



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월27일  
(11) 등록번호 10-1731188  
(24) 등록일자 2017년04월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06F 3/01 (2006.01) G06F 3/0346 (2013.01)  
G06K 9/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G06F 3/017 (2013.01)  
G06F 3/015 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0161115  
(22) 출원일자 2015년11월17일  
심사청구일자 2015년11월17일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020110054733 A\*  
KR1020140100783 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
계명대학교 산학협력단  
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095 (신당동)  
(72) 발명자  
성연식  
서울특별시 노원구 동일로 1605 (상계동)  
(74) 대리인  
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 신현상

(54) 발명의 명칭 동작 추정 장치 및 그 방법

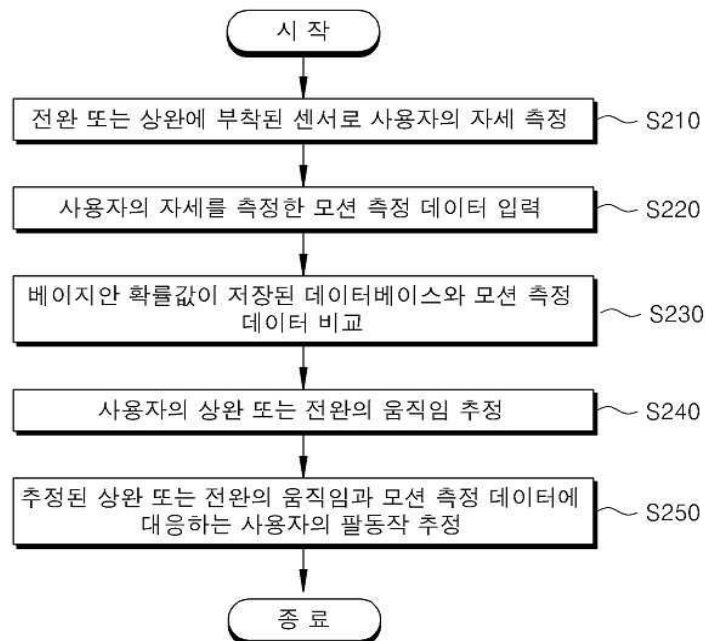
(57) 요약

본 발명은 동작 추정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 동작 추정 방법에 따르면, 동작 추정 장치를 이용한 동작 추정 방법에 있어서, 사용자의 신체 부위 중 적어도 어느 하나에 부착된 센서를 통해 측정된 상기 센서가 부착된 신체 부위의 동작에 대한 모션 측정

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



데이터를 입력받는 단계, 신체 부위들 사이의 움직임간 상관 관계에 대한 베이지안 확률 값이 저장된 데이터베이스, 상기 모션 측정 데이터 그리고 현재 모션 측정 데이터를 비교하여 상기 센서가 미부착된 신체 부위의 동작을 추정하는 단계, 그리고 상기 추정된 사용자의 신체 부위의 동작 및 상기 모션 측정 데이터에 대응하는 상기 사용자의 자세를 추정하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 종래의 동작 추정 방법들에 비해 적은 수의 센서를 이용하더라도 사용자의 자세를 정확하게 추정할 수 있어 경제적이며, 적은 양의 데이터 전송만으로도 사용자의 자세를 추정할 수 있으므로 실시간 게임이나 교육용 콘텐츠 재생등에 유용하게 이용될 수 있다.

(52) CPC특허분류

**G06F 3/0346** (2013.01)

**G06K 9/00382** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 IITP-2015-H8501-15-1014

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터(IITP)

연구사업명 대학ICT연구센터육성지원사업

연구과제명 소환현실기반 콘텐츠 제작을 위한 실감형 인터랙션 NUI/NUX 플랫폼 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 동국대학교 산학협력단

연구기간 2015.01.01 ~ 2016.12.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

동작 추정 장치를 이용한 동작 추정 방법에 있어서,

사용자의 신체 부위 중 적어도 어느 하나에 부착된 센서를 통해 측정된 상기 센서가 부착된 신체 부위의 동작에 대한 모션 측정 데이터를 입력받는 단계,

신체 부위들 사이의 움직임간 상관 관계에 대한 베이지안 확률 값이 저장된 데이터베이스와 상기 모션 측정 데이터를 비교하여 상기 센서가 미부착된 신체 부위의 동작을 추정하는 단계, 그리고

상기 추정된 사용자의 신체 부위의 동작 및 상기 모션 측정 데이터에 대응하는 상기 사용자의 자세를 추정하는 단계를 포함하며,

상기 데이터베이스는,

복수의 대상자들의 신체 부위 중 적어도 두 개 이상의 부위에 부착된 센서를 통해 측정된 상기 복수의 대상자들의 동작 정보에 대한 데이터들을 기 설정된 간격에 따라 그룹화하여 상기 동작 정보의 베이지안 확률 값을 저장하고,

상기 센서가 미부착된 신체 부위에 대한 동작을 추정하는 단계는,

상기 모션 측정 데이터에 대응하는 상기 데이터베이스의 범위들 중 상기 베이지안 확률 값이 가장 큰 범위를 상기 센서가 미부착된 신체 부위의 동작으로 추정하는 동작 추정 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 센서는,

근전도 측정 센서, 가속도 측정 센서, 회전 속도 측정 센서 및 방향 측정 센서 중 적어도 어느 하나를 포함하는 동작 추정 방법.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

사용자의 신체 부위 중 적어도 어느 하나에 부착된 센서를 통해 측정된 상기 센서가 부착된 신체 부위의 동작에 대한 모션 측정 데이터를 입력받는 입력부,

