

모바일-매니플레이터 구조 로봇시스템의 안정한 모션제어에 관한연구

A Study on Stable Motion Control of Mobile-ManipulatorsRobot System

박문열^{1*}, 황원준², 박인만³, 강언욱⁴

Moon-Youl Park, Won-Jun Hwang, In-Man Park, Un-Wook Kang

〈Abstract〉

Since the world has changed to a society of 21st century high-tech industries, the modern people have become reluctant to work in a difficult and dirty environment. Therefore, unmanned technologies through robots are being demanded. Now days, effects such as voice, control, obstacle avoidance are being suggested, and especially, voice recognition technique that enables convenient interaction between human and machines is very important.

In this study, in order to conduct study on the stable motion control of the robot system that has mobile-manipulator structure and is voice command-based, kinetic interpretation and dynamic modeling of two-armed manipulator and three-wheel mobile robot were conducted. In addition, autonomous driving of three-wheel mobile robot and motion control system of two-armed manipulator were designed, and combined robot control through voice command was conducted.

For the performance experiment method, driving control and simulation mock experiment of manipulator that has two-armed structure was conducted, and for experiment of combined robot motion control which is voice command-based, through driving control, motion control of two-armed manipulator, and combined control based on voice command, experiment on stable motion control of voice command-based robot system that has mobile-manipulator structure was verified.

keywords : Mobile Robot, OMR, Manipulator

¹정회원, 교신저자, 경남대학교 첨단공학과
E-mail:pmy2626@naver.com

²정회원, (재)경남테크노파크, 과장

³정회원, (주)인템, 대표이사

⁴정회원, 유티트론, 대표이사

¹Dept. of Advanced Engineering, Kyungnam University.

²Section Chief, Gyeongnam Technopark Industrial Co., Ltd.

³CEO, Intem Co., Ltd.

⁴CEO, Ubtron Co., Ltd.

1. 서 론

21C 첨단산업사회로 변화하면서 현대 사람들은 어렵고, 힘들고, 더러운 환경에서의 근무를 꺼려하는 현상이 일어나고 있다.

본 연구에서는 음성명령기반 모바일-매니플레이터 구조 로봇시스템의 안정한 모션제어에 관한 연구를 수행하기 위하여 3휠 구동 모바일로봇 및 양팔구조 매니플레이터에 대한 기구학적 해석 및 동적모델링을 하였다, 또한 3휠 모바일로봇의 자율주행 및 양팔구조 매니플레이터의 모션 제어시스템을 설계하고, 음성명령에 의한 로봇통합제어를 하였다.

성능실험방법은 주행제어 및 양팔구조 매니플레이터의 시뮬레이션 모의실험을 수행하였고, 음성명령기반 로봇모션 통합제어 실험은 주행제어 및 양팔구조 매니플레이터의 모션제어와 음성명령기반 통합제어를 통하여 음성명령기반 모바일 매니플레이터 구조 로봇시스템의 안정한 모션제어에 대한 실험을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 동적모델링

본절에서는 OMR(Omnidirectional Mobile Robot) 즉, 전방향 주행형 로봇의 기하학적 구성을 제시한다. 전방향 주행형 로봇은 3개의 휠이 각각 120°로 구성되었고, 각 휠의 위치 벡터는 A_{c1}, A_{c2}, A_{c3} 으로 나타내었다.

2.1.1 3휠구동 모바일로봇의 기구학적 해석

본 절에서는 OMR(Omnidirectional Mobile Robot)의 동적모델링을 제시한다. 식 (2.1)은 회전행렬을 나타내며, θ 는 반시계 방향이다. 각 휠의 위치 벡터는 이동좌표계의 $A_{ci}(i=1,2,3)$ 로 표

현된다.

식 (2.2)~ 식 (2.3)은 I번째 휠 까지의 위치벡터인 A_{ci} 와 단위 회전 행렬인 $R(\theta)$ 를 OMR(Omnidirectional Mobile Robot)의 무게 중심에 대한 이동 좌표계로 나타낸 것이다.

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$$A_{c1} = L \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$A_{c2} = R\left(\frac{2\pi}{3}\right) \times A_{c1} = \frac{L}{2} \begin{bmatrix} -1 \\ \sqrt{3} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$A_{c3} = R\left(\frac{4\pi}{3}\right) \times A_{c1} = -\frac{L}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ \sqrt{3} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

I번째 휠에 대한 구동 방향 벡터 D_i 은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$D_i = \frac{1}{L} R\left(\frac{\pi}{2}\right) \times A_{ci} \quad (2.5)$$

$$D_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}; D_2 = -\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \sqrt{3} \\ 1 \end{bmatrix}; D_3 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \sqrt{3} \\ -1 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

휠의 선속도는 다음 식과 같다.

