

# 단일 PSD를 이용한 실시간 3차원 모션캡처 시스템 개발

## Development of a Real Time Three-Dimensional Motion Capture System by Using Single PSD Unit

조용준, 유영기\*, 오춘석  
(Yong-Jun Jo, Young-Kee Ryu, and Choonsuk Oh)

**Abstract** : Motion capture systems are gaining popularity in entertainment, medicine, sports, education, and industry, with animation and gaming applications for entertainment taking the lead. A wide variety of systems are available for motion capture, but most of them are complicated and expensive. In the general class of optical motion capture, two or more optical sensors are needed to measure the 3D positions of the markers attached to the body. Recently, a 3D motion capture system using two Position Sensitive Detector (PSD) optical sensors was introduced to capture high-speed motion of an active infrared LED marker. The PSD-based system, however, is limited by a geometric calibration procedure for two PSD sensor modules that is too difficult for common customers. In this research, we have introduced a new system that used a single PSD sensor unit to obtain 3D positions of active IR LED-based markers. This new system is easy to calibrate and inexpensive.

**Keywords** : PSD(Position Sensitive Detector), motion capture system, marker, virtual reality

### I. 서론

컴퓨터를 이용한 멀티미디어 산업의 발달로 인하여 인공적으로 만들어진 가상의 세계에 현실감을 가지게 하는 기술인 가상현실(Virtual Reality : VR)이 많은 대중에게 널리 알려지고 있다. 따라서 캐릭터의 동작생성과 로봇제어 등의 분야에서 기존의 키보드나 마우스를 대신하여 보다 직관적이고 직접적인 커뮤니케이션을 실현하고자 하는 새로운 휴먼컴퓨터 인터페이스(Human-Computer Interface : HCI)의 출현이 요구되고 있다. 이와 같은 요구에 대하여 자연스러운 인간의 의지를 이해하거나 컴퓨터 또는 로봇을 제어하고 실제로 존재하지 않는 인위적인 세계를 인간의 오감에 전달하여 가상의 환경에서 상호작용을 가능케 함으로써 마치 실제로 존재하는 환경에서와 같은 현실감을 갖도록 하는 기술들이 제안되고 있다. 핵심 기술로 모션캡처 기술을 들 수 있다.

모션캡처란 인간의 동작을 컴퓨터에 입력하기 위한 방법으로, 인간뿐만 아니라 동물과 같이 다관절로 이루어진 복잡한 대상체의 3차원 자세의 따른 변화를 측정하는 것이다. 모션캡처는 영화, 애니메이션, 텔레비전, 교육, 스포츠 과학, 재활 등의 다양한 분야에 널리 사용된다. 시중에 상품화되어 나오는 모션캡처 시스템은 방식에 따라서 음향식(acoustic), 기계식(mechanic), 자기식(magnetic), 광학식(optical)의 4가지 종류로 나눌 수 있다. 국내의 경우 가장 쉽게 사용할 수 있는 모션캡처 시스템은 기계식과 광학식 시스템이며, 일본이나 미국 같은 경우 광학식 시스템이 일반화 되어있다[1,2].

대표적 모션캡처 시스템인 광학식 모션캡처 시스템은 모션이 기록될 사람의 관절 부분에 적외선에 반응하는 수동 마커(passive marker)를 부착하고 여기에 광을 비추어 반사되는

영상을 이용하거나 또는 능동 마커(active marker)를 이용하여 발광하는 광을 여러 대의 카메라를 이용하여 촬영하고 각 카메라에서 마커들의 2차원 좌표를 생성한다. 각 독립된 카메라에서 캡처된 2차원 데이터를 이용하여 3차원의 공간상의 좌표를 계산한다. 광학식 모션캡처 시스템은 빠르고 넓은 범위에서 캡처가 가능하고 높은 정밀도를 가진다. 하지만 고가의 장비를 사용해야 하고 주변 광에 따라 영향을 크게 받는 문제점을 가진다.

최근에 발표된 논문인 "PSD를 이용한 실시간 3차원 모션캡처 시스템개발"에서는 고가의 고속카메라를 사용하는 대신 저가의 광 위치 검출 센서인 PSD(Position Sensitive Detector)를 사용하여 저가의 광학식 모션캡처 시스템을 개발하였다[3,4]. 기존의 광학식 모션캡처 시스템은 2대 이상의 카메라 혹은 센서를 사용하여 3차원의 공간상의 좌표를 획득한다. 위 논문에서 개발된 PSD 모션캡처 시스템 또한 2대의 PSD 모션캡처 장치를 사용하여 3차원의 공간좌표를 획득한다. 기존의 이러한 방식에서는 2대 이상의 장치 사용에 의해 많은 비용이 들고, 전문가가 아닌 일반인이 사용하기에는 불편하며, 각각의 독립된 카메라 혹은 센서에서 계속된 2차원의 데이터를 3차원의 공간상의 좌표로 계산하기 위한 센서보정과 실시간 연산 처리가 필요하다.

