

# 초소형비행체를 이용한 자율이동로봇의 경로탐색 및 방향제어에 관한 연구

The study of Mobile Robot using Searching Algorithm  
and Driving Direction Control with MAV

김상헌, 이동명, 정재영, 김관형  
동명정보대학교 컴퓨터공학과

Sang-heon Kim, Dong-myong Lee, Jae-young Joung, Kwan-hyung Kim  
Dept. of Computer Science and Engineering,  
TONGMYONG University of Information Technology  
E-mail : honey1321@dreamwiz.com

## 요 약

일반적인 로봇시스템은 자신이 이동해야 할 목표 지점을 자율적으로 생성할 수 없으므로 어떤 다른 시스템의 정보를 이용하여 주변을 탐색하거나 장애물을 인식하고 식별하여 자신의 제어전략을 수립한다. 그러므로 본 논문에서 제시한 시스템은 초소형 비행체를 이용하여 주위 환경과 자율 이동로봇의 위치 정보를 탐색할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 이러한 시스템의 성능은 로봇이 위치하고 있는 주위의 불완전한 정보로부터 적절한 결론을 유도해 낼 수 있어야 한다. 그러한 비선형적인 문제는 현재까지도 문제 해결을 위해 많은 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 자율이동로봇의 행동 환경을 공간상의 제약을 받지 않는 비선형 시스템인 초소형 비행체에 극초단파(UHF16채널) 영상장치를 이용하여 호스트 PC로 전송하고 호스트 PC는 로봇의 현재 위치, 이동해야 할 목표위치, 장애물의 위치와 형태 등을 분석한다. 분석된 결과 파라메타는 RF-Module을 이용해서 로봇에 전송하고, 로봇은 그 데이터를 분석하여 동작하게 된다. 로봇이 오동작 또는 장애물로 인해 정확한 목적지까지 도달하지 못할 때 호스트 PC는 새로운 최단경로를 생성하거나 장애물을 회피 할 새로운 전략을 로봇에게 보내준다.

본 연구에 적용한 알고리즘은 초소형 비행체에서 탐지한 불완전한 영상정보에서도 비교적 신뢰도 높은 결과를 보이는 A\* 알고리즘을 사용하였다. 적용한 알고리즘은 실험을 통하여 실시간으로 정보를 처리할 수 있었으며, 자율 이동로봇의 충돌회피나 최단 경로 생성과 같은 문제를 실험을 통하여 그 성능과 타당성을 검토하였다.

keyword : 초소형비행체, 물체추적, A\* 알고리즘, 경로생성

## 1. 서론

현대 산업 사회에서 로봇 시스템은 우주탐사, 군사, 자동화 시스템 등 사회 전반에 걸쳐 널리 사용되고 있으며 현재 사용되고 있는 각 분야의 로봇들은 단순 반복적인 작업 수행에서 벗어나 위치 추적, 장애물 회피, 경로 계획 등과 같은 자

율 주행을 위한 기능들을 가지도록 설계되어지고 있다. 이동 로봇은 미지의 환경에서 로봇의 자율 주행이 가능해야 한다. 따라서 로봇이 위치하고 있는 주위의 불완전한 정보로부터 결론을 유도해 낼 수 있어야 하며 현재까지도 이러한 문제 해결을 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 이

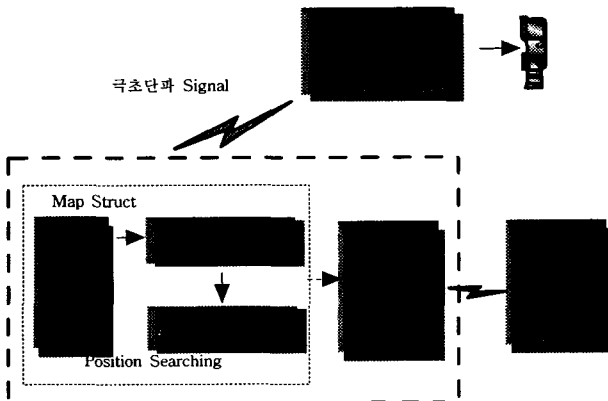
동 로봇의 자율주행에 있어서 주변환경 인식은 상당히 중요하다. 이러한 주변환경 인식에는 주로 센서가 사용되면 최근에는 마이크로 프로세서의 성능향상으로 CCD 카메라 사용이 가능하게 되어 적외선 센서나 초음파 센서를 사용하는 것보다 훨씬 많은 정보 획득이 가능하게 되었다.

