

인간-로봇 상호협력작업을 위한 모바일로봇의 지능제어에 관한 연구

A Study on Intelligent Control of Mobile Robot for Human-Robot Cooperative Operation in Manufacturing Process

김두범¹, 배호영², 김상현², 임오득³, 백영태⁴, 한성현⁵

DuBeum-Kim¹, HoYoung-Bae², SangHyun-Kim²

ODEuk-Im³, Young-Tae Back⁴, SungHyun-Han⁵

〈Abstract〉

This study proposed a new technique to control of mobile robot based on voice command for (Human-Robot Cooperative operation in manufacturing process). High performance voice recognition and control system was designed In this paper for smart factory. robust voice recognition is essential for a robot to communicate with people. One of the main problems with voice recognition robots is that robots inevitably effects real environment including with noises. The noise is captured with strong power by the microphones, because the noise sources are closed to the microphones. The signal-to-noise ratio of input voice becomes quite low. However, it is possible to estimate the noise by using information on the robot's own motions and postures, because a type of motion/gesture produces almost the same pattern of noise every time it is performed. In this paper, we describe an robust voice recognition system which can robustly recognize voice by adults and students in noisy environments. It is illustrated by experiments the voice recognition performance of mobile robot placed in a real noisy environment.

1 주저자, 육군정비창

2 교신저자, 경남대학교 석사과정
E-mail: spdhaos2@naver.com

3 해군정비창

4 (주)S&T 중공업

5 정회원, 경남대학교 기계공학부

1 Main Author, Maintence Depot.

2 Graudate school, Kyungnam univ, korea

3 Naval Shipyard Co.,LTD

4 S&T Dynamics Co.,LTD

5 Dept, of Mechanical Engineering, Kyungnam univ

Keywords : Human-Robot Cooperation operation, Intelligent control, Manufacturing process, Voice Command, Real environment with noises.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 기술동향

사람과 기계사이의 자연스러운 통신을 위해 음성인식에 관한 연구가 꾸준히 진행되어 왔으며 수십 단어 정도의 어휘를 대상으로 불특정 화자의 음성을 인식하거나, 화자 적응을 통해 수만 단어를 인식할 수 있는 시스템들이 상용화되기 시작했다. 따라서 로봇의 교시에 음성인식 기술을 활용한다면 인간에게 보다 친숙하면서 전문가가 아니더라도 이동로봇의 교시를 가능하게 하여, 전문 엔지니어 양성 및 프로그램 재개발에 따른 비용과 시간의 절감 효과가 있을 수 있다. 특히 열악한 환경에서의 로봇의 원격 조작 및 신체장애자를 위한 서비스를 제공할 수 있는 로봇으로도 이용될 수 있는 등 응용분야가 다양하다.

지금까지의 음성인식 방법을 크게 두 가지로 나누면, 음성·언어학적인 지식을 이용하는 지식기반 접근방식과 입력된 음성신호의 스펙트럼을 분석하여 학습과정을 통해 미리 준비된 기준 패턴과 대조시켜 가장 유사한 것을 찾아내는 패턴정합 방법으로 나눌 수 있다. 지식기반 접근방식은 음성파형의 변별적인 특징에 근거한 음성·언어학적 규칙을 적용하여 음성에 대한 인간의 지식을 표현하고자 하는 방식이다. 그러나 이것은 인간의 청각 구조에 대한 이해 부족과 전문가의 지식을 완벽하게 공식화하기 어렵다는 단점이 있다.[1]

인식하고자하는 음성 패턴에 대한 학습과정이 필요한 패턴정합 방법에는 DTW(Dynamic Time Warping), 신경회로망(neural network), HMM

(Hidden Markov Model)등이 있다. DTW방식은 동적프로그래밍에 의한 음성패턴을 비선형 시간정렬을 통하여 기준패턴과 인식하고자 하는 패턴을 비교하는 방식으로서 소규모 단위의 음성인식에는 좋은 성능을 보이지만, 어휘의 수가 증가하는 대용량 연속 음성인 경우에는 증가하는 어휘수만큼 기준 패턴을 구성해야 하는 단점으로 인해 부적합하다. 음성인식방법에서 화자인식(speaker recognition)이라는 것은 식별(identifying)되어야 할 화자들 간의 발음으로부터 데이터를 모으는 작업인 훈련(training)과정과 임의의 발음을 식별하는 판별(testing)과정으로 이루어진다. 화자인식은 크게 두 가지 category로 나누어지는데 closed-set problem과 open-set problem이다. Closed-set problem이란 N명의 알려진 화자 중에서 어떤 사람인지를 식별해 내는 것이다. 이 경우 N이 커지면 커질수록 어려운 식별하는 것은 어려운 문제가 될 것이다. 이와 달리 open-set problem은 식별해 내하고자 하는 화자가 N명의 알려진 화자의 그룹에 속하는가 하는 것을 판단해야 하는 방법이다.[2]

