

# 웨어러블 컴퓨팅에 의한 지능형 주행 판단 시스템

정성호, 김성주, \*김용택, \*\*서재용, 전홍태

중앙대학교 전자전기공학부, \*한국전력전력기술개발연구소, \*\*한국기술교육대 정보기술공학부

전화 : 02-820-5297

## Intelligent Maneuvering Decision System of Mobile Vehicle using Wearable Computing

Sung-Ho Jung, Seong-Joo Kim, Yong-Taek Kim, Jae-Yong Seo, Hong-Tae Jeon

School of Electrical and Electronic Engineering, Chung-Ang University

E-mail : lan19@dreamwiz.com

### ABSTRACT

Intelligent Wearable Module is intelligent system that arises when a human is part of the feedback loop of a computational process like a certain control system. Applied system is mobile robot.

This paper represents the mobile robot control system remote controlled by Intelligent Wearable Module. So far, owing to the development of 802.11b technologies, lots of remote control methods through internet have been proposed. To control a mobile robot through internet and guide it under unknown environment. The information about the direction and velocity of the mobile robot feedbacks to the PDA and the PDA send new control method produced from the combination of Neuro and Hierarchical Fuzzy Algorithm.

### I. 서론

1980년대 처음으로 우리나라에 퍼스널 컴퓨터가 가정으로 보급되기 시작했을 때 일반가정에서 컴퓨터의 활용가치는 매우 낮았다. 그러나 오늘날 급속도로 변화하는 현대 사회에서의 업무처리과정은 한정된 작업공간을 벗어난 다양한 상황에서 제한된 시간 내에 처리해야 하는 경우가 생기기도 한다. 이처럼 우리는 언제 어디서나 최첨단 정보화기기를 사용하여 네트워크에 접속해서 원하는 정보를 취하거나 휴대용 핸드폰이나 PDA와 같은

여러 인터넷 지원 장비를 사용하여 좀 더 편리한 생활을 향유하려고 한다. 이러한 새로운 삶의 방식과 더불어 앞으로 산업판도를 바꿀 기술로 산업용으로만 사용되어 왔던 로봇이 개인용 또는 가정용으로 보급되는 시대가 도래하게 되었다. 대표적인 예로 이미 상용화되어 보급되고 있는 청소용 로봇이나 아직까지는 한정적으로 사용되는 환자도우미와 같은 로봇이 있다. 따라서 앞으로는 휴대용 정보화기기의 발달과 더불어 가정 또는 사무실에서 원격으로 조작되거나 인간과 공존하는 지능로봇의 이용이 확산될 것이다. '모든 장소에 컴퓨터가 있어, 그것을 자유롭게 누구나 쓸 수 있다.' 1988년 Xerox의 PARC(Palo Alto Research Center)의 Mark Weiser가 처음으로 주창한 유비쿼터스 기술(Ubiquitous Technology)의 기본 정의이다. 그 이전에 1984년 'Computing Everywhere' 라는 개념으로 도쿄 대학의 사카무라 켄 교수에 의해 트론(TRON: The Real-time Operating system Nucleus)라는 프로젝트가 시작되었다.

실세계의 각종 제품들이 환경 내 전반에 걸쳐 컴퓨터들이 존재는 하지만, 컴퓨터들이 모습을 잘 드러내지 않도록 환경 내에 내재시키는 기술 이것이 앞으로의 컴퓨터의 모습이다. 정적인 컴퓨터가 있듯이 동적인 컴퓨터도 있다. 공상과학 영화나 소설에서 보아왔던 몸에 착용하고 다니는 휴대용 컴퓨터(Wearable Computer)[1][2]는 오늘날 각광받고 있는 퍼베이시브 컴퓨팅(Pervasive Computing) 또는 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)과는 전체적인 구조와 개념적 차이는 있지만, 우리가 가는 곳 어디에서든지 우리 각자가 필요한 정보를 획득하거나 정보를 보낸다는 기본적인 의미는 유

