

3차원 운동 입력장치 구현

Experiment of a 3D Motion Input Device

이 우 원* 최 명 환**
Lee, Woo-Won Choi, Myoung-Hwan

Abstract

In many areas of technology there are machines and systems controllable in up to six degrees of freedom. Helicopters and underwater vehicles, industrial robots are among the first representatives of this category. They need six degrees of freedom in order to move and orient within their workspace. An even broader and more explosively growing area is 3D computer graphics and virtual environment. In this work, functions of 3D input device are described and two types of commercial 3D input devices are presented. Then, a preliminary experiment of a low cost 6 axis force/moment sensor is presented that can also be used as a 3D input device. A low cost force/moment sensor and its application in robot teaching experiment is described. It computes the direction of 3 components of the force and 3 components of the moment applied by human holding the sensor by hand. The concept is shown by an experiment where the tool position and orientation of a robot in 3 dimensional space is controlled by the proposed sensor.

키워드 : 3차원 운동, 입력장치
Keywords : 3D motion, Input Device

1. 서론

6 자유도 운동제어가 필요한 기계적인 장치나 시스템이 다양한 기술분야에서 존재한다. 헬리콥터나 수중운반체를 비롯하여 산업용 로봇 등이 이러한 시스템의 초기 예라고 할 수 있다. 이들은 공간상에서 위치와 방향을 이동하기 위하여 6개의 자유도 (X, Y, Z, Yaw, Pitch, Roll)를 필요로 한다. 이러한 분야의 하나로 최근에 급 성장하는 분야가 3차원 그래픽 분야이다. 컴퓨터 계산속도의 증가와 함께 그래픽 처리 성능도 향상되어 CAD 작업에서는 새로운 부품을 설계할 때 초기 모델링 에서부터 3차원 그래픽 환경에서 작업하는 경우가 증가하고 있다. 이러한 추세에 따라 사용하기 편리한 3차원 입력장치에 대한 수요

가 증가하고 있다.

3차원 입력장치는 컴퓨터 화면에 묘사되거나 실제 존재하는 3차원 공간상에 있는 물체를 이동하고자 할 때 사용되며, 컴퓨터 사용자는 3차원 입력장치를 손으로 잡고서 원하는 방향으로 밀거나 당기거나 돌리어서 운동명령을 내리게 된다. 3차원 입력장치 기술의 핵심은 사용자가 손으로 가하는 힘과 모멘트 성분을 검출하되 경제적으로 실현하는 것이다.

3차원 입력장치는 컴퓨터를 이용하여 3차원 공간을 다루는 작업에 사용되는 기기이다. 이러한 작업의 예로서는 건축, 기계 등의 3차원 CAD설계를 들 수 있으며, 공간상의 물체를 편리하게 화면으로 볼 수 있도록 하는데 사용된다. 2차원 마우스를 사용하는 종전의 방법으로 모니터 화면에 묘사되는 시선을 변경하는 경우, 화면에 위치한 X, Y, Z, Yaw, Pitch, Roll 운동 버튼 여러 개를 마우스로 누르는 비효율적이고 불편한 방법이 사용되었으나, 최근에는 3차원