본 연구에서는 고속측정이 가능한 저가의 위치검출센서인 PSD센서를 이용한 실시간 모션 캡처 시스템을 기존의 2개 이상의 센서를 사용하지 않고 단일로 사용하여 3차원의 공간좌표를 획득하는 방법을 제시하고자 한다.

### II. 단일 PSD 모션캡처 시스템 원리

#### 1. 기존의 모션캡처 시스템

일반적으로 광학식 모션캡처 시스템을 이용하여 3차원 움직임 데이터를 측정하기 위해서는 그림 1과 같이 두대 이상의 모션 캡처 장치를 이용한다.

두 대 이상의 모션캡처 장치를 사용하여 3차원의 데이터를 구하기 위해서는 스테레오 시스템의 원리를 사용한다. 스

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2006. 6. 14., 채택확정 : 2006. 9. 6.

조용준, 유영기, 오춘석 : 선문대학교 정보통신공학부

(jo707711@korea.com/ryu@sunmoon.ac.kr/csoh@sunmoon.ac.kr)

※ 본 연구는 2005년도 선문대학교 교내학술연구비 및 2006년도 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

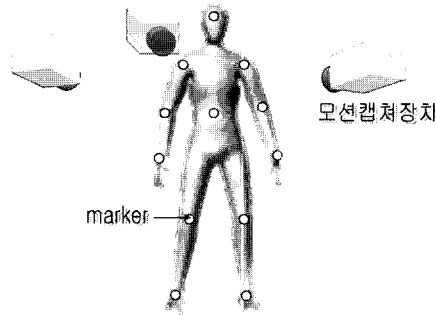


그림 1. 일반적인 광학식 모션캡처 시스템.  
Fig. 1. Conventional optical motion capture system.

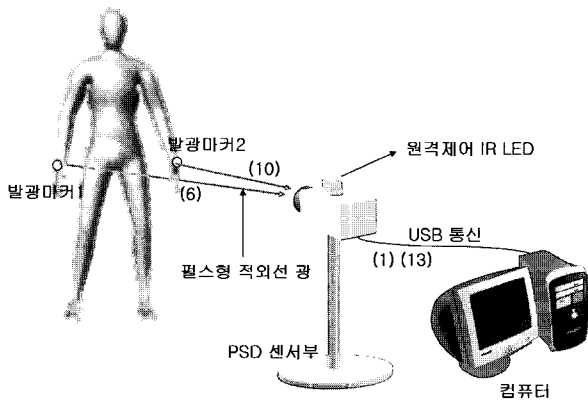


그림 2. 단일 PSD 모션캡처 시스템 구성도.  
Fig. 2. Configuration diagram of single PSD motion capture system.

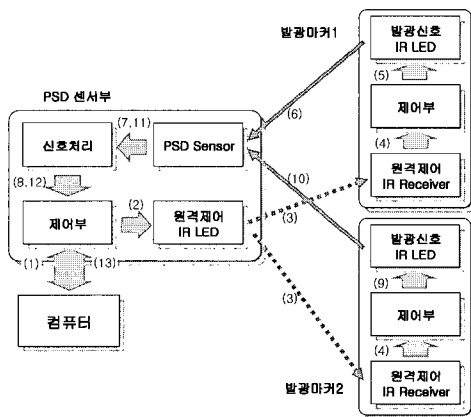


그림 3. PSD 모션캡처 장치 블록도.  
Fig. 3. Block diagram of PSD motion capture system.

테레오 시스템의 원리는 동일한 물체에 대하여 서로 다른 위치에서 획득한 좌우 영상을 정합하여 그 시차 정보를 추출하고 이를 이용하여 물체의 3차원 위치 정보를 추출하는 것이다.

2. 단일 PSD 모션캡처 시스템

본 연구에서 제안하고자 하는 모션캡처 시스템은 단일의 PSD 센서를 사용하여 3차원 데이터를 측정하는 시스템이다.

단일 PSD 모션캡처 시스템은 그림 2와 같이 발광마커, 2차원 PSD 센서면에 맞춘 초점위치를 계측하는 PSD센서부, 그리고 측정된 데이터를 받아 3차원위치를 연산하는 컴퓨터로

크게 구성된다.

PSD 모션캡처시스템의 전체적인 시스템의 구성은 그림 3의 블록도에 나타내는 것과 같이 PSD 센서부와 발광마커로 구성된다. 작동 순서를 간단히 설명하면, (1) 우선 컴퓨터에서 측정을 알리는 명령을 PSD센서부로 통신 케이블을 통해서 전달되면, (2) PSD 센서부 내부의 마이크로프로세서는 외부의 발광마커들에게 측정을 알리는 적외선 발광신호를 원격제어 IR LED에 보낸다. (3) IR LED는 외부의 발광마커들에게 전방향으로 방사되고, 이 신호는 발광 마커의 원격제어 IR Receiver에서 수신되고,(4) 발광마커 내부에 있는 마이크로프로세서들에게 측정개시를 알리는 명령이 수신되었음을 알린다. 발광마커의 제어부는 각 마커마다 미리 정해놓은 순서에 따라 다른 지연시간으로 대기하고 있다가 (5) 발광신호 IR LED에 발광신호를 발생한다. (6) 전방향으로 방사된 적외선 광 중에서 일부는 광학렌즈를 거쳐 PSD 센서부의 PSD센서에 초점으로 맞춰지게 되고, (7) PSD의 아날로그 신호는 신호처리 회로를 거쳐 (8) 디지털 신호로 마이크로프로세서로 전달된다. PSD센서부가 이미 몇 개의 발광마커가 있다는 것을 알고 있다면 다음 차례의 발광마커에서의 신호도 같은 과정 (9), (10), (11), (12)를 거쳐 저장되면 통신을 통해 컴퓨터로 전달되어 3차원 위치를 계산하게 된다. 이러한 일련의 반복 작업으로 발광마커의 위치를 실시간으로 측정하게 된다.