본 논문에서는 초소형비행체를 이용하여 실시간으로 주변 환경의 영상을 획득하고 최단경로를 생성하여 자율이동로봇에게 데이터를 전송한다. 원격지 모니터링이 가능한 자율이동로봇은 영상전송, 장애물 회피 등의 기능을 가지고 특정 물체를 추적하여 획득하게 된다.

따라서 본 논문에서는 초소형비행체를 이용하여 추출된 정보로부터 자율이동로봇의 충돌회피, 최단 경로 생성에 대한 성능을 실험을 통하여 제시하고자 한다.

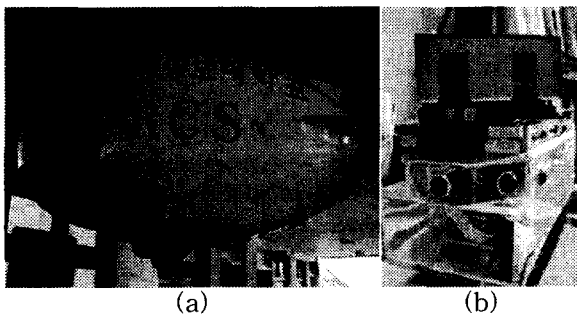
## 2. 본론

본 논문에서 제시하고자 하는 시스템은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 전체 시스템 구조

[그림 1]은 초소형비행체로부터 받아진 극초단파 영상과 영상을 이용하여 A\* 알고리즘을 통한 지리정보와 로봇의 위치 정보를 얻어 RF무선모듈로 자율이동로봇을 제어하는 전체 시스템 구조를 나타낸 것이다.



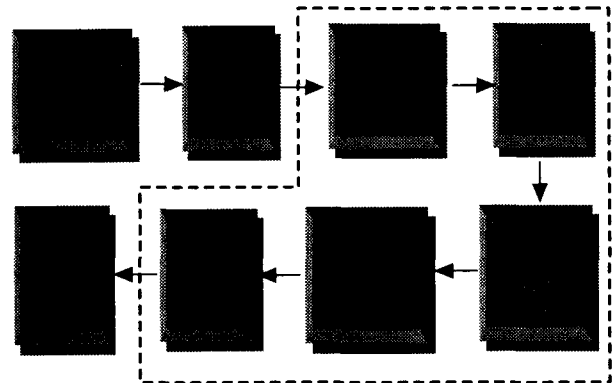
[그림 2] 로봇의 실물사진

[그림 2]는 로봇의 실물사진으로써 (a)는 초소

형비행체이며, (b)는 지상형 탐사 로봇을 나타낸다.

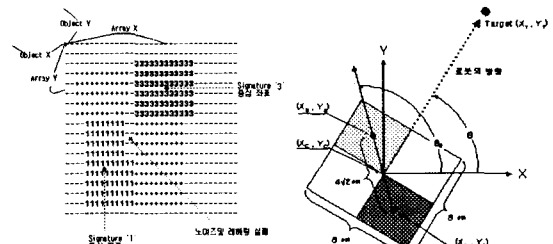
### 2.1 호스트 PC 비전시스템

초소형비행체의 CCD 카메라를 통해 UHF16채널(Ultra High Frequency)로 무선 영상이 호스트 PC로 전송된다. [그림 3]은 획득한 영상에 대해 영상처리하는 과정이다.



[그림 3] 호스트 PC 비전시스템 구조

UHF16채널은 극초단파 신호이기 때문에 호스트 PC에서 영상처리를 바로 할수 없다. 따라서 컨버터를 통해 극초단파 신호를 변환하고 호스트 PC로 영상데이터를 전송한다. 마이크로 로봇사의 Vision 보드인 "MyVision99"를 사용하여 RGB 15bit 320\*240영상을 획득한다. 320\*240영상을 탐색의 효율성을 높이기 위해 영상데이터를 1/4축소하여 80\*60의 영상데이터를 가지고 각 성분 R, G, B를 구별하여 라벨링한다. 라벨링과정중 카메라의 해상도나 조명의 불균일성 등에 의해, 대상물체 영상에 잡음이 생길수 있다. 이러한 잡음은 보통 불규칙적으로 발생하므로 잡음에 해당하는 연결성분들의 화소의 수를 임의로 정하여, 화소 수 미만인 연결성분들을 제거하였다. 그리고 각 색 성분의 최대 크기 픽셀을 타겟 색으로 인식하도록 하였다. 호스트 PC의 비전은 로봇 상단에 붙은 식별지를 인식하며 A\* 알고리즘을 통한 최적의 주행 경로를 완성한다.