신체 부위들 사이의 움직임간 상관 관계에 대한 베이지안 확률 값이 저장된 데이터베이스와 상기 모션 측정 데이터를 비교하여 상기 센서가 미부착된 신체 부위의 동작을 추정하는 동작 추정부, 그리고

상기 추정된 사용자의 신체 부위의 동작 및 상기 모션 측정 데이터에 대응하는 상기 사용자의 자세를 추정하는 자세 추정부를 포함하며,

상기 데이터베이스는,

복수의 대상자들의 신체 부위 중 적어도 두 개 이상의 부위에 부착된 센서를 통해 측정된 상기 복수의 대상자들의 동작 정보에 대한 데이터들을 기 설정된 간격에 따라 그룹화하여 상기 동작 정보의 베이지안 확률 값을 저장하고,

상기 동작 추정부는,

상기 모션 측정 데이터에 대응하는 상기 데이터베이스의 범위들 중 상기 베이지안 확률 값이 가장 큰 범위를 상기 센서가 미부착된 신체 부위의 동작으로 추정하는 동작 추정 장치.

## 청구항 6

삭제

## 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 센서는,

근전도 측정 센서, 가속도 측정 센서, 회전 속도 측정 센서 및 방향 측정 센서 중 적어도 어느 하나를 포함하는 동작 추정 장치.

## 청구항 8

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 동작 추정 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 최소한의 신체 측정 센서를 이용하여 사용자의 팔 동작을 추정하기 위한 동작 추정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근 유비쿼터스 컴퓨터 환경 분야에서 사용자간 상호작용의 중요성이 점점 강조되고 있으며, NUI(Natural User Interface)/NUX(Natural User Experience)에 대한 연구는 그러한 중요성을 반영하고 있다. 또한, 다양한 종류의 웨어러블 기기가 출시됨에 따라, 웨어러블 장치를 유비쿼터스 컴퓨터 환경에 적용하기 위한 연구도 활발히 진행되고 있다.

[0003] 특히, 사람의 신체에 부착되는 센서를 이용하여 손가락의 움직임을 인지한다거나, 동작이나 근육의 움직임을 인지하여 이를 컴퓨터 환경에 접목하는 연구등이 다양하게 진행되고 있다.

[0004] 그러나 센서는 몸의 일부에 부착되어 동작 등을 측정하므로, 다수의 센서를 신체에 부착하지 않으면 사람의 전체 동작을 정확히 측정할 수 없다. 예를 들어, 근육 감지 센서가 전완에만 부착되었을 때, 상완의 움직임을 측정하기가 매우 어렵다. 그리고 다수의 센서를 사용한다고 하더라도 처리해야 할 데이터 용량이 크게 늘어나게 되며 비용적 측면에서도 비경제적이다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제10-2015-0089371호(2012.08.05공고)에 개시되어 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 최소한의 신체 측정 센서를 이용하여 사용자의 팔 동작을 추정하기 위한 동작 추정 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면 동작 추정 방법은, 동작 추정 장치를 이용한 동작 추정 방법에 있어서, 사용자의 신체 부위 중 적어도 어느 하나에 부착된 센서를 통해 측정된 상기 센서가 부착된 신체 부위의 동작에 대한 모션 측정 데이터를 입력받는 단계, 신체 부위들 사이의 움직임간 상관 관계에 대한 베이지안 확률 값이 저장된 데이터베이스, 상기 모션 측정 데이터 그리고 현재 모션 측정 데이터를 비교하여 상기 센서가 미부착된 신체 부위의 동작을 추정하는 단계, 그리고 상기 추정된 사용자의 신체 부위의 동작

및 상기 모션 측정 데이터에 대응하는 상기 사용자의 자세를 추정하는 단계를 포함한다.

- [0008] 상기 데이터베이스는, 복수의 대상자들의 신체 부위 중 적어도 두 개 이상의 부위에 부착된 센서를 통해 측정된 상기 복수의 대상자들의 동작 정보에 대한 데이터들을 기 설정된 간격에 따라 그룹화하여 상기 동작 정보의 베이지안 확률 값을 저장할 수 있다.
- [0009] 상기 센서는, 근전도 측정 센서, 가속도 측정 센서, 회전 속도 측정 센서 및 방향 측정 센서 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 센서가 미부착된 신체 부위에 대한 동작을 추정하는 단계는, 상기 모션 측정 데이터에 대응하는 상기 데이터베이스의 범위들 중 상기 베이지안 확률 값이 가장 큰 범위를 상기 센서가 미부착된 신체 부위의 동작으로 추정할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 다른 실시예에 따른 동작 추정 장치는 사용자의 신체 부위 중 적어도 어느 하나에 부착된 센서를 통해 측정된 상기 센서가 부착된 신체 부위의 동작에 대한 모션 측정 데이터를 입력받는 입력부, 신체 부위들 사이의 움직임간 상관 관계에 대한 베이지안 확률 값이 저장된 데이터베이스, 상기 모션 측정 데이터 그리고 현재 모션 측정 데이터를 비교하여 상기 센서가 미부착된 신체 부위의 동작을 추정하는 움직임 추정부, 그리고 상기 추정된 사용자의 신체 부위의 동작 및 상기 모션 측정 데이터에 대응하는 상기 사용자의 팔 동작을 추정하는 팔 동작 추정부를 포함한다.