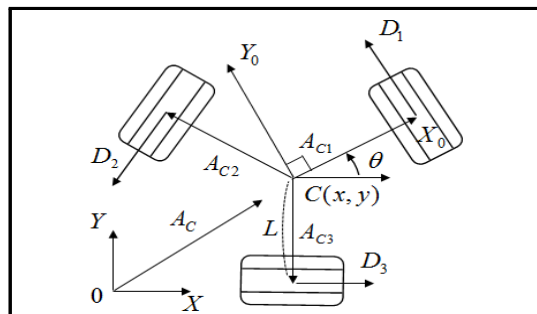


Fig. 2.1 Configuration for geometric model of the OMR

$$v_i = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\theta & \cos\theta & L \\ -\sin(\pi/3-\theta) - \cos(\pi/3-\theta)L \\ \sin(\pi/3+\theta) - \cos(\pi/3+\theta)L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

휠의 각속도 벡터는 다음 식과 같다.

$$w = \frac{1}{r} v_i \quad (2.8)$$

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{r} A \dot{q} \quad (2.9)$$

$$A = \begin{bmatrix} -\sin\theta & \cos\theta & L \\ -\sin(\pi/3-\theta) - \cos(\pi/3-\theta)L \\ \sin(\pi/3+\theta) - \cos(\pi/3+\theta)L \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

$$\dot{q} = rA^{-1}w \quad (2.11)$$

고정좌표계에서 OMR의 운동방정식은 다음 식과 같다.

$$\dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta - \sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = Mu \quad (2.12)$$

$$M = \begin{bmatrix} \cos\theta - \sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad u = [v_x \ v_y \ \dot{\theta}]^T \quad (2.13)$$

휠의 각속도 벡터와 고정좌표계에서 OMR의 운동방정식을 이용하여 다음 식을 구할 수가 있다.

$$w = \frac{1}{r} ABu \quad (2.14)$$

2.1.2 양팔구조 매니플레이터의 기구학적 해석 및 동적모델링

1) 순기구학

순기구학이란 로봇의 팔이 임의의 모션상태에 있을 때, 로봇 팔 엔드이펙터에 해당하는 손의 좌표값을 구하는 것으로, 일반적으로 동차행렬들의 곱을 이용하여 구할 수 있다.

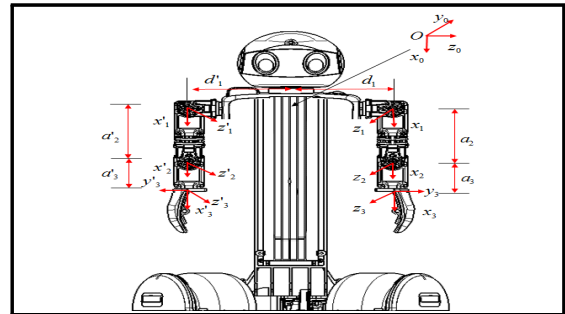


Fig. 2.2 Modeling of Dual-arm robot.

본 논문에서 사용된 매니플레이터의 기구학적 구조는 Fig 2.2와 같다. Table 2.1은 D-H 파라미터를 나타낸다. α_i 는 조인트 축사이에 비틀림 각도, a_i 는 링크의 길이, d_i 는 링크 사이 거리, θ_i 는 링크의 각도이다.

Table 2.1 D-H parameter table

관절	α_i	a_i	d_i	θ_i
1	$\pi/2$	0	d_1	θ_1
2	0	a_2	0	θ_2
3	0	a_3	0	θ_3

Table 2.1를 이용하여 각 링크들의 동차변환 행렬을 구하면 다음과 같다.

$${}^0A_1 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & 0 & \sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & 0 & -\cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

$${}^1A_2 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2) & -\sin(\theta_2) & 0 & a_2\cos(\theta_2) \\ \sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 & a_2\sin(\theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

$${}^2A_3 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 & a_3\cos(\theta_3) \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 & a_3\sin(\theta_3) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

2) 역기구학

역기구학이란 매니퓰레이터 말단부의 위치와 자세가 주어질 경우 이에 대응하는 관절의 회전 각을 결정하는 과정을 말한다. 여기서 θ_1 을 구하기 위해서 먼저 다음과 같은 등식을 나타내었다.

$${}^1T_3 = {}^0A_1^{-1} \cdot {}^0T_3 = {}^1A_2 \cdot {}^2A_3 = {}^1A_3 \quad (2.18)$$

