
윤곽선 훼손 방지 및 미세잡음 제거를 위한 Modified Sigma Filter를 이용한 적응적 잡음 제거장치 알고리즘

양정주* · 한학용** · 양훈기*** · 강봉순**** · 이기동*****

Algorithm of Adaptive Noise Reduction with Modified Sigma Filter for Reduction of Edge Blurring and Minute Noises

Jeong-ju Yang* · Hag-yong Han** · Hoon-gee Yang*** · Bong-soon Kang**** · Gi-dong Lee*****

이 논문은 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

요 약

대부분의 이미지 센서로 촬영된 영상 정보는 데이터의 저장 혹은 전송 과정에서 외부 잡음이 유입되며, 그로 인하여 원 영상의 훼손이 발생한다. 노이즈 리덕션 (Noise Reduction, NR)은 이러한 훼손된 영상을 원 영상에 가깝도록 복원하는 기법의 하나이다. 본 논문은 기존에 제안하였던 모디파이드 시그마 필터 (Modified Sigma Filter, MSF)를 이용한 노이즈 리덕션의 성능을 검증하기 위한 것으로, 가우시안 필터 (Gaussian Filter, GF)와 로컬 시그마 필터 (Local Sigma Filter, LSF)를 이용한 노이즈 리덕션과의 성능을 비교하였다. 입력영상에 임의의 가우시안 노이즈를 추가하여 테스트 영상을 생성하였으며, PSNR 수치 비교를 통하여 세 가지 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 성능을 비교하였다. PSNR뿐 아니라 시뮬레이션 결과 영상의 1D plot을 통하여, 평탄 영역의 노이즈 제거 기능뿐 아니라 윤곽선영역의 훼손 방지에 있어서 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 성능이 우수함을 확인하였다.

ABSTRACT

The information captured by imaging devices such as CCD or CIS may contain external noises through the processes of passing signals or storing images. In this paper, we propose a Modified Sigma Filter (MSF) algorithm to reduce such noises. In experiment, we verified that our MSF algorithm showed better performance in PSNR and 1D plot of simulation results compared with Gaussian Filter (GF), Local Sigma Filter (LSF). Tested images include random Gaussian Noises.

키워드

잡음 제거, 시그마 필터, 로컬 시그마 필터, 잡음 추정, 모디파이드 시그마 필터, 가우시안 필터

Key word

Noise Reduction(NR), Sigma Filter(SF), Local SF, Noise Estimation, Modified Sigma Filter(MSF), Gaussian Filter(GF)

* 동아대학교 전자공학과 석사과정
** 동아대학교 BK21 계약교수 (멀티미디어 연구센터)
*** 광운대학교 전자공학과 교수
**** 동아대학교 전자공학과 교수
***** 동아대학교 전자공학과 부교수 (교신저자, gdlee@dau.ac.kr)

접수일자 : 2010. 06. 07
심사완료일자 : 2010. 06. 25

I. 서 론

멀티미디어 시대에 있어 디지털 이미지 처리 (Digital Image Processing, DIP)는 향상된 화질의 영상을 제공하기 위하여 점차 중요한 분야로 인식되고 있다[1]. 이에 따라 영상의 화질 개선과 관련된 고성능의 영상 신호 처리에 관한 연구가 활발히 진행 중이다[2].

