

3축 모션 센서 기반 SWAT 수신호 모션 인식 시스템 설계 및 구현

Design and implementation of a 3-axis Motion Sensor based SWAT Hand-signal Motion-recognition System

윤 준¹ 편 기 현²
June Yun Kihyun Pyun

요 약

수신호는 음성을 사용할 수 없는 상황, 특히 군인들에게 있어 효과적인 통신 수단이다. 기존의 수신호 인식 방법으로 카메라를 입력 장치로 하는 비전 인식 방식들이 많이 활용되었다. 그러나 시야가 보이지 않는 군인들의 의사소통에는 적합하지 않다. 또 수신호 전달을 위한 장갑을 제작하는 기존의 방식들은 단지 손가락 움직임 정보만을 활용하고 있기 때문에 손가락뿐만 아니라 손의 회전 등의 추가적인 정보를 필요로 하는 군대 수신호 인식에는 부족하다. 본 논문에서는 수신호 장갑과 3축 모션 센서를 기반으로 군에서 널리 활용되는 6 가지 동작, 즉, 준비, 이동, 빨리 이동, 낮은 보폭, 정지, 그리고 엎드려 동작을 인식할 수 있는 시스템을 설계하고 제안하였다. 이를 위하여 손 모양을 인식하는 방법과 손의 모션을 인식하는 방법을 제안하였다. 손 모양 인식은 각 손가락을 굽힌 정도에 따라 완전히 펴진 상태, 조금 펴진 상태, 조금 굽힌 상태, 완전히 굽힌 상태로 구분한 것을 기반으로 하였다. 손의 모션 인식은 3축을 기준으로 각 동작의 특성을 분석하여 이를 알고리즘화 하였다. 반복 실험을 통한 시험 결과 평균 91.2%의 인식 성공률을 보였다.

☞ 주제어 : 수신호 인식, 3축 모션 센서

ABSTRACT

Hand-signal is an effective communication means in the situation where voice cannot be used for expression especially for soldiers. Vision-based approaches using cameras as input devices are widely suggested in the literature. However, these approaches are not suitable for soldiers that have unseen visions in many cases. In addition, existing special-glove approaches utilize the information of fingers only. Thus, they are still lack for soldiers' hand-signal recognition that involves not only finger motions, but also additional information such as the rotation of a hand. In this paper, we have designed and implemented a new recognition system for six military hand-signal motions, i. e., 'ready', 'move', quick move', 'crawl', 'stop', and 'lying-down'. For this purpose, we have proposed a finger-recognition method and motion-recognition methods. The finger-recognition method discriminate how much each finger is bended, i. e., 'completely flattened', 'slightly flattened', 'slightly bended', and 'completely bended'. The motion-recognition algorithms are based on the characterization of each hand-signal motion in terms of the three axes. Through repetitive experiments, our system have shown 91.2% of correct recognition.

☞ keyword : hand-signal, recognition, three-axis motion sensor

1. 서 론

수신호는 음성으로 표현할 수 없는 상황에서 쓸 수 있는 효과적인 의사전달 수단이다. 심지어 들을 수 없는 청각 장애인과 의사소통을 하거나 적진에서 임무를 수행하

는 군인들에게는 수신호가 필수이다.

이러한 수신호를 컴퓨터와 의사소통 수단으로 쓰기 위한 연구가 수행되어 왔다. 또한 수신호의 종류는 매우 넓고 많기 때문에 특정 응용에 맞도록 인식 시스템을 특화 하는 연구는 매우 중요하다. 고전적으로 수화를 인식하기 위한 시스템이 많이 연구되어왔다. 그러나 군인들을 위한 수신호 인식 시스템은 지금까지 별로 연구되지 못하였다. 이러한 시스템은 소리를 낼 수 없는 적진에서 부대원들, 특히 SWAT (Special Weapons And Tactics) 부대원들이 서로 시야에 보이지 않아도 의사를 전달할 수 있기 때문에 매우 중요하다[1][2][3][4][5].

¹ Korea S/W Development, Samsung, Korea

² Dept. of Computer Science and Engineering, Chonbuk National Univ., 561-756, Korea.

* Corresponding author (khyun@chonbuk.ac.kr)

[Received 22 March 2014, Reviewed 27 March 2014, Accepted 20 June 2014]

기존의 수신호 모션 인식 방법으로 카메라를 입력장치로 하는 비전 (vision) 인식 기반의 접근 방식이 많이 활용되었다. 그러나 시야에 보이지 않는 군인들간의 의사소통을 위해서는 이러한 비전 방식이 적합하지 않다. 또 수신호 전달을 위한 장갑을 제작하는 방식이 연구되었지만, 기존의 수신호 장갑은 단지 손가락 움직임 정보만을 갖기 때문에 손가락뿐만 아니라 손의 회전 등의 추가적인 정보를 필요로 하는 군대 수신호 인식에는 부족하다[6][7][8][9].

본 논문에서는 수신호 장갑과 3 축 모션 센서를 기반으로 6 가지 동작을 인식 할 수 있는 군대 수신호 모션 인식 시스템을 설계하고 구현하였다. 3 축 모션 센서는 3 축 가속도 센서와 3 축 지자기 센서로 이루어져 있어 모션에 대한 방향성과 이동성의 모션 데이터를 도출 할 수 있어 모션 제어가 가능하다. 모션 센서를 분석하는 전처리 단계인 손가락의 움직임을 인식하기 위한 수신호 글러브를 구현하고 분석하였다. 또한 고려하는 SWAT 수신호를 인식할 수 있는 방법을 제안하고 실험 분석 및 실험 결과를 도출하였다.

2. 관련 연구

기존의 수신호를 인식 시스템은 카메라를 입력 장치로 하는 비전 기반의 시스템과 임베디드 기반의 글러브 인터페이스를 활용한 시스템으로 연구되고 있다 [6][7][10][11][12].