사하다. 점차 어플리케이션의 소형화 기술이 발달함에 따라 이러한 어플리케이션의 실제 사용 및 활용 가능성은 매우 높다. 현재 휴대용 컴퓨터의 연구를 진행하고 있는 곳은 학교와 기업 연구소, 회사 등 고루 분포되어 있다. 대표적인 연구기관을 소개하자면 옷처럼 착용 및 저전력 시스템에 중점을 둔 MIT Media Lab의 MIThril이 있으며, MIT Media Lab 출신의 Thad Starner 주도로 하에 조지아공대의 CCG와 ETH(Swiss Federal Institute of Technology)에서 휴대용 컴퓨터의 다양한 분야로 공동연구중이다. 그리고 매우 활발하게 연구가 진행중인 대학으로 카네기 멜론대학이 있다. Carnegie Mellon WearableGroup에는 여러 전공의 연구팀이 결합하여 실시간 음성인식(SR)과 언어번역(LT)의 기능에 중점을 둔 Smart Modules을 만들어 놓기도 했으며 최근에는 연구용 제품을 목적으로 하는 Spot R3을 내어놓기도 했다. 하드웨어적인 관점으로 보았을 때 상용화에 앞서고 있는 기업으로는 Xybernaut 및 OQO Corporation, Charmed Technology 등에서 다양한 제품군을 내놓고 있다. 대부분 하드웨어는 휴대성을 고려하여 저전력 CPU인 ARM계열인 StrongARM을 많이 채용하였다. 그러나 휴대용 컴퓨터에는 소형화뿐만 아니라 특수한 목적 내지는 그 기능에 적합한 적절한 소프트웨어가 지원되어야 한다. 본 논문의 목적은 첫 번째 휴대성, 이동성에 적합한 휴대용 컴퓨터(Wearable computer)와 같은 IWM (Intelligent Wearable Module)과 MV (Mobile Vehicle)를 제어할 IWM내의 지능 제어 시스템 구축 및 제작에 주안점을 두었다. 두 번째는 이동로봇을 제어 대상으로 한정하여 원격제어를 구현하는 것이다. 또한 여러 가지 형태의 정보를 획득하기 위해 센서박스(Sensor Box)를 IWM내에 마련하였으며, 이동로봇의 제어에 필요한 행동모듈방식을 결정하였다. 행동모듈방식의 추론에는 퍼지이론과 신경망 알고리즘을 사용하였으며 이를 통한 지능적 제어를 실현하고자 한다. 즉 MV를 응용하여 휠체어나 안내로봇으로 활용하였을 때 사용자가 신체장애자나 일반인으로 보았을 때 시스템은 사람과 분리된 시스템이 아니라 사용자의 제2의 뇌(Brain)과 같은 역할을 수행하고자 한다. 이 부분이 궁극적으로 구현하고자 하는 시스템의 모습이다.

## II. Intelligent Wearable Module

### 2.1 시스템의 구성

본 논문에서 구현된 IWM을 이용한 로봇 제어를 위한 전체적인 시스템의 구성도는 다음과 같다.

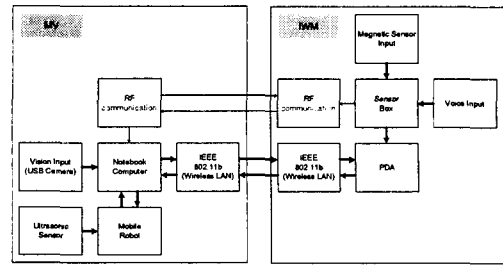


그림 1. 지능형 휴대모듈의 시스템 구성  
Fig. 1. The Intelligent Wearable Module System Architecture

하드웨어 시스템의 구성은 그림 1에서 보는 것처럼 크게 사용자가 명령을 내리는 제어 시스템을 중심으로 하는 IWM(Intelligent Wearable Module)과 이동로봇모듈인 MV(Mobile Vehicle)로 구성되어 있다. MV로 구성된 이동로봇은 한울 로보틱스의 Synchro-drive Mobile Robot(Model : HWR-MRB2)이다. IWM에는 크게 음성인식 장치와 방향을 인식하는 자기장 센서 장치 그리고 PDA단말기(i-paq H3660, Compaq)로 구성되어 있으며, 다음과 같은 명령수행 과정을 통해 동작하게 된다. 정의된 프로토콜에 의해 음성인식 또는 자기장 센서를 통해서 들어오는 프로토콜은 PDA를 거쳐 MV의 이동로봇에 전달되어 명령을 수행하게 된다. 또한 MV에서는 초음파 센서를 통해 측정된 거리 데이터와 USB카메라로부터 추출하여 재생산한 영상정보를 같이 IWM의 PDA에 전송하여 계층적 퍼지 추론알고리즘과 신경망에 의해 이동로봇의 속도와 방향을 제어하게 된다. 또한 현 상황을 시각적으로 확인하기 위해서 실시간 영상을 JPEG 압축하여 같이 IWM모듈로 전송한다.

