

초음파 센서와 DSP 음성인식을 이용한 이동 로봇 구현

임 창 환(林 昶 煥), 문 철 홍(文 哲 鴻)
광주대학교 컴퓨터전자통신 공학부
전화 : (062) 670-2293

Implement Of Automobile Robot Using the Ultrasonic Sensors And the DSP Chip(TMS320C31)

Chang Hawn Lim and Cheol Hong Moon
School of Computer and Electronics and Communication Engineering Kwangju University
E-mail : our5778@daum.net

Abstract

In this paper, For operator's conveniency of the mobile robot, achieved the system which control the robot by adopting the speaker independently isolated word recognition and by implementing the real time with TMS320C31. and This paper using the Tri-ultrasonics range finder to detect obstacles and implements the mobile robot. In this paper, DSP processor (TMS320C31) is used signal processing for speech recognition in the real time and Micro processor(80C196KC) is controlling the ultrasonics range finders.

I. 서론

본 논문에서는 초음파센서와 음성인식을 이용한 이동로봇을 구현하여 보았다. 이동 로봇은 여러 가지 주변환경 정보를 취득하기 위하여 플라노이사의 6500시리즈 50khz 초음파센서를 사용하고 초음파 구동은 80C196KC 컨트롤러를 사용하였으며, 음성인식은 TMS320C31를 사

용하여 실시간 처리하고, 인식결과에 따른 데이터는 초음파센서를 구동중인 마이크로컨트롤러에 명령을 전달하여 우선적으로 실행하게 하였다. 본 논문에서는 이러한 시스템을 구현하기 위해서 2장에서는 음성인식과 초음파센서를 이용한 로봇제어 방법을 기술하며 3장에서는 음성인식과 초음파센서를 통한 주행 실험환경과 결과를 기술하였다.

II. 본론

1. 음성 구간 검출

음성 구간 검출 방법으로서 간단하고 일반적인 단구간 에너지를 사용한다. 이 방법은 단구간 에너지와 문턱치를 비교해서 끝점을 찾아낸다. 먼저, N개의 데이터를 한 구간으로 하여 로그 에너지를 구한다. 이때 신호의 크기는 음성마다 달라지므로 음성의 크기에 따라 적응적으로 정규화 하는 것이 필요하다. 정규화된 에너지 E_n' 은 다음 식(1)과 같다.

$$E_n' = 10 \log_{10} E_n - Q \quad (1)$$

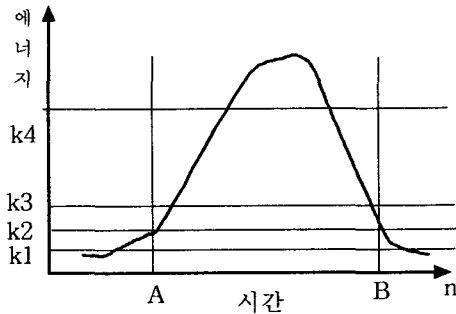


그림 1. 에너지 펄스의 시작점과 끝점

여기서, Q는 묵음 구간에서의 로그 에너지 평균값이다. 에너지 값에 대한 문턱치 k_1, k_2, k_3, k_4 (3, 5, 9, 50dB)를 사용하여 에너지 펄스를 찾는 과정은 그림 1과 같다. 그림에서 어느 구간의 단구간 에너지가 k_1 보다 크게 되는 점이 있다면 그 점을 에너지 펄스의 시작점 A로 검출한다. 또한 에너지 레벨이 다시 감소하면서 k_2 보다 작고 다시 k_2 보다 커지지 않으면서 k_3 이하로 작아지는 점을 에너지 펄스의 끝점 B로 검출한다. 이런 과정 뒤에는 실제로 많은 에너지 펄스들이 검출되는데 펄스 지속 시간이 100ms보다 크고 최대 값이 k_4 보다 큰 것을 음성 신호로 간주하고, 그 펄스의 시작점과 끝점을 검출한다. 음성구간 검출 블록도는 그림 2와 같다.