발광마커의 원격제어 IR 수신부가 PSD 센서부로부터 원격제어 신호를 수신하면 발광마커의 발광신호 IR LED는 적당한 타이밍에 맞추어 발광부를 구동한다. 발광마커로부터 펄스형 적외선 광이 PSD 센서부의 광학계에 전달되고 광학계를 통해 2차원 PSD Sensor에 스폿이 맺히고, 이 센서 4개의 각 전극에서 전류가 발생된다. 발광마커의 위치정보를 포함하는 전류는 신호처리부를 거쳐 컴퓨터에서 사용할 수 있는 디지털 값으로 변환되고 제어부를 통해 컴퓨터에 데이터를 전송한다.

3. 3차원 공간 좌표 획득 알고리즘

기존의 3차원 계측방법은 스테레오비전 방법을 이용하여 여러 개의 2차원 이미지센서에서 획득된 결과를 이용하여 3차원 정보를 추출하였다. 그러나 이러한 방법은 여러 개의 2차원 이미지 획득장치와 각 이미지센서들간의 상대적 위치 정보를 알기 위한 보정작업(camera calibration)이 필요하다. 이러한 일련의 작업들은 여러 대의 센서를 사용하여야 하고, 고정밀의 보정작업 해야한다는 점은 저가의 게임용 3차원 입력기에 적합하지 않다. 이러한 점을 감안하여 본 연구에서는 발광마커의 발광 특성이 모든 방향에 대하여 일정하다는 가정을 통하여 발광마커에서의 발광원의 계측광량은 거리에 반비례한다는 점을 이용하여 3차원 위치를 구하기 위한 방법을 설명하고자 한다. 그림 4는  $P_m(X_m, Y_m, Z_m)$  에 있는 발광마커의 적외선 광이 렌즈를 거쳐 PSD 센서면의  $P_p(X_p, Y_p)$  에 집광된 경우를 표현하고 있다. 여기서  $r$  은 센서 중심에서 스폿까지의 거리이고,  $l$  은 렌즈중심에서 스폿까지의 거리를 나타낸다. 광축에서 마커까지의 거리를  $R$ , 마커에서 렌즈까지의 거리를  $L$ 로 표시하였다. PSD센서 중심으로부터 스폿사이의 거리  $r$  은  $r = \sqrt{x_p^2 + y_p^2}$ ,  $l =$

$\sqrt{r^2 + f^2}$  으로 표현되고, 렌즈와 PSD사이의 거리  $f$  를 알고 있다면, 입사각  $\theta$  는 다음과 같이

$$\cos\theta = \frac{f}{l} = \frac{f}{\sqrt{r^2 + f^2}} = \frac{Z_m}{L} \quad (1)$$

의 관계를 갖는다.(1)를  $Z$  에 대한 식으로 정리하면,

$$Z_m = \frac{f \times L}{\sqrt{r^2 + f^2}} \quad (2)$$

가 되고, 미리 알고 있는  $f$ ,  $r$  과 렌즈에서 마커까지의 거리  $L$  을 구할 수 있다면 마커의 위치  $Z_m$  값을 측정할 수 있다.

$r$  과  $R$  은 단순 비례관계이므로  $R$  에 대하여 정리하면

$$R = r \frac{L}{l} = r \frac{L}{\sqrt{r^2 + f^2}} \quad (3)$$

이고, 마커의 위치  $X_m, Y_m$  는  $X_p, Y_p$  및  $R, r$  과 다음과 같은 비례관계가 있다.

$$X_m = \frac{X_p \times R}{r} \quad (4)$$

$$Y_m = \frac{Y_p \times R}{r} \quad (5)$$

따라서 (3)을 (4)에 대입하여 정리하면,

$$X_m = \frac{X_p \times L}{\sqrt{r^2 + f^2}} \quad (6)$$

$$Y_m = \frac{Y_p \times L}{\sqrt{r^2 + f^2}} \quad (7)$$

(2), (6), (7)을 이용하면 마커의 3차원 위치  $P_m(X_m, Y_m, Z_m)$  를 구할 수 있다.