### 발명의 효과

- [0012] 이와 같이 본 발명에 따르면, 종래의 동작 추정 방법들에 비해 적은 수의 센서를 이용하더라도 사용자의 자세를 정확하게 추정할 수 있어 경제적이며, 적은 양의 데이터 전송만으로도 사용자의 자세를 추정할 수 있으므로 실시간 게임이나 교육용 콘텐츠 재생등에 유용하게 이용될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 동작 추정 장치의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 동작 추정 방법의 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 센서의 부착 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 동작 추정 장치가 입력받은 모션 측정 데이터를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 데이터베이스의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 모션 측정 데이터와 이를 이용한 사용자의 동작 추정 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 추정된 팔 동작의 결과를 나타낸 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0015] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0016] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0017] 먼저, 도 1을 통해 본 발명의 실시예에 따른 동작 추정 장치(100)의 구성에 대하여 살펴본다. 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 동작 추정 장치의 구성도이다.
- [0018] 도 1에서 나타난 바와 같이, 동작 추정 장치(100)는 입력부(110), 동작 추정부(120), 자세 추정부(130)를 포함한다.

- [0019] 우선, 입력부(110)는 사용자의 신체 부위 중 적어도 어느 하나에 부착된 센서를 통해 측정된 센서가 부착된 신체 부위의 동작에 대한 모션 측정 데이터를 입력받는다. 여기서 센서는, 근전도 측정 센서, 가속도 측정 센서, 회전 속도 측정 센서 및 방향 측정 센서 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0020] 이때, 입력부(110)는 센서로부터 모션 측정 데이터를 입력받을 수 있을 뿐만 아니라, 중계 서버나 중계 단말로부터 입력받을 수도 있다.
- [0021] 그리고, 동작 추정부(120)는 신체 부위들 사이의 움직임간 상관 관계에 대한 베이지안 확률 값이 저장된 데이터베이스와 사용자의 모션 측정 데이터를 비교하여 센서가 미부착된 신체 부위의 동작을 추정한다.
- [0022] 구체적으로 동작 추정부(120)는 모션 측정 데이터에 대응하는 데이터베이스의 범위들 중 확률 값이 가장 높은 범위를 센서가 미부착된 신체 부위의 동작으로 추정할 수 있다.
- [0023] 이때, 데이터베이스는 복수의 대상자들의 신체 부위 중 적어도 두 개 이상의 부위에 부착된 센서를 통해 측정된 복수의 대상자들의 동작 정보에 대한 데이터를 이용하여 생성될 수 있다. 구체적으로 데이터베이스는 동작 정보에 대한 데이터를 기 설정된 간격에 따라 그룹하여 각 동작 정보에 대한 베이지안 확률 값을 저장한다.
- [0024] 그러면, 자세 추정부(130)는 추정된 사용자의 신체 부위의 동작 및 모션 측정 데이터에 대응하는 사용자의 자세를 추정한다.
- [0025] 이하에서는 도 2 내지 도 7을 통해 본 발명의 실시예에 따른 동작 추정 장치(100)를 이용한 동작 추정 방법에 대하여 살펴보는바, 통상의 기술자가 쉽게 이해할 수 있도록 사용자의 팔에 한정된 실시예를 통해 설명하도록 한다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 동작 추정 방법의 순서도이다.
- [0026] 먼저, 사용자의 전완 또는 상완에 부착된 센서는 사용자의 자세를 측정한다(S210). 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 센서의 부착 방법을 설명하기 위한 도면으로 도 3을 통해 사용자 자세 측정을 위한 종래의 방식과 본 발명의 방식을 비교해 보도록 한다.
- [0027] 도 3의 (a)는 종래 사용자의 팔 동작을 측정하기 위한 센서의 부착 방법이고 도 3의 (b)는 본 발명의 팔 동작을 측정하기 위한 센서의 부착 방법을 나타낸다.
- [0028] 종래에는 도 3의 (a)와 같이 팔꿈치 관절을 기준으로 전완과 상완에 각각 사용자의 자세를 측정하기 위한 센서를 부착하여 사용자의 자세를 측정하였다.
- [0029] 하지만 본 발명에 따르면 도 3의 (b)와 같이 전완에만 센서를 부착하거나 상완에만 센서를 부착하여 사용자의 자세를 측정한다. 그러므로 종래 발명이 양 팔의 동작을 측정하기 위해 4개의 센서를 사용하였다면, 본 발명은 2개의 센서만을 사용하므로 경제적이다.
- [0030] 그리고, 센서는 사용자의 자세를 측정한 결과 값, 즉 전완 또는 상완에 대한 모션 측정 데이터를 생성하여 동작 추정 장치(100)로 전송하고, 동작 추정 장치(100)는 사용자의 모션 측정 데이터를 입력받는다(S220).
- [0031] 상기에서 살펴본 바와 같이, 센서는 근전도 측정 센서, 가속도 측정 센서, 회전 속도 측정 센서 및 방향 측정 센서 중 적어도 어느 하나를 포함하므로, 센서로부터 입력받은 모션 측정 데이터는 사용자 팔의 회전 속도, 가속도, 방향 및 근전도 중 적어도 어느 하나의 정보를 포함한다.
- [0032] 그러면 도 4를 통해 모션 측정 데이터에 대해 구체적으로 살펴본다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 동작 추정 장치가 입력받은 모션 측정 데이터를 설명하기 위한 도면이다.
- [0033] 도 4는 모션 측정 데이터의 종류 및 구성을 나타내고 있다. 먼저, Gyroscope는 팔의 회전 속도에 대한 데이터를 의미하며, 3차원 축인 x, y, z방향 각각에 대한 팔의 회전 속도 값으로 구성된다. 다음으로, Acceleration은 팔의 가속도에 대한 데이터를 의미하며, 3차원 축인 x, y, z방향 각각에 대한 팔의 가속도 값으로 구성된다.
- [0034] 그리고, Orientation은 팔의 방향에 대한 데이터를 의미하며, 3차원 축인 x, y, z방향 각각에 대한 팔의 각도 값 및 각속도 값으로 구성된다. 다음으로 EMG는 팔의 근전도에 대한 데이터를 의미하며, 복수의 근전도 신호 값으로 구성된다.
- [0035] 다음으로, 동작 추정 장치(100)는 데이터베이스와 모션 측정 데이터를 비교한다(S230). 구체적으로, 동작 추정 장치(100)는 모션 측정 데이터가 가지는 수치와 데이터베이스의 범위 값을 비교하게 된다.
- [0036] 그러면 도 5를 통해 데이터베이스의 구조에 대해 구체적으로 살펴본다. 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 데이터

