words : Swarm Robort System, Bluetooth, Intelligent Space

I. 서론

최근에 로봇의용분야에 많은 확장을 시도하는 군집로봇에 대한 연구가 많이 진행되어지고 있다. 특히 살아있

는 자연 세계의 모습인 자동분배 시스템인 군집로봇시스템의 관한 연구가 현실화 되었다. 군집로봇시스템은 기존 토크 공식로봇과 비교될수록 그장래가 더욱보장된다. 첫번째로 각 로봇은 주변환경을 인식하게되고 혹은 객체와 다른 로봇의 뒷 행동을 인식하며 또한 각자의 행동을

*정회원, 백석대학교 정보통신학부

접수일자 2009.05.17, 수정완료 2009.06.09

독립적으로 인식하여 수행하며 다른로봇과의 위치작업을 잘 협동하여 수행할 수 있다.두번째로 자동 분포 로봇 시스템은 강인함과 유연성을 가져야 한다. 몇 개의 로봇의 동작이 차단되었을때 표준동작에 효과를 주지 말 것이며 위치작업에 대해 다중 가지 작업을 응용할 수 있으며 로봇의 행동 규칙을 세밀하게 시행할 수 있다. 3번째로 시스템의 크기는 커지지만 시스템의 복잡성은 증가하지 않는다.왜냐하면 1 개로봇이 주변환경에 대한 판단이나 결정 때문에 그렇다. SRS시스템에 있어서 주어진 일을 하기 위해 로봇들과의 협력을 통해 주어진 일을 하게된다.주어진 일을 하기 위해 로봇들과의 정보를 교환함은 기본이고 통신모듈은 분포자동로봇을 완성하기위해 중요한 요소이다.블루투스 는 단거리 무선통신 방법의 중요한 방법이다. 그것은 운송장치를 위해 개발되었고 다른 무선장치보다 더좋은 잇점을 가지고 있다.[1] 즉 저전력 소모, 싼가격, 작은 패키지 크기때문등이다. 더욱이 블루투스는많은 표준규약을 제공하고 있다. 이러한 이유 때문에 블루투스는 작은 크기의 SRS를 구축하는데 있어 매우 적합한 이동 기술을 제공하고 있다.우선 블루투스는 독립조작의 능력을 갖추고 있다.네트워크 구조형태로 시스템을 구현할 수 있으며 네트워크 구조는 작은 크기의 통신모듈로 구현할 수 있다. 이러한 장점외에도 네트워크 모듈은 보통사람들이 사용하는 표준인터페이스를 제공할 수 있다. 만약에 블루투스 네트워크가 이러한 방법으로 사용된다면 로봇의 각부분의 독립적인 조작 때문에 편리하게 발전할 수가 있고 블루투스 네트워크는 다른 임베디드시스템에 쉽게 응용되어질수 있다.즉 네트워크 구조에 관한것, 순차제어를 함, 윤곽문제등이 남겨지게 된다. 네트워크 구조를 조직하는 것에 대한 관심을 가져야하고, 어떠한 조류의 네트워크 구조가 이루어져야 하는지를 관심가져야 되고 어떠한 순차가 이루어져야 하는지를 알아야 한다.

II. 지능영역 ispace공간상태

히데기 하지모토에 의해 제공된 지능영역 (ispace)이 SRS환경에 있어서는 매우 흥미로운 부분이다.많은 지적 시스템은 수동영역에서 많은 인간들과 교류하고 있다. 그러나 ispace상에서는 한 공간이 인간과 지적 시스템을 공유하고 있는데 이것이 바로 지능시스템 이다.[2] 인간