#### 4. 광원의 거리추출 알고리즘

다음에서 3차원 좌표 획득 방법을 알아보았다. 3차원의 좌표를 획득하기 위해서는 렌즈와 발광마커 사이의 거리인  $L$  의 값을 알아야 한다.

그림 5는 방향은 같지만 거리가 다른 발광마커 1, 2와 마커 1과 거리는 같지만 방향이 다른 마커 3을 보여주고 있다. 마커 1, 2의 경우는 PSD에 맺히는 스폿의 위치는 같을 수 있지만, 거리에 따라 PSD에서 측정되는 광량( $I$ )의 크기는 다르게 측정된다( $I_2 > I_1$ ). 또한 렌즈와 발광 마커까지의 거리는 같고 스폿위치가 다른 마커 1, 3의 경우는 PSD에 맺히는 마커 위치는 다르지만 같은 광량이 측정된다고 ( $I_3 = I_1$ ) 가정한다. 이러한 경우, 여러 외부 요인을 고려하여 광량( $I$ )은 거리( $L$ )의 제곱에 반비례하는 간단한 식으로 표현 할 수 있다.

$$I = \frac{1}{L^2} a + b \quad (8)$$

위 식에서  $I$  는 PSD에서 측정된 광원의 광량 값이고

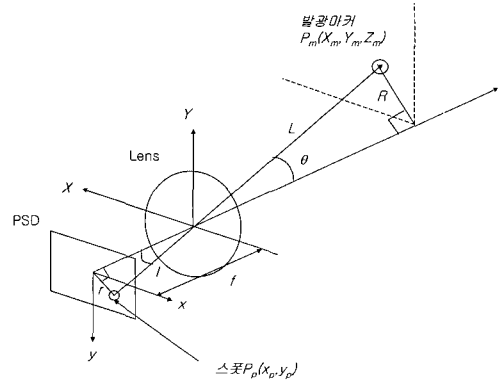


그림 4. 모션캡처 시스템의 3차원 공간좌표계.  
Fig. 4. Coordinate system for single PSD motion capture system.

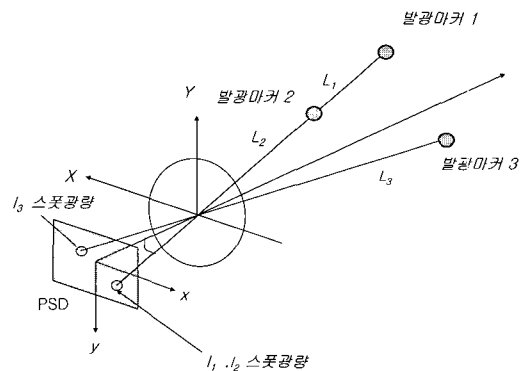


그림 5. PSD 센서에서 측정된 광량에 의한 거리 측정.  
Fig. 5. Distance measurement by using detected intensity on PSD.

$a, b$  는 상수이다. 만일 PSD에서 측정된 광량  $I$  를 거리를 변화시켜가며 측정하여 (8)과 같이 근사화 하였다면, 렌즈와 발광마커 사이의 거리인  $L$  은 다음식과 같이 간단히 구할 수 있다.

$$L = \sqrt{\frac{a}{I - b}} \quad (9)$$

### III. 모션캡처 시스템 성능 실험

#### 1. 시스템 구현

PSD 센서부는 광학계, 신호처리부, 제어부, 원격제어 신호 LED로 구성된다. 광학계에서는 그림 8에서 나타내는 것과 같이 광각렌즈[7], 일반 렌즈, 경통, 적외선 필터, PSD센서 순으로 구성된다.

PSD 센서는 2차원 PSD센서인 HAMAMATSU사의 pincushion type의 S5991-01을 사용한다. S5991-01 PSD 센서는 고속 응답특성을 가지며 왜곡이 적은 장점을 가지고 있다. 적외선 필터는 센서가 여러 파장의 빛에 영향을 받지 않도록 800nm 이하의 파장을 차단하며 800nm 이상의 적외선 광만을 90% 이상 투과시키는 필터를 광학계에 사용한다.

신호처리부는 증폭부와 피크디텍터, A/D 컨버터로 구성한다. 증폭부는 PSD 센서의 4개의 전극에서 미약하게 출력되는 전류를 증폭하고 증폭된 전류신호를 전압신호로 전환한

다. 전압신호는 고주파 통과 필터(high pass filter)를 통해 저주파영역의 외부 광과 분리된다. 이렇게 필터 처리된 신호는 피크 디텍터를 통해 신호의 정점을 유지하고 최종적으로

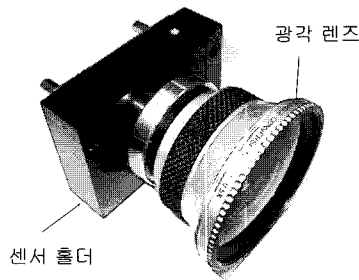


그림 6. 광학계 외형.  
Fig. 6. External view of the optical part.

