

M1-0107-02-0003

**뇌정보처리 메커니즘에 기반한
인간행동 시스템 연구**

자율 주행 시스템의 구현

Implementation of Autonomous Navigation Systems

포항공과대학교

과 학 기 술 부

제 출 문

과학기술부 장관 귀하

본 보고서를 “뇌정보처리 메커니즘에 기반한 인간행동 시스템 연구”과제 (세부과제 “자율주행 시스템의 구현”) 의 보고서로 제출합니다.

2004. 7. 31

주관연구기관명 : 포항공과대학교

주관연구책임자 : 오 세 영

연 구 원 : 이 진 수

보고서 초록

본 보고서는 “뇌정보처리 메커니즘에 기반한 인간행동 시스템 연구”과제의 세부과제 “자율 주행 시스템의 구현”의 2 단계보고서로써, 연구기간 2001. 8. 1부터 2004. 5. 31까지 총 3년간의 연구계획과 그 수행결과 및 이에 대한 평가이다.

본 연구는 뇌신경계의 행동 메커니즘과 정보처리방식을 연구하고 이를 인공 신경회로망으로 구현하여 뇌 정보처리 메커니즘에 기반한 행동시스템을 개발하는데 그 목적을 두고 있으며 이를 토대로 뇌 기능 전체 통합모델로의 발전에 기여하고, 자율 적응 행동 시스템을 구현하여 실세계의 응용을 도모하고자 한다. 뿐만 아니라, 현재까지 인간 행동 시스템에 관련된 연구가 인지생물학적 분야와 공학적 분야로 나누어 각각 독립적으로 진행되어온 기존의 연구 관행에서 탈피하여 두 분야의 밀접한 관계를 통해 인간 행동 시스템에 관련된 실질적인 연구를 수행하고자 한다. 특히, 본 세부과제 “자율 주행 시스템의 구현”에서는 공학적인 접근방법을 통해 인공적으로 모델링된 뇌의 정보처리 메커니즘을 자율 주행 로봇에 적용하는 공학적 응용에 초점을 맞추어 진행되었으며 다양한 센서 융합과 환경인식 및 지능 알고리즘에 기반한 주행 Hardware/Software의 개발을 통하여 인간과 공존하며 인간이 할 수 없거나 수행에 어려움이 있는 여러 작업을 대신하며 사회에 도움이 되는 가치를 창출할 수 있는 서비스 로봇의 개발을 최종 목표로 한다.

본 세부 과제 3년간의 연구를 통해 뇌신경 정보처리 메커니즘에 기반한 로봇의 자율주행을 위한 기반 기술을 습득하였으며 그 구체적인 내용은 다음과 같다.

우선, 다양한 형태의 센서 데이터의 융합을 통해 보다 정확성 있는 정보를 추출할 수 있는 센서수준에서의 융합과 결정수준에서의 융합기술을 개발하였으며 이를 바탕으로 다양한 환경에서 강인한 인식률을 보이는 지능적 환경인식 기술을 확보하였다. 다음으로 인간 뇌의 환경인식체계와 유사한 지도의 작성법으로써 센서 퓨전을 통해 추출된 특징점들을 이용한 계층적 지도 작성 방법과 이를 저장하는 방식 그리고, 주어진 지도를 기반으로 하여 목적지까지의 최적의 경로를 탐색할 수 있는 진화연산 방식 등의 기반기술체계를 확립하였으며, 인식이 용이한 인공의 Landmark을 이용하여 로봇의 자세 보정 및 자기 위치 보정이 가능한 기술을 확립하였고, 이 기술을 바탕으로 현재 동적인 물체에 대한 움직임 예측을 이용하여 강인한 추적 알고리즘을 개발 중에 있다. 마지막으로 이러한 3년간의 연구결과를 집약하여 자율 주행을 위한 시작품을 제작, 현재 기 연구된 기반 기술들을 적용하여 실험하는 중에 있다.

이 후에는 지금까지 연구된 기반기술을 바탕으로 하여 인간과 상호작용하며 인간의 명령을 최소화 하고 최대한 로봇 자율에 의해 인간에게 편의를 제공하는 지능적 서비스 로봇의 개발에 응용하고자 한다.

과제관리번호	M1-0107-02-0003	해당단계 연구기간	2001.8.1~2004.5.31	단계 구분	(2단계) / (총 3단계)
연구사업명	중 사 업 명	국책연구개발사업			
	세부사업명	뇌신경정보학연구사업			
연구과제명	중 과 제 명	뇌정보처리 메커니즘에 기반한 인간행동 시스템 연구			
	세부(단위)과제명	자율 주행 시스템의 구현			
연구책임자	오세영	해당단계 참여연구원수	총 : 10 명 내부 : 10 명 외부 : 명	해당단계 연구비	정부: 221,000 천원 기업: 천원 계: 221,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	포항공과대학교		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)					보고서 면수
<p>1차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> • 로봇 및 센서 시스템을 구축 • 초음파 센서를 이용한 Intelligent Local Path Planning 알고리즘 개발 • Evolutionary Robotics 개념에 기반한 신경망 주행제어의 학습 방법을 연구 • Heuristic한 주행 알고리즘과 지능형 주행 알고리즘을 융합 • 주변 환경 분류 및 인식으로 환경에 따른 보다 간단한 여러 개의 주행 제어기를 사용함으로써 주행 성능 향상 • 원격제어를 위한 힘 반영 조이스틱을 개발하고 Car-like type과 Differential type이 혼용된 형태의 구동 메커니즘을 사용 • 인간지능을 모사한 자율주차 알고리즘 개발 및 실험 • Active Head System을 통해 인간의 안구의 움직임에 신호로 이용한 로봇의 원격 제어 시스템을 개발 <p>2차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> • 비전 및 센서융합 기반의 주행 알고리즘 연구 • Map Based Path Planning 기법 연구 • 인공 Landmark을 비전 센서로 인식하고, 퍼지 컨트롤을 이용한 Hybrid Position and Image Based Visual Servoing 알고리즘 연구 • 신경망 기반의 Landmark 예측 알고리즘 연구 • 인간의 Topological/Hierarchical Map Learning/Building/Path Planning 방식에 대한 이해 • 초음파 센서와 카메라를 장착한 이동 로봇이 각 센서에 적합한 방식으로 환경 특징점을 인식하고 인식 결과들을 상호 비교/보완을 통해 융합함으로써 Map building이 가능한 알고리즘을 제안 • Laser를 이용한 Local Path Planning 및 주변 환경에 대한 Grid Type Local Map 작성 방법을 개발 • 특성이 다른 두개의 변이연산자를 상황에 따라 선택적으로 사용하여 최적의 파라미터를 찾는 알고리즘 개발 <p>3차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> • 동적 목표물 추적을 위해 Pan/Tilt가 가능한 구조물을 제작 • 비전 센서와 초음파 센서를 신경망 이론을 이용하여 융합하여 장애물을 회피하며 목표점에 도달하는 알고리즘 연구 • 특징점 추출을 위해 초음파 센서와 비전 센서를 융합한 결과를 이용하고, 특징점간의 관계를 맺어주기 위해서 주행 기록 정보를 이용함으로써 Topological Map을 생성 알고리즘 연구 • 생성된 맵 정보로부터 최적의 Global Path를 찾아내기 위하여 기본적인 Topological Map 정보 외에 각 특징점의 간단한 Geometrical 정보를 추가 • 기존 로봇의 복잡한 신경망 모델에서 벗어나 인간의 사고 작용을 모사한 단순한 신경망 모델을 이용 기존모델과 유사한 성능 구현 • 자율 주행 알고리즘 테스트 및 향후 Multi-agent Robot System 구축을 위한 추가 로봇 플랫폼 제작 					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	비전, 신경망, 센서융합, 환경 인식, 학습, 지도작성, 자율 주행			
	영 어	vision, neural network, sensor fusion, environmental perception, learning, map building, autonomous navigation			

요 약 문

I. 제 목

자율 주행 시스템의 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구는 다양한 형태의 센서 융합과 환경인식 및 지능 알고리즘에 기반한 주행 Hardware/Software의 개발을 통하여 인간과 공존하며 인간이 할 수 없거나 수행하기 어려운 여러 작업을 대신하며 사회에 도움이 되는 가치를 창출할 수 있는 서비스 로봇의 개발한다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구에서는 센서의 융합을 통하여 환경을 인식하며, 주변 환경에 대한 지식을 갱신, 학습할 수 있는 방법론을 연구하며, 동적인 장애물의 감지 및 움직임 예측에 기반한 지능적 회피 알고리즘과 신경망을 이용한 Navigation Strategy 수정과 이동로봇 스스로 Optimal한 결과를 낼 수 있게 개선시키는 알고리즘을 구현한다. 그와 더불어, 진화연산을 이용하여 Navigation Perfor-

mance를 최대한 높일 수 있는 방향으로 진화시키는 알고리즘을 구현한다.

또한, 부여된 임무 수행을 위한 목표물 추적을 위한 비전시스템에서의 대상체 추출 및 인식 알고리즘을 개발하며 인간 뇌의 환경인식 체계와 유사한 방식의 Map Building기법을 연구한다.

IV. 연구개발결과

본 연구를 통해 다양한 형태의 센서정보를 융합하여 보다 지능적인 환경인식을 위한 알고리즘 및 이 정보를 바탕으로 계층적 지도 작성과 주어진 지도를 이용 최적의 경로를 탐색하는 알고리즘을 개발하였으며 이러한 기술을 통합하여 자율주행 시스템의 시작품을 제작하였다.

V. 연구개발결과의 활용계획

로봇을 제작하는 산업체와의 공조를 통해 현재 개발되고 있거나 시판되고 있는 서비스 로봇의 지능을 한 차원 더 높이고 차기적으로는 본 연구를 통해 자체적으로 개발 중인 모바일 플랫폼을 이용 홈 서비스 및 공공 서비스를 위한 로봇을 개발하는데 활용할 것이다.

S U M M A R Y

This research project titled "Development of an Autonomous Navigation System" was carried out with an emphasis on application of the artificial model of the brain's information processing mechanism to a specific engineering application - mobile robot navigation. Its ultimate objective is to make a substantial contribution to develop service robots that can create new values that are beneficial to our society in general by coexisting with humans and helping them to carry out difficult or impossible tasks through developing the necessary Hardware/Software utilizing component technologies such as multiple sensor fusion, environmental perception, and navigation control.

As a result, a robot test bed has been developed which at least functionally mimics the way the human brain processes environmental information - perceiving and updating knowledge on the environment via sensor fusion and learning. Several necessary subtasks have been developed as follows. First, a collision avoidance algorithm which can predict the next motion of a moving object was developed. Then, according to a "Navigation Performance Measure" defined with respect to a navigation architecture, our navigation architecture evolved using the Evolutionary Computation as an efficient tool for optimizing a highly ill-defined cost function. Second, a visual servoing based target recognition and tracking algorithm was developed for the task of tracking objects of interest. Finally, a hierarchical map building and storage architecture following the human way to recognize and utilize the map information was developed that also lends itself to an optimal path finding. For verification of the proposed algorithms, a hardware test bed was constructed including various types of sensors (both passive and active with the rotatable camera) demonstrating various human-like navigation modes.

C O N T E N T S

1. Introduction
2. Worldwide State of the Art of the Technology
3. Detailed Tasks and Results of the Project
4. Extent of Goal Achievement and Contribution to the Field
5. Utilization Plan for the Results of R&D
6. Worldwide Scientific and Technological Knowledge Gleaned along the R&D Process
7. References

제 1 장 연구개발과제의 개요

1.1 연구개발의 목표

다양한 센서 융합과 환경인식 및 지능 알고리즘에 기반한 주행 Hardware/Software의 개발을 통하여 인간과 공존하며 인간이 할 수 없거나 수행에 어려움을 가진 여러 작업을 대신하며 사회에 도움이 되는 가치를 창출할 수 있는 서비스 로봇의 개발을 최종 목표로 한다.

센서의 융합을 통하여 환경을 인식하며, 주변 환경에 대한 지식을 갱신, 학습할 수 있는 능력을 가진 로봇의 개발을 목표로 하여, 환경 인식, 지식 갱신, 학습 등의 기능을 인간의 뇌 정보 처리 모델을 이용하여 로봇에 구현한다. 동적인 장애물의 감지 및 움직임 예측에 기반한 지능적 회피 알고리즘과 신경망을 이용하여 Navigation Strategy를 수정하고 이동로봇 스스로 Optimal한 결과를 낼 수 있게 개선시키는 알고리즘을 구현한다. 그와 더불어, 진화연산을 이용하여 Navigation Performance를 최대로 높일 수 있는 방향으로 진화시키는 알고리즘을 구현한다. 또한, 부여된 임무 수행을 위한 목표물 추적을 위한 비전시스템에서의 대상체 추출 및 인식 알고리즘의 개발을 목표로 한다.

