

DSP 영상 처리와 초음파 센서를 기반으로 한 이동 로봇 제어

김용준, 문철홍

광주 대학교 컴퓨터 전자 통신 공학부

전화 : 062-670-2293 / 핸드폰 : 019-643-4887

Control for Mobile Robot be based on the Ultrasonic sensors and DSP Image Processing

Yong Jun Kim, Cheol Hong Moon

School of Computer, Electronics & Communication Kwang Ju University

E-mail : jun4887@hanmir.com

Abstract

This thesis shows controlling the mobile robot with distance information gotten with ultrasonic sensors, and analysis of captured image. The ultrasonic sensors supplies more accurate distance data in limited area but shows unstable data unlimited area while image data generally shows stable data, but this requires so much time because of amounts of calculation. So this thesis considers the merits of ultrasonic sensors and image to implement robot system.

대한 정보를 최대한 분석하고 이를 토대로 하여 어떻게 할 것인지 제어 신호를 내어 원하는 목적지에 이른다. 주행 중에 로봇이 주위에 대한 정보를 얻는 방법으로는 초음파, CCD등을 주로 사용한다.

본 연구는 초음파의 장점과 영상처리의 장점을 최대한 살려 이동 로봇 주행 구현에 목표를 두고 접근을 한다. 먼저 초음파 구동부는 초음파가 송신되는 시점부터 카운터를 발생하여 최초의 초음파 반사 신호가 검출되는 시점의 카운트 값을 이용하여 거리 정보를 얻고, 영상 처리부는 영상 처리 결과 얻은 Edge 영상을 분석한 후 최종결과를 초음파부에 보내어 로봇을 제어한다.

I. 서론

현재 무인 탐사분야에서는 탐사 지역의 신뢰도 있는 분석을 위해 GPS(Global Positioning System)와 GIS(Geographic Information System)을 접목한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구들은 무인 로봇을 이용한 탐사에 지리 정보와 현 위치 정보기술을 접목시키므로 로봇의 불필요한 탐사 시간을 줄이고, 다음 탐사 지역에 대한 위치를 파악할 수 있는 잇점으로 작용한다.

기본적으로 이동 로봇은 어떤 목적지를 향해 이동을 한다. 먼저 로봇이 이동을 하기 위해서는 주위 환경에

II. 본론

1. Radix-2 DIF FFT(Fast Fourier Transform)

DFT 계산 방법은 복소곱셈의 수가 입력 N 의 제곱 배로 증가하므로 DFT속도를 느리게 하는 주원인이 된다. 즉, FFT의 성능은 바로 이 곱셈의 수를 어떻게 줄이느냐에 달려있다.

DFT의 정의식을 데이터 시퀀스와 관계 적용하여 전반부 $N/2$ 점과 후반부 $N/2$ 점으로 나누어 표현하면 식2.1과 같이 된다.

$$\begin{aligned}
 x_1[n] &= x[n] \quad n=0,1,\dots,N/2-1 \\
 x_2[n] &= x[n+N/2] \quad n=0,1,\dots,N/2-1
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

N점 DFT는 식(2.1)의 두 식의 합으로 표현되며 정리하면 식(2.2)와 같다

$$X[k] = \left(\sum_{n=0}^{N/2-1} x_1[n] + e^{j\pi k} x_2[n] \right) W_N^{nk}
 \tag{2.2}$$

N점 DFT의 짝수 항과 홀수 항 샘플을 고려하여 $2k$, $2k+1$ 로 표현될 수 있으며, 각각 시퀀스 $f(n)$ 과 $g(n)$ 의 N/2점 DFT형태로 얻어질 수 있다.

$f(n)$ 와 $g(n)$ 의 형태는 대칭적 구조인 2점 버터플라이 구조를 갖는다.

위의 구조를 8점 DIF FFT에 대해 적용하면 $\log_2 8 = 3$ 단계(그림 2.1)를 수행하여 FFT연산하게 된다

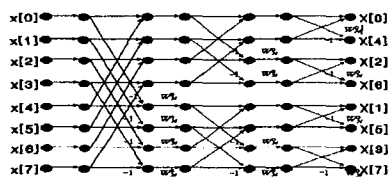


그림 2.1 8점 Radix-2 DIF FFT 흐름도

2. 시스템

이동 로봇 시스템은 크게 영상을 캡처하고 처리하는 영상 처리부, 영상 처리 과정을 모니터할 수 있는 모니터부와 초음파 센서의 구동과 모터를 제어하는 초음파 구동부 세 부분으로 구성된다. 그림 2.2는 이동 로봇 시스템 전체 블록도를 보이고 있다.

