모바일 폰 카메라의 이미지 선명도 향상을 위한 적응적 윤곽선 강조 알고리즘

Algorithm of adaptive edge enhancement to improve image visibility at mobile phone camera

김경린*, 최원태**, 강봉순***

Kyungrin Kim*, Wontae Choi**, Bongsoon Kang***

요 약

본 논문은 모바일 폰 카메라의 이미지 선명도 향상을 위한 윤곽선 강조 알고리즘 개발에 관한 것이다. 자연스러운 윤곽선 강조를 위해 이미지 내부의 윤곽선의 특성을 파악하고 각각의 특성에 대하여 가장 적절한 강조 값을 적응적으로 적용할 수 있도록 하였다. 즉, 1차로 2D High Pass Filter를 윤곽선의 특성에 따라 독립적으로 적용하고 2차로 더욱 세분화된 윤곽선 판단 조건에 의해 윤곽선에 따라 적응적으로 윤곽선을 향상시킬 수 있는 과정을 추가하여 이미지의 선명도 향상 효과를 더욱 높일 수 있도록 하였다. 더불어 적응적 윤곽선 강조로 인하여 기존 알고리즘인 이미지 전체에 동일한 2D HPF를 적용해서 나타나는 ringing 현상 등의 부작용들을 상당히 개선할 수 있었다. 개발된 알고리즘의 하드웨어로의 설계 시 하드웨어 자원의 효율성을 고려하여 알고리즘을 최대한 간략하게 개발하였으며 제안된 알고리즘의 simulation을 통하여 기존의 알고리즘과 비교하여 개선된 결과를 확인하였다.

Abstract

In this paper, we proposed an algorithm of edge enhancement to improve image visibility of mobile phone camera. For naturally edge enhancement, we grasps edge characteristic in image and applied to the most appropriate enhancement value adaptively about each characteristics. Namely, It applies 2D high pass filter where in the edge characteristics which judge in the first In compliance with the edge condition which is subdivided more with secondary it will be able to apply the process which able to adaptive edge enhancement to improve image visibility. It joins in and it is an existing algorithm that simply applies 2D high pass filter where and it is identical in the image whole it will be able to improve the side effects of ringing actual condition etc. It considers the effectiveness of the hardware resource with the hardware of the algorithm which is developed and algorithm the maximum simply, it developed and simulation of the algorithm which is proposed it led and algorithm of existing and it compared and is improved the result which it confirmed.

Keywords : Imprive image visivility, Adaptive edge enhancement, Mobile phone camera

I. 서 론

최근 모바일 폰에서의 디지털 카메라는 소비자들에게 필수적인 항목으로 인식되고 있다. 과거의 모바일 폰에서의 디지털 카메라는 영상의 질과 관계없이 이미지를 촬영만 할 수 있도록 하였지만 이미지의 화질 개선을 위한 활발한 기술개발로 인하여 현재는 일반 디지털 카메라와 대등할 정도의 성능을 갖는 모바일 폰 카메라가 많이 등장하고 있다. 더불어 모바일 폰 카메라에서의 더욱 개선된 영상을 얻기 위한 새로운 기능들의 연구 개발이 요구되고 있다. 본 논문에서는 모바일 폰 카메라에서 촬영되는 이미지의 선명도 향상을 위한 윤곽선 강조 알고리즘을 제안한다. 윤곽선을 강조하기위한 가장 일반적인 방법은 이미지 내부 객체가 갖는 윤곽선의 값과 그 주변 값과의 차를 크게 해 줌으로써 윤곽선이 두드러지게 되고 결과적으로 윤곽선이 강조되어 보이는 결과를 얻을 수 있다. 윤곽선의 값과 주변 값과의 차이를 크게 해 주기위해서는 일반적으로 이미지의 휘도성분에 2D High pass filter(HPF)를 적용하고 적용된 이미지를 다시 원래의 이미지에 재적용하는 방법이 사용된다[1]. 하지만 기존의 윤곽선 강조 방법은 윤곽선이 갖는 특성에 관계없이 이미지 전체에 동일한 2D HPF를 적용함으로써 기존의 선명한 윤곽선에는 너무 큰 값의 변화가 발생해서 영상이 가질 수 있는 값에 포화가 되어 윤곽선 주변에 흰색 테두리와 같은 ringing 현상이 발생할 수 있으며, 또한 굳이 2D HPF를 적용하지 않아도 되는 영역까지