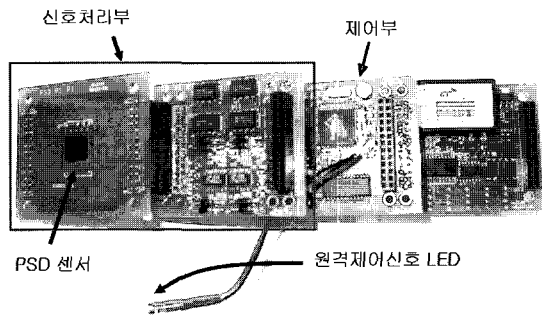


그림 7. 신호 처리부.  
Fig. 7. Signal processing part.

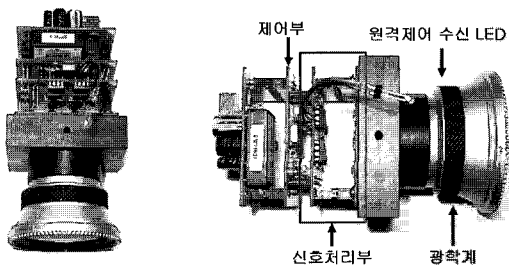


그림 8. PSD 센서부.  
Fig. 8. PSD sensor part.

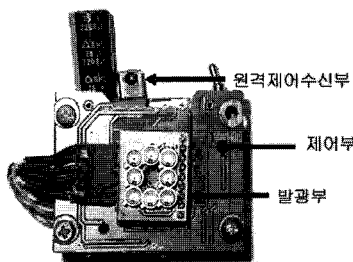


그림 9. 발광마커 외형.  
Fig. 9. External view of the marker.

A/D 컨버터를 통해 디지털화된다.

원격제어신호 LED는 발광마커를 타이밍에 맞게 동작시켜 주는 역할을 한다. 원격제어신호 발광부는 발광마커의 수광 센서에 맞추어 940nm 적외선 LED를 사용하고 37.9kHz의 주파수로 발광하였다. 제어부는 원격제어신호발광부를 제어하며 시분할 방식을 통하여 발광되는 시간이 다른 여러 개의 발광마커로부터 각각의 타이밍과 동기하여 광량의 값을 획득하고 이를 디지털로 변환하여 컴퓨터로 전송한다. 제어부의 컨트롤러로는 Scanlogic 사의 USB 컨트롤러를 내장한 16비트 RISC 마이크로 컨트롤러인 SL11R을 사용하였다[6].

발광 마커는 그림 9에서 나타낸 것과 같이 원격제어신호 수신부, 제어부, 발광부로 구성된다. 발광마커의 구동을 살펴보면 PSD 모션캡처 모듈의 원격제어신호 LED에서 발생한 신호가 원격제어 신호 수신부에 전달되고 제어부로 신호가 들어온다. 신호를 받은 제어부는 발광마커의 순서에 맞는 타이밍에 맞추어 발광부를 제어하게 된다.

PSD 센서부 원격제어 신호를 수신하면 각각의 발광마커들은 각기 다른 지연시간 후에 발광부가 구동된다. 제어부는 ATMEL사의 AT90S2313 마이크로 컨트롤러를 사용하여 원격제어 신호를 받고 발광마커의 순서에 맞게 순차적으로 LED를 제어하였다[5].

2. 성능 평가 실험

본 연구에서 제안한 단일 PSD 모션캡처 시스템에 의한 3차원의 좌표를 획득하기 위한 방법은 획득된 빛의 광량은 거리의 제곱에 반비례한다는 기본적인 원리를 적용하여 구한다. 하나의 센서를 사용함으로써 저가로 센서간의 위치 보정 작업 없이 간단한 측정 알고리즘으로 3차원 측정을 하기 위해서 다음과 같은 가정을 바탕으로 하고 있다. 첫째로, 동작하는 물체에 부착되는 발광 마커의 발광강도는 이상적으로 방향에 관계없이 일정하다. 둘째, 방향이 다르더라도 거리가 같으면 같은 광량이 계측된다. 셋째, 센서에서 계측된 광량은 거리에 반비례한다. 이러한 기본 가정하에서 본 연구에서 제안된 시스템은 발광마커의 3차원 위치를 계측한다. 그러나 현실적으로 위의 세가지 가정을 만족하는 시스템을 구현하기는 많은 노력과 고가의 장비가 필수적이다. 본 연구에서는 이러한 가정에 부합하도록 저가의 시스템을 구현 하였다.

2.1 발광마커

본 시스템에 사용된 발광마커는 8개의 KEL-209A LED로 구성되어 있다. 그림 10는 실제 발광마커 모듈의 개선 전과

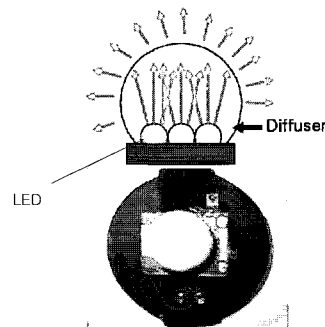


그림 10. 구현된 발광마커.  
Fig. 10. Photograph of the marker.

