

제스처 할당 모드를 이용한 마리오네트 조정 시스템

Marionette Control System using Gesture Mode Change

천 경 민, 광 수 희, 류 근 호*
(Kyeong-Min Cheon¹, Su Hui Kwak², and Keun-Ho Rew^{2,*})

¹Department of Nanobionics, Hoseo University

²Department of Robotic Engineering, Hoseo University

Abstract: In this paper, a marionette control system using wrist and finger gestures through an IMU sensor is studied. The signals from the sensor device are conditioned and recognized, then the commands are sent to the 8 motors of the marionette via Bluetooth (5 motors control the motion of the marionette, and 3 motors control the location of the marionette). It is revealed that the degree of freedom of fingers are not independent from each other, therefore, some gestures are hardly made. Gesture mode changes for difficult postures of the fingers in cases of a lack of finger DOF are proposed. Therefore, the gesture mode change switches the assignment of gesture as required. Experimental results show that gesture mode change is successful for appropriate postures of a marionette.

Keywords: marionette control system, motion control, gesture recognition, HRI, HCI, IMU (Inertial Measurement Unit), gesture mode change

I. 서론

꼭두각시 혹은 마리오네트(marionette)는 인간의 유희을 위해 오래 전부터 사용되어 왔다. 수동식 마리오네트 조종 시스템은 실로 연결된 마리오네트를 전문가가 수동으로 조종한다. 마리오네트 조종기는 그림 1과 같이 매우 다양하다. 수동식 조종기는 수직 조종기와 수평 조종기를 널리 사용된다. 19세기 초 독일, 영국에서 표준이 된 수직 조종기(그림 1(a))는 손잡이에 연결된 수평 막대가 인형의 머리, 손 등이 실로 연결되어 있고 맨 위 막대는 다리와 연결되어 있다. 20세기 초 미국에서 확산된 수평 조종기(그림 1(b))는 수평 손잡이에 수직 막대가 연결되어 있고 이 막대에 실이 연결되어 있다. 각도 조종기(그림 1(c))는 가운데 막대가 기울어져 있고 가운데 수평 막대가 중앙 막대의 중심점 역할을 해준다. 머리 부분은 꼭대기에 위치한 수평 막대에 연결되어 있고, 어깨 부분은 가운데 수평막대 뒷부분에 연결되어 있다. 마지막으로 패들 조종기(그림 1(d))는 Dwiggins에 의해 개발된 6인치 정도의 소형 조종기이다. 기존 마리오네트 수동 조종 시스템은 그림 1(e)-(f)와 같이 조종기를 움직이거나 실을 당겨서 인형을 동작시킨다. 그림 1(f)는 마리오네트가 걷는 모습이다.

마리오네트에게 복잡하고 섬세한 동작을 시키기 위해서는 장인의 정교하고 빠른 손놀림이 필요하기 때문에 일반

인이 마리오네트를 조종하는 데에는 어려움이 있어 왔다. 이와 관련된 마리오네트에 관한 연구는 사람의 제스처 동작을 영상으로 캡처한 뒤, 컴퓨터의 3D 모델링과 연결하여 마리오네트를 조종하거나[9,13,15], 조이스틱을 사용하여 마리오네트를 조종하는 연구가 있다[11,14]. 또, 온 몸에 광섬유

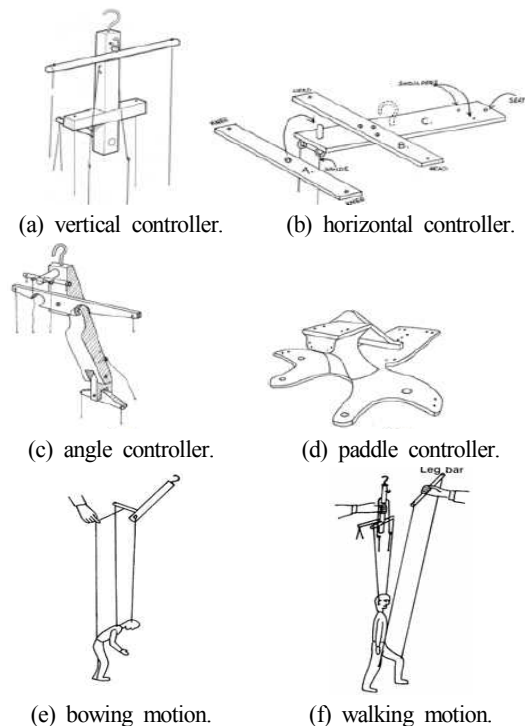


그림 1. 마리오네트 조종기 및 동작[10].

Fig. 1. Marionette controllers and motions [10].