이 두 문제에 대해서 전자는 화자식별(speaker identification) 후자는 화자검증(speaker verification)이라고도 부른다. 화자 검증 시스템은 알려진 화자의 그룹에 속하고 있는지 아닌지에 대하여 이진 결정을 내리지만 하면 되지만, 녹음한 음성을 이용한 사기를 막기 위해 음성인식(speech recognition) 또한 동시에 요구되는 경우가 많다. 이러한 화자식별 및 화자검증 기술은 개인의 음성 특징이 유일하다는 사실을 근거로 하고 있으며 최근의 인터넷 기술의 발전과 더불어 보안을 위한 인증방법으로 각광을 받고 있다. 화자인식시스템은 발성의

종류에 따라 문맥중속 및 문맥독립 화자인식으로 나눌 수 있는데, 문맥독립 화자인식의 경우 보안성이 높아 이에 관해 많은 연구가 진행 중이다.

1.2 연구방향 및 목적

음성명령에 기반을 둔 모바일 로봇의 지능제어 기술인 음성신호의 인식기술은 크게 음성인식과 화자인식으로 분류되며 음성인식 시스템은 특별한 화자에 대해서만 인식하는 화자중속 시스템과 화자에 상관없이 인식하는 화자독립 시스템으로 나뉜다. 또한 말하는 사람이 누구인지를 알고자 하는 화자인식 시스템은 크게 화자 식별 시스템과 화자검증 시스템으로 분류되는데 화자식별 시스템은 등록된 화자들 중에서 가장 유사한 화자를 찾아 그 화자가 누구인지를 알아내는 것이고 화자검증은 입력된 음성이 대상화자의 음성인지를 판별하는 시스템이다.[3]

지금까지 통신기술의 발전은 서로 멀리 떨어져 있는 인간과의 대화를 가능케 하는 유선 전화기의 발명으로부터 시작하여 그야말로 비약적인 발전을 거듭하여 현재는 언제, 어느 곳에서나 누구와도 서로 대화할 수 있는 이동통신 전화기가 보편화되어 있다. 이러한 통신 기술은 기본적으로 인간과 인간 사이의 통신의 자유도를 향상시키는 방향으로 발전되어 왔는데, 최근에는 이를 뛰어 넘어 인간과 기계 사이에 음성을 이용한 대화를 가능케 하는 기술에 대한 연구 및 개발에 큰 관심이 집중되고 있다. 한편, 소리는 인간의 가장 자연스러운 통신방법으로, 사람과 기계사이의 자연스러운 통신을 위해 소리인식에 관한 연구가 꾸준히 진행되어 왔으며 수십단어 정도의 어휘를 대상으로 불특정 화자의 음성을 인식하거나, 화자 적응을 통해 수만 단어를 인식할 수 있는 시스템들이 상용화되기 시작했다. 따라서 자율주행 이동로봇은 공간

이동성과 특수 기능성을 기반으로 공장자동화, 사무실자동화, 설비관리, 무인탐사 등 다양한 분야에 응용이 가능하고, 특히 인간을 대신하여 작업을 할 수 있는 시스템의 개발에 자율주행 로봇의 활용이 다양한 형태로 연구되고 있고, 이를 통한 개발 후 실 적용 사례도 급증하고 있다.

본 연구에서는 사람의 음성명령에 의해 자율주행로봇의 모션제어에 관한 연구를 수행하고 실험을 통하여 그 신뢰성을 증명한다. 음성명령에 의한 모션제어 성능 검증은 여러 번의 반복 테스트를 통하여 음성인식 실험을 자율주행 이동로봇의 지능제어에 대한 실험을 수행하여 그 신뢰성을 검증한다.