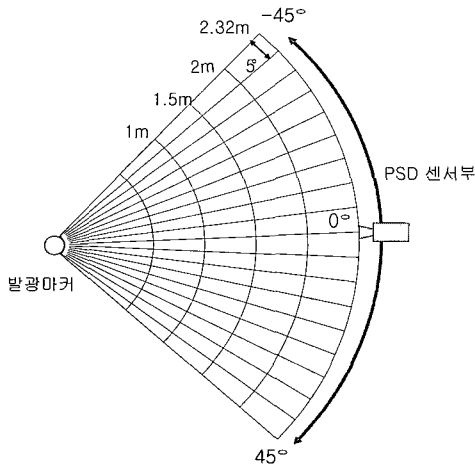


그림 11. 발광마커의 방향에 대한 광량 실험.  
Fig. 11. Experiment for the intensity variation with respect to the direction.

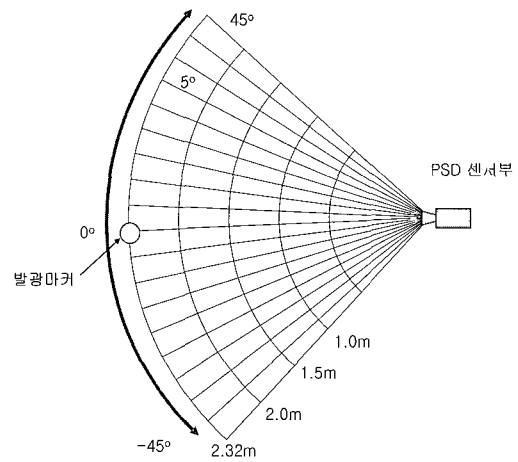


그림 13. 반경에 대한 광량 실험.  
Fig. 13. Experiment of intensity value for radius.

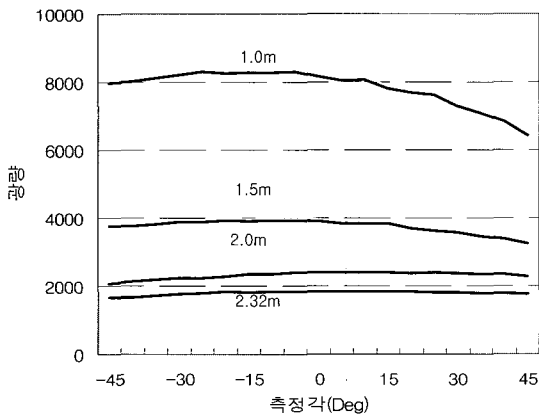


그림 12. 측정방향에 대한 발광마커 비교 그래프.  
Fig. 12. Measured intensity of the markers.

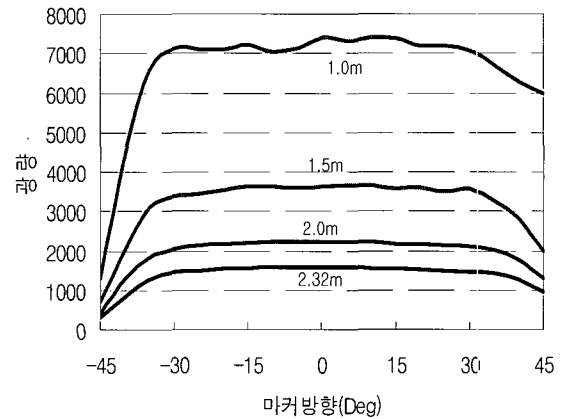


그림 14. 반경에 광량 그래프.  
Fig. 14. Graph of intensity value for radius.

개선 후 발광마커의 이미지이다.

본 논문에서는 발광마커 중심의 광량과 측면에서 광량을 일정하기 유지하기 위하여 반구형태의 Diffuser를 사용하였다. Diffuser를 통해 내부의 LED 빛의 산란되어 외부에서는 중심과 측면에 상관없이 고른 광량을 발생할 수 있었다. 발광마커의 광량 분포를 측정하기 위하여 두 가지 실험을 하였다. 먼저 일정 범위내에서는 발광마커의 광량이 고른 분포가 측정됨을 보이기 위해 그림 11과 같은 실험을 하였다.

실험은 발광 마커의 중심을 0°로 정하고 중심으로부터 ±5° 간격으로 PSD 모션캡처 모듈을 좌우로 이동하여 마커의 광량을 측정하였다. 같은 측정거리에서 측정 값을 비교하기 위해 반경 2.32m, 2m, 1.5m, 1m의 거리에서 센서를 이동하여 같은 실험을 반복하였다.

위의 실험 결과로부터 측정 거리가 가까울수록 고른 광량 분포를 보이고 거리가 멀어질수록 광량이 줄어들어 들 수 있다.

두 번째 실험은 발광마커가 이동하였을 경우에도 유사한 광량이 측정됨을 보이기 위하여 그림 13의 발광마커가 같은 반경에서 다른 위치에 대한 광량 측정실험을 하였다.