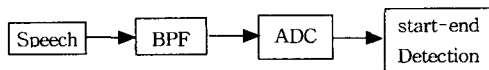


그림 2. 음성구간 검출 방법

음성신호에 대한 잡음 제거는 마이크로부터 입력받아 고역통과 필터를 거쳐 DC성분을 제거하고, 16Hz에서 5KHz까지의 주파수 대역을 통과시키는 대역 통과 필터를 사용하여 잡음을 제거하므로 잡음을 효과적으로 제거할 수 있었다.

2 음성특징 추출

음성인식 시스템은 음성고유의 특징을 추출하여 유사도를 비교하고 최종 음성인식을 결정하게 된다. 그림 3은 음성특징 추출과정을 나타내고, 그림 4는 음성신호의 인식시스템의 전체 블록도를 나타내었다. 음성특징 추출

과정은 음성을 수십 msec씩 나눈 프레임(frame) 단위로 분석하여 음성의 특징 벡터를 구한다. 특징 벡터로는 절대에너지, 영교차율, 푸리에 변환을 이용한 FFT 캡스트럼을 본 연구에서는 사용하였다. 음성의 절대에너지는 음성신호 자체의 크기의 절대값을 의미하며, 영교차율은 음성신호가 정해진 시간동안 기준점을 몇해 교차하는 것이며, 캡스트럼은 로그 크기 스펙트럼(logarithmic amplitude spectrum)의 역 푸리에 변환(inverse Fourier transform)으로 정의된다. 캡스트럼은 주파수 영역의 함수를 역 변환한 것이기 때문에 시간 영역의 함수라고 할 수 있다. 캡스트럼이 가진 가장 큰 특징이라고 하면 음성이 갖는 정보에서 스펙트럼 포락정보와 세부 구조 정보를 분리해 낸다는 것이다. 음성 생성 모델에서 음성 신호 $x(t)$ 는 식(2)와 같이 음원 $g(t)$ 와 스펙트럼 포락함수 $h(t)$ 의 컨볼루션 형태로 표현된다.

$$x(t) = \int_0^t g(\tau)h(t-\tau)d\tau \quad (2)$$

식(3)은 식(2)을 주파수 영역에서 나타낸 것이다.

$$X(w) = G(w)H(w) \quad (3)$$

식(3)에서 $X(w)$, $G(w)$, $H(w)$ 는 각각 $x(t)$, $g(t)$, $h(t)$ 를 푸리에 변환한 것이다. 식(3)의 양변에 절대값 함수를 취한 후 로그를 취하면 식(4)을 얻을 수 있다.

$$\log|X(w)| = \log|G(w)| + \log|H(w)| \quad (4)$$

캡스트럼 $c(\tau)$ 는 식(4)의 양변을 역 푸리에 변환한 것으로서 식(5)과 같이 표현된다.

$$c(\tau) = F^{-1} \log|X(w)| \\ = F^{-1} \log|G(w)| + F^{-1} \log|H(w)| \quad (5)$$

식(5)에서 F^{-1} 은 역 푸리에 변환을 의미한다. 식(5)의 오른쪽 부분은 두 항의 합으로 표현된다. 즉, 음성 신호로부터 캡스트럼 계수를 계산하고, 이 계수 값으로부터 스펙트럼 포락 정보와 기본 주파수를 획득하는 과정을 정리한 것이다.

