고해상도 영상을 지원하는 휴대용 기기의 잡음 감소와 윤곽 강조 방법 및 구조

이금석°, 전병우
°성균관대학교 전자전기공학과/삼성전자 DM연구소
성균관대학교 전자전기공학과
°keumseok.lee@samsung.com, bjeon@yurim.skku.ac.kr

Noise Reduction and Edge Enhancement Method and Architecture for Mobile Devices Supporting High Resolution Video

Keumseok Lee° and Byeungwoo Jeon
°SungKyunKwan University/Samsung Electronics DM R&D Center
SungKyunKwan University

요 약

본 논문은 고해상도의 영상을 처리하는 이동기기 등에 사용되는 SoC(System On a Chip)에 구현이 용이한 효과적인 화질 향상 (잡음감소와 윤곽강조) 을 위한 방법과 구조에 대한 것이다. 최근 이동기기의 발전과 진화에 따라 여러 형태의 이동기기가 개발되고 있는데 그 중 최근 인기를 끌고 있는 포터블 미디어 플레이어 (PMP)나 HD(Hight Definition)급 camcorder 등이 고해상도의 영상을 처리하는 이동기기로 분류될 수 있다. 이러한 이동기기에서 고해상도 영상에 대한 화질 향상을 기존의 복잡한 방법을 사용해 처리한다면 메모리 대역폭이나 하드웨어 크기 등의 증가로 이동기기에서 구현하는데 어려움이 따른다. 이에 본 논문에서는 이러한 이동기기에서의 고해상도의 화질 향상을 입력영상의 종류에 따라 선택적으로 메모리 대역폭 사용 없이 하드웨어 크기를 최소화하여 FPGA (*field programmable gate array*)나 ASIC (application specific integrated circuit)으로 구현이 용이하도록 하는 방법과 구조에 대해 설명하고 실제 영상을 가지고 실험한 결과로 주관적 화질 향상 효과를 가져 온 것을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

현재 영상을 획득, 저장 또는 재생할 수 있는 다양한 모바일 기기가 사용되고 있다. 디지털 스틸 카메라 (DSC), 디지털 캠코더 (DVC), 포터블 멀티미디어 플레이어 (PMP), 개인 휴대용 정보 단말기 (PDA), 디지털 멀티미디어 브로드캐스팅 (DMB) 등이 이러한 모바일 기기의 대표적인 예라고 할 수 있다. 또한 기존의 휴대폰과 MP3 player 등의 모바일 기기도 멀티미디어 기능이 계속 추가되고 영상 입출력 기능이 추가되면서 이런 이동 영상 기기로 분류 될 수 있다. 이러한 이동기기 중에서 PMP와 HD급 캠코더의 경우는 고해상도의 영상을 처리하는 기기로 분류할 수 있다. PMP 같은 경우는 PMP 화면 크기에 맞게 변환하여 사용하는 경우가 많았지만 최근에는 HD급 영상을 그대로 변환 없이 PMP 상에서 재생하는 경우가 많아지고 이를 HDTV 등에 출력하여 보기도 한다[1]. 그리고 HD급 캠코더의 경우는 대부분의 처리 영상이 고해상도라고 할 수 있다. 이러한 고해상도의 영상의 화질을 향상시키기 위해 복잡하고 막강한 알고리즘을 사용하는 것은 이동기기라는 한정된 조건에서는 적당하지 않다. 이에 본 논문에서는 이러한 이동 환경의 제약에 적절한 화질 향상 알고리즘을 개발하여 실제 이동 기기에 적용할 수 있게 하는 것을 목표로 한다 [2-5]. 본 논문에서는 입력되는 고해상도 영상의 종류를 구분하여 이에 적합한 edge detector를 선택하여 검출된 edge 정보를 이용하여 noise reduction (NR)과 edge enhancement (EE)를 동시에 할 수 있도록 한다. 이 때 이동기기에 구현이 용이하도록 되도록 적은 하드웨어를 사용하도록 한다.