CCD 또는 CIS와 같은 이미지 센서는 다양한 상황에서 올바른 정보를 획득하기 위하여 Auto Focus (AF), Auto Exposure (AE) 등과 같이 이미지 센서 자체적으로 데이터를 보정하는 기능을 갖는다[3]. 이와 같은 보정 기능은 영상 촬영 시 영상 정보 외의 잡음을 생성시키며, 영상 데이터의 전송 및 저장의 과정을 거치면서 원 영상 정보의 훼손을 초래하게 된다[4][5]. 노이즈 리덕션은 훼손된 영상 정보에서 잡음을 제거함으로써, 원 영상 정보에 가깝게 데이터를 복원하는 기법이다. 노이즈 리덕션의 기법에는 일반적으로 전역처리 (Global process)와 국부처리 (Local process)가 존재한다. 전역처리는 영상 전체의 노이즈 특성을 적용하여 노이즈 리덕션을 수행하는 방법이다. 이와 달리 국부처리는 특정 마스크 (Mask, Moving Window)의 제한된 구간에서 화소들 사이의 인접성을 기반으로 노이즈 리덕션을 수행하는 방법이다[6]. 본 논문에서는 전역처리 방법의 일종인 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 성능을 검증하기 위하여, 국부처리 방법 중 가우시안 필터와 로컬 시그마 필터를 사용한 노이즈 리덕션과의 성능을 비교하였다.

II. 기존 노이즈 리덕션 알고리즘

2.1 가우시안 필터를 이용한 노이즈 리덕션

가우시안 필터는 영상의 잡음을 없애고 영상의 세부 정보를 흐릿하게 하는 특징을 갖는다. 이러한 특징으로 인하여 가우시안 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 경우 잡음에 민감한 윤곽선 검출 (Edge Detection)의 전처리 과정에서 사용된다. 가우시안 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 수행은 2D 가우시안 분포를 띄는 마스크를 사용하여 필터링을 수행하며 수식 (1)과 같이 표현할 수 있다. 수식 (1)의 σ 는 표준편차를 나타낸다[7][8].

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

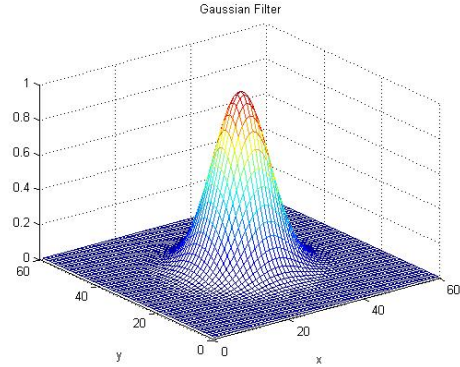


그림 1. 2D 가우시안 분포
Fig. 1 2D Gaussian distribution

그림 1은 수식 (1)을 통한 2D 가우시안 분포를 나타낸 것으로, 가우시안 필터는 한 점에 대해 Point Spread Function (PSF)과 같은 동작을 수행함을 알 수 있다[7].

2.2 로컬 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션

시그마 필터 (Sigma Filter, SF)는 평균 필터 (Mean Filter, MF)의 단점인 윤곽선영역의 훼손을 완화하기 위하여 고안된 것[9]으로, 글로벌 시그마 필터 (Global Sigma Filter, GSF)와 로컬 시그마 필터 (LSF)가 존재한다[10]. 글로벌 시그마 필터란, 영상 전체에 대한 분산을 구하여 시그마 필터링을 수행하는 것이다. 이와 달리 로컬 시그마 필터란, 특정 마스크에 해당하는 픽셀의 분산을 구하여 시그마 필터링을 수행하는 점에서 글로벌 시그마 필터와 차이점을 갖는다[10].

기존의 로컬 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션은, 영상의 윤곽선 정보를 사용하여 저조도 영상에서 발생하는 노이즈를 제거하는 것을 목표로 하였다. 따라서 윤곽선 정보를 추출하기 위하여 Flatness Index Map (FIM)을 사용하였으며, 이 과정에서 특정 임계값에 따른 윤곽선 정보를 추출하게 된다. 수식 (2)는 로컬 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션에서 윤곽선 추출을 위해 사용한 FIM의 수식이다[10]. 수식 (2)에서 $yflat(i,j)$ 는 FIM을 적용하여 추출한 윤곽선 정보를 나타낸다. 추출된 윤곽선 정보는 1과 0의 2진 데이터로