* 동아대학교 전자공학과 석사과정

** (주) 삼성전기 중앙연구소 수석연구원

*** 교신저자 : 동아대학교 전자공학과 부교수

접 수 일 자 : 2008. 5. 30 수 정 완 료 : 2008. 10. 22

게재확정일자 : 2008. 10. 29

※ 이 논문은 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

적용되어서 오히려 이미지가 부자연스러워지는 부작용이 존재한다[2]. 본 논문에서 제안된 알고리즘은 이미지 내부의 객체가 갖는 윤곽선의 성분을 파악해서 강조하지 않아도 되는 윤곽선과 강조가 필요한 윤곽선을 판단하고 강조가 필요하다고 판단된 윤곽선들 중에서도 각각의 특성에 따라서 강조 정도를 적응적으로 판단해서 강조할 수 있게 함으로써 더욱 개선된 이미지의 선명도 향상 결과를 얻을 수 있도록 하였다. 그리고 본 논문에서 제안된 알고리즘은 모바일 폰 카메라에 적용과 하드웨어로의 구현을 목적으로 하고 있으므로 가능한 복잡한 수식이나 과정들은 배제하였으며 하드웨어로의 구현 시 동작 속도와 하드웨어 크기를 고려하여 최대한 간단하면서도 효율적으로 이미지의 윤곽선을 강조할 수 있도록 개발되었다.

II. 선명도 향상을 위한 이미지 윤곽선 판단

2.1 이미지의 윤곽선 검출

본 논문에서는 이미지 전체에 2D HPF를 동일하게 적용하는 것이 아니라 이미지의 윤곽선을 검출하고 각각의 윤곽선이 갖는 선명도의 특성에 따라서 선택적으로 윤곽선을 강조할 수 있도록 하였다. 그러므로 가장 먼저 이미지의 윤곽선을 판단하는 과정이 필요하다. 이미지의 윤곽선을 판단하기 위해서 본 논문에서는 다음과 같은 방법을 제안하였다.

ur using 3x3 mask

그림 1. 3x3 Mask를 이용한 이미지 윤곽선 판단

Fig. 1. Judgment of image

그림 1은 3x3 마스크를 이용하여 이미지의 윤곽선을 판단하기 위한 과정을 나타내고 있다. 본 논문에서 제안하는 윤곽선 강조의 전체 과정은 RGB의 입력 영상을 YCbCr 좌표계로 변환하여 휘도정보인 Y 성분만을 가지고 모든 과정을 처리한다. Y 성분만을 사용하는 이유는 RGB를 모두 고려해서 연산하는 것보다 연산을 간략화 할 수 있고 YCbCr 중에서 Y 성분이 갖는 이미지의 정보가 가장 많기 때문이다. 0~255 까지 범위를 갖는 이미지의 휘도 성분에 그림과 같이 3x3 마스크를 적용한다. 적용된 마스크의 9개 값 중에서 가장 큰 값을 판단해서 판단된 값을 마스크의 중심 값으로 대체한다[3].