1.2 연구개발의 필요성

1) 기술적 측면

- 뇌 신경계 정보처리 및 행동에 관한 연구를 바탕으로 인간 행동 시스템 연구 및 구현에 관련된 핵심 기반 기술을 구축할 수 있음
- 인간의 정보처리 및 행동 제어 메커니즘과 유사한 시스템 개발에 있어 기존 이론의 한계성을 극복하는 데에 이론적 근거를 수립하여 새로운 학문적 토대를 형성하는 데 크게 기여할 수 있음
- 지능형 시스템을 도입하여 응용할 수 있는 광범위한 시스템 제어 분야 중에서 기계 지능화의 핵심 요소 기술이며 다른 응용 분야에 지대한 기술적인 파급 효과를 갖는 지능형 자율 이동 시스템의 개발

2) 경제 · 산업적 측면

- 뇌공학 분야의 기술 우위 확보를 통한 과학 기술의 국제적인 수월성 강화에 크게 기여할 것임.
- 인간 행동 메커니즘 연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같은 응용 분야에 광범위하게 적용될 수 있고 각 분야의 기술 경쟁력을 강화시키는 데 필수적인 역할을 할 것임.

- 산업체의 생산 및 관리 시스템의 지능적 자동화를 통한 생산력 증가
- 차세대 컴퓨터 및 정보처리 시스템 개발에 필수적인 기반기술 제공
- 특수목적용 응용분야와 연계하여 국가안전 시스템 강화에 기여

3) 사회·문화적 측면

- 인간의 삶에 밀접한 관계를 갖고 있어 과학기술의 대중화에 선도적 역할을 할 수 있음
- 인간 행동 모방 서비스로봇의 실용화에 기여하여 편리한 삶의 토대를 제공해 줄 수 있음
- 고령자 및 신체 장애인의 보조 시스템 개발에 기여할 수 있고, 이를 통하여 국가 사회복지 사업에 크게 기여할 수 있음

제 2 장 국내외 기술개발 현황

초음파 센서와 레이저 센서는 거리 측정에서 해상도와 정확도가 뛰어나기 때문에 오래 전부터 로봇의 환경 인식 연구에 사용되어 왔다. 초음파 센서는 가격이 저렴하고 사용이 용이해서 많이 사용되고 있지만, 특성상 다른 센서로 인한 간섭으로 잘못된 데이터를 받는 경우가 발생하게 된다. 이것을 제거하기 위한 연구로 alternating firing pattern을 이용한 Borenstein의 연구와 pseudo random pulse sequences, double pulse coding을 이용한 연구 등이 있었다. 연구에서 주로 사용된 초음파 센서로 Polaroid Ranging Module이 있다. 또한, 효과적인 navigation이 필요한 동적 물체에 대해서는 초음파 센서만으로 안정적인 데이터를 얻을 수 없기 때문에 많은 연구에서 비교적 매우 안정적인 거리 데이터를 얻을 수 있는 레이저센서를 사용하게 되었다.

초음파 센서를 이용한 신경망 기반 자율 주행 알고리즘의 신경망 구조에서는 NEURO-NAV[1 최]의 경우 9개의 출력 노드, ALVINN의 경우는 무려 30개의 출력 노드를 갖는 신경망 모델을 제시하였다. 이와 같이 신경망을 이용한 자율 주행의 주된 기법은 환경에 따른 해당되는 출력 값을 신경망의 출력 값으로 설정하게 된다.

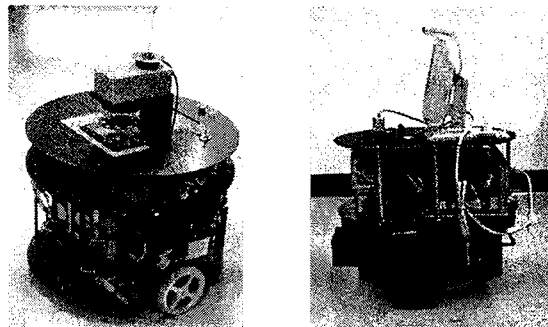
또한 자율 이동 로봇의 주행 알고리즘을 위해 퍼지 기술이 널리 사용되고 있는데, 이것은 불확실한 정보를 가지고 실시간 제어가 가능하기 때문이다. 자율 이동 로봇에서 충돌 회피는 로봇의 이동에 중요한 부분으로 적절한 coordination strategy가 필요로 되는데, modular approach를 도입한 많은 연구들이 있어 왔다. 예로, Goodridge et al.은 처음으로 로봇에 필요한 행동들을 multiple behavior modules 구분하고, 부가적인 fuzzy rules를 사용하여 이러한 modules를 fusion 하였다. 로봇의 행동 결정을 위한 fuzzy rules는 generic algorithms(GAs), evolutionary strategies(ESs) 그리고 evolutionary programming(EP)과 같은 진화연산을 사용하여 최적화 할 수 있다. 이와 같이 비슷한 특성의 센서들을 이용할 때는 앞에서 말한 것과 같은 방식이 많이 사용되고 있지만, 비전 센서와 거리 측정 센서의 경우에는 이와 같은 방식을 사용하기 위해서는 비전 센서에서 출력되는 정보 형태가 거리에 대한 정보로 이끌어 내야 한다. 비전에서 얻어지는 거리정보는 그것이 도출하기까지의 시간이 오래 걸리고 그 값에 대한 오차도 커진다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해 사용하는 방법은 각 센서에 의해 획득된 데이터를 합성(Data Integration)하는 방법이다. 또한 비전 센서에서 Edge와 같은 정보를 획득해서 그 Edge에 대한 거리 정보를 초음파 센서의 정보와 함께 Fuzzy이론을 적용 Edge의 거리 정보를 함께 획득함으로써 물체의 구분과 위치까지 동시 파악할 수 있다. 이 또한 데이터 합성의 일종으로 볼 수 있다. 이와 같이 두 개, 또는 그 이상의 센서에 의해 융합 되어진 데이터들을 이용하게 되면 환경 인식 능력이 향상되고, 이동 로봇의 기능을 더욱 활성화 시킬 수 있다. 실제로 이러한 기술들은 군사용이나 산업용, 그리고 자동화 로봇에 많이 사용된다. 각 센서를 이용하거나 아니면 여러 가지 센서를 동시에 이용해서 환경의 인식 능력을 높이고 있지만 아직은 로봇이 정확한 위치 정보를 인식할 수 있는 기술이 완전하지 않다. 가정에서는 활동 반경이 좁기 때문에 GPS와 같은 방식은 이용하기 어렵기 때문에 로봇에 부착된 센서 자체로 위치 인식 방법을 구현 하려고 노력하고 있다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

3.1 1차년도

1) 로봇의 센서 시스템 구축

- 로봇의 Dead Reckoning을 위한 Optical Wheel Encoder
- 근거리 장애물 탐지를 위한 초음파 센서
- 보다 정확한 장애물 인식 및 환경 인식을 위한 270° Laser Scanner
- Landmark 인식 및 Spatial Sensor와의 융합으로 환경 모델링에 사용하게 될 640x480 Color CCD Camera, Image Grabber
- 능동적인 대상체 추적을 위한 4-DOF Active Head System 기반의 Stereo Vision System



2) 센서 특성 및 정보 추출

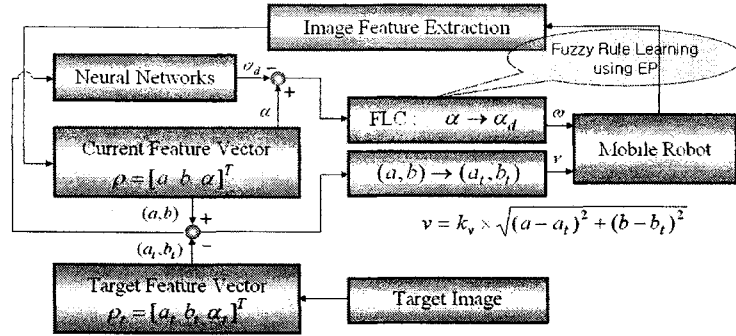
- 초음파 센서의 최소 측정거리 18cm와 센싱을 위한 beam의 퍼짐 정도 및 실내 환경의 특성을 고려한 최대 측정거리 3m를 초음파 센서의 측정 가능 범위로 설정하고, TOF(Time-Of-Flight)로 장애물까지의 거리 및 방향을 인식
- 270° Laser Scanner 측정값을 이용하여 환경을 직선과 원으로 단순화하여 인식
- 640x480 Color CCD Camera로부터 들어온 영상을 RGB와 YUV 영역에서 설정된 색깔정보를 이용하여, 두 Artificial Landmark의 위치를 찾고 그 사이의 관계(거리, 기울어짐 등)를 인식하여 로봇의 Localization 및 Path Planning을 위한 정보로 활용

3) 센서 융합

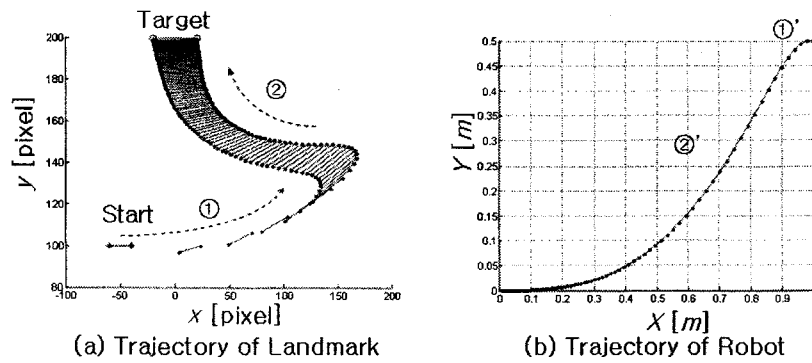
- 초음파의 부정확한 방향성 및 짧은 측정 거리를 Laser Scanner로써 보완하고, Laser Scanner의 장애물 인식 속도를 초음파 센서로써 보완하는 융합기법
- 초음파 센서 및 Laser Scanner의 최소 측정거리 이내로의 장애물 접근을 피하기 위하여, 이전 센서 정보 및 Wheel Encoder의 누적 정보를 이용하는 융합기법
- Laser Scanner의 거리 측정값과 Vision 센서를 이용한 주행환경 영상의 특징간의 비교를 통한 환경 인식 및 지도 작성 기법에 관한 최근 자료 및 연구 방향 분석

4) Landmark Based Path Planning

- 색깔정보를 이용한 Artificial Landmark을 Color CCD 카메라 영상으로부터 인식하고, 두 Landmark의 중심점 사이의 관계를 이용하여 로봇의 상대적인 위치 인식 및 Landmark 쪽으로 다가가는 Image Based Visual Servoing을 신경망과 퍼지로직 및 진화연산을 사용하여 구현하여 도착위치 정밀도는 1cm 미만의 성능을 가짐



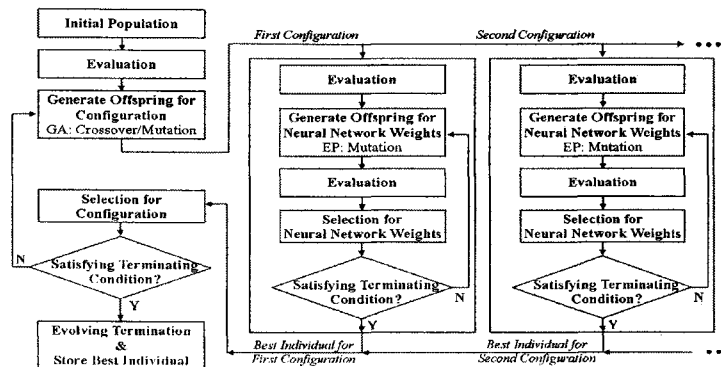
< Image Based Visual Servoing >



< Simulation Results >

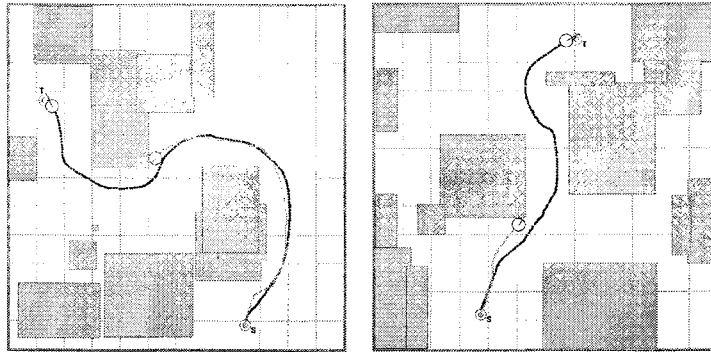
5) 지능형 Path Planning

- 초음파 센서 및 Wheel Encoder 정보를 이용한 Path Planning System을 신경망으로 구현하고 Hierarchical Evolution으로 학습

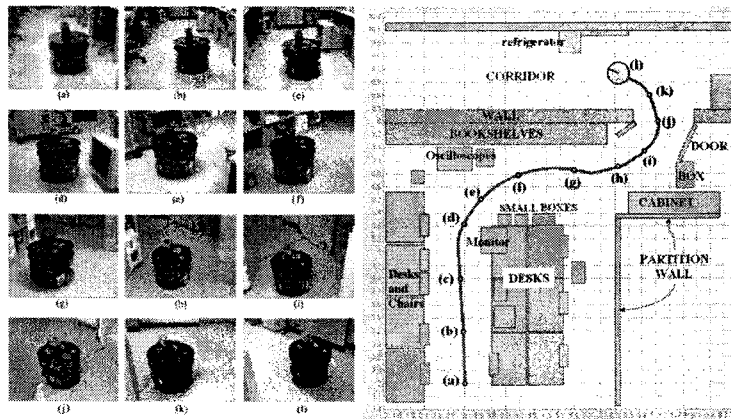


< Diagram of Hierarchical Evolution >

- 초음파 센서와 Laser Scanner의 특성에 기초한, 각 센서값을 상호보완할 수 있는 융합 기법과 MEP 라는 다중스레드 진화연산 방법을 통해 Local Path Planning 구현



< Simulation Results >

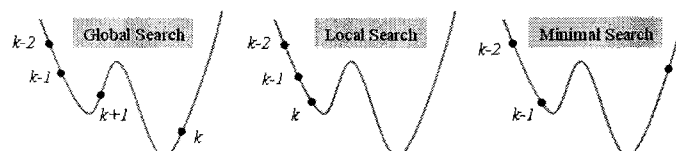


< 실제 주행 결과 >

3.2 2차년도

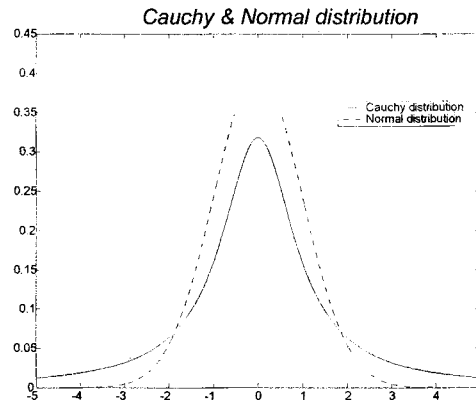
1) 효율적인 진화연산기법

- 기존의 MEP 기법은 아래와 같이 상황에 따라 세 가지의 탐색 알고리즘을 가진다. 빠른 탐색을 위해서는 Global Search 알고리즘에서 사용하는 변이 연산자를 기존의 Gaussian 연산자 대신에 Cauchy 연산자를 이용하여 빠른 탐색이 가능하게 한다. 하지만 Local Search 와 Minimal Search에서는 정밀한 탐색이 필요하므로 Gaussian 연산자를 이용한다.