구성되며, 윤곽선으로 판단된 영역은 0의 값으로써 표현된다.

$$y_{(i,j)} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n |x_{(k,l)} - x_{(i,j)}|}{m \times n}$$

$$percent_{addr} = \left(\sum_{h=0}^{255} y_{hist(h)} \leq hist_{threshold} \right) \quad (2)$$

$$y_{flat(i,j)} = \begin{cases} 0; & y_{(i,j)} \geq percent_{addr} \\ 1; & y_{(i,j)} < percent_{addr} \end{cases}$$

로컬 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 수행은, FIM에 의해 추출된 윤곽선 정보를 이용하여, 윤곽선이라 판단된 0의 값을 갖는 픽셀에 대해서만 선택적으로 시그마 필터를 수행한다는 특성을 갖는다.

III. 제안된 노이즈 리덕션 알고리즘

본 논문에서 제안된 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션은, 영상에 존재하는 미세잡음의 제거효과와 함께 필터링 수행 시 발생하는 윤곽선영역의 훼손을 줄이고자 제안되었다[12]. 기존의 R. C. Blicu가 제안한 모디파이드 시그마 필터는 이러한 기능을 수행하기 위하여 입력 영상에 2-Tap의 필터 계수를 이용한 저역 통과 필터 (Low Pass Filter, LPF)와 고역 통과 필터 (High Pass Filter, HPF)를 적용하였다 [11][12]. 2-Tap의 필터 계수를 통한 필터링 수행은 비대칭 그룹 딜레이 (Group Delay)를 발생한다. 이는 일반적인 클럭 (Clock) 동작의 하드웨어 수행에 있어서 데이터간의 파이프라인 동기화의 문제점이 발생한다. 따라서 이러한 비대칭 그룹 딜레이를 해결함과 동시에 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 성능을 향상시키기 위하여, 모디파이드 시그마 필터 연산에 적용되는 필터계수를 시뮬레이션을 통하여 변경하였다[5][13].



그림 2. 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 전체 흐름도
Fig. 2 Block diagram of NR with MSF

그림 2는 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 수행과정을 나타낸 것이다[5]. 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션은 노이즈 추정부 (Noise Variance Estimation, NVE)와, 모디파이드 시그마 필터 연산부 (Image Decomposition and Sigma Filtering)로 구성된다[5]. 노이즈 추정부에서는 시그마 필터링의 수행을 위한 입력영상 전체에 대한 노이즈의 분산값을 추출하게 된다[5][14][15]. 이와 같은 특성은 정지영상뿐 아니라 입력이 변하는 동화상에서도 노이즈 리덕션의 수행이 가능하다는 것을 의미한다. 따라서 노이즈 리덕션의 수행 시 모디파이드 시그마 필터 연산에 노이즈 추정 과정을 적용함으로써 동화상과 같이 변화하는 노이즈에 적응적인 노이즈 리덕션을 제안하였다.

$$SB(i,j) = \sum_{k=i-m/2}^{i+m/2} \sum_{l=j-n/2}^{j+n/2} B(k,l)$$

$$NV(i,j) = \begin{cases} 0, & SB(i,j) \leq \frac{m \times n}{4} \text{ and } B(i,j) = 0 \\ 1, & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

$$SNV = \frac{\alpha}{W \times H} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H NV(i,j)$$

수식 (3)은 노이즈 추정부에서 노이즈의 분산값을 추정하기 위한 수식이다[5]. 수식 (3)의 B(k,l)은 노이즈 추정부의 입력영상인 이진 영상(Binary Image)이며, (k,l)과 (i,j)는 처리되는 영상의 중심 화소 값을 의미한다. 수식 (3)을 통하여 최종으로 추정된 노이즈의 분산값(SNV)은 모디파이드 시그마 필터 연산부에서 시그마 필터링 연산을 위한 분산값으로 사용된다. 다음으로 모디파이드 시그마 필터 연산부는 윤곽선 영역의 훼손을 방지함과 동시에 미세잡음 제거 기능을 함께 수행하기 위한 과정이다.