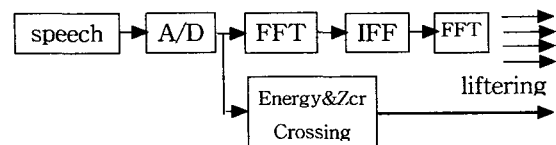


그림 3. 음성특징 추출과정

시스템 및 제어 그룹, 제어계측분야, 포스터

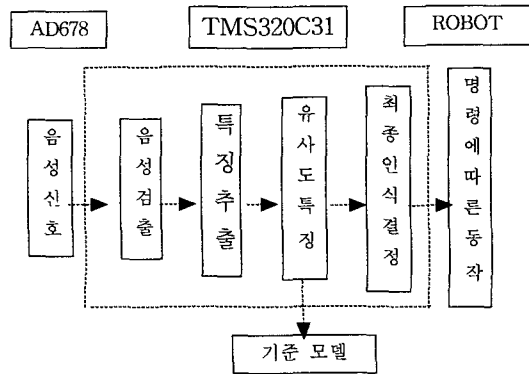


그림 4. 음성인식 시스템 전체 블록도

3. 음성인식 하드웨어 구성

본 시스템의 음성 인식로봇제어를 위하여 실시간 음성 인식 시스템을 위해 DSP(TMS320C31)을 사용하였다. DSP는 32비트 워드의 데이터 버스, 16M 어드레스 영역 중에서 부트 로더 영역, 내부 주변장치 영역, 내부 램 영역을 제외한 나머지는 메모리 및 I/O 확장영역으로 사용할 수 있다. 본 시스템에서는 외부 메모리를 256K 바이트(ROM)와 32K 워드(RAM)를 사용하도록 설계하였다. 어드레스 디코딩은 DSP의 실시간 처리에 맞게 빠른 동작 속도와 회로 수정이 용이한 EPLD를 사용하여 외부 메모리를 액세스(access)하였다.

4. 초음파를 이용한 거리 측정의 원리

초음파 센서는 초음파를 매질(공기, 물 등)에 반사하여 매질로 이루어진 공간 내에 존재하는 물체로부터 반사되어 오는 파를 감지하여 거리를 측정하는 센서로 그 측정 원리는 식(6)과 식(7)과 같은 관계가 있다.

$$S = K * \frac{t}{2} \quad (6)$$

여기서,

$$K = 331.4 * \sqrt{\frac{T}{273}} \quad (7)$$

S: 물체까지의 거리, T:주변 온도, t: 반사파의 도달시간

5. 초음파 구동부 하드웨어 구성

초음파센서를 이동로봇의 주행에 필요한 환경 인식용 센서로 사용하기 위해서 이동 로봇의 전, 우, 좌 방향에

각각 한 개의 초음파 센서로 장착하였다.

본 시스템에 사용된 마이크로 컨트롤러로는 Intel사의 16비트의 80C196KC, 20MHz을 사용하였고, 메모리 영역은 총 64K 바이트이며 레지스터 파일, 인터럽트 벡터, 포트영역을 제외한 나머지 영역은 모두 프로그램 메모리나 데이터 메모리로 사용할 수 있다. 본 시스템에서는 32K 바이트의 외부영역(0X2080 - 0X9DFF)을 사용하여 프로그램 메모리와 데이터 영역으로 사용하였다. 초음파 센서는 플라노이드사의 6500시리즈를 사용하였다.

6. 초음파 시스템 프로그램

본 시스템의 프로그램은 그림 5 와 같이 초음파구동을 위한 시스템 초기화, 초음파의 전, 우, 좌의 순서로 구동하여 거리측정 원리에 의한 장애물과의 거리를 측정하고 주행 로봇이 회피할 수 있는 공간을 찾아 자율 주행하게된다.

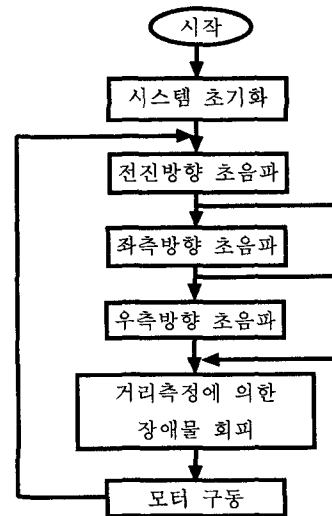


그림 5. 프로그램 흐름도

7. 음성인식과 초음파센서의 인터페이스

초음파센서 구동부와 음성인식은 그림6 과 같이 두 개의 시스템을 초기화하고, 초음파를 전, 우, 좌의 순서로 구동하여 장애물의 유무를 판단하여 자율주행을 행한다. 만약, 초음파 구동 중에 음성이 입력되면 가장 우선 순위로 음성처리를 실행하여 음성명령으로 인식되면 초음파 구동부에 인터럽트를 걸어 음성 명령에 동작을 실행

하게 되고, 음성명령이 끝나면 다시 초음파의 구동부로 되돌아가 자율주행 하게 된다. 그림 6 은 본 시스템의 전체적인 흐름도를 보여주고 있다.

