

다수의 세그먼트로 구성된 속도프로파일에 대한 입력성형 제어

Input Shaping Control for Velocity Profiles with Several Segments

*#신동원¹, 윤장규², 권보철³, 박경석⁴

*#Dongwon Shin(shindw@kumoh.ac.kr)¹, Jang-Kyu Yoon(jky1988@naver.com)²

Bo-Chul Kwon(kbciag@hanmail.net)³, Kyoung-Seok Park(kspark@kumoh.ac.kr)⁴

^{1,4} 금오공대 기계시스템공학과, ^{2,3} 금오공대 기계공학과

Key words : Velocity Profile Segment, Input Shaping, Motion Control

1. 서론

정밀한 모션제어를 위하여 기구부의 고유진동수로 인하여 발생하는 잔류진동을 줄여야 한다. 진동을 억제하는 방법 중에 모션지령 입력에 임펄스들로 구성된 입력성형기를 컨볼루션하는 입력성형(Input Shaping)기법은 피드포워드 제어의 개념에서 접근하여 적용하기가 간편하다는 장점이 있다 [1,2]. 이러한 입력성형기법은 단축 및 다축 스테이지의 진동제어에 효과적으로 적용되었다.

그러나 기존의 연구에서 다루는 모션지령 입력은 지정된 경로에 대하여 가속, 정속, 감속, 정지와 같은 전형적인 한 개의 속도프로파일에 대하여만 다루었다. 그러나, 복잡한 모션제어의 경우 여러 개의 속도프로파일 세그먼트가 연이어 이어지면서 운동을 구현하게 된다. 이러한 운동은 단축 및 다축 제어 모두에서 자주 적용되며, 특히 다축제어의 경우에는 연속보간과 같이 사용되어진다.

본 연구는 이러한 다수의 세그먼트로 구성된 속도프로파일 운동에 대한 입력성형방법에 대하여 제안한다. 논문의 내용은 다양한 속도프로파일에 대하여 설명하고, 입력성형의 컨볼루션(Convolution)연산을 포함한 모션플래닝에 대하여 설명하고, 이를 이용하여 모션제어에 적용한 결과를 언급한다.

2. 속도 프로파일과 모션플래닝

본 연구에서 다루는 속도프로파일 세그먼트는 Table 1 과 같이 9 가지의 종류로 구분된다. 이러한 다양한 속도프로파일을 조합함으로써

사용자가 원하는 속도프로파일을 구성할 수 있다. 여기에서 A=Acceleration, C=Constant Velocity, D=Deceleration 을 의미한다.

Table 1 Several velocity profile segments

A C D		A C A	
D C A		D C D	
A C		D C	
C A		C D	
C			

예를 들어 Fig. 1 의 복잡한 속도프로파일에 대하여 5 개의 속도프로파일 세그먼트를 이용하여 조합하면 쉽게 구성할 수 있다.

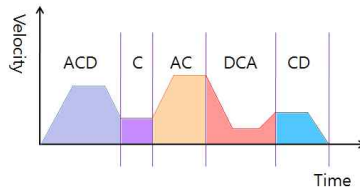


Fig.1 Velocity profile composed of 5 segments

전체 모션구동이 K 개의 모션세그먼트로 구성되어 있고, 이러한 구동의 위치지령벡터에 입력성형이 적용되는 모션플래닝의 실행순서는

다음과 같다.

1. Assign the input data for K path segments
2. Calculate motion variable along the path at each sampling time for K path segments, and construct motion profile
3. Obtain new convolved motion profile by applying input shaping with impulse vector
4. Calculate trajectory depending path type for K convolved path segments

예를 들어, 0에서 100까지 ACA 속도프로파일로 이동하고 100에서 200까지 CD 속도프로파일로 이동하는 2개의 세그먼트로 이루어진 모션 구동에 대하여, 고유진동수가 3.11 Hz인 ZVDD의 입력성형을 적용하면 Fig. 2의 좌측과 같다. 여기서 주의할 점은 입력성형으로 인하여 각 모션세그먼트의 속도프로파일은 변경되더라도 목표점은 변경되면 안된다는 것이다. Fig. 2에서 첫번째 모션세그먼트의 목표점인 100까지의 경로시간이 원래의 프로파일에서는 t_1 인 것에 반하여, 입력성형된 프로파일에서는 t'_1 로 지연된 것을 알 수 있다.

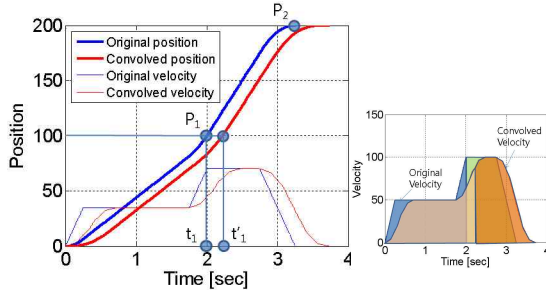


Fig.2 Delayed traveling time of segment

3. 모의실험결과

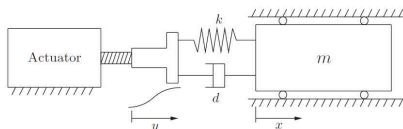


Fig.3 Linear model of actuator and mass

Fig.3와 같이 질량 m 이 스프링 k 와 댐퍼 d 에 연결되어 액츄에이터로 구동되는 시스템모

델을 도시하고 있다. 여기서 y 는 지령입력이고, x 는 질량 m 의 위치이다. $z=x-y$ 의 질량 m 의 상대변위에 대하여 운동방정식을 기술하면 다음과 같다.

$$m\ddot{z} + d\dot{z} + kz = m\ddot{y}$$

$$\ddot{z} + 2\zeta\omega_n\dot{z} + \omega_n^2z = -\ddot{y} \quad (1)$$

where $\omega_n = \sqrt{k/m}$, $\zeta = d/2m\omega_n$

$\omega_n=3.11$ Hz, $\zeta=0.03$ 인 시스템에 ZVDD 입력성형을 적용하여 지령입력 y 를 Fig.4와 같이 같이 3개의 속도프로파일세그먼트의 조합으로 입력한 경우의 출력 z 를 도시하면 Fig.5과 같이 진동이 현저히 줄어든 것을 알 수 있다.

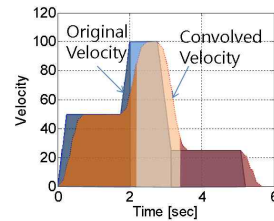


Fig.4 Velocities of actuator command y

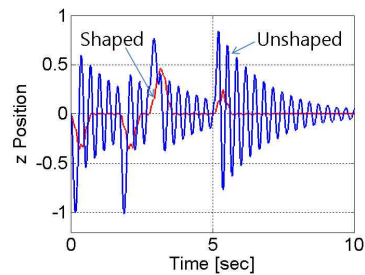


Fig.5 Vibration result of position z

참고문헌

1. Singer, N. C. and Seering, W. P., 1990. "Preshaping Command inputs to Reduce System Vibration," Transactions of the ASME, Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Vol. 112, pp.76~82.
2. William Singhose, "command shaping for flexible system : A Review of the first 50 years," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing Vol. 10, No. 4 pp.153-168