

AHRS 센서를 이용한 한 바퀴 구동시스템의 진동 탐색 및 억제

Vibration Detection and Suppression of a Single-wheel System Using an AHRS Sensor

이 상 덕¹, 정 슬^{2*}

¹⁾ 충남대학교 메카트로닉스공학과 (TEL: 042-821-7232, E-mail: sdcon.lee@cnu.ac.kr)

²⁾ 충남대학교 메카트로닉스공학과 (TEL: 042-821-6876, E-mail: jungsl@cnu.ac.kr)

Abstract In this paper, the detection of vibration of a single-wheel mobile robot using AHRS(Attitude Heading Reference System) sensor is presented. Detecting the vibration of a flywheel with high speed is done through FFT analysis, and suppressing it by designing a notch filter are presented. Balancing control performance of a single-wheel robot system is evaluated by experimental studies.

Keywords vibration, notch filtering, balancing control

1. 서론

한 바퀴 구동 GYROBO 시스템은 고속으로 회전하는 플라이휠이 생성하는 자이로 효과를 이용하여 밸런싱을 유지한다. 플라이휠은 고속으로 회전하는 회전체 시스템으로 진동이 발생하고 이는 밸런싱 성능을 저해한다 [1,2].

이 때 발생하는 진동에 대한 탐색 및 억제 알고리즘 개발의 방법으로 제어기의 속도제어에 대한 분석 방법이 주로 연구되고 있다. 속도피드백이 없는 블랙박스형 저가 속도제어기를 활용하는 경우, 이와 같은 알고리즘의 적용이 쉽지 않다.

본 논문에서는 자세 피드백에 활용되어지는 AHRS(Attitude Heading Reference System) 센서 데이터의 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 통해 진동주파수를 탐색한 다음, 진동 억제를 위한 노치 필터 설계에 관한 내용을 제안한다. 검증단계에서 제어모멘트자이로 시스템인 자이로보(GYROBO)를 활용하여, 제안하는 방법의 유효함과 실제 밸런싱 제어에 있어서 성능이 향상됨을 확인한다.

2. 진동 탐색 및 억제

자이로보 시스템의 구성은 그림 1과 같다. AHRS 센서는 10ms 응답특성을 갖고 있으므로, FFT분석이 가능한 최대 주파수 범위는 50Hz까지이다. 플라이휠의 속도를 0, 1425, 2850RPM으로 증가시켜 취

득한 데이터의 FFT 분석을 실시한 결과, 초당 회전수에 해당하는 값 부근의 주파수 대역에 진동 신호가 발생함을 그림 2와 같이 확인할 수 있게 된다.

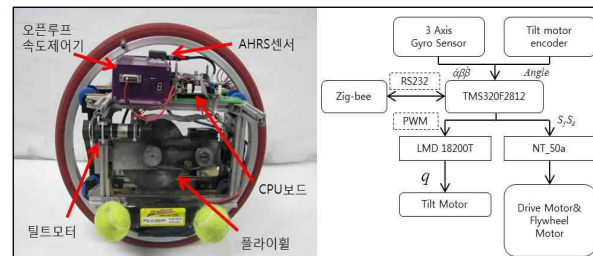


그림 1. 자이로보 시스템 구성

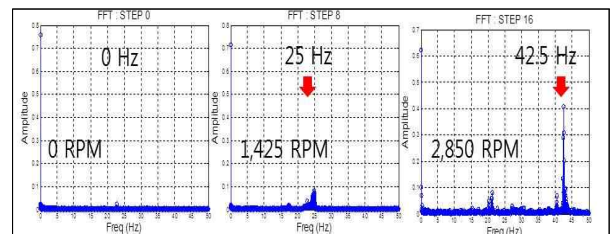


그림 2. 진동주파수 탐색

탐색된 진동주파수를 억제하기 위해 IIR타입의 2차 노치필터를 구현한다. 설계과정에서 노치주파수는 42.5Hz 이고 대역폭은 1.5Hz 이다.

$$G(Z)_{3dB} = \frac{1.0000 + 1.7820z^{-1} + 1.0000z^{-2}}{1 - 0.8910z^{-1} + 0.2500z^{-2}} \quad (1)$$

그림 3은 설계한 노치필터 (1)의 특성이 나타나 있다.

