

COSMO - 로봇교시를 위한 저가형 6축 힘/모멘트 센서

COSMO - Low cost force/moment sensor for robot teaching

최 명 환(Choi, Myoung Hwan)

강원대학교 제어계측공학과 (Tel : (0361)250-6345, Fax : (0361)242-2059, E-mail : mhchoi@cc.kangwon.ac.kr)

Abstract : Use of teaching pendant is the most widespread and economical way to teach desired motion to robots. It is also very primitive, time consuming and ineffective way of teaching which has not changed since the early days of robot. In order to reduce the teaching effort, a new efficient form of teaching is needed. Also, the recent robotics research trend into service robots such as home robot, nurse robot and medical robot calls for a new teaching method which is both easy and inexpensive. In this paper, the design and operation principle of a low cost force/moment sensor is presented. The proposed sensor architecture is so simple and inexpensive that it opens the prospect for a new paradigm of robot teaching which is easy and efficient. Other prospective areas of application are tele-manipulation of robots where it can be used in master arm, and virtual environment where it can be used as an user input device.

Keywords : Robot teach, Force/Moment sensor, Telemanipulation, Virtual Environment

1. 서론

로봇은 사람을 대신하여 각종 작업을 수행하는 도구로서 현대사회에서 중요한 역할을 수행하고 있다. 로봇은 주로 사람의 팔을 대신하여 제조업 생산라인에서 물류, 조립, 용접, 페인팅을 비롯한 여러 형태 작업의 자동화에 사용됨으로서 생산성 향상과 함께 비인간적인 작업으로부터 인간을 보호하는데 기여하고 있을 뿐 아니라 인간이 작업할수 없는 극한환경의 작업, 예를 들면, 핵발전소의 방사선 오염지역, 독극물 오염지역, 해저, 우주작업 등에서 인간을 대신하여 작업을 수행하며, 또한 최근에는 서비스 로봇의 응용분야가 개척되고 있어 가까운 미래에 가사로봇, 간호로봇, 수술보조로봇 등의 다양한 로봇적용분야가 실용화 될것으로 예상되고 있다.

로봇에게 인간이 원하는 작업을 수행하게 하는 방법은 편의상 크게 두가지 유형으로 분류할수 있다. 즉, 로봇에게 원하는 운동을 지시하여 기억시키고 이를 재현하도록 하는 교시(teach)운동 방법과, 로봇에게 지능을 부여하고 작업목표를 지시하여 주변환경을 로봇 스스로 판단하여 필요한 운동을 발생하는 자율(autonomous)운동 방법이 있다. 교시운동방법은 로봇의 초기단계에서부터 지금까지 널리 사용되는 방법이며, 자율운동방법은 미래의 작업형태로서 현재 많은 연구가 진행되고 있으며, 일부 실용화되고 있는 실정이나 비교적 높은 비용 때문에 적용분야의 확산에 어려움이 있다.

기존의 로봇교시 방법[1]은 교시상자 방법, Lead-through 방법, Joystick 방법과 음성 또는 시각을 이용하는 방법등이 있다. 가장 보편적인 방법은 교시상자(teaching pendant/teach box)를 사용하는 방법으로서 사람이 교시상자의 푸시버튼을 누름으로서 로봇의 각 모터를 관절좌표계에서 개별적으로 구동하는 관절운동과, 직교좌표계인 Base 또는 Tool frame을 기준으로 $x, y, z, \alpha, \beta, \gamma$ 방향의 운동을 발생하는 직교좌표운동이 사용된다. 이 방법은 교시작업에 필요한 장비비용이 매우 낮으며, 사용자가 원하는 운동을 모두 발생시킬수 있어서 산업용 로봇의 기본적인 교시방법으로 널리 사용되고 있다. 그러나, 인간은 직교좌표계에서 사고하지만 로봇의 운동은 근본적으로 관절좌표계에서 발생하며, 직교좌표운동이 가능하기는 하지만 로봇의 손 끝에 가상적으로 부착된 좌표계를 사람이 인식하기 어렵기 때문에 사용자가 원하는 운동을 지시하기가 매우 어렵고 비효율적이어서 현재 교시작업에 소요되는 많은 시간의 주요 원인이 되고 있다.