- Cauchy Distribution과 Normal Distribution의 차이점은 아래의 그림에서 확연히

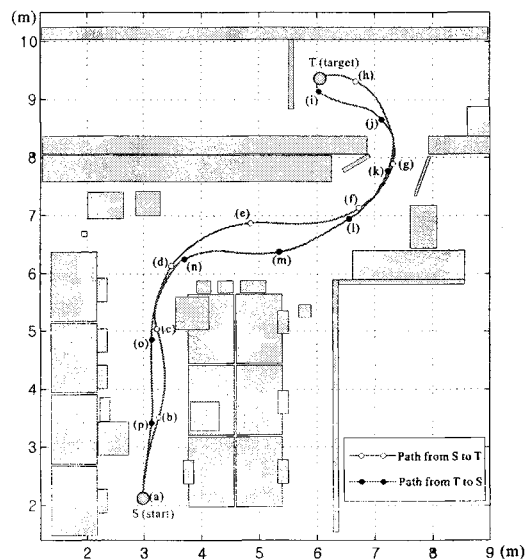
드러난다. 그림에서처럼 Cauchy distribution은 넓은 탐색 영역을 가지기 때문에 local minimum에서 쉽게 벗어날 수 있는 특징이 있다.



- 이 진화연산 기법을 이용하여 로봇 주행 알고리즘을 학습시킨 결과 기존의 방법보다 훨씬 짧은 시간 내에 최적의 파라미터를 찾아낼 수 있었다.

2) 동적 장애물 감지 및 충돌 회피

- 장애물을 감지하기 위해서는 센서를 이용해서 환경을 인식하여야 한다. 장애물을 감지하여 충돌을 회피하기 위해서 아래 그림과 같은 계층적 구조의 퍼지 시스템을 구현하였다. 맨 아래의 각 FIS(Fuzzy inference system)들은 로봇의 기본 행동들을 구현한다. 장애물 감지 및 충돌 회피를 하는 시스템을 구현하기 위해 상위의 FGN(Fuzzy gate network)은 FIS들의 출력을 조율한다. 이렇게 계층적 구조를 가지므로 원하는 기능을 수행할 수 있게 조정해야 하는 파라미터의 개수를 현저히 줄일 수 있다.
- 이 알고리즘을 이용하여 주행한 결과는 아래 그림과 같다. 실험실 환경을 모델로 했으며, 목표지점까지 갔다가 원래 시작 지점으로 다시 돌아올 때까지 장애물과의 충돌 없이 안정적인 주행을 하는 것을 볼 수 있다.



3) 정적 목표 대상물에 대한 추적 알고리즘 개발 및 실험

- 카메라를 이용한 Mobile robot의 Visual servoing은 목표물이 항상 카메라의 시야(field of view) 내에 존재해야 하며, 동시에 목표지점까지의 최적 경로 계획 및 로봇의 자세 조정이 가능해야 한다. 본 연구는 이러한 요구를 만족시킬 수 있는 Hybrid fuzzy control 방법을 제안한다. 먼저 IBVS(Image based visual servoing)은 inverse image jacobian을 이용해 이미지 공간상의 목표물로부터 곧바로 움직임을 계획한다. 이미지 공간상에서 직접 움직임을 계획하므로, 목표물이 항상 카메라의 시야에 존재하게 하는 것이 가능하다. PBVS(Position based visual servoing)은 이미지 공간상의 목표물의 위치를 2D 혹은 3D의 작업 공간으로 변환하여 목표물을 중심으로 로봇의 상대적인 위치를 측정한다. 이 정보를 이용해 목표지점까지 최적 경로를 계획할 수 있으며, 로봇의 자세 조정도 가능하다. 제안된 fuzzy control system은 위 두 가지 방식의 visual servoing을 결합한다. 각 방식으로 구한 움직임 명령에 대한 가중치는 이미지 공간상에서 목표물이 벗어나고 있음을 알려주는 두 개의 경고 신호에 의해 조절된다.
- 또한, 목표물이 카메라의 시야에 존재하더라도, 주행 중 빛의 밝기가 심하게 변하거나 목표물체와 비슷한 다른 물체가 나타나 목표물을 인식하기 힘든 경우, 미리 학습된 신경망을 이용해 현재 목표물의 위치를 예측하는 방법을 이용하였다.

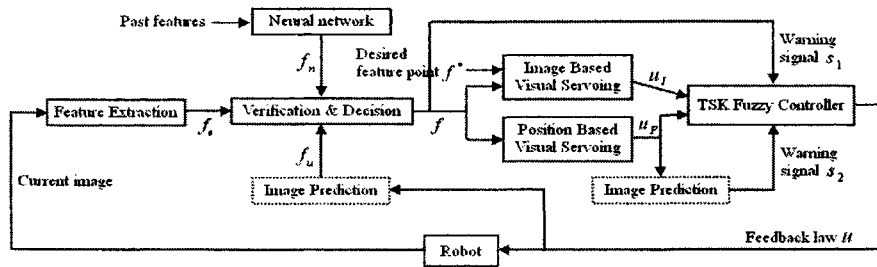


Figure 1. Overall block diagram of the system

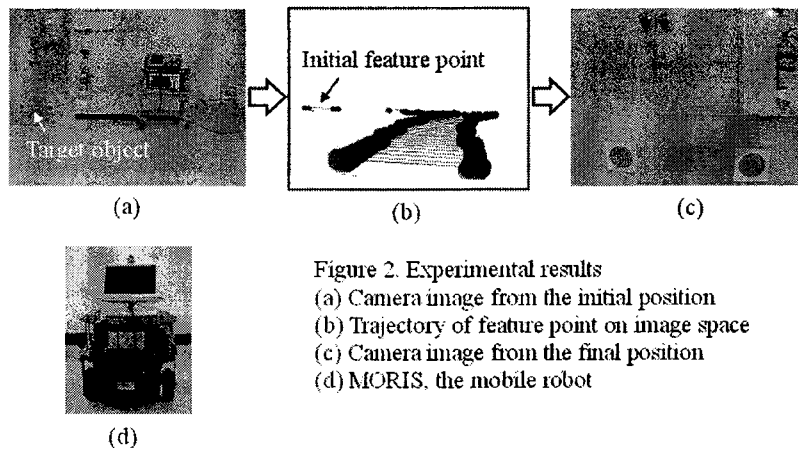


Figure 2. Experimental results

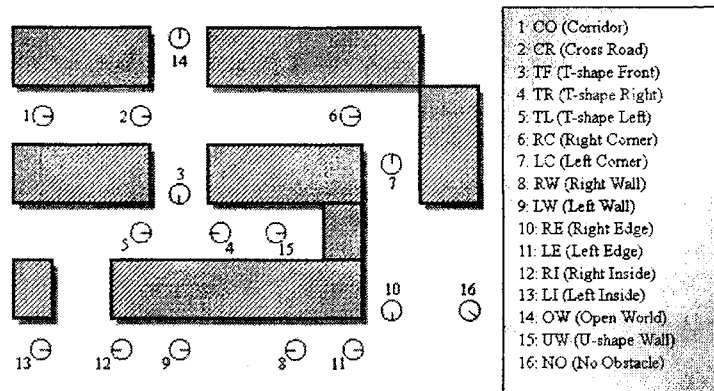
- (a) Camera image from the initial position
- (b) Trajectory of feature point on image space
- (c) Camera image from the final position
- (d) MORIS, the mobile robot

4) Global Path Planning과 Map Building에 대한 뇌 정보처리 방식 이해

- 일반적으로 사람들은 타인에게 길을 알려줄 때, “이 길로 광장까지 간 후, 광장의 사거리에서 오른쪽으로 꺾어서 보이는 막다른 골목안의 왼쪽 두 번째 빨간색 문으로 들어가면 된다.”라는 Topological Map 정보로써 의사를 전달하며 설명을 듣는

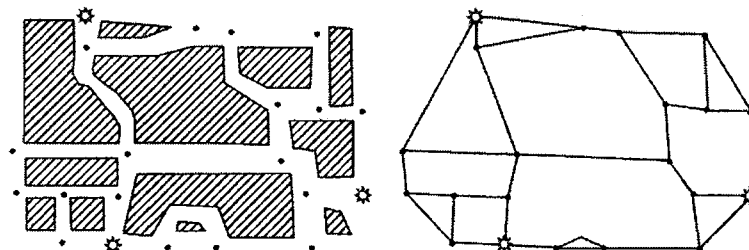
입장에서도 쉽게 이해하게 된다. 이처럼, 인간의 Map 정보 전달 및 습득 방식은 '광장', '빨간색 문', '사거리', '막다른 골목'과 같은 특징점(Distinctive Point)과 '오른 쪽', '왼쪽', '두 번째'와 같은 특징점간의 관계(Relation)로 이루어진다.

- 또한, 인간은 자신이 습득한 Map 정보를 기억/재생함에 있어 계층적(Hierarchical)인 방식을 취한다. 즉, 포항에서 서울을 가기 위해서는 먼저 "포항-대구-대전-수원-서울"을 거쳐서 가는 것으로 정하고, 그 다음으로 "포항-대구"간의 경로를 "포항-안 강-경주-영천-대구"와 같이 점차적으로 하위적인 방식의 접근을 하게 된다.
- 이와 같은, 인간의 Topological/Hierarchical Map Learning/Building 및 Topological/Hierarchical Path Planning 방식을 이동로봇의 환경 인식, Map Building 및 Global Path Planning에 적용하였다. 먼저, Topological Map Description을 위한 특징점으로 Artificial Landmark(Colored Pattern)과 Gateway를 다음과 같은 16가지의 형태로 구분하여 사용한다.



< 16가지 통로 형태 >

- 계층적인 특성을 구현하는 방법으로는 앞서 제시한 두 가지의 Topological 특징점을 이용하였다. 즉, Artificial Landmark을 이동로봇이 주행하게 될 실내 환경의 몇 곳에 설치하여 상위 특징점으로 사용하고, 16가지의 통로형태를 하위 특징점으로 하여 서로간의 관계를 아래와 같이 구성하였다.



