

# 의료영상로봇을 위한 고하중 불평형 회전체의 동작 추정기 개발

## Motion Estimator of Large Imbalanced Rotor for a Medical Imaging Robot

\*#지상훈<sup>1</sup>, 김덕훈<sup>1</sup>, 이광희<sup>2</sup>, 남경태<sup>1</sup>, 손용희<sup>1</sup>, 이상무<sup>1</sup>

\*#S. H. Ji<sup>1</sup>(robot91@kitech.re.kr) D. J. Kim<sup>1</sup>, K.H.Lee<sup>2</sup>, K.T.Nam<sup>1</sup>, W. H. Shon<sup>1</sup>, S. M. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>비슬

Key words : Motion Estimator, Large Imbalanced Rotor, Medical Imaging Robot

### 1. 서론

의료 로봇을 활용하여 방사선 발생 장치와 같은 고중량 장비를 매우 정밀하게 움직이는 기술이 최근 많이 연구되었다[1]. 의료용 로봇을 활용한 수술 중 영상촬영(Intra-Operative Imaging)기술은 척추 수술 등의 분야의 안전성과 수술 효과를 크게 증가시켰다. 특히 C-Arm을 활용한 투시영상 기술은 실시간으로 일련의 이미지들을 캡처하고 보여 줌으로써 보철물의 위치나 골절 복원 또는 기형 복원 시술 등에서의 즉각적인 피드백을 제공할 수 있다[2].

최근에는 3차원의 구조 이미지 획득이 가능한 이동이 가능한 CT(Computerized Tomography) 장비들이 개발되었다. 특히 메드트로닉사의 O-Arm 장비는 다축 매니플레이터와 고속 회전체를 활용하여 이동과 설치가 간단하고 3차원 이미지를 획득할 수 있는 장점이 있다.

그런데, 정밀한 3차원 의료영상 측정을 위해서는 고속 회전체의 정속 주행 제어가 매우 중요하다. 그러나 3차원 의료영상 진단시스템에 활용되는 회전체는 고중량이고 편심된 하중이기 때문에 고정도 속도 제어가 매우 어렵다[3]. 이에 본 논문에서는 X-ray 소스와 디텍터의 촬영 시간을 회전 속도에 맞춰 조정해 줌으로써 의료 영상이 일정 각도 간격으로 획득될 수 있는 방법을 사용한다. 이를 위하여 2장에서는 회전체 모델과 회전체의 동작 추정기를 제시하고 3장에서는 정밀한 영상 추정을 가능하게 하기 위한 다중 프로세스를 활용한 회전체 제어기의 구현 방법을 제시한다.

### 2. 회전체 모델과 동작 추정기

본 논문에서 제시한 3차원 의료영상로봇은 그림

1과 같이 X-ray 소스와 디텍터가 부착되어 있는 회전체와 회전체 지지하고 있는 매니플레이터로 구성된다. 매니플레이터는 3개의 직선 이동 축과 2개의 회전 축으로 구성되어 있으며, 3차원 이미지를 얻기 위한 2차원 연속 영상들은 매니플레이터를 회전체가 지면에 수직인 상태로 고정된 상태에서 회전체를 이동시킴으로써 얻는다.

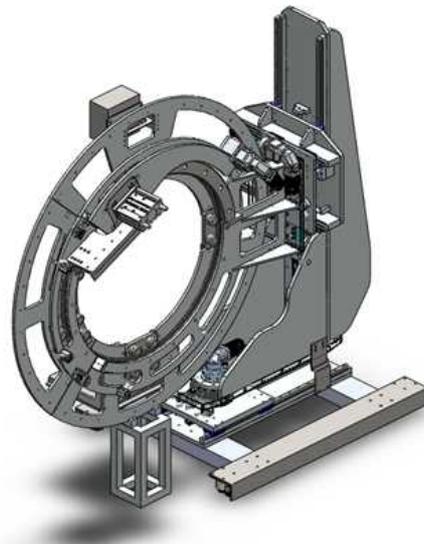


Fig. 1 Block diagram of Medical Imaging Robot

본 논문에서 회전체는 그림 2와 같이 균질의 동심원 물체와 이 판위에 고정된 두 질점 X-Ray 소스( $X_s$ )와 디텍터( $X_d$ )로 간주한다.