* Corresponding Author

Manuscript received September 30, 2014 / revised October 20, 2014 / accepted December 12, 2014

천경민: 호서대학교 나노바이오로닉스학과(pigroom1@nate.com)

광수희, 류근호: 호서대학교 로봇자동화전공

(kwaksuhui@hanmail.net/khrew@hoseo.edu)

* 본 논문은 호서대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구하였음 (과제번호 2013-0316).

센서를 장착하여 마리오네트를 조종하는 연구도 있다[12].

마리오네트 인형을 조종하기 위한 기존의 제스처 인식에 관한 연구는 모션 센서를 사용하는 연구가 있다[1,2,4-6,8]. 이와 동시에 손가락을 포함한 제스처 인식 연구는 영상을 이용하거나[16,17], 모션 센서를 이용한 연구가 있다[7]. 또, 제스처를 이용하여 사물을 조종한 연구도 있다[3].

본 논문에서는 사람 손목과 손가락의 제스처를 IMU (Inertial Measurement Unit) 센서로 감지하고 무선으로 모터에 송신하여 마리오네트의 다양한 모션을 생성하려는 연구를 수행하였다. 마리오네트 자동조정을 할 때의 어려움을 찾아냈고 해결방안을 제시하였다.

II. 마리오네트 제스처 시스템

1. 시스템 구성

본 논문에 사용되는 하드웨어는 2가지이다. 모터를 사용한 마리오네트와 제스처로 제어하는 조종기이다.

1.1 마리오네트

마리오네트 구동 모터는 AX-12A 5개와 상대적으로 힘이 센 MX-28 3개 등 총 8개를 사용한다. AX-12A 모터는 마리오네트의 양팔과 양다리 그리고 머리를 각각 제어하는데 사용하고 MX-28 모터는 마리오네트의 위치를 3자유도로 이동시키는데 사용한다. 표 1은 AX-12A와 MX-28 모터의 사양을 나타낸다.

마리오네트의 제어기는 ARM 계열 Cortex-M3인 STM32F103CB가 장착된 OpenCM9.04 제어기를 사용한다. 조종기와 무선으로 통신하기 위해 블루투스 2.0인 BT-110A를 사용한다. 유효 통신 거리가 10 m, 통신 속도는 57600 bps이다.

표 1. 사용된 모터들의 사양.

Table 1. Specification of used motors.

품명	AX-12A	MX-28
무게	54.6g	72g
사용 전압	9V~12V	10V~14.8V
제어 각도	0°~300° (0~1023)	0°~360° (0~4095)
최소 제어각	0.29°	0.088°
무부하 속도	59rpm (at 12V)	55rpm (at 12V)
토크(Torque)	0.3N.m (at 12V)	0.5N.m (at 12V)

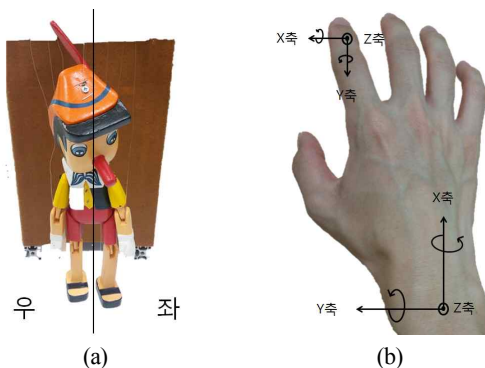


그림 2. 마리오네트 및 센서들의 좌표계.

Fig. 2. Coordinate system of marionette and sensors.

그림 2는 마리오네트의 좌표와 손목 및 손가락의 좌표를 보여준다.

1.2 조종기

조종기는 마리오네트를 제어하는 기기로서, 5개의 반지 조종기와 1개의 팔찌 조종기로 구성되어 있다. 반지 조종기는 각 손가락의 첫 번째 마디에 끼쳐 손가락의 굽힘 제스처를 인식한다. 손가락의 첫째 마디는 나머지 마디보다 움직임이 크고, 미세하고 움직일 수 있어서 제스처를 인식하기 쉽기에 여기에 손가락 조종기를 장착하였다. 팔찌 조종기는 손목에 장착하여 손목 제스처를 인식한다.

손목과 손가락의 제스처 인식은 모두 표 2의 6축 모션 센서를 사용했다. MPU-6050 센서는 xyz 3축 가속도와 xyz 회전축을 따라 3축의 회전속도를 측정할 수 있으며, 가속도 범위와 자이로 범위를 선택 사용할 수 있다. 본 논문에서는 가속도 및 각속도의 범위를 ±2g, ±250°/sec으로 사용했다[8].

센서에서 읽은 신호는 2가지 제어를 통해 무선통신으로 보내진다. 반지 제어기는 ATmega32u4가 장착된 초소형 (20×18×2mm) Arduino Beetle을 사용했고, 팔찌 제어기는 ATmega328이 장착된 Arduino pro mini 3.3V를 사용했다. 팔찌 조종기에서는 블루투스 FB155BC를 사용하여 명령을 BT-110A에 보낸다. 그림 3은 본 논문에서 제안하는 마리오네트 조종 시스템의 신호 흐름이다.