과 인공시스템은 ispace상에 클라이언트로 되고 동시에 인공시스템은 ispace상의 에이전트가 된다. 전체공간이 지능시스템이므로 공간시스템인 ispace는 참조할 수 있으며 클라이언트에 정보를 제공할 수 있다. 단지 ispace 상에서 취득할 수 없는 특정임무는 그것의 클라이언트를 활용하므로써 얻을수 있다. 예를 들어 ispace는 인간에게 정보를 제공하기 위해 컴퓨터 모니터를 사용할 수 있고 로봇은 물리적인 에이전트로서 인간에게 물리적인 서비스를 제공할 수가 있다. 인간 뿐만아니라 로봇은 가능하다면 ispace상에서 지원을 받을수가 있다.

ispace주위를 항해하기 위한 센서의 도움을 받지 못할 때 로봇은 ispace의 클라이언트로 취급받고 ipace상에서 부족한 정보를 제공받게 된다. ispace의 궁극적인 목적은 인간의 의도를 이해하기 위한 환경을 성취하기 위함이고 인간들에게 만족시킨다. 많은 수의 함수들이 준비되어져야하고 인간과 같은 지능이 요구되어져야 하기 때문에 이러한 시스템은 거의 성취되기 어려워진다.

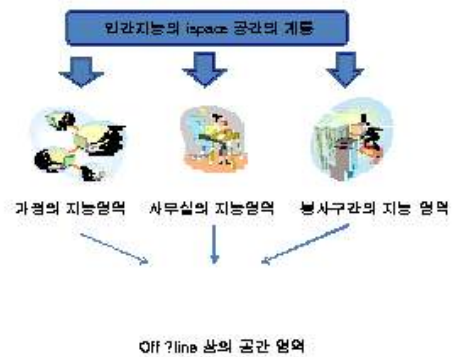


그림 1.인간지능의 영역별 계통도

Fig.1. Intelligency block diagram of human work

비록 즉시에 완전한 시스템이 얻어지지 않는더라도 적당한 시스템의 적분으로 현재의 기술로써 유용한 시스템이 이루어질수 있을것으로 생각되어진다..로봇은 기본적으로 예상치못한 침입을 방어하기 위해 순시지도를 수행하게 되고 집을 가스누설, 전기누전등등으로부터 보호하게 된다. 사람들은 실림집 혹은 사행할 집에서 로봇이 항해하는동안 순시하는 수고로움을 덜수 있다.이와같은 임무에 로봇을 제어하기 위해 능동프로그램에 근거한 목표탐색 알고리즘을 사용할 수 있다.2 번째로 홈 응용 물과 제어 접촉하기위해 호스트장치와 블루투스로 통신

할 수 있다. 특별히 어떤지역을 탐색하기 위할때는 클라이언트 로봇을 사람에게 제어권을 줌으로써 시도할 수 있다. 이와같은 행동에 호스트와 클라이언트 로봇사이에 비동기 접촉기피를 정비할 수 있으며 블루투스 호스트 제어 인터페이스를 사용 로봇수동조작을 제어할 수 있다.[3]

III. 블루투스

블루투스는 1994년 에릭슨에 의해 주변장치와 핸드폰의 접속을 위한 저가및 낮은 전력을 위한 솔루션으로 개발 되었다. 무선통신의 잠재력으로 증명된후 블루투스 SIG는 정비되었고 무선통신기술의 강자로써 자리잡았다.