### 2.2 Hierarchical Fuzzy

간단한 시스템에서부터 보다 복잡한 시스템에 이르기 까지 퍼지제어는 다양한 응용분야에 퍼져 사용되고 있다. 그러나 일반적인 퍼지제어기에는 심각한 한계점이 있다. 입력되는 변수의 개수가 복잡하게 증가할수록 보통의 퍼지제어기에서는 룰의 개수가 급속도로 증가한다. 이에 반해 계층적 퍼지시스템은 좋은 성질을 가지고 있다. 즉 전체 룰의 개수가 단지 입력변수의 수에 선형적으로 증가한다. 그림 2의 계층적 퍼지 시스템은 각각 입력 변수에 대한 퍼지집합을  $m$ 이라 정의한다면 각각 낮은 차원의 퍼지시스템은  $m^2$ 의 룰로 구성된다는 것을 알 수 있다. 그러므로 전체 룰의 개수는  $(n-1)m^2$  이것은  $n$ 개의 입력변수의 수에 선형적인 함수이다[3].

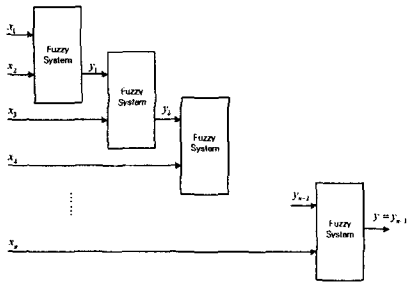


그림 2. 계층적 퍼지 시스템  
Fig. 2. Hierarchical Fuzzy System

### 2.3 계층적 퍼지 시스템과 신경망의 융합

같은 종류의 센서를 여러 개 사용하는 것을 센서통합 (Sensor Integration)이라 하고, 서로 다른 종류의 센서를 같이 사용하는 것을 센서융합(Sensor Fusion) 이라 한다. 센서통합보다는 센서융합이 효율적 측면에서 유리한 점이 많다. 센서통합의 경우 센서통합을 통해 결국은 단일 센서를 사용하므로 물체의 전체에 대한 정보를 파악하는데 취약하다.

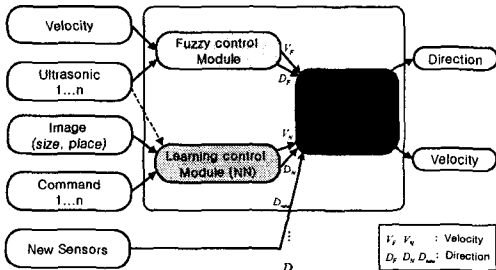


그림 3. 계층적 퍼지 시스템과 신경망의 융합 구조  
Fig. 3. Combination of neuro and hierarchical fuzzy structure

따라서 우리는 센서 융합을 통해서 좀 더 많은 정보를 바탕으로 각각의 센서의 단점을 보완하여 MV가 동작하게 하고자 하였다. MV위에 장착된 USB카메라로부터 들어온 실시간 영상이미지로 IWM 사용자인 인간은 현재 상황을 정확하게 파악할 수 있다. 우리는 IWM을 인간의 보조적 두뇌 역할을 하도록 하는 데 궁극적인 목표로 하였다. 인간도 신체에 있는 여러 감각기관이 있지만 멀리 있는 사물을 파악하거나 물체의 위치와 장애물을 피할 때 가장 많이 사용하는 감각기관이 시각이다. 현재 IWM은 MV에 현 영상인식 기술로는 영상을 인식하여 정확하게 판단을 내려줄 수는 없지만, 영상 인식기술이 많이 발달되고 좀 더 IWM에 지능적인 기능이 부여된다면, 비교적 근접 거리 추정만 가능하고 목표물과의 거리가 멀수록 신뢰도가 떨어지는 초음파 센서 (Ultrasonic Sensor)보다는 더 나은 기능을 할 것이다. 따라서 IWM모듈이 받는 센서정보 중 앞으로 다른 센서