* 강원대학교 제어계측공학과 석사과정
** 강원대학교 제어계측공학과 부교수, 공학박사

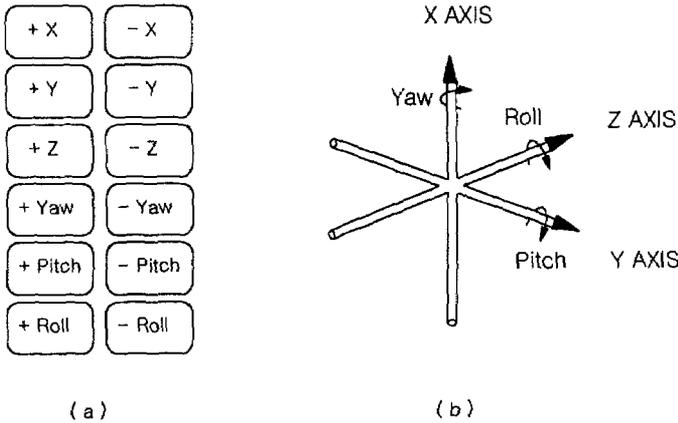


그림 1. 3차원 공간상의 물체 조작 방법. (a) 2차원 마우스를 이용하는 방법: 원하는 운동방향에 해당하는 버튼을 마우스로 눌러서 운동 지시. (b) 3차원 입력장치를 이용하는 방법: 사람이 3차원 입력장치를 손으로 잡고 가하는 힘/모멘트를 검출하여 X, Y, Z, Yaw, Pitch, Roll을 지시

입력장치가 운동명령 지시에 사용되면서 작업의 편리성과 효율이 크게 개선되고 있다. 3차원 입력장치가 사용되는 기타 주요 분야로는 가상현실, 3차원 게임, 3차원 애니메이션, 운동 시뮬레이션, 로봇과 공장자동화 등 가상 또는 실제의 3차원 공간에서 물체의 운동지시와 관련된 작업분야이다.

2차원 입력장치인 일반 마우스는 가격이 1 만원대로서 모든 컴퓨터의 필수 입력장치로 자리잡은 반면 현재 상품으로 판매되는 3차원 입력장치는 \$300 - \$2000 대의 고가 장비이어서 3차원 입력장치의 보급에 장애요인이 되고 있다. 3차원 입력장치의 사용확산을 통한 3차원 공간 운동 관련 분야의 생산성 향상을 위해서는 경제적인 가격에 사용하기 편리한 3차원 입력장치가 필요하다.

본 논문에서는 3차원 운동입력장치 제품의 종류와 기능에 대해 설명하고, 새로운 동작원리를 이용하는, 3차원 공간상의 운동을 지시하는 센서를 소개한다. 본 센서는 COSMO (COnTact Sensor MOdule) 센서라고 이름 붙여졌으며, 본 센서는 다수의 접촉센서(contact sensor)를 이용하는 원리에 기초하며, 제안된 센서는 사용자가 손으로 센서를 감싸고서 가하는 힘과 모멘트의 방향을 검출한다. 힘과 모멘트의 방향을 검출하여 이용하면 3차원 공간상의 물체의 위치와 방향을 지시할 수 있다. 본 논문에서는 개발된 COSMO 센서를 이용하여 3차원 공간에서 동작하는 수직다관절 로봇을 손으로 밀고 당김으로서 로봇공구의 위치와 방향을 3차원 공간에서 지시하는 실험을 설명한다.

2. 3차원 운동 입력장치의 기능

3차원 공간상의 물체를 조작하는 작업에 있어서 3차원 입력장치 사용을 CAD 설계의 예를 들어서 기술해 본다. 물체의 설계작업의 생산성을 높이려면 그 물체를 여러 각도와 여러 관점에서 묘사할 수 있어야 한다. 따라서 컴퓨터 화면에 보여지는 물체의 거리와 각도를 변화시킬 필요가 있으며, 이때 물체의 거리와 각도는 3차원 공간에서 X, Y, Z 거리와 Yaw, Pitch, Roll 각도로 표현된다. 이러한 거리값과 각도값을 보통의 2차원 마우스를 이용해서 사용자가 변화시키려면, +X, -X, +Y, -Y, +Z, -Z, +Yaw, -Yaw, +Pitch, -Pitch, +Roll, -Roll에 해당하는 버튼 12개 중의 하나를 마우스로 클릭하여 값을 변경하여야 한다(그림 1.a). 이때의 어려움은, 물체를 사용자가 원하는 만큼 이동하기 위해서 12개의 버튼 중에서 어떤 버튼을 사용해야 하는지 쉽지 않다는 점이며, 이를 극복하려면 숙련과정이 필요하다. 또한 두 개의 버튼을, 예를 들면 X 와 Y, 동시에 사용해야 할 경우 이 방법은 사용 불가능하며, 이러한 사용상의 불편함은 생산성 저하로 직결된다.