3.1 표준 및 기술

블루투스는 배터리전력을 사용한 이동용장치로서 설계되었다.그래서 낮은비용, 낮은전력, 소형크기의 조건을 갖추었다. 이같은 저가형 통신 표준은 사용자로부터 직접적인 조치가 없더라도 무선시스템을 통하여 서로 통신할 수 있는 여러 가지 전자장비를 개발할 수 있다.블루투스로 부터의 통신속도는 실시간이고 케이블의 접속을 사람이 시도할 필요가 없어진다. 케이블의 저가외에 블루투스는 적외선이나 케이블 동기와 같은 다른 무선접촉의 결점을 없앨수 있다. 첫번째로 장치를 통해 라디오 주파수를 사용한다. 두 번째로 블루투스는 한번에 몇비트가 동시에,언제 전송되는가를 제공한다. 그리고 메시지를 보낸것이 받는것임을 확실하게 한다. 한번 확인이 도달하게 되면 블루투스는 생산자로 하여금 2.45GHz 로 통신 하겠끔한다. 블루투스장치가 다른 장비와 가까이하게 되면 그들은 전자적으로및 자동적으로 통신하게 되고 공유해야할 데이터가 있는가를 설정하게 되고 언제 다른 장치를 제어해야 하는가를 설정하게 된다.[4] 각 블루투스는 주변장치가 프로그래밍된 주소전달 장치를 소유하게 되고 확실한 장치를 위해 장착된 주소의 범위내에 있는 다른 장치가 이신호를 받게되면 원래의 장치에 이신호를 돌려보내 주게되고 개인 주변 네트워크가 형성되어지게 된다. 블루투스 장치는 그들이 같은 내용이 용량을 갖었을때만 서로 통신하게 된다

3.2 사양

블루투스 기술은 여러 가지 표준규약을 지원한다. 기본적으로 대부분의 블루투스 모듈은 HCI급 인터페이스를 제공하고 더높은 프로토콜 스택은 소프트웨어에 의해 구현된다. 때때로 나머지 블루투스들은 RFCOMM급의 인터페이스를 제공하는데 이것은HCI보다 높은 급의 프로토콜이다. 다음 그림은 블루투스를 사용하는 전형적 시스템의 블루투스 스택의 조합을 보여주고 있다

3.2.1 블루투스 네트워크 모듈

블루투스 네트워크 모듈은 기본적으로 블루투스모듈을 가지고 네트워크 시스템을 만들기 위해 블루투스 모듈과 네트워크 컨트롤러로 구성되었다.CRS블루투스 칩셋을 포함하는 블루투스 모듈을 사용하고 이 칩셋은 UART 인터페이스를 지원한다. 그리고 ATmel의 8bit RISC 마이크로 컨트롤러인데 네트워크 컨트롤러로서 사용한다. CSR 블루투스 칩셋을 사용하는것은 간단하다.ATmega128은 128KB메모리를 포함하고 있으며 2 개의 UART 인터페이스를 후원하고 있으며 세계적으로 널리쓰인다. 네트워크 컨트롤러는 블루투스모듈과 HCI명령어로만 통신한다.네트워크 컨트롤러와 블루투스 모듈과 인터페이스 하면서 논리전압의 차라는 문제가 발생한다.그러나 이것은 레벨 이동장치에 의해 쉽게 해결되어진다.만약 외부 UART가 블루투스모듈과 같은 전압을 사용한다면 ATmega128을 ATmega128L로 바꿔줌으로서 인터페이싱 전압문제를 해결할 수 있다.