2. 본 론

2.1 모바일 로봇의 운동학적 모델링

2.1.1 모바일 로봇의 기구학적 해석

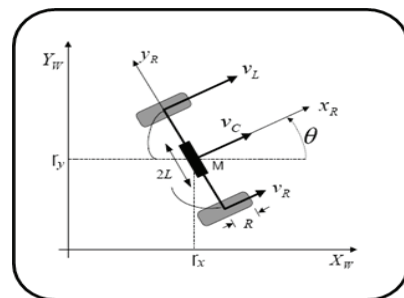


Fig. 1 The coordinate frame of mobile with 2 wheel

$$\dot{x} = \frac{R}{2}(\dot{q}_l + \dot{q}_r)\cos\theta \quad (2-1)$$

$$\dot{y} = \frac{R}{2}(\dot{q}_l + \dot{q}_r)\sin\theta \quad (2-2)$$

$$\dot{\theta} = \frac{R}{2L}(\dot{q}_l - \dot{q}_r) \quad (2-3)$$

또한 p 를 주행로봇의 현재위치, \dot{p} 를 주행로봇의 속도라고 했을 때, Jacobian을 행렬식은 식 (2-4)과 같이 나타낼 수 있다.[4]

$$\dot{p} = J(q)\dot{q} \quad (2-4)$$

식 (2-4)에서 $\dot{p} = [\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{\theta}]^T$, $\dot{q} = [\dot{q}_l \ \dot{q}_r]^T$ 이며, Jacobian 행렬 $J_{3 \times 2}$ 는 다음 식 (2-5)와 같이 정의된다.

$$J_{3 \times 2} = \begin{bmatrix} \frac{R}{2}\cos\theta & \frac{R}{2}\cos\theta \\ \frac{R}{2}\sin\theta & \frac{R}{2}\sin\theta \\ -\frac{R}{2L} & \frac{R}{2L} \end{bmatrix} \quad (2-5)$$

이에 반해 이동 로봇의 구성요소 사이의 상대적 위치와 방향은 고정되어 있으며 이동 로봇의 구륵과 접촉점 사이의 점접촉은 2자유도만을 허용하므로 테나비트-하텐버그 표기법은 적당하지 않다.

이동 로봇의 위치 및 속도 오차는 기준궤적과 실제궤적 사이의 차로 정의되며, 실제궤적은 엔코더에서 검출된 구륵속도를 본체속도로 변환함으로써 계산될 수 있다. 엔코더는 구륵속도 성분 중 구동축을 중심으로 한 구륵 각속도 ${}^A w_{w_r}$ 만을 검출할 수 있다. 따라서 검출된 구륵 각속도로부터 본체의 속도를 계산하기 위해 구륵의 속도를 감지 성분과 비감지 성분으로 구분하여, 감지 성분을 s 로 비감지 성분을 n 으로 표시하여 식 (2-6)와 같이 나타낼 수 있다.[5]

$$\bar{B}\dot{P} = Jc_s\dot{q}_s + Jc_n\dot{q}_n \quad \text{for } i = 1, 2 \quad (2-6)$$

정기구학 해를 구하기 위하여 위 식을 식 (2-7)과 같이 표현한다.

$$\begin{bmatrix} I_1 & -Jc_{1n} & 0 \\ I_2 & 0 & -Jc_{2n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{B}\dot{P}_B \\ \dot{q}_{1n} \\ \dot{q}_{2n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Jc_{1s} & 0 \\ 0 & Jc_{2s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{q}_{1s} \\ \dot{q}_{2s} \end{bmatrix} \quad (2-7)$$

$I_i (i = 1, 2)$ 는 각각 3×3 항등 행렬이다.

$$A_n \begin{bmatrix} \bar{B}\dot{P}_B \\ \dot{q}_n \end{bmatrix} = Jc_s\dot{q}_s \quad (2-8)$$

감지된 바퀴의 속도 \dot{q}_s 로부터 감지되지 않은 바퀴의 속도 \dot{q}_n 과 이동로봇의 본체속도를 구하기 위하여 최소 자승해(Least-squares solution)를 이용한다.[6]

$$\begin{bmatrix} \bar{B}\dot{P}_B \\ \dot{q}_n \end{bmatrix} = (A_n^T A_n)^{-1} A_n^T Jc_s\dot{q}_s \quad (2-9)$$

$\dot{P}_n = [\bar{B}\dot{P}_B \ \dot{q}_n]$ 로부터 $\bar{B}\dot{P}_B$ 구하면 식 (2-9)과 같이 표현된다.

