

IMU를 활용한 모듈형 손 모양 인식 장치 개발

이원준 · 원선재 · 이진원
KAIST 부설 한국과학영재학교

IMU-Based Modular Hand Recognition System

Won-Joon Lee · Sun-Jae Won · Jin-Won Lee
Korea Science Academy

국문 초록

본 연구는 IMU를 활용한 모듈형 손 모양 입력 장치의 개발을 목적으로 한다. 현재 3차원 공간을 제어하는 VR 등의 기술이 발달하였으나 입력 장치의 개발이 부족하여 이 기술들을 잘 활용하지 못한다. 이에 본 연구를 통해 손 모양을 인식하는 입력 장치를 개발하고자 한다. 장치는 손 모양을 인식, 해당 데이터를 전송하는 인식 기기와 데이터를 수신하여 손 모양을 시각화하는 소프트웨어로 구성된다. 인식 기기는 반지형 클립 모듈들로 제작하여, 착용 시 이질감과 사용자 간 개인차를 줄여 편리성을 높였다. 또한 IMU를 최소 개수로 효율적으로 배치하고 실제 회전각을 측정하여 정확도가 높다. 각 모듈을 경우에 따라 일부만 사용할 수 있게 하고, 인식할 특정 손 모양을 등록할 수 있게 하여 활용성과 범용성을 보장하였다.

주제어: IMU, 모듈, 손, 입력 기기

I. 서론

기존의 입력장치는 지난 40년간 마우스와 키보드가 주를 이루었으며, 현재는 스마트폰의 개발로 터치 입력 방식 또한 다수를 차지하고 있다. 하지만 컴퓨터를 통하여 현실의 물체를 제어하거나 가상현실 속을 조작할 수 있는 현재, 가상현실 기술의 활용성을 높이기 위한 생각을 직관적으로 전달할 수 있는 입력장치는 아직 개발되지 않고 있다. 일례로, 현재 개발 중에 있는 많은 수의 VR기기들의 경우, 시청각적으로는 현실과 동일한 환경을 구성하고자 하는 반면, 그 컨트롤러는 대부분 리모컨 형태로 제작되어 사용자의 입력 방식을 상당히 제한하는 경우가 부지기수이다.



[Fig. 1] Oculus Rift, [Fig. 2] Samsung Gear VR controller, [Fig. 3] Windows Mixed Reality Motion Controller

본 연구는 이러한 상황을 해결하기 위해 손 모양을 활용하는 보다 직관적인 입력장치의 개발을 목표로 하였다. 손의 모양을 인식하는 입력장치로는 크게 광학적 인식 장치와 데이터 글러브가 있다. 광학적

인식 장치는 이미지를 실시간으로 받아들이고, 이 이미지에서 손의 각 관절 위치를 유추해 손 모양을 인식하는 방식으로, LEAP, Kinect 등이 있다.^[1] 이 경우, 시야각을 벗어나거나 가려진 부분에 대한 인식이 되지 않는 등 측정 범위와 이동이 상당히 제한적이다. 데이터 글러브는 장갑의 형태로 플렉스 센서(Flex Sensor)를 통해 손등과 손가락의 굽어진 모양 자체를 인식하는 방식으로 공간상의 정보 입력이 직관적이고 범용성이 높게 평가되고 있다.^[2] 그러나 착용감이 불편하고 입력의 정확성이 개인의 손가락 길이에 따라 차이가 크다는 측면을 고려할 때 그 이점이 부족하다는 평가를 받고 있다.



[Fig. 4] LEAP motion, [Fig. 5] 5DT Data glove

본 연구에서는 직관적인 입력장치를 만들되, 앞서 언급한 문제점들을 보완하기 위해 편리성과 정확성, 범용성에 초점을 두었다. 먼저 인식 기기의 모듈화와 인체공학적인 배치로 닿는 면적을 최소화하여 이질감을 줄이고 편리성을 키웠으며, IMU의 사용을 통해 관절의 회전 각도를 측정해 사용자 간의 개인차를 줄였다. 더 나아가 본 입력장치가 현재의 텍스트 입력 방식과 호환이 가능하도록 하는 소프트웨어를 개발하여 키보드와 마우스에 익숙해져 있는 사람에의 접근성을 높인 것이 기존 제품과의 차별성이라고 할 수 있다.