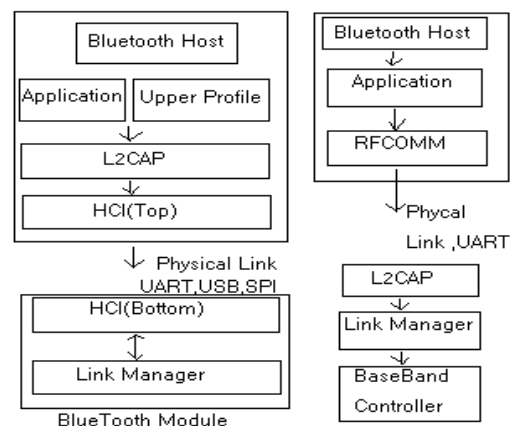


그림 2. 블루투스 스택과 블루투스표준모델
Fig.2. Bluetooth Stack and Typical Bluetooth system

3.3 로봇에 적용

SRS 에이전트 로봇을 개발하였다. SRS 로봇에 있어서 블루투스네트워크 모듈은 통신부분에 있어 중요한 역할을 차지하고 있으며 다른 부분과 인터페이스하기 위해 UART를 사용하고 있다. 작은 모바일 로봇은 4개의 부분과 1개의 부분으로 구성되어 있다. 그림 3.은 각 부분을 보여주고 있다. 즉 (a)센서부분 (b)모터구동부분 (c)주제어부분 (d)블루투스제어부분 (e)영상처리 DSP모듈 (f)로봇의 외관부분이다. 각 부분은 자체의 제어를 갖고 있는데 PLC16f873A로서 효과적으로 유일한 함수를 제어하기 위함이다. 주제어부분은 Atmega128로서 각 상황에서 행동을 결정하기 위함이고 처리과정의 충돌을 피하기 위해 다른 부분을 제어한다. 그다음에 모터를 제어하는데 응용된 알고리즘상황하에서 다음 상태를 향한 로봇을 움직이기 위해서 모터를 구동한다

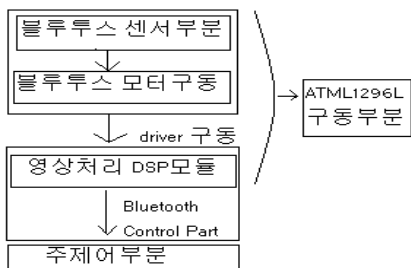


그림 3. 블루투스네트워크 모듈 구성
Fig 3. Bluetooth Network Module Diagram

3.4 구현 및 시험

사용하는 블루투스 모듈은 SPI, USB, UART와 같은 인터페이스를 지원한다. 로봇이 동작하는 같은 환경내의 블루투스 네트워크를 시험하기 위해 로봇에 직접적인 프로그램을 갖는 것이 효과적이다. 그러나 블루투스 모듈의 조작이 단지 조사됨으로써 그 결과는 직접적인 프로그램과 유사하다, 그래서 다음과 같은 절차를 밟는다.[5]

- 1) 모든 블루투스 모듈의 작업절차는 시간절차에 맞추어서 이루어진다
- 2) 그 이후에 설계된 절차의 시험이 시행되어진다. 이 절차에서 직렬 작업을 갖는 시험을 추천하며 그 이유는 HCI급 수준이 기본이 되어진다.
- 3) 이와같은 많은 일들이 수행되어지면 네트워크 제어가 프로그램화 된다. 각 블루투스 네트워크 모듈의 프로그램이 이루어지면 전체 블루투스 네트워크 시스템이 시험되어진다.

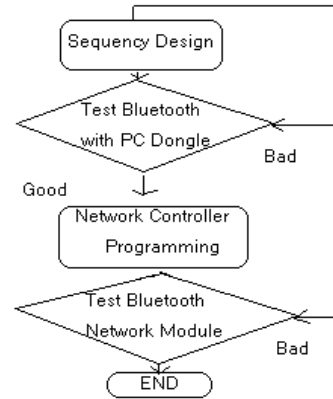


그림 4. 블루투스 개발 키트 및 테스트
Fig. 4. Bluetooth development and Test

IV. 헥사곤 기준 Q학습 알고리즘 하에서의 SRS 행동 학습

이 실험에서 학습기술의 가화차원에서 Q-학습에 중점을 맞추고자한다. 왜냐하면 Q학습은 완전한 정보를 가지고 Markovian 행동문제를 푸는 방법이기 때문이다. 본문에서는 헥사곤 기준 Q학습을 제시하는데 이것은 현재의 상황을 더 적용하기 쉬운 값으로 만들기 위함이다