Lead-through 방법은 로봇의 물체를 사람이 잡아서 밀거나 당김으로서 사람이 로봇의 몸체에 가하는 힘에의해 운동이 발생하는 방법이다. 이 방법의 하나는 각 관절 모터의 토오크 발생을 일시적으로 정지시키고, 로봇 몸체에 작용하는 중력의 영향을 적절히 보상하는 방식인데, 4관절 SCARA 로봇의 경우 쉽게 구현할수 있어서 널리 사용되고 있으나, 일반적인 수직다관절 로봇의 경우에는 제어가 구성의 어려움 때문에 페인팅작업등의 용도에 제한적으로 사용되고 있다. 최근에 개발된 방법으로는 로봇몸체에 힘/모멘트 센서를 부착하고, 힘/모멘트 센서에 손잡이를 부착하여, 이 손잡이를 밀고 당기므로써 발생한 힘/모멘트를 이용하여 로봇을 운동시키는 방법[2]이 있다. 이 방법은 관절의 위치제어기를 이용하는 힘/모멘트 제어의 방법이며, 사용자가 원하는 운동을 쉽고 편리하게 발생하는 방법이나, 힘/모멘트 센서가 매우 고가이어서 실용화에 어려움이 있다.

Joystick 방법은 teach box 대신 joystick을 이용하는 방법으로서 원격조정로봇, 컴퓨터게임, 가상환경의 경우와 같이 $x-y-z$ 운동 명령을 발생하는 joystick을 이용하여 로봇의 운동을 지시하는 방법이다. 그러나 저자가 알고있는 범위내에서는, 6D joystick이 연구용으로 개발된 사례가 있으나 상업용으로는 존재하지 않으며, 3차원공간의 위치 및 자세를 모두 지시하려면 3D joystick을 2개 사용하여야 하는 단점이 있다. 다음의 교시방법은 사람의 음성용 인식하여 사람이 말하는대로 로봇을 운동시키는 방법이 있는데, 작업자가 작업을 지시하기는 편리하나 원하는 운동을 정확히 전달하기에 어려움이 있으며, 시각장치를 이용하여 로봇의 운동을 발생하는 방법도 있으나 시각장치가 고가인 단점이 있는데, 음성이나 시각을 이용한 교시방법의 확산에는 많은 연구가 더 필요하다.

로봇의 교시작업, 즉 인간이 원하는 운동을 로봇에게 지시하는 작업은 앞서 언급한 바와 같이 로봇과 인간 사이의 중요한 man-machine interface 방법이다. 그러나 현재 가장 보편적으로 사용되는 교시상자방법은 앞서 제시한 사용상의 불편함, 비효율성, 긴 교시작업시간등의 문제를 가진, 로봇이 개발된 이후로 지금까지 사용되어온 가장 원시적인 교시방법이며, 최근에 개발된 힘/모멘트 센서를 이용한 교시방법은 사용이 편리하기는 하지만 높은 가격 때문에 사용에 제약이 따르고 있다. 따라서 앞으로 인간을 위한 서비스 로봇의 등장과 같이 로봇과 인간의 관계가 친숙해지고, 효율적인 의사전달이 가능하려면, 교시상자방법으로는 불가능하며, 보

다 편리하고 저비용이어서 실용화가 가능한 교시방법이 절실히 요구된다.