II. 연구 방법 및 이론적 배경

1. 입력 기기

1.1. 디바이스

1.1.1 구성 부품

기존의 데이터글러브는 주로 센서의 구부러진 정도를 측정하는 플렉스 센서를 사용하며, 손등과 손가락의 구부러진 정도를 인식한다. 그러나 플렉스 센서는 정해진 길이가 있어 개인의 손가락 길이에 따라 정확성에 차이가 생기고, 착용감이 불편하기 때문에 본 연구의 목적인 보편적이고 편리한 인식 장치에는 적합하지 않다고 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 IMU를 사용하기로 결정하였다.

IMU(Inertial Measurement Unit) 센서는 자이로 센서와 가속도 센서를 이용해 각도와 위치의 변화를 측정하는 센서이며, 정확성을 높이기 위해 지자기 센서, 압력 센서, 온도 센서 등을 함께 사용하기도 한다. 본 연구의 경우 센서의 사용 환경이 극한의 기압이나 온도의 상태가 아니므로 가속도 센서, 자이로 센서와 지구 자기장을 통해서 두 센서의 기준을 잡아주는 지자기 센서로 이루어진 9DOF¹⁾을 가진 센서를 사용하기로 결정하였다.

손에 센서를 부착하기 위해서는 기판을 포함한 IMU의 전체 크기가 손의 움직임을 제한하지 않을 정도로 작아야 하므로, 시판되는 IMU 모듈 중 PCB 기판을 포함하여 가장 작은 넓이를 갖는 Adafruit LSM9DS0 Flora 센서를 선택하였다. LSM9DS0 센서는 3축 가속도 센서와 3축 자이로 센서, 3축 지자기 센서로 구성되어 있다.

본 연구에 사용된 센서의 경우 기판의 크기가 작아 I2C통신만을 지원하고, 센서 자체의 주소값을 변경할 수 없는 구조이기 때문에 동일한 센서를 여러 개 사용할 경우 I2C 버스 내에서 주소값의 충돌이 발생하여

1) DOF : Degree Of Freedom; 전체 축의 개수를 통해 자유도를 표현하는 단위

각 센서의 값을 구분할 수 없게 된다. 이를 해결하기 위해 사용한 멀티플렉서는 채널의 필요 성분을 재배치하여 여러 개의 입력값을 하나의 출력값으로 내보내는 장치로, 다중화 장치라고도 한다. 본 연구에서 사용한 TCA9548A 멀티플렉서는 연결된 8개의 디바이스를 채널을 통해 구분할 수 있는 주파수 분할 다중방식이고, 멀티플렉서 자체의 주소값을 000₍₂₎~111₍₂₎로 지정할 수 있어 최대 64개의 동일한 센서를 주소값의 충돌 없이 사용할 수 있다.

1.1.2 회로 구성 및 센서 배치

주 연산장치는 Arduino Mega 2560이 사용되었으며, 센서에서 주어지는 raw값을 쿼터니언(Quaternion) 회전 각 체계로 변환하고 센서값의 노이즈를 제거하기 위한 칼만 필터 연산을 진행한다. 칼만 필터 연산이 주 연산장치에서 이루어지게 하여 사용자의 기기에서 실행되는 시각화 프로그램에 전달되는 데이터의 누락으로 인한 오차 원인을 제거할 수 있다. 주 연산장치는 다음과 같은 과정을 반복한다.