< 주행 환경 >

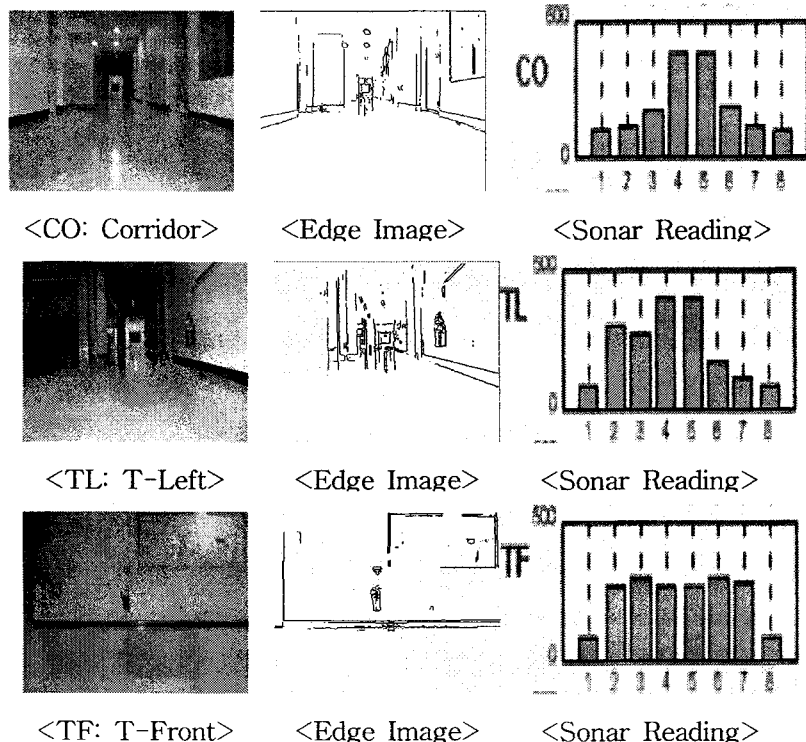
< 특징점 관계 >

(☆는 Artificial Landmark)

5) Data Fusion에 의한 환경인식, 환경모델 저장 및 갱신 알고리즘 개발

- Topological Map을 생성하기 위해서는 로봇이 주행하면서 특징점을 찾아야 한다. 본 연구에서는 특징점을 찾기 위하여 초음파 센서 측정치와 CCD 카메라 영상 정

보를 이용한다. 초음파 센서는 각 방향으로의 거리 측정치를 이용하여 16가지 환경과 비교 후, 현재의 주변 환경 특성을 파악하게 되고, 영상정보에서는 추출된 에지 정보에서 소실점으로 향하는 즉, 대각선 방향의 에지정보를 이용하여 현재 복도의 형태를 파악할 수 있다. 그런데, 초음파 센서의 경우에는 반사면의 경사도에 따라 센싱 특성이 크게 달라지며, 영상의 에지정보 또한 바닥에 그려진 문자 혹은 그림 등으로 인해 신뢰도에 영향을 받게 된다. 그러나 두 정보를 동시에 고려함으로써 보다 신뢰도를 높일 수 있다. 즉, 두 센서의 인식 결과가 다를 경우에는 다음과 같은 좀더 신중한 확인 과정을 거침으로써 신뢰도를 높이게 된다. 초음파 센서는 제자리에서 회전하여 영상정보와 다른 부분을 재확인하고, 이상이 없을 경우 초음파 센서의 정보에 기반하여 에지정보를 추론한다(초음파센서로 측정된 거리값과 카메라 캘리브레이션을 통해 대각선 에지가 시작되는 위치범위를 제한하는 방식으로 오류를 찾는다.).

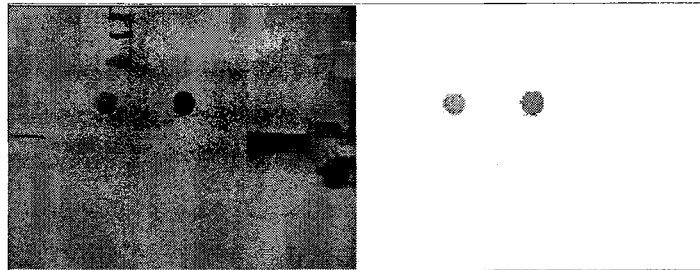


3.3 3차년도

1) 신경망을 이용한 Sonar와 Vision data의 융합

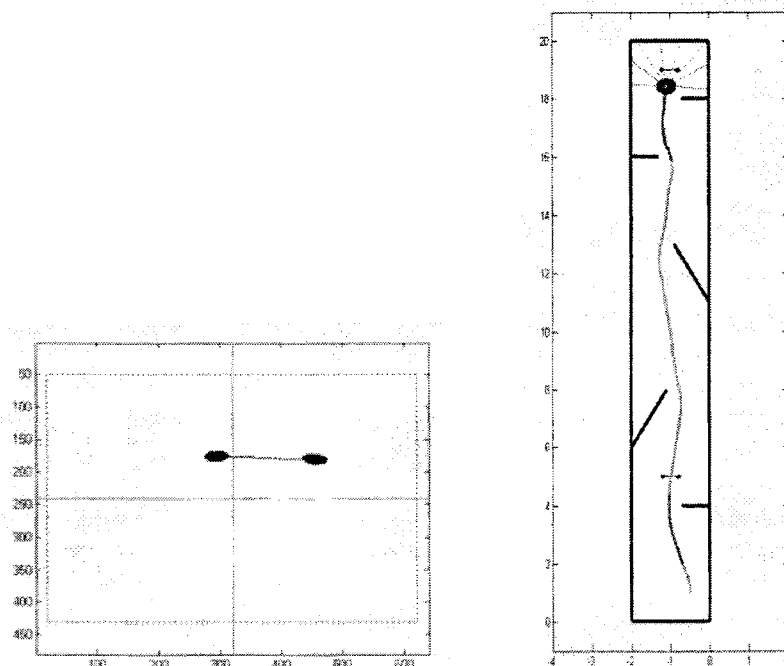
- 비전 센서와 초음파 센서에 대한 각각의 처리 기법을 간소화 시켜 실시간 제어가 가능한 알고리즘을 연구한다. 이를 위해서는 성격이 다른 두 가지 데이터를 혼합해서 하나의 결과가 나오도록 해야 한다. 그래서 사용한 방법이 Backpropagation을 알고리즘을 이용한 MLP(Multi Layer Perceptron)이다. 일단 로봇이 여러 환경에서도 강건한 주행 결과를 나오도록 하기 위해 다양한 환경 아래에서 사람이 직접 로봇을 컨트롤 하여 주행 하도록 하면서

많은 데이터를 수집하도록 한다. 이렇게 수집한 데이터를 이용 신경망을 학습시킨다. 이 데이터는 동일한 시간에 초음파 센서와 비전 센서에서 입력 된 데이터들이다. 전방 8개로 구성된 초음파 센서는 각각의 위치에서 거리 정보를 제공하게 되고, 비전 센서는 RGB 특성을 이용한 Connected Component Labeling 알고리즘을 이용, 그림과 같은 형태로 Landmark를 찾아서 이미지 상에서의 Landmark 위치 정보를 제공하게 된다.



< CCL 알고리즘을 이용한 Landmark찾기 >

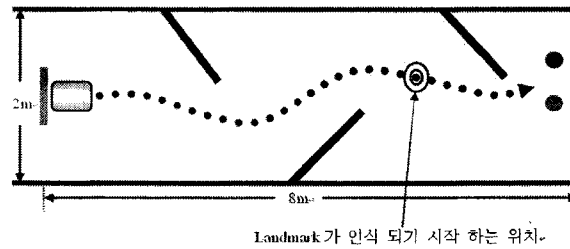
신경망의 입력으로 사용되는 데이터는 현재 입력된 데이터(초음파 센서 데이터 8개, 비전 센서 데이터 4개)뿐만 아니라, 이전 시간에 입력되었던 데이터를 합력 사용해서, 신경망 학습 단계에서는 수렴 속도를 높이고 실제 주행에서는 좀 더 강건한 성능을 보이도록 하였다. 실제 이러한 history data를 사용하지 않을 경우 Landmark가 잠시 보였다가 사라질 경우 로봇은 다시 Landmark가 있는 방향으로 주행을 하기가 어려워진다. 이러한 방식으로 시뮬레이터를 이용 주행한 결과는 다음 그림 보여진다.



< 시뮬레이터 상에서의 Landmark 표현과 주행결과 >

실제 로봇을 이용한 주행에서도 시뮬레이터 결과에서 보여준 주행과 거의 동일한 형태로 결

과가 나타났다.



< 로봇 실험 결과 >

2) Hierarchical/Topological Map Building

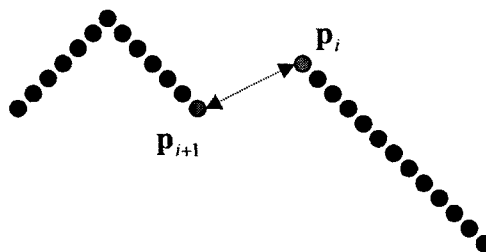
- Topological Map을 생성하기 위해서는 특징점(Distinctive Point) 추출과 특징점간의 관계(Relation)를 맺어주어야 한다. 본 연구에서는 특징점 추출을 위해서는 초음파 센서와 비전 센서를 융합한 결과를 이용하였으며, 특징점간의 관계를 맺어주기 위해서는 주행 기록 정보를 이용하였다. 그리고, 생성된 맵 정보로부터 최적의 Global Path를 찾아내기 위하여 기본적인 Topological Map 정보외에 각 특징점의 간단한 Geometrical 정보를 추가하였다.
- 특징점(Distinctive Point) 추출을 위해서는 초음파 센서 정보에 기초하여 분류한 16가지 Indoor Environment Prototype과 ART-Like Clustering Neural Network을 이용하여 현재의 주행환경이 어떠한 Prototype과 가장 가까운지 찾게 된다. 또한, 이와 동시에 비전 센서의 에지 영상 정보와 그에 따른 소실점 정보를 이용하여 환경을 인식한다. 각각의 인식된 정보를 기반으로 서로간의 Mutual Constraint를 두어 2차 인식 과정을 거친다. 즉, 초음파센서의 인식 결과로부터 비전센서 정보의 에지 위치를 제한하고, 비전센서의 인식 결과로부터는 초음파 센서 측정값을 추측하여 반사면 특성에 의한 초음파 센서의 오차를 검토하게 된다.
- Topological Map에서의 특징점간 관계(Relation)는 특징점간의 직접 도달 여부에 따라 생성된다. 따라서, 일반적으로 맵 생성을 위해 로봇이 주행하면서 새로운 특징점을 발견하게 되면 최근에 지나온 특징점과의 Relation을 정의하고, 이를 반복 수행하여 전체 주행환경에 대한 모든 특징점의 Topology를 생성한다. 본 연구에서는 이러한 과정외에도 특징점간의 Grouping을 통하여 수많은 특징점간의 Topology를 Hierarchical 하게 구성함으로써 Map 정보 관리 및 효율적인(빠른 경로 탐색 성능) Global Path Planning이 가능하도록 하였다.
- 로봇이 맵을 생성하기 시작하는 출발점을 (0,0)좌표로 하고 Dead Reckoning 보정을 통한 Wheel Encoder 정보를 이용한 각 특징점의 좌표를 기억한다. 최적의 Global Path를 찾기 위해서는 Recursive Tree Search 방식을 사용하여 가능한 모든 Path를 찾고, 찾아진 각각의 Path에 대해서는 각 특징점의 좌표값 정보를 이용하여 각 경로의 Path Length를 찾는다. 따라서, 가장 짧은 Path Length를 최적 경로로 결정하게 된다. 이 때, Path Search 과정에서 Hierarchical Map Structure의 특성을 살려 Hierarchical Path Search를 하게 된다.

3) 확률적 특징을 이용한 Map Building 기법 연구

- 2D 레이저 센서는 아주 정밀한 측정이 가능하고 각 분해도가 좋기 때문에 벽 같은 깨끗한 면에서는 거의 직선에 가까운 형태를 보여준다. 하지만, 로봇이 빠르게 움직이면서 측정을 하게 되면 직선이 아닌 형태로 나올 수 있다. 뿐만 아니라, 일반적인 실내 환경은 벽처럼 깨끗한 면만 있는 것이 아니라, 단순한 직선이나 원으로 표현하기 힘든 물체가 많다. 여기서는 환경을 일정한 방식으로 표현하고, 그것이 모든 형태의 사물을 묘사 가능하게 하는 확률적 feature를 제안한다.

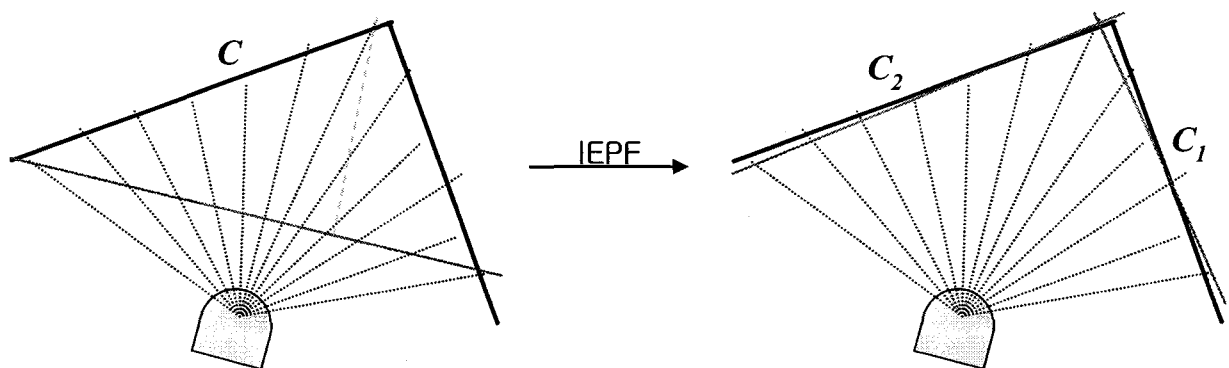
• 센서 데이터의 그룹화

확률적 feature를 만들기 위해서는 레이저 센서로 측정된 거리 데이터들을 그룹화하는 것이 중요하다. 그룹화는 간단하게 연속된 측정 데이터의 거리를 정해진 기준값과 비교하는 것으로 가능하다. 다음 그림은 이런 과정을 보여주고 있다.



<레이저 센서 데이터의 그룹화>

단순하게 연속된 두 거리 데이터의 거리만을 가지고 그룹화를 하면, 다음 그림처럼 두 면이 이어진 것은 두 개의 그룹으로 분리가 되지 않는다. 이것을 분리하기 위해서는 IEPF(Iterative end point fit) 기술을 이용한다.