$$\bar{B}\dot{P}_B = (\Delta(Jc_{1n}) + \Delta(Jc_{2n}))^{-1} [\Delta(Jc_{1n})Jc_{1s} \ \Delta(Jc_{1n})Jc_{1s}] \dot{q}_s \quad (2-10)$$

이동 로봇이 기준 궤적을 추적하기 위한 양 구륵 속도를 구하기 위해서는 독립적인 구동성분만 계산할 필요가 있다.

$$\Delta(Jc_{1n}) = Jc_{1n} (Jc_{1n}^T Jc_{1n})^{-1} Jc_{1n}^T - I$$

$$= \frac{1}{d_a^2 + d_b^2 + 1} \begin{bmatrix} -(d_a^2 + 1) & -d_a d_b & d_b \\ -d_a d_b & -(d_b^2 + 1) & -d_a \\ d_b & -d_a & -(d_a^2 + d_b^2) \end{bmatrix}$$

$$\Delta(J_{c_{2n}}) = J_{c_{2n}}(J_{c_{2n}}^T J_{c_{2n}})^{-1} J_{c_{2n}}^T - I$$

$$= \frac{1}{(d_a^2 + d_b^2 + 1)} \begin{bmatrix} -(d_a^2 + 1) & d_a d_b & d_b \\ d_a d_b & -(d_b^2 + 1) & -d_a \\ d_b & d_a & -(d_a^2 + d_b^2) \end{bmatrix} \quad (2-11)$$

2.2 영상인식기반 장애물 인식기법

임시 목표가 정해지면 로봇간의 거리를 계산해야 하는데 이를 위해 구해진 영상의 정보와 초음파 센서를 이용하였다. 두 개의 카메라에서 각각 얻어진 두 영상을 비교해 보다 정확한 거리를 산출할 수 있는 스테레오 비전 방법도 있지만 본 연구에서는 하나의 카메라로 거리를 측정하였다.[6] 바닥에서 카메라까지의 높이인 h_y , 카메라 앞부분에 존재하는 사각의 거리인 b_y , 카메라로 포착 가능한 최장거리인 $l_y + b_y$, 카메라의 좌우 폭인 l_x 는 실제 측정하고, 이 4개의 측정값을 이용하여 세 가지 각도를 구할 수 있다.[7]

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{h_y}{b_y}\right) \quad (2-12)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h_y}{b_y + l}\right) \quad (2-13)$$

$$\beta = 90^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{b_y + l_y}{l_x}\right) \quad (2-14)$$

그리고 위에서 구해진 값과 식(2-15)과 (2-16)를 이용해서 임시 목표점의 실제 공간 좌표를 구해낼 수 있다. p_x, p_y 는 화면상의 x, y 좌표를 나타낸다.

$$y = \frac{h_y}{\tan\left(\theta + \frac{p_y(\alpha - \theta)}{s_x}\right)} + b_y \quad (2-15)$$

$$x = \tan\left(\frac{\beta(1 - 2p_x)}{s_x}\right) \times y \quad (2-16)$$

2.3 음성명령기반 자율 모바일 로봇의 주행제어

2.3.1 음성인식 기법

음성인식방법은 Endpoint detection에서 음성의 시작점을 검출하면, 검출된 음성에 대해서 front end feature extraction에서 MFCC로 변환하고, MFCC를 이용하여 acoustic matcher에서 speech model과 acoustic score를 구한다. 그리고 그 score를 이용하여 인식 network을 parsing해서 인식된 결과가 나오면 rejection에서 음성의 신뢰도를 평가하게 된다. Fig. 2는 인식시스템의 개념적인 모델이다.[8]

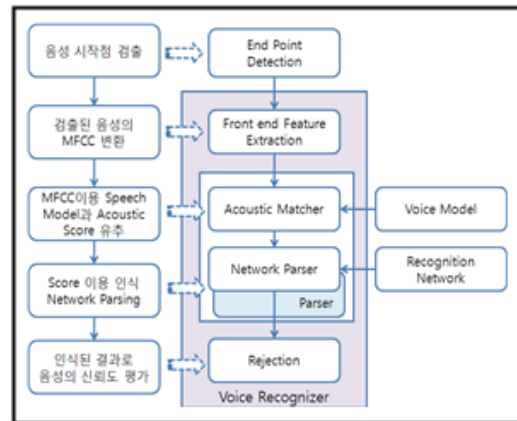


Fig. 2 Voice recognition model

음성인식 모델은 연속 HMM과 이산 HMM으로 나뉘는데, 연속 HMM이 음성인식, 화자 인증 또

는 인식 등에서 우수한 성능을 보인다. 연속 HMM은 연속 관측 확률밀도함수를 사용하는데 아래의 식(2-17), (2-18)로 표현된다.[9]

$$b_i(x_t) = \sum_{m=1}^{N_m} g_m \Phi_{im}(x_t; \mu_{im}, \sum_{im}), \quad 1 \leq i \leq N_s \quad (2-17)$$