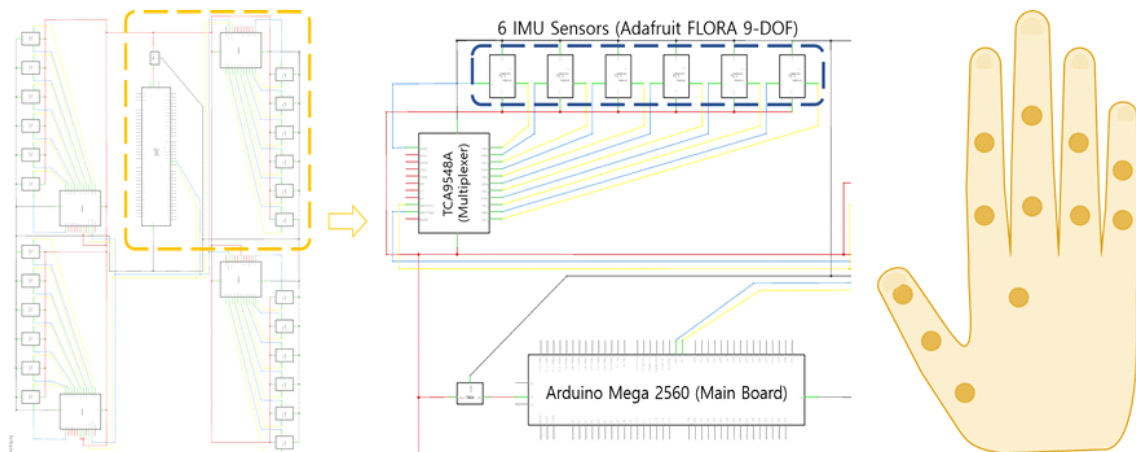
- I. 멀티플렉서의 채널을 개폐하여 센서로부터 선택적으로 데이터를 수신한다.
- II. 각 센서의 누적된 데이터를 바탕으로 칼만 필터를 거쳐 현재 회전 쿼터니언을 연산한다^{[3][4]}.
- III. 시리얼 통신을 위해 자체 통신 규격에 맞추어 변환하고 컴퓨터로 전송한다.

본 연구에서는 파지 동작 시에 가용 범위가 큰 주요 관절들을 위주로 다루었다. 손의 주요 골격은 5개의 손허리뼈(Metacarpals)와 손가락 마디를 구성하는 지골(Phalanges)들로 이루어져 있다. 엄지를 제외한 4개의 손가락은 손허리뼈의 움직임이 마디의 움직임에 큰 영향을 주지 않으므로 지골의 움직임만 파악하고, 엄지는 손바닥뼈와 지골 모두의 움직임을 파악하기로 하였다. 따라서 다섯 손가락의 세 관절과 손목 관절, 총 16개 부분의 움직임을 인식하는 구조를 사용하기로 결정하였다. 이 때, 엄지를 제외한 나머지 네 손가락의 경우, 마지막 마디 관절인 DIP(Distal-InterPhalangeal) 관절의 회전각과 PIP(Proximal- InterPhalangeal) 관절의 회전각은 (식 1)과 같은 관계를 가진다.

$$\theta_{DIP} = \frac{2}{3}\theta_{PIP} \dots (\text{식 1})$$

따라서 엄지손가락의 세 마디와 나머지 네 손가락의 첫 마디뼈와 중간 마디뼈, 손의 기준이 되는 손등에 센서를 배치하여 한 손에 총 12개의 센서를 사용하였다.

이 센서들은 아래의 회로도 및 같이 배치된다.



[Fig. 6] 회로도, [Fig. 7] 센서 배치도

1.2 내장 소프트웨어

1.2.1 쿼터니언(Quaternion)

쿼터니언이란 벡터를 확장한 수로 벡터의 i , j , k 항과 스칼라 항 w , 총 4가지의 요소로 구성된 수이

다. 두 쿼터니언 $p = p_0 + p_1\mathbf{i} + p_2\mathbf{j} + p_3\mathbf{k}$, $q = q_0 + q_1\mathbf{i} + q_2\mathbf{j} + q_3\mathbf{k}$ 에 대해서 다음의 정의를 따른다.

I. 쿼터니언 p 의 크기 $|p| = \sqrt{p_0^2 + p_1^2 + p_2^2 + p_3^2}$ 로 정의된다.

II. 두 쿼터니언 p, q 의 곱 $pq = (p_0q_0 - p_1q_1 - p_2q_2 - p_3q_3) + (p_0q_1 + p_1q_0 + p_2q_3 - p_3q_2)\mathbf{i} + (p_0q_2 - p_1q_3 + p_2q_0 + p_3q_1)\mathbf{j} + (p_0q_3 + p_1q_2 - p_2q_1 + p_3q_0)\mathbf{k}$ 로 정의된다.