카메라를 입력 장치로 하는 비전 기반의 시스템은 카메라 영상 기반 수신호 인식과 3D 기반 수신호 인식으로 나눌 수 있다. 카메라 영상 기반 수신호 인식은 하나 혹은 그 이상의 카메라를 이용하여 획득한 수신호 영상으로부터 인식하고자 하는 영상의 특징을 추출하여 인식하는 방법이다. 이 방식은 인식 대상 수신호가 고정된 카메라 시점에서 확연히 구별되어야 하는 제한 점을 갖는다. 한편 후자의 3D 기반 수신호 인식 방법은 카메라로 획득한 입력 영상으로부터 3차원 데이터를 추출하여 수신호를 인식한다. 이를 위해 많은 방식이 제안되었으나 극히 제한된 실험실 환경에서 이루어졌거나 소수의 실험 대상 자들에 대해서 수신호 데이터를 얻고 인식 결과를 도출하였다. SWAT 수신호는 실외 환경이기 때문에 조명 등이 일정한 실내환경에 적합한 3D기반 수신호 인식 방법들이 적합하지 않다[6][7][10][11][12].

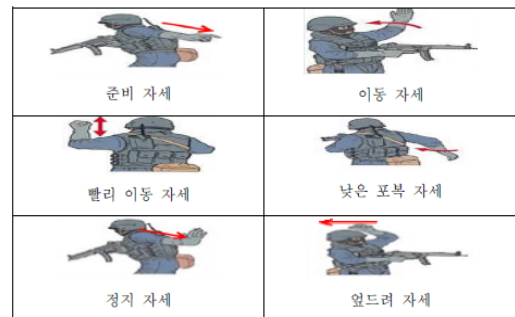
임베디드 기반의 글러브 인터페이스를 활용한 시스템

은 손의 정보만을 활용하기 때문에 SWAT 수신호처럼 손 전체 동작으로 표현하는 수신호 인식에는 부족하다. 이 방식은 글러브 안에 내장된 밴드센서를 센싱하고 이 글러브로부터 나오는 미소 전류를 원칩 보드의 AD컨버터를 사용하여 손의 형태를 계량화 하여 측정한다. 따라서 글러브 인터페이스 시스템은 각 손가락의 데이터를 조합하여 수화를 인식하는데 적합하다. 그러나, SWAT 수신호는 손가락 동작과 더불어 손의 모션을 포함하므로 글러브 수신호 인식 만으로는 부족하다[4][5].

본 연구는 글러브 수신호 인식과 더불어 3축 모션 센서를 함께 활용한다. 이 두 가지 정보를 함께 사용하여 각 동작 모션의 패턴을 찾아내어 분류 할 수 있는 수신호 인식 시스템을 제안한다.

3. 제안하는 SWAT 수신호 모션 인식 시스템

3.1 고려하는 6가지 SWAT 수신호



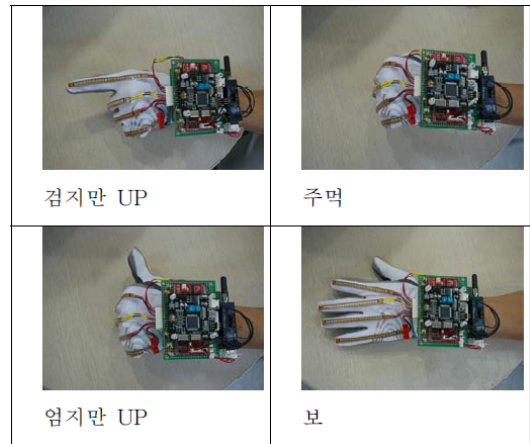
(그림 1) 6가지 SWAT 수신호 모션
(Figure 1) six SWAT hand-signal motions

본 논문에서는 고려하는 6가지의 SWAT 수신호는 그림 1과 같다. 준비자세는 주먹을 쥐 상태에서 엄지만 편 체 등 뒤로 향하는 모션을 의미한다. 이동 자세는 주먹을 쥐 상태에서 보 상태를 취하며 손바닥이 뒤로 향하게 모션을 의미한다. 빨리 이동 자세는 주먹을 쥐 상태에서 주먹을 위로 향하고 위와 아래로 두 번을 왔다 갔다 향하는 모션을 의미한다. 낮은 포복 자세는 주먹을 쥐 상태에서 보 상태를 취하며 손바닥이 아래의 앞에서 향하게 모션을 의미한다. 정지 자세는 주먹을 쥐 상태에서 보 상태로 뒤로 향하게 모션을 의미한다. 엎드려 자세는 주먹을 쥐 상태에서 엄지만 편 체 뒤로 향하게 취하는 모션을 의미한다.

3.2 전체 시스템 구조

본 연구는 M6SM-AHRS (Mobilab 6-axis Sensor Module Attitude and Heading Reference System) 모션 센서를 사용하였다. M6SM-AHRS는 3축 가속도 센서와 3축 지자기 센서를 결합한 형태이다. 마이크로 컨트롤러에서 지자기, 가속도 센서의 원본 데이터를 가공하여 데이터를 생성한다.

본 연구에서 제안한 SWAT 수신호 모션 인식 시스템은 그림 2과 같다. 임베디드 시스템을 구현하기 위하여 손가락의 움직임을 측정하기 위한 수신호 장갑을 구현하였다. 손가락의 움직임을 측정하기 위해 각 손가락에 플렉스 센서(Flex Sensor)를 사용하였다. 또한 손의 모션을 측정하기 위해 수신호 장갑의 손목 부근에 6축 센서를 장착하여 손의 방향과 모션을 측정하였다. SWAT 수신호를 자유롭게 동작 할 수 있도록 무선 통신 방식인 블루투스 모듈을 사용하였다. 이는 컴퓨터의 시리얼 포트를 확장한 RS232C 통신을 통하여 수신호 모션 인식모니터링 시스템에 전송된다.