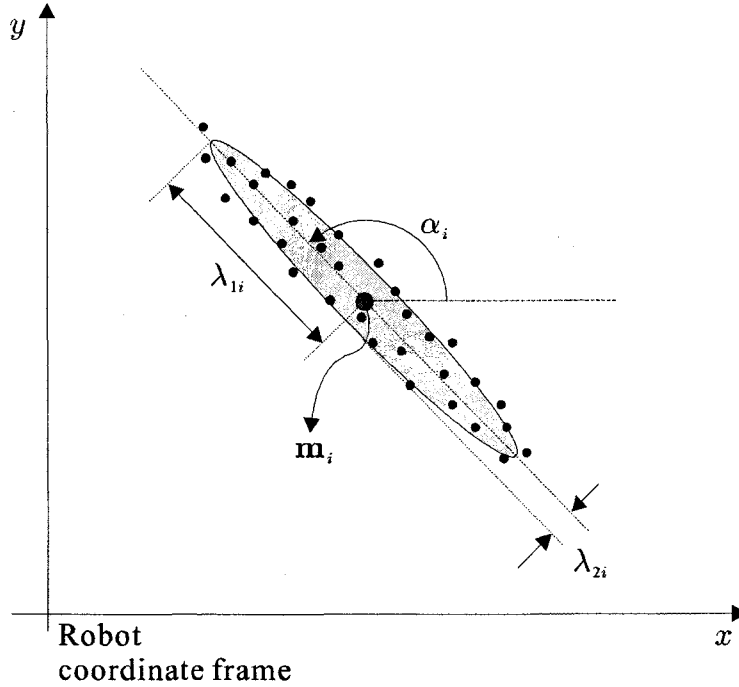


<연결된 두 면을 IEPF로 두개의 그룹으로 분리.>

IEPF는, 앞의 연속된 두 점의 거리만으로 분리된 하나의 그룹 안에서, 그 그룹에 속하는 점과 두 끝점을 잇는 직선까지의 거리 중 최대 값이 정해진 기준값보다 크면

그 최대 값을 가지는 점을 중심으로 그룹을 분리하는 것을 말한다. 이 방법에 의해 분리된 그룹에 대해서도 다시 반복적으로 알고리즘을 돌림으로써 이어진 벽들을 직선에 가깝게 분리할 수 있다.

확률적 feature 추출



<확률적 feature의 각 변수들>

앞에서 얻어진 각 그룹들에서 feature들을 추출한다. 그룹 C_i 는 위 그림과 같이 다음 값들로 특징지어질 수 있다.

$$C_i : \{\alpha_i, \mathbf{m}_i, \Lambda_i\}$$

여기서 α_i 는 그룹의 장축의 각도이고, \mathbf{m}_i 는 각 점들의 평균점이고, $\Lambda_i = [\lambda_{1i}, \lambda_{2i}]^T$ 는 고유값들이다. 각 값들은 다음 식들로 얻어진다.

$$m_{xi} = \frac{\sum_{j \in C_i} x_j}{n_i}$$

$$m_{yi} = \frac{\sum_{j \in C_i} y_j}{n_i}$$

$$s_{xx_i} = \frac{\sum_{j \in C_i} (x_j - m_{x_i})^2}{n_i} = \frac{\sum_{j \in C_i} x_j^2}{n_i} - m_{x_i}^2$$

$$s_{yy_i} = \frac{\sum_{j \in C_i} (y_j - m_{y_i})^2}{n_i} = \frac{\sum_{j \in C_i} y_j^2}{n_i} - m_{y_i}^2$$

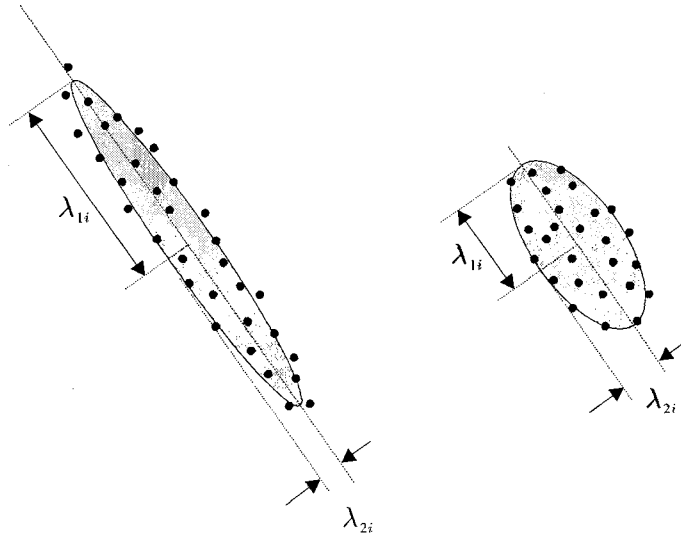
$$s_{xy_i} = \frac{\sum_{j \in C_i} (x_j - m_{x_i})(y_j - m_{y_i})}{n_i} = \frac{\sum_{j \in C_i} x_j y_j}{n_i} - m_{x_i} m_{y_i}$$

$$\lambda_{1i}^2 = \frac{s_{xx_i} + s_{yy_i} + \sqrt{(s_{xx_i} - s_{yy_i})^2 + 4s_{xy_i}^2}}{2}$$

$$\lambda_{2i}^2 = \frac{s_{xx_i} + s_{yy_i} - \sqrt{(s_{xx_i} - s_{yy_i})^2 + 4s_{xy_i}^2}}{2}$$

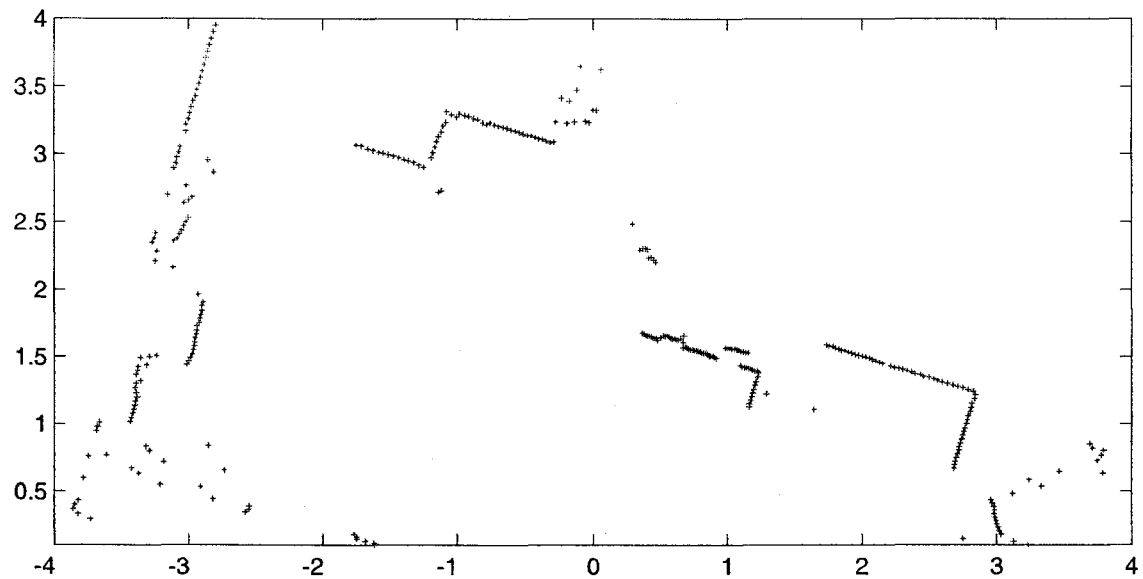
$$\alpha_i = \tan^{-1} \left(\frac{\lambda_{1i}^2 - s_{xx_i}}{s_{xy_i}} \right)$$

다음 그림은 고유값 $\Lambda_i = [\lambda_{1i}, \lambda_{2i}]^T$ 의 크기가 그룹 형태에 따라 어떻게 달라지는지 보여주고 있다. 만약 $\lambda_{1i} \gg \lambda_{2i}$ 이면 벽처럼 깨끗한 면을 측정할 때 나오는 모양이고, $\lambda_{1i} \approx \lambda_{2i}$ 이면 작은 물체들이 오밀조밀 모여 있는 데서 나오는 모양이다.



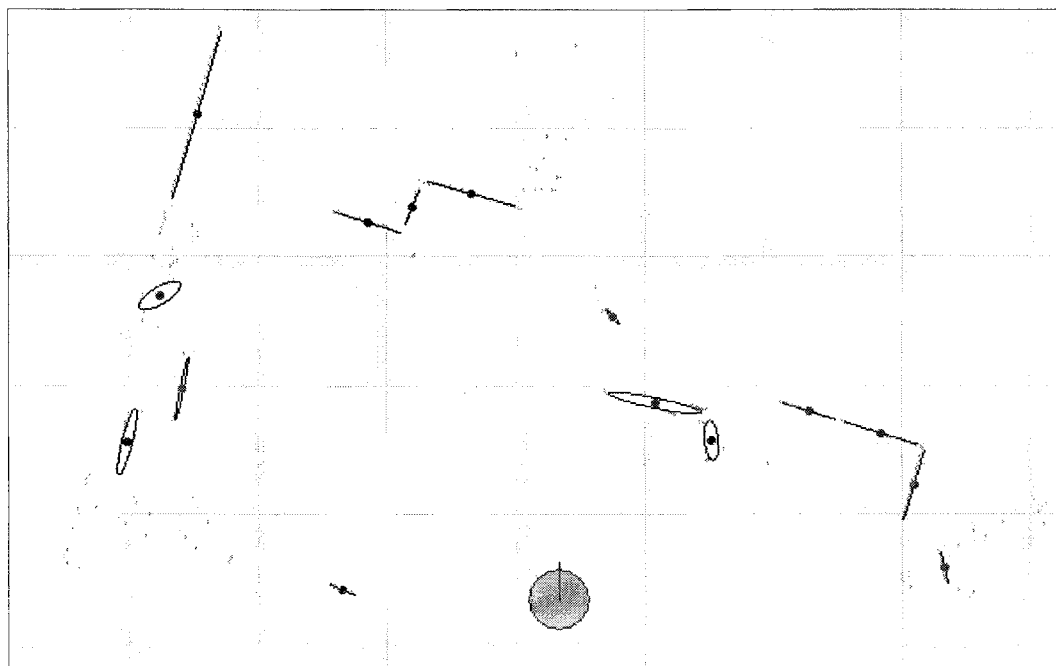
<그룹의 형태에 따른 고유값들의 변화>

- 실험 결과



<2D 레이저 센서를 이용해서 얻은 거리 데이터>

위 그림은 2D 레이저 센서를 이용해서 얻어진 환경 정보이다. 앞에서 설명한 알고리즘을 이용해서 확률적 feature들을 추출한 결과는 아래 그림이다.



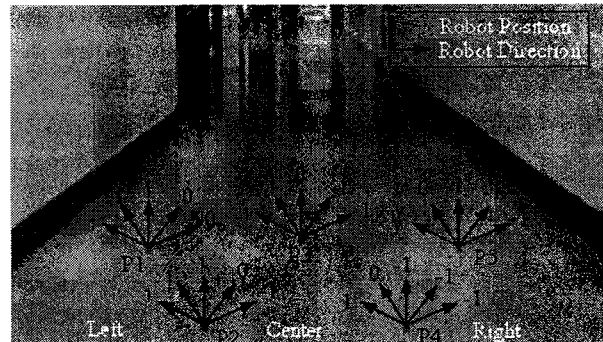
<추출된 환경 데이터>

5) 인간 사고와 유사한 로봇의 방향전환을 위한 신경망 모델 연구

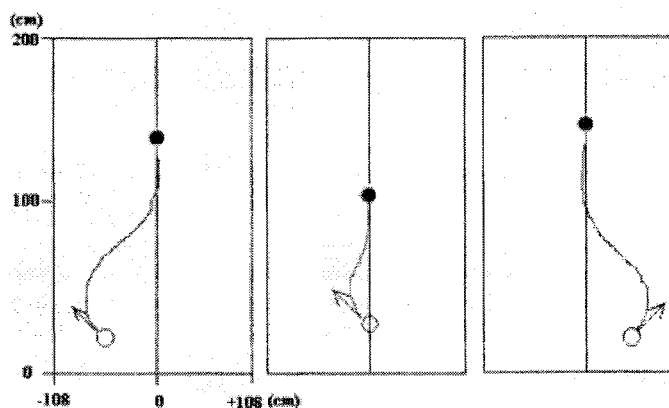
- 기존의 자율 주행 로봇에 사용되던 신경망 모델은 그 출력노드가 양자화된 로봇의 회전각을 나타내며 세밀한 회전각을 표현하기 위해서는 출력노드가 양자화된 회전각의 수에 비례하여 증가하는 복잡한 신경망 구조였다. 또한, 기존 신경망을 학습시키기 위해 주어진 환경에서 로봇의 회전각 임의의 위치와 방향에서 구해야 하는 어려움이 있었다. 대부분의 경우 이 회전각은 직관적으로 알기 어렵기 때문이다. 이에 본 연구에서는 인간이 보행할 때 회전각을 구하지 않고 단순히 진행방향 만을 판단한다는데 착안하여 신경망의 출력을 양자화된 회전각이 아닌 사람이 직관적으로 판단할 수 있는 좌측(-1), 정면(0), 우측(1)의 방향값으로 하는 신경망 모델을 설계하여, 기존 신경망에 비해 최대 50%수준까지 그 노드수를 감소시켰으며, 또한 신경망의 출력이 단순히 방향값 만을 나타내는 것이 아니라 그 크기가 방향 전환의 경향성을 나타내준다는데 착안하여 이를 효율적으로 이용하여 로봇이 신속하게 환경변화에 반응할 수 있도록 명령수준에서의 PID컨트롤러를 설계하였다. 결과 기존 신경망의 입력을 그대로 유지한 채 신경망을 제안된 모델로 대체하고 PID컨트롤러를 추가하여 기존 신경망과 95%이상 유사한 주행 특성을 나타냄을 확인하였다. 본 연구에서는 우선적으로 복도 환경에서 복도의 양쪽 경계선을 입력으로 하여 이를 테스트 하였다. 아래 그림은 그 실험 결과를 나타낸다.