(a) 라벨링된 영상 (b) 각도, 길이 산출  
[그림 4] 각도, 길이 생성

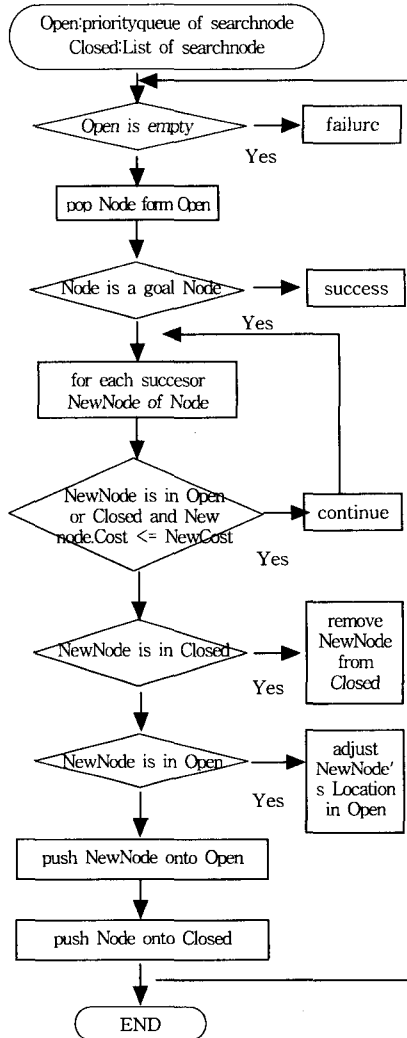
[그림 4]의 (a)와 같이 라벨링된 영상은 면적 중심법을 통해서 Signature '3','1' 영역의 중심 좌표를 알 수 있으며 (b)를 이용하여 목표 지점

에 대한 실거리 및 각도 산출에 이용된다.

### 2.2 경로 생성을 위한 A\* 알고리즘

A\* 알고리즘은 15퍼즐(AI 교육용) 및 효율적인 길찾기 알고리즘으로 애용된다.

탐색의 효율성을 위해 320\*240 맵을 1/4 축소된 형태를 이용한다.



[그림 5] A\* 알고리즘 순서도

[그림 5]는 A\* 알고리즘의 전체적인 흐름도이다.

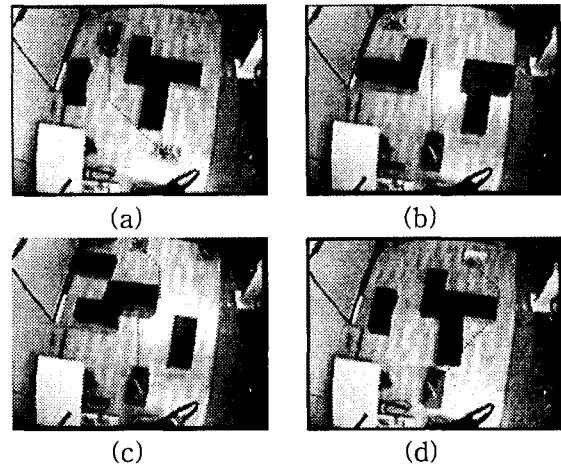
$f(n) = g(n) + h(n)$

- $g(n)$  : 출발노드로부터 노드  $n$  까지의 경로비용
- $h(n)$  : 노드  $n$ 로부터 목표 노드까지의 경로비용

어떤 노드  $n$ 에 대한 함수  $f(n)$ 의 값은 출발노드에서 시작하여 노드  $n$ 을 거쳐서 목표노드까지 도달하는 비용이 된다. 따라서  $f(n)$ 이 최소인 노드를 따라 탐색해 나가면 결국 최소비용에 도달하게 된다. A\* 알고리즘은 Open List, Closed List 라는 상태 목록들을 관리한다. Open List는 아직 조사하지 않은 상태고 Closed List는 이미

조사한 상태들을 담은 목록이다. <Open is Empty>와 같이 반복하면서 알고리즘은 열린 목록의 상태들 중 가장 유망한 것을 가져온다. 그 상태가 목표가 아니면 이웃한 위치들을 정렬한다. 이웃 위치들이 새로운 것이면 열린 목록에 넣고, 이미 열린 목록에 있는 것이면, 그리고 그것들에 의한 경로가 이전 것들보다 비용이 싸면 그 위치들의 정보를 갱신한다. 반대로 만일 그 위치들이 이미 닫힌 목록에 있는 것이면 이미 조사를 마친 것이므로 그냥 무시한다. 목표에 도달하기 전에 열린 목록이 비어있게 되면 시작 위치로부터 목표에 도달하는 경로탐색에 실패한다.