베이스의 구조를 설명하기 위한 도면이다.

[0037] 구체적으로, 데이터베이스는 대상자의 전완 및 상완에 부착된 센서를 통해 대상자의 동작 정보에 대한 데이터들을 이용하여 생성된다. 그러므로, 데이터베이스에는 도 5에서 보는 바와 같이 전완 및 상완의 움직임간 상관 관계에 대한 베이지안 확률 값, 즉 전완 및 상완에 부착된 2개의 센싱 값의 상관 관계에 대한 베이지안 확률 값이 저장된다.

[0038] 이때, 측정된 동작 정보의 데이터들은 매우 다양한 숫자로 표시될 수 있으므로, 이에 대한 베이지안 확률 값을 생성하기 어렵다. 그러므로 데이터베이스는 각 데이터들을 기 설정된 간격에 따라 그룹화한 후, 동작 정보의 베이지안 확률 값을 저장하며, 이는 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다

### 수학적 식 1

$$P\left(\left[\frac{x_{i,k,t}}{\delta_k}\right] \middle| \left[\frac{x_{1,k,t}}{\delta_k}\right], \left[\frac{x_{2,k,t}}{\delta_k}\right], \dots\right)$$

[0039]

[0040] 여기서, i는 사용자의 자세에 대한 인덱스 번호이고, k는 데이터의 종류를 의미하고, t는 사용자의 자세의 측정 시간을 의미하고,  $\delta_k$ 는 데이터간의 간격을 조절하기 위한 계수를 의미한다.

[0041] 데이터베이스의 생성 과정에 대하여 예를 들어 살펴 보면, 대상자가 A라는 자세를 취한 경우 팔의 방향에 관한 x축 데이터 값이 전완 45°, 상완 95°로 측정되었으며, 팔의 방향에 관한 x축 데이터베이스( $x_{i,ox,t}$ )의 범위는 도 5와 같이 -180°에서 180°까지 30° 간격으로 그룹화한다고 가정한다. 그러면, A라는 자세에 대한 측정 값은 팔의 방향에 관한 x축 데이터베이스( $x_{i,ox,t}$ )의 전완 -60° ~ -30°, 상완 90° ~ 120°의 범위에 카운팅되어 베이지안 확률 값으로 1이 추가된다.

[0042] 도 5는 대상자가 특정한 3개의 자세에 대하여 30회를 반복하여 얻은 모션 측정 데이터들을 이용하여 생성된 데이터베이스로서, x축, y축, z축 및 각속도에 대한 데이터베이스에는 각각 90개의 데이터가 카운팅되어 저장되어 있다.

[0043] 그리고 데이터베이스는 한 명의 대상자로부터 측정된 데이터들을 이용하여 생성될 수도 있으나, 복수의 대상자들의 전완 및 상완에 부착된 센서를 통해 복수의 대상자들의 복수의 자세들이 측정된 데이터들을 이용하여 생성될 수도 있으며, 이 경우 데이터베이스는 전자의 경우보다 일반화된 베이지안 확률 값을 저장할 수 있다.

[0044] 그러면, 동작 추정 장치(100)는 S230의 비교 결과를 이용하여 사용자의 상완 또는 전완의 움직임을 추정한다(S240). 즉, 동작 추정 장치(100)는 전완에 대한 모션 측정 데이터가 입력된 경우 상완의 움직임을 추정하며, 상완에 대한 모션 측정 데이터가 입력된 경우 전완에 대한 움직임을 추정하게 된다.

[0045] 구체적으로, 동작 추정 장치(100)는 S230단계에서 비교를 통해 선택된 데이터베이스의 범위 중 확률 값이 가장 높은 범위를 사용자의 상완 또는 전완의 움직임으로 추정한다. 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 모션 측정 데이터와 이를 이용한 사용자의 동작 추정 결과를 나타낸 도면이다.

[0046] 예를 들어, 동작 추정 장치(100)가 도 6에서 보는 바와 같이 전완의 방향 값에 대한 모션 측정 데이터를 입력받았으며, 데이터베이스는 도 5와 같다고 가정한다.

[0047] 그러면, Hold/Stanby 자세에서는 전완의 x축 값인 87.35°가 포함된 60° ~ 90°, y축 값인 110.59°가 포함된 90° ~ 120°, z축 값인 58.73°가 포함된 30° ~ 60°, 각속도 값인 -95.31°가 포함된 -102° ~ -90°의 범위가 선택된다.

[0048] 그 후, 동작 추정 장치(100)는 선택된 각 전완의 범위에서 베이지안 확률 값이 가장 높은 상완의 범위를 선택하게 되는데, x축의 범위로 -60° ~ -30°, y축의 범위로 -120° ~ -90°, 각속도의 범위로 60° ~ 90°을 선택하게 된다.