< 실험 환경 및 입력 특징 값 >



<신경망 학습 데이터 추출>



< 주행 결과 >

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

	연구목표	내 용	달성도(%)
1차년도	센서특성 및 정보 추출 방법에 관한 연구	Laser와 Sonar 센서의 특성을 이용하여 환경의 Stochastic 모델을 추출하는 알고리즘을 구현	95%
	센서융합 기법에 관한 연구	Sonar-Encoder 및 Laser-Sonar의 특성에 기초한, 각 센서값을 상호보완할 수 있는 융합 기법을 구현	100%
	지능형 Local Path Planning 알고리즘 연구	Hierarchical Evolution 기법을 이용한 신경망 Path Planner 학습 MEP 라는 다중스레드 진화연산 방법을 통해 센서융합에 의해 나온 데이터로 Local Path를 만드는 방법을 구현	100%
	Landmark 추출 및 인식	Landmark 추출 및 인식을 위한 영상 처리 알고리즘 개발	90%
	Landmark을 이용한 경로 결정 알고리즘 연구	인식된 Landmark 이용한 경로 결정 알고리즘 개발	90%
2차년도	진화연산에 기반한 지능형 자율 주행 알고리즘 개발	상황에 따라 변이연산자를 달리 사용함으로써 빠르고도 효율적인 진화연산을 개발했고 그것을 주행알고리즘을 학습시키는데 사용	95%
	동적 장애물의 감지 및 충돌 회피 알고리즘에 대한 연구	계층적 퍼지 시스템을 이용하여 장애물을 실시간으로 감지 및 충돌 회피하는 알고리즘을 구현, 하지만 동적 장애물의 경우 센서의 부정확성으로 완벽한 알고리즘 개발은 힘들어 보임	90%
	목표 대상물에 대한 추적 알고리즘 연구	신경망 기반의 목표물 예측 알고리즘 추가 및 Hybrid Position/Image based visual servoing 알고리즘 개발 및 실험	90%
	Global Path Planning과 Map Building에 대한 뇌 정보처리방식 이해	인간의 Topological/Hierarchical Map Learning/ Building 및 Path Planning 방식의 이해 및 알고리즘 제안	100%
	Data Fusion에 의한 환경인식, 환경모델 저장, 환경모델 갱신 알고리즘 개발	초음파 센서와 카메라의 특성에 기초하여 각 센서에 적합한 인식 방법 개발 및 상호 비교/보완을 통해 정보의 신뢰도를 높임	90%
	다양한 환경에 대한 알고리즘의 강건성 획득	안정성 및 강건성을 위한 알고리즘을 강화 및 실험을 통한 입증	90%

3차년도	신경망을 이용한 Sonar와 Vision data의 융합	<ul style="list-style-type: none"> • 비전 센서와 초음파 센서를 신경망 이론을 이용하여 융합하여 장애물을 회피하며 목표점에 도달하는 알고리즘 연구 	90%
	Hierarchical/Topological Map Building	<ul style="list-style-type: none"> • 특징점 추출을 위해 초음파 센서와 비전 센서를 융합한 결과를 이용하고, 특징점간의 관계를 맺어주기 위해서 주행 기록 정보를 이용함으로써 Topological Map을 생성 알고리즘 연구 • 생성된 맵 정보로부터 최적의 Global Path를 찾아내기 위하여 기본적인 Topological Map 정보외에 각 특징점의 간단한 Geometrical 정보를 추가 	90%
	목표 대상물에 대한 추적 알고리즘 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 동적 목표물 추적을 위해 Pan/Tilt가 가능한 구조물을 제작 	60%
	확률적 특징을 이용한 Map Building 기법 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 확률적 feature를 이용해서 일반적인 실내 환경을 묘사하게 했다. 하나의 통일된 방법을 이용해서 지도의 일관성을 유지하게 했다. 	95%
	시스템 통합 및 자율 주행 시스템 구현	<ul style="list-style-type: none"> • 1,2,3차년도의 연구 내용을 실제 이동 로봇에 구현을 했으며 자율 주행이 가능한 시스템을 구축하였다. 	95%

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

현재 국가적인 차원에서 로봇 산업의 육성을 위한 투자가 이루어지고 있다. 이제 더 이상 로봇은 산업현장에서 인간의 노동력을 대신하던 도구로써의 기능에서 벗어나, 인간생활 깊숙이 침투하여 인간과 같이 상호작용을 하는 동반자와도 같은 개념으로 바뀌고 있다. 이런 움직임에 발맞춰 국내 대기업 및 중소 로봇 관련 업체에서도 청소, 교육, 엔터테인먼트를 위한 로봇들을 개발, 시판 하기에 이르렀다. 이런 서비스 로봇에서 공통적으로 요구되는 기본이 되면서도 가장 핵심이 되는 기술은 바로 다양한 환경에서 로봇이 환경에 크게 영향을 받지 않고 강인하게 환경인식을 인식하며 이를 통해 로봇의 자기 위치를 파악하고 효율적 업무수행을 위한 업무계획, 최적 경로 선택, 맵 빌딩을 하는 것이라 하겠다. 하지만, 지금 개발 되어 시판되는 제품은 동일한 기능을 수행하는 로봇이라 할지라도 어떤 종류의 센서를 사용하였는가에 따라서 그 가격이 천차만별이다. 물론, 고가의 정확도가 높은 센싱 장비를 사용할수록 좀더 신뢰성 있는 환경인식이 가능할 것이다. 하지만, 이는 로봇의 가격과 직접적으로 관련이 있기 때문에 시장성과 그 신뢰도 사이에서 적절한 수준을 선택해야 만 한다. 본 연구를 통해 신뢰도가 낮은 저가형 센싱 장비의 데이터를 융합하여 보다 신뢰도가 높은 데이터를 얻는데 어느 정도 성공을 거두었으며 좀더 다양한 형태의 센싱 데이터를 융합하는 알고리즘을 지속적으로 개발 중이다. 따라서, 이 기술을 현재의 서비스 로봇 기술에 적용하면 고가의 센서를 이용하지 않고도 저가의 센싱 장비들을 이용해 비슷한 수준의 신뢰도를 갖는 데이터를 얻을 수 있으므로 로봇의 가격을 낮추고 시장성을 높이는데 기여할 것이다. 이를 위해 산업체와의 연계가 필요할 것이며 현재 이를 추진 중에 있다.

다음으로, 현재 연구 중인 다양한 모달리티를 갖는 맵 빌딩 기술을 서비스 로봇에 적용함으로써 초기 로봇이 서비스할 대상 지역에 대한 정교한 맵 빌딩은 레이저 센서와 같은 고가의 정밀한 센싱 장비를 탑재한 시스템을 이용하여 초기 맵을 생성하고 이 맵 정보를 저가형 센서로 구성된 실제 서비스를 제공할 로봇에 제공하여 수시로 변하는 환경을 인식, 필요에 따라 맵을 업데이트하도록 함으로써 차별화된 기능을 갖는 서비스 로봇을 개발하는데 활용할 계획이다.

또한 현재 연구 중인 동적인 물체의 추적과 회피 알고리즘의 경우 산업용 로봇과 달리 인간과 상호작용하고 동적인 환경에 지능적으로 반응을 해야 하는 서비스 로봇에게서 반드시 필요한 영역의 기술이며 이 기술을 서비스 로봇에 적용함으로써 로봇이 서비스를 요하는 사람과의 일정한 간격을 유지하며 지속적인 서비스를 제공할 수 있게 하고, 또한 이동 중에 나타나는 동적인 물체에 대한 회피를 할 수 있도록 함으로써 다양한 서비스환경에 적용 가능한 이식성이 높은 서비스 로봇을 개발하는 데 기반기술로써의 역할을 할 것이다.

결론적으로, 본 연구로 얻어지는 기반 기술들은 산업체와의 공조를 통해 현재 개발되고 있거나 시판되고 있는 서비스 로봇의 지능을 한 차원 더 높이기 위한 기반이 될 것이며, 차기적으로는 본 연구를 통해 자체적으로 개발 중인 모바일 플랫폼을 이용 홈 서비스 및 공공 서비스를 위한 로봇을 개발하는데 활용할 것이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- BookStore Project

카네기 멜론 대학의 Mobile Robot Programming Lab에서 진행하는 프로젝트로써 교내 오피스와 서점간을 자율주행하며 책을 배달하는 서비스 제공을 목적으로 한다. 이 프로젝트는 비전을 기반으로 하여 학습, 동적인 환경에서의 장애물 회피, 경로 선택, 자기 위치파악 등의 기술을 연구하고 있다.

-Personal Robotic Assistants for the Elderly

카네기 멜론 대학의 Robot Learning Lab에서 진행하는 프로젝트로써 노인을 위한 개인 서비스 로봇을 그 목적으로 하고 있다. 이 프로젝트는 동적인 대상물체인 인간을 추적하는 기술 및 인간과 상호작용하는 기술에 대한 연구를 진행하고 있다.

- Adaptive Intelligent Mobile Robots

MIT의 Artificial Intelligence Laboratory에서 진행하는 프로젝트로써 로봇이 주어진 환경에서 목적지를 향해 이동하고, 이동 중 장애물을 회피하는 데 필요한 여러 가지 학습방법론에 대한 연구를 진행 중이다.

- Multi-Robot Coordination & Learning

USC의 Robotics Research Lab에서 진행하는 프로젝트로써 여러대의 로봇이 협력하여 자신들의 위치를 파악하고 업무를 분담하여 효율적으로 업무를 수행하기위한 기술을 연구하고 있다.

- Mobile Autonomous Robotics Software

Georgia Tech의 Mobile Robot Lab에서 진행하는 프로젝트로써 군사적인 목적의 로봇에 적합한 특수 목적 수행을 위한 로봇간의 협력과 로봇의 경로선택 업무계획 등에 대한 기술을 연구하고 있다.

제 7 장 참고문헌

- [1] A.Sivla,P.Menezes, J.Dis,Pinha de Marrocos. "Grid Based Navigation For AutonomousRobots An Algorithm Based on the Integration of Vision and Sonar Data." Industrial Electronics, 1997. ISIE '97., Proceedings of the IEEE International Symposium on , 7-11 July 1997 Page(s): 802 -806 vol.3
- [2] M.A. Abidi and R. C. Gonzales, "DataFusion in Robotics and Machine Intelligence", Eds. San Diego, CA: Academic,1992
- [3] Siegfried Martens, Paolo Gaudiano, and Gail A. Carpenter. "Mobile robot sensor integration with fuzzy ARTMAP" Proceedings of the 1998 IEEE ISIC/CIRA Joint Conference Gaithersburg, MD, Septempber 14-17, 1998
- [4] Terence chek hion Heng, Yoshinori Kuno, and Yoshiaki Shirai. "Active Sensor Fusion for Collision Avoidance" Proceedings of the 1997 IEEE IROS 97'
- [5] S. G. Goodridge, "Multimedia Sensor Fusion for Intelligent Camera Control and Human-Computer Interaction." Ph.D thesis, North Carolina State University, Raleigh, 1997
- [6] K. Kobayashi, K. C. Cheok, K. Watanabe, and F. Munekata. "Accurate Differential Global Positioning System via Fuzzy Logic Kalman Filter Sensor Fusion Technique." IEEE Trans. On Industrial Electronics, Vol. 45, No. 3, pp.510-518,june 1998
- [7] J. Borenstein and Y Koren, "Error eliminating rapid ultrasonic firing for mobile robot obstacle avoidance", IEEE Trans. Robotics and Automation, Vol. 11, No. 1 pp.132-138, 1995.
- [8] K. Jorg and M. Berg, "Mobile robot sonar sensing with pseudo-random codes", Proceedings 1998 IEEE Conference on Robotics & Automation, Leuven, Belgium, May 1998, pp. 2807-2812.
- [9] H. P. Moravec and A. Elfes, "High resolution maps from wide angle sonar", IEEE International Conference on Robotics and Automation, St. Louis, pp. 19-24, 1985.
- [10] T. Tsubouchi, "Nowadays trends in map generation for mobile robotics", Proceedings IROS'96, Osaka Japan, 1996, pp. 828-833.
- [11] D. Lee, "The map-building and exploration strategies of simple sonar-equipped mobile robot", Cambridge University Press 1996.
- [12] Vandorpe, J., Van Brussel, H., and Xu, H., "Exact dynamic map building for a mobile robot using geometrical primitives produced by a 2D range finder", In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 901-908., 1996.