실험은 PSD 모션캡처의 중심을 0°로 정하고 중심으로부터 ±5° 간격으로 발광마커를 좌우로 이동하여 마커의 위치 변화에 따른 광량을 측정하였다. 같은 측정거리에서 측정값을 비교하기 위해 반경 2.32m, 2m, 1.5m, 1m의 거리에서 센서를 이동하여 같은 실험을 반복하였다.

그림 14의 그래프들은 반경의 광량의 실험값들을 그래프화한 것이다. 각각의 거리에서 결과값들의 그래프를 보면 모두 유사한 형태의 결과를 보였다.

중심으로부터 화각인 ±35° 사이의 광량값들이 적은 오차를 가지고 일정하게 광량이 유지되고 있다. 센서의 전방향에서 광량을 실험한 결과 또한 중심으로부터 ±35° 사이에서 일정한 광량이 유지되고 있으며 각각에 방향의 결과 값들이 유사한 그래프를 형성하고 있다. 실험을 통해 거리에 대한 광량이 렌즈의 화각 범위 내에서 고르게 유지된다는 것을 알 수 있었다.

표 1은 실제 80cm에서 240cm까지 거리를 변화시켜가며 광량을 측정하고, 근사화를 통하여 광량으로부터 다시 거리를 산출한 결과를 보여주고 있다.

표 1에서 보면 거리가 멀수록 오차가 커지고 220cm 이내 일 때 5cm이고, 240cm에서 15cm의 오차를 보였다.

표 1. 실제거리에 대한 획득 거리.

Table 1. Measured distance by using detected intensity on PSD sensor.

실제거리(cm)	측정거리(cm)	오차값(cm)
80	85.04369	5.04369
100	99.78743	0.21257
120	116.9044	3.0956
140	136.6681	3.3319
160	156.6392	3.3608
180	178.8167	1.1833
200	201.1203	1.1203
220	224.7937	4.7937
240	254.5123	14.5123

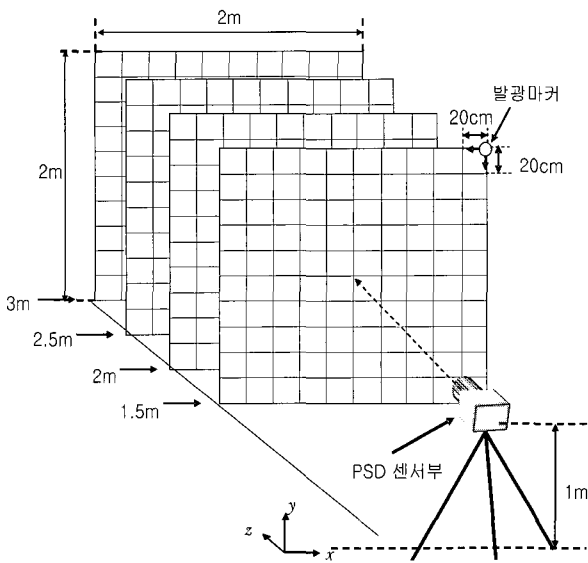


그림 15. 오차실험 구성도.  
Fig. 15. Configuration diagram for error test.

2.2 측정오차 실험

측정영역을 PSD 센서부로부터 1m떨어진 곳에서 가로 2m, 세로 2m, 높이 2m의 크기인 정육면체라고 하고 영역 내에서 측정 오차실험을 하였다. 오차 실험은 그림 15와 같이 가로 2m, 세로 2m크기에 각각의 줄 간격이 20cm인 오차측정 판넬을 제작하였다. PSD 센서의 높이는 판넬의 중심의 높이와 같은 1m에 고정하였다. 실험 방법은 발광마커를 캘리브레이션 판넬 위에서 20cm 간격으로 규칙적으로 이동하면서, PSD 모션캡처 모듈의 거리를 1.5m, 2m, 2.5m, 3m로 이동하여 측정하였다.

그림 16은 Z축방향의 측정 오차 결과 그래프이다. PSD모션캡처 모듈과 오차측정 판넬 사이의 거리를 변화하며 실험한 결과 최대 25cm의 오차범위의 공간좌표로 측정되었다. 그래프를 보면 중심으로부터 ±80cm 거리 내에서는 일정하게 기준값과 거의 차이가 없이 일정하게 나타났다.

그림 17은 3차원 그래프의 축을 X, Y를 볼 수 있게 보는 방향을 바꾼 그래프이다. 그래프에서 보면 Z값에서와 같이 중심에 위치 값은 오차가 적은 반면에 측면으로 갈수록 큰 오차를 보이고 먼 거리에서의 오차가 크게 나타났다.

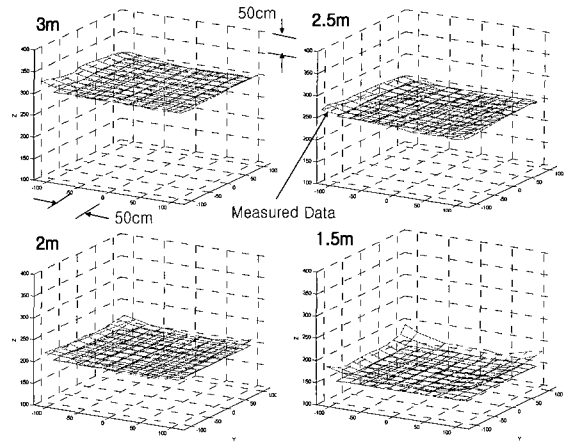


그림 16. 마커의 3차원 위치 측정 결과 그래프.  
Fig. 16. Experimental results of the system.