4.1 Q학습 알고리즘

Q학습은 잘 알려진 강화학습 알고리즘이다. Q학습은 지연된 보상으로 부터 적응제어 전략을 얻기 위해 에이전트를 이끈다. 비록 환경에 대한 행동의 영향에 대한 쌍별 선행 지식이 없을 때라도이다. [7] Q학습 알고리즘이 표 1에 제시되어졌다. 여기서 S는 가능상태이고 a는 가능행동이고 r는 즉시 보상값이고 γ 는 감쇄정수이다. 표에 나타난 값들을 대입하여 수식으로 나타내면

$$\hat{Q}(s,a) \leftarrow r + \gamma \max_{a'} \hat{Q}(s',a') \quad (1)$$

표 1. Q-학습 알고리즘
Table 1. Q-Study Algorithm

각 s에 대하여 a는 표의 원소 $\hat{Q}(s,a)$ 를 0으로 초기화하고 현상태 s를 관측하면 다음상태를 순환하게 된다
<ul style="list-style-type: none"> • 행동 a를 선택하고 그것을 실행한다 • γ의 즉시 보상값을 받는다 • 새로운 상태 S'를 관측한다 • 행동을 선택한다 • 표에 대한 원소 $\hat{Q}(s,a)$를 보상한다 • $s \leftarrow s'$로 대체한다

그림 5는 Q학습알고리즘을 더욱 정확하게 설명하고 있다, 각 정사각격자는 가능성 상태를 표현한다. 'R'은 로봇 또는 에이전트를 나타낸다. 위에 화살표로 되어져 있는 값들은 전이상태를 나타내는 \hat{Q} 의 비교값들이다. 예를 들어 $\hat{Q}(S_1, \text{aright})=72$ 값에서 aright는 운동 R의 움직이는 방향을 나타낸다. 만약 로봇이 오른쪽으로의 행동을 취한다면, $r=0, \gamma=0.9$ 로 미리예정된 값으로 로봇의 값이 충원 될것이다.

$$\hat{Q}(S_1, \text{aright}) \leftarrow r + \gamma \max_{a_2} \hat{Q}(s_2, a_2) \leftarrow 0 + 0.9 \max_{a_2} \{63, 81, 100\} \leftarrow 90 \quad (2)$$

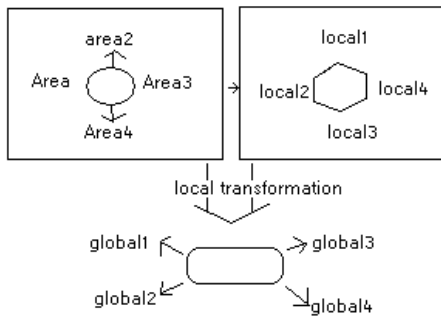


그림 5. Hexa곤 기본 Q 학습
Fig. 5. Hexagon_based Q-learning

4.2 Hexagon 기본 Q학습 알고리즘

로봇시스템에 있어 가장 유일한 형인 Q학습은 지역근 거행동결정을 강화하기 위해 채택 되어진다.제공기본상태공간과 비교하면 변화된 유일한 것은 상태공간의 모양이다.제공으로부터 Hexa곤에 이르기까지의 표준 공간의 모양을 변경한 이유는 조합으로부터 무한정 넓혀진 폴리 전이 Hexa곤이 되기 때문이다. [6] 이와같은 적용에 따르면 로봇은 초기치상태이다. 로봇이 6 지역 주위를 계산하고 넓은지역의 6 0도를 보장하는것을 결정한다면 로봇의 행동은 a_{+60} 이다. 행동이 취하여진 다음에 지역 6'이 넓은 지역이라면 값 (S_1, a_{+60}) 는 (1) 식과 (2) 식에 의해 고조된다.

$$\hat{Q}(S_1, \text{aright}) \leftarrow r + \gamma \max_{a_2} \hat{Q}(s_2, a'_\theta) \leftarrow 0 + 0.9 \max_{a_2} \{\text{Area1}', \dots, \text{Area6}'\} \leftarrow \gamma \text{Area6}' \quad (3)$$