여기에서 ${}^1T_3 = {}^1A_3$ 등식이 성립하기 때문에 다음과 같은 방법으로 θ_1 을 구할 수가 있다.

$$\begin{aligned} {}^1T_3(3,4) &= {}^1A_3(3,4) \\ q_x \sin\theta_1 - q_y \cos\theta_1 &= 0 \\ q_x \sin\theta_1 &= q_y \cos\theta_1 \\ \frac{\sin\theta_1}{\cos\theta_1} &= \frac{q_y}{q_x} = \tan\theta_1 \\ \therefore \theta_1 &= \tan^{-1}\left(\frac{q_y}{q_x}\right) \end{aligned} \quad (2.19)$$

앞에서와 같이 유사한 방법으로 θ_3 를 구해보면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$${}^1T_3(1,4)^2 + {}^1T_3(2,4)^2 = {}^1A_3(1,4)^2 + {}^1A_3(2,4)^2 \quad (2.20)$$

위의 식을 풀이해보면 다음 식 (2.21)같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} & q_x^2 \cos^2\theta_1 + q_y^2 \sin^2\theta_1 + 2q_x q_y \cos\theta_1 \sin\theta_1 + q_z^2 + d_1^2 - 2q_z d_1 \\ &= a_3^2 \cos^2\theta_{23} + a_2^2 \cos^2\theta_2 + 2a_2 a_3 \cos\theta_2 \cos\theta_{23} + a_3^2 \sin^2\theta_{23} + a_2^2 \sin^2\theta_2 + 2a_2 a_3 \sin\theta_2 \sin\theta_{23} \\ &= a_2^2 + a_3^2 + 2a_2 a_3 \cos(\theta_{23} - \theta_2) \\ &= a_2^2 + a_3^2 + 2a_2 a_3 \cos\theta_3 \\ \therefore \theta_3 &= \cos^{-1}\left(\frac{q_x^2 \cos^2\theta_1 + q_y^2 \sin^2\theta_1 + 2q_x q_y \cos\theta_1 \sin\theta_1 + q_z^2 + d_1^2 - 2q_z d_1 - a_2^2 - a_3^2}{2a_2 a_3}\right) \end{aligned} \quad (2.21)$$

여기서 θ_2 를 구하면

$$\begin{aligned} \sin\theta_{23} &= \sin\theta_2 \cos\theta_3 + \cos\theta_2 \sin\theta_3 = u_2 \\ \cos\theta_{23} &= \cos\theta_2 \cos\theta_3 - \sin\theta_2 \sin\theta_3 = v_2 \\ &= -\sin\theta_2 \sin\theta_3 + \cos\theta_2 \cos\theta_3 = v_2 \end{aligned} \quad (2.22)$$

위에 식을 다음과 같이 나타 낼 수 있으며, 최종적으로 θ_2 는 식 (2.24)에 나타나 있다.

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & \sin\theta_3 \\ -\sin\theta_3 & \cos\theta_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sin\theta_2 \\ \cos\theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_z \\ v_z \end{bmatrix} \\ & \begin{bmatrix} \sin\theta_2 \\ \cos\theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & \sin\theta_3 \\ -\sin\theta_3 & \cos\theta_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} u_z \\ v_z \end{bmatrix} \\ & = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & -\sin\theta_3 \\ \sin\theta_3 & \cos\theta_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_z \\ v_z \end{bmatrix} \\ & = \begin{bmatrix} u_z \cos\theta_3 - v_z \sin\theta_3 \\ u_z \sin\theta_3 + v_z \cos\theta_3 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned} \sin\theta_2 &= u_z \cos\theta_3 - v_z \sin\theta_3 \\ \cos\theta_2 &= u_z \sin\theta_3 + v_z \cos\theta_3 \\ \therefore \theta_2 &= \text{Atan2}(\sin\theta_2, \cos\theta_2) \end{aligned} \quad (2.24)$$

2.2 제어시스템 설계

2.2.1 3휠 모바일로봇의 자율주행

본 논문에서는 제어원리 및 기본구조가 2개의 퍼지제어기로 구성되었고, 여기서 고려된 제어시스템은 다입력 다출력으로, 입력으로써 $\delta_v, \delta_\theta, \dot{\delta}_v, \dot{\delta}_\theta$ 와 추론 출력으로써 τ_r, τ_l 을 갖는다. Fig 2.3 은 퍼지제어기의 구조이며, τ_v 는 로봇의 속도 측정을 이용하여 로봇 속도를 제어하기 위하여 요구되는 토크이고, τ_θ 는 로봇의 방향각 측정을 이용하여 로봇 방향각을 제어하기 위하여 요구되는 토크이다.