2. 제스처 인식 과정

표 3은 마리오네트 각 부위를 조정하는 모터 설정 값들이다. 각 모터에 제한 각도를 설정한 이유는 마리오네트에 필요이상의 움직임을 방지하기 위함이다. MX-28 모터는 무

표 2. 모션 센서 제원.

Table 2. Specification of motion sensor.

모델 번호	MPU-6050
사용 전압	2.375~3.46V
가속도 범위	±2 (±4, ±8, ±16) g
자이로 범위	±250 (±500, ±1000 ±2000) °/sec
회전당 분해능	±32767(=2 ¹⁵ -1)
외형 크기	15×20×2.5mm

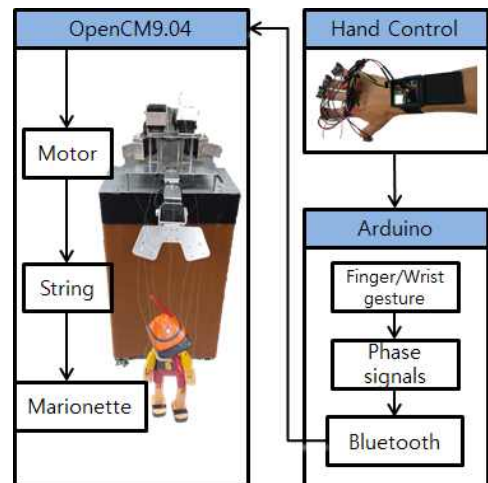


그림 3. 마리오네트의 제스처 제어 시스템의 흐름도.

Fig. 3. Flow chart of marionette gesture control system.

표 3. 각 모터의 부위별 설정.

Table 3. Configuration of each motor for marionette.

모터 종류	제어 범위 (value)	제어 대상	속도(rpm)
AX -12A	12 ~ 182	머리	33.33
	307 ~ 752	왼팔	
	357 ~ 792	오른팔	
	312 ~ 702	왼발	
	312 ~ 632	오른발	
MX -28	1973 ~ 2673	큰 회전	5.7
	1418 ~ 2198	작은 회전	
	1950 ~ 2683	점프	

거운 마리오네트 몸체의 위치를 제어하고, 마리오네트 사이에 연결된 실이 꼬일 수도 있어서 천천히 제어했다.

반지 조종기는 엄지손가락부터 계지(새끼)손가락까지 하나씩 있다. 손가락 제스처 인식 과정은 다음과 같다. 손가락이 움직일 때, 손가락 첫 마디에 붙어있는 MPU-6050 센서에서 3축 가속도와 3축 자이로의 데이터가 발생한다. 측정된 자이로 데이터에 잡음을 제거하고 측정 주기를 곱해준다. 자이로 데이터의 단위는 %sec이기 때문에, 측정 주기를 곱해주면 움직인 각도가 나온다. 구해진 각도는 이전 주기에 구한 각도 값에 더해준다. gyroX와 GyroY는 측정된 자이로 데이터, bias는 잡음, GX와 GY는 각각 자이로를 통해 구해진 X축과 Y축의 회전 각도이다. P(Pitch)와 R(Roll)은 칼만필터를 거친 X축 회전각도와 Y축 회전 각도이다.

$$\begin{aligned} GX_k &= P_{k-1} + (gyroX_k - bias_k)dt \\ GY_k &= R_{k-1} + (gyroY_k - bias_k)dt \end{aligned} \quad (1)$$

가속도 데이터는 항상 중력 가속도가 작용하는 Z축을 통해 X축과 Y축의 기울기를 구할 수 있다. accX, accY, accZ는 측정된 가속도 데이터이고, AX와 AY는 각각 X축과 Y축의 회전 각도이다[5].

$$\begin{aligned} AX_k &= \arctan\left(\frac{accY_k}{accZ_k}\right) \\ AY_k &= \arctan\left(\frac{accX_k}{accZ_k}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

가속도 데이터와 자이로 데이터를 통해 구해진 각도를 칼만필터를 거쳐 제스처를 인식하는데 사용할 각도를 구한다. K는 칼만계인이다.

$$\begin{aligned} P_k &= GX_k + K_k(AX_k - GX_k) \\ R_k &= GY_k + K_k(AY_k - GY_k) \end{aligned} \quad (3)$$

칼만필터를 통해 구해진 각도는 제스처를 인식하는데 사용된다. 반지 조종기는 굽힘에 대해 1자유도만 인식한다.