(그림 3) 기본 수신호 손가락 동작들
(Figure3) basic hand-signal figure gestures

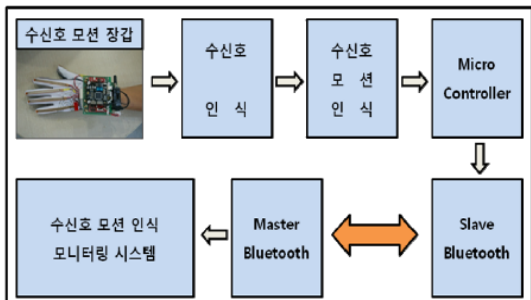
본 연구는 5명의 실험 대상자들에게 수신호를 반복적으로 취하게 하면서 표 1에 보인 바와 같이 손가락의 상태를 완전히 퍼진 상태, 조금 퍼진 상태, 조금 굽힘 상태, 완전히 굽힘 상태의 4단계로 구분하였다.

(표 1). 손가락 움직임에 대한 센서 값 범위

(Table 1) Sensor value ranges for finger gestures

센서범위	엄지	검지	중지	약지	소지
완전히 퍼진상태	0xff ~ 0xce	0xff ~ 0xc0	0xff ~ 0xc0	0xff ~ 0xcc	0xff ~ 0xc1
조금 퍼진상태	0xcd ~ 0x6c	0xcf ~ 0x68	0xbf ~ 0x60	0xcb ~ 0x62	0xc0 ~ 0x60
조금 굽힘상태	0x6b ~ 0x3e	0x67 ~ 0x35	0x5f ~ 0x33	0x61 ~ 0x32	0x5f ~ 0x30
완전히 굽힘상태	0x3d ~ 0x00	0x34 ~ 0x00	0x32 ~ 0x00	0x31 ~ 0x00	0x2f ~ 0x00

표 1을 기반으로 SWAT 수신호 6 가지 손 모양에 대한 인식 방법은 그림 4와 같다.



(그림 2) 수신호 모션 인식 시스템 구조도
(Figure 2) Structure of hand-signal motion recognition system

3.3 손 모양 인식 방법

SWAT 수신호를 인식하기 위해서는 손 모양과 모션을 함께 인식해야 한다. 이 절에서는 손 모양 인식을 다루고 다음절에서 모션 인식을 다룬다.

6가지 SWAT 수신호는 손가락 모양 관점에서 볼 때 그림 3과 같은 4 가지 형태로 나눌 수 있다. 이 동작들은 다섯 손가락들의 굽힘 정도를 플렉스 센서 5개를 사용하여 획득하였다. 측정된 데이터는 0x00에서부터 0xFF사이의 값을 가지며 0xFF에 가까운 값이면 손가락의 상태는 퍼진 상태이고 0x00에 가까운 값이면 손가락을 완전히 구부린 상태를 나타낸다.

수신호 모션	손의 형태	손가락의 굽힘 정도				
		엄지	검지	중지	약지	소지
		0x6b ~ 0x00	0xff ~ 0x68	0x5f ~ 0x00	0x61 ~ 0x00	0x5f ~ 0x00
		0xff ~ 0x6c	0xff ~ 0x68	0xff ~ 0x60	0xff ~ 0x62	0xff ~ 0x60
		0x6b ~ 0x00	0x67 ~ 0x00	0x5f ~ 0x00	0x61 ~ 0x00	0x5f ~ 0x00
		0xff ~ 0x6c	0xff ~ 0x68	0xff ~ 0x60	0xff ~ 0x62	0xff ~ 0x60
		0xff ~ 0x6c	0xff ~ 0x68	0xff ~ 0x60	0xff ~ 0x62	0xff ~ 0x60
		0xff ~ 0x6c	0x67 ~ 0x00	0x5f ~ 0x00	0x61 ~ 0x00	0x5f ~ 0x00

(그림 4) 수신호 모션에 대한 손의 형태의 굽힘 정도
(Figure 4) Bending values of fingers for hand-signal motions

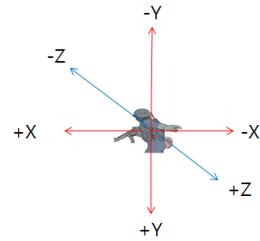
3.4 SWAT 수신호 모션 인식 방법

6축 센서는 3축 가속도 센서와 3축 지자기 센서를 결합한 모듈이다. 본 논문에서는 6축 센서의 경사도 (Inclination) 값을 이용하여 모션의 패턴을 분석하게 된다. 경사도 값은 3축 지자기 방향 값과 3축 가속도 값이 결합되어 분석된 값으로 모션 제어에 있어 패턴을 분석할 수 있는 값으로 X축, Y축, Z축의 세 개의 모션 값으로 나눌 수 있다.

본 연구는 SWAT 모션을 인식하기 위해 수신호 장갑으로부터 출력된 수신호 모션 데이터에 대하여 각 모션 동작에 대해 데이터를 100번씩 추출하여 각 모션에 맞는 패턴을 분류하였다. 모션 데이터는 주먹의 기본 자세에서 검지, 엄지, 보의 상태를 만들 때 모션 데이터를 입력 받아 패턴을 분석하였고, 모션 센서의 경사도 값의 변화량을 그래프로 추출하여 각 모션에 대한 패턴을 찾아내었다.

모든 수신호 시작은 주먹을 쥔 상태에서 시작한다는 점을 주목해야 한다. 손 모양이 주먹이 되면 각 자세에 해당하는 패턴에 해당하는 지를 분석하고 판별하면 된다.

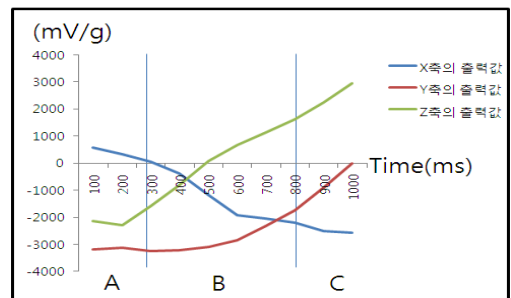
주먹을 쥔 상태에서 수신호 모션은 3축 데이터 값의 변화를 측정하면 된다. 그림 5는 X축, Y축, Z축의 모션 값의 방향을 보여준다.