본 논문에서는 로봇의 교시작업에 사용될 수 있는 초저가형 힙/모멘트 센서의 원리와 특징을 설명한다. 본 센서는 COSMO (COntact Sensor MOdule) 힙/모멘트 라고 이름붙여졌으며, 기존의 힙/모멘트 센서가 스트레인 게이지를 이용해서 센서내부의 기구의 비틀림을 측정하는 원리를 이용하는데 반하여, 본 센서는 다수의 접촉센서(contact sensor)를 이용하는 원리에 기초함을 나타낸다. 기존의 힙/모멘트 센서가 외부에서 가해진 6축 힙 및 모멘트 벡터, 즉 방향 및 크기를 검출하는데 반하여, 제안된 힙/모멘트 센서는 힙 및 모멘트의 방향을 검출한다. 이에 따른 운동은 교시상자의 경우와 같이 별도로 지정된 속도와 운동패턴을 이용하여 로봇 제어기 내부에서 발생할 수 있다. 이 방법은 앞서 분류한 teach box 방법과 Lead through 방법의 절충형 방법이라고 볼 수 있다. 본 논문에서 제안된 힙/모멘트 센서의 원리는 초저가형 센서의 개발을 가능하게 함으로서 인간과 로봇의 보다 편리하고 경제적인 Man-Machine Interface를 가능하게 할 것으로 기대된다.

2. 동작원리

제안된 센서의 구조를 도면을 이용하여 설명한다. 그림 1은 힙 센서를 입체적으로 도시한 그림이다. 힙센서의 기구는 원기둥형의 고정부와 축이 빈 원기둥형의 제1이동부, 직육면체형의 제2이동부, 고정부에 분포된 접촉센서와 제2이동부에 분포된 접촉센서로 구성된다. 고정부에는 X-Y-Z 방향의 기준이 되는 좌표계가 부착된다. 고정부와 제1이동부는 스프링 또는 이와 유사한 기능을 하는 기구에 의하여 적절한 간격을 두고 떨어져 유지되며, 고정부의 원기둥면 중앙에는 제2이동부가 내장되어 있으며, 고정부와 제2이동부도 스프링 또는 이와 유사한 기능을 하는 기구에 의하여 일정한 간격을 두고 떨어져 유지된다. 제2이동부와 제1이동부는 기구적으로 연결된다. 각 접촉센서의 상태는 신호처리장치에 의해 힙/모멘트 데이터로 변환되며, 신호처리장치는 접촉센서의 상태를 분석하여 구한 힙 및 모멘트 값을 외부의 로봇 제어기 혹은 컴퓨터 등으로 출력한다.

힙센서의 동작은 다음과 같다. 고정부는 로봇의 몸체 또는 사용자가 원하는 공간상의 위치에 고정된다. 고정부와 제1이동부는 스프링장치에 의해 일정한 간격으로 유지되므로, 외부에서 제1이동부에 힙 또는 모멘트가 가해지면 제1이동부는 고정부 방향으로 이동할 수 있다. 이때 제1이동부와 고정부의 접촉이 발생하며, 이 접촉은 고정부 주위에 분포된 다수의 접촉센서 중 한 개 이상의 접촉센서를 작동시킨다. 따라서 접촉센서 상태를 분석하면 가해진 힙과 모멘트를 검출할 수 있다.

3. 센서의 시제품 제작과 사용방법

제안된 COSMO 힙/모멘트 센서의 시제품이 제작되었고, 현재 성능시험 단계에 있다. 센서의 고정부, 제1이동부, 제2이동부는 알루미늄을 가공하여 제작하였고, 센서의 크기는 높이 110mm 직경 60mm로서 작업자의 손으로 쉽게 잡을 수 있도록 하였다. 시제품의 크기는 접촉센서의 소형화에 따라 전체 센서의 크기가 결정되는데, 보다 작은 센서를 사용하면 더 소형의 센서를 제작할 수 있다. 각 부품의 가공은 일반 선반을 사용하여 비숙련 작업자가 작업할 수

있는 정도의 난이도를 가진다.

본 센서의 사용방법은 다음과 같다. 그림 2와 같이 로봇의 공구에 가압도록 몸체에 편리하게 부착된 COSMO 힙/모멘트 센서의 접촉센서 상태는 2절 동작원리에서 설명된 검출원리에 의해서 힙/모멘트 정보로 변환되며, 이는 로봇의 운동방향정보로 사용된다. 즉, 기존의 교시상자에서 발생시키던 로봇의 운동방향정보는 COSMO 힙/모멘트 센서에서 대신 발생되고, 그 이후의 제어기 동작은 기존의 교시상자의 경우와 동일하다. 즉, 지시된 방향으로 로봇 제어장치의 궤적발생기가 미리 정해진 속도 profile 등을 이용하여 로봇의 운동명령을 발생하며, 이에 따라 위치제어기가 동작한다. 속도값은 기존의 방법과 같이 프로그램언어 혹은 교시상자의 속도지시값을 이용할 수 있다. 교시상자를 본 센서로 대체하여 얻는 장점은 사용자가 원하는 방향으로 로봇을 밀거나 당기므로써 3차원 공간상의 로봇의 위치 및 자세를 쉽게 변화시킬 수 있다는 점이다.