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

수식 (4)는 모디파이드 시그마 필터 연산부 중 저역 통과 필터와 고역 통과 필터 연산을 수행하는 Image Decomposition 과정을 나타낸 것이다[5][13]. 수식 (4)에서 $y(i, j)$ 는 입력영상이며, 저역 통과 필터와 고역 통과 필터는 동일 입력영상에 대하여 상하·좌우 방향에 대해 각각 필터링을 수행하여 4개의 재구성된 영상을 생성한다. 이는 미세잡음 제거와 함께 윤곽선훼손을 방지하기 위한 것이다[5]. 재구성된 영상은 노이즈 추정 과정에서 추정된 노이즈의 분산값을 이용하여 시그마 필터링을 수행하게 된다. 시그마 필터링이 적용된 4개 영상의 평균을 구함으로써, 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 결과영상을 획득하게 된다.

IV. 시뮬레이션 및 성능 비교

본 논문은 제안된 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 성능을 확인하기 위한 것이다. 본 논문에서는 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 성능을 확인하기 위하여 다양한 영상을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 표 1은 시뮬레이션을 위한 30개의 테스트 영상으로써 Airplane, Baboon 및 Kodak 영상 등을 이용하여 테스트하였다. 또한 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 성능을 검증하기 위하여 가우시안 필터와 로컬 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션과의 시뮬레이션 결과를 비교하였다.

표 1. 시뮬레이션을 위한 테스트 영상
Table 1. Test images for simulation

No.	1	2	3	4	5	6
Test Image						
No.	7	8	9	10	11	12
Test Image						
No.	13	14	15	16	17	18
Test Image						
No.	19	20	21	22	23	24
Test Image						
No.	25	26	27	28	29	30
Test Image						

세 가지 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 성능 비교에는 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)의 수치를 이용하였다. 세 가지 필터의 성능을 확인하기 위하여 입력영상에 가우시안 노이즈(Gaussian Noise)를 임의로 추가하여 테스트 영상을 생성하였다. 첨가한 가우시안 노이즈의 양은 1dB~4dB의 양으로 하였다.

$$\begin{aligned}
 MSE &= \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N [x(i, j) - x'(i, j)]^2 \\
 PSNR &= 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

수식 (5)는 세 가지 필터의 노이즈 리덕션 성능 비교에 사용한 PSNR을 구하는 수식을 나타낸 것이다[9]. 수식 (5)에서 $x(i, j)$ 는 입력영상을 나타내며, $x'(i, j)$ 는 세 가지 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 결과영상을 의미한다.

표 2. 시뮬레이션 결과 비교 [dB]
Table 2. Compare the results of simulations [dB]

No.	PSNR [dB]			No.	PSNR [dB]		
	(1) GF	(2) LSF	(3) MSF		(1) GF	(2) LSF	(3) MSF
1	34.4544	32.4603	38.5344	16	29.2855	28.9554	36.0020
2	24.5207	25.4885	30.6556	17	29.9237	29.9113	43.1269
3	34.4366	34.6525	35.5913	18	34.3170	34.0410	36.1359
4	35.2716	32.9979	37.4764	19	24.6296	25.0282	31.5589
5	33.5019	33.3396	34.1809	20	29.9219	29.5677	33.1200
6	27.8677	28.3654	35.9412	21	33.8598	33.6925	36.3259
7	27.1818	26.8276	30.9437	22	32.1118	32.2473	34.9879
8	34.0871	34.2500	35.2020	23	31.2764	31.1604	34.0120
9	35.1926	34.8740	39.0191	24	35.7841	34.4342	38.7331
10	27.7033	28.1813	34.7789	25	28.9683	28.6227	35.0441
11	27.2300	26.7967	34.2041	26	33.1898	32.1664	37.7751
12	28.5718	28.4942	33.7107	27	33.1875	32.9294	36.4483
13	34.2176	33.0470	37.6606	28	32.8081	32.6980	37.0833
14	24.5446	24.4087	32.3724	29	28.9953	28.9890	34.5098
15	32.3765	32.1892	37.9091	30	34.5382	34.1180	35.7210