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^{N_m} c_{im} &= 1, \quad 1 \leq i \leq N_s, \\ c_{im} &\leq 0, \quad 1 \leq i \leq N_s, \quad 1 \leq m \leq N_m \end{aligned} \quad (2-18)$$

위 식에서 x_t 는 관측벡터이며 Φ_{im} 는 커널함수로 i 번째 상태의 가중치가 c_{im} , 평균벡터 μ_{im} , 공분산 \sum_{im} 과 N_m 은 총 개수이다.

커널함수 Φ_{im} 는 가우시안분포이며, HMM 모델은 위 관측모델을 포함하여 다음과 같이 표기된다.[10]

$$\lambda = (A, B, \pi) \quad (2-19)$$

이때 A 는 상태전이행렬, B 는 방사행렬이고, π 는 초기 확률 벡터이다.

관측패턴 $\{X_t\}(t=1, 2, \dots, T)$ 와 HMM이 $\lambda = (A, B, \pi)$ 로 이루어진 확률 $P(X|\lambda)$ 를 구하기 위해 순방향 과정을 사용하였는데, 다음과 같다.

확률 $P(X|\lambda)$ 를 구하기 위해 일반적인 상태열을 $Q = [q_1, q_2, \dots, q_t, \dots, q_T]$ 로 나타내었다. 순방향 변수 $\alpha_t(i)$ 는 식(2-20)로 표현된다.

$$\alpha_t(i) = P(x_1, x_2, \dots, x_t, q_t = S_i | \lambda) \quad (2-20)$$

위 식은 모델 λ 이 주어지고 시간 t 에서 상태변수가 S_i 일때 $t=1$ 에서 t 까지 관측패턴의 확률이다. 다음 식은 $\alpha_t(i)$ 를 구하기 위한 반복적인 과정이다.

$$i) \alpha_1(i) = \pi_i b_i(x_1), \quad 1 \leq i \leq N_s \quad (2-21)$$

$$ii) \alpha_{t+1}(j) = \left(\sum_{i=1}^{N_s} \alpha_t(i) a_{ij} \right) b_j(x_{t+1}) \quad (2-22)$$

$$iii) \alpha_T(i) = P(x_1, x_2, \dots, x_T, q_T = S_i | \lambda) \quad (2-23)$$

또한 $P(X|\lambda)$ 은 $\alpha_t(i)$ 의 전체 합이므로

$$P(X|\lambda) = \sum_{i=1}^{N_s} \alpha_T(i) \quad (2-24)$$

와 같다.

2.4 모바일 로봇 제어기 구조

Fig. 3은 본 논문에서 제안한 제어계를 나타내는 블록선도이다.

구조 불확실성 및 비구조적 불확실성으로부터 발생하는 오차를 보상하기 위한 뉴런 Feedforward 제어신호 및 feedback 제어신호를 이용한 제어기의 오차방정식은 다음과 같다.[11]

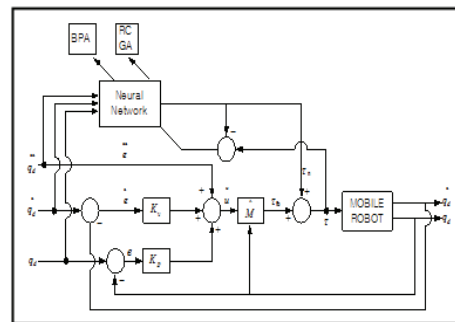


Fig. 3 The block diagram of proposed trajectory controller structure for mobile robot

Fig. 3은 본 논문에서 제안한 제어계를 나타내는 블록선도이다.

