

플라잉 모션 머신의 힘제어

Force Control for Flying Motion Machines

*권오홍^{1#}, 이상원¹, 원대희¹, 정관영¹

*O. Kwon^{1#}(ohung@kitech.re.kr)¹, H.S.Lee¹, D.H.Won¹, K.Y.Chung¹

¹한국생산기술연구원

Key words : Flying Motion Machine, Force Control

1. 서론

인간이나 장치를 3차원 공간에 날리는데 Fig.1에서 보이듯이 플라잉 모션 머신이 많이 사용되고 있다. 이 머신은 연극이나 공연을 실감나게 하며 영화나 스포츠 중계를 다양한 각도와 속도에서 가능하도록 한다.

일반적으로 플라잉 모션 머신의 고려 대상들은 정확한 시스템 모델링, 정밀 위치 제어 및 순응 제어, 하중 불확실성에 대한 강건 제어, 하중의 이동에 따른 진동 제어, 자유도의 한계에 따른 un-controllable space 회피 제어, 궤적 생성 및 수정 알고리즘 등이 있다. 본 논문에서 제어에 대하여 고려하였다. 기존에는 플라잉 모션 머신의 제어 방법으로는 단순한 궤적 필터링을 통한 위치 제어 구조를 가지고 있다. 이러한 제어 구조는 모델의 불확실성이나 공연배우가 날라다니는 동작이후에 지면 착지하거나 다시 비상하는 동작에 적용하기는 어렵다. 본 연구는 다양한 공연 배우의 동작이나 카메라 촬영에 사용될 수 있는 모델 기반의 힘제어 방법을 제안한다.

2. 모델링

공간적인 제약과 자유도를 고려해서 4개의 와이어로 구성된 플라잉 모션 머신에 대하여 모델링하였다. Fig.2에서 기구학적인 특성을 표현하면 다음과 같다.

$$\vec{l}_i = \vec{P}_i - \vec{X} - \vec{r}_i \quad (1)$$

여기서, i 는 와이어의 번호를 말한다.

식 (1)의 기구학적인 표현으로부터 운동 방정식을 유도하면 다음과 같다.

$$M\ddot{\vec{X}} = M\vec{g} + \vec{F} \quad (2)$$

여기서, \vec{g} 는 중력가속도 벡터이고, \vec{F} 는 4개 장력

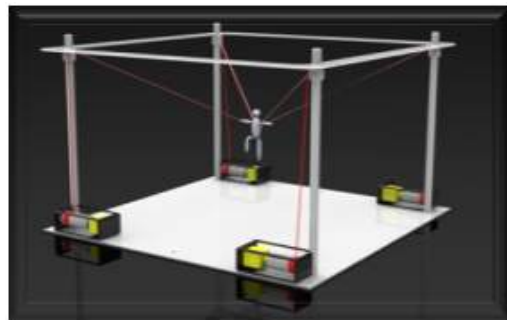


Fig. 1 Flying motion machines

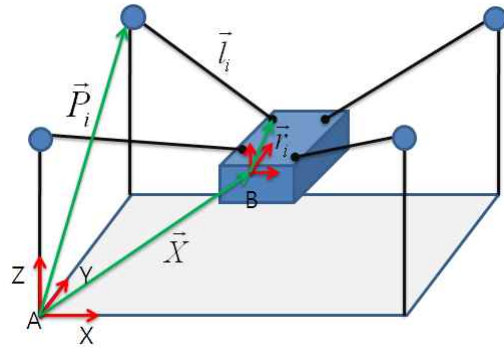


Fig.2 Configurations and coordinates of a simple model

의 합력을 말한다. 즉,

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^4 f_i \quad (3)$$

그림 1에서 기구학적 특성으로부터 장력과 와이어 길이 사이의 관계식을 유도할 수 있다. 즉,

$$f_i = \frac{|\vec{f}_i|}{l_i} (\vec{P}_i - \vec{X} - \vec{r}_i) \quad (4)$$

따라서, 와이어 플라잉 모션 머신의 운동방정식은 간단하게 정리될 수 있다.