2. 화질 향상 시스템

2.1 경계 검출기

Edge detector로 많이 사용되는 연산자에는 Roberts, Prewitt, Sobel, Frei-Chen, Laplacian 등이 있다. 본 논문에서는 noise reduction과 edge enhancement에서 사용할 edge detector로 아래와 같은 Laplacian filter를 사용한다.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

그림 1. 기본적인 3x3 Laplacian filter window

그림 1과 같은 3x3 윈도우를 사용하여 edge를 검출할 때 HD 영상과 같은 고해상도 영상의 커다란 edge를 잘 찾

지 못 할 수 있다. 이에 본 논문에서는 그림 2와 같은 확장된 5x5 Laplacian filter를 사용한다. 그림과 같이 9개의 화소로만 edge를 찾기 때문에 하드웨어적으로는 2개의 line memory 추가 외에는 3x3 윈도우를 사용할 때와 같게 된다.

-1	0	-1	0	-1
0	0	0	0	0
-1	0	8	0	-1
0	0	0	0	0
-1	0	-1	0	-1

그림 2. 본 논문에서 사용한 filter window

2.2 잡음 감소

Noise reduction의 방법에는 기존에 연구되어 온 여러 가지 방법이 있지만 실제 chip 상에 구현할 때 하드웨어를 고려하며 효과도 있는 방법을 사용하였다. noise reduction 방법은 크게 spatial filter를 사용하는 것과 temporal filter를 사용하는 것 둘 다를 모두 사용하는 방법[5] 등이 있는데 이 중 temporal filter 같은 경우는 이전 frame의 화소를 참조하기 때문에 많은 메모리 용량과 많은 메모리 대역폭을 요구하게 된다. 따라서 본 논문에서는 spatial로 noise reduction 하는 방법을 사용하였다. 먼저 edge detector로 edge를 찾아내어 정해진 threshold값과 비교하여 현재 화소가 edge 영역인지 평탄영역인지를 판별하고 평탄영역에서만 noise reduction 처리를 하게 된다.

2.3 경계 향상

Edge enhancement 방법은 edge detector를 이용하여 구해진 edge값 (HP)을 일정 threshold값과 비교하여 edge로 판별되면 이 edge값에 일정값 (c)을 곱하여 원래 영상에 더함으로써 edge를 강조하는 효과를 나타내게 된다[4]. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$Y = X + c * HP(X) \qquad (1)$$

2.4 전체 구조

그림 3은 하드웨어 크기를 고려하여 구성된 전체 화질 향상 시스템의 구성도이다.

전체적인 동작은 입력 영상의 휘도(Y) 성분을 가지고 초기 설정되어 있는 edge detector를 사용하여 화소가 입력되는 즉시 edge값을 구하고 edge값을 누적한다. 한 frame의 영상이 모두 입력되었을 때 cumulative edge값을 보고 입력되는 영상이 detail이 많은 영상인지 적은 영상인지를 판별하여 앞으로 사용할 edge detector를 선택한다. 선택된 edge detector를 이용하여 입력되는 영상의 edge값을 누적하는 동시에 noise reduction block과 edge enhancement block으로 edge값을 전달하여 현재

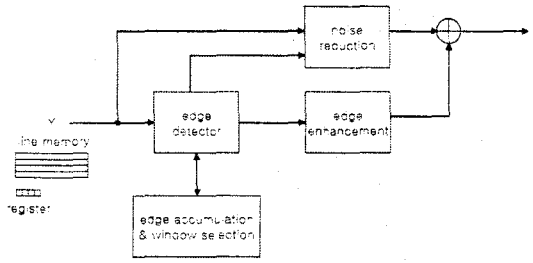


그림 3. 전체 시스템 구성도

화소에 대한 처리를 하도록 한다. 이 구조에 볼 수 있듯이 edge accumulator, noise reduction, edge enhancement에서는 같은 edge값을 사용하기 때문에 추가적인 하드웨어 없이 세 block이 동시에 진행된다.

