

# 비전과 초음파 센서를 이용한 임의 환경에서 2족 로봇의 경로계획을 위한 맵 빌딩

차재환\*, 김동일(전남대 대학원 기계공학과), 기창두(전남대 기계공학과)

Map Building to Plan the Path for Biped Robot in Unknown Environments  
Using Vision and Ultrasonic Sensors

J. W. Cha, D. I. Kim (Mechanical Eng. Dept., CNU), C. D. Kee (Mechanical Eng. Dept., CNU)

## ABSTRACT

This paper describes map building for the path planning to avoid obstacles with vision sensor and ultrasonic sensor. We get the 2 dimensional information from the processed images of CCD sensor and 1 dimensional range information from ultrasonic sensor. I proposed a way to generate the map which contains these two kinds of information in the program. And we made the biped robot which have 20 DOF with these sensors and get good experimental result to prove the validity of the proposed method.

**Key Words :** Map building (맵 빌딩), Biped robot (이족 로봇), Image processing (영상 처리), Vision Sensor(비전 센서), Ultra-sonic Sensor (초음파 센서)

## 1. 서론

1986년 일본의 혼다(HONDA)사의 이족 로봇 연구의 시작으로 2000년에 탄생한 「ASHIMO」를 거쳐 최근의 소니(SONY)사의 「QRIO」까지의 이족 보행 로봇 연구와 함께, 기존의 이동 로봇의 자율주행을 위한 컴퓨터 비전(computer vision)과 산업 현장에서 제품 검사와 용접을 위한 머신 비전(machine vision)에서 로봇 비전(robot vision)이라는 새로운 비전 분야가 등장하였고, 이족 보행 로봇에 대한 관심과 연구와 더불어 나날이 관심이 증가되고 있다. 로봇 비전은 두 대의 카메라를 사용하고 있는 스테레오 비전(stereo vision)과 한 대를 사용하는 모노 비전(mono vision)으로 분류되는데, 이족보행 로봇에서 전자는 3차원 정보를 얻어 정확한 지도(map)를 얻을 수 있다는 장점에 비해 대응점 문제(Correspondence problem)와 많은 양의 영상 데이터를 처리해야 하고 조명효과 극복이 어렵다는 한계점이 더 크게 작용하므로 본 논문에서는 모노 비전과 초음파 센서의 센서 융합을 통해 이족 보행 로봇의 작동환경에 유연하게 적용할 수 있도록 3차원 정보를 획득하는 방법에 관한 연구를 수행하였다.

Fig.1 에서처럼 이족 보행 로봇 머리 부분의 비전센서를 통해서 얻은 2차원 이미지 데이터를 전처리, 템플레이트(template) 매칭에 의한 에지추출, 모폴로지(morphology)의 과정을 통해 얻어진 영상 데이터와 로봇의 머리부분에 장착된 초음파 센서를 통해 얻은 거리 정보를 융합하여 장애물의 위치를 그리드 맵 위에 표현하는 순서로 맵 빌딩을 수행하는 실험을 통해서 제안된 방법의 성능과 특성을 고찰하고 이족 보행 로봇에 효과적으로 적용할 수 있음을 보였다.

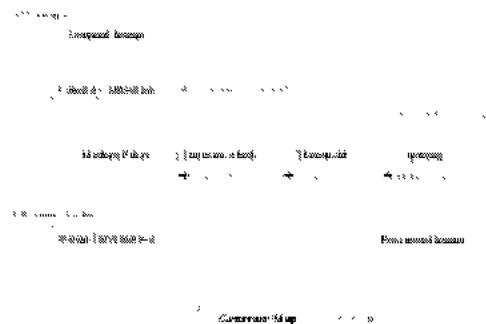


Fig.1 Overview of Map Building

## 2. 모노카메라와 초음파센서 기반 로봇 비전

### 2.1 비전센서를 이용한 이차원 영상정보

#### 2.1.1. 영상처리를 위한 전처리

원영상 위에 발생하는 랜덤 노이즈는 화소의 참값을 감추어 버리는데 그 영상을 확대하면 노이즈의 농도와 그 주위의 농도사이에 급격한 차이를 형성한다. 이러한 노이즈를 제거하기 위한 방법으로 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 맵 빌딩에 중요한 정보를 제공하는 작업 영상의 에지를 건드리지 않으면서 노이즈를 제거 할 수 있는 메디안 필터를 사용하였다.

메디안 필터는 3×3 영역 내의 9개 화소의 농도를 조사하여 그 중앙값(median)을 결과로 취하는 필터로 아래의 Fig.2 에서처럼 평활화(Smoothing)를 수행한다.