$$M\ddot{\vec{X}} = M\vec{g} + \sum_{i=1}^4 \frac{|f_i|}{l_i} (\vec{P}_i - \vec{X} - \vec{r}_i) \quad (5)$$

3. 고속 힘 제어

모델 오차와 동역학적 특성을 고려하여 제어 성능향상을 위한 제어 방법에 대하여 설명한다. 이러한 목적에 부합하는 제어법으로 동역학 모델 기반의 임피던스제어가 사용된다. 먼저 임피던스 모델을 정의한다.

$$M_I(\ddot{\vec{X}}_I - \ddot{\vec{X}}_d) + E_I(\dot{\vec{X}}_I - \dot{\vec{X}}_d) + E_I(\vec{X}_I - \vec{X}_d) = \vec{F}_c \quad (6)$$

여기서, \vec{F}_c 는 탑재 물체의 이동시 발생하는 접촉력을 의미하며, 접촉이 발생하지 않으면 제로값이 된다. 식(6)을 추종값에 대하여 정리하면 다음과 같다.

$$\ddot{\vec{X}}_I = \int \left[\ddot{\vec{X}}_d + M_I^{-1}(-E_I(\dot{\vec{X}}_I - \dot{\vec{X}}_d) - E_I(\vec{X}_I - \vec{X}_d) + \vec{F}_c) \right] \quad (7)$$

식(7)을 식(5)에 삽입함으로써 힘제어를 수행하게 된다.

4. 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 힘제어 기법의 성능을 검증하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. Fig.3에서 보이듯이 시뮬레이션은 동역학 기반의 상용 소프트웨어인 리카다인을 사용하였다.

성능검증을 위해서 와이어 플라잉 모션 머신에 공연 배우가 매달린 채로 공중제비 돌기는 경우에 대하여 필요한 궤적 및 제어 기법이 적용 되었다. 여기서 공연배우의 3m/s 의 최대 속도를 가진다. Fig. 4는 공중제비 돌기 동작을 수행하는 경우에 요구되는 각속도와 토크를 나타내고 있다.

5. 결론

안전성을 고려한 공연 배우의 동작을 자연스럽게 구현할 수 있는 힘제어 기법을 제안하였다. 다양한 시뮬레이션을 통해 우수성을 확인하였다.

추후 시뮬레이션의 결과를 검증하기 위하여 플라잉 모션 머신의 하드웨어 구성 및 실험을 수행할

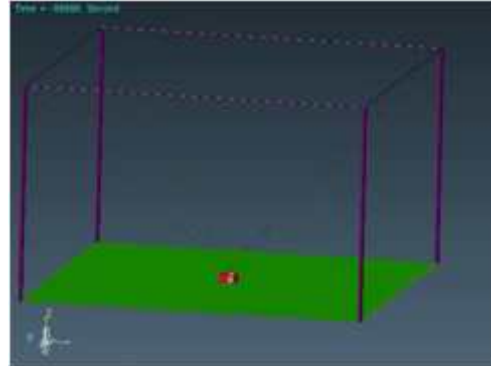


Fig. 3 Dynamic simulator

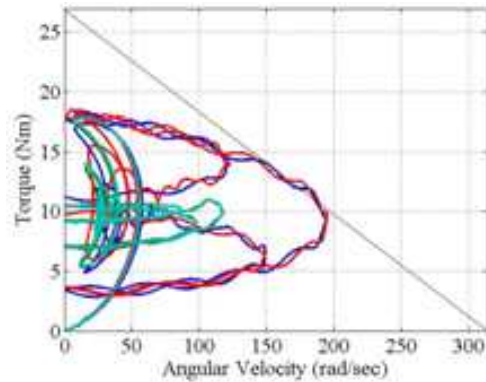


Fig. 4 Torque and angular velocity of a actuator

것이며, 공연이나 카메라를 통한 촬영에 사용될 것이다.

참고문헌

1. Yanai, N., Yamamoto, M., and Mohri, A., "Inverse Dynamics Analysis and Trajectory Generation of Incompletely Restrained Wire-Suspended Mechanisms," IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 21-26, 2001.