드론의 대기압 측정 개선을 위한 Chebyshev 필터 설계

최용화* · 한만수*

*목포대학교 정보통신공학과

Chebyshev Filter Design for Pressure Measurement Improvement of Drone

Young-hwa Choi* · Man-soo Han*

*Mokpo National University

E-mail : mshan@mokpo.ac.kr

요 약

실내환경에서는 GPS 신호를 사용할 수 없으므로 드론의 고도 측정에 주로 대기압 센서가 사용된다. 본 논문에서는 대기압 센서 측정값의 고주파 오차를 줄이기 위해 Chebyshev 필터를 사용하는 방법을 제안한다. 드론 제어기의 성능을 고려하여 필터의 차수는 3차로 제한하며 Chebyshev 필터의 전달함수를 구한다.

ABSTRACT

Pressure sensors are usually used in the measurement of drone altitude in an indoor environment since GPS (global positioning system) signal is not available. In this paper, we propose a new method which uses the Chebyshev filter to decrease a high frequency error in the measured values of the pressure sensor. Considering performance of a drone flight controller, the filter order is limited to the 3rd order. We explain the transfer function of the 3rd order Chebyshev filter.

키워드

드론, 고도유지, Chebyshev 필터, 대기압센서

Ⅰ. 서 론

드론의 자동 고도유지는 많은 어플리케이션에서 요구된다. 실외환경에서는 GPS를 사용하여 드론의 고도유지를 하지만 GPS를 사용할 수 없는 실내 환경에서는 대기압센서, 초음파센서, 그리고 Lidar 센서 등을 사용해서 드론의 고도유지를 한다. 초음파센서와 Lidar센서는 장애물과 드론과의 상대거리를 측정하므로 바닥면에 물체가 있는 경우 고도 측정에 오류가 발생되는 단점이 있다. 반면 대기압센서는 대기압을 이용해 고도를 측정하므로 주변 물체에 영향을 받지 않는다.

드론에 사용되는 대기압센서의 측정오차를 개선하는 방법이 [1]에 소개되었다. [1]에서는 소형 드론에 많이 사용되는 MultiWii 2.4 제어 펌웨어 [2]에 적용된 대기압센서를 사용한 고도 측정방법의 단점들이 소개되었다. 대기압센서를 1회 측정시간이 27 ms 초고성능모드 [3]로 사용하지만 측정오차는 1회 측정시간이 9 ms인 표준모드에 비해 오차 크기에서 큰 차이가 없다. 또한 측정값 20개를 평균한 후 이 값으로 고도를 계산하므로 드론의 고도 변화가 느리게 측정되는 단점이 있었다. [1]에서는 이러한 단점들을 개성하기 위해 대기압센서를 를 표준모드로 사용하고 3차 Butterworth 필터를 사용하여 대기압 측정값의 고주파 오차를 개선하는 방법이 소개되었다.

본 논문에서는 Butterworth 필터에 비해 고주파 성분을 효과적으로 줄일 수 있는 Chebyshev 필터를 사용하여 대기압 센서의 고주파 오차를 개선하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 드론 제어기의 성능을 고려하여 [1]과 같이 필터의 차수는 3차로 제한한다.

II. 본 론

Chebyshev 필터의 전달함수는 Butterworth 필터의 전달함수와 같이 pole들로만 이루어져 있다. 그러나 필터의 passband에 ripple이 가능하므로 Butterworth 필터에 비해 빠른 transition이 가능해서 고주파를 상대적으로 많이 차단할 수 있다. 3차 Chebyshev 필터의 전달함수의 pole들은 다음과 같이 구할 수 있다 [4]. passband의 이득을 a_{pass}라고 하면 ϵ은 다음과 같이 정의된다.

$$\epsilon = \sqrt{10^{-0.1a_{pass}} - 1}$$

pole들의 위치는 변수 D와 ϕ에 의해 결정되며 각 변수의 정의는 다음과 같다.

$$D = \frac{\sinh^{-1}(\epsilon^{-1})}{n},\ \phi = \frac{\pi}{2n}$$

여기서 n은 필터의 차수이고 본 논문의 경우 n=3이다. 먼저 실수 pole의 위치는 $\sigma_R = -\sinh(D)$이다. 그리고 나머지 pole들의 위치는 $\sigma_1 \pm j\omega_1$이고 σ_1과 ω_1은 각각 다음과 같다 [4].

$$\sigma_1 = -\sinh(D)\sin(\phi),\ \omega_1 = \cosh(D)\cos(\phi)$$

최종적으로 3차 Chebyshev 필터의 전달함수는 다음과 같다.

$$H(S) = \frac{\sigma_R}{S+\sigma_R}\frac{\sigma_1^2 + w_1^2}{S^2 - 2\sigma_1 S + \sigma_1^2 + w_1^2} \quad (1)$$

식 (1)의 discrete 전달함수를 구하기 위해서는 Bilinear Z-transform을 사용한다. 향후 식 (1)의 discrete 전달함수를 구하고 이를 MultiWii 2.4 펌웨어에 적용하여 그 성능을 확인할 예정이다.

참고문헌

[1] M. S. Han, "Improvement of altitude hold mode of drone using digital pressure sensor," Proceedings of 2016 KIOTS Conference on Drones, vol. 1, pp. 83-84, September 2016.

[2] MultiWii source code version 2.4, http://code.google.com/p/multiwii/

[3] BMP180 Digital pressure sensor, Bosch Sensortec, May, 2015.

[4] L. Thede, Practical analog and digital filter design, Artech House Inc., 2004.