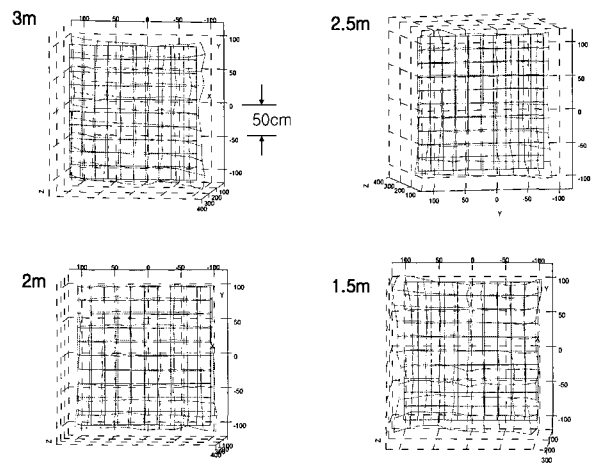


그림 17. Z축방향에서 본 마커의 3차원 위치 측정 결과 그래프.  
Fig. 17. Experimental results of the system (top view).

V. 결론

본 연구는 일반 게임기 등의 동작인식용으로 사용하기 위하여, 기존의 모션캡처 시스템에서와 같이 두 대 이상의 장치를 사용하는 것이 아니라 저가이면서도 고속의 성능을 구현하기 위하여 한대의 PSD 모션캡처 장치 만을 사용하여 3차원의 데이터를 획득하는 방법을 제시하였다. 단일의 PSD 모션캡처 센서를 이용하여 3차원 좌표를 획득하기 위해 PSD 센서의 측정 위치와 측정 광량을 사용하여 위치와 거리를 획득하였다. 거리를 광량의 정보로부터 구하기 위해서 광원인 발광마커에 반구 형태의 diffuser를 사용하여 광범위한 각도에서 유사한 광량을 발산할 수 있게 개선하였다. 단일 PSD 센서를 사용하여 획득한 3차원 좌표는 작업영역의 중심에서는 비교적 적은 오차로 나타났고 바깥쪽에서 다소 큰 오차를 보였다. 측정 오차는 1.5m 거리에서 최대 25cm로 나타났다.

참고문헌

[1] 이인호, 박찬중, “모션캡처 기술의 현황,” 한국멀티미디어 학회지, 제3권, 제1호, pp. 42-44, 1999.

[2] 이희만, 서정만, 정순기, “모션 캡처 애니메이션을 위한 거리 측정방법,” 정보처리학회 논문지, 제9-B권, 제1호, p. 129-p. 138, 2002.

[3] 이준호, “PSD를 이용한 실시간 3차원 모션캡처 시스템 개발,” 선문대학교 대학원 석사논문, 2003.

[4] 김안식, “PSD 센서를 이용한 실시간 3D 모션캡처에 있

어서 캘리브레이션 방법 연구,” 선문대학교 대학원 석사 논문, 2003.

[5] 전자기술, “PSD에 의한 거리 센서의 설계와 제작,” pp. 49-59, 3월호, 2002.

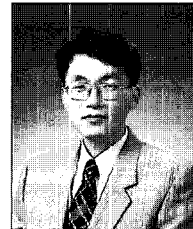
[6] <http://www.scanlogic.com> SL11R USB Controller Data.

[7] <http://www.raynox.co.kr> HD-5000PRO 광각렌즈 Data.



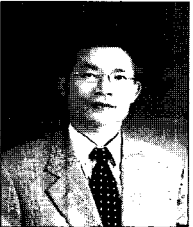
**조 용 준**

2003년 선문대학교 응용생물과학부 졸업.  
2003년~현재 선문대학교 대학원 전자공학과 석사과정 졸업. 관심분야는 Image Processing, Virtual Reality.



**유 영 기**

1987년 한양대학교 기계공학과 졸업.  
1989년 한국과학기술원 생산공학 석사 졸업. 1996년 한국과학기술원 자동화 및 설계공학 박사 졸업. 1996년 3월~현재 선문대학교 정보통신공학부 부교수. 관심 분야는 정밀계측, 광 응용 계측기술, 화상처리, 컴퓨터 비전.



**오 춘 석**

1980년 서강대학교 전자공학과 학사.  
1986년 Marquette 대학 컴퓨터공학 석사.  
1992년 Univ. of Arizona 컴퓨터공학 박사.  
1980년~1993년 전자통신연구원 선임연구원. 1993년~현재 선문대학교 정보통신공학부 교수. 관심분야는 신호처리 및 화상

처리, 머신비전.