구조 불확실성 및 비구조적 불확실성으로부터 발생하는 오차를 보상하기 위한 뉴런 Feedforward 제어신호 및 feedback 제어신호를 이용한 제어기의 오차방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \widehat{M}(q)u^* + \widehat{H}(q, \dot{q}) + \tau_n \\ = M(q)\ddot{q} + H(q, \dot{q}) + F(\dot{q}) \end{aligned} \quad (2-25)$$

$$u^* = \ddot{q}_d + K_v(\dot{q}_d - \dot{q}) + K_p(q_d - q) \quad (2-26)$$

여기서, 중력과 관성력을 비롯한 코리올리력은 마찰이 두 바퀴와 접촉면과의 마찰이 없다는 조건에 의하여 본 논문에서는 고려하지 않았다. 다만 뉴럴네트워크 제어기에서 이러한 고려치 않은 비선형적인 항들을 보상해준다고 가정하였다. 그러므로 위의 식 (2-25),(2-26)을 다시 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ddot{e} + K_v\dot{e} + K_p e = \\ \widehat{M}(q)^{-1} [\Delta M(q)\ddot{q} + F(\dot{q}) - \tau_n] \end{aligned} \quad (2-27)$$

여기서 우변항을 학습신호로 적용하여 점진적으로 영으로 수렴하게 되어 이상적인 시스템에 접근하게 된다.[12]

본 논문에서는 피드포워드 제어기인 다층 신경 회로망 제어기를 실수코딩 역전파 알고리즘으로 연결강도 학습의 초기 실수코딩 유전알고리즘을 사용하여 수행하면서 최적의 해를 찾아낸다. 그리고 수렴하지 않는 부분에서부터 BP로 교체하는 방법으로 학습을 수행 하였다. 실수코딩 알고리즘은 최적해의 근방까지는 수렴하는 것이 가능하였다. 실수코딩에서는 초기에 실수코딩 역전파 알고리즘을 이용하여 최적의 연결강도에 가까이 까지 학습하였다.[12]

피드백 제어기에는 기본적인 시스템 파라미터가

추정되어지고 이를 학습신호로 이용하는 뉴럴제어기는 역전파 알고리즘을 학습법으로 사용함으로써 스스로의 학습능력을 통하여 연결강도가 개선되어 능동적인 제어 기능이 수행되어 지도록 하는 것이다.

3. 성능실험

3.1 음성인식 시스템의 구성

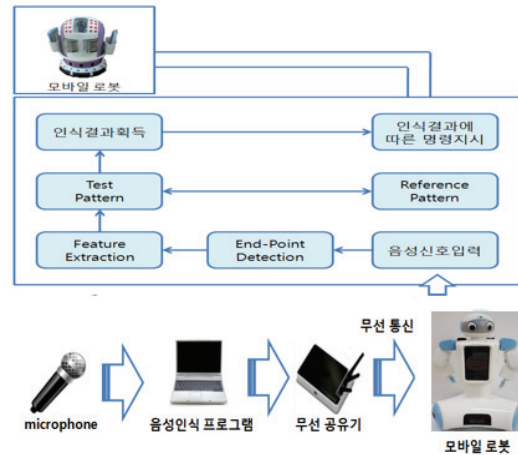


Fig. 4 Remote control schematic diagram of voice recognition robot control system

Fig. 4는 음성명령기반 로봇제어시스템에 대한 전체블록선도를 나타내고 있다.

3.1.1 실험방법 및 실험 units

1) 제어방법

- PC기반 음성 S/W 명령어 지령
- 화자독립방식에 의한 음성전달
- 무선통신 리모컨 제어방식 동시 적용
- 송신마이크로폰에 의한 음성명령입력 (마이크로폰 송신장치 이용)

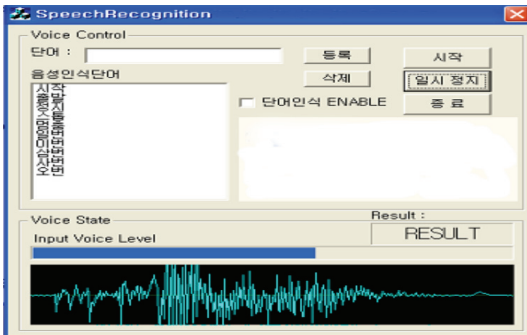


Fig. 5 Voice recognition word registration program

3.1.2 음성인식 성능실험 및 결과

1) 성능실험 방법 및 실험수행 장면

(1) 성능실험 방법

음성인식실험의 인식을 테스트를 위하여 학생 5명을 대상으로 Table 1에서 제시한 서로 다른 12단어를 한사람이 30회씩 총150회 음성명령으로 로봇동작제어실험을 수행하였다. 그리고 5명이 각각 한번씩 발생하여 학습용에 사용하고, 나머지 발생음 150번은 인식용으로 사용하여 실험 결과

