

지능형 실내 위치전환 시스템의 동기제어

양호남(연세대 대학원 기계공학과), 양현석(연세대 기계공학과), 최용제(연세대 기계공학과),
홍만복(연세대 대학원 기계공학과)

Synchronizing control of intelligent indoor lift system

H. N. Yang(Mech. Eng. Dept. YSU), H. S. Yang(Mech. Eng. Dept., YSU), Y. J. Choi(Mech. Eng. Dept. YSU),
M. B. Hong(Mech. Eng. Dept. YSU)

ABSTRACT

In this thesis, the application of the synchronizing control of the intelligent indoor lift system is showed. The separate axes of the indoor lift system are driven independently. PID controller, synchronous flexible logic compensating method and tilt sensor are applied to enhance the performance of the intelligent indoor lift system. the tilt sensor senses the horizontal error of the whole system. PID controller and synchronous flexible logic are used to compensate the synchronous errors of both the separate axes and whole system to be zero. Namely, using not the hardware coupling but the software algorithm, the indoor lift system is operated without the error. Before applying the real system, the simulation using matlab testifies the possibility of the lift system. And the realization of the system is demonstrated with two DC servo motors. In the experiment test, flexible logic to compensate the synchronous error is chosen by the comparative method. the indoor lift system has to be considered the loading factor as the disturbance. Because the intelligent indoor lift system is developed to support the patients who don't change for themselves to move. Finally, the system which considers the weight of the patient as the disturbance can carry the patients safely without synchronous and position error.

Key Words : Synchronizing (동기), PID (비례/적분/미분), Tilt sensor (기울기 센서), DC servo motor (직류추종모터)

1. 서론

본 논문은 노인 및 장애인 등 신체의 거동에 있어서 자유롭지 못한 사람들의 위치전환을 보조하기 위한 시스템의 동기제어에 관한 연구이다. 시스템은 휠체어나 침대 등에 위치한 사람을 대상으로 하기 때문에, 시스템의 중앙부분은 이러한 기구의 왕래가 가능하도록 공간이 확보되어야 한다. 따라서, 시스템은 하나의 프레임으로 설계가 불가능하게 되는 구조적인 제한요소를 갖게 된다. 따라서, 시스템은 각 축을 두 개의 빔 형태의 연결 축으로 전체 시스템을 지지해야 한다. 그러므로, 시스템은 단일 축을 통한 구동이 불가능하므로, 2 개의 축을 각각 구동 시키고, 이 구동을 동기화 시켜서 전체 시스템을 단일구동화하여 동작시켜야 한다. 본 논문은 이러한 시스템의 제한 요건을 만족시키기 위해서

각 축의 구동부에 동기제어를 적용하여 제어할 것이다. 또한, 시스템에는 사람이 탑승하는 점을 고려하여 탑승자의 편안함과 안정감이 고려된 시스템의 응답 특성을 가질 수 있도록 제어함이 그 목표이다. 1 장의 서론에 이어서, 2 장에서는 매트 랩을 이용한 시스템의 동기제어 적용 가능성과 모터의 동기화에 따른 응답특성에 대한 시뮬레이션 결과를 보일 것이다. 3 장에서는 시스템의 시뮬레이션 결과를 토대로 실제 시스템에 적용될 모터의 무 부하 상황에서의 성능을 비교를 보일 것이다. PID 제어를 통해 시스템 제어를 할 것이고, 동기를 위해서 각각의 축에서 발생하는 오차는 다양한 보상방법을 고려할 것이다. 이 중에서 가장 우수한 성능을 보이는 방식에 대해 고찰을 할 것이고, 4 장에서는 모터의 무 부하 실험에서 가장 우수한 성능을 보인 제어와 보상방법을 시스템에 적용하여 시스템의 자중이 고려

된 경우에서의 시스템 제어성능을 비교할 것이다. 마지막으로 5 장에서는 시스템에 실제로 사람을 탑승 시킴으로서 추가적인 부하를 고려하여 실제 상황에서의 시스템의 안정적인 구동과 동기화 성능 등에 대한 결과를 볼 것이다.