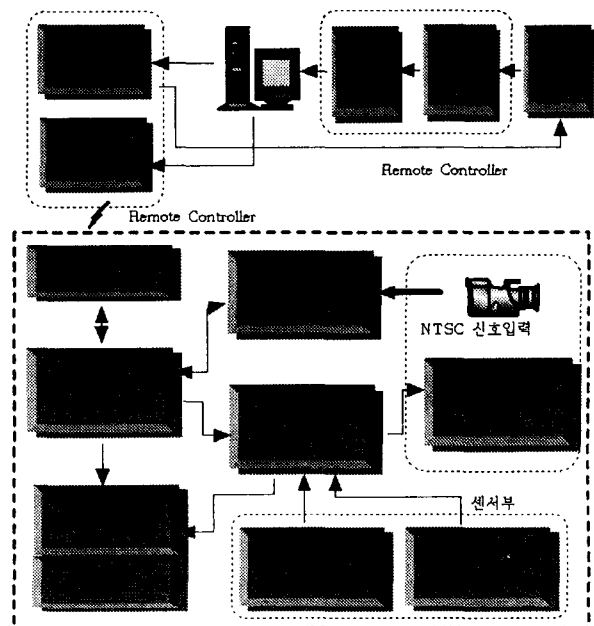
본 논문에서 제안하는 A\* 알고리즘을 통해 산출된 최적경로를 [그림 6]과 같이 보여 주고 있다.



[그림 6] A\* 알고리즘의 최적경로생성 영상

### 2.3 로봇 시스템

#### 2.3.1 로봇 시스템 모델



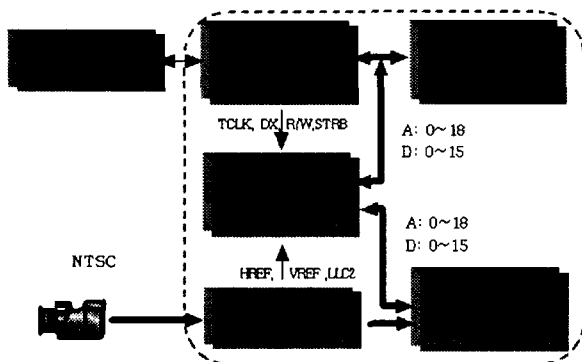
[그림 7] 로봇 시스템 구조

[그림 7]는 초소형비행체와 자율 이동로봇의 전체 시스템을 나타낸다.

자율이동로봇은 2조의 비전센서, 5조의 초음파 센서, 2조의 적외선센등을 이용하여 로봇의 주변 환경을 인식한다. DC모터는 PWM(Pulse Width Modulation)방식으로 구동했으며, 목표물의 효율적인 추적을 위하여 R/C 서보 모터를 이용하여 카메라에 2자유도(Pitch, Yaw)를 부여하였다. 로봇의 여러 감각 기관과 모터 구동을 담당하는 마이크로 콘트롤러는 HSI(Hish Speed Input), HSO(High Speed Output) 등과 같은 서보제어에서 탁월한 성능의 주변 장치를 내장하고 있는 Intel 社의 80C196KC를 사용하였다.

### 2.3.2 로봇 비전시스템

CCD 카메라는 매초 33프레임 간격으로 180\*120 사이즈의 RGB 24BIT 포맷을 구성하여 화소 단위로 그래픽보드에 이미지 데이터를 전송한다. [그림 8]은 그래픽보드 구조를 나타낸 것이다.



[그림 8] 그래픽보드 시스템 구조

CCD 카메라로부터 전송되는 영상을 TI社의 TMS320C32-60 칩을 사용하여 전처리 과정을 통해 물체의 중심좌표값을 찾고 ARM보드로 전송하는 과정을 거친다.

