

위치기반 반복제어기를 이용한 레이저 프린터의 OPC 드럼 직접 구동 전동기의 속도 변동 억제 제어

김재석, 설승기
서울대학교 공과대학 전기.정보공학부

Speed Control of OPC drum Direct Drive Motor using Repetitive Control Based on Position in Laser Printer Application

JaeSuk Kim, Seung-Ki Sul

Dept. of electrical and Computer Engineering, Seoul National University

ABSTRACT

본 논문에서는 높은 성능의 속도 제어 특성을 만족하기 위해 위치 기반의 반복제어기를 이용한 속도 제어를 설계 하여, 레이저 프린터의 OPC 드럼의 속도제어에 적용 하였다. 레이저 프린터 OPC 드럼의 외란은 드럼의 위치에 종속적으로 나타난다. 따라서 위치 기반 반복제어기는 기존의 반복제어기 보다 기준 속도 변동에 강인하며, 레이저 프린터의 다양한 인쇄 속도에 적용 가능하다. 실험 결과, 위치기반 반복 제어기가 기존의 반복제어기 보다 기준 속도 변동에 강인하며 다양한 인쇄 속도에서도 적용 가능함을 보여주었다.

1. 서론

레이저 프린터의 OPC 드럼은 인쇄 화상을 종이에 전사하는 역할을 하는 부품으로, 일반적으로 감속기어를 이용하여 구동시킨다. 하지만 감속기어의 사용으로 인해 프린터의 수명 단축, 진동, 소음의 문제가 발생하며 이를 개선하기 위해 감속기어 없이 OPC를 직접 구동시키는 직접 구동 시스템을 도입 하였다.

OPC를 직접 구동하는 전동기는 기존의 감속기어를 통해 구동하는 전동기에 비해 저속에서 운전되며, OPC 드럼에 가해지는 외란에 의한 영향을 직접적으로 받기 때문에 고성능의 속도 제어를 요한다. 특히 고품질의 인쇄 화상을 얻기 위해서는 OPC 드럼의 속도를 상당히 높은 주파수 대역까지 제어를 해야 하며, 이는 기존의 PI 제어기로는 달성하기 어렵다.

본 논문에서는 높은 성능의 정속 특성을 만족하기 위해 위치 기반의 반복제어기를 이용한 속도 제어를 설계 하였다. OPC 드럼의 속도 오차의 주파수 성분은 기계각 주파수의 배수에 해당하는 성분이 주류를 이루며, 이는 OPC드럼의 기계적 위치에 종속적인 외란 토크가 발생함을 의미한다. 따라서 주파수 기반의 기존의 반복제어기 보다 위치 기반의 반복제어기를 사용하는 것이 더 효과적이다. 또한 OPC의 속도는 인쇄 속도에 의해 가변 되기 때문에 기존의 반복제어기를 적용하기에는 어려움이 있다. 따라서 반복제어기의 샘플링 주기를 구동 전동기 엔코더 펄스에 동기화 시켜 서로 다른 인쇄 속도에도 적용 가능한 반복제어기를 설계 하였다. 실험 결과, 위치기반의 반복 제어기가 기존의 반복제어기 보다 기준 속도 변동에 강인하며, 위치기반의 반복 제어기가 다양한 인쇄 속도에서도 적용 가능함을 보여주었다.

2. 위치 기반 반복제어기 설계^[1-3]

기존의 반복제어기는 주파수 기반이기 때문에 기본과 주파수의 주기에 해당하는 지연 함수를 사용 해야 한다. 지연함수를 디지털 시스템에서 구현하기는 매우 쉽기 때문에 반복제어기의 장점이 되지만 샘플링 주파수의 정수배에 해당하는 시간만을 지연 시킬 수 있기 때문에 샘플링 주기의 정수배가 아닌 시간 지연 함수를 만들 수 없는 단점을 가진다. 위치기반 반복제어기는 엔코더 펄스에 동기된 반복제어기를 사용하기 때문에 기준 주파수와 상관없이 적용 가능하다. 그림 2.1은 위치기반 반복제어기의 블록도이다. 반복제어기를 기존의 속도제어기에 붙여서 사용하는 플러그-인(plug-in) 반복제어기를 사용하였다.