다음은 동기제어가 적용될 시스템이다.

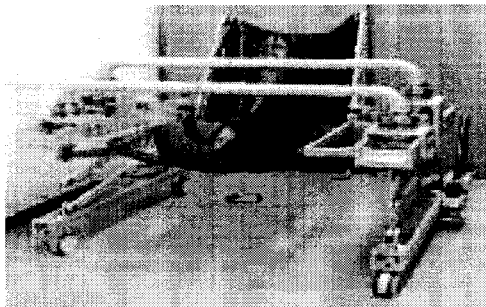


Fig. 1 the intelligent indoor lift system

2. 가상실험

실제 사람이 탑승했을 때, 탑승자의 감성적인 면을 고려하여 시스템의 응답특성이 완만한 상승을 할 수 있도록 매트랩을 이용하여 가상실험을 하였다. 또한 동기오차의 발생여부에 대한 고찰도 함께 하였다.

다음은 시스템의 동기화에 대한 가상실험 결과이다. 가상실험의 시스템 구동속도는 20 Rad/s 이다.

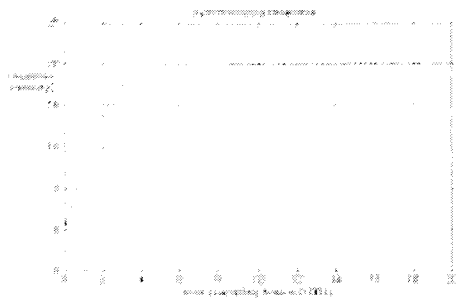


Fig. 2.1 the response of the system

3. 모터실험

가상실험을 통하여 시스템의 동기제어의 가능성을 확인 할 수 있었다. 따라서, 대상 시스템에 실제 모터의 적용에 대한 실험이 가능하게 되었다. 우선적으로 시스템의 구동부에 모터를 장착하여 실험하

기에 앞서서 제어기의 설계와 동기오차의 보상방법에 대한 성능에 대한 고려가 필요할 것으로 보인다. 따라서, 모터의 무 부하 상태에서의 다양한 제어와 보상방법에 대한 실험을 통하여 시스템의 응답성능에 대한 비교를 우선적으로 고려해야 할 것으로 보인다.

3.1 실험장치

모터의 무부하 실험에 사용된 실험 장치는 다음과 같다.

	전류 (A)	전압 (V)	회전수 (RPM)	토크 (N.m)	앰프 (V)
1 축	1.3	75	3000	0.1	40
2 축	1.9	75	3000	0.1	20

Table. 3.1 the spec of the separate motor

3.2 제어기와 보상방식의 종류

속도제어기만으로 제어할 경우와 위치제어기를 추가 설계 했을 때의 경우, 그리고 제어기에서의 오차를 보상하는 방식에서 응답속도가 느린 쪽에서 추종하는 방식과 응답차이를 서로 가감하여 보상하는 방식, 마지막으로 빠른 응답특성과 완만한 응답 특성에 대하여, 총 12 가지의 경우에 대한 무 부하 상태의 시스템 응답성능에 대하여 실험하였다.

3.3 모터의 실험결과

다양한 상황 하에서의 시스템 응답결과를 비교했을 때, 최종적으로 속도/위치제어기를 설계하고 각 축의 오차를 상호 보상하는 방식으로 고려한 경우에 가장 뛰어난 성능의 결과를 볼 수 있었다.

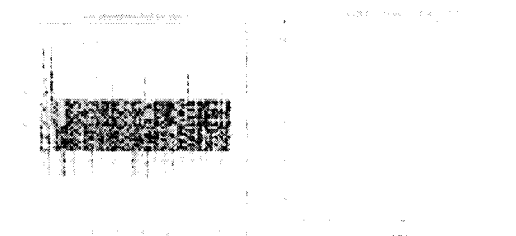


Fig. 3.1 Synchronous/position error of this motor

위치제어기를 추가로 설계하여 적용함으로써 초

기 상승구간에서의 위치오차를 보상할 수 있었고, 결국, 속도동기를 실현함과 동시에 위치오차까지 보상할 수 있는 응답을 얻을 수 있었다.