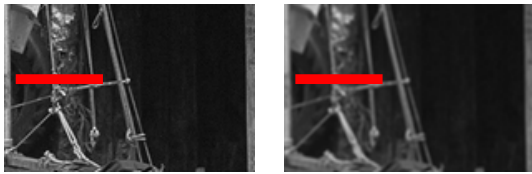
표 2에는 세 가지 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 표 2의 No.1~No.30은 표 1의 테스트 영상을 의미한다. 또한, 표 2의 PSNR 결과는 추가한 가우시안 노이즈의 양이 1dB~4dB인 결과영상에 대한 평균 PSNR을 나타낸 것이다. 표 2에서 (1)은 가우시안 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 평균 PSNR, (2)는 로컬 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 평균 PSNR, (3)은 본 논문에서 성능을 검증하고자 하는 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 평균 PSNR이다. 테스트 영상에 따라 평균 PSNR의 수치에 변화가 있지만, 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 평균 PSNR이 가우시안 필터나 로컬 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 평균 PSNR에 비해 높은 수치를 나타내는 것을 표 2를 통해 확인할 수 있다.

본 논문에서 제안한 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션은 필터링 수행 시 발생하는 윤곽선 영역의 훼손 방지 및 미세잡음 제거를 위한 것이다. 이를 확인하기 위하여 노이즈 리덕션을 수행한 영상에 대한 1D Plot을 통해 성능을 검증하였으며, 가우시안 필터와

로컬 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 윤곽선 영역의 결과와 비교하였다. 그림 3에는 17번 영상의 시뮬레이션 결과에 대해 세 가지 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 결과영상을 비교하였으며, 그에 대한 1D Plot을 나타내었다. 그림 3에서 (a)는 17번 테스트 영상을 나타낸 것이다. (b)~(e)의 영상은 (a)에서 타원으로 표시된 영역의 테스트 영상과 세 가지 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 결과 영상을 의미한다. (b)~(e)의 영상에서, 굵은 실선으로 표시된 영역에 대해 1D Plot을 수행한 결과를 (f)에 나타내었다. (f)에서 -o-는 (b)의 결과, -v-는 (c)의 결과를 의미한다. 또한 --는 (d)의 결과, -* -는 본 논문에서 제안한 (e)의 결과를 의미한다. (f)의 결과를 살펴보면, 입력영상(b)의 결과에서는 평탄 영역에 존재하는 미세잡음으로 인하여 이웃한 1D Plot 데이터 값 간에 차이가 존재한다. 이것을 노이즈 리덕션을 수행하였을 경우, (c)와 (e)의 결과를 통하여 잡음이 제거됨에 따라 데이터 값의 차이가 줄어들음을 확인할 수 있다. 또한 윤곽선 영역의 훼손 방지의 경우 (d)와 (e)의 결과를 통하여 윤곽선 영역이 보존되는 효과가 있음을 확인할 수 있다.

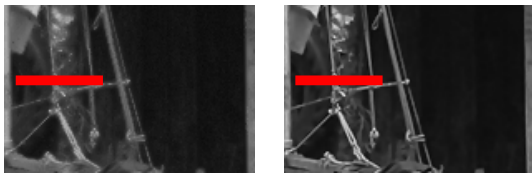


(a)