[0049] 이때, 전완 z축의 범위(-102° ~ -90°)에는 베이지안 확률 값이 모두 0이므로, 베이지안 확률 값이 존재하는 해당 전완의 범위와 가장 가까운 곳에 위치한 전완의 범위(-60° ~ -30°)에서 베이지안 확률 값이 가장 높은 상완의 범위를 선택하게 되므로, z축의 범위로 60° ~ 90°이 선택된다.

[0050] 그리고 각 상완의 범위 값 중 어느 하나를 선택하여 상완의 동작을 추정하게 되는데, 도 6에서는 가장 높은 수치인  $-30^{\circ}$ ,  $-90^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  을 각각 상완의 동작으로 추정하였다.

[0051] 여기서 상완의 범위 값 중 어느 하나를 선택하는 방법으로 전완의 측정 값이 해당 범위의 어느 정도에 위치하는지를 이용할 수 있다. 예를 들어, y축은  $110.59^{\circ}$  로  $90^{\circ} \sim 120^{\circ}$  범위 중 2/3 정도에 위치하고 있으므로, 상완 범위( $-120^{\circ} \sim -90^{\circ}$ )의 2/3 지점인  $-100^{\circ}$  을 상완의 동작으로 추정할 수 있다.

[0052] 전완 또는 상완의 동작 추정은 아래의 수학적 식 2로 표현될 수 있다.

### 수학적 식 2

$$x_{i,k,t} = \arg \max_{x_{i,k}} (p_{i,k,t})$$

[0054] 여기서,  $p_{i,k,t}$ 는 데이터베이스의 베이저안 확률 값들을 의미하고  $x_{i,k,t}$ 는 추정된 동작을 의미한다.

[0055] 그러면, 동작 추정 장치(100)는 추정된 상완 또는 전완의 동작과 모션 측정 데이터에 대응하는 사용자의 팔 동작, 즉 팔의 자세를 추정한다(S250). 즉, 상완 또는 전완에 대한 모션 측정 데이터에는 상완 또는 전완의 동작에 대한 정보가 포함되어 있으므로, S240단계에서 추정된 전완 또는 상완의 동작과 결합하여 사용자의 전체 팔 동작을 추정하게 된다.

[0056] 도 6을 예로 들어 살펴보면, Place yourself 동작에서는 전완에 대한 모션 측정 데이터( $x_{i,ox,t}:14.31^{\circ}$ ,  $x_{i,oy,t}:-92.40^{\circ}$ ,  $x_{i,oz,t}:-2.18^{\circ}$ ,  $x_{i,ow,t}:-153.79^{\circ}$ )와 추정된 상완의 동작( $x_{i,ox,t}:-30^{\circ}$ ,  $x_{i,oy,t}:120^{\circ}$ ,  $x_{i,oz,t}:90^{\circ}$ ,  $x_{i,ow,t}:90^{\circ}$ )을 통해 사용자의 팔의 자세를 추정하게 된다.

[0057] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 추정된 팔 동작의 결과를 나타낸 도면이다. 도 7의 (가)는 사용자가 취한 행동을 나타내고 (나) 및 (다)는 종래의 동작 추정 방식에 따르되, 전완에만 센서를 부착한 경우 생성된 팔 동작의 추정 결과를 나타내며, (라)는 본 발명에 따른 팔 동작의 추정 결과를 나타낸다.

[0058] 도 7의 (나) 및 (다)에 나타난 바와 같이, 사용자의 전완에만 센서를 부착하여 종래의 방식에 따라 팔 동작을 추정하는 경우 (나)처럼 상완이 고정된 형태로 팔 동작을 추정하거나, (다)처럼 팔꿈치가 고정된 형태로 팔 동작을 추정하게 되며, 이 경우 사용자의 동작 추정의 정확도가 떨어지게 된다.

[0059] 하지만, 본 발명의 동작 추정 방식에 따른 경우 (라)와 같이 사용자가 실제 자세와 유사한 형태의 팔 동작이 추정된다.

[0060] 상기에서는 팔에 한정하여 동작 추정 방법을 설명하였으나, 이는 사용자의 다리, 몸, 손가락 등 신체의 다른 부위에도 적용이 가능하며, 신체 전부에 대해서도 적용이 가능하다. 예를 들어 사용자의 종아리에 센서를 부착하여 동작을 측정함으로써 사용자의 다리 자세를 추정할 수 있으며, 사용자의 전완 및 허벅지에 센서를 부착하여 동작을 측정함으로써 사용자의 신체 전부에 대한 자세를 추정할 수도 있다.

[0061] 본 발명에 따르면, 종래의 동작 추정 방법들에 비해 적은 수의 센서를 이용하더라도 사용자의 자세를 정확하게 추정할 수 있어 경제적이며, 적은 양의 데이터 전송만으로도 사용자의 자세를 추정할 수 있으므로 실시간 게임이나 교육용 콘텐츠 재생 등에 유용하게 이용될 수 있다.