(그림 5) X축, Y축, Z축 방향
(Figure 5) Direction of X-axis, Y-axis, and Z-axis

3.4.1. 준비 자세 패턴 분석법

각 SWAT 동작의 특성을 수집하기 위해서 10명의 실험자들에게 준비 자세를 취하게 한 후 X, Y, Z 축의 가속도 변화량을 측정하였고, 그 평균값을 그림 5에 나타내었다.

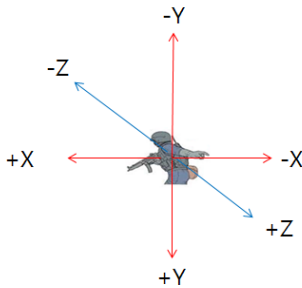


(그림 6) 준비 자세에 대한 패턴 그래프
(Figure 6) Pattern graph for the stand-by pose

그림 6는 피실험자가 주먹을 쥔 상태에서 검지를 편 뒤 등 뒤로 향하게 모션을 취할 때 패턴을 분석한 것이다. 모든 축의 데이터 변화량은 0.3초 이후 변화량을 보이게 된다. X축은 0.3초 이후로 감소하고 Y축과 Z축은 증가하는 걸 볼 수 있다. 0.4 ~ 0.5 초 사이에 Z축은 X축의 데이터 값을 넘어서게 되고 0.7 ~ 0.8 초 사이에 Y축은 X축의 데이터 값을 넘어서게 된다. 초기의 데이터 값은 가장 큰 값으로 X축, Z축, Y축 순으로 보이지만 모션이 끝난 0.8초 후의 데이터의 값은 가장 큰 값으로 Z축, Y축, X축 순으로 변화량을 보인다.

이 패턴을 인식하기 위해 그림 6에서 보는 바와 같이 모션 센서 출력 값을 3 개의 구간, 즉, A 구간, B 구간, 그리고 C 구간으로 나누었다. A 구간은 측정을 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms 사이의 구간, B 구간은 300 ~ 800 ms 사이의 구간, 마지막으로 C 구간은 800 ~ 1000 ms 사이를 의미한다.

각 구간에서 모션 센서 값은 X 축, Y 축, Z 축의 3개의 성분이 있으므로 각 축의 평균값을 측정한다. A 구간에서의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 각각 A_X^{avg} , B_Y^{avg} , 그리고 C_Z^{avg} 로 표기한다. B 구간, C 구간의 각 성분의 평균값도 동일한 방식으로 표기한다. 측정이 끝나는 시점, 즉, 1000 ms 지점에서 우리는 위의 평균값들을 기반으로 사용자가 어떤 모션을 측정 했는지를 판단한다.



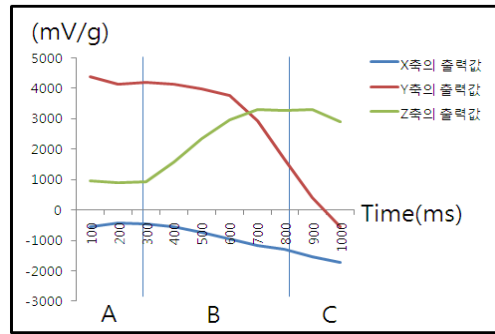
준비 자세 모션의 경우는 다음의 조건을 만족하면 사용자가 준비 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

- (준비자세 조건 1) $A_X^{avg} > B_Y^{avg} > C_Z^{avg}$ (X축 감소)
- (준비자세 조건 2) $A_X^{avg} < B_Y^{avg} < C_Z^{avg}$ (Y축 증가)
- (준비자세 조건 3) $A_X^{avg} < B_Y^{avg} < C_Z^{avg}$ (Z축 증가)
- (준비자세 조건 4) $A_X^{avg} > A_Y^{avg} > A_Z^{avg}$ (초기 자세)
- (준비자세 조건 5) $C_Z^{avg} > C_Y^{avg} > C_X^{avg}$ (최종 자세)

준비자세 조건 1은 사용자가 손을 아래로 내릴 때 몸 쪽으로 붙이게 되는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 몸 쪽으로 붙이면 X 축 모션 값이 감소하게 된다. 준비 자세 조건 2는 사용자가 손을 위에서 뒤로 내리게 되는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 위에서 뒤로 내리면 Y 축 모션 값이 증가하게 된다. 준비 자세 조건 3은 사용자가 손을 옆으로 퍼는 동작특성을 반영한다. 손을 기준으로 옆으로 퍼게 되면 Z축 모션 값이 증가하게 된다. 준비 자세 조건 4는 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 비교한다. 준비 자세 조건 5는 마지막 C 구간으로 800 ~ 1000 ms 사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 비교한다. 준비 자세 조건 5가지를 모두를 만족하면 준비 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

3.4.2 낮은 포복 자세 수신호 패턴 분석법

그림 7은 낮은 포복 자세에 대한 패턴 그래프이다.



(그림 7) 낮은 포복 자세에 대한 패턴 그래프
(Figure 7) Pattern graph for the crawling pose

낮은 포복 자세는 피실험자가 주먹을 쥐 상태에서 모든 손가락을 편 상태에서 손이 등 뒤에서 손바닥이 앞으로 보이고 아래에서 위로 향하게 모션을 취하게 된다. 모든 축의 데이터 변화량은 그림 7을 보면 Z축은 0.3초 이후 변화량을 보이고 Y축은 0.6초 이후 변화량을 보이지만 X축의 변화량은 거의 없는 것을 알 수 있다. Z축은 0.3초 이후로 증가하는 걸 볼 수 있고 Y축은 0.6초 이후로 감소함을 알 수 있게 되었다. 0.6 ~ 0.8초 사이에 Z축은 Y축의 데이터 값을 넘어서게 된다. 초기의 데이터 값은 가장 큰 값으로 Y축, Z축, X축 순으로 보이지만 모션이 끝난 0.8초 후의 데이터의 값은 가장 큰 값으로 Z축, Y축 X축 순으로 변화량을 보인다. 그에 따른 Y축과 Z축의 0 ~ 3 초의 이전의 축의 데이터 값과 모션이 끝난 0.8초 이후의 Y축과 Z축의 데이터 값을 비교하여 패턴을 분석 및 정의 할 수 있다.