이미지의 휘도성분에 3x3마스크를 적용하고 마스크의 중심 값을 마스크 내부의 가장 큰 값으로 대체하면 그림 2의 우측 그림과 같은 결과를 얻을 수 있다. 즉 주변 배경보다 밝은 객체들은 원래 크기보다 한 픽셀씩 전체적으로 퍼지게 되고 객체의 배경은 객체가 퍼진 만큼 줄어들게 되며, 반대로 주변 배경보다 어두운 객체들은 한 픽셀씩 줄어들고 배경은

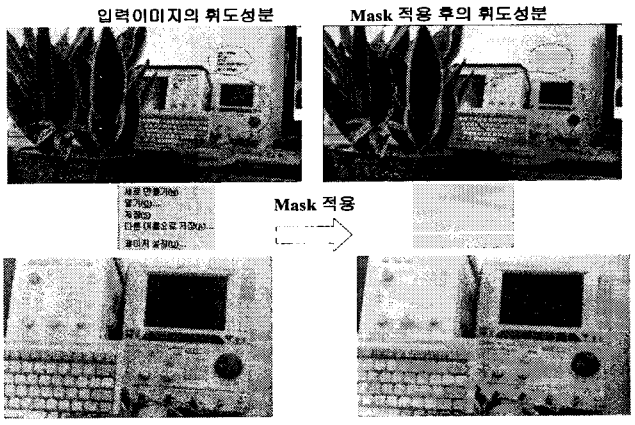


그림 2. 이미지의 휘도성분에 3x3 Mask를 적용한 결과

Fig. 2. The result of application at luminance of image

객체가 줄어든 만큼 퍼지는 결과를 얻을 수 있다[4]. 이런 과정을 통해 얻어진 결과에 원래 이미지를 뺄셈 연산하게 되면 이미지 내부의 면적 부분과 배경 자체는 동일한 휘도 값이므로 '0'의 값을 갖게 되고 마스크의 적용으로 인해 객체에 테두리와 같이 퍼진 부분에서는 원래의 이미지의 휘도 값과 주변 값과의 뺄셈 연산이 됨으로 윤곽선에 대한 정보가 남아 있게 된다.

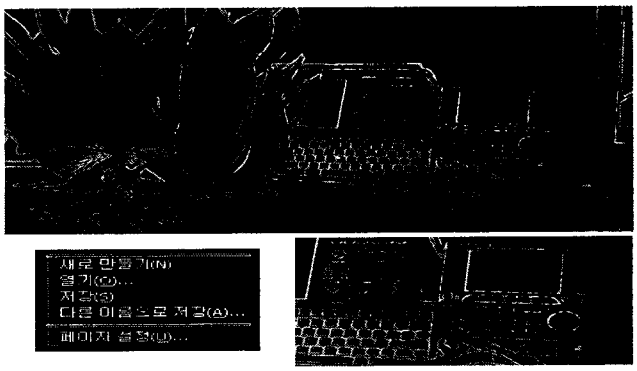


그림 3. 마스크 적용에 의해 검출된 이미지 윤곽선

Fig. 3. Detected image contour by applied mask

그림 3은 이미지의 휘도성분에 3x3 마스크를 적용한 결과와 원본 이미지와의 뺄셈 연산을 통해서 검출된 윤곽선 정보를 나타내고 있다. 각각의 윤곽선 정보는 주변 값과의 차이를 나타내고 있으므로 '0~255'의 값의 범위를 가지며 '0'에 가까울수록 주변 값과의 차이가 없어 상대적으로 약한 윤곽선이라 할 수 있고 '255'에 가까울수록 주변 값과의 차이가 커서 상대적으로 강한 윤곽선이라 할 수 있다. 이와 같은 과정으로 판단된 이미지의 윤곽선 정보를 이용해서 윤곽선 강조가 필요한 부분과 필요 없는 부분을 구분할 수 있다.

2.2 윤곽선 강조를 위한 윤곽선 판단

앞서 검출된 윤곽선의 정보를 이용해서 윤곽선 강조가 필요한 윤곽선을 판단한다. 검출된 윤곽선의 '0~255'의 값에 두 개의 임계값 적용함으로써 윤곽선 강조가 필요한 윤

곽선을 판단 할 수 있다.

$$0 < Threshold_1 < Edge < Threshold_2 < 255 \quad (1)$$

식(1)과 같이 *Threshold_1*보다 작은 윤곽선 값은 평탄한 영역이라 판단되어서 굳이 선명도를 향상하지 않아도 되는 부분이고 *Threshold_2*보다 큰 윤곽선 값은 이미 선명한 윤곽선이기 때문에 이 영역에 윤곽선을 강조한다면 ringing 현상과 같은 부작용이 발생할 수 있다고 판단되는 영역이다. 그러므로 두 개의 임계 값 내부의 윤곽선들만 강조가 필요한 윤곽선이라 판단한다.