팔찌 조종기도 위 식 (1)~(3)의 방법으로 손목 회전 각도를 구하여 손목의 위치를 추정하고 이 위치로 손목 제스처를 인식한다. 팔찌 조종기는 마리오네트의 평면 및 높이 방향 위치 등 3 자유도를 인식한다. 팔찌형태의 조종기에서 인식하는 제스처는 5가지로서 손목을 위로 움직이는 제스처 인식, 손목을 오른쪽과 왼쪽으로 비튼 제스처 인식, 손목을 아래에서 오른쪽과 왼쪽으로 비튼 제스처 인식이다.

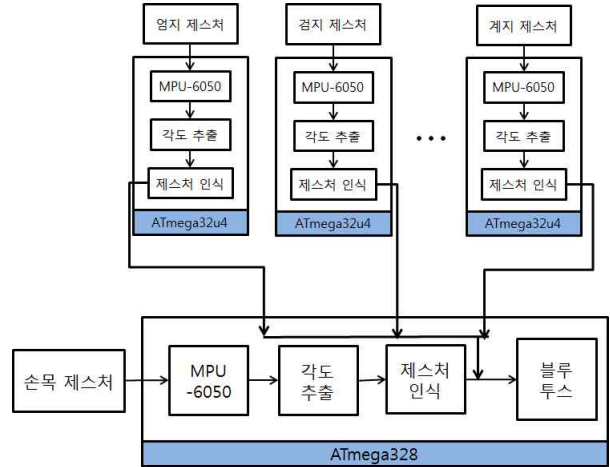


그림 4. 제스처 센서들의 신호 흐름도.

Fig. 4. Signal flow of gesture sensors.

그림 4는 제스처 센서들의 신호 흐름도이다. 각 손가락의 반지 조종기에서 손가락의 제스처를 인식하고, 이를 5:1 시리얼통신으로 팔찌 조종기에 데이터를 전송한다. 팔찌 조종기는 모든 데이터를 마리오네트에 전송한다.

3. 마리오네트 제어

그림 5(a)~(c), 표 4는 손가락 5개를 마리오네트의 인체 각 부위와 대응하여 제어하는 모습을 보여준다. 중지와 대응하는 부위는 머리이고, 약지와 대응하는 부위는 오른손이었다. 약지는 계지와 연동이 되려는 경향이 강해서 5개의 손가락 중에 가장 자유도가 떨어지는 반면 중지는 상대적으로 자유도가 높은 편에 속한다. 머리 부위보다 오른손 부위가 상대적으로 자유도가 필요하기 때문에 중지와 약지의 역할을 바꿨다.

그림 5(d)~(f), 표 5는 팔찌형태 조종기의 제스처에 따른 마리오네트의 위치 움직임을 설명하고 있다.

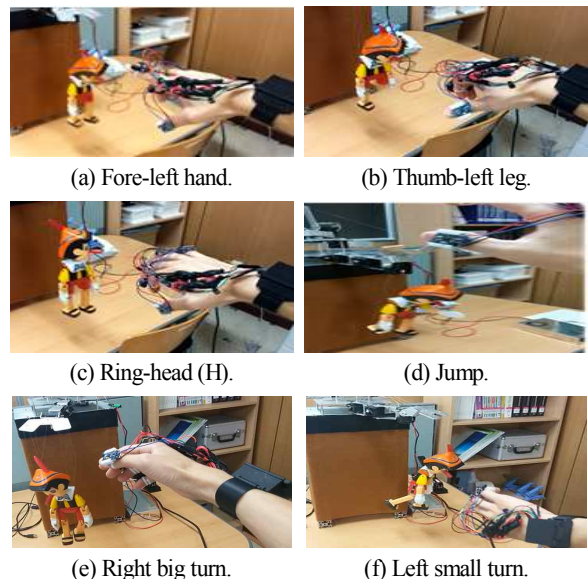


그림 5. 제스처별 마리오네트 제어.

Fig. 5. Gesture control of marionette.

표 4. 손가락 제스처에 의한 마리오네트 모션 제어 방법.

Table 4. Marionette motion control and finger gesture relationship.

반지 센서	손가락 제스처	마리오네트 부위	마리오네트 움직임
약지	펼	머리	올라감
	굽힘		내려감
검지	펼	왼손	올라감
	굽힘		내려감
중지	펼	오른손	올라감
	굽힘		내려감
엄지	펼	왼발	올라감
	굽힘		내려감
계지	펼	오른발	올라감
	굽힘		내려감

표 5. 손목 제스처에 의한 마리오네트 위치 제어 방법.

Table 5. Marionette location control method through wrist band sensor.