Table 1. Voice recognition words

실험차수	명령어	실험차수	명령어
1차	전진	...150차	전진
	정지		정지
	좌회전		좌회전
	우회전		우로60도
	정지		정지
	출발		출발
	앞으로		전진
	후진		뒤로
	좌로90도		좌로60도
	우로30도		우로60도
	앞으로 일미터		뒤로 일미터
	스톱		정지

를 분석 평가하였다. 음성인식 실험은 음성인식을 위해 1회에 걸쳐 기준 음을 설정하였으며, 초기 기준 음과 입력음과의 유사도를 비교하여 입력음과의 최소 거리를 갖는 기준 음을 인식된 음성으로 결정하였다.

(2) 실험수행 장면

① 음성인식에 의한 자율주행 실험장면

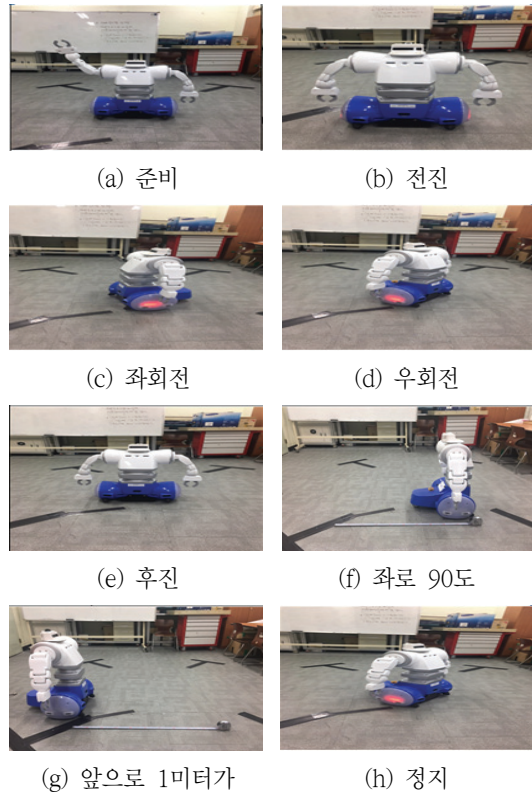


Fig. 6 Performance experiment scene of voice recognition for mobile robot

2) 음성인식 실험 결과 및 분석

Fig. 7은 5명의 학생이 4개의 단어를 이용하여 30회씩 음성명령으로 로봇의 주행제어의 성능실험에 대한 결과그래프를 나타내고 있다. Fig. 8은 5

명의 학생이 서로 다른 4개의 단어를 이용하여 30회씩 음성명령으로 로봇의 주행제어의 성능실험에 대한 결과그래프를 나타내고 있다. Fig. 9는 5명의 학생이 또 다른 4개의 단어를 각각 30회씩 음성명령으로 로봇의 주행제어의 성능실험에 대한 결과 그래프를 나타내고 있다 음성명령으로 로봇 주행제어 성능실험 실험결과 평균98.5%이상의 높은 신뢰성을 보여 줌으로서 현장적용 그 가능성을 모여 보였다.

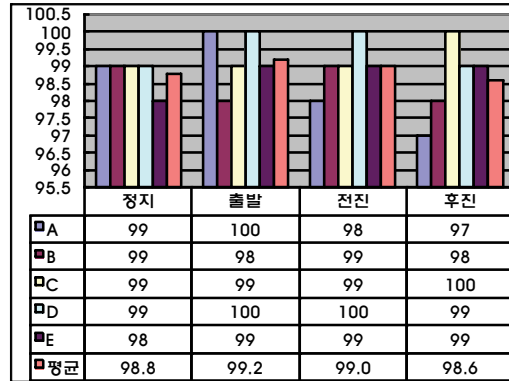


Fig. 9 Voice recognition experiment result)(III)