이 패턴을 인식하기 위해 그림 7에서 보는 바와 같이 모션 센서 출력 값을 3 개의구간, 즉, A 구간, B 구간, 그리고 C 구간으로 나누었다. A 구간은 측정을 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms 사이의 구간, B 구간은 300 ~ 800 ms 사이의 구간, 마지막으로 C 구간은 800 ~ 1000 ms 사이를 의미한다.

낮은 포복 자세 모션의 경우는 다음의 조건을 만족하면 사용자가 낮은 포복 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

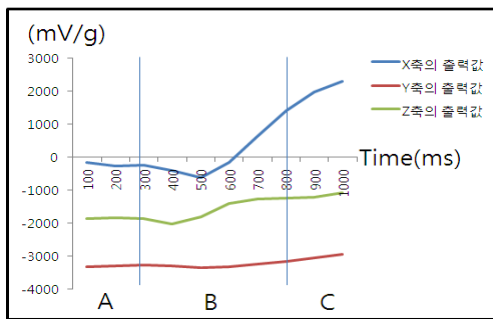
- (낮은 포복조건 1) $A_X^{avg} > B_Y^{avg} > C_Z^{avg}$
- (낮은 포복 조건 2) $A_X^{avg} > B_Y^{avg} > C_Z^{avg}$
- (낮은 포복조건 3) $A_X^{avg} < B_Y^{avg} < C_Z^{avg}$
- (낮은 포복조건 4) $A_X^{avg} < A_Y^{avg} < A_Z^{avg}$
- (낮은 포복조건 5) $C_Z^{avg} > C_Y^{avg} > C_X^{avg}$

낮은 포복 자세 조건 1은 사용자가 손을 아래에서 울릴 때 몸 바깥 쪽으로 떨어지는 특성을 반영한다. 손을

기준으로 몸 바깥 쪽으로 떨어지면 X 축 모션 값이 감소하게 된다. 낮은 포복 자세 조건 2는 사용자가 손을 아래서 앞으로 올리는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 아래에서 앞으로 올리면 Y 축 모션 값이 감소하게 된다. 낮은 포복 자세 조건 3은 사용자가 손이 앞으로 가는 동작 특성을 반영한다. 손을 기준으로 앞으로 가게 되면 Z축 모션 값이 증가하게 된다. 낮은 포복 자세 조건 4는 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 비교한다. 낮은 포복 자세 조건 5는 마지막 C 구간으로 800 ~ 1000 ms 사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 비교한다. 낮은 포복 자세 조건 5가지를 모두를 만족하면 낮은 포복 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

3.4.3 이동 자세 패턴 분석법

그림 8은 이동 자세에 대한 패턴 그래프이다.



(그림 8) 이동 자세에 대한 패턴 그래프
(Figure 8) Pattern graph for the moving pose

이동 자세는 피실험자가 주먹을 쥐 상태에서 모든 손가락을 편 상태가 되면서 손바닥이 뒤로 향하게 하고 위에서 뒤로 향하게 모션을 취하게 된다. 모든 축의 데이터 변화량은 그림 8을 보면 0.5초 이후 변화량을 보이게 된다. X축은 0.5초 이후로 급격히 증가하고 Y축과 Z축은 변화량은 거의 없는 걸 볼 수 있다. 0.5 초 이후 X축의 데이터 값은 급격히 증가하게 되는데 X축의 0 ~ 0.5 초 사이의 데이터의 평균 값과 모션이 끝난 0.8~1 초 사이의 데이터 값이 급격히 증가함 비교 할 수 있게 된다.

그에 따른 각 축의 0 ~ 0.5 초의 이전의 각 축의 데이터 값의 평균값과 모션이 끝난 0.8초 이후의 각 축의 데이터 값을 비교하여 패턴을 분석 및 정의 할 수 있다. 이 패턴을 인식하기 위해 그림 8에서 보는 바와 같이 모션

센서 출력 값을 3 개의 구간, 즉, A 구간, B 구간, 그리고 C 구간으로 나누었다. A 구간은 측정을 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms 사이의 구간, B 구간은 300 ~ 800 ms 사이의 구간, 마지막으로 C 구간은 800 ~ 1000 ms 사이를 의미한다.

이동 자세 모션의 경우는 다음의 조건을 만족하면 사용자가 이동 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

$$(이동 자세 조건 1) A_X^{avg} < B_X^{avg} < C_X^{avg}$$

$$(이동 자세 조건 2) A_Y^{avg} < B_Y^{avg} < C_Y^{avg}$$

$$(이동 자세 조건 3) A_Z^{avg} < B_Z^{avg} < C_Z^{avg}$$

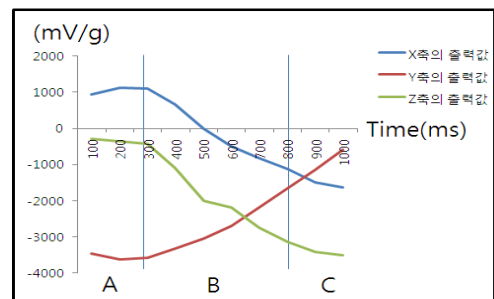
$$(이동 자세 조건 4) A_X^{avg} > A_Y^{avg} > A_Z^{avg}$$

$$(이동 자세 조건 5) C_X^{avg} > C_Y^{avg} > C_Z^{avg}$$

이동 자세 조건 1은 사용자가 손을 위에서 올릴 때 몸 안 쪽으로 붙는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 몸 안 쪽으로 붙으면 X 축 모션 값이 증가하게 된다. 이동 자세 조건 2는 사용자가 손을 옆에서 뒤로 올리는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 옆에서 뒤로 올리면 Y 축 모션 값이 증가하게 된다. 이동 자세 조건 3은 사용자가 손이 앞에서 뒤로 동작 특성을 반영한다. 손을 기준으로 앞에서 뒤로 가게 되면 Z축 모션 값이 증가하게 된다. 이동 자세 조건 4는 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 비교한다. 이동 자세 조건 5는 마지막 C 구간으로 800 ~ 1000 ms 사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 비교한다. 준비 자세 조건 5가지를 모두를 만족하면 이동 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

3.4.4 빨리이동 자세 패턴 분석법

그림 9는 빨리 이동 자세에 대한 패턴 그래프이다.