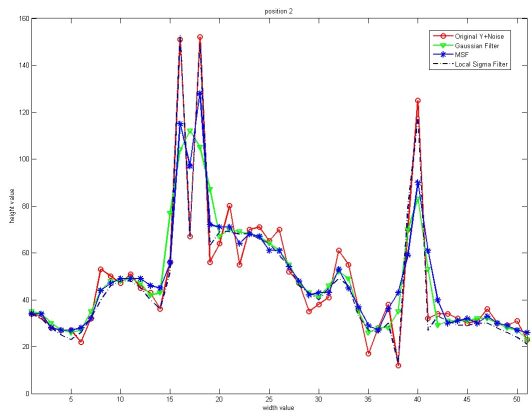
(b)

(c)



(d)

(e)



(f)

그림 3. 노이즈 리덕션 결과 비교 : (a) 원 영상 (b) 원 영상 + 노이즈 (c) GF (d) LSF (e) MSF (f) 1D plot
 Fig. 3. Compare the NR results : (a) Original (b) Original + Noise (c) GF (d) LSF (e) MSF (f) 1D plot

특히 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 결과 영상인 (e)의 경우, 저역 통과 필터와 고역 통과 필터를 수행한 영상들을 이용한 시그마 필터링을 수행함으로써 인하여 평탄영역의 미세잡음을 제거함과 동시에 윤곽선영역의 훼손이 미약함을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 노이즈 리덕션 수행 시 윤곽선의 훼손 방지 및 미세잡음 제거를 위한 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션에 관한 것이다. 제안한 방법은, 입력 영상에 저역 통과 필터와 고역 통과 필터를 적용함으로써 시그마 필터링을 수행하기 위한 입력영상을 재구성하는 과정을 수행한다. 본 논문에서는 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 성능을 확인하기 위하여, 임의로 노이즈가 첨가한 테스트 영상을 생성하여 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 그 성능을 검증하기 위하여, 가우시안 필터와 로컬 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션과의 PSNR 및 노이즈 리덕션 수행 결과영상의 1D Plot을 비교하였다.

시뮬레이션 결과, 제안한 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 경우 기존의 노이즈 리덕션 방법에 비하여 평균 PSNR에서 높은 수치를 나타내는 것을 확인하였다. 또한 노이즈 리덕션 수행 결과영상의 1D Plot을 통하여 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션의 경우 미세잡음이 제거됨과 동시에, 윤곽선의 훼손이 미약함을 확인하였다. 이러한 결과에 의하여 본 논문에서 제안한 모디파이드 시그마 필터를 이용한 노이즈 리덕션은 윤곽선을 보존함과 동시에 잡음을 제거하는 특성에 의하여 다양한 분야에서의 활용이 기대된다.

참고문헌

- [1] 정보서비스단 통계분석팀, “Image Sensor의 시장 동향,” 지식경제부 정보통신연구진흥원 IT 부품 Monitoring Report 08-18, 2008년 8월