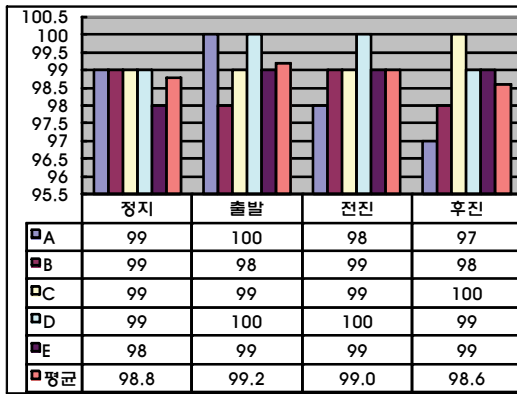


Fig. 7 Voice recognition experiment result(I)

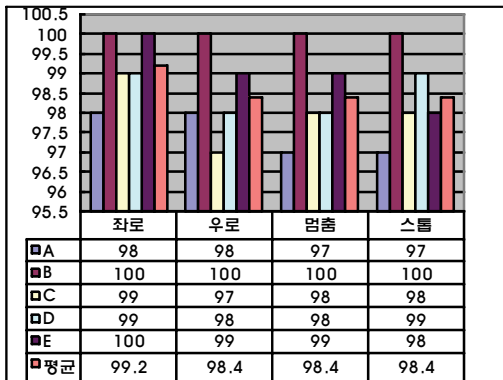


Fig. 8 Voice recognition experiment result)(II)

5. 결론

본 연구에서는 모바일 로봇의 주행제어를 위하여 음성인식 제어 기법을 적용한 실시간 자율주행 제어 실험에 대한 제어기법을 제안하였다. 그리고 모의성능실험을 통하여 신뢰성을 검증하였다. 또한 자율주행로봇의 시제품을 제작하여 음성인식 명령에 의한 모션제어 및 장애물회피 자율주행제어에 대한 성능을 실험을 통하여 그 신뢰성을 검증하였다.

음성명령에 의한 모바일 로봇의 주행성능 실험 결과는 평균적으로 98.6%의 성공률을 나타냄으로써 양호한 신뢰성을 보여줌으로서 제안된 기술의 현장적용 가능성을 확인하였다.

사 사

본 연구는 로봇융합산업원천기술실용화개발 사업 (10045252)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 이윤근, 박준, 김상훈, “음성인터페이스 기술,” 전자통신 동향분석, 제 20권 4호, pp. 38-48, 2005. 8.
- [2] Roe D. B. and Wilpon. J. G., “Whither Speech Recognition : The Next 25 Years,” IEEE Communications Magazine, Vol. 31, No. 11, pp. 54-62, November, 1993.
- [3] X. D. Huang, Y. Ariki, and M.A. Jack, hidden markov models for speechRecognition, Edinburgh University Press, Edinburgh, England, 1990.
- [4] J. J. Lee, H. J. Kim, “자율주행기술” Journal of the KSME, pp39-44, Nov, 2007.
- [5] Siverman H. F., and Morgan D.P, “The application of dynamic programming to connected .speech’ recognition,” IEEE Transactions on Acoustics,Speech, and Signal Processing Magazine, Vol. 7, pp. 6-25, July 1990.
- [6] Lippmann R. P., “An Introductionto computing with neural nets,” IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal processing Magazine, Vol. 4, pp. 4-22, Apr. 1987.
- [7] 진태석, “천장 전등패널 기반로봇의 주행오차 보정과 제어”,한국산업융합학회 논문집 제20권 2호 pp.89-95, 2017.
- [8] 류혜연, 정기민, 김만호, 이경창 “전기자동차용 Brake-By-Wire 시스템을 위한 전자식 브레이크 구현”,한국산업융합학회 논문집 제20권 4호 pp.313- 323, 2017.
- [9] 김진광, “생산자동화 시스템을 위한 산업용 로봇의 운전특성 시뮬레이션에 관한 연구”,한국 산업융합학회 논문집 제20권 5호,pp405-410, 2017.
- [10] 장성철, 권민수, “제어보드와 파워보드에 관한 발열성능 평가”, 한국산업융합학회 논문집 제 20권 2호,pp187-194, 2017.
- [11] 김한성, “위치-힘 동시제어를 위한 FT측정 기능을 갖는 6축 순응기구 설계”, 한국산업융합 학회 논문집 제21권 2호, pp63-70, 2018.
- [12] 진태석, “퍼지추론기반센서융합 이동로봇의 장애물 회피 주행기법”,한국산업융합학회 논문집 제21권 2호,pp95-101, 2018.

(접수: 2018.11.02. 수정: 2019.02.20. 게재확정: 2019.03.08.)