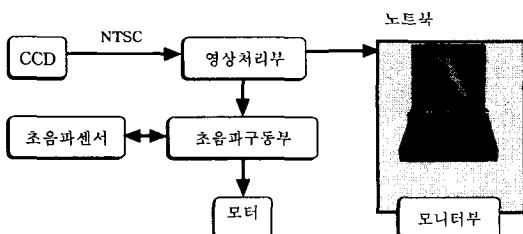


그림 2.2 이동로봇 시스템의 블록도

본 시스템은 80C196KC에 의해 전체 흐름을 제어하

며, DSP(Digital Signal Processor-TMS320C31)는 복잡한 연산을 전담하게 한다.

3. 소프트 웨어

전체 시스템의 프로그램 흐름도 구성은 그림 2.3와 같다.

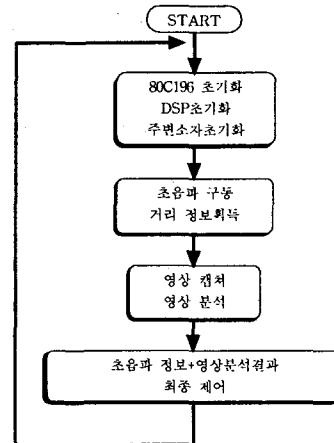


그림 2.3 로봇 시스템 프로그램 흐름도

전체적인 프로그램 흐름은 '초기화 영역 → 초음파 구동 영역 → 영상 처리 영역 → 분석영역 → 주행영역'으로 나눌 수가 있다.

III. 실험 및 결과

1. 초음파 주행

초음파를 이용한 주행은 일자형 복도, 십자 교차로, T자 교차로, L자 교차로, 장애물과 막힌 공간의 환경에서 주행을 하였다. 표 3.1은 각 환경에서의 오동작 횟수를 보이고 있다.

표 3.1 오동작 발생 횟수

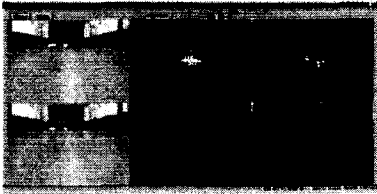
	일자형	십자형	L자형	T자형	막힌공간	장애물
10회 주행 오차	0	2	0	1	1	1

2. 영상을 이용한 주행 시뮬레이션

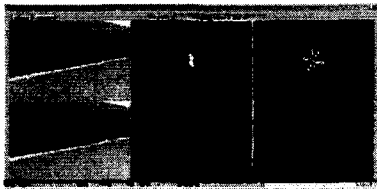
영상을 이용한 주행은 교차로 인식상의 문제로 일자형 복도와 장애물 환경에서 주행 시뮬레이션을 하였다. 그림 3.1과 그림 3.2는 영상처리 과정과 인식의 예

를 보이고 있다. 그리고 그림 3.3는 교차로 인식의 문제를 보이고 있다.

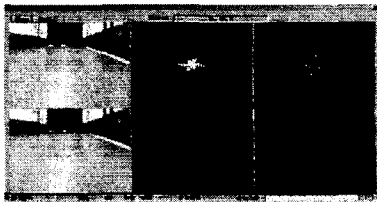
FFT→LPF→IFFT→Gradient→Threshold→Thinning