마리오네트 위치	팔찌 조종 제스처	제스처 방향	마리오네트 움직임
큰 원 회전	손목 비틀기	오른쪽	크게 우측 움직임
		왼쪽	크게 좌측 움직임
작은 원 회전	손목 아래로	오른쪽	작게 우측 움직임
		왼쪽	작게 좌측 움직임
점프	손목 위로	위쪽	점프

4. 제스처 인식 실험 결과

마리오네트 개별 제어 인식 실험 결과는 표 6과 같다. 모든 손가락의 조합 가능성을 구하고 구해진 조합마다 반복 인식 실험을 수행하였다. 예를 들어 손가락 두 개를 사용하는 제스처를 만드는 경우는 10가지이며 각 20번씩 총 200회를 실험한다. 제어할 손가락만 인식하면 인식 성공으로, 제어할 손가락 외에 다른 손가락이 인식되면 인식 실패로 했다. 예를 들어 검지+약지를 제어하는데 검지와 약지만 인식하면 인식 성공한 것이고, 중지가 인식 되면 인식 실패한 것이다. 인식률은 식 (4)과 같다.

$$\text{인식률} = \frac{\text{성공 횟수}}{\text{실험 횟수}} \times 100 \quad (4)$$

그림 6은 마리오네트 개별 제어 인식 실패에 관한 막대 그래프이다. x축은 실험 했을 때의 손가락 조합을 나타내고 y축은 실패 횟수를 나타낸다. 24번의 실패 중 약지와 관련된 횟수가 17번이다. 마리오네트 개별 제어 인식 실패의 주원인은 약지와 관련되는 손가락 제어이다. 손가락 4개, 5개를 동시에 움직이는 제스처는 손가락 1~3개 보다 상대적으로

표 6. 마리오네트 개별 제어 인식률 결과.

Table 6. Control results of marionette.

손가락	경우 수	횟수	성공	실패	인식률(%)
1	sC ₁	100	94	6	94
2	sC ₂	200	188	12	94
3	sC ₃	200	194	6	97
4	sC ₄	100	100	0	100
5	sC ₅	20	100	0	100

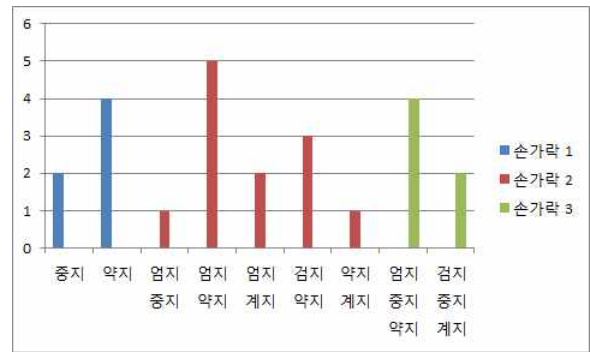


그림 6. 마리오네트 개별 제어 인식 실패.

Fig. 6. Control fail of marionette.

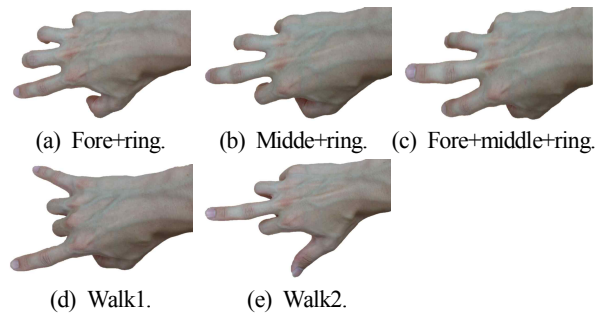


그림 7. 손가락 자유도 부족.

Fig. 7. Lack of finger DOF.

로 약지를 같이 움직이기 때문에 인식률이 100%이다.

5. 손가락 자유도 부족

손가락을 2개 이상 동시에 움직이는 경우는 손가락 날개를 개별로 움직였을 경우보다 상대적으로 제스처 인식률이 떨어진다. 이는 사람의 모든 손가락들이 완전히 독립적으로 움직이는 것이 아니기 때문이다[18].

그림 7(a)-(c)는 마리오네트 개별 제어를 할 때 손가락 제스처로 표현하기 힘든 동작들이다. 그림 7(d),(e)는 마리오네트는 걷는 모션을 할 때 만들어지는 손가락 제스처이다. 걷는 모션을 연출하기 위해서는 매번 손가락 4개를 번갈아 움직여야하기 때문에 번거롭고 시간도 많이 걸리며 제스처를 만들기도 힘들어서 제스처 인식률이 떨어진다.

이처럼 제스처들을 감지하여 마리오네트를 제어할 때 손가락이 완전히 독립적이지 않아 제스처를 인식하지 못해 마리오네트를 원하는 대로 제어하지 못하는 현상이 발생하며 이를 “손가락 자유도 부족(lack of finger DOF)”이라고 명명하자.