## 3. 로봇의 장애물 회피성능 및 로봇의 이동 경로 생성에 대한 실험

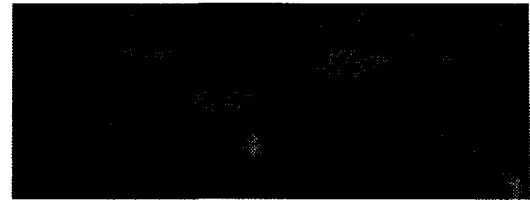
초소형비행체는 비선형 시스템이기 때문에 정밀 제어가 힘들다. 빛의 왜란으로 영상의 정보가 정확하지 못해 로봇에게 잘못된 값들을 보낼 때 혹은 로봇이 명령을 정확하게 수행 하지 못할 때 장애물에 충돌하는 현상이 일어난다.

따라서 이런 문제를 해결하기 위해 [그림 8]과 같이 로봇 자체에 지능을 부여하여 로봇이 장애물을 회피하여 이동 할 수 있도록 알고리즘을 추가 하였다.

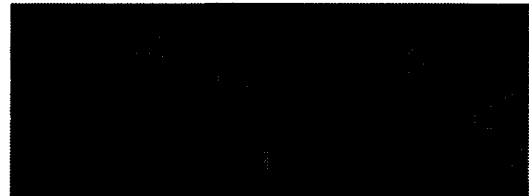
로봇은 장애물과 충돌을 회피 하기 위해서 5조의 초음파 센서에 감지되면 로봇은 장애물을 판

단하여 충돌을 회피한다.

[그림 9]는 로봇이 장애물을 회피하는 실험을 나타낸다.



(a)



(b)

[그림 9] 장애물 회피 실험

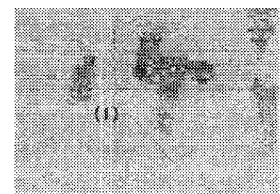
호스트 PC는 로봇의 중심점이 목적지점에 도달하게 되면 로봇에게 명령을 주지 않는다. 하지만 로봇은 목적지점까지 한번에 명령을 수행 하지 못한다. 따라서 목적지점 중심에서 1~3m 범위 안에 도달 하게 되면 로봇의 이동경로는 감소한다. 목표물이 확인될 때 호스트 PC는 제어권을 로봇으로 넘기고 로봇은 목표물을 포획하기 위해 로봇에 장착된 CCD 카메라를 사용하게 된다. 로봇자체의 CCD 카메라를 사용하여 영상처리후 정확한 방향으로 이동할수 있게 된다.

호스트 PC의 물체 추적 영상처리 와 로봇의 영상처리는 각 색 성분의 최대 크기 픽셀을 타겟 색으로 인식하도록 하였다. 보통 영상처리할 경우 많은 연산량으로 인해 CPU의 부하가 많이 걸린다. 하지만 본 논문에서 제안한 방법은 아주 간단하면서 효율적으로 대상 물체의 색상을 찾아내고 잡음또한 제거된다. 또한 CPU 부하율이 1~2%로 거의 리소스를 사용하지 않는다. 즉, 아주 적은 연산으로 물체를 인식할수 있게 된다.

본 논문의 실험은 약3~4m높이의 초소형비행체를 통한 극초단파(UHF16 채널) 영상을 이용하여 실내에서 실험이 이루어 졌다.



(a)



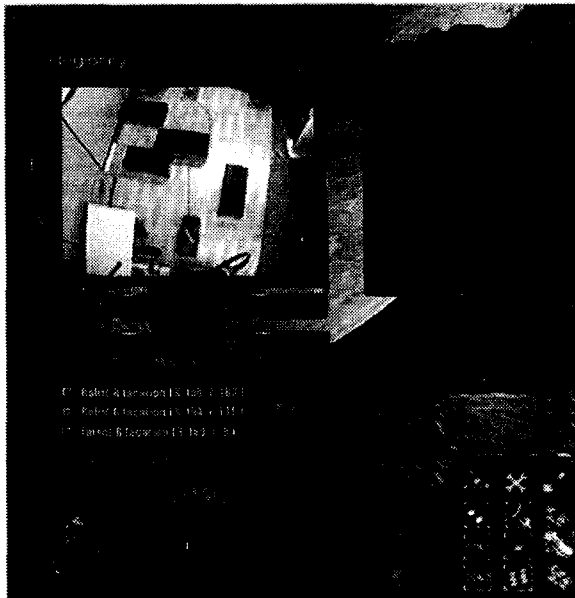
(b)

[그림 10] A\* 알고리즘 적용후

[그림 10 (a)]는 A\* 알고리즘이 적용됐을 때 최단경로이고 [그림 10 (b)]는 최단경로에 대해

라벨링된 화면이다.