[0062] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

### 부호의 설명

[0063] 100 : 동작 추정 장치

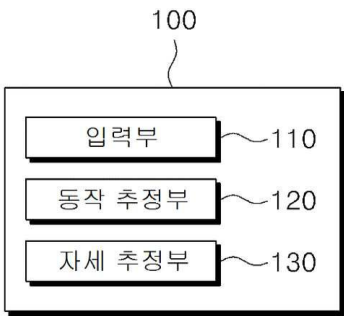
110 : 입력부

120 : 동작 추정부

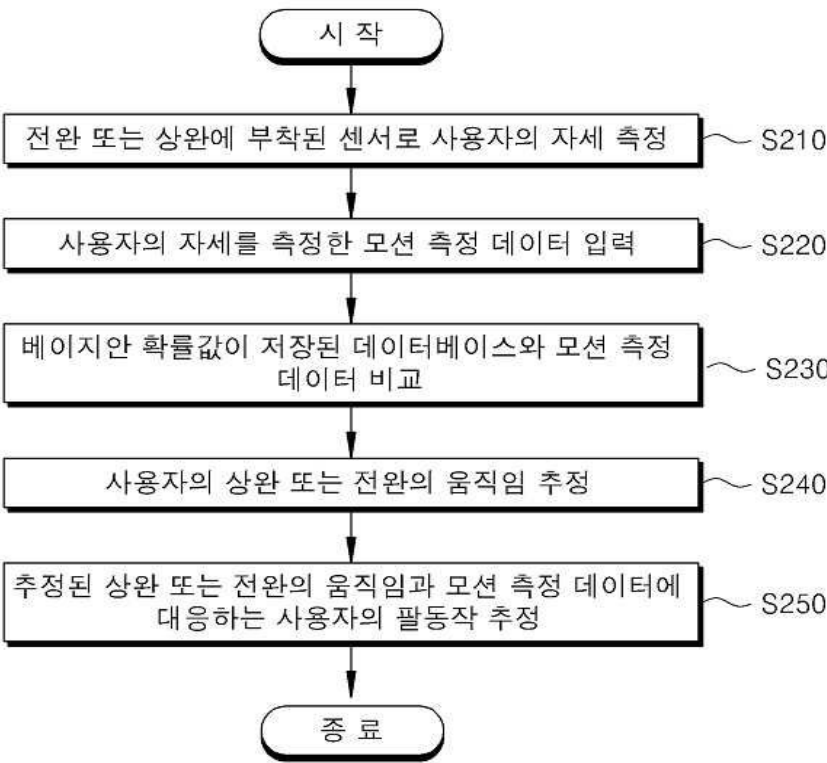
130 : 자세 추정부

도면

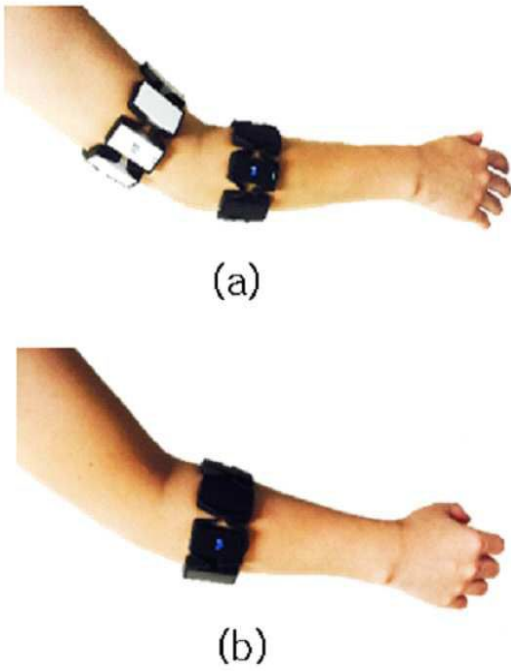
도면1



도면2



도면3



도면4

| Myo $x_i$                            |                              |                              |                                     |                                     |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Gyroscope                            | Acceleration                 | Orientation                  | EMG                                 |                                     |
| $X: X_{i,gy,t}$<br>(-500-a ~ +500+a) | $X: X_{i,ax,t}$<br>(-5 ~ +5) | $X: X_{i,ox,t}$<br>(-1 ~ +1) | $e_1: X_{i,e_1,t}$<br>(-127 ~ +127) | $e_2: X_{i,e_2,t}$<br>(-127 ~ +127) |
| $Y: X_{i,gy,t}$<br>(-500-a ~ +500+a) | $Y: X_{i,ay,t}$<br>(-5 ~ +5) | $Y: X_{i,oy,t}$<br>(-1 ~ +1) | $e_3: X_{i,e_3,t}$<br>(-127 ~ +127) | $e_4: X_{i,e_4,t}$<br>(-127 ~ +127) |
| $Z: X_{i,gz,t}$<br>(-500-a ~ +500+a) | $Z: X_{i,az,t}$<br>(-5 ~ +5) | $Z: X_{i,oz,t}$<br>(-1 ~ +1) | $e_5: X_{i,e_5,t}$<br>(-127 ~ +127) | $e_6: X_{i,e_6,t}$<br>(-127 ~ +127) |
|                                      |                              | $W: X_{i,ow,t}$<br>(-1 ~ +1) | $e_7: X_{i,e_7,t}$<br>(-127 ~ +127) | $e_8: X_{i,e_8,t}$<br>(-127 ~ +127) |