III. 제스처 할당 모드

‘손가락 자유도 부족’의 어려움을 해결하기 위해 제스처의 제어모드를 바꾸는 방법을 제안한다. 표 7은 제스처 모드에 따른 제어모드가 바뀌는 것을 보여준다.

본 논문에서는 마리오네트 개별 제어와의 성능을 쉽게 비교하기 위해서 상하좌우의 고정된 상황에서의 제어 모드 4개와 걷기 모드를 만들어 총 6가지의 제어 모드로 필요에 따라 제스처 모드를 선택하여 마리오네트를 제어한다.

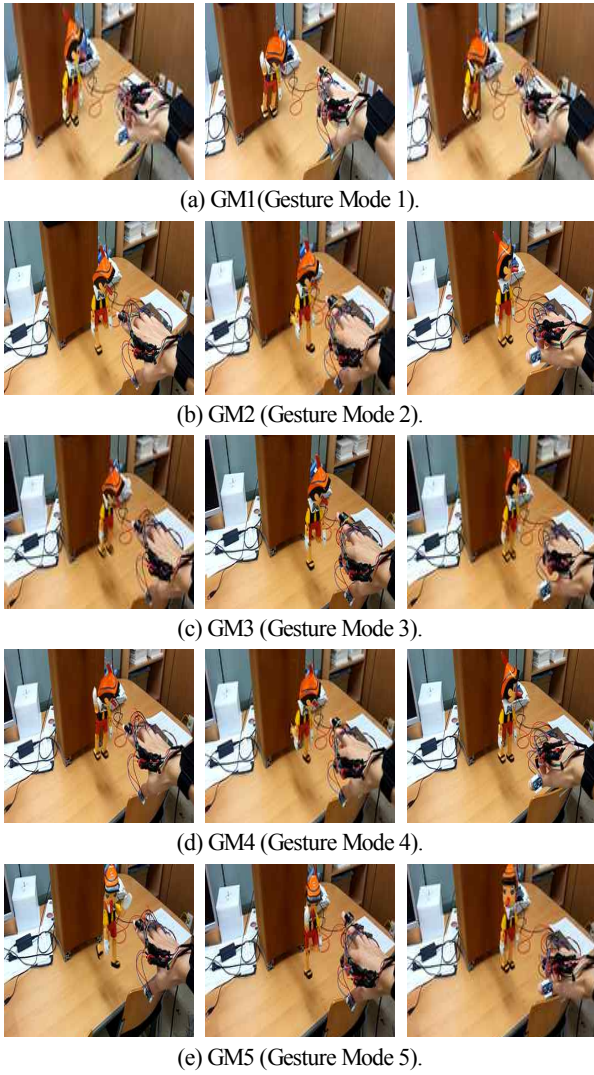


그림 8. 마리오네트의 GM1~5 제어 결과.
Fig. 8. GM1~5 control results of marionette.

표 7. 제스처 모드별 손가락과 마리오네트 사이의 관계.
Table 7. Relationship between finger and marionette for each gesture mode.

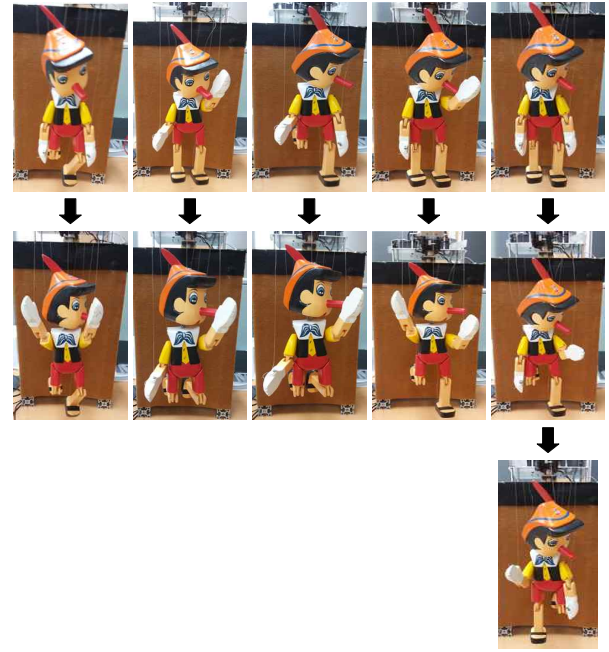
제스처 모드	손가락	엄지	검지	중지
GM1	상반신 전용 제어	머리	왼손	오른손
GM2	하반신 전용 제어		왼발	오른발
GM3	좌측 전용 제어		왼손	왼발
GM4	우측 전용 제어		오른손	오른발
GM5	교차 제어 (걷기, 뛰기)		왼손 + 오른발	오른손 + 왼발
GM6	개별 제어		표 4 참조	

표 7, 그림 8(a)은 GM1(Gesture Mode 1)의 마리오네트 제어 방법을 보여주고 있다. 예를 들어, GM1은 하체를 고정하고 상체만 제어하고 싶을 때 사용한다. 제스처 모드는 ‘손가락 자유도 부족’을 해결하기 위한 방안이므로, 최대한 적은 손가락을 이용하여 제스처를 만든다. 상대적으로 자유도가 적은 약지와 검지는 사용하지 않는다. GM5는 걷기,

표 8. 제스처 모드와 개별 제어 비교.