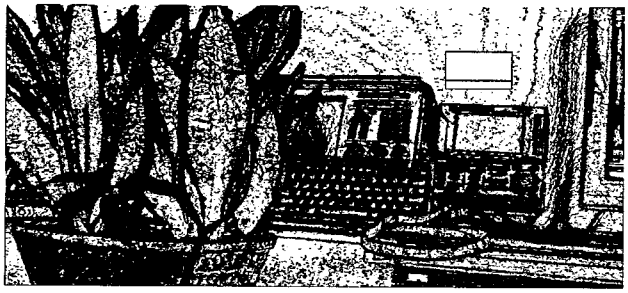


그림 4. 윤곽선 강조를 위한 윤곽선
Fig. 4. Edges for edge enhancement

그림 4는 식(1)의 수행 결과를 나타낸 그림이다. 전체 검출된 윤곽선 중에서 식(1)을 만족하는 영역은 '0'으로 판단하고 그렇지 않은 영역은 '1'로 판단한다. 즉 '0'으로 판단된 검은색 부분은 윤곽선 강조가 필요한 부분이고 '1'로 판단된 흰색 부분은 평탄한 영역이거나 이미 선명한 영역이기 때문에 윤곽선 강조가 필요하지 않는 영역이다. 판단된 윤곽선 정보는 '0' 또는 '1'의 값을 가지기 때문에 기존의 윤곽선 정보가 갖던 0~255의 8비트 신호를 2진 연산이 가능한 1비트 신호로 고려할 수 있도록 해서 하드웨어 설계 시 시스템의 부담을 줄일 수 있도록 하였다.

2.3 판단된 윤곽선의 특성에 따른 분류

앞서 과정에서 판단된 윤곽선 강조가 필요한 윤곽선들 중에서도 윤곽선의 특성을 파악하여 상대적으로 강한 윤곽선과 약한 윤곽선으로 분류한다. 분류된 윤곽선은 각각의 특성에 따른 강조 값을 독립적으로 적용함으로써 이미지의 윤곽선 강조의 결과를 더욱 향상시킬 수 있다.

$$Weak\ Edge = Threshold_1 < Edge < Specific_Threshold \quad (2)$$

$$Strong\ Edge = Specific_Threshold < Edge < Threshold_2 \quad (3)$$

식(2)와 식(3)은 판단된 윤곽선을 특성별로 분류하기 위한 조건을 나타낸 식이다. 본 논문에서는 윤곽선 강조를 위해

판단된 윤곽선 판단 조건에 하나의 임계값의 추가함으로써 다시 두 가지로 분류할 수 있다. 즉, 식(2)와 같이 검출된 윤곽선의 값이 *Threshold_1*보다 크지만 *Specific_Threshold* 보다 작은 값이기 때문에 상대적으로 약한 *'Weak edge'*로 분류하고, *Specific_Threshold* 보다 큰 값이지만 *Threshold_2*보다 작은 값이기 때문에 상대적으로 강한 *'Strong edge'*로 분류하였다. 이와 같이 두 분류로 분류된 윤곽선 영역의 특성에 따라서 특성에 맞는 강조 값을 독립적으로 적용함으로써 더욱 향상된 윤곽선 강조 결과를 얻을 수 있도록 하였다.