가상환경이나 게임의 입력장치, 혹은 원격조정로봇의 마스터로 사용되는 경우는 본 센서를 책상이나 기타 편리한 장소에 고정시켜 사용할 수 있으며, 그림 2와 같이 센서의 신호처리장치의 출력은 이용할 수 있다.

4. 기대효과

제안된 힙/모멘트 센서는 앞에서 설명된 바와 같이 저가로 제작될 수 있으며, 앞으로의 개선점들을 고려하더라도 널리 보급되어 사용되는데 전혀 부담이 없는 가격대에 제작이 될 수 있을 것이다. 이 센서는 저가의 편리한 로봇 교시방법을 실용화 시킴으로써 로봇과 인간의 기본적인 Man Machine Interface 인 로봇교시방법의 획기적인 변화를 가져올 수 있으리라고 기대된다. 즉, 산업용 로봇의 교시작업을 편리하고 효율적으로 변화시켜 교시에 필요한 작업시간을 단축할 수 있을 뿐 아니라 곡선등의 교시를 보다 더 정확히 교시할 수 있을 것이며, 가사로봇이나 간호로봇등과 같이 서비스 로봇의 경우 사람이 잡아 끄는대로 이동하게 함으로써 로봇이나 공간상의 좌표계에 대한 지식이 전혀 없는 일반인들이 쉽게 로봇을 이용하게 할 수 있을 것이다.

또한, 게임이나 가상환경, 원격조정로봇의 경우 현재 3D joystick 2개를 사용하여 6D joystick을 구성하고 있으나 이는 위치(Position) 명령을 발생하는 3D joystick은 사람이 사용하기에 편리한 반면, 사람이 인식하는 공간상의 자세와 joystick의 방향이 일치하지 않기 때문에 자세(Orientation) 명령을 발생하는 3D joystick은 사용하기가 매우 어렵고 많은 훈련을 필요로 한다. 따라서 제안된 센서를 6D joystick으로 이용함으로써 보다 쉽고 편리한 원격조정 로봇의 운동을 발생시킬 수 있으며, 3차원 게임이나 차후 보편화될 가상환경(Virtual Environment)의 사용자 입력장치로서 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Gordon M. Mair, Industrial Robotics, Prentice Hall
- [2] MOTOMAN-ET System, 安川電機, Japan

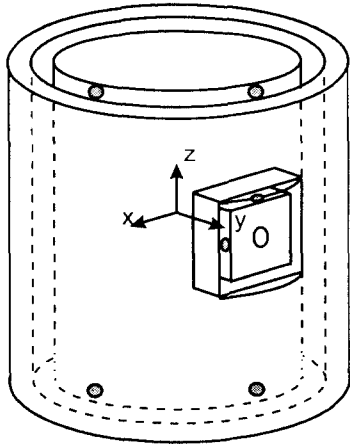


그림 1. COSMO 센서의 개념도

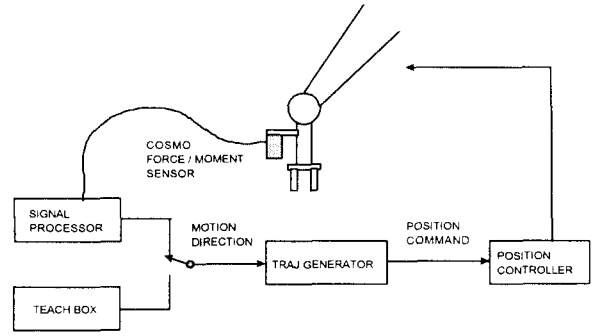


그림 2. COSMO sensor의 사용예