A\* 알고리즘을 적용하여 호스트 PC가 연산 후 섹션을 나누어 로봇이 목적 지점까지 가도록 한다. 결국 로봇은 출발 지점에서 목적 지점까지 통과하여 최종 목적지점까지 진행 하도록 설정된다. 호스트 PC는 로봇에게 출발지점에서 1번 지점까지 이동 명령을 내릴 때 로봇은 그 명령을 받아서 스스로 1번 지점까지 이동하게 된다. 이동 후 로봇은 명령을 받기 위해서 정지 하고 호스트 PC는 다음 명령을 로봇에게 보내 준다. 만약 여기서 잘못된 화상정보와 로봇의 이동시 발생하는 오차로 인해 정확하게 1번 지점으로 이동하지 못했을 경우 호스트 PC는 A\* 알고리즘을 사용하여 다시 연산 후 새로운 경로를 설정한다.



[그림 11] 전체 시스템 화면

[그림 11] 로봇제어를 위한 전체 시스템 화면이다. Visual C++ 6.0으로 만들어 졌으며, 깔끔한 인터페이스를 위해 스킨을 입혔다.

#### 4. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 NTSC아날로그 신호를 디지털 신호로 변환해 주는 프레임 그래버, 로봇 내부에서 영상을 처리하기 위한 DSP보드, 로봇의 구동 및 자기 보호를 위한 센서 인터페이스 그리고 초소형비행체의 극 초단파 신호를 이용한 영상처리 마지막으로 등 여러 가지 요소들을 사용하여 자율 이동로봇의 경로 탐색 및 방향을 제어하였다. 로봇을 구성하는 여러 가지 요소중 자율이동로봇이란 특성상 비행체의 비전 시스템이 로봇의 성능에 많은 비중을 차지하고 영상처리 및 무선 통신의 대역폭이 얼마나 크냐에 따라 로봇의 활용도가 결정된다고 볼 수 있다. 실험결과 80\*60 해

상도의 gray영상이 RS-232 통신(38400bps)방식으로 1프레임 전송되기 위해서 약 0.8초정도의 시간이 소요됐다. 이는 대부분의 시간이 DSP에서 영상을 처리하고, RS-232C 통신 속도가 차지하는 점을 감안할 때 Bluetooth무선모듈을 사용할 경우 현격한 속도 향상을 기대 할 수 있을거라 예상된다.

본 연구에 적용한 알고리즘은 A\* 알고리즘을 사용하였으며, 본 알고리즘은 매우 단순하면서도 실시간 처리에 적용가능하며, 자율 이동로봇의 충돌회피, 최단 경로 생성에 대한 성능을 실험을 통하여 제시한다. 또한 본 논문에서 사용된 알고리즘과 제어방법들을 모의 실험을 통하여 그 유효성 및 타당성을 검증하였다. 하지만 본 논문에서 제안한 비선형시스템인 초소형비행체를 강화 학습을 통한 정밀제어가 가능하도록 하는 부분을 좀더 보완하고 발전시키는 과정이 필요할 것이라 생각한다. 본 논문에 구현된 기본적인 기능과 함께 RTOS를 탑재, 응용에 따라 적절한 인공지능을 구현하면 탐사용, 방법용, 교육용, 군사용 등과 같이 여러 방면으로 활용 가능할 것이라 기대된다.

#### 5. 참고문헌

- [1] 윤덕용, DSP 마스터 시리즈 2 - TMS320C32마스터, Ohm사, 1999
- [2] 강동중, 하중은, "Visual C++을 이용한 디지털 영상처리", 사이텍미디어, 2003
- [3] 정재은, 유닉스시스템 프로그래밍, 한빛미디어, 2003
- [4] Rafaedl C. Gonzalez , Richard E. Woods "Digital Image Processing", 그린출판사, 1998
- [5] 이상엽, "Visual C++ programming Bible", 영진출판사, 1999
- [6]. Randy Crane, 영상처리 이론과 실제, 홍릉과학출판사, 1997
- [7] 김종환, "로봇 축구 시스템", 대영사, 2000
- [8] 윤덕용, "어셈블리와 c언어로 익히는 80C196KC 마스터", ohm출판사, 2000
- [9] S. Mann, "Wearable computing: toward humanistic intelligence ", IEEE Intelligent Systems, Vol. 16, 10 -15, 2001
- [10] Jae-hoon Kim, Geun-taek Kang, Won-chang Lee, "Path Planning of a Mobile Robot with Vision System Using Fuzzy Rules", 2002
- [11] 류광, "Game Programming Gems", 정보문화사, 2001