다음은 다양한 보상방식에 대한 결과를 비교한 것이다.



Fig. 3.2 The comparison of the error

위의 경우, 위치제어기의 추가설계 함으로서 성능개선점을 확인할 수 있었고, 상호보상방법을 통하여 결국 위치오차의 발생 없이 시스템을 구동할 수 있음을 확인할 수 있다.

이상의 결과로 다음과 같은 결론에 도달할 수 있었다.

무 부하 상태에서의 실험결과, 속도동기제어를 목적으로 함에도 불구하고, 추가적인 위치제어기를 설계 함으로서 초기상태에서 발생하는 위치오차와 전체적인 시스템의 응답의 정상상태의 진폭을 완화하는 성능개선을 확인할 수 있었다.

4. 시스템 적용

모터의 무부하 상황에서 가장 우수한 성능을 보이는 제어기(속도/위치)와 보상방식(상호보상)을 실제 시스템에 적용하여 시스템의 응답을 보겠다.

다음은 완만한 응답특성을 가지도록 제어한 결과를 나타낸 것이다. 외란적인 요소로 하중이 고려되는 상승/하강 구간에 대한 결과이다.

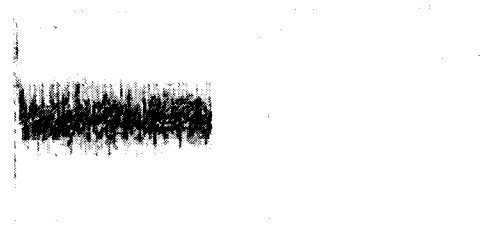
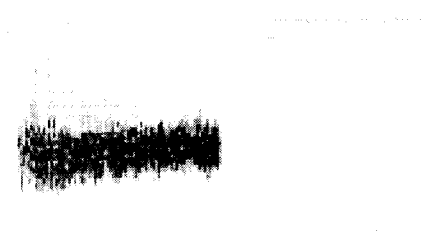


Fig. 4.1 Synchronous/position error of the system in rising and landing

모터의 무 부하 상태에서의 결과와 비교했을 경우, 하중으로 인한 시스템의 응답이 악화됨을 확인할 수 있다. 또한 하중의 고려가 작은 하강구간에서의 성능향상을 확인할 수 있다.

5. 부하실험

부하실험에 있어서, 고려된 추가적인 부하는 70 kg 의 성인 남자로 선택하였다. 가장 일반적인 하중이기 때문이었다.

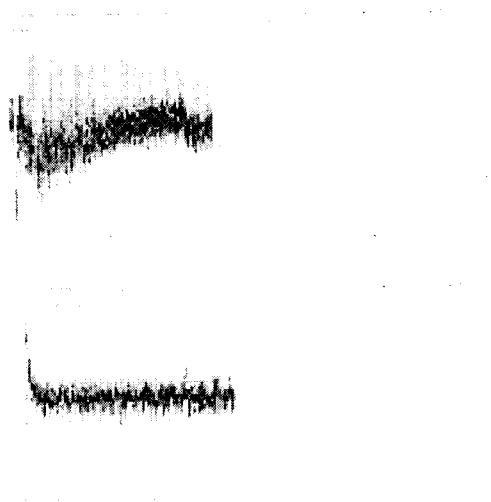


Fig.5.1 Synchronous/position error of the loaded system in rising and landing

다음의 상승/하강구간에서의 결과를 비교하면, 하중으로 인한 속도동기 오차의 범위와 위치오차의 차이를 비교할 수 있다. 이와 같은 결과는 시스템의 자중과 추가적인 하중이 시스템의 성능에 영향을 주고 있음으로 보인다. 또한 현재 사용하고 있는 앰프의 용량으로 추가적인 하중을 고려 했을경

우, 초기상태에서는 입력 값이 앰프의 용량을 넘어서는 문제로 인해서 제어성능의 저하에 원인이 됨을 짐작할 수 있었다.