인식1



인식2



인식3

그림 3.1 영상 처리 과정과 인식

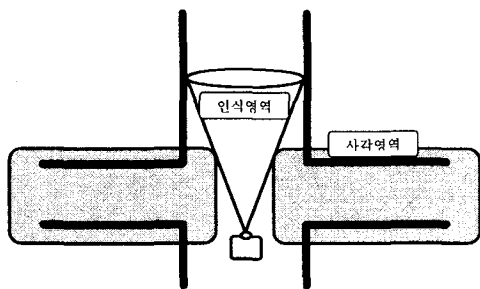
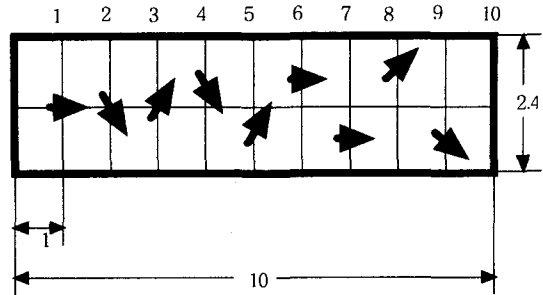


그림 3.3 교차로인식의 문제

-일자형 복도

그림 3.4은 일자형 복도 주행 환경을 보이고 있다. 그리고 표 3.2는 시뮬레이션 결과를 보이고 있다.



* → 이동로봇의 방향, 방향을 가지는 점의 각도-45°, 135°
그림 3.4 일자형 복도 주행 시뮬레이션(단위 m)

표 3.2 일자형 복도 영상인식 레벨(단위 레벨)

거리	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m
레벨	Go	Left4	Right4	Go	Go	Go	Go	Right8	Left8

-장애물

그림 3.4는 장애물 회피 주행 시뮬레이션 환경을 보이고 있다. 그리고 표 3.3는 그림 3.5의 환경에서 시뮬레이션 결과를 보이고 있다.

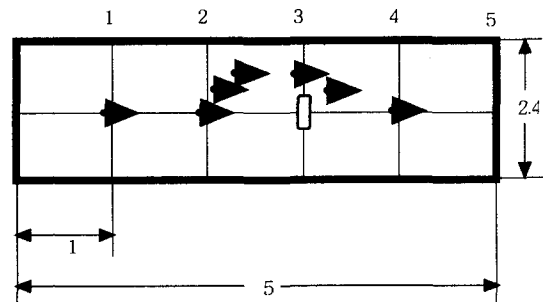


그림 3.5 장애물 회피 주행 시뮬레이션(단위 m)

표 3.3 장애물 회피 영상인식 레벨(단위 레벨)

거리	1m	2m	2.20m	2.40m	3m	3.40m	4m
레벨	Go	Left8	Left4	Go	Go	Go	Go

3. 초음파와 영상을 이용한 주행 시뮬레이션

-일자형 복도

주행 시뮬레이션 환경은 그림 3.3과 같으며, 표 3.4에서 인식레벨을 보인다

표 3.4 일자형 복도 영상인식 레벨(단위 레벨)

거리	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m
영상레벨	Go	Left4	Right4	Go	Go	Go	Go	Right8	Left8
초음파 전별	D-Go	D-Go	D-Go	R- Drive1	L- Drive1	R- Drive1	L- Drive1	R- Drive2	L- Drive2
결과	Go	Left4	Right4	Go	Go	Right4	Left4	Right8	Left8

-십자 교차로

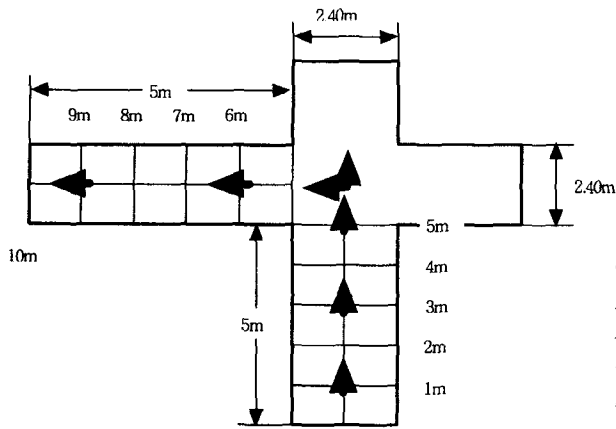


그림 3.6 십자 교차로에서의 주행

그림 3.6은 십자 교차로에서의 주행 시뮬레이션 환경을 보이며, 표 3.5는 결과를 보이고 있다.