반면, 사람이 물체를 손으로 잡고서 관찰하는 경우를 생각해 보자. 손에 잡은 물체를 보기 위해서 거리와 각도를 변화시킬 때, 사람은 물체의 거리와 각도를 X, Y, Z 거리와 Yaw, Pitch, Roll 각도로 생각하지 않는다. 물체의 원하는 관점을 보기 위해서 손을 직관적으로 움직일 뿐이며, X 거리가 무엇인지, Yaw 각도가 무엇인지 생각할 필요가 없다. 사람이 손에 잡은 물체를 움직이듯 자연스런 방법으로 컴퓨터 화면상의 물체를 조작하기 위해서는 사람 손의 운동을 X, Y, Z, Yaw, Pitch, Roll 명령으로 변환하는 변환기가 요구되며, 이것이 바로 3차원 입력장치가 수행하는 기능이다(그림 1.b). 이와 같이, 2차원 마우스가 사람 손의 운동을 X-Y 평면의 운동명령으로 변환하여 마우스포인터의 위치를 이동하는 것과 같이, 3차원 입력장치는 사람이 컴퓨터 화면을 보면서 화면의 3차원 공간상의 물체를 원하는 방향으로 쉽게 이동 할 수 있게 한다.

3. 국외 기술동향

3차원 입력장치 연구는 70년대후반 로봇의 제어용

표 1. Magellan 과 Magellan Plus의 Specifications

	Magellan	Magellan Plus
Operating Modes	3D Interface (six degree of freedom)	3D Interface (six degree of freedom)
Translation Mode	Only the translation coordinates(X,Y,Z) are reported	Only the translation coordinates(X,Y,Z) are reported
Rotation Mode	Only the rotation coordinates(A,B,C) are reported	Only the rotation coordinates(A,B,C) are reported
Dominant Mode	Only the coordinate with the greatest magnitude is reported	Only the coordinate with the greatest magnitude is reported
Interface Type	RS232C Serial	RS232C Serial
Baud Rate	9600 baud	9600 baud
Power Supply	Serial port singles	Serial port singles
Dimensions	L×W×H: 163×112×40 mm	L×W×H: 188×120×44 mm
Weight	665 grams	720 grams
Price	\$595	\$890

으로 독일의 DLR 연구소에서 시작되어 1983년 발표된 ControlBall과 그 후속 제품이 대표적인 예라고 할 수 있다. 현재 3차원 입력장치를 생산하는 회사로는 DLR의 기술을 상품화한 LogiCad3D를 비롯하여 Ascension Technology, Space Tech IMC 등 3개사가 있다. LogiCad3D사에서는 Joystick 운동을 광학식으로 검출하는 원리를 사용하는 Magellan 3D Controller 라는 제품을 생산하고 있으며, Ascension Technology사에서는 gyroscope 원리를 사용하는 6D Mouse 제품을, Space Tech IMC사에서는 압력센서를 이용하는 SpaceBall 이라는 이름의 제품을 생산하고 있다. 이들 제품은 세계 3차원 입력장치 시장을 주도하고 있으나, 가격대가 \$300 - \$2000 비교적 높은 단점이 있고, 따라서 고가의 CAD 에 주로 사용되고 있으며, 앞으로 성장 가능성이 큰 저가형 3차원 입력장치에 대한 연구가 진행중에 있다.

현재 상품화되어 있는 3D 마우스들 중에서 먼저 Space Mouse로 잘 알려진 Magellan 3D Controller 와 Spacetec IMC Corporation의 Spaceball 3D Controller에 대하여 살펴보겠다.