위와 같은 방법으로 원 영상에서 노이즈를 제거 한 영상은 Fig.4에서 (b)와 같이 표현될 수 있다.<sup>(1)</sup>

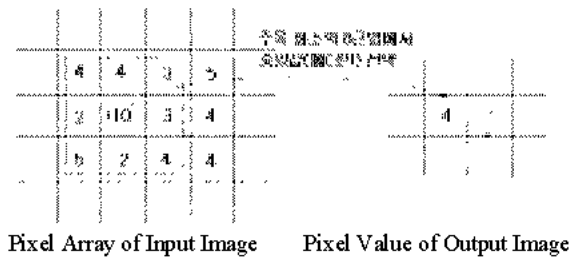


Fig.2 Median Filter

#### 2.1.2 에지추출

에지 추출에는 일반적으로 농도값이 급격히 변하는 부분에 함수의 변화분을 뽑아내 윤곽을 추출하는 미분 연산을 이용하는 방법인 그래디언트(1차미분), 라플라시안(2차미분)방법과 템플레이트 매칭에 의한 방법이 있지만 그래디언트 방법은 조명이 나 노이즈에 대해 민감하게 반응하여 너무 많은 에지를 생성시키고 라플라시안은 필터링을 통해 너무 적은 에지를 생성시키는 경향이 있다.

본 연구에서는 에지추출을 이용해 특정 오브젝트(장애물)를 추출하여 영상 이해를 위한 중요한 단서로 사용하기 위해 템플레이트(Template) 매칭으로 에지(Edge)를 추출하기 위해 Prewitt연산자를 사용하였다.

Prewitt 연산자를 사용한 에지 추출은 입력 영상의 화소와 그 주위의 화소에 마스크 값을 곱하여 합을 취함으로써 일치 정도를 계산해서 비교하는데 Fig.3 에서처럼 여덟 개의 마스크별로 이 계산을 행하여 그 가운데 최대값을 나타내는 마스크의 방향을 에지의 방향으로 그 계산값을 에지강도로 사용하였다.

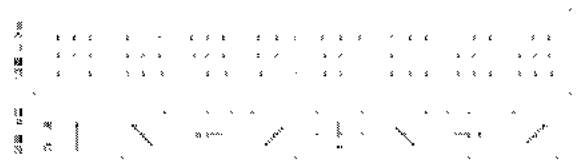


Fig.3 Prewitt Mask for Template Matching

위와 같은 방법으로 에지 추출한 영상은 Fig.4에서 (c)와 같이 표현될 수 있다.<sup>(1)</sup>

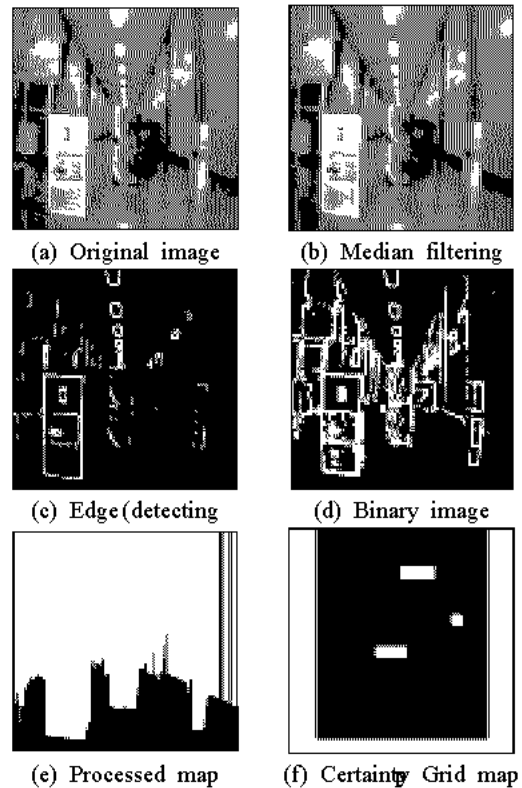


Fig.4 Image Processing

#### 2.1.3 기타 영상처리

정확한 장애물의 형상과 크기의 정보를 얻기 위해서는 보다 선명한 에지영상이 필요로 하는데 이를 위해 본 논문에서는 threshold값을 50으로 하는 이진(binary)영상을 출력 영상으로 표현해야 했다.