정보보다 영상정보의 중요도 때문에 계층적 퍼지 시스템과 신경망의 융합 구조에서 다른 센서와 첫 번째 layer에서 분리하여 구성하였다. 현재는 색깔 인식에 의한 대상의 픽셀정보를 바탕으로 거리정보와 화면에서 대상이 있는 위치 그리고 그에 해당하는 색깔에 의한 명령(일정거리 유지하는 접근, 회피 등)을 입력으로 구성하였다. 현재 로봇이 사물에 가까이 근접했을 때 현재 속도(Velocity)와 초음파센서 정보가 주어진다면 이 정보로 어느 방향으로 충돌회피를 할지 속도를 어느 정도로 결정할지는 참으로 애매모호하다. 따라서 어떤 규칙을 세웠을 때 이러한 입력정보에 대해 탁월한 성능을 보이는 그림 4와 같은 퍼지제어기를 사용하였다.

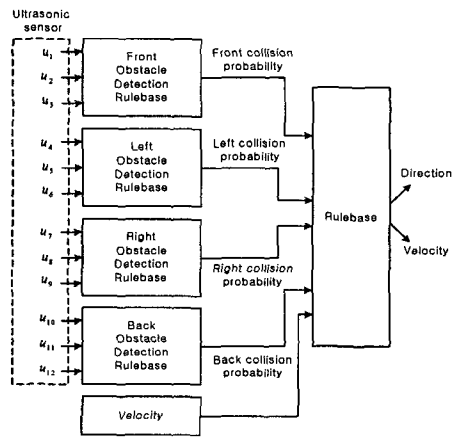


그림 4. 계층적 퍼지 제어 모듈  
Fig. 4. Hierarchical Fuzzy Control Module

MV에 30°간격으로 배치된 12개의 초음파 센서를 각각 3개씩 구분하여 퍼지제어기를 통해 각각의 충돌여부를 확인하였고, 현재 속도와 함께 두 번째 퍼지제어기의 입력으로 사용하여 방향과 속도에 대한 출력을 내보내게 하였다. 그러나 현재 이 퍼지 제어기 모듈에서 할 수 있는 역할은 충돌회피만 할 수 있다. 어떠한 대상을 따라가거나 색깔인지를 알 수 없다. 따라서 영상은 그림 5의 신경망 모듈에서 그에 해당하는 명령과 같이 역할을 수행하게 된다.

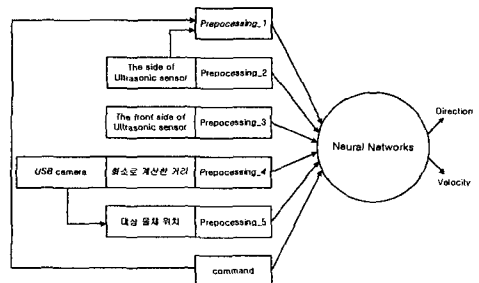


그림 5. 신경망 모듈의 세부구조  
Fig. 5. Neural Networks Module in detail

신경망 모듈에서는 모든것을 영상으로 처리해야 하나 현재는 신경망 모듈을 기반으로 대상을 추적하다 대상 타겟이 사라졌을 때 영상정보로부터 장애물을 추출해 낼수 없다. 따라서 최소한의 초음파센서 정보를 신경망에서도 재활용하였다. 신경망 모듈에서 사용하는 명령어는 다음과 같다. 대상과의 유지하는 거리에 따라 "접근", "따라가" 라는 명령으로 구분을 하였고, 대상이 있고 없고에 상관없이 장애물 회피 기능을 수행하며 이동하는 "전진", "좌로", "우로"로 명령어를 제한 하였다. 이외의 정지나 MV상단 turret의 동작에 관련된 음성이나 마그네틱 명령은 신경망의 명령모듈에서 제외하여 직접적으로 IWM에서 MV에 명령을 내리도록 하였다.