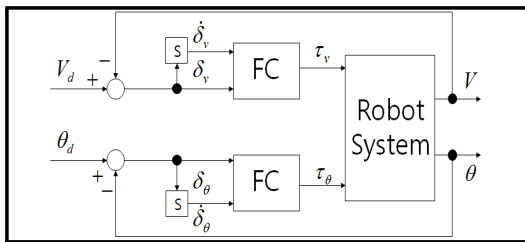


Fig. 2.3 The global scheme of fuzzy controller.

Fig. 2.4는 위치 제어와 방향각 제어를 위해 퍼지 제어기를 사용하여 구현한 것으로 제어기의 블록선도를 나타낸 것이다.

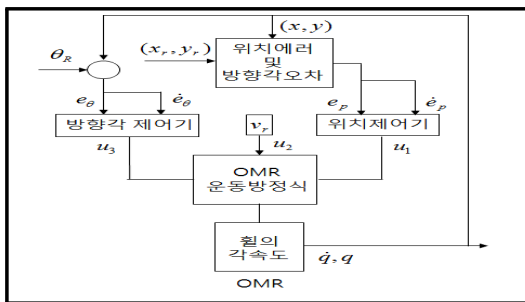


Fig 2.4 Block diagram of controller

제어시스템은 위치제어기와 방향각 제어기를 포함하고 있으며, 위치 제어기의 입력은 위치 오차 e_p 와 \dot{e}_p 이다. 출력은 OMR(Omnidirectional

Mobile Robot)의 수평 속도 v_x 이다. 방향각 제어기의 입력은 방향각 오차 e_θ 와 \dot{e}_θ 이며, 출력은 각 속도 $\dot{\theta}$ 이다.

2.2.2 양팔구조 매니플레이터의 모션제어

1) 반복 학습제어 알고리즘

일정한 동작을 효율적으로 구현하기 위해서 반복 학습제어를 도입하였고, 식 (2.41)과 같은 선형 시불변 시스템을 대상으로 하면

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t), x(0) = \zeta^0 \\ y(t) &= Cx(t) + Du(t) \end{aligned} \tag{2.25}$$

x 는 $(n \times 1)$ 의 상태 벡터, u 는 $(p \times 1)$ 의 제어 벡터, y 는 $(m \times 1)$ 의 출력 벡터이며, A, B, C, D 는 적절한 차원을 갖는 상수 행렬들이다. 우리가 얻고자 하는 목표 출력 경로를 $y_d(t), 0 \leq t \leq T$ 라 하고, 허용오차 범위를 $\epsilon^* > 0$ 이라 할 때 목표는 시스템 파라미터 A, B, C, D 의 값을 모를 때 선형시스템 식 (2.25)의 출력 $y(t)$ 가 다음 식(2.26)과 같은 조건을 만족시키도록 하는 제어 입력 $u(t), 0 \leq t \leq T$ 를 구하는 것이다.

$$E(y(t)) = \|y_d(t) - y(t)\| \leq \epsilon^*, 0 \leq t \leq T \tag{2.26}$$

경로추적 문제는 시스템에 대한 동특성을 알지 못하기 때문에, 그것을 해결하기 위한 방법으로 식 (2.27)와 같이 귀환을 갖는 2차 반복 학습제어 알고리즘을 제안한다.

$$u_{k+1}(t) = P_1 u_k(t) + P_2 u_{k-1}(t) + Q_1 e_k(t) + Q_2 e_{k-1}(t) + R e_{k+1}(t) \tag{2.27}$$

여기에서 $e_k(t) = y_d(t) - y_k(t)$ 이며, 시간 t 를 고정시켜 놓고 생각할 경우 반복 번호 k 에 대하여 2

차 이산방정식 형태를 갖추고 있기 때문에 2차 반복학습제어 알고리즘이라고 한다. Fig 2.12는 식(2.27)의 궤환을 갖는 2차 반복 학습제어 알고리즘의 구조를 나타내고 있다.