- [2] 양정주, 이성목, 정효원, 김주현, 강봉순, “나뭇샘기를 사용하지 않은 영상의 평균기 구현,” 한국신호처리시스템학회 하계학술대회, pp. 145-148, 부경대학교, June 2009.
- [3] 김경린, “모바일 폰 카메라의 성능개선을 위한 Auto Exposure 알고리즘 및 하드웨어 구현,” 동아대학교 대학원, 2009
- [4] Junichi Nakamura, Image Sensors And Signal Processing For Digital Still Camera, CRC Pr I Llc, 2005.
- [5] 양정주, 장원우, 한학용, 김정철, 강봉순, “동화상 처리를 위한 Modified Sigma Filter와 Noise Variance Estimation을 이용한 노이즈 제거 장치 구현,” 대한전자공학회 SoC 학술대회, pp. 64-67, 인하대학교, May 2010.
- [6] 황재호, “적응비중화 시그마필터에 의한 영상향상,” 전자공학회 논문지, 제 44권 SP편 제 2호, pp. 19 - 26, Mar. 2007.
- [7] <http://blog.naver.com/ysdom?Redirect=Log&logNo=40015337924>
- [8] Shapiro, L. G. & Stockman, G. C: “Computer Vision”, pp. 137, 150. Prentence Hall, 2001
- [9] 김병현, 광부동, 한학용, 강봉순, 이기동, “이미지 센서에 의해 발생하는 노이즈 제거를 위한 영상의 조도에 따른 적응적 로컬 시그마 필터의 구현,” 신호처리시스템학회 논문집, 제11권, 3호, pp. 54-57, 189-196, July 2010.
- [10] 김병현, 장원우, 이성목, 광부동, 강봉순, “영상의 윤곽선 정보에 의한 잡음 제거 필터 구현,” 대한전자공학회 SoC 학술대회, pp. 308-311, 인하대학교, May 2010.
- [11] 구미란, 한학용, 최원태, 강봉순, 강대성, “방향성을 고려한 영상 분해에 의해 개선된 시그마 필터,” 한국신호처리시스템학회 논문지, 제11권 2호, pp. 151-156, Apr. 2010.
- [12] 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.
- [13] 양정주, 장원우, 광부동, 강봉순, “저역통과 필터의 대역폭을 고려한 잡음 제거 방법,” 해양정보통신종합학술대회논문집 2010 춘계 14권 1호, pp. 157 - 159, May 2010.
- [14] K. Rank, M. Lendl and R. Unbehauen, “Estimation of image noise variance,” IEEE Proc. - Vision, Image & Signal Processing, Vol. 146, no. 2, pp. 80-83, 1999
- [15] D. H. Shin, R. H. Park, S. J. Yang and J. H. Jung, “Block-Based Noise Estimation Using Adaptive Gaussian Filtering,” IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 51, no. 1, pp. 218-226, Feb. 2005.

저자소개

양정주(Jeong-ju Yang)



2009년 2월 동아대학교
전자공학과(공학사)
2009년 3월 ~ 현재 동아대학교
전자공학과 석사과정

※ 관심분야 : VLSI algorithm / architecture design, image / video processing and wireless communication

한학용(Hag-yong Han)



1994년 2월 동아대학교 전기전자
컴퓨터공학부
전자공학과 (공학사)
1998년 2월 동아대학교 전자공학과
(공학석사)

2004년 8월 동아대학교 전자공학과(공학박사)
2006년 7월 ~ 2007년 11월 부산대학교
영상IT산학공동사업단 Post-Doc
2008년 3월 ~ 현재 동아대학교 BK21 계약교수
(멀티미디어 연구센터)

※ 관심분야 : Pattern recognition, audio / image / video processing, DSP application



양훈기(Hoon-gee Yang)

1985년 연세대학교 전자공학과
(공학사)
1987년 미국 SUNY at Buffalo 전기
및 컴퓨터공학과(공학석사)

1992년 미국 SUNY at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과
(공학박사)

1993년~현재 광운대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : UWB and wireless communication



강봉순(Bong-soon Kang)

1985년 연세대학교 전자공학과
(공학사)
1987년 미국 University of
Pennsylvania 전기공학과
(공학석사)

1990년 미국 Drexel University 전기 및 컴퓨터공학과
(공학박사)

1989년~1999년 삼성전자 반도체 수석연구원

1999년~현재 동아대학교 전자공학과 교수

2006년~현재 멀티미디어 연구센터 소장

2006년~현재 2단계 BK21 사업팀장

※ 관심분야 : 영상신호처리, SoC 설계 및 무선통신



이기동(Gi-dong Lee)

1989년 부산대학교 전자공학과
(공학사)
1991년 부산대학교 전자공학과
(공학석사)

2001년 부산대학교 전자공학과(공학박사)

1991년~1997년 삼성SDI LCD R&D 연구원

2001년~2003년 Kent State University Research Fellow

2003년~2004년 LG Display 사외 위촉 교수

2004년~현재 동아대학교 전자공학과 부교수

※ 관심분야 : 디스플레이 소자