- [13] Zadeh, L. A., "Fuzzy sets", Information and control, Vol. 8, pp. 338-353, 1965.
- [14] Wang, Li-Xin, Adaptive Fuzzy Systems and Control. Prentice Hall, 1994.
- [15] Goodridge, S. G., M. G. Kay, and R. C. Luo, "Multi-layered fuzzy behavior fusion for reactive control of an autonomous mobile robot", in Proceedings of the IEEE Conference on Fuzzy Systems, pp. 579-584, 1997.
- [16] Whitehead, S. D., "Complexity and cooperation in q-learning", in Proceedings of the 8th International Workshop on Machine Learning, pp. 363-367, 1991.
- [17] Brooks, R. A., "A robust layered control system for a mobile robot", IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. RA-2, No.1, pp. 14-23, 1986.
- [18] Goldberg, D. E., Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning. Addison Wesley, 1989.
- [19] Holland, J. H., Adaptation in Natural and Artificial Systems. The university of Michigan Press, 1995.
- [20] Fogel, D. B., " An introduction to simulated evolutionary optimization", IEEE Trans. Neural Networks, Vol. 5, pp. 3-14, 1994.
- [21] Li-Xin Wang, *Adaptive fuzzy systems and control*, Prentice hall, 1994.
- [22] M. Sugeno and M. Nishida, "Fuzzy control of model car," *Fuzzy Sets and Systems*, vol.16, pp.103-113, 1985.
- [23] C. Hong, J. Won, and J. Lee, "Multi-thread evolutionary programming and its application to truck-and-trailer backer-upper control," *IEICE Trans. Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Science*, vol.E84-A, pp.597-603, Feb. 2001.
- [24] R. O. Duda and P. E. Hart, "Pattern Classification and Scene Analysis," *John Wiley & Sons*, New York, USA, 1973.
- [25] S. Hutchinson, G.D. Hager and P.I. Corke. A tutorial on visual servo control. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 12(5):651-670, Oct. 1996.
- [26] B. Espiau, F. Chaumette and P. Rivers. A new approach to visual servoing in robotics. *IEEE Transaction on Robotics and Automation*, 8(3):313-326, Jun. 1992.
- [27] A.C. Sanderson, L.E. Weiss and C.P. Neuman. Dynamic sensor-based control of robots with visual feedback. *IEEE Journal of Robotics and Automation*,

3(5):404-417, 1987.

- [28] C. Collewet and F. Chaumette. Positioning a camera with respect to planar objects of unknown shape by coupling 2-D visual servoing and 3-D estimations. *IEEE transaction on Robotics and Automation*, 18(3):322-333, Jun. 2002.
- [29] Y. Masutani, M. Mikawa, N. Maru and R. Miyazaki, Visual Servoing for Non-holonomic Mobile Robot. *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol 2, pages 1133-1140, 1994.
- [30] Brian W. Minten, Robin R. Murphy, Jeff Hyams and Mark Micire. Low-order-complexity vision based docking. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 17(6):922-930, Dec. 2001.
- [31] H. Zhang and J. Ostrowski. Optimal Motion Planning in the Image Plane for Mobile Robots. *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 3811-3816, 2000.
- [32] P.I. Corke and S. Hutchinson, A new partitioned approach to image-based visual servo control. *IEEE Transaction on Robotics and Automation*, 17(4), 2001.
- [33] Soo-Hwan Oh and Se-Young Oh. Image-based visual servoing for mobile robots using neural networks and fuzzy-evolutionary methods. *Proceedings of the 2002 International Joint Conference on Neural Network*, vol 2, pages 1367 -1372, 2002.
- [34] Li-Xin Wang. *A course in fuzzy systems and controls*. Prentice-Hall International, Inc.
- [35] E. Remolina and B. Kuipers, "Towards a general theory of topological maps," Technical Report of the Intelligent Robotics Lab at the University of Texas at Austin, 2002.
- [36] Robin R. Murphy, "Introduction to AI Robotics," MIT Press, 2000.
- [37] Byeong-Soon Ryu and Hyun-Seung Yang, "Integration of Reactive Behaviors and Enhanced Topological Map for Robust Mobile Robot Navigation," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 29, no. 5, 1999.

특정연구개발사업 연구결과 활용계획서

사업명	중사업명	국책연구개발사업		
	세부사업명	뇌신경정보학연구사업		
과제명		자율 주행 시스템의 구현		
연구기관	포항공과대학교	연구책임자	오세영	
총연구기간		2001년. 8월. 1일. ~ 2004년. 5월. 31일. (34 개월)		
총 연구비 (단위 : 천원)	정부출연금	민간부담금	합계	
	221,000	0	221,000	
기술분야		지능 시스템		
참여기업				
공동연구기관				
위탁연구기관				
연구결과활용 (해당항목에(√) 표시)	1. 기업화 ()	2. 기술이전(√)	3. 후속연구추진(√)	4. 타사업에 활용()
	5. 선행 및 기초연구(√)	6. 기타목적활용 (교육,연구)(√)	7. 활용중단(미활용)()	8. 기타()

특정연구개발사업 처리규정 제 31조(연구개발결과의 보고) 제 2항에 의거 연구결과 활용계획서를 제출합니다.

첨부 : 1. 연구결과 활용계획서 1부.
2. 기술요약서 1부

2004 년 7 월 31 일

연구책임자 : 오 세 영

연구기관장 : 박 찬 모



과학기술부장관 귀하

[첨부1]

연구결과 활용계획서

1. 연구목표 및 내용

본 연구는 다양한 형태의 센서 융합과 환경인식 및 지능 알고리즘에 기반한 주행 Hardware/Software의 개발을 통하여 인간과 공존하며 인간이 할 수 없거나 수행하기 어려운 여러 작업을 대신하며 사회에 도움이 되는 가치를 창출할 수 있는 서비스 로봇의 개발을 목표로 한다. 센서의 융합을 통하여 환경을 인식하며, 주변 환경에 대한 지식을 갱신, 학습할 수 있는 방법론을 연구하며, 동적인 장애물의 감지 및 움직임 예측에 기반한 지능적 회피 알고리즘과 신경망을 이용한 Navigation Strategy 수정과 이동로봇 스스로 Optimal한 결과를 낼 수 있게 개선시키는 알고리즘을 구현한다. 그와 더불어, 진화연산을 이용하여 Navigation Performance를 최대로 높일 수 있는 방향으로 진화시키는 알고리즘을 구현한다. 또한, 부여된 임무 수행을 위한 목표물 추적을 위한 비전시스템에서의 대상체 추출 및 인식 알고리즘을 개발하며 인간 뇌의 환경인식 체계와 유사한 방식의 Map Building기법을 연구한다.

2. 연구수행결과 현황(연구종료시점까지)

가. 특허(실용신안) 등 자료목록

발명명칭	특허공고번호 출원(등록)번호	공고일자 출원(등록)일자	발명자 (출원인)	출원국	비고
무인 반송시스템과 주행제어 방법	10-0423975-0000	2001.12.14	(주)삼성전자	국내	

나. 프로그램 등록목록

프로그램 명칭	등록번호	등록일자	개발자	비고

다. 노하우 내역

라. 발생품 및 시작품 내역

지능 주행 알고리즘을 탑재한 Two-wheeled Robot 'ChoiBot' 제작.

레이저 센서, 초음파 센서 장착, Pentium 4 2GHz CPU 보드 탑재한 이동 로봇 시스템 제작.

마. 논문게재 및 발표 실적

○ 논문게재 실적(필요시 별지사용)

학술지 명칭	제목	게재연월일	권(호)	발행기관	국명	SCI게재여부
Pattern Recognition	Automatic Extraction of Eye and Mouth Fields from Face Images using Multilayer Perceptrons and Eigenfeatures	2001년	Vol. 34	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE	국제	O
Pattern Recognition Letters	Simple Hybrid Classifier for Face Recognition with Adaptively Generated Virtual Data	2002년	Vol. 23(7)	ELSEVIER SCIENCE BV,	국제	O
Int. journal of Intelligent Automation and Soft Computing	Hierarchical fuzzy logic scheme with constraints on the fuzzy rule	2001년	Vol. 7(4)	Autosoft	국제	O
IEEE Trans. on Evolutionary Computation	Evolving a Modular Neural Network-Based Behavioral Fusion Using Extended VFF and Environment Classification for Mobile Robot Navigation	2002년	Vol. 6(4)	IEEE	국제	O
Journal of Robotic System	A P-type iterative learning controller for uncertain robotic systems with exponentially decaying error bounds		Vol.20(2)	Wiley Interscience	국제	O
Fuzzy Sets and Systems	Parameter conditions for monotonic Takagi-Sugeno-Kang fuzzy system		Vol. 132(2)	ELSEVIER SCIENCE BV.	국제	O
Fuzzy Sets and Systems	Universal approximation by hierarchical fuzzy system with constraints on the fuzzy rule		Vol. 130(2)	ELSEVIER SCIENCE BV	국제	O
Applied Intelligence	Automatic Extraction of Eye and Mouth Fields from a Face Image using Eigenfeatures and Ensemble Networks	2002년	Vol. 17(2)	Kluwer	국제	O
Intelligent Automation and Soft Computing	Hybrid Classification for Face Recognition with Virtual Samples and Ensemble Neural Networks	2002년	Vol. 8(4)	Autosoft	국제	O
한국 퍼지 및 지능시스템 학회 논문지	진화연산의 성능 개선을 위한 하이브리드 방법	2002년	Vol. 12(4)	한국 퍼지 및 지능 시스템 학회	한국	X
전자공학회 논문지	가상 데이터와 융합분리기에 기반한 얼굴 인식	2002년	Vol. 37(2)	전자공학회	한국	X
Autonomous Robots	Hybrid Control for Autonomous Mobile Robot Navigation Using Neural Network Based Behavior Modules and Environment Classification	2003년	Vol. 15	Kluwer	국제	O
IEEE Trans. on ITS	Three Feature Based Automatic Lane Detection Algorithm (TFALDA) for Autonomous Driving	2003년	Vol. 4(4)	IEEE	국제	O
계: 14 건수						

○ 학술회의 발표 실적(필요시 별지사용)

학술회의 명칭	제목	게재연월일	호	발행기관	국명
Congress on Evolutionary Computation (CEC)	Evolutionary Programming Integrating 3-Generation Based Mutation and Local Competition Based Selection	2002년 5월			미국
International Joint Conference on Neural Network (IJCNN)	Image-Based Visual Servoing for Mobile Robots using Neural Networks and Fuzzy-Evolutionary Methods	2002년 5월			미국
International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)	Cooperative Coordination Method of Neural Network Controller Module for Autonomous Mobile Robot Navigation	2001년 10월			한국
The First POSTECH-KYUTECH Joint Workshop on Neuroinformation	Evolutionary Algorithm Based Neural Network Controller Optimization	2001년			한국
한국 퍼지 및 지능시스템 학회지	진화연산의 성능개선을 위한 하이브리드 방법	2002년 5월			한국
International Conference on Control, Automation and System (ICCAS)	An Evolutionary Algorithm Preventing Consanguineous Marriage	2002년 10월			한국
International Conference on Control, Automation and System (ICCAS)	A New Lane Departure Warning System Using Support Vector Machine Classifier and Fuzzy Syst	2002년 10월			한국
IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2003	A driver adaptive lane departure warning system based on image processing and a fuzzy evolutionary technique	2003년 6월			미국
International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS), September 2003	Real-time Multiple Vehicle Detection Using Neural Network with Local Orientation Coding and PCA	2003년 9월			한국
International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS), September 2003	A Walsh-Based Distributed Associative Memory with Genetic Algorithm Maximization of Storage Capacity for Face Recognition	2003년 9월			한국
계: 10 건수					

3. 연구성과

※ 기술이전이나 기업화 완료(추진중 포함) 실적

업체명	삼성 전자
제품명	Multi-agent Cooperative Task Planning
기업화 예정	2002년 12월
제품용도	OHT의 실시간 최적 작업 경로 할당

4. 기술이전 및 연구결과 활용계획

가. 당해연도 활용계획(6하원칙에 따라 구체적으로 작성)

현재 연구 중인 다양한 모달리티를 갖는 맵 빌딩 기술을 서비스 로봇에 적용함으로써 초기 로봇이 서비스할 대상 지역에 대한 정교한 맵 빌딩은 레이저 센서와 같은 고가의 정밀한 센싱 장비를 탑재한 시스템을 이용하여 초기 맵을 생성하고 이 맵 정보를 저가형 센서로 구성된 실제 서비스를 제공할 로봇에 제공하여 수시로 변하는 환경을 인식, 필요에 따라 맵을 업데이트 하도록 함으로써 차별화된 기능을 갖는 서비스 로봇을 개발하는데 활용할 계획이다.

또한 현재 연구 중인 동적인 물체의 추적과 회피 알고리즘의 경우 산업용 로봇과 달리 인간과 상호작용하고 동적인 환경에 지능적으로 반응을 해야 하는 서비스 로봇에게서 반드시 필요한 영역의 기술이며 이 기술을 서비스 로봇에 적용함으로써 로봇이 서비스를 요하는 사람과의 일정한 간격을 유지하며 지속적인 서비스를 제공할 수 있게 하고, 또한 이동 중에 나타나는 동적인 물체에 대한 회피를 할 수 있도록 함으로써 다양한 서비스환경에 적용 가능한 이식성이 높은 서비스 로봇을 개발하는 활용할 것이다.