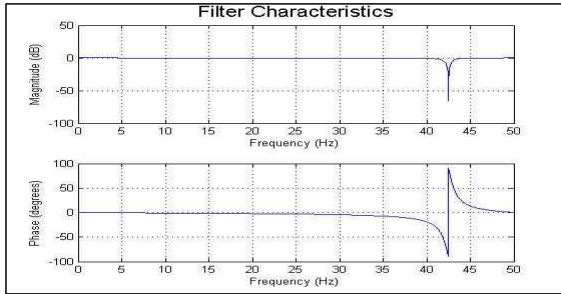


그림 3. 진동억제 필터 특성

3. 실험결과

3.1 필터 성능 검증

설계된 필터의 성능은 그림 4와 같이 시간 영역과 주파수 영역에서 그 성능을 검증할 수 있다. 필터 계수의 최적화를 통해서 향상된 결과를 얻을 수가 있다.

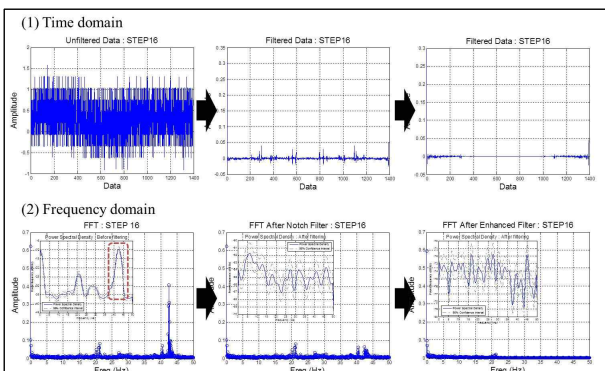


그림 4. 필터 성능 검증

3.2 밸런싱 제어

진동주파수 억제 필터를 제어모멘트자이로 시스템인 자이로보의 제어 알고리즘에 탑재해서 밸런싱 제어의 성능을 검증한다. 모멘텀휠의 진동에 의한 바디의 진동 발생을 억제하기 위해 그림 5와 같이 기존의 PD제어기의 진동입력 측에 노치필터를 추가하여 로봇의 제어 성능을 검증한다.

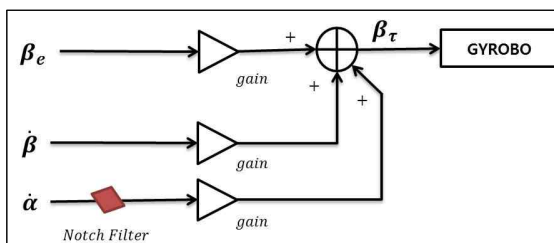


그림 5. 필터가 추가된 제어블록도

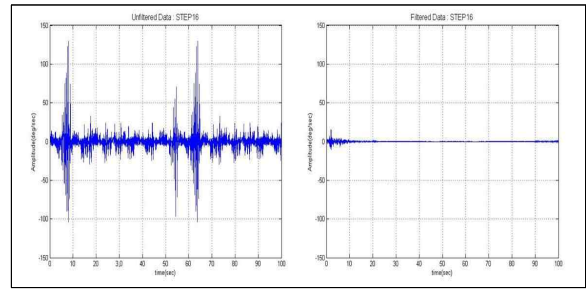


그림 6. 로봇 제어 성능 검증(I)

DSP에 탑재된 필터 효과는 그림 6과 같다. 다음으로, 시스템의 안정성 검증을 위한 Endurance 시험을 진행하였고, 5분 후 의도적으로 시스템의 전원을 제거하였다. 테스트 결과는 그림 7과 같다. 모멘텀휠은 2850RPM의 정속으로 회전하고, P-게인은 1050, D-게인은 50, 그리고 필터출력에 대한 게인은 0.1 이다.



그림 7. 밸런싱 제어 성능

4. 결론

블랙박스인 오픈루프타입의 저가형 속도제어기를 활용하는 시스템에서 AHRS를 활용하여 제한된 대역폭 내에서 회전체 진동 주파수를 탐색할 수 있으며, 제안된 방법을 사용하여 회전진동이 있는 로봇의 제어 성능을 향상시킬 수 있음을 검증하였다.

감사의 글

본 논문은 2013년 한국연구재단 일반연구지원(NRF-2010-0024904)과 2014년 한국연구재단 기초연구(NRF-2014R1A21A11049503)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] K Hirano, Shotard Nishimura, and Sanjit K. Mitra. "Design of digital notch filters." *IEEE Transactions on Communications*, vol. 22, no. 7 pp. 964-970, 1974
- [2] W. Singhose and J. Vaughan, "Reducing vibration by digital filtering and input shaping." *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 19, no. 6, pp. 1410-1420. 2011.