그러나 그림2.3(d)에서 보는 것처럼 위의 낮은 임계값의 이진영상은 선명한 에지값을 얻을 수 있었지만 불필요한 조명에 의한 반사부분이 노이즈 형태로 남게 된다. 따라서 이러한 흰 고립점을 제거하기 위해 모폴로지의 기법인 제거(Opening) 연산을 사용하였다. 즉 어떤 화소 가까이에 하나라도 0이 있으면 그 화소를 0으로 처리하는 수축(erosion)

기법 후에 어떤 화소 근처에 하나라도 1이 있으면 그 화소를 1로 처리하는 팽창(dilation)기법을 사용하였다.

### 2.2. 초음파 센서를 이용한 거리 정보

초음파센서의 송신부에서 전파된 초음파가 물체에 반사되어 돌아오는 시간(Time of Flight, TOF)을 이용하여 식(1)에서처럼 로봇과 장애물 간의 거리 정보를 측정 할 수 있다. 이때 식(2)은 온도에 따른 음파의 전달 속도이다.

$$R = \frac{v_{air} \times t}{2} \quad (1)$$

$$v_{air} = 331.4 \times (T/273) \quad m/sec \quad (2)$$

t는 초음파가 반사면에 부딪쳐 되돌아오는 시간을 나타낸 것이고 T는 주위 환경온도(17~28℃)이다.<sup>(2)</sup>

## 3. 맵 빌딩

### 3.1 센서 융합

센서 융합(sensor fusion)은 아래 식(3)에서처럼 주행 평면상의 장애물은 확실성 값에 의해 표현되어지며, 초음파 센서나, 비전센서가 획득한 값 중 가중치가 높은 센서의 확실성 값을 사용한다.

$$W \times Vision[i][j] + (1 - W) \times Ultrasonic[i][j] \quad (3)$$

W는 가중치 Vision[i][j]는 (j, i) 픽셀에서의 비전센서에 의해 계산되어진 값이고 Ultrasonic[i][j]는 (j, i)픽셀에서 초음파센서에 의해 계산되어지는 값이다.

본 논문에서는 장애물과 멀리 떨어진 지점에서 목표점으로 이동은 Vision Sensor에서 가중치 W=1.0으로 시작하여 장애물에 가까울수록 그 가중치를 비례적으로 낮추었다.<sup>(3)</sup>

### 3.2 맵 생성

본 연구에서는 Fig.5 에서 보는 것처럼 이동 평면상의 50×50 mm의 영역을 1개의 셀 크기로 정의하였다. 로봇이 차지하는 공간이 240×160 mm 이므로 로봇의 1~1.5배를 하나의 픽셀로 설정해야 하나 좀 더 작은 크기의 장애물에도 본 시스템을 적용하기 위해 픽셀을 세분화였고 로봇의 점유 격자를 300×200mm을 한 단위로 격자화 시켰다.

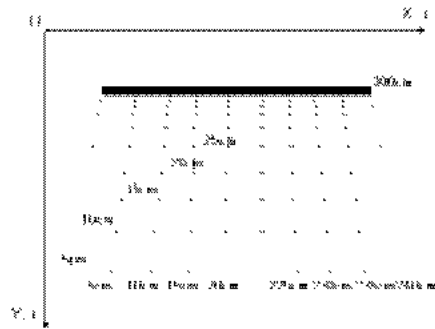


Fig.5 Grid Map to Display

### 3.3 장애물 회피

시작점에서 로봇은 비전센서에 가중치를 많이 두고 전역적인 장애물 검색을 실시하고 목표점을 설정 하고 그 방향을 향해 보행을 시작한다. 보행 중에 장애물을 만났을 때 벽면 추종법(wall following)으로 장애물을 벗어난 다음 다시 장애물을 검색하여 목표점이 도달할 때까지 다음의 작업을 반복한다.

이때 로봇의 회전반경이 240mm 이므로 최소한 150mm 이전에 보행을 멈추고 벽면을 따라 장애물을 회피해야 한다.<sup>(4)</sup>

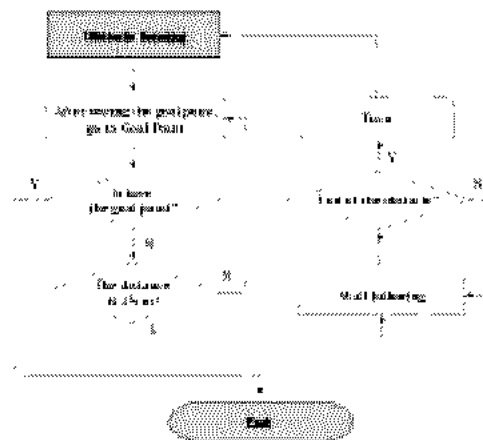


Fig.6 Flow Chart for Algorithm to Avoid Obstacles

## 4. 장애물 회피 경로계획을 위한 맵빌딩 실험

### 4.1 실험장치

실험 장치는 Fig 4.1에서 보는 바와 같이 이족로봇의 머리에 장착된 CCD카메라를 통해 획득한 입력영상을 Frame grabber(Meteo II/MC4)를 통해서 읽어

들여 컴퓨터에서의 영상처리를 통해 2차원 정보를 추출하고 허리부분에 장착된 초음파센서를 통해 장애물의 거리 정보를 획득하여 맵 빌딩하고 경로를 계획하여 RS-232통신을 통해서 로봇의 각 모터를 제어하게 된다. 아래의 Table.1은 실험장치 각각의 제원이다.