Table 8. Control comparison between individual and gesture mode.

번호	test1		test2		test3		test4		test5	
GM	1	6	2	6	3	6	4	6	5	6
시간 (sec)	6.7	8.6	9.1	13.2	8.8	12	7.2	9.8	4.7	8.8
상대 비율(%)	77.9	100	69.9	100	73.3	100	73.4	100	53.4	100



(a) Test1. (b) Test2. (c) Test3. (d) Test4. (e) Test5.

그림 9. 제스처 모드와 개별 제어 비교.

Fig. 9. Comparison of gesture mode and each control mode.

뛰기와 같은 동작을 만들 때 사용한다. 검지는 왼손과 오른발을 동시에 제어하고 중지는 오른손과 왼발을 동시에 제어한다.

IV. 성능 비교

손가락 개별 제스처와 제스처 할당 모드를 비교하여 제안한 제스처 할당 모드의 성능을 확인했다.

표 7에서 정의하였던 각 제스처 모드의 성능을 개별 손가락 제스처와 비교 평가하였다. 실험은 그림 9의 첫째 줄에서 둘째 줄로 마리오네트의 모션을 변환하도록 하였다. 예를 들어 test1(그림 9(a))의 모션은 그림 9(a)에서 보여주듯이 왼발은 끝까지 올리고 오른발은 살짝 올린 상태(첫째 줄)에서 두 손과 머리를 올렸다 내렸다(둘째 줄) 하는 모션이다. 성능 비교는 GM1과 GM6이 test1의 모션을 완성하는데 걸리는 시간을 비교한 것이다. 각 실험 횟수는 세트 당 5번씩 총 50회를 실시하였으므로 평균 시간은 10세트의 제스처를 모두 끝냈을 때의 시간을 50으로 나눈 것이다.

평균 시간 비교를 통해 제스처를 만들고 인식하는데 걸리는 시간이 GM1~5가 개별제어(GM6)보다 적음을 알 수

있으며, 특히 GM5가 GM6보다 제스처 모드 인식 시간이 상대적으로 적었다. 개별제어 모드는 5개의 손가락 자유도의 숙련도에 따라 성능이 달라지지만, 제스처 할당 모드는 손가락 자유도가 숙련되지 않아도 손쉽게 원하는 제스처를 만들고 인식하는 것이 가능함을 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 손목과 손가락의 제스처를 감지하여 무선으로 마리오네트에 연결된 모터에 명령을 전달하여 마리오네트를 조종하는 시스템을 구현하였고 다음을 확인하였다.

첫째, 제안한 시스템을 통해 마리오네트의 팔다리(4), 목(1) 및 평면 이동(2), 집프(1)의 총 8 자유도 운동을 손목 및 손가락 제스처를 인식하여 마리오네트를 손쉽게 무선 조종할 수 있는 가능성을 확인하였다.

둘째, 손가락 제스처 생성 시에 손가락끼리의 연동으로 인한 손가락 자유도 부족 현상을 발견하였다. 이를 해결하기 위해서 제스처 할당 모드를 고안하였고, 이를 통해 마리오네트의 복잡한 자세를 더 빨리 성공적으로 조종했다.