(그림 9) 빨리 이동 자세에 대한 패턴 그래프
(Figure 9) Pattern graph for the fast moving pose

빨리 이동 자세는 피실험자가 주먹을 쥔 상태에서 다시 주먹을 쥔 상태에서 손을 위로 향하고 위 아래로 왔다 갔다 하는 모션을 취하게 된다. 모든 축의 데이터 변화량은 그림 9를 보면 0.3초 이후 변화량을 보이게 된다. X축과 Y축은 0.3초 이후로 감소하고 Y축은 증가하는 걸 볼 수 있다. 0.6 ~ 0.7초 사이에 Y축은 Z축의 데이터 값을 넘어서게 되고 0.8 ~ 0.9 초 사이에 Y축은 X축의 데이터 값을 넘어서게 된다. 초기의 데이터 값은 가장 큰 값으로 X축, Z축, Y축 순으로 보이지만 모션이 끝난 0.8초 후의 데이터의 값은 가장 큰 값으로 Y축, X축 Y축 순으로 변화량을 보인다.

그에 따른 각 축의 0 ~ 3 초의 이전의 각 축의 데이터 값과 모션이 끝난 0.8초 이후의 각 축의 데이터 값을 비교하여 패턴을 분석 및 정의할 수 있다. 이 패턴을 인식하기 그림 9에서 보는 바와 같이 모션 센서 출력 값을 3개의 구간, 즉, A 구간, B 구간, 그리고 C 구간으로 나누었다. A 구간은 측정을 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms 사이의 구간, B 구간은 300 ~ 800 ms 사이의 구간, 마지막으로 C 구간은 800 ~ 1000 ms 사이를 의미한다.

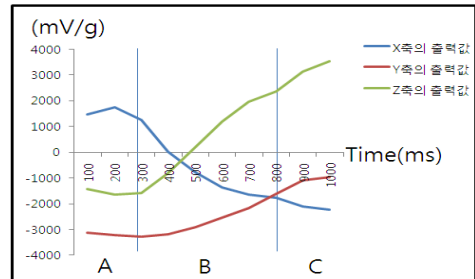
빨리 이동 자세 모션의 경우는 다음의 조건을 만족하면 사용자가 빨리 이동 자세모션을 취하였다고 판정한다.

- (빨리 이동 조건 1) $A_x^{avg} > B_x^{avg} > C_x^{avg}$
- (빨리 이동 조건 2) $A_y^{avg} < B_y^{avg} < C_y^{avg}$
- (빨리 이동 조건 3) $A_z^{avg} > B_z^{avg} > C_z^{avg}$
- (빨리 이동 조건 4) $A_x^{avg} > A_z^{avg} > A_y^{avg}$
- (빨리 이동 조건 5) $C_y^{avg} > C_x^{avg} > C_z^{avg}$

빨리 이동 자세 조건 1은 사용자가 손이 위를 향하고 아래로 떨어지는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 아래로 떨어지면 X 축 모션 값이 감소하게 된다. 빨리 이동 자세 조건 2는 사용자가 손을 옆에서 아래로 떨어지는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 옆에서 아래로 떨어지면 Y 축 모션 값이 증가하게 된다. 빨리 이동 자세 조건 3은 사용자가 손이 위에서 아래로 떨어지는 동작 특성을 반영한다. 손을 기준으로 위에서 아래로 떨어지면 Z 축 모션 값이 감소하게 된다. 빨리 이동 자세 조건 4는 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 비교한다. 이동 자세 조건 5는 마지막 C 구간으로 800 ~ 1000 ms 사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 비교한다. 빨리 이동 자세 조건 5가지를 모두를 만족하면 이동 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

3.4.5 수신호 정지 자세 패턴 분석법

그림 10은 정지 자세에 대한 패턴 그래프이다.



(그림 10) 정지 자세에 대한 패턴 그래프
(Figure 10) Pattern graph for the stop pose

정지 자세는 피실험자가 주먹을 쥔 상태에서 손가락 전체를 편 상태에서 등 뒤로 향하게 모션을 취하게 된다. 그림 10을 보면 X축과 Z축의 데이터 변화량은 0.3초 이후 변화량을 보이게 되고 Y축의 데이터 변화량은 0.5초 이후 변화량을 보이게 된다. X축은 0.3초 이후로 감소하고 Y축과 Z축은 증가하는 걸 볼 수 있다. 0.4 ~ 0.5 초 사이에 Z축은 X축의 데이터 값을 넘어서게 되고 0.7 ~ 0.8 초 사이에 Y축은 X축의 데이터 값을 넘어서게 된다. 초기의 데이터 값은 가장 큰 값으로 X축, Z축, Y축 순으로 보이지만 모션이 끝난 0.8초 후의 데이터의 값은 가장 큰 값으로 Z축, Y축 X축 순으로 변화량을 보인다.

그에 따른 각 축의 0 ~ 3 초의 이전의 각 축의 데이터 값과 모션이 끝난 0.8초 이후의 각 축의 데이터 값을 비교하여 패턴을 분석 및 정의할 수 있다. 이를 위해 그림 10에서 보는 바와 같이 모션 센서 출력 값을 3개의 구간, 즉, A 구간, B 구간, 그리고 C 구간으로 나누었다. A 구간은 측정을 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms 사이의 구간, B 구간은 300 ~ 800 ms 사이의 구간, 마지막으로 C 구간은 800 ~ 1000 ms 사이를 의미한다. 각 구간에서 모션 센서 값은 X 축, Y 축, Z 축의 3개의 성분이 있으므로 각 축의 평균값을 측정한다.