회전체에 연결된 중심축의 회전속도( $\omega$ )는 등속 운동을 한다고 간주하면, 회전체에 부착된 X-Ray 소스의 동작 모델은 다음과 같이 정의된다.

$$P(X_s(t)) = Rot(wt) * P(X_s(0)) \quad (1)$$

여기서,  $P(X_s(t))$ 는 X-ray 소스의 시간  $t$ 에서의 회전체 중심을 기준으로 한 좌표공간 상 위치로  $2 \times 1$  행렬이고,  $Rot(\cdot)$ 는  $2 \times 2$  회전 행렬이다. 그리고  $w$ 는 회전 속도이고  $X_s(0)$ 는 초기 회전체의 위치이다.

회전체 위치의 상태 방정식은 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$P(X_s(t+1)) = Rot(w(t) * \Delta t) P(X_s(t)) \quad (2)$$

여기서,  $\Delta t$ 는 제어 샘플링 시간이다.

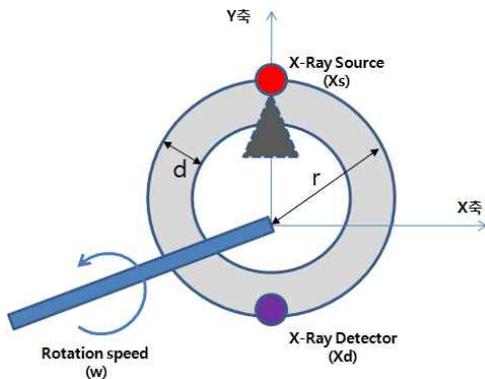


Fig. 2 Motion Model of Imbalanced Rotor for a Medical Imaging Robot

회전체의 회전속도  $w(t)$ 는 X-ray의 소스와 디텍터의 위치에 따른 중력의 영향과 회전체의 운동 특성으로 가변적이며, 본 논문에서는 constant 모델로 간주하고 다음과 같이 설정한다.

$$w(t) = K + v \quad (3)$$

여기서,  $K$ 는 상수이며,  $v$ 는 중력과 회전 속도에 따라 변하는 것을 포함한 변수로 본 논문에서는 가우스 노이즈로 간주하고, 실제 회전 속도는 회전축에 부착된 엔코더의 차분 값으로 측정된다.

### 3. 회전체 제어기 구현

회전체 제어기는 NI사의 Compact RIO를 기반으로 3개의 프로세서를 활용하여 개발되었다. 최상위 프로세서는 윈도우즈 XP를 기반으로 사용자 인터페이스를 담당하고 있으며, 중간 위치의 프로세서는 Vxworks를 기반으로 회전체 모션 추정과 제어를 담당하고 있다. 최하위 프로세서는 FPGA 기반 프로세서로 엔코더 정보 획득과 모터 지령 출력 및 외부 I/O 인터페이스 처리를 담당한다.



Fig. 3 Motion Controller for Imbalanced Rotor for a Medical Imaging Robot

일정 회전 각도로 의료영상들이 획득되도록 모션 제어 프로세서는 1msec마다 엔코더 정보를 활용하여 회전 속도를 계산하고 이 값을 활용하여 정해진 각도에 도달하는 시점을 FPGA 프로세서와 공유하고 있는 메모리에 입력한다. FPGA 프로세서는 이 값을 활용하여 X-Ray 소스와 디텍터 제어를 위한 게이트 신호를 출력한다

## 4. 결론

본 논문에서는 회전체 모션 추정기와 다중 프로세서를 활용하여 일정 회전 각도마다 X-Ray 소스와 디텍터가 동작하게 함으로써, 고하중 불평형 회전체에 대한 중력과 회전 간섭 등의 복잡한 동역학 분석과 제어 없이도 간단한 회전 속도 제어를 통하여 고화질의 의료 영상을 획득하는 방법을 제시하였다.

## 후기

본 연구는 산업기술연구회 협동연구사업의 후원으로 이루어졌습니다.

## 참고문헌

1. N. Bindler 외, "A Robotic C-arm Fluoroscope", International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, Vol. 1, No. 3, 108-116, 2005.
2. Eric L. Lin 외, "O-Arm Surgical Imaging System", Seminars in SPINE SURGERY, 20, 209-213, 2008
3. 박광현 외, "고하중 불평형 회전체의 정속 주행 제어기 설계를 위한 시뮬레이션 플랫폼 구축", 대한기계학회 2010년도 춘계 논문집, 101-102, 2010.
4. 박광현 외, "고하중 불평형 회전체의 정속 주행 제어기 설계를 위한 유연체 제어 기반 시뮬레이션 플랫폼 구축", 대한기계학회 2010년도 춘계 논문집, 1175- 1177, 2010.