6. 결과비교

시스템의 자중만을 고려한 경우와 추가적인 하중을 고려했을 때의 성능 비교를 해보자.

6.1 상승구간에서의 성능비교

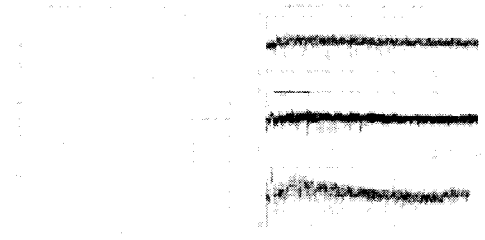


Fig.6.1 Performance comparison of the unloaded/loaded system in rising

다음의 결과는 속도동기 오차와 위치에러를 비교한 것인데, 하단의 것이 추가적인 하중요소를 고려한 것으로, 하중이 시스템의 성능에 영향을 미침을 알 수 있다.

7. 결론

이상으로 속도/위치제어기를 설계하고 PID 제어와 상호보상방식을 적용하여 동기제어를 했을 경우에 대해서 알아보았다. 엔코더 만으로는 전체 시스템의 수평적 오차를 감지할 수 없어서 기울기 센서를 이용하여 검출하였다. 수평적 오차는 0.3 ~ 0.5도가 발생하였다. 이를 기구부의 수직높이로 환산하면 8.1 ~ 13.5 mm에 해당하는 것이다. 해석프로그램(FEM)을 이용한 기구부의 처짐이 4.18 mm이고, 상승구간에서의 에러가 2.5 ~ 5.0 mm이고 하강구간에서의 오차는 1 mm 이하임을 감안했을 때, 기구적인 오차가 발생함을 확인 할 수 있었다. 또한 하중이 고려되는 상승구간이 하강구간에 비해서 성능이 저하됨을 알 수 있었다.

후 기

하중이 고려되는 상승구간과 하강구간에서의 동일한 성능발휘를 위해서 보다 정밀한 제어튜닝이 요구될 뿐만 아니라, 모터와 앰프의 성능에 대한 고려가 필요한 것으로 보인다.

전체 시스템의 수평적 오차를 보상하기 위해서 기울기센서를 적용하려 했지만, 응답시간으로 인해 적용하지 못했다. 따라서, 추후에는 다른 종류의 센서를 고려하여서 최종적인 수평오차의 발생없이 제어할 수 있을 뿐만 아니라, 강제적인 오차에 대한 보상도 가능할 수 있도록 연구할 계획이다. 다음의 블록선도는 추후의 실험에 대한 계획이다.



Fig. 7.1 Block diagram of future work

참고문헌

1. G. F. Franklin, J. D. Powell and M. L. workman, "Digital Control of Dynamic Systems", 3rd edit, pp. 57~157
2. G. F. Franklin, J. D. Powell and A. Emami-Naeini, "Feedback Control of Dynamic Systems", 3rd edit, pp. 104~110, 168~200, 616~640
3. K. Ogata, "Discrete-Time Control Systems", 2nd edit, pp. 23~70
4. 김종식, "선형 제어시스템 공학", 청문사, pp. 311~353
5. B. Shahian and M. Hassul, "Control System Design using Matlab",
6. 김승규, "서보 모터의 동기 운전에 관한 연구", 영남대학교 석사학위논문, 1994
7. 김영진, "DC 모터를 이용한 다축 구동 시스템의 고정도 위치제어", 부경대학교 석사학위논문, 2002
8. 신두진, "A Study on High Accuracy Tracking Control for Multi-Axis Positioning System",
9. 윤재학, "Synchronizing Control of Multiple DC Motors", 한양대학교 석사학위논문, 1990
10. 김종성, "PWM 방식을 이용한 DC 모터 속도제어에 관한 연구", 충남대학교 석사학위논문, 1997