나. 활용방법

산업체와의 공조를 통해 현재 개발되고 있거나 시판되고 있는 서비스 로봇의 지능을 한 차원 더 높이기 위한 기반 기술로써 본 연구 개발 결과를 제공한다.

다. 차년도이후 활용계획(6하원칙에 따라 구체적으로 작성)

본 연구 과정 중 개발한 주행 알고리즘을 더욱 보강하여 홈서비스 및 공공 서비스를 위한 인간과 자연스럽게 상호 작용하는 서비스 로봇을 개발하는데 필요한 통합 주행 알고리즘을 Embedded S/W화 하여 로봇 주행을 위한 Embedded system을 개발할 것이다.

5. 기대효과

향후 활용에 따른 기술적, 사회·경제적 파급효과(정량적 및 정성적으로 전문가입장에서 구체적으로 작성)

- 예상매출액(단위: 백만원), 수입대체효과((단위: 백만원), 수출증대효과(단위: 백만원), 원가절감(단위: 백만원,기존대비%), 에너지절감효과(단위: 백만원, 기존대비%), 생산성 향상(단위: 백만원,기존대비%) 인력양성 또는 고용창출 효과(단위:명), 투자유치실적((단위: 백만원), 인프라구축 효과 등

현재 국가적인 차원에서 로봇 산업의 육성을 위한 투자가 이루어지고 있다. 이제 더 이상 로봇은 산업현장에서 인간의 노동력을 대신하던 도구로써의 기능에서 벗어나, 인간생활 깊숙이 침투하여 인간과 같이 상호작용을 하는 동반자와도 같은 개념으로 바뀌고 있다. 이런 움직임에 발맞춰 국내 대기업 및 중소 로봇 관련 업체에서도 청소, 교육, 엔터테인먼트를 위한 로봇들을 개발, 시판하기에 이르렀다. 이런 서비스 로봇에서 공통적으로 요구되는 기

본이 되면서도 가장 핵심이 되는 기술은 바로 다양한 환경에서 로봇이 환경에 크게 영향을 받지 않고 강인하게 환경을 인식하며 이를 통해 로봇의 위치를 파악하고 효율적 업무수행을 위한 업무계획, 최적 경로 선택, 맵 빌딩을 하는 것이라 하겠다. 하지만, 지금 개발되어 시판되는 제품은 동일한 기능을 수행하는 로봇이라 할지라도 어떤 종류의 센서를 사용하였는가에 따라서 그 가격이 천차만별이다. 물론, 고가의 정확도가 높은 센싱 장비를 사용할수록 좀더 신뢰성 있는 환경인식이 가능할 것이다. 하지만, 이는 로봇의 가격과 직접적으로 관련이 있기 때문에 시장성과 그 신뢰도 사이에서 적절한 수준을 선택해야만 한다. 본 연구를 통해 신뢰도가 낮은 저가형 센싱 장비의 데이터를 융합하여 보다 신뢰도가 높은 데이터를 얻는데 어느 정도 성공을 거두었으며 좀더 다양한 형태의 센싱 데이터를 융합하는 알고리즘을 지속적으로 개발 중이다. 따라서, 이 기술을 현재의 서비스 로봇 기술에 적용하면 고가의 센서를 이용하지 않고도 저가의 센싱 장비들을 이용해 비슷한 수준의 신뢰도를 갖는 데이터를 얻을 수 있으므로 로봇의 가격을 낮추고 시장성을 높이는데 기여할 것이다.

6. 문제점 및 건의사항(연구성과의 제고를 위한 제도·규정 및 연구관리 등의 개선점을 기재)

[첨부2]

기술 요약서

■ 기술의 명칭

※기술이란? 과제 수행결과 확보된 신기술, 산업재산권, 기술적 노하우 등 개발된 성과중 수요자에게 공급할 수 있는 형태의 기술을 의미함

자율 주행 시스템(Autonomous Navigation Systems)

■ 기술을 도출한 과제현황

과제관리번호	M1-0107-02-0003		
과제명	자율 주행 시스템의 구현		
사업명	국책연구개발사업		
세부사업명	뇌신경정보학연구사업		
연구기관	포항공과대학교	기관유형	
참여기관(기업)			
총연구기간	2001.8.1~2004.5.31		
총연구비	정부(221,000)천원	민간(0)천원	합계(221,000)천원
연구책임자 1	성명	오세영	주민번호
	근무기관 부서	전자전기공학과	E-mail syoh@postech.ac.kr
	직위/ 직급	교수	전화번호 054-279-2214
연구책임자 2	성명		주민번호
	근무기관 부서		E-mail
	직위/ 직급		전화번호
실무연락책임자	성명	김선호	소속/부서 전자전기공학과
	직위/ 직급	원급	E-mail steelp@postech.ac.kr
	전화번호	054-279-2880	FAX 054-279-5594
	주소	(790-784) 경상북도 포항시 남구 효자동 산 31번지 포항공과 대학교 LG연구동 302호	

■ 기술의 주요내용

[기술의 개요]

다양한 센서 융합과 환경인식 및 지능 알고리즘에 기반한 주행 Hardware/Software의 개발을 통하여 인간과 공존하며 인간이 할 수 없거나 수행에 어려움을 가진 여러 작업을 대신하며 사회에 도움이 되는 가치를 창출할 수 있는 서비스 로봇의 개발을 최종 목표로 한다.

센서의 융합을 통하여 환경을 인식하며, 주변 환경에 대한 지식을 갱신, 학습할 수 있는 능력을 가진 로봇의 개발을 목표로 하여, 환경 인식, 지식 갱신, 학습 등의 기능을 인간의 뇌 정보 처리 모델을 이용하여 로봇에 구현한다. 동적인 장애물의 감지 및 움직임 예측에 기반한 지능적 회피 알고리즘과 신경망을 이용하여 Navigation Strategy를 수정하고 이동로봇 스스로 Optimal한 결과를 낼 수 있게 개선시키는 알고리즘을 구현한다. 그와 더불어, 진화연산을 이용하여 Navigation Performance를 최대한 높일 수 있는 방향으로 진화시키는 알고리즘을 구현한다. 또한, 부여된 임무 수행을 위한 목표물 추적을 위한 비전시스템에서의 대상체 추출 및 인식 알고리즘의 개발을 목표로 한다.

<기술적 특징>

- (1) 다양한 환경에 대응하기 위해 정확성이 상대적으로 낮은 저가의 센서의 입력들을 융합하여 보다 정확도 높은 결과 창출.
- (2) 인간의 환경인식체계와 유사한 계층적 지도 작성으로 메모리 효율을 높임.
- (3) 진화연산을 이용한 최적경로탐색 알고리즘을 통해 다양한 환경에서 최적 경로를 단시간에 탐색가능.
- (4) 학습할 계수들을 대폭 줄이고 효율적으로 경로를 계획할 수 있는 계층적 구조의 퍼지 시스템을 구현.
- (5) 다양한 환경을 쉽게 표현하는 확률적 특징을 이용한 지도 작성.

[용도 · 이용분야]

- (1) 서비스 로봇 기술에 적용하면 고가의 센서를 이용하지 않고도 저가의 센싱 장비들을 이용해 비슷한 수준의 신뢰도를 갖는 데이터를 얻을 수 있으므로 로봇의 가격을 낮추고 시장성을 높이는데 기여할 수 있음.
- (2) 다양한 모달리티를 갖는 맵 빌딩 기술을 서비스 로봇에 적용함으로써 초기 로봇이 서비스할 대상 지역에 대한 정교한 맵 빌딩은 레이저 센서와 같은 고가의 정밀한 센싱 장비를 탑재한 시스템을 이용하여 초기 맵을 생성하고 이 맵 정보를 저가형 센서로 구성된 실제 서비스를 제공할 로봇에 제공하여 수시로 변하는 환경을 인식, 필요에 따라 맵을 업데이트하도록 함으로써 차별화된 기능을 갖는 서비스 로봇을 개발하는데 활용 가능.
- (3) 동적인 물체의 추적과 회피 알고리즘의 경우 산업용 로봇과 달리 인간과 상호작용하고 동적인 환경에 지능적으로 반응을 해야 하는 서비스 로봇에게서 반드시 필요한 영역의 기술이며 이 기술을 서비스 로봇에 적용함으로써 로봇이 서비스를 요하는 사람과의 일정한 간격을 유지하며 지속적인 서비스를 제공할 수 있게 하고, 또한 이동 중에 나타나는 동적인 물체에 대한 회피를 할 수 있도록 함으로써 다양한 서비스환경에 적용 가능한 이식성이 높은 서비스 로봇을 개발하는 데 기반기술로서의 역할.

■ 기술의 분류

[기술코드] 655 (3 Digit) (KISTEP 홈페이지 기술요약서용 기술분류표 참조)

[기술분야] (1개만 선택(✓로 표시)하여 주십시오)

- ☐ 정보산업 ☐ 기계설비 ☐ 소재 ☐ 정밀화학·공정 ☐ 생명과학
☐ 원자력 ☐ 자원 ☐ 에너지 ☐ 항공·우주 ☐ 해양
☐ 교통 ☐ 보건·의료 ☐ 환경 ☐ 기초·원천 ☐ 기타

[기술의 활용유형] (1개만 선택(✓로 표시)하여 주십시오)

- V 신제품개발 □ 신공정개발 □ 기존제품개선 □ 기존공정개선
□ 기 타 ()

[기술의 용도] (복수 선택(✓로 표시)가능합니다)

- ☐ 기계설비 ☐ 부품소자 ☐ 원료재료 V 소프트웨어
☐ 가공처리기술 V 자동화기술 ☐ 불량률 감소 등 현장애로기술
☐ 제품설계기술 ☐ 공정설계기술 ☐ 기 타 ()

■ 산업재산권 보유현황(기술과 관련한)

권리유형	명 칭	국가명	출원단계	일자	등록번호
특허	무인 반송시스템과 주행제어 방법	한국	출원	2001.12.14	10-0423975-0000

* '권리유형'란에는 특허, 실용신안, 의장, 컴퓨터프로그램, 노하우 등을 선택하여 기재

* '출원단계'란에는 출원, 공개, 등록 등을 선택하여 기재

■ 기술이전 조건

이전형태	<input type="checkbox"/> 유상 <input type="checkbox"/> 무상	최저기술료	천원
이전방식	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전 소요기간	년 개월	실용화예상시기	년도
기술이전시 선행요건			

* 기술이전시 선행요건 : 기술이전을 위한 사전준비사항(필수 설비 및 장비, 전문가 확보 등)을 기술

* 실용화예상시기 : 기술을 활용한 대표적인 제품이 최초로 생산이 시작되는 시기를 기재

■ 기술의 개발단계 및 수준

[기술의 완성도] (1개만 선택(✓로 표시)하여 주십시오)

	① 기초, 탐색연구단계 : 특정용도를 위해 필요한 신 지식을 얻거나 기술적 가능성을 탐색하는 단계
✓	② 응용연구단계 : 기술적 가능성의 실증, 잠재적 실용화 가능성의 입증 등 실험실적 확인 단계
	③ 개발연구단계 : Prototype의 제작, Pilot Plant Test 등을 행하는 단계
	④ 기업화 준비단계 : 기업화에 필요한 양산화 기술 및 주변 기술까지도 확보하는 단계
	⑤ 상품화 완료단계

[기술의 수명주기] (1개만 선택(✓로 표시)하여 주십시오)

	① 기술개념 정립기 : 기술의 잠재적 가능성만 있는 단계
	② 기술실험기 : 기술개발에 성공했으나 아직 실용성, 경제성 등이 확실치 않은 단계
	③ 기술적용 시작기: 최초의 기술개발국에서만 활용되고 있는 단계
✓	④ 기술적용 성장기: 기술개발국 및 일부 선진국에서 활용되고 있는단계
	⑤ 기술적용 성숙기: 선진국사이에서 활발한 기술이전이 일어나며, 기술의 표준화가 되어가는 단계
	⑥ 기술적용 쇠퇴기: 선진국에서 개도국으로 기술이전이 활발하게 일어나고 선진국에서는 기술의 가치가 저하되나, 개도국에서는 아직 시장의 가치가 높은 기술

[기술발전 과정상의 기술수준] (1개만 선택(✓로 표시)하여 주십시오)

	① 외국기술의 모방단계 : 이미 외국에서 개발된 기술의 복제, reverse Eng.
	② 외국기술의 소화·흡수단계 : 국내시장구조나 특성에 적합하게 적응시킴
✓	③ 외국기술의 개선·개량단계 : 성능이나 기능을 개선시킴
	④ 신기술의 혁신·발명단계 : 국내 최초로 개발

■ 본 기술과 관련하여 추가로 확보되었거나 개발중인 기술

[기술개요]

기술명	
개발단계	<input type="checkbox"/> 연구개발 계획 <input type="checkbox"/> 연구개발 중 <input type="checkbox"/> 연구개발 완료
기술개요	

[기술을 도출한 과제현황]

과제관리번호				
과제명				
사업명				
세부사업명				
연구기관		기관유형		
참여기관(기업)				
총연구기간				
총연구비	합계 : ()백만원 - 정부 : ()백만원 민간 : ()백만원			
연구책임자	소속		성명	
	전화번호		E-mail	
연구개발 주요내용				