Magellan은 공간에서 움직이는 물체와 이를 움직이는 사람사이에서 정보전달을 좀더 쉽게 해주는 장치이다. Controller는 컴퓨터에게 직진 및 회전

표 2. Spaceball 2003과 3003의 Specifications

	Spaceball 2003	Spaceball 3003
Operating Modes	3D Interface (six degree of freedom)	3D Interface (six degree of freedom)
Interface Type	RS232C Serial	RS232C Serial
Power Supply	+6V to +12V DC, 6mA	+6V to +12V DC, 6mA
Weight	1.75 lb(~.45kg)	1.5 lb(~.68kg)
Dimensions	L×W×H: 230×90×125mm	L×W×H: 200×85×115mm
Ball Diameter	2.7" (~68 mm)	2.7" (~68 mm)
Internal resolution	10 bits	10bits
Price	\$845	\$795

등의 정보를 제공하기 위해서 사람이 스프링이 탑재된 puck을 움직이도록 함으로써 정보를 전달한다. 3D 적용분야에서 Magellan은 2D 마우스와 함께 사용된다. Magellan은 물체의 user position을 나타내고, 2D 마우스는 물체의 작업을 나타낸다. 이것은 작업자가 왼손으로 작업할 물체를 잡고, 오른손에 잡은 tool로써 작업을 하는 것과 유사하다.

Magellan은 optical absolute measurement system으로 제작되었다. 3D Motion Controller는 3D 공간상에서 물체의 동적인 움직임을 지시한다. 3D Motion Controller의 opto-electronic, contact-less measuring system은 calibration이 필요없이 6자유도 (X,Y,Z, pitch,roll,yaw)의 운동제어를 가능하게 한다. 그림2. 은 Magellan의 내부구조를 보여주고 있다.