도면5

| $x_{i,gx,t}$  |       | Upper Arm $m_1$ |      |      |     |     |     |   |    |    |    |     |     | $x_{i,gy,t}$  |       | Upper Arm $m_1$ |      |      |      |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |
|---------------|-------|-----------------|------|------|-----|-----|-----|---|----|----|----|-----|-----|---------------|-------|-----------------|------|------|------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Forearm $m_2$ | Angle | -180            | -150 | -120 | -90 | 60  | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | Forearm $m_2$ | Angle | -180            | -150 | -120 | -90  | 60  | -30 | 0   | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |     |     |
|               |       | -180            | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |               | 180   |                 | -180 | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0  | 30 | 60 | 90  | 120 | 150 | 180 |
|               |       | -180            | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |               | 180   |                 | -180 | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0  | 30 | 60 | 90  | 120 | 150 | 180 |
| -180 ~ -150   |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | -180 ~ -150   |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| -150 ~ -120   |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | -150 ~ -120   |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| -120 ~ -90    |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 9   | 4   | -120 ~ -90    |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 12  | 2   | 0   |     |
| -90 ~ -60     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 2  | 16  | 2   | -90 ~ -60     |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 3  | 11  | 0   | 0   |     |
| -60 ~ -30     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 4  | 17  | 3   | -60 ~ -30     |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 1  | 1   | 0   | 0   |     |
| -30 ~ 0       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 3   | 0   | -30 ~ 0       |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 2  | 1  | 0   | 0   | 0   |     |
| 0 ~ 30        |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0 ~ 30        |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 5  | 2  | 0   | 0   | 0   |     |
| 30 ~ 60       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 1   | 1 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 30 ~ 60       |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 11  | 7   | 6  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| 60 ~ 90       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 13  | 5 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 60 ~ 90       |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 8   | 8   | 5   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| 90 ~ 120      |       | 0               | 0    | 0    | 2   | 8   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 90 ~ 120      |       | 0               | 0    | 3    | 2    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| 120 ~ 150     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 120 ~ 150     |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| 150 ~ 180     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 150 ~ 180     |       | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |

(a)  $x_{i,ox,t}$

| $x_{i,gx,t}$  |       | Upper Arm $m_1$ |      |      |     |     |     |   |    |    |    |     |     | $x_{i,gw,t}$  |             | Upper Arm $m_1$ |      |      |      |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |
|---------------|-------|-----------------|------|------|-----|-----|-----|---|----|----|----|-----|-----|---------------|-------------|-----------------|------|------|------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Forearm $m_2$ | Angle | -180            | -150 | -120 | -90 | 60  | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | Forearm $m_2$ | Angle       | -180            | -150 | -120 | -90  | 60  | -30 | 0   | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |     |     |
|               |       | -180            | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |               | 180         |                 | -180 | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0  | 30 | 60 | 90  | 120 | 150 | 180 |
|               |       | -180            | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |               | 180         |                 | -180 | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0  | 30 | 60 | 90  | 120 | 150 | 180 |
| -180 ~ -150   |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 3   | 26  | 1             | -180 ~ -150 |                 | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| -150 ~ -120   |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 8   | 14  | 0             | -150 ~ -120 |                 | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| -120 ~ -90    |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 4  | 18 | 11  | 0   | -120 ~ -90    |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 7  | 1  | 3   | 0   |     |     |
| -90 ~ -60     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 2  | 2  | 0   | 0   | -90 ~ -60     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 5  | 6  | 18 | 3   | 0   |     |     |
| -60 ~ -30     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | -60 ~ -30     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 2   | 8  | 3  | 1  | 0   | 0   |     |     |
| -30 ~ 0       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | -30 ~ 0       |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 1   | 15  | 3  | 2  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 0 ~ 30        |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0 ~ 30        |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 2   | 8  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 30 ~ 60       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 30 ~ 60       |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 1   | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 60 ~ 90       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 60 ~ 90       |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 90 ~ 120      |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 90 ~ 120      |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 120 ~ 150     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 120 ~ 150     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 150 ~ 180     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 150 ~ 180     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |

(b)  $x_{i,oy,t}$

| $x_{i,gx,t}$  |       | Upper Arm $m_1$ |      |      |     |     |     |   |    |    |    |     |     | $x_{i,gw,t}$  |             | Upper Arm $m_1$ |      |      |      |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |
|---------------|-------|-----------------|------|------|-----|-----|-----|---|----|----|----|-----|-----|---------------|-------------|-----------------|------|------|------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Forearm $m_2$ | Angle | -180            | -150 | -120 | -90 | 60  | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | Forearm $m_2$ | Angle       | -180            | -150 | -120 | -90  | 60  | -30 | 0   | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |     |     |
|               |       | -180            | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |               | 180         |                 | -180 | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0  | 30 | 60 | 90  | 120 | 150 | 180 |
|               |       | -180            | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |               | 180         |                 | -180 | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0  | 30 | 60 | 90  | 120 | 150 | 180 |
| -180 ~ -150   |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 3   | 26  | 1             | -180 ~ -150 |                 | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| -150 ~ -120   |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 8   | 14  | 0             | -150 ~ -120 |                 | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| -120 ~ -90    |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 4  | 18 | 11  | 0   | -120 ~ -90    |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 7  | 1  | 3   | 0   |     |     |
| -90 ~ -60     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 2  | 2  | 0   | 0   | -90 ~ -60     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 5  | 6  | 18 | 3   | 0   |     |     |
| -60 ~ -30     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | -60 ~ -30     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 2   | 8  | 3  | 1  | 0   | 0   |     |     |
| -30 ~ 0       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | -30 ~ 0       |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 1   | 15  | 3  | 2  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 0 ~ 30        |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0 ~ 30        |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 2   | 8  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 30 ~ 60       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 30 ~ 60       |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 1   | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 60 ~ 90       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 60 ~ 90       |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 90 ~ 120      |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 90 ~ 120      |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 120 ~ 150     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 120 ~ 150     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 150 ~ 180     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 150 ~ 180     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |

(c)  $x_{i,oz,t}$

| $x_{i,gx,t}$  |       | Upper Arm $m_1$ |      |      |     |     |     |   |    |    |    |     |     | $x_{i,gw,t}$  |             | Upper Arm $m_1$ |      |      |      |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |
|---------------|-------|-----------------|------|------|-----|-----|-----|---|----|----|----|-----|-----|---------------|-------------|-----------------|------|------|------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Forearm $m_2$ | Angle | -180            | -150 | -120 | -90 | 60  | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | Forearm $m_2$ | Angle       | -180            | -150 | -120 | -90  | 60  | -30 | 0   | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |     |     |
|               |       | -180            | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |               | 180         |                 | -180 | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0  | 30 | 60 | 90  | 120 | 150 | 180 |
|               |       | -180            | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |               | 180         |                 | -180 | -150 | -120 | -90 | -60 | -30 | 0  | 30 | 60 | 90  | 120 | 150 | 180 |
| -180 ~ -150   |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 3   | 26  | 1             | -180 ~ -150 |                 | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| -150 ~ -120   |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 8   | 14  | 0             | -150 ~ -120 |                 | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |     |
| -120 ~ -90    |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 4  | 18 | 11  | 0   | -120 ~ -90    |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 7  | 1  | 3   | 0   |     |     |
| -90 ~ -60     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 2  | 2  | 0   | 0   | -90 ~ -60     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 5  | 6  | 18 | 3   | 0   |     |     |
| -60 ~ -30     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | -60 ~ -30     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 2   | 8  | 3  | 1  | 0   | 0   |     |     |
| -30 ~ 0       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | -30 ~ 0       |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 1   | 15  | 3  | 2  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 0 ~ 30        |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0 ~ 30        |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 2   | 8  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 30 ~ 60       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 30 ~ 60       |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 1   | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 60 ~ 90       |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 60 ~ 90       |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 90 ~ 120      |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 90 ~ 120      |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 120 ~ 150     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 120 ~ 150     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |
| 150 ~ 180     |       | 0               | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 150 ~ 180     |             | 0               | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |

(d)  $x_{i,ow,t}$

(a)  $x_{i,ox,t}$

(b)  $x_{i,oy,t}$

| $x_{i,gz,t}$  |             | Upper Arm $m_1$ |      |      |     |    |     |   |    |    |    |     |                                                                                                                                               | $x_{i,gw,t}$  |                                                                                                                                                 | Upper Arm $m_1$ |      |      |     |    |     |   |    |    |    |     |     |
|---------------|-------------|-----------------|------|------|-----|----|-----|---|----|----|----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|------|-----|----|-----|---|----|----|----|-----|-----|
| Forearm $m_2$ | Angle       | -180            | -150 | -120 | -90 | 60 | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150                                                                                                                                           | Forearm $m_2$ | Angle                                                                                                                                           | -180            | -150 | -120 | -90 | 60 | -30 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
|               | -180 ~ -150 | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 3  | 26  | 1                                                                                                                                             |               | -180 ~ -150 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |
|               | -150 ~ -120 | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 8  | 14  | 0                                                                                                                                             |               | -150 ~ -120 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |
|               | -120 ~ -90  | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 4  | 18 | 11  | 0                                                                                                                                             |               | -120 ~ -90 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>0</td>  | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 7  | 1  | 3   | 0   |
|               | -90 ~ -60   | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 2  | 2   | 0                                                                                                                                             |               | -90 ~ -60 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>18</td> <td>3</td>  | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 5  | 6  | 18  | 3   |
|               | -60 ~ -30   | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 1  | 0   | 0                                                                                                                                             |               | -60 ~ -30 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>0</td>   | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 2  | 8  | 3  | 1   | 0   |
|               | -30 ~ 0     | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0                                                                                                                                             |               | -30 ~ 0 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>15</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>0</td>    | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 1  | 15 | 3  | 2   | 0   |
|               | 0 ~ 30      | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0                                                                                                                                             |               | 0 ~ 30 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td>      | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 2  | 8  | 0  | 0   | 0   |
|               | 30 ~ 60     | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0                                                                                                                                             |               | 30 ~ 60 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td>     | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 1  | 1  | 0  | 0   | 0   |
|               | 60 ~ 90     | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0                                                                                                                                             |               | 60 ~ 90 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td>     | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |
| 90 ~ 120      | 0           | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 90 ~ 120 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td>  | 0             | 0                                                                                                                                               | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  |     |     |
| 120 ~ 150     | 0           | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 120 ~ 150 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> | 0             | 0                                                                                                                                               | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  |     |     |
| 150 ~ 180     | 0           | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  | 0   | 150 ~ 180 <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> | 0             | 0                                                                                                                                               | 0               | 0    | 0    | 0   | 0  | 0   | 0 | 0  | 0  | 0  |     |     |

(c)  $x_{i,oz,t}$

(d)  $x_{i,ow,t}$

도면6

|                | Forearm      |              |              |              | Estimated Upper Arm |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| Properties     | $x_{i,ox,t}$ | $x_{i,oy,t}$ | $x_{i,oz,t}$ | $x_{i,ow,t}$ | $x_{i,ox,t}$        | $x_{i,oy,t}$ | $x_{i,oz,t}$ | $x_{i,ow,t}$ |
| Hold/Stand by  | 87.35        | 110.59       | 58.73        | -95.31       | -30                 | -90          | 90           | 90           |
| Place yourself | 14.31        | -92.40       | -2.18        | -153.79      | -30                 | 120          | 90           | 90           |
| Proceed        | -82.17       | -22.87       | 60.86        | 146.34       | 120                 | 30           | 90           | 30           |

도면7



(a) Hold/Stand by



(b) Place yourself



(c) Proceed

(가)



(a) Hold/Stand by



(b) Place yourself



(c) Proceed

(나)



(a) Hold/Stand by



(b) Place yourself



(c) Proceed

(다)



(a) Hold / Stand by



(b) Place yourself



(c) Proceed

(라)