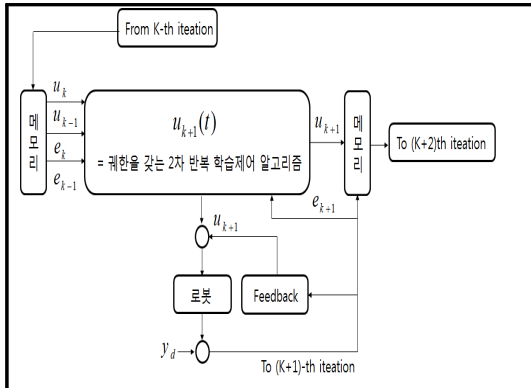


Fig. 2.5 The structure of the second iterative learning controller having a feedback

2.2.3 음성명령에 의한 로봇통합제어

1) 음성인식제어시스템 구성

Fig 2.6은 로봇을 통합제어하는 전체시스템의 구성도를 나타낸다. 사람의 목소리를 입력하면, 소스로부터 음성부분만을 검출한다. 이 부분이 음성 인식의 성능에 큰 영향을 미치는 부분이라 할 수 있다. 검출한 이후에는 그 음성의 특징을 추출하고 추출된 특징을 이용해서 음성인식을 수행한다. 그 다음 인식한 명령어를 OMR(Omnidirectional Mobile Robot)에 전달하여 로봇을 제어한다.

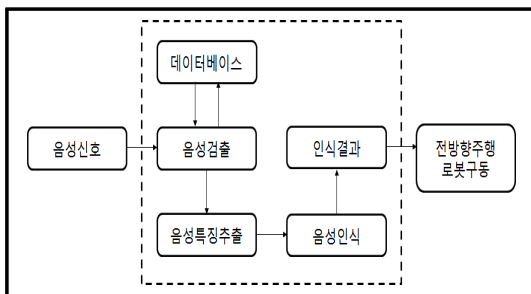


Fig. 2.6 Structure of Speech recognition.

(2) 음성인식기

DTW는 시간순서상에 여러개의 연속적인 데이터를 각각 비교하여 그 두 종류의 데이터가 얼마나 유사한가를 판별해 내는 알고리즘이다. 장점은 기존 음성신호의 특징벡터와 입력신호의 특징벡터와의 벡터연산으로 유사도를 측정하는 것으로 소규모 어휘에서는 인식률이 높다. 그러나 단어수가 증가하면 계산량이 상당히 방대하고 융통성이 부족해 고립 단어 인식 이외에는 적용하기 어려운 단점이 있다. Fig 2.7은 와핑함수 F에 의해 두 패턴 A, B를 정합시키는 과정을 나타낸 것이다.

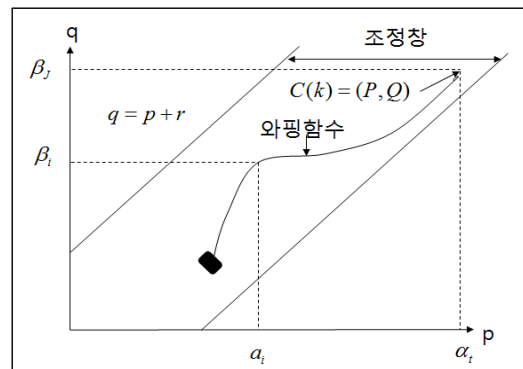


Fig 2.7 Warping Functions and Adjustment window

3. 성능실험 및 고찰

3.1 주행제어 시뮬레이션 모의실험

Fig 3.1은 제안된 FC(Fuzzy Controller)제어기의 속도궤적추적 성능 실험 결과를 나타내고 있다. 성능실험결과 최대 오버슈트량은 약 0.38 (m/s)를 나타내고, 정착시간(setting time)은 약 0.3초를 나타내고 있다. 두가지 속도기준궤적에 대한 추적성능이 매우 양호함을 보여주고 있다. Fig 3.2는 제안된 FC(Fuzzy Controller)의 방향

각계적추적 성능 실험 결과를 나타내고 있다. 성능실험결과 최대 오버슈트량은 약 0.008(rad)를 나타내고, 정착시간(settling time)은 약 0.4초를 나타내고 있다. 두가지 방향각기준궤적에 대한 추적성능이 매우 양호함을 보여주고 있다.

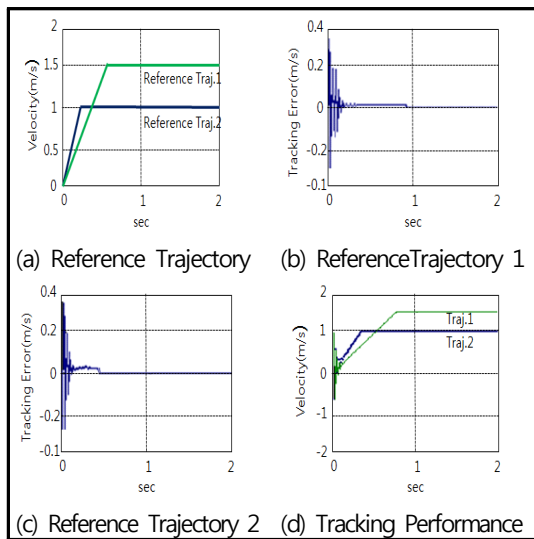


Fig. 3.1 Control performance of the FC controller for the variation of the velocity trajectory