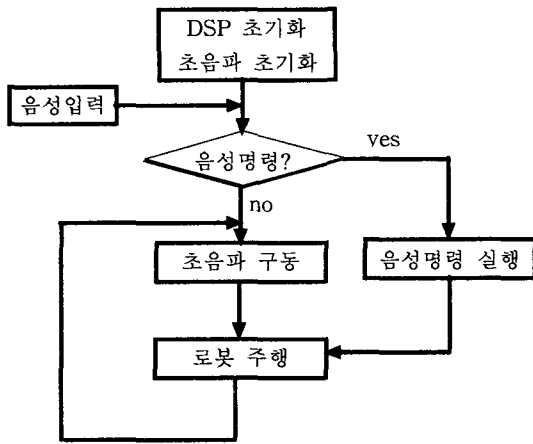


그림 6. 시스템의 전체 흐름도

III. 실험 및 결과

표1. 실험 대상단어

명령어	동작
가	전진 동작
뒤로	후진 동작 (180°)
좌로	좌회전 전진 동작 (90°)
우로	우회전 전진 동작 (90°)
정지	정지(대기)

본 시스템의 주행 실험은 일반 환경에서 대표적으로 나타나는 “+”형, “-”형, “-”형 실험실 복도통로에서 실험 하였으며, 표1과 같이 실제 로봇을 주행하기 위한 음성 명령 단어로 한정하여 사용하였다. 단지 초음파 센서만을 사용하여 로봇을 구동하였을 경우 +형 복도의 경우에는 장애물에 대한 복잡한 환경정보를 주행 알고리즘으로 처리하는데 있어, 에러를 발생하여 올바른 경로지정이 되지 않는 경우가 발생하였다. 이러한 복잡한 환경정보에서의 음성 명령을 통하여 로봇을 제어함으로써 장애물을 회피하여 주행하는데 개선된 모습을 보였다. 표2는 이러한 복잡한 환경에서 음성 명령을 통하여 주행을 하였을 경우의 음성인식률을 나타내주고 있으며,

그림 7 은 실제 주행 로봇을 보이고 있다.

표2. 대상단어의 인식결과

	가	나	다	라	평균
가	93.8%	91.3%	90.0%	94.7%	92.45%
뒤로	84.7%	83.5%	80.0%	82.6%	82.70%
좌로	92.4%	90.0%	87.4%	92.0%	90.45%
우로	88.2%	88.2%	90.2%	82.0%	87.15%
정지	89.2%	85.0%	88.4%	89.3%	87.97%

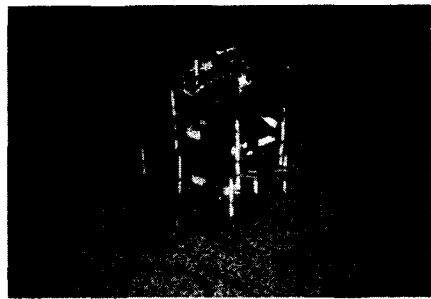


그림 7. 실험 주행로봇

IV. 결 론

본 논문에서는 이동로봇 제어를 위한 DSP음성인식과 초음파센서를 이용한 주행 시스템을 구현하였다. 기존의 초음파를 이용한 주행로봇의 에러를 음성인식을 통해 개선하여 자연스러운 주행을 하였다. 차후과제로 음성인식의 인식률을 높이기 위해 보다 더 개선된 음성인식 패턴 알고리즘을 적용한다면 로봇을 보다 더 높은 인식률로 제어할 수 있을 것으로 기대된다.

<참고문헌>

- [1] Texas Instruments, TMS320C3X User's Guide, 1994
- [2] Texas Instruments, TMS320 Floating Point DSP Assembly Language Tools User's Guide, 1991
- [3] 8XC196KC, Microcontroller Family, 8XC196JX, 87C196CA, User's Manual
- [4] 차영배, "Microcontroller 80196", 다다미디어
- [5] 박귀태, 이상락, "C 언어로 쉽게 쓰는 80C196KC", 대영사