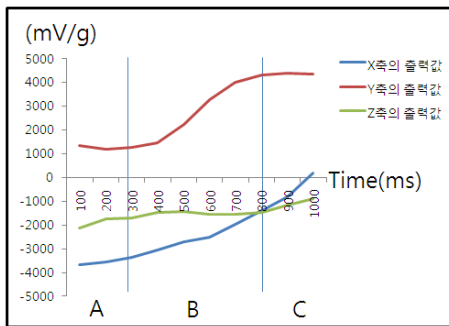
정지 자세 모션의 경우는 다음의 조건을 만족하면 사용자가 정지 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

- (준비자세 조건 1) $A_x^{avg} > B_x^{avg} > C_x^{avg}$
- (준비자세 조건 2) $A_y^{avg} < B_y^{avg} < C_y^{avg}$
- (준비자세 조건 3) $A_z^{avg} < B_z^{avg} < C_z^{avg}$
- (준비자세 조건 4) $A_x^{avg} > A_z^{avg} > A_y^{avg}$
- (준비자세 조건 5) $C_z^{avg} > C_y^{avg} > C_x^{avg}$

정지자세 조건 1은 사용자가 손을 아래로 내릴 때 몸 쪽으로 붙이게 되는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 몸 쪽으로 붙이면 X 축 모션 값이 감소하게 된다. 정지 자세 조건 2는 사용자가 손을 위에서 뒤로 내리게 되는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 위에서 뒤고 내리면 Y 축 모션 값이 증가하게 된다. 정지 자세 조건 3 은 사용자가 손을 옆으로 펴는 동작 특성을 반영한다. 손을 기준으로 옆으로 펴게 되면 Z축 모션 값이 증가 하게 된다. 정지 자세 조건 4는 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 비교한다. 정지 자세 조건 5는 마지막 C 구간으로 800 ~ 1000 ms 사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균 값을 비교한다. 정지 자세 조건 5가지를 모두를 만족하면 준비 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

3.4.6 엎드려 자세 패턴 분석법

그림 11는 엎드려 자세에 대한 패턴 그래프이다.



(그림 11) 엎드려 자세에 대한 패턴 그래프

(Figure 11) Pattern graph for the lying-down pose

이 자세는 피실험자가 주먹을 쥔 상태에서 엄지만 편 채 엄지 손가락이 뒤로 향하게 하고 등 뒤고 움직이는 모션을 취하게 된다. 그림 11을 보면 모든 축의 데이터 변화량은 0.3초 이후 변화량을 보이게 된다. Y축은 0.3초 이후로 급격히 증가하다 0.8초 이후 일정한 값을 가지게 된다. 0.7 ~ 0.8 초 사이에 X축은 Z축의 데이터 값을 넘어 서게 된다. 초기의 데이터 값은 가장 큰 값으로 Y축, Z축, X축 순으로 보이지만 모션이 끝난 0.8초 후의 데이터의 값은 가장 큰 값으로 Y축, X축 Y축 순으로 변화량을 보인다. 그에 따른 X축과 Z축의 0 ~ 3 초의 이전의 각 축의 데이터 값과 모션이 끝난 0.8초 이후의 각 축의 데이터

값을 비교하고 Y축의 데이터의 급격한 증가로 패턴을 분석 및 정의 할 수 있다. 이를 위해 그림 11에서 보는 바와 같이 모션 센서 출력 값을 3 개의 구간, 즉, A 구간, B 구간, 그리고 C 구간으로 나누었다. A 구간은 측정을 시작한 시점으로부터 0~300 ms 사이의 구간, B 구간은 300 ~ 800 ms 사이의 구간, 마지막으로 C 구간은 800 ~ 1000 ms 사이를 의미한다.

엎드려 자세 모션의 경우는 다음의 조건을 만족하면 사용자가 엎드려 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

(엎드려 자세 조건 1) $A_X^{avg} > B_X^{avg} > C_X^{avg}$

(엎드려 자세 조건 2) $A_Y^{avg} < B_Y^{avg} < C_Y^{avg}$

(엎드려 자세 조건 3) $A_Z^{avg} < B_Z^{avg} < C_Z^{avg}$

(엎드려 자세 조건 4) $A_X^{avg} > A_Y^{avg} > A_Z^{avg}$

(엎드려 자세 조건 5) $C_Y^{avg} > C_X^{avg} > C_Z^{avg}$

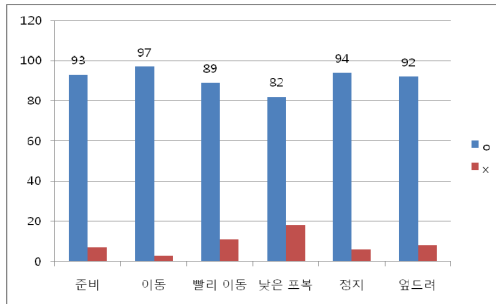
엎드려 자세 조건 1은 사용자가 손을 위에서 뒤로 가고 몸 안 쪽으로 붙이게 되는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 몸 쪽으로 붙이면 X 축 모션 값이 증가하게 된다. 엎드려 자세 조건 2는 사용자가 손을 옆에서 뒤로 가는 특성을 반영한다. 손을 기준으로 옆에서 뒤로 가면 Y 축 모션 값이 증가하게 된다. 엎드려 자세 조건 3 은 사용자가 손을 옆으로 뒤로 가는 동작 특성을 반영한다. 손을 기준으로 옆으로 펴게 되면 Z축 모션 값이 증가하게 된다. 엎드려 자세 조건 4는 시작한 시점으로부터 0~ 300 ms사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균 값을 비교한다. 엎드려 자세 조건 5는 마지막 C 구간으로 800 ~ 1000 ms 사이 구간의 X 축, Y 축, 그리고 Z축 모션 값의 평균값을 비교한다. 엎드려 자세 조건 5 가지를 모두를 만족하면 엎드려 자세 모션을 취하였다고 판정한다.