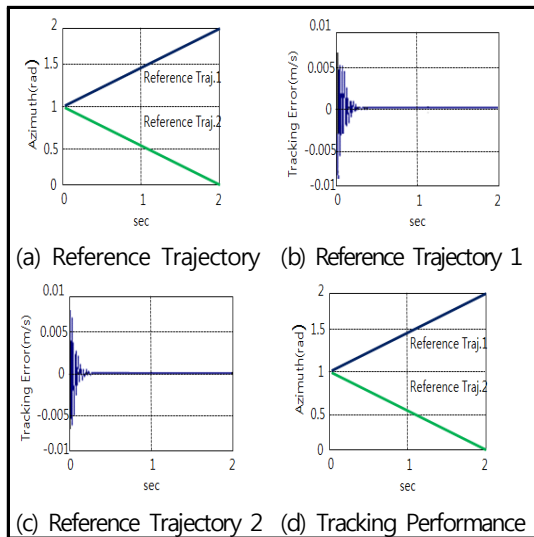


Fig. 3.2 Control performance of the FC controller for the variation of the azimuth trajectory

Fig. 3.3은 사각형 모양을 한 목표 경로를 로봇이 주행하는 실험결과를 시뮬레이션값과 비교하여 나타낸다. 로봇이 목표 경로를 잘 추적하고 있음을 보여준다.

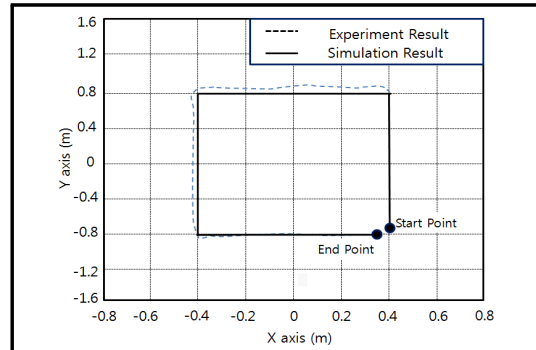


Fig 3.3 Trajectory tracking

Fig. 3.4는 로봇의 위치 오차에 대한 실험결과를 보여준다. 주행을 시작하고 약 5초까지 최대 3.2mm의 오차가 생겼지만 나중에는 $\pm 1mm$ 이내의 오차로 추적하고 있음을 알 수 있다.

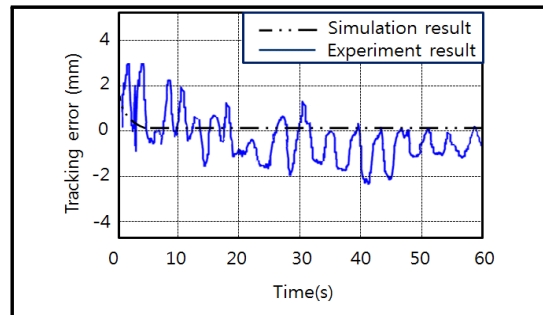


Fig 3.4 Position error of Trajectory tracking

Fig. 3.5는 로봇의 방향각 오차에 대한 실험결과를 보여준다. 로봇이 주행하고 약 28초까지 $\pm 0.23^\circ$ 이내의 오차를 보이지만, 40초 이후부터 $\pm 0.1^\circ$ 이하로 수렴하는 것을 볼 수 있다.

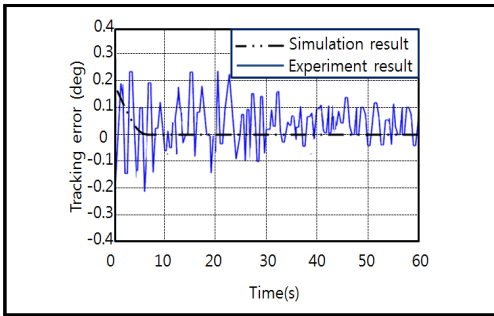


Fig 3.5 Orientation angle error of Trajectory tracking

3.2 양팔구조 매니플레이터의 시뮬레이션 모의실험

Table 3.1은 모의실험에서 사용된 로봇 양팔구조 매니플레이터의 규격이고, Table 3.2는 Table 3.1의 값들을 이용해서 실제 파라미터 값을 계산하여 구한 데이터 값이다.