S는 가능상태를 나타내고 a는 가능성 행동을 나타내고 γ 는 즉시보상값을 나타내고 여기서는 0을 γ 는 하감

계수를 나타낸다.초기상태에서 다음 상태로까지의 움직임 후에 즉시 보상값이 행동이 취하여진 후에 전체 지역의 합산 사이의 차이값이 되어진다.[8]

V. 실험결과

본문에서 2개의 제어방법에 의해서 수행되어진 실험이 제시되어진다. ABAM방법과 Hexa곤 기본 Q학습에 의해 강화된 ABAM방법이다.다른로봇과 같은 모양의 정적인 로봇이 주목표이고 색은 녹색이다. 로봇은 착상과 같은 장애물 뒤의 숨은 지역에 위치해 있다. 3개의 로봇 그들의 임무는 목표물을 찾는 것이다.그들의 색깔이나 모양에 의해서 인식하게 된다.각 행동들이 취하여진 후에 목표물을 점검하는 임무를 끝낼 것인가를 결정하게 된다.우선 ABAM이 로봇에 적용되어진다.로봇들은 6개의 적외선 센서를 갖춘 환경을 감지하고 6개지역을 계산한다. 계산이 이루어졌을 경우 각 로봇은 넓은지역이 보장되어진 방향으로 움직이게 되어진다. 한번 로봇이 움직이게 시작이 되어지면 환경으로 넓게 퍼지게 된다. 본문에서는 수정된 제어방법으로써 Hexa곤 기본 Q학습으로써 ABAM을 사용하고 있다.이 방법은 로봇으로 하여금 잘못된 판단오리 확률을 줄이고 강화된 학습으로 잘못된 확률의 가능성을 보장하기 위함이다.임계적 감측 \hat{Q} 값이 행동에 의해 발생되어지면 상태적으로 이동의 상태가 제거되어지는 환경설정이 학습되어진다.ABAM에 Hexa곤 기본 Q학습이 사용되어짐으로 열번의 시도와 임무완성시간이 빠르는 동안 2개의 로봇이 임무를 완성하는것보다 더욱 출력을 세분화 할수있다.Hexa곤 기본 Q학습 시도는 그림 6.에 제시되어져 있다.