단위 쿼터니언(unit quaternion)은 크기가 1인 쿼터니언으로 벡터를 회전시키는 연산에 사용된다. 단위 쿼터니언 $p = p_0 + p_1\mathbf{i} + p_2\mathbf{j} + p_3\mathbf{k}$ 는 $p = p_w \cos \frac{\theta}{2} + p_x \sin \frac{\theta}{2} \mathbf{i} + p_y \sin \frac{\theta}{2} \mathbf{j} + p_z \sin \frac{\theta}{2} \mathbf{k}$ 로 표현되며, 벡터 \vec{v} 를 $\langle p_x, p_y, p_z \rangle$ 를 축으로 θ 만큼 회전시킨 벡터 \vec{v}' 는 $\vec{v}' = \vec{p} \vec{v} \vec{p}^*$ 의 연산을 통해 얻어진다. 이는 행렬을 통한 표현도 가능한데, $q_{Rot} = q_w + q_i\mathbf{i} + q_j\mathbf{j} + q_k\mathbf{k}$ 에 대해 $\vec{v}' = \vec{p} \vec{v} \vec{p}^*$ 은 $\vec{v}' = R(q_{Rot})\vec{v}$ 로 표현할 수 있으며, $R(q_{Rot})$ 는 다음으로 표현된다.

$$R(q_{Rot}) = \begin{bmatrix} 1 - 2s(q_j^2 + q_k^2) & 2s(q_i q_j - q_k q_w) & 2s(q_i q_k + q_j q_w) \\ 2s(q_i q_j + q_k q_w) & 1 - 2s(q_i^2 + q_k^2) & 2s(q_j q_k - q_i q_w) \\ 2s(q_i q_k - q_j q_w) & 2s(q_j q_k + q_i q_r) & 1 - 2s(q_i^2 + q_j^2) \end{bmatrix}, \quad s = |q|^{-2}$$

이 때 q_{Rot} 은 단위 쿼터니언이므로 $|q| = 1$ 이고, 이를 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$R(q_{Rot}) = \begin{bmatrix} 1 - 2(q_j^2 + q_k^2) & 2(q_i q_j - q_k q_w) & 2(q_i q_k + q_j q_w) \\ 2(q_i q_j + q_k q_w) & 1 - (q_i^2 + q_k^2) & 2(q_j q_k - q_i q_w) \\ 2(q_i q_k - q_j q_w) & 2(q_j q_k + q_i q_r) & 1 - 2(q_i^2 + q_j^2) \end{bmatrix}$$

센서는 칩의 아래를 +z로 하는 자체의 좌표계(이하 센서좌표계)에 맞춰 측정값을 출력한다. 인간이 살고 있는 지표면에서는 중력이 항상 아래쪽으로 작용하는 좌표계(이하 절대좌표계)를 정의할 수 있으며, 이 때 중력이 작용하는 방향을 +z로, 진북(眞北)을 향하는 방향을 +x로 설정한다. 절대좌표계를 특정 쿼터니언을 통해 회전했을 때 센서좌표계와 일치하게 할 수 있다면, 이를 통해 센서의 회전상태를 알 수 있다.

이 때 센서의 기울기를 나타내는 쿼터니언 q 에 대해 다음의 관계를 따른다.^[4]

I. 센서좌표계의 가속도 벡터 \mathbf{a} , 절대좌표계의 중력 벡터 \mathbf{g} 에 대해 $R(q)\mathbf{a} = \mathbf{g}$ 가 성립한다.

II. 센서좌표계의 자기장 벡터 \mathbf{m} , 절대좌표계의 지구자기장 벡터 \mathbf{h} 에 대하여 $R(q)\mathbf{m} = \mathbf{h}$ 가 성립한다.

이론적으로, 쿼터니언 q 는 위 두 식을 모두 만족하는 해이나, 실제로는 측정값의 노이즈로 인해 해가 존재하지 않게 된다. 이의 해결을 위해 $R(q)\mathbf{a} = \mathbf{g}$ 는 성립하고 $R(q)\mathbf{m}$ 이 지구자기장 벡터와 완전히 일치하는 것이 아니라, 지표면에 사영했을 때 북쪽을 가리키도록 하여 연립방정식을 해결한다. 이 경우 북각(magnetic inclination)을 고려할 필요가 없어져 노이즈의 영향을 거의 무시할 수 있게 된다.

이 q 는 두 좌표계의 z 축에 대한 회전을 일치시키는 쿼터니언과 xy 평면을 일치시키는 쿼터니언의 곱으로 나타낼 수 있다. 이 두 쿼터니언을 각각 q_{acc} , q_{mag} 라고 할 때, 다음과 같은 식이 성립한다.