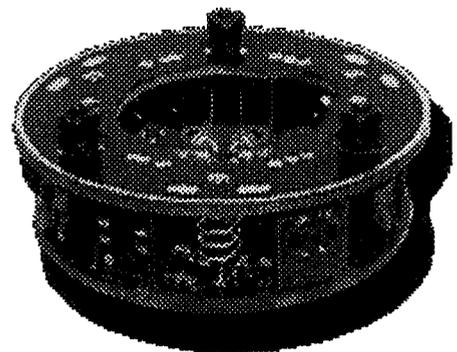


그림 2. Magellan Core

Magellan의 외형은 그림3. 그림 4 에서 잘 나타내

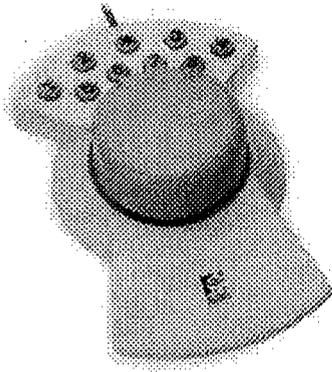


그림 3. Magellan



그림 4. Magellan Plus

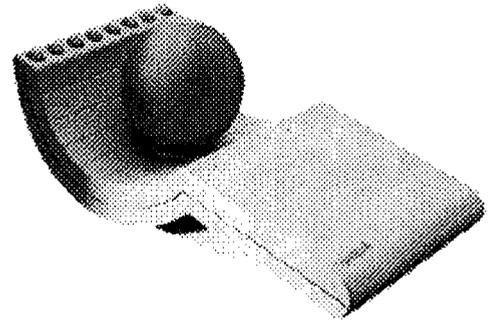


그림 5. Spaceball 2003

주고 있다. Magellan과 Magellan Plus의 나 당기는 손잡이에 연결된 이동부로 구성된다. 센서

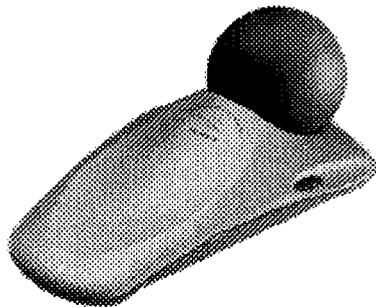


그림 6. Spaceball 3003

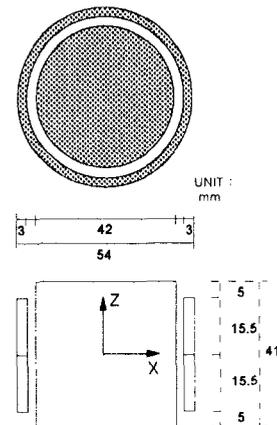


그림 7. COSMO 센서의 외형규격

Specifications과 가격을 표1.에서 나타내었다.

다음은 Spaceball 이라고 하는 3D Controller에 대하여 알아보겠다. Spacetec IMC Corporation에서 시판하고 있는 Spaceball 2003과 Spaceball 3003에 대하여 알아보았다. Spaceball series도 역시 6자유도 제어를 지원한다. Spaceball series는 PowerSensor 기술을 사용하여 사용자가 쉽게 move, rotate등을 할 수 있도록 하는데, PowerSensor ball(그림5.,그림6.)을 부드럽게 밀고, 당기고, 꼬고 하는 작업을 함으로써 Model이 twist가 적용되거나, 힘이 적용된 방향으로 움직이도록 하게 한다. Spaceball 3D motion controller는 압력 센서를 사용함으로써 Model을 좀 더 빨리 움직이거나, 회전시키는데 있어서, 부드럽게 움직일 때 보다 더 큰 압력을 가함으로써 동적으로 움직일 수 있도록 한다. Spaceball series의 Specifications를 표2.에 나타내었다.

4. COSMO 센서

본 센서 기구의 형태는 원통형이며, 로봇 혹은 책상에 고정되는 고정부와 사람의 손으로 잡아서 밀거

의 크기는 그림 7에서 나타난 바와 같이 직경 54mm, 높이 41mm 의 원통형으로 소형이며, 사람의 손으로 가볍게 잡을 수 있는 크기이다. 외형은 알루미늄을 가공하여 제작하였다. 센서의 동작은 앞서 설명한 고정부와 이동부의 상대적 위치 변화를 감지하여 이루어지며, 이러한 위치변화는 89C2051 micro controller를 중심으로 구성되는 제어기에 의해서 분석되어 센서 내부 중앙에 설정된 직교좌표계를 기준으로 사람이 손으로 가한 힘과 모멘트의 방향을 추출한다. 센서기구의 중량은 130 g , 제어기의 중량은 20 g 으로서 총 150 g 이다. 센서의 기구는 매우 간단한 구조를 갖고 있으며, 제어기 또한 2개의 IC 로서 구성되는 단순한 회로로 구성된다. 따라서 본 센서는 매우 낮은 가격에 제작될 수 있으며, 로봇의 운동지시 작업이나 컴퓨터의 3차원 운동명령의 입력장치로 사용될 수 있다. 제작된 센서와 제어기의 실물 사진이 그림 8 에 있다.

센서의 제어기는 센서기구의 분석을 통해서 구한

표 3. COSMO 센서 사양

Sensor 기구	Dimension	54 mm (D) x 41 mm (H)
	Weight	130 g
	재질	Al
Controller	IC 수	2 개
	Weight	20 g
Total weight		150 g
검출신호	Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz 등 6개 신호	
각 신호 값 형태	Positive, Negative, Zero (3 상태)	