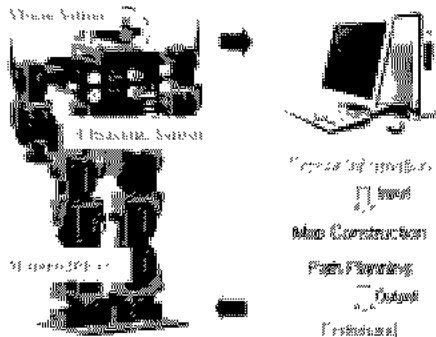


Fig.7 Experiment Environment

Table.4.1 Specification of the robot and sensors

Type	Humanoid Biped Robot
Power	Li-Cd/Li-Mn
CPU	TMS320LF2407A
Volume	419.4(H)*240(W)*160(L) mm
D.O.F	12(Leg)+8(Body)
CCD Camera	Sony 1/3" SUPER HAD CCD
Effective Pixels	510(H)*492(V)
Location	405 mm ( from the bottom )
Ultrasonic sensor	SRF04
Range	30~3000 mm
Location	290 mm

#### 4.2 실험

Fig.8은 실험과정과 그 과정에서 발생한 결과를 나타내는 그림이다. 그림에서 보는 것처럼 실험은 양쪽 벽이 막힌 복도에서 이루어졌으며 세 가지의 다른 형태의 장애물을 그림과 같이 배치하였다. 그림의 장애물 통과하기 위한 경로계획을 위한 맵 빌딩 세 차례의 결과 영상을 나타낸 것이고 각각은 로봇 보행 중 얻어진 영상 데이터, 언배럴 디스토션 알고리즘을 적용해 영상왜곡을 처리한 결과영상, 실험 사진, 장애물 정보를 추출하기 위해서 영상처리를 수행 결과 영상이다.

이때 본 연구가 경로계획을 위한 맵 빌딩에 주안점을 두는 것이기 때문에 경로 계획 시 흔히 발생하는 로컬미니멈이 없는 것으로 간주하고 맵빌

딩을 적용하였다.

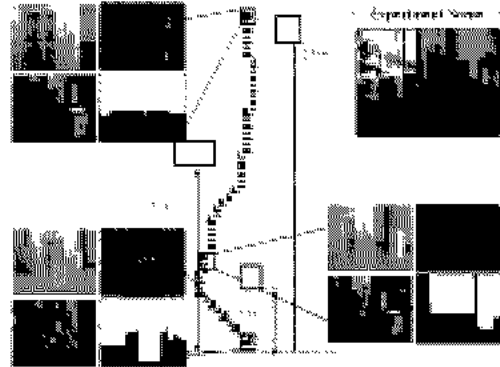


Fig.8 Experiment for Map Building

#### 5. 결론

비전과 초음파센서의 센서융합을 통해 경로 계획에 필요한 정보를 추출하는 방법을 제안하였고 소프트웨어로 구현하여 얻은 정보가 이족 보행 로봇의 맵 빌딩에 효과적으로 적용할 수 있음을 실험을 통해 보였다. 단, 이동로봇에 비해 걸음새 구현 시 센서들의 위치가 진동에 의해 일정한 위치에 고정되어 어려우므로 맵 빌딩을 위한 정보 추출을 위하여 샘플링 타임을 보행패턴의 정지시간과 일치시켜야 하는 점이 앞으로 보완되어야 할 점으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods "Digital Image Processing" 2nd Editin, Prentice hall.
2. Elfes, A. "Sonar-based Real World Mapping and Navigation", IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol RA-3, No3,pp.249-266,1987
3. Maravec,H.P., "Sensor Fusion in Certainty Grids for Mobile Robots", AI Magazine, Summer, pp.61-74, 1988
4. 윤정원, 홍석교, "초음파센서와 적외선센서를 갖는 이동로봇의 벽면따르기", 한국자동제어 학술회논문집 FPD, pp.423-426,2000.