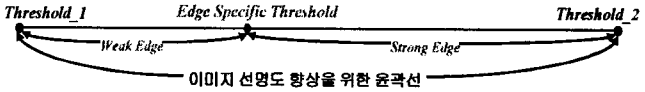


그림 5. 윤곽선 분류를 위한 임계값
Fig. 5. Threshold values for edge grouping

그림 5는 본 논문에서 제안하는 윤곽선 분류를 위한 임계값들의 전체적인 위치를 나타내고 있다. 각각의 임계값들은 다양한 이미지의 테스트를 통해서 판단되었으며, 모두 조정 가능하게 설계하여서 추후 하드웨어 설계를 통해 실제 카메라 센서에 적용해서 테스트를 할 경우 적절한 값을 위해 조정할 수 있도록 설계하였다.

2.4 Isolated edge 제거

윤곽선 강조를 위해 판단된 윤곽선 중에서 이미지 내부객체의 윤곽선이 아니라 평탄한 영역에 잡티와 같은 형태로 윤곽선이 남아있는 경우가 발생하게 된다. 이를 Isolated edge라 하고 이 영역에 대한 처리 없이 윤곽선을 강조한다면 최종 이미지의 결과에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 2.2절에서 판단되었던 윤곽선 강조가 필요한 윤곽선 중에서 Isolated edge를 제거하기 위한 방법을 제안하였다.

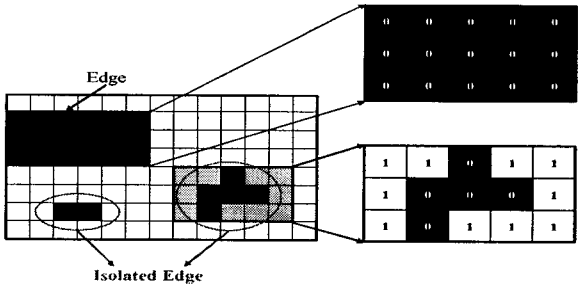


그림 6. Isolated edge 제거를 위한 마스크 적용
Fig. 6. Application mask to remove isolated edge

그림 6은 본 논문에서 제안한 Isolated edge를 제거하기 위한 3x5 마스크의 적용을 도시화 하고 있다.

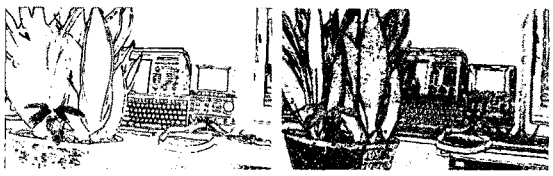
$$Isolated\ Edge = 3x5\ Mask\ 내부\ 합 > Threshold \quad (4)$$

식(4)는 3x5 마스크를 이용해서 Isolated edge를 제거하기 위한 수식을 나타내고 있다. 판단하는 영역이 2진수의 영역이기 때문에 3x5 마스크 내부의 합은 최댓값 '15'에서부터 최솟값 '0'을 가진다. 즉 마스크 내부의 합이 '0'이라면 평탄한 영역이 되고 '15'라면 강조가 필요한 윤곽선 영역이다.

Isolated edge는 객체가 가지는 윤곽선과 달리 이어져 있지 못하고 주변의 평탄한 영역으로 인해 마스크내부의 합이 그림6에서와 같이 일정 값 이상을 가진다. 그러므로 Isolated edge 제거를 위한 임계값을 정해놓고 마스크 중심 값이 '0'으로 강조가 필요한 윤곽선이지만 마스크 내부의 합이 임계값보다 크다면 이는 Isolated edge라 판단해서 '0'이였던 마스크 중심 값을 '1'로 바꿔준다. 이때 *threshold*의 값이 '15'에 가까워질수록 Isolated edge의 제거율은 떨어지지만 윤곽선 강조를 위해 판단된 윤곽선들의 손실을 줄일 수 있게 되고, 반대로 *threshold*의 값이 '0'에 가까워지면 Isolated edge의 제거율은 높아지지만 그만큼 강조를 위해 판단된 윤곽선들의 손실도 높아진다. 이런 Isolated Edge Mask의 특성과 추후 적용될 카메라 센서의 특성을 잘 파악해서 적절한 *threshold*값을 정하는 것이 중요하다. 그리고 굳이 3x5 마스크를 사용하는 이유는 하드웨어 설계 시 시스템을 간략화 하는 동시에 처리하는 정보는 많이 처리할 수 있도록 하기 위해서이다. 즉, 하드웨어 설계 시 사용되는 라인메모리는 2라인만을 사용하는 반면에 버퍼 메모리 사용량을 늘림으로써 3x3 마스크보다는 더 많은 데이터를 고려할 수 있고, 5x5 마스크보다는 간단한 시스템으로 고려될 수 있도록 하였다. 그리고 3x5 이상으로 버퍼메모리를 사용했을 경우 마스크의 형태가 가로와 세로의 차이가 커져서 isolated edge를 검출하는데 용이하지 않다고 판단하여 3x5 마스크를 사용하도록 하였다.

