

저역통과 필터의 대역폭을 고려한 잡음 제거 방법

양정주* · 장원우* · 광부동** · 강봉순*

*동아대학교, ** (주) 삼성전기

Noise Reduction Method in consideration of bandwidth of Low Pass Filter

Jeong-ju Yang* · Won-woo Jang* · Boo-dong Kwak** · Bong-soon Kang*

*Dong-A University, **SAMSUNG Electro-Mechanics Co. Ltd.

E-mail : wjdwn1122@didec.donga.ac.kr

요 약

대부분의 디지털 촬영 장치는 Charge Coupled Device(CCD) 또는 Complementary Metal Oxide Semiconductor(CMOS) 센서를 사용한다. 이러한 센서를 통해 촬영된 영상 정보에는 원하지 않는 잡음이 포함되어있다. 본 논문은 영상의 잡음 제거 및 영상 정보의 회복을 위한 기법인 잡음 제거(Noise Reduction, NR)에 관한 것이다. 제안한 NR 방법은 저역통과 필터(Low Pass Filter, LPF)의 대역폭을 고려한 잡음 제거 방법에 관한 것으로, NR의 성능개선을 위하여 MSF 연산에 사용되는 LPF의 필터 계수를 통한 시뮬레이션을 수행하였다. 필터 계수가 갖는 주파수 대역폭의 특성을 고려한 시뮬레이션 결과, MSF 연산에 적용되는 LPF와 고역통과 필터(High Pass Filter, HPF)의 필터 계수가 $[1 \ 2 \ 1]$ 과 $[-1 \ 2 \ -1]$ 인 경우 가장 이상적인 주파수 대역폭을 나타내며, NR의 성능 또한 우수함을 확인하였다. 시뮬레이션 결과를 통하여, MSF를 수행함에 있어서 LPF와 HPF의 필터 계수를 $[1 \ 2 \ 1]$ 과 $[-1 \ 2 \ -1]$ 로 제안하였다.

ABSTRACT

Most digital cameras apply a Charge Coupled Device(CCD) Sensor or a Complementary Metal Oxide Semiconductor(CMOS) Sensor. And the images captured these sensors include unwanted noises. In this paper, we proposed a method of the Noise Reduction(NR) about noise reduction or recovery in the image. The proposed NR method is related to Bandwidth of the Low Pass Filter(LPF). For improvement of NR, we were changing the filter coefficient of the LPF. The results of simulations with various filter coefficients, $[1 \ 2 \ 1]$ in the LPF and $[-1 \ 2 \ -1]$ in the High Pass Filter(HPF) have ideal frequency bandwidth and high performance. We proposed a filter coefficient $[1 \ 2 \ 1]$ and $[-1 \ 2 \ -1]$ in the LPF and the HPF respectively.

키워드

Noise Reduction(NR), Modified Sigma Filter(MSF), Bandwidth, Low Pass Filter(LPF), High Pass Filter(HPF)

I. 서 론

CCD 또는 CMOS를 통해 촬영된 영상 정보는 영상 데이터의 생성, 저장, 혹은 전송 시 영상 정보를 나타내는 값 외에 원하지 않는 잡음으로 인하여 원 영상 정보의 훼손을 초래한다. 본 논문은 이러한 잡음을 제거하여 영상 정보를 회복하기 위한 방법 중의 하나인 Noise Reduction에 관한 것으로, Sigma Filter (SF)의 성능을 개선시킨 Modified Sigma Filter (MSF)에 관한 것이다. 본

논문에서는 MSF의 성능을 높이기 위하여, Low Pass Filter와 High Pass Filter의 주파수 응답 곡선을 이용하여 성능을 검증하였다.

II. 본 론

영상의 잡음 제거 및 영상 회복을 위한 방법 중의 하나인 NR에는 위너 필터(Wiener Filter),

칼만 필터(Kalman Filter), 미디언 필터(median Filter), 시그마 필터(SF) 그리고 최대 잡음 필터(Peak Noise Filter) 등이 존재한다 [1]. 본 논문은 NR을 위한 다양한 방법들 중 SF의 성능을 개선시킨 MSF에 관한 것이다. 일반적인 SF는 평탄 영역의 평활 효과와 함께 에지(Edge) 보존이라는 특성이 존재한다 [2]. 하지만 SF의 연산 특성상 LPF와 같이 평활화를 수행함으로써 인하여, 에지 영역에 Blurring 현상이 발생한다는 단점이 존재한다. MSF는 평탄영역(배경부)에 존재하는 잡음을 제거함과 동시에 SF의 단점인 에지영역의 Blurring 현상을 줄이기 위한 방법을 제안한다.