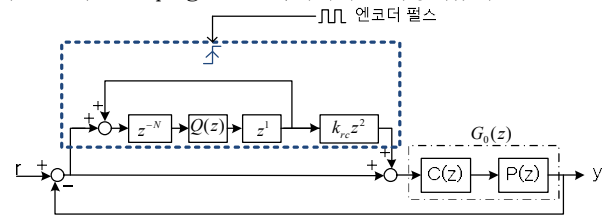


그림 2.1 위치기반 플러그-인(plug-in) 반복제어기를 이용한 속도제어기 블록도

3. 실험 결과

기존의 반복제어기와 위치기반의 반복제어기의 기준 속도 변동에 의한 영향을 확인하기 위해 다음의 실험을 수행하였다. 실험은 실제 레이저 프린터에 장착된 직접 구동전동기를 이용하였다. 100r/min의 기준 속도에 대해 설계된 기존의 반복제어기와 위치 기반 반복제어기를 이용한 속도 제어기의 정속 성능을 비교하였다.

그림 3.1은 기준 속도 100r/min으로 설계된 기존의 반복제어기를 이용한 속도 제어를 이용한 결과이다. 그림 3.1의 위의 그림은 100r/min으로 제어한 결과이며 아래는 101r/min으로 제어한 결과이다. 그 결과 100r/min 제어에서는 속도의 변동폭이 줄어 들었지만, 같은 제어기로 101r/min으로 제어시, 속도 변동폭이 크게 늘어나 속도제어 성능이 나빠졌다. 그림 3.2는 그림 3.1의 파형에 대한 주파수 성분을 나타내었다. 100r/min 속도 제어에서는 속도의 고조파가 억제 되었지만 101r/min에서는 고조파 성분이 오히려 늘어남을 확인 할 수 있다.

같은 실험을 위치기반의 반복제어기를 이용하여 수행하였다. 그 결과는 그림 3.3, 3.4에 나타나있다. 그림 3.3, 3.4에서 위치 기반의 반복제어기는 기준 속도 변동에도 여전히 우수한 속도 제어 성능을 보이는 것을 확인 할 수 있다.

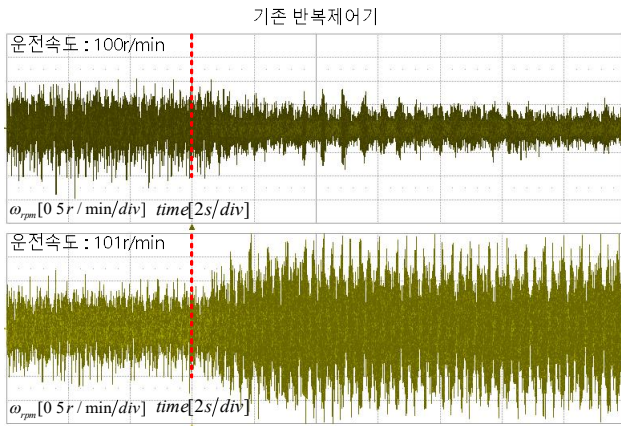


그림 3.1 기존의 반복제어기를 이용한 속도 제어시 속도 파형 (위: 100r/min 운전, 아래: 101r/min 운전)

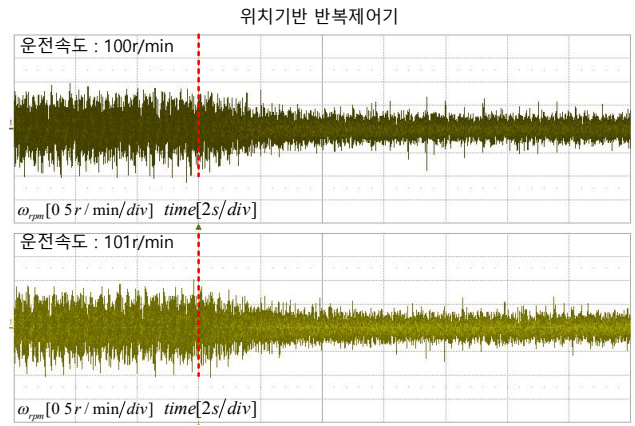


그림 3.3 위치 기반의 반복제어기를 이용한 속도 제어시 속도 파형 (위: 100r/min 운전, 아래: 101r/min 운전)