향후 마리오네트가 보다 부드럽고 다양한 모션들이 구현될 수 있는 시스템에 대한 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] S. C. Kim and Z. Y. Che, "A method for tennis swing recognition using accelerator sensors on a smartphone," *Journal of Korea Game Society (in Korean)*, vol. 13, no. 2, pp. 29-38, Apr. 2013.
- [2] Y. C. Lee and C. W. Lee, "Android platform based gesture recognition using smart phone sensor data," *Smart Media Journal (in Korean)*, vol. 1, no. 4, pp. 18-26, Dec. 2012.
- [3] S. H. Nam, J. H. Kim, S. K. Heo, and I. C. Kim, "Smartphone accelerometer-based gesture recognition and its robotic application," *KIPS Transactions on Software and Data Engineering (in Korean)*, vol. 2, no. 6, pp. 395-402, Jun. 2013.
- [4] M. S. Jang, Y. S. Cho, J. H. Kim, and J. C. Sohn, "Accelerometer-based gesture recognition for robot interface," *Journal of Intelligence and Information Systems (in Korean)*, vol. 17, no. 1, pp. 53-69, Mar. 2011.
- [5] H. Y. Kim and J. K. Min, "Implementation of a Motion Capture System using 3-axis Accelerometer," *Journal of KIISE : Computing Practices and Letters (in Korean)*, vol. 17, no. 6, pp. 383-388, Jun 2011.
- [6] K. H. Park, H. J. Lee, and Y. H. Kim, "Implementation of the hand-motion recognition based auxiliary input device using gyro sensor," *Journal of Korea Navigation Institute (in Korean)*, vol. 13, no. 4, pp. 503-508, Aug. 2009.
- [7] N. H. Kim, "Development of globe-type radio mouse using gyro sensor," *Journal of the Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences (in Korean)*, vol. 13, no. 8, pp. 1721-1728, Aug. 2008.
- [8] K. M. Cheon and K. H. Rew, "Recognition of 3d gesture through motion sensor," *Journal of Industrial Technology Research (in Korean)*, vol. 33, no. 1, pp. 15-21, Jun. 2014.
- [9] J. Rett and J. Dias, "Gesture recognition using a marionette model and dynamic bayesian networks (DBNs)," *Proc. of ICLAR 2006*, Portugal, vol. 4142, pp. 69-80, 2006.
- [10] I. M. Chen, R. Tay, S. Xing, and S. H. Yeo, "Marionette: from traditional manipulation to robotic manipulation," *Proc. of International Symposium on History of Machines and Mechanisms*, Cassiano, Italy, pp. 119-133, 2004.
- [11] T. Takuho, K. Nishii, K. Inoue, Y. Mae, and T. Arai, "Marionette system for operating and displaying robot whole-body motion-development of similar humanoid-type device," *Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Sendai, Japan, vol. 1, pp. 509-514, Oct. 2004.
- [12] K. D. Nguyen, I. M. Chen, S. H. Yeo, and B. L. Duh, "Motion control of a robotic puppet through a hybrid motion capture device," *Proc. of IEEE Conference on Automation Science and Engineering*, AZ, USA, pp. 753-758, Sep. 2007.
- [13] P. Kingston and M. Egerstedt, "Time and output warping of control systems: comparing and imitating motions," *Automatica*, vol. 47, pp. 1580-1588, Feb. 2011.
- [14] T. Takubo, K. Inoue, and T. Arai, "Wholebody teleoperation for humanoid robot by marionette system," *Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Beijing, China, pp. 4459-4465, Oct. 2006.
- [15] J. M. Yoo, S. K. Ra, E. T. Kim, and C. H. Kim, "Humanoid robot control using marionette-type motion conversion," *Pros. of the Korean Institute of Electrical Engineers (in Korean)*, pp. 1801-1802, Jul. 2008.
- [16] K. M. Choi, Y. G. Na, S. B. Chae, and K. H. Jung, "A hand gesture-based remote control of robot," *Journal of Korean Society Of Broadcast Engineers (in Korean)*, pp. 196-199, Nov. 2010.
- [17] M. S. Chang, S. D. Kwak, and S. M. Kang, "Presentation control system using gesture recognition and sensor," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems (in Korean)*, vol. 21, no. 4, pp. 481-486, Aug. 2011.
- [18] C. K. Han and E. S. Jeong, "A Survey on Human Figure Representation in Computer Graphics," *Journal of the Ergonomics Society Of Korea (in Korean)*, vol. 12, no. 1, pp. 57-73, Jun. 1993.

- [19] Y. K. Kim, J. H. Park, H. K. Kwak, S. H. Park, C. W. Lee, and J. M. Lee, "Performance improvement of a pedestrian dead reckoning system using a low cost IMU," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 19, no. 6, pp. 569-575, Jun. 2013.
- [20] S. Y. Cho, "BiaXial accelerometer-based magnetic compass module calibration and analysis of azimuth computational errors caused by accelerometer errors," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 20, no. 2, pp. 149-156, Feb. 2014.



천 경 민

2013년 호서대학교 소방방재학과(공학사). 2013년~현재 호서대학교 나노바이오트로닉스학과 석사과정. 관심분야는 모션 제스처 인식, 3차원 마우스, 3차원 센서, 신호처리.



곽 수 희

2012년~현재 호서대학교 로봇자동화공학과 학사 과정. 관심분야는 모션인식, 신호처리, 엔터테인먼트 로봇, 의료로봇, 뇌공학.



류 근 호

1994년 KAIST 기계공학과(공학사). 1996년 동 대학원(공학석사). 2001년 동 대학원(공학박사). 1998년~2003년 미래산업. 2003년~2005년 파인디앤씨. 2005년~현재 호서대학교 로봇자동화전공 교수. 관심분야는 모터 제어, 영상 및 신호 처리, 엔터테인먼트 로봇.