1. 기존 MSF 알고리즘 [3]

수식 (1)과 수식 (2)는 기존 MSF 알고리즘의 연산에 사용되는 수식을 나타낸 것이다. 기존 MSF 알고리즘은, SF의 성능개선을 위하여 동일한 픽셀(i,j)에 대하여 수식 (1)과 같이 상하·좌우 방향에 대해 각각 LPF와 HPF를 수행한다. 상하·좌우 방향에 대해서 LPF와 HPF를 적용한 4개의 결과(y_{HPH}, y_{LPH}, y_{HPV}, y_{LPV})를 이용하여 SF를 수행하면 각각 f_{HPH}, f_{LPH}, f_{HPV}, f_{LPV}와 같이 SF가 적용된 4개의 결과 값이 생성된다. 최종적으로 MSF가 적용된 결과는 수식 (2)와 같이, 상하·좌우 방향에 대해 LPF와 HPF를 적용시킨 결과를 이용하여 SF를 수행한 값들의 평균을 이용함으로써 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}
 y_{HPH}(i,j) &= \frac{1}{2}(y(i,j) - y(i,j-1)) \\
 y_{LPH}(i,j) &= \frac{1}{2}(y(i,j) + y(i,j-1)) \\
 y_{HPV}(i,j) &= \frac{1}{2}(y(i,j) - y(i-1,j)) \\
 y_{LPV}(i,j) &= \frac{1}{2}(y(i,j) + y(i-1,j))
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$f(i,j) = \frac{1}{2}(f_{HPH}(i,j) + f_{LPH}(i,j) + f_{HPV}(i,j) + f_{LPV}(i,j)) \tag{2}$$

기존의 MSF 알고리즘은 상하·좌우 방향에 대해 LPF와 HPF를 적용함에 있어 각각 [1 1]과 [-1 1]의 필터 계수를 적용하였다. 2-Tap의 필터계수는 하드웨어 구현 시 그룹딜레이의 문제가 발생하는 단점이 존재한다. 본 논문에서는, 하드웨어 구현의 효율성 및 MSF의 성능을 보다 개선시키기 위하여 LPF와 HPF의 필터 계수를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 제안한 MSF 알고리즘

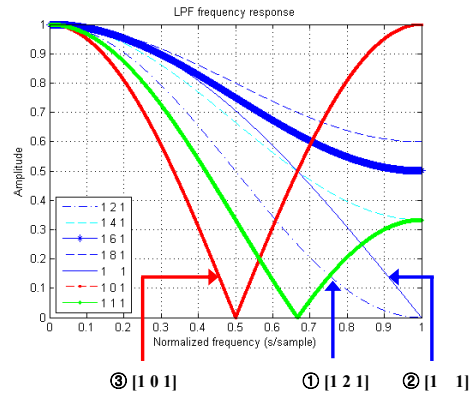
제안한 MSF 알고리즘은, [1 1] 및 [-1 1]의 필터계수를 적용한 기존 MSF의 성능 개선과 함께 하드웨어 구현 시 발생하는 그룹딜레이 문제를 해결하기 위하여 3-Tap의 필터 계수를 갖는 LPF와 HPF를 제안하였다. 표 1은 제안한 MSF 알고리즘의 시뮬레이션을 위한 3-Tap의 필터 계수를

나타낸 것이다.

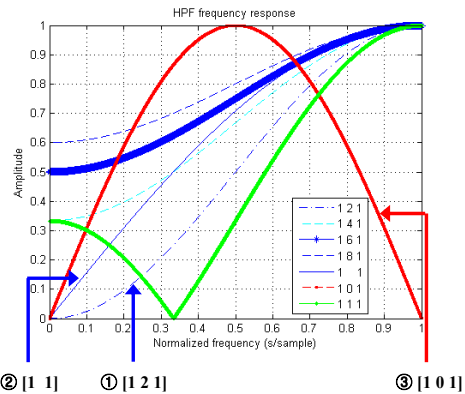
표1. 시뮬레이션을 위한 3-Tap의 필터 계수

No.	Filter Coefficient	
	LPF	HPF
1	[1 2 1]	[-1 2 -1]
2	[1 4 1]	[-1 4 -1]
3	[1 6 1]	[-1 6 -1]
4	[1 8 1]	[-1 8 -1]
5	[1 1]	[-1 1]
6	[1 0 1]	[-1 0 1]
7	[1 1 1]	[-1 1 -1]

그림 1은 표 1에서 제안한 3-Tap 필터 계수들의 주파수 응답 곡선을 나타낸 것이다. 그림 1의 (a)는 LPF의 주파수 응답 곡선을 나타낸 것이며, (b)는 HPF의 주파수 응답 곡선을 나타낸 것이다.