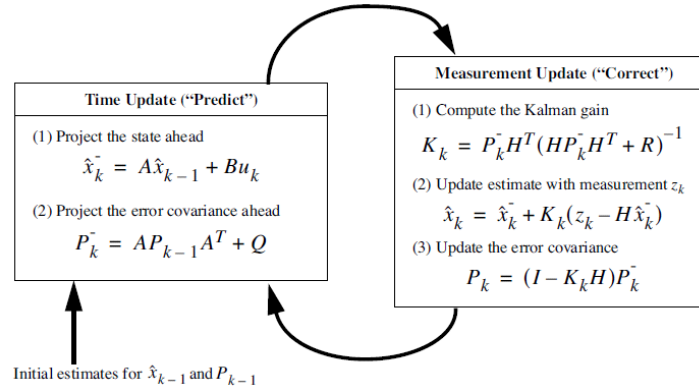
$$q_{acc} = \begin{cases} \left[\sqrt{\frac{a_z + 1}{2}} - \frac{a_y}{\sqrt{2(a_z + 1)}} \frac{a_x}{\sqrt{2(a_z + 1)}} \quad 0 \right]^T, & a_z \geq 0 \\ \left[-\frac{a_y}{\sqrt{2(1 - a_z)}} \sqrt{\frac{1 - a_z}{2}} \quad 0 \quad \frac{a_x}{\sqrt{2(1 - a_z)}} \right]^T, & a_z < 0 \end{cases}$$

$$q_{mag} = \begin{cases} \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{\Gamma+l_x}\sqrt{\Gamma}}{\sqrt{2\Gamma}} & 0 & 0 & \frac{l_y}{\sqrt{2}\sqrt{\Gamma+l_x}\sqrt{\Gamma}} \end{bmatrix}^T, l_x \geq 0 \\ \begin{bmatrix} \frac{l_y}{\sqrt{2}\sqrt{\Gamma-l_x}\sqrt{\Gamma}} & 0 & 0 & \frac{\sqrt{\Gamma-l_x}\sqrt{\Gamma}}{\sqrt{2\Gamma}} \end{bmatrix}^T, l_x < 0 \end{cases}$$

따라서 절대좌표계를 센서좌표계로 회전시키는 쿼터니언 $q_{rot} = q_{acc}q_{mag}$ 로 계산된다. 따라서 센서좌표계와 지면좌표계가 일치할 때의 가속도 벡터 $\langle 0, 0, 1 \rangle$ 을 q_{rot} 로 회전하면 현재 센서의 가속도벡터를 알 수 있고, 이를 통해 센서의 회전상태를 알 수 있다.

1.2.2 칼만 필터

칼만 필터는 선형 시스템에서 노이즈를 처리하기 위해 사용되는 필터로 직전 상태로부터 현재의 상태를 예측하고 이를 측정값과 비교해 현재의 상태를 보정한다. 칼만 필터의 개략적인 과정은 다음과 같다.



[Fig. 8] 칼만 필터 계산 과정

칼만 필터를 적용하기 위해서는 시스템의 공학적인 모델링이 필요하여 본 연구에서는 다음과 같이 모델링 하였다.

$$x_k = \begin{bmatrix} q_i & q_j & q_k & q_w \\ \dot{q}_{i_b} & \dot{q}_{j_b} & \dot{q}_{k_b} & \dot{q}_{w_b} \end{bmatrix}_k, A = \begin{pmatrix} 1 & -\Delta t \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, B = \Delta t, u_k = \dot{q}_k, Q = \begin{pmatrix} Q_\theta & 0 \\ 0 & Q_{\theta_b} \end{pmatrix} \Delta t, z_k = H x_k + v_k, H = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

상태 행렬 x_k 는 쿼터니언의 요소와 자이로스코프의 오차를 성분으로 가지는 2×1 벡터 4개를 연립한 것이다. P_k 는 오차 공분산으로 Px_k, Py_k, Pz_k, Pw_k 로 나뉘서 계산된다. 초기값은 모두 $\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ 이다.

u_k 는 쿼터니언의 변화량으로 $u_k = \dot{q}_k$, $\dot{q}_{w,t_k} = -\frac{1}{2}\omega_{q,T_k} q_{t_{k-1}}$ 로 계산된다. ω_{q,t_k} 는 센서에서 측정된 각속도 벡터, $q_{t_{k-1}}$ 은 전 단계의 센서의 방향을 나타내는 회전 쿼터니언, \dot{q}_{w,t_k} 는 현재 단계에서의 쿼터니언의 변화량을 뜻한다.