입력되는 화소로 5x5 filter를 계산하기 위해서 4 line의 memory와 4개의 register를 사용한다.

3. 실험 결과

실험에 사용된 영상은 HD 방송을 실제 capture 한 것으로 해상도는 1920x1080이다. 여러 가지 영상 중 cumulative edge값을 가지고 분류했을 때 대표적으로 detail이 많은 영상인 basketball과 detail이 적은 영상인 girl로 실험을 하였다.

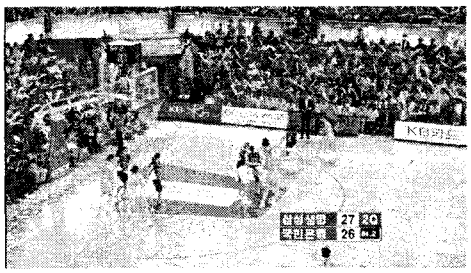


그림 4. Basketball

그림 5. girl

그림의 영상들을 3x3 window를 사용했을 때와 5x5 확장 window를 사용했을 때의 결과는 다음과 같다.

그림 6. 3x3 window 사용

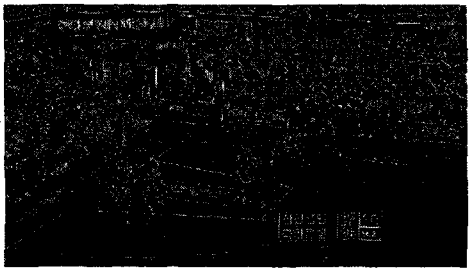


그림 7. 5x5 window 사용

그림 8. 3x3 window 사용

그림 9. 5x5 window 사용

실제 검출된 edge 영상을 봤을 때 detail이 많은 영상에서는 5x5는 필요이상의 과도한 edge를 나타내고 detail이 작은 영상에서는 edge를 거의 찾지 못하게 된다. 따라서 본 논문에서 사용한 두 종류의 윈도우를 선택적으로 사용하여 더 좋은 edge detection을 하게 된다.

이렇게 검출된 edge를 이용하여 noise reduction을 한 결과는 아래와 같다. noise reduction 성능을 살펴보기 위해 여기서는 영상에 가우시안 노이즈를 추가하여 실험을 하였다. noise reduction 성능을 측정하기 위한 척도로 Mean Absolute Error(MAE) (식1)와 Mean Square Error(MSE) (식2)를 사용하였다[3].

$$MAE=\frac{\sum_{y=1}^{n}\sum_{x=1}^{m}|i(x,y)-\hat{i}(x,y)|}{m\times n} \qquad (2)$$

$$MSE=\frac{\sum_{y=1}^{n}\sum_{x=1}^{m}[i(x,y)-\hat{i}(x,y)]^2}{m\times n} \qquad (3)$$

위 수식의 $i(x,y)$ 는 원영상의 화소값, $\hat{i}(x,y)$ 는 처리되고 난 영상의 화소값, 그리고 $m\times n$ 은 영상의 크기이다.

아래 표 1의 결과로 알 수 있듯이 basketball의 영상에서는 3x3 window를 사용한 결과가 5x5 window를 사용한 것보다 훨씬 좋은 것으로 나타났고, girl의 영상에서는 3x3 window를 사용한 결과와 5x5 window를 사용한 결과가 거의 비슷한 것으로 나타났다.