Fig 3.6에서 Fig. 3.15까지는 제안된 반복학습 알고리즘 모의실험 결과를 각각 1번째, 10번째, 30번째 작업 동작에서 추출하여 그래프로 나타낸 것이다.

Table 3.1 Specification of the robot manipulator arms structure

항목	세부사양
m_1	0.06Kg
m_2	0.04Kg
l_1	0.58m
l_2	0.44m
l_{c1}	0.29m
l_{c2}	0.22m
I_1	0.0006kgm ²
I_2	0.0004kgm ²

Table 3.2 Actual calculated parameter value

항목	세부사양
θ_1	0.138
θ_2	0.005
θ_3	0.002
θ_4	0.398
θ_5	0.08

Fig 3.6, Fig 3.7, Fig. 3.8, Fig. 3.9, Fig. 3.10, Fig. 3.11로부터 반복 횟수가 증가함에 따라 조인트 위치와 속도 오차는 0으로 수렴하는 것을 알 수 있다.

또한, Fig 3.8, Fig 3.11, Fig 3.14는 파라미터 추정 오차 또한 반복 횟수가 증가함에 따라 0으로 수렴하는 것을 알 수 있다. Fig 3.13은 파라미터 추정 오차에 대한 성능 지수 w 의 값을 반복 횟수에 따라 나타낸 것이다.