2. 클라이언트 소프트웨어

2.1 시각화

본 연구의 실험과 결과 확인을 목적으로 개발된 이 소프트웨어는 Unity를 기반으로 한 3D 모델 시뮬

레이터이다. C#을 기반으로 하여 추후 Windows 운영체제에 맞는 입력장치로의 확장이 가능하다.

주 연산장치로부터 데이터를 수신하여 3D 모델을 해당 정보에 맞게 변형하는 이 소프트웨어는 아래의 과정을 반복한다.

I. 시리얼 통신을 통해 수신한 데이터를 자체 통신 규격을 바탕으로 센서와 회전 쿼터니언에 해당하는 데이터로 변환한다.

II. PIP 관절의 회전각을 (식 1)에 따라 DIP 관절 회전각의 2/3이 되도록 하는 쿼터니언을 생성하고 PIP 관절에 이를 부여한다.

III. 각 센서가 위치하고 있는 마디에 연결된 관절을 각 쿼터니언 정보에 따라 회전시킨다. 이때의 회전은 Unity의 내장함수를 사용한다.

2.2 특정 손 모양 인식

본 연구가 입력장치로의 역할을 수행하기 위해서 특정 손 모양 인식은 필수적인 요소이다. 이를 위해 다음과 같은 시스템을 구성하였다.

2.2.1 손 모양 코드

실제 손가락의 길이는 개인차가 있기 때문에 소프트웨어 내에서는 각 손가락 마디의 길이에 대한 표준값을 정하여 저장하고 있다. 이를 기준으로 각 손가락의 끝과 (식 1)을 따르지 않는 엄지의 경우 손가락 끝과 가장 가까운 관절을 포함하여 총 6개 지점의 3차원 좌표를 연산, 일부 처리를 한 후 16진수의 형태로 표현하여 코드를 생성한다.

2.2.2 손 모양 등록 및 인식

손 모양은 표준 값과 오차 범위를 표현하는 16진수로 저장된다. 표준 값의 경우 등록 시점으로부터 일정 시간 동안 누적된 손 모양 코드의 평균으로 지정되고, 이때의 (표준편차+0.5)에 해당하는 값이 오차범위로 지정된다. 만일 등록하고자 하는 손 모양이 기존에 등록된 모양과 유사하다고 판단되거나 오차 범위가 특정 기준보다 크게 된다면 등록이 거부된다.

특정 손 모양의 인식을 위해서 소프트웨어에서는 매 순간마다 손 모양 코드를 생성하여, 기존에 등록된 손 모양의 오차범위 내에 포함되는 경우 이를 인식 처리한다.

3. 실험

본 연구를 통해 개발한 기기의 장단점과 IMU를 사용한 방식의 정확성 및 실용성을 비교하기 위하여 기존에 상용화된 데이터 글러브와의 비교를 진행하였다. 비교 대상으로는 많은 연구 시설에서 일반적으로 사용되는 데이터 글러브인 5DT Data Glove 5 Ultra(이하 Data Glove 5 Ultra)를 사용하였다. 해당 제품은 5개의 플렉스 센서로 구성된 데이터 글러브로, 장갑 형태로 착용하며 각 손가락 당 플렉스 센서 한 개가 사용된다.

인식의 정확성을 비교하기 위해서 두 기기를 각각 착용한 후, 손가락을 구부린 뒤 실제 상태의 구부러진 각도와 기기가 인식한 각도를 비교하는 실험을 진행하였다. 촬영이 용이하고 다른 손가락의 영향을 적게 받는 검지를 기준으로 하여 세 가지 다른 각도로 측정하였다. 결과의 비교를 위해서 실제 각도는 촬영 후 이미지 분석을 통해 측정하였고, Data Glove 5 Ultra의 경우 자체 제공 소프트웨어 화면을 캡처 후 이미지 분석을 통해 결과 값을 측정하였다. 개발한 기기의 경우 클라이언트 소프트웨어에서 각 관절을 회전시킨 회전각 값을 통해 데이터를 추출하였다.

III. 연구 결과

1. 실험 결과

측정 결과는 아래와 같다.