표 3.5 십자 교차로 주행 시뮬레이션의 인식 레벨

거리	1m	3m	5m	십자 교차로	십자 교차로	6m	9m
영상레벨	Go	Go	Go	Go	Go	Go	Go
초음파레벨	D-Go	D-Go	D-Go	십자교차로 인식	십자교차로 주행	D-Go	D-Go
결과	Go	Go	Go	좌 90°	Go	Go	Go

-L자와 T자 교차로

표 3.6과 표 3.7은 L자와 T자 교차로에서의 시뮬레이션 결과를 보이고 있다

표 3.6 T자 교차로 인식 레벨(단위 레벨)

거리	1m	3m	5m	T자 교차로	T자 교차로	6m	9m
영상레벨	Go	Go	Go	Go	Go	Go	Go
초음파레벨	D-Go	D-Go	D-Go	T자교차로 인식	T자교차로 주행	D-Go	D-Go
결과	Go	Go	Go	좌 90°	Go	Go	Go

표 3.7 L자 교차로 인식 레벨

거리	1m	3m	5m	L자 교차로	L자 교차로	6m	9m
영상레벨	Go	Go	Go	Go	Go	Go	Go
초음파레벨	D-Go	D-Go	D-Go	L자교차로 인식	L자교차로 주행	D-Go	D-Go
결과	Go	Go	Go	좌 90°	Go	Go	Go

-장애물과 막힌공간

표 3.8과 표 3.9는 L자와 T자 교차로에서의 시뮬레이션 결과를 보이고 있다

표 3.8 장애물 회피 인식 레벨

거리	1m	2.20m	2.20m	2.20m	3m	3.60m	4m
영상레벨	Go	Left9	Left8	Go	Go	Go	Go
초음파레벨	D-Go	좌90°	좌90°	D-Go	D-Go	R-Drive1	D-Go
결과	Go	좌90°	좌90°	Go	Go	Right4	Go

표 3.9 막힌 공간에서의 인식 레벨

거리	1m	3m	4.40m	4.40m	3m	1m
영상레벨	Go	Go	Right9	Go	Go	Go
초음파레벨	D-Go	D-Go	우180°	D-Go	D-Go	D-Go
결과	Go	Go	우180°	Go	Go	Go

V. 결론

본 연구에서는 일자형 복도, 십자, L자, T자와 장애물이 있는 공간, 막힌 공간등의 환경에서 직접 제작한 로봇을 이용하여 자율주행과 시뮬레이션을 하였으며, 실험은 초음파만을 이용한 실험, 영상만을 이용한 주행 시뮬레이션 실험 그리고 영상과 초음파를 이용한 주행 시뮬레이션 실험을 하였다.

초음파만을 이용한 주행 실험에서는 비교적 빠른 처리와 속도로 정해진 구간을 주행하였으나 제작한 초음파 센서가 조밀한 배열을 갖지 못하여 환경에 대한 보다 정확한 환경정보를 얻지 못하므로 자동작물이 전체 환경에서 8%가 발생하였고, 영상을 이용한 주행 시뮬레이션 실험에서는 교차로에 대한 정확한 인식의 문제와 연산량이 많은 이유로 처리속도에서 초음파에 비해 속도는 느리지만 일자형과 장애물 환경에서 안정적인 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있었다. 세 번째로 영상과 초음파를 이용한 주행 시뮬레이션 실험에서는 초음파와 영상 분석을 적절한 시점에서 분할 사용하여, 초음파를 이용한 처리 결과와 영상을 이용한 처리결과에 비해 향상된 효과를 보였다.

추후 과제로는 보다 실제 자율 주행을 위한 연구가 필요하며, 정확한 영상인식을 위해 스테레오 영상을 이용한 분석이 필요하다. 영상처리는 근본적으로 시간이 많이 소요되므로 본 논문에서 구현된 로봇과 향후 개선될 로봇의 다양한 기능과 정밀한 구현을 위해 DSP 사양을 높이거나, 노트북 또는 PC를 직접 장착하여 USB(Universal Serial Bus)나 PCI(Peripheral Component Interconnect)를 통한 분석 처리를 하므로 뛰어난 성능의 로봇을 구현할 수 있을 것으로 기대가 된다.

참고문헌

[1] RICHARD G. LYONS, "Understanding Digital Signal Processing", ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, 1997.
 [2] Literature Number : SPRU194, "TMS320-C3x General-Purpose Applications User's Guide", Texas Instrument, January, 1998.