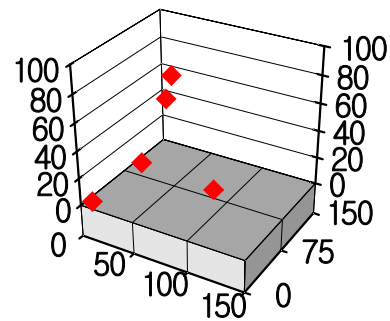


그림 6. 행동선택학습 시도영역
Fig. 6. Behavior selecting learning area

VI. 결론 및 향후 과제

이장에서 SRS에 대해 블루투스 네트워크를 개발하였다. 이시스템에서 블루투스 모듈을 사용하였고 낮은 전력소모, 싸값, 작은 크기와 여러 가지 기본 프로토콜에 대해서 많은 잇점을 갖고 있다. 하드웨어 모듈의 응용성과 융통성을 보장하기 위하여 마이크로 콘트롤러 블루투스 네트워크 모듈을 설계하였다. 또한 간단하고 가벼운 무게 중심 구조를 만들기 위하여 세가지 모양의 네트워크 구조를 결정하였다. 그럼에도 불구하고 블루투스 모듈은 몇가지 문제점을 갖고 있다. 이모듈의 사양을 이해한다면 블루투스 네트워크 시스템을 사용할 수 있었다. 이 블루투스 시스템은 회로내 개선용량을 수행하는데 있어 몇가지 개선의 여지를 갖는다. 네트워크 형태 알고리즘과 회로 윤곽이다. 다양한 방법으로 용량을 증대시킬수 있다. 하드웨어 개선과 다른 네트워크 구조형태 알고리즘이다. 하드웨어 개선에 있어서는 몇가지 가능성이 있다. 더욱 높은 속력의 전달특성을 갖는 다른 모듈에 의해 블루투스 모듈을 대체할 수 있다. 특징스택과 응용프로그램 인터페이스가 네트워크 제어기에 장착될수록 오래된 시스템보다 더욱 쉬어지고 유용성이 가해진다. 네트워크 구조하에 3지 형태의 알고리즘을 다른 네트워크 형태의 알고리즘과 비교할 수가 있게된다. 어떤종류의 알고리즘이 실제로 블루투스 네트워크 시스템이 적합한지를 시험하게 된다. 본문에서 지역근거 행동결정 과정과 헥사곤 기본 Q 학습을 제시하였다. 3대의 작은 이동로봇이 모르는 곳의 감춰진 목표를 탐색하기 위해 사용되어졌다. 같은 환경내에서 2개의 다른 제어방법의 용용에 대한 실험결과가 제시되어졌다. 장래 연구를 위해 우선 목표물에 접근하는 문제를 명확하게 할 필요가 있다. 다른 말로 하자면 목표물 운송 불력 적체와 같은 임무를 수행하기 위해 다수개의 로봇이 있다면 로봇은 일단은 목표물을 인식하고 접근을 해야한다. 2번째로 로봇시스템들은 개선되어져서 주부분과 부부분이 서로 접근할 수가 있게 된다. 그외에 베이지안 학습이나 $T \cdot D(\lambda)$ 방법등과 같은 더욱 복잡한 알고리즘들이 채택되어질수 있다. 3번째로 자기학습 블루투스 통신 네트워크가 개발 되면서 한 개 혹은 많은 숫자의 로봇이 분실되어져도 로봇들은 다른 로봇과 함께 강인하게 통신할 수 있게 된다. 마지막으로 ROBOSIM 모의실험기를 사용하므로써 전체 인식 시스템이 더 나은 결과를 얻기위해 세분화 되어질수 있도 더

욱 강인한 이동로봇탐사의 계획을 제시할 수 있게 된다.

참고문헌

- [1] M, J. Matric, "Behavior based control: Examples from navigation, learning, and group behavior," *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, vol.9, no.2, pp.323-336, 1997
- [2] 진현수, "퍼지제어를 이용한 군집로봇의 행동학습과 평형 알고리즘에 관한 고찰", *퍼지및 지능시스템학회, 춘계컨퍼런스*, vol3, no2, pp.428-430, 1998
- [3] Satty, R.W., "The Analytic Hierarchy Process-what it is and how it is used," *Mathematical Modeling*, pp.161-176, 1987.9.
- [4] H.J. Zimmermann and P. Zysno, "Decision and Evaluation by Hierarchical Aggregation of Information", *Fuzzy Sets and Systems* Vol.10, pp31-36, 1983
- [5] 진현수, "퍼지 지능기법을 이용한 교차로 시스템의 제어에 관한 연구", *퍼지및 지능시스템 학회 춘계 학술대회*, vol4, no 3, pp321-316, 1998
- [6] Toshio Fukada, "Multi-Sensor Integration System with Fuzzy Inference and Neural Network", *IEEE Fuzzy Int.conf.* vol13, no22, pp234-239, 1992
- [7] Gilles Mauris, "The aggregation of information by examples via fuzzy sensors", *IEEE third Int.Conf. system, Orlando, USA*, pp.67-72, June
- [8] E. Benoit, L. Foulloy et al., "Fuzzy sensor for the perception of Colour", *Submitted to the Third IEEE Int.Conf. on Fuzzy, USA*, pp.28-45, June 1994

저자 소개

진 현 수(정회원)



- 1986년 서울시립대학교 전자과 학사 졸업.
- 1991년 서울시립대학교 전자과 석사 졸업.
- 2001년 서울시립대학교 전자과 박사 학위
- 2008년 현재 백석대학교 정보통신학부 교수.

<주관심분야 : 인터넷, 인공지능, 웹메니지먼트>