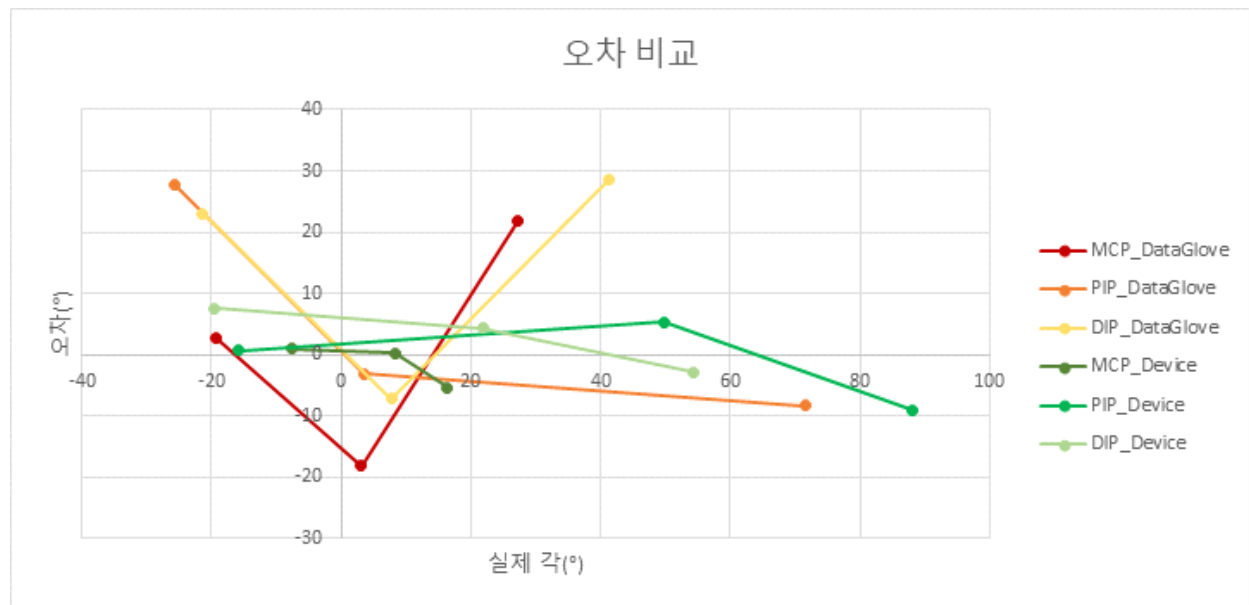
Table 1. Data Glove 5 Ultra의 회전각 측정 결과

Data Glove 5 Ultra	MCP		PIP		DIP	
	실제 각(°)	기기 각(°)	실제 각(°)	기기 각(°)	실제 각(°)	기기 각(°)
1	27.30	49.15	71.54	63.19	41.31	69.92
2	3.06	-15.07	3.44	0.26	7.77	0.52
3	-19.39	-16.60	-25.79	2.09	-21.35	1.62

Table 2. 디바이스의 회전각 측정 결과

디바이스	MCP		PIP		DIP	
	실제 각(°)	기기 각(°)	실제 각(°)	기기 각(°)	실제 각(°)	기기 각(°)
1	16.34	11.02	49.74	55.04	21.76	26.12
2	8.31	8.56	87.99	78.92	54.29	51.49
3	-7.75	-6.76	-15.77	-15.06	-19.48	-11.93

오차는 (기기 각 - 실제 각)으로 계산하였다. 결과는 다음과 같다.



2. 비교 및 분석

비교 결과, IMU를 사용한 인식기기는 플렉스 센서를 사용한 Data Glove 5 Ultra에 비해 많은 점에서 우세를 보였다. 각도의 오차는 기존 데이터 글러브에 비해 절반 정도였으며, 모든 주요 관절을 인식하기 때문에 Data Glove 5 Ultra에 비하여 다양한 손 모양을 인식할 수 있었다. Data Glove 5 Ultra의 경우, 손허리뼈부터 손가락 끝까지 모든 마디의 움직임을 하나의 플렉스 센서로 측정하기 때문에 모든 관절을 구부린 경우는 실제와

어느 정도 유사한 손 모양으로 인지하였으나, 그렇지 않은 경우를 구별해내지 못했다. 또한, 개개인의 손가락 길이의 차이에 의해 정확성과 인식 능력에 큰 차이가 발생하였다. 손가락이 긴 경우, 센서가 손가락의 중간 마디까지 오지 못하여 제대로 인식하지 못하였다. 또한, 손가락을 뒤로 젖힐 경우 센서가 뒤틀려 구부러진 상태로 인식하였다. 그러나 본 기기의 경우 모든 마디의 동작을 인식하여 비교적 정확하게 손의 모양을 파악할 수 있었다.