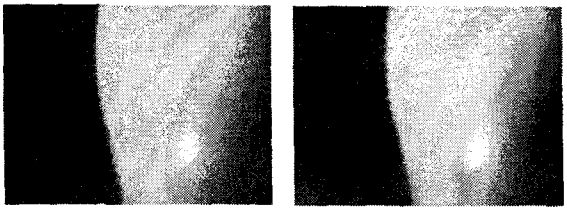
표 1. Noise Reduction (NR) 결과 비교

basketball			girl		
	MAE	MSE		MAE	MSE
noisy	4.54	32.57	noisy	4.54	32.58
3x3 NR	2.86	23.06	3x3 NR	1.79	6.33
5x5 NR	3.46	61.39	5x5 NR	1.53	7.01

실제 처리한 결과 영상은 다음과 같다. 그림10과 그림11에서 볼 수 있듯이 경계부분이 흐려지는 부작용이 거의 없고 노이즈가 제거된 것을 확인할 수 있다.

(a) noisy (b) 3x3 NR

그림 10. Noise Reduction result
(Cropped from basketball)



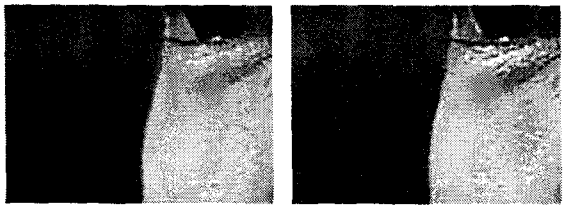
(a) noisy (b) 5x5 NR

그림 11. Noise Reduction result
(Cropped from girl)

*edge enhancement*를 한 결과는 주관적인 화질 평가를 하였다. 결과 영상은 다음과 같다.

(a) original (b) 3x3 EE

그림 12. Edge Enhancement result
(Cropped from basketball)



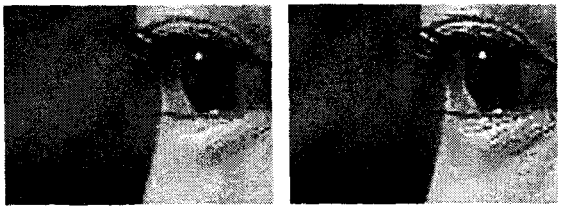
(a) original (b) 5x5 EE

그림 13. Edge Enhancement result
(Cropped from girl)

최종적으로 전체 동작 설명대로 noise reduction한 결과를 edge enhancement한 결과 영상은 다음과 같다. 노이즈 감소 효과와 윤곽 강조 효과로 인해 화질 향상이 됨을 확인할 수 있다.

(a) noisy (b) 3x3 NR+EE

그림 14. NR+EE result
(Cropped from basketball)



(a) noisy (b) 5x5 NR+EE

그림 15. NR+EE result
(Cropped from girl)

4. 결 론

실험 결과로 알 수 있듯이 본 논문에서 제안된 방법과 구조로 영상 처리를 한 결과 주관적인 화질 향상이 됨을 확인할 수 있었다. 이미 언급했던 대로 제안된 방법과 구조를 사용하여 SoC 등에 구현했을 때 제한된 자원을 가진 이동기기 환경에서 비교적 적은 하드웨어 추가로 만족할만한 효과를 가져 올 수 있다.

참고문헌

[1] Information from http://www.pmpinside.com
[2] J. Parkkinen and P. Nenonen, "Image Enhancement System for Mobile Displays", Digital Photography, Proceedings of SPIE vol.5678, 2005.
[3] O. Kalevo and H. Rantanen, "Noise Reduction Techniques for Bayer-Matrix images", Sensors and Camera systems for scientific, industrial, and digital photography applications III, Proceedings of SPIE vol. 4669, 2002.
[4] O. Kalevo and H. Rantanen, "Sharpening Methods for Images Captured through Bayer Matrix", Sensors and Camera systems for scientific, industrial, and digital photography applications IV, Proceedings of SPIE vol. 5017, 2003.
[5] H.Y. Lee, D.S. Park, S.D. Lee and C.Y. Kim, "An Effective Image Enhancement Filtering for Noisy Image Sequences", Digital Photography II, Proceedings of SPIE vol. 6069, 2006.