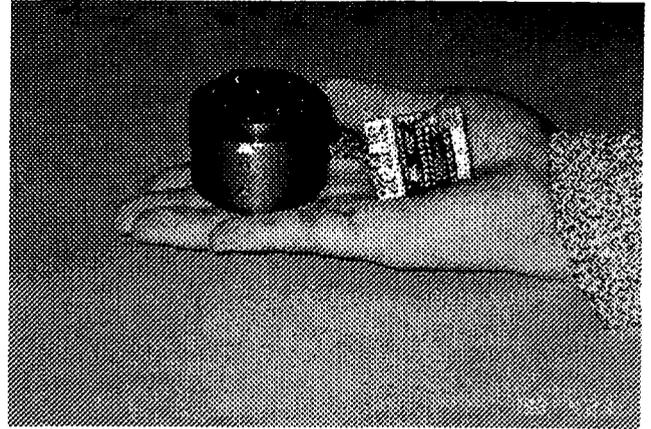


그림 8. COSMO 센서와 제어기의 실물사진

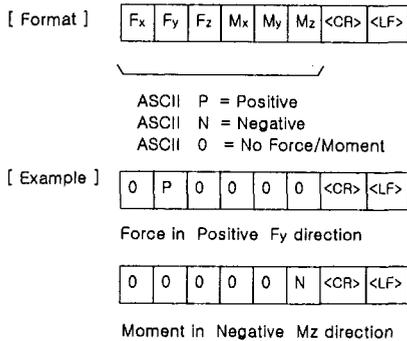


그림 9. COSMO 센서의 출력 데이터 형식

힘과 모멘트 정보를 RS232C 통신을 이용하여 외부로 출력한다. 출력 데이터의 형식은 그림9 와 같이 8개 바이트가 1개의 packet을 구성한다. 앞의 6개 바이트는 Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz 의 방향을 지시하며, ASCII 문자 'P' 와 'N' 그리고 '0' 의 3가지 중의 하나 값을 가지며, 각각 positive, negative, zero 방향을 의미한다. COSMO 센서의 간단한 사양은 표 3 에 나타나 있다.

5. 3차원 입력장치를 이용한 로봇운동 실험

본 센서는 다음과 같은 방법으로 사용될 수 있다. 그림 10과 같이 로봇의 공구에 가깝도록 몸체에 편리하게 부착된 COSMO 힘/모멘트 센서에서 검출된 힘/모멘트 정보는 교시상자의 운동지시 버튼을 대신하여 로봇의 운동방향정보로 사용될 수 있다. 교시상자를 이용한 교시작업에서 +X 방향의 운동은 +X 에

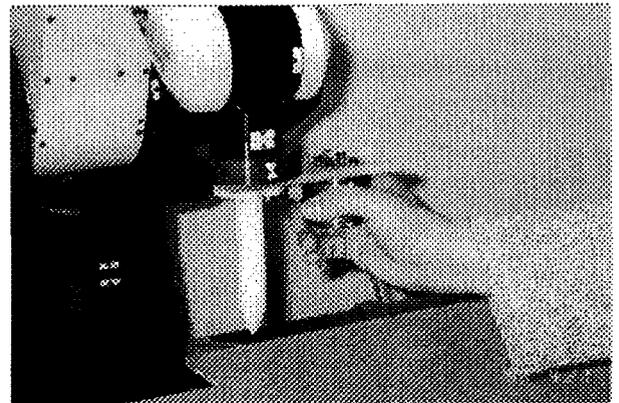


그림 10. COSMO 센서를 이용한 로봇운동실험

해당하는 버튼을 누름으로서 발생된다. 이때 교시상자의 버튼은 단지 방향만 지시하며, 운동속도와 가속도는 사용자 프로그램에서 설정된 값에 의해서 로봇제어 프로그램의 궤적 계획기에서 결정한다. 따라서 COSMO 센서에서 검출된 힘/모멘트의 방향정보가 P 0 0 0 0 0 <CR> <LF> 이라면, 사람이 +X 방향으로 힘을 가한 상태 이므로, 이는 교시상자의 +X 운동버튼이 눌러진 경우에 해당하며, 로봇을 +X 방향으로 이동시키면 된다. 로봇의 공구 가까이 COSMO 센서를 부착하고 사람이 센서를 손으로 잡고 센서 좌표계의 +X 방향으로 힘을 가했다고 가정하자. 이 때, COSMO 센서의 출력은 P 0 0 0 0 0 <CR> <LF> 가 될 것이다. 이 경우 원하는 로봇의 운동은 COSMO 센서가 센서 좌표계의 +X 방향으로 이동하도록 각 관절을 제어하는 것이다. 이는 기존의 교시상자를 이용한다면, 로봇의 TOOL 변환 행렬을 COSMO 센서 내부 좌표계를 지시하도록 지정하고, 교시모드를 TOOL 모드로 설정한 다음, 교시상자의