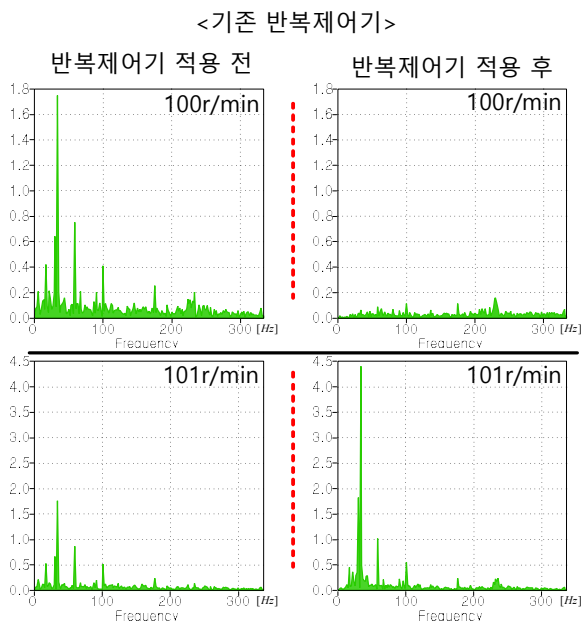


그림 3.2 그림 3.1의 주파수 성분
(上左: 100r/min 운전, 반복제어기 적용 전,
上右: 100r/min 운전, 반복제어기 적용 후,
下左: 101r/min 운전, 반복제어기 적용 전,
下右: 101r/min 운전, 반복제어기 적용 후)

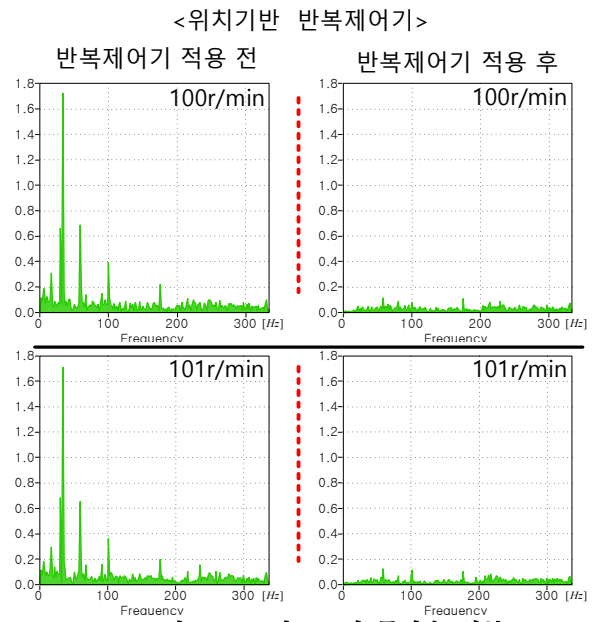


그림 3.4 그림 3.3의 주파수 성분
(上左: 100r/min 운전, 반복제어기 적용 전,
上右: 100r/min 운전, 반복제어기 적용 후,
下左: 101r/min 운전, 반복제어기 적용 전,
下右: 101r/min 운전, 반복제어기 적용 후)

4. 결론

본 논문에서는 OPC드럼의 기계각에 동기된 외란에 의한 속도 변동을 억제하기 위해 위치기반 반복제어기를 설계하였다. 외란이 위치에 종속적으로 나타나기 때문에 기존의 반복제어기 보다 효과적이며, 기준 속도 변동에도 강인하였다. 또한 다양한 인쇄속도에 제어기 알고리즘 변동 없이 적용 가능하다. 이를 검증하기 위해 실제 프린터에 장착된 직접구동 전동기를 이용하여 실험을 수행 하였고, 이를 검증하였다.

이 논문은 삼성전자의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] U. Aridogan, Y. Shan, and K. K. Leang, "Design and Analysis of Discrete-Time Repetitive Control for Scanning Probe Microscopes," J. Dyn. Syst. Meas. Control, vol. 131, no. 6, p. 061103, 2009.
- [2] W. S. Yao, M. C. Tsai, and Y. Yamamoto, "Implementation of repetitive controller for rejection of position-based periodic disturbances," Control Eng. Pract., vol. 21, no. 9, pp. 1226-1237, 2013.
- [3] K. Chang and G. Park, "A Novel Method of Adaptive Repetitive Control for Optical Disk Drivers," Control, pp. 987 - 990, 2006.