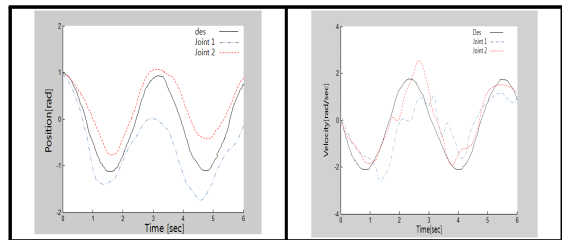


Fig. 3.6 Joint position at the 1st iteration

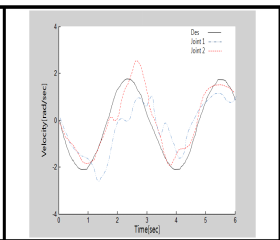


Fig. 3.7 Joint velocity at the 1st iteration

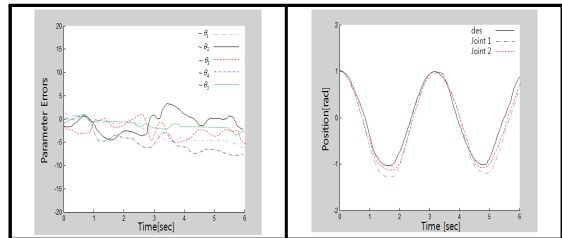


Fig.3.8 Parameter errors at the 1st iteration

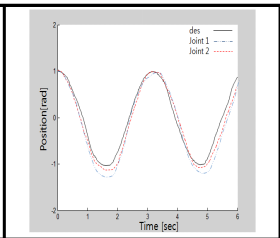


Fig. 3.9 Joint position at the 10th iteration

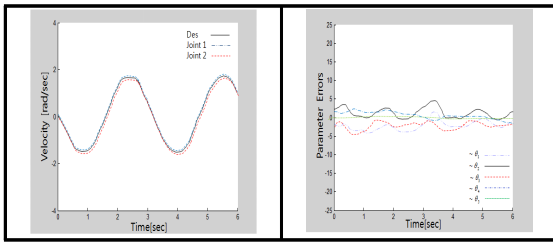


Fig. 3.10 Joint velocity at the 10th iteration

Fig. 3.11 Parameter errors at the 10th iteration

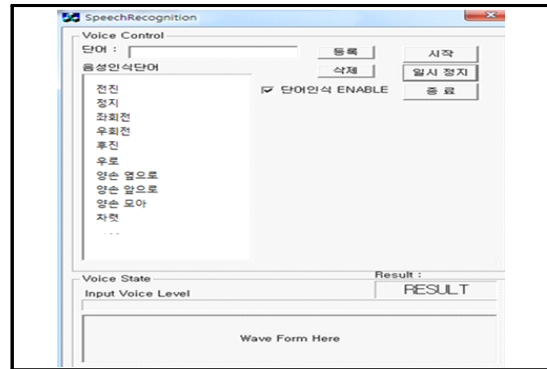


Fig. 3.16 The menu of voice recognition

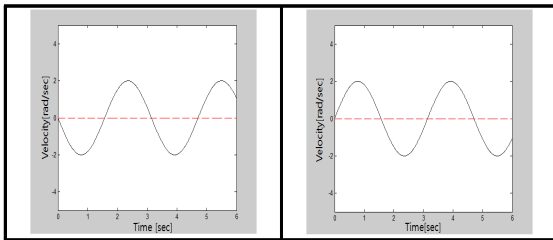


Fig. 3.12 Joint Position at the 30th iteration

Fig. 3.13 Joint velocity at the 30th iteration

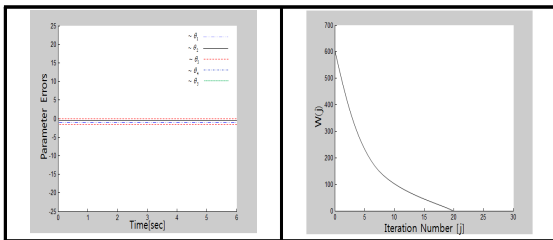


Fig. 3.14 Parameter errors at the 30th iteration

Fig. 3.15 Parameter estimation error performance index

3.3.2 성능실험 방법

음성인식실험의 인식을 테스트를 위하여 학생 2명을 대상으로 Table 3.11에서 제시한 10개의 명령어를 각각 30번씩 발성하여 실험 결과를 분석 평가하였다.

Table 3.3 Voice recognition words

실험차수	명령어	실험차수	명령어
1차	진진	... 30차	진진
	정지		정지
	좌회전		좌회전
	우회전		우회전
	후진		후진
	우로		우로
	양손옆으로		양손옆으로
	양손앞으로		양손앞으로
	양손 모아		양손 모아
	차렷		차렷

3.3 음성명령기반 통합제어 실험 방법

3.3.1 음성명령 제어방식

- PC기반 음성 S/W 명령어 지령
- 화자독립방식에 의한 음성명령에 의한 주행제어

3.3.3 음성인식에 의한 자율주행 이동로봇의 실험 결과

음성명령기반 로봇모션 통합제어 음성인식 결과는 평균적으로 90%의 높은 음성결과를 나타내고 있다. 하지만 실험결과 시 실험실에서 주변 노이즈가 없는 상황에서 실험을 진행하였기 때문에 노이즈 있을 시 향후 연구가 필요 할 것으로 생각된다.

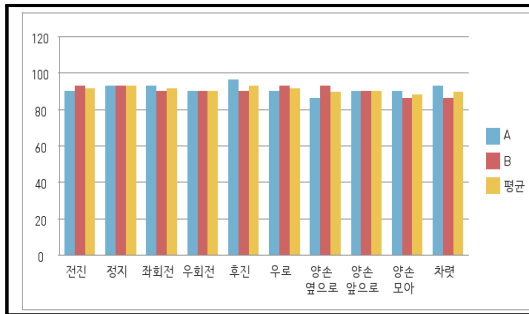


Fig 3.4 Graph Voice recognition experiment result

4. 결론

본 연구에서는 음성명령기반 모바일-매니퓰레이터 구조 로봇시스템의 안정한 모션제어에 관한 연구를 수행하였다. 3휠구동 모바일로봇의 동적모델링과 양팔구조 매니퓰레이터의 기구학적 해석 및 동적모델링을 하였다. 주행제어 시뮬레이션 한 결과 속도궤적추적 성능실험에서 최대 오버슈트량은 0.38(m/s)를 나타내었고 정착시간은 약 0.3초를 나타내었다. 또한 방향각궤적추적 성능 실험에서 최대 오버슈트량은 0.008(rad)를 나타내고, 정착시간은 약 0.4초를 나타내었다. 또한, 양팔구조 매니퓰레이터의 모션제어실험은 모의실험결과 반복 횟수가 증가함에 따라 조인트 위치와 속도 오차는 0으로 수렴하는 것을 알 수가 있었고, 파라미터 추정 오차 또한 반복 횟수가 증가함에 따라 0으로 수렴하는 것을 알 수 있었다. 음성명령기반 로봇모션 통합제어 성능실험의 실험결과는 평균 약 90%의 비교적 높은 음성인식 결과가 나왔다.

참고문헌

- 1) 최준영, “불확실한 로봇 시스템을 위한 적응 반복 학습제어 및 식별”, 제어·자동화·시스템공학 논문지 제 10권 제 5호, pp, 395-401, 2004.5
- 2) 손준배, Multiple Object Handling Operation 을 위한 양팔 로봇의 최적자세, 부산대학교 공학석사학위논문, 2012.
- 3) 박유미, 3륜 전방향 주행형 로봇의 곡선경로 추적제어에 관한 연구, 부경대학교 공학석사학위논문, 2013

(접수:2014.09.01. 수정:2014.09.09. 게재확정:2014.09.15.)