+X 버튼을 누름으로서 발생 할 수 있다. 사람의 손으로 교시상자의 +X 방향 버튼을 누르는 일은 그 버튼의 두 접점사이를 ON 시키는 동작이므로, 교시상자의 외부에서 두 접점을 연결시켜 주면, 사람의 손으로 교시상자의 +X 버튼을 누른 것과 같은 결과를 발생 할 수 있다. 본 실험에서는 COSMO 센서에서 RS232C 로 출력되는 힘/모멘트 신호를 IBM PC에서 읽어들이고, 이 신호를 이용하여 IBM PC 에 내장된 디지털 I/O 카드를 통하여 디지털 신호를 출력하여 교시상자의 모든 운동 버튼의 신호를 조작함으로써, 사람이 손으로 밀고 당기는 방향으로 교시작업이 가능하도록 하였다.

본 연구의 교시 실험에서 사용한 로봇은 CRS PLUS 사의 A460 로봇으로서 6개의 회전 관절을 갖는 수직다관절 로봇이다. 실험에서 사용한 공구는 원통 아크릴의 끝을 뾰족하게 가공하여 정확한 위치를 지시 할 수 있도록 사용하였고, COSMO 센서는 공구 옆에 부착되어 있어 교시작업 후에는 제거할 수 있도록 하였으나, 일반적인 손목형 힘/모멘트 센서와 같이 TOOL flange 와 TOOL 사이에 위치 할 수도 있다.

5. 결 론

이상의 실험에서와 같이 COSMO 센서를 이용하여 사용자가 원하는 방향으로 로봇을 밀거나 당김으로서 3차원 공간상의 로봇의 위치 및 자세를 쉽게 변화시킬 수 있다는 점을 보였으며, 이 기능은 3차원 그래픽 또는 가상환경

에서의 3차원 공간상의 물체에 대해서 위치와 자세를 지시하는 입력장치로서 사용될 수 있다. 향후의 연구과제는 본 센서의 출력 정보가 힘과 모멘트의 방향만 검출 할 뿐 아니라 크기도 검출 할 수 있도록 개선작업이 필요하다.

참고문헌

- [1] Gordon M. Mair, Industrial Robotics, Prentice Hall
- [2] MOTOMAN-ET System, 安川電機, Japan
- [3] Gerd Hirzinger, "Advances in Robotics - An European Perspective", *Plenary Lecture, IEEE International Conference on Robotics and Automation*, May, 1998, Leuven, Belgium
- [4] Logitech 사 Home page, <http://www.logitech.com>
- [5] Ascension Technology사 Home page, <http://www.ascension-tech.com>
- [6] Space Tech IMC사 Home page, <http://www.spacetec.com>
- [7] "COSMO-로봇 교시를 위한 저가형 힘/토크 센서", 97 한국자동제어학술회의, pp. 1621-1624, 서울, 제어자동화시스템공학회, 1997
- [8] "초저가형 힘/모멘트 센서 COSMO를 이용한 직관적 로봇교시방법", 98 한국자동제어학술회의, pp. 724 - 727, Vol. 1, 부산, 제어자동화시스템공학회, 1998.
- [9] "컴퓨터입력장치 - 저가형 3차원 마우스", 춘천 멀티미디어 학술회의, pp221 - 224, 춘천, 1999. 2