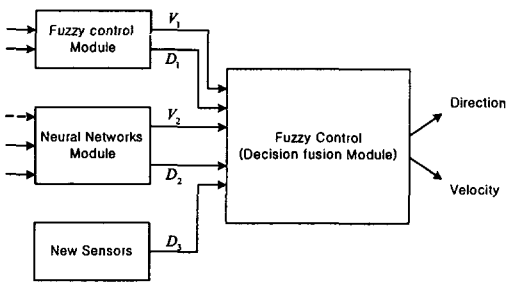


그림 6 퍼지 제어기

Fig. 6. Fuzzy control (Decision Fusion Module)

마지막으로 각 모듈로부터 나온 속도와 방향 정보의 적절한 융합이 필요하다. 따라서 그림 6과 같은 퍼지제어기를 활용하여 스위칭 기능이 아닌 융합하는 과정을 취했다.

### 2.3 환경구축 및 테스트

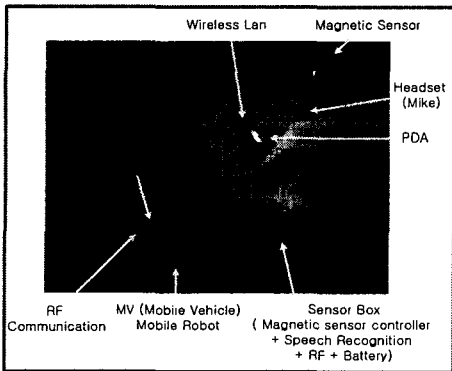


그림 7 IWM 구성장비

Fig. 7. IWM equipment

그림 8, 그림 9와 같이 실제 테스트에서 명령을 수행하며 장애물 회피와 같은 적절한 동작을 수행을 하였다.

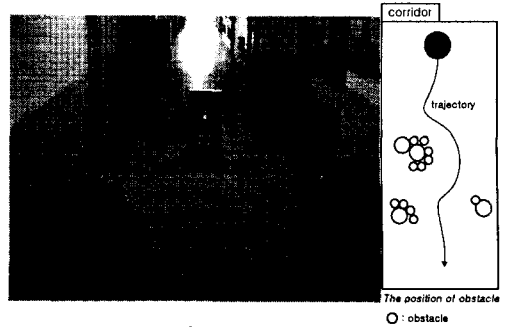


그림 9 테스트 환경

Fig. 8. Test environment

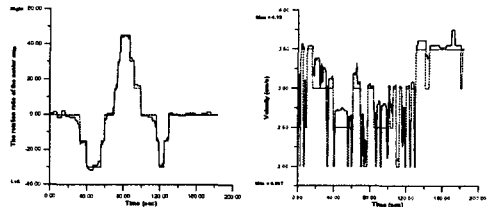


그림 9. 테스트 주행시 속도와 방향 변화

Fig. 9. The Velocity and Rotation ratio on Test Driving

### III. 결론

현재 영상처리에서 아직 미흡하고 최적의 구조는 아니지만, 신경망과 계층적 퍼지시스템의 융합을 사용하여 IWM모듈에서 이러한 지능형 알고리즘 구조에 의해 MV가 적절한 동작을 하도록 구성하였다. 본 논문에서는 사용자 편의를 제공하는 시스템인 IWM과 제한된 형태의 MV만으로 구성하였지만, 다수의 MV가 존재하고 MV를 다양한 형태로 응용한다면 미래에 새로운 생활패턴의 일부분이 될것이라 믿어 의심치 않는다.

감사의 글 : 본 연구는 산업자원부 IWM요소 기술개발 과제 프로그램에 의해 지원 받았습니다.

### IV. 참고문헌

- [1] Tekla S.Perry, "The PC goes ready-to-wear," IEEE SPECTRUM, pp. 34-39, October 2000
- [2] Thad E. Starner, "Wearable Computers: No Longer Science Fiction," IEEE PERSVASIVE computing, pp. 86-88, January 2002
- [3] Li-Xin Wang, "Analysis and Design of Hierarchical Fuzzy systems," IEEE Transactions on fuzzy systems. Vol. 7, No. 5, October 1999