(a) LPF



(b) HPF

그림 1. 주파수 응답 곡선 (a) LPF, (b) HPF

그림 1을 통해 확인할 수 있듯이, 기존 LPF의 필터 계수인 [1 1]과 제안한 필터 계수들 중 [1 2

1] 필터 계수의 주파수 응답 곡선이 가장 유사함을 알 수 있다. HPF 역시 [-1 1]의 필터 계수와 [-1 2 -1]의 필터 계수의 주파수 응답 곡선이 가장 유사함을 알 수 있다. 또한 LPF에서 [1 1]과 [1 2 1]을 제외한 필터 계수의 주파수 응답 곡선을 살펴보면, 고주파 성분이 완벽하게 제거되지 않고 패스되는 부분이 존재함을 알 수 있다. HPF 역시 [-1 1]과 [-1 2 -1]을 제외한 필터 계수의 주파수 응답 곡선을 살펴보면 저주파 성분이 패스되는 부분이 존재함을 알 수 있다. 특히 잡음으로 인식되는 주파수 성분은 고주파 성분보다는 저주파 성분에 많이 존재하게 되는데, 제안한 HPF의 필터 계수들 중 [-1 2 -1]을 제외한 필터 계수의 경우 잡음이 존재하는 저주파 성분이 완벽히 제거되지 않고 패스됨을 알 수 있다. 따라서 제안한 MSF 알고리즘의 필터 계수 중, [1 2 1]과 [-1 2 -1]을 제외한 필터 계수를 MSF 알고리즘에 적용할 경우 제거되지 않은 주파수 성분으로 인하여 원활한 잡음 제거 성능을 나타낼 수 없다. 또한 [1 2 1]과 [-1 2 -1]의 필터 계수가 [1 1]과 [-1 1]의 필터 계수와 비교하였을 때 각각 LPF와 HPF의 성능이 강하게 적용함을 확인하였다. 본 논문에서는 그림 1의 시뮬레이션 결과를 통하여, MSF에 적용하는 LPF와 HPF의 필터 계수를 [1 2 1]과 [-1 2 -1]로 제안한다.

$$\begin{aligned}
 y_{HPH}(i, j) &= \frac{1}{4}(-y(i, j-1) + 2 \times y(i, j) - y(i, j+1)) \\
 y_{LPH}(i, j) &= \frac{1}{4}(y(i, j-1) + 2 \times y(i, j) + y(i, j+1)) \\
 y_{HPV}(i, j) &= \frac{1}{4}(-y(i-1, j) + 2 \times y(i, j) - y(i+1, j)) \\
 y_{LPV}(i, j) &= \frac{1}{4}(y(i-1, j) + 2 \times y(i, j) - y(i+1, j))
 \end{aligned} \quad (3)$$

수식 (3)은 LPF와 HPF의 필터 계수에 [1 2 1]과 [-1 2 -1]을 적용할 경우, MSF 연산에 적용되는 수식을 나타낸 것이다 [4]. 기존 MSF 알고리즘의 2-Tap 필터 계수를 하드웨어로 구현할 경우와는 달리, 3-Tap 필터 계수를 적용함으로써 그룹 딜레이 문제 뿐 아니라 기존 MSF의 성능 또한 개선할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문은 이미지 센서로 촬영된 이미지에 발생하는 원하지 않는 잡음을 제거하는 NR의 성능 개선에 관한 것이다. 특히 다양한 NR의 방법 중 흔히 사용하는 SF의 단점을 개선하기 위하여 MSF를 제안하였으며, 하드웨어 구현의 효율성 및 MSF의 성능 개선을 위하여 MSF 연산에 적용되는 필터 계수를 변경하였다. LPF와 HPF의 필터 계수에 대하여 7가지의 필터 계수를 제안하였으며, 주파수 응답 곡선을 이용한 시뮬레이션 결과

를 통하여 기존 MSF에 적용되었던 [1 1]과 [-1 1]의 필터 계수를 [1 2 1]과 [-1 2 -1]의 필터 계수로 변경하였다. 이는 2-Tap의 필터 계수를 이용한 하드웨어 구현 시 발생하였던 그룹 딜레이의 문제점을 해결하였다. 또한 LPF와 HPF의 수행에 있어서도, 기존 MSF의 필터 계수에 비해 각각 저주파 성분과 고주파 성분의 제거 기능이 뛰어난 것을 확인하였다. 본 논문의 결과를 이용하여 MSF를 하드웨어로 구현하는 과정을 진행하였다.

참고문헌

- [1] 황재호, "적응비중화 시그마필터에 의한 영상향상," 전자공학회 논문지, 제 44권 SP편 제 2호, pp. 19 - 26, Mar. 2007.
- [2] J. S. Lee, "Digital image smoothing and the sigma filter," *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol. 24, no. 2, pp. 255-269, Nov. 1983.
- [3] R. C. Blicu, M. Vehvilainen, "A Modified Sigma Filter for noise reduction in images," *Proceedings of the 9th WSEAS Circuits, Systems, Communications and Computers multiconference, WSEAS/CSCC2005, Vouliagmeni, Athens, Greece*, no. 15, July 11-16, 2005.
- [4] 양정주, 장원우, 한학용, 김정철, 강봉순, "동화상 처리를 위한 Modified Sigma Filter와 Noise Variance Estimation을 이용한 노이즈 제거 장치 구현," 2010년 SoC 학술대회 발표예정