4. 실험 분석 및 실험 결과

수신호 인식에 대한 학계의 다양한 연구 결과들이 있지만 본 논문에서 목표로 하는 SWAT 수신호를 인식하고자 한 연구는 없어 기존 방식과의 직접적인 비교 평가는 어렵다. 예를 들어, 장갑을 이용한 기존 방식은 손 동작이 포함된 SWAT 수신호에 적용할 수 없다. 따라서 비교 평가 대신 본 논문에서 제안한 방식의 성능을 분석하였다.

본 논문의 SWAT 수신호 모션 인식 시스템을 실험하기 위해서 피실험자 5명을 기준으로 실험을 하였다. 3축

모션센서가 장착 된 수신호 장갑을 피실험자 5명에게 100번씩 반복하게 하였다. 그림 12에 보인바와 같이 피 실험자의 수신호 모션 인식 실험 결과는 평균 91.2% 인식 성공률을 도출하였다. 출력 부분에서는 피실험자에 의한 현재 수신호와 수신호 모션 인식 결과를 표현하며 결과 값이 모션과 같으면 O, 틀리면 X를 출력하게 이루어져 있다.



(그림 12) 수신호 모션에 대한 인식 성공률
(Figure 12) Successful recognition rate for the hand-signal motions

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 피 실험자가 SWAT 수신호 모션을 인식하기 위한 임베디드 시스템과 3축 모션 센서를 장착한 수신호 모션 장갑을 구현하였다. 수신호 모션 장갑 구현 방법과 3축 모션 센서를 이용하여 6가지 SWAT 수신호 모션을 입력 할 수 있는 시스템을 제안하였다.

수신호를 이용하기 위해서는 수신호 장갑에서, 손가락의 굽힘 정도는 플렉스 센서로 손의 현재 상태를 측정하였다. 또한 3축 모션 센서를 이용하여 손의 모션과 방향성을 도출하였다. 이 두 가지를 조합하여 수신호를 인식할 수 있는 패턴을 찾아내었다. 실험을 통해 이 시스템의 수신호 인식률이 약 91%를 넘음을 보였다. 본 연구의 향후 과제는 인식을 향상을 위해 좀 더 세분화된 패턴 분석 방법을 연구하는 것이다.

수신호를 하는 속도와 방식은 사람마다 약간 차이가 있을 수 있고 본 논문은 이러한 차이를 최소화 하기 위해 여러 명의 실험자들에게 반복적 데이터를 수집하였다. 수신호 인식 분야에서 좀 더 공정한 인식을 평가를 하기 위해서는 해당 자세에 대해 많은 사람들로부터 다양한 센싱 데이터를 정량화해서 비교할 수 있는 방안이 필요해 보인다.

참 고 문 헌(Reference)

- [1] Kyung-Hyuk Kwon, Yo-Seop Woo, Hong-Ki Min, "Design and Implementation of a Koran Text to Sign Language Translation System", The transactions of the Korea Information Processing Society, vol. 7, no. 3, pp. 756 ~ 765, 2000.
- [2] Eun Sook Jung, "Comparison of Korean Hand Gestures and Chinese Hand Gestures", Kyonggi Univ., Master Thesis, 2002.
- [3] Carlos R. P. Dionisio, Robert M. Cesar JR, "A project for Hand Gesture Recognition, " Proc. of the XIII Brazilian Symposium in Computer Graphics and Image Processing, 2000
- [4] Chan-Su Lee, Jong-Sung Kim, Gyu-Tae Park, Won Jang, Zeung-Nam Bien, "Implementation of Real-time Recognition System for Continuous Korean Sign Language(KSL) mixed with Korean Manual Alphabet(KMA)", Journal of the Korean Institute of Telematics and Electronics. C, vol. 35C, no. 6, pp. 76-87, 1998.
- [5] Jung-Hyun Kim, Yong-Wan Roh, Dong-Gyu Kim, Kwang-Seok Hong, "Design and Implementation of a Sign Language Gesture Recognizer using Data Glove and Motion Tracking System", The Korea Institute of Signal Processing and Systems, the conference proceeding, pp. 233-237, 2005.
- [6] Tian, Tai-Peng and Sclaroff, Stan, "Handsignals Recognition From Video Using 3D Motion Capture Data" , Motion and Video Computing, 2005. WACV/MOTIONS '05 Volume 2. IEEE Workshop on Volume 2, pp. 189 -194, Jan. 2005.
- [7] Sclaroff, S. Betke, M. Kollios, G. Alon, J. Athitsos, V. Rui Li Magee and J. Tai-peng Tian "Tracking, analysis, and recognition of human gestures in video", pp.806 - 810, Eighth International Conference on Document Analysis and Recognition, 2005.
- [8] Tae Hwa Kim, "Translation System for Korean Finger Language Using Data Glove", Gyeongsang National Univ. Master Thesis.

- [9] Tae Kyung Kwon, "The Embodiment of Common Glove Interface to Recognize Hand Gesture for Embedded System", Yonsei Univ., Master Thesis.
- [10] K. Morrison and S.J. McKenna, "An Experimental Comparison of Trajectorybased and History-based Representation for Gesture Recognition", GW 2003, LNAI 2915, pp. 152-163, 2004.
- [11] A. Corradini and H.M. Gross, "Camerabased Gesture Recognition for Robot Control", IJCNN, 2000.
- [12] Andrea Corradini, " Dynamic Time Warping for Off-line Recognition of a Small Gesture Vocabulary," RATFG-RTS, 2001.

● 저 자 소 개 ●



윤 준 (June Yun)

2008년 원광대학교 전자정보공학부(공학사)
2010년 전북대학교 컴퓨터공학부(공학석사)
2010년 ~ 현재 삼성전자
관심분야 : 임베디드 시스템, 시스템소프트웨어
E-mail : june.yun@samsung.com



편 기 현 (Kihyun Pyun)

1995년 인하대학교 전자계산공학과(공학사)
1997년 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
2003년 한국과학기술원 전산학과(공학박사)
2004년 ~ 현재 전북대학교 공과대학 컴퓨터공학부 교수
관심분야 : 시스템소프트웨어, 네트워크
E-mail : khpyun@chonbuk.ac.kr