IV. 결론 및 전망

본 연구의 목적은 편리성, 정확성, 범용성을 초점으로 손 모양을 그대로 입력에 활용하여 보다 직관적이고 현실적인 입력을 할 수 있는 입력 장치를 개발하는 것이었다. 고정된 길이의 센서를 사용하여 개개인의 손 크기에 따라 정확성이 달라지는 데이터글러브와 달리 본 기기는 각 착용부를 반지 형태의 클립형 모듈로 제작하여 개인별 오차의 편차가 적다. 또한, IMU를 사용하여 각도를 보다 정확하게 측정할 수 있다는 이점을 갖추었으며 착용 시 이질감도 적어 기존의 데이터 글러브에 비해 긴 시간 사용도 편리하다. 뿐만 아니라 필요에 따라 특정 모듈만을 사용하는 것도 가능하다. 그러나 단순한 장갑의 형태인 데이터 글러브에 비하여 착용이 불편하고, 선형 가속도가 발생할 경우 이에 의한 오차도 발생하게 된다. 따라서 향후 선형 가속도의 영향 보정, 착용의 편리성을 위한 장착 방식의 변화 등에 대한 추가 연구를 진행하려 한다.

이 입력장치는 VR 콘텐츠나 드론 조종 등 정밀한 조작을 필요로 하는 분야에서 사용될 수 있다. 더 나아가, 상지마비 환자와 같이 손의 재활치료가 필요한 경우, 또는 CG/애니메이션 분야처럼 사람의 자연스러운 손 모양에 대한 데이터를 수집하는 데에도 사용이 가능할 것으로 예상된다. 본 연구가 새로운 하나의 입력 인터페이스가 되어 다양한 분야에서 많은 사람들이 전달하고자 하는 바를 직관적으로 입력할 수 있게 될 것이라 전망한다.

참고문헌

- [1] Bachmann, D., Weichert, F., Rinkenauer, G. Evaluation of the leap motion controller as a new contact-free pointing device. *Sensors* **15**(1), 214-233. (2015)
- [2] Sturman, D.J., Zeltzer, D. A survey of glove-based input. *IEEE Computer Graphics and Applications* **14**(1), 30-39. (1994)
- [3] Ozyagcilar, T. Implementing a tilt-compensated eCompass using accelerometer and magnetometer sensors. *Freescale Semiconductor Application Note, rev 3*. (2012)
- [4] Valenti, R.G., Dryanovski, I., Xiao, J. Keeping a good attitude: A quaternion-based orientation filter for IMUs and MARGs. *Sensors* **15**(8), 19302-19330. (2015)
- [5] Rijkema, H. & Girard, M. Computer animation of knowledge-based human grasping. *ACM Siggraph Computer Graphics* **25**(4) 339-348. (1991)
- [6] Su, Z., Yang L., Kong Q. Quaternion Kalman filter design based on MEMS sensors. *Advanced Science and Technology Letters* **76**, 93-97. (2014)
- [7] Kim, A., Golnaraghi, M. F. A Quaternion-based orientation estimation algorithm using an inertial measurement unit. *PLANS 2004*, 268-272. (2004)

ABSTRACT

IMU-Based Modular Hand Recognition System

Researcher : Lee, Won Joon (sophomore, wjl0316@naver.com)

Won, Sun Jae (sophomore, dadaps0@naver.com)

Lee, Jin Won (sophomore, jinwonlee0310@naver.com)

Supervisor : Kim, Kyung Soo (KAIST MSC Lab. kyungsookim@kaist.ac.kr)

Assistant : Jeong, Seok Hwan (KAIST MSC Lab. astroidbelt@kaist.ac.kr)

This research aims to develop an IMU-based modular hand recognition system. Nowadays, we can control 3-dimensional space by the development of technologies like VR, but the lack of appropriate input devices limit our use of these technologies. Therefore, we developed a new input device suitable for this purpose. The device can be divided into two parts. The recognition device, which reads the hand and sends the data, and the software, which receives the data and displays the hand on screen. Unlike other data gloves, the recognition device is composed of multiple ring-shaped modules, reducing the discomfort in usage and the difference in measurement between individuals. Also, the IMU are positioned in the most efficient way with the least number of sensors and used to measure the actual angle of rotation, increasing the accuracy. Furthermore, the device can be used partially without using all the modules, and postures for specific commands can be customized, increasing its applicability and utility.