2.5 최종 분류된 강조가 필요한 윤곽선 생성

앞서 2.1절에서 2.4절 까지 과정에서 수행하였던 판단된 윤곽선들의 특성을 파악해서 분류한 strong edge와 weak edge, 그리고 isolated edge가 제거된 edge정보를 조합해서 최종적으로 윤곽선 강조를 위한 윤곽선을 생성한다.



(a) (b)

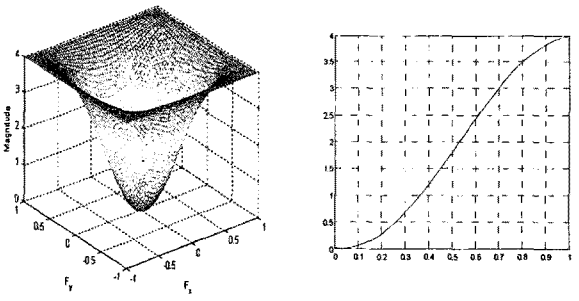
그림 7. 윤곽선 강조를 위해 최종 분류된 윤곽선
Fig. 7. Application mask to remove isolated edge

그림 7은 앞서 과정을 거친 윤곽선 강조를 위해 최종적으로 판단된 윤곽선 정보이다. 그림 7의 (a)는 윤곽선 강조가 필요한 Isolated edge가 제거된 strong edge이고, (b)는 윤곽선 강조가 필요한 Isolated edge가 제거된 weak edge이다.

Ⅲ. 검출된 윤곽선들의 윤곽선 강조

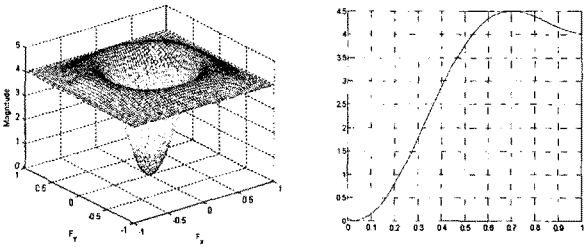
3.1 2D High Pass Filter 적용

이미지의 윤곽선 강조를 위해서 2D HPF를 적용한다. 이미지의 휘도성분에 2D HPF를 적용하면 평탄한 부분인 저주파 영역은 제거되고, 윤곽선 영역인 고주파 영역만 남아있게 된다. 이와 같이 filter가 적용된 이미지를 원래 이미지에 재 적용하게 되면 윤곽선 부분에만 값이 적용되어서 윤곽선만 강조된 결과를 얻을 수 있다[5]. 이러한 원리를 이용하여 본 논문에서는 앞서 과정에서 검출한 Strong edge와 Weak edge 각각의 윤곽선에 서로 다른 2D HPF를 적용한다. 전체 윤곽선에 동일한 2D HPF를 적용한다면 윤곽선의 특성에 따라서 강조되는 정도의 편차가 발생하게 된다. 즉, 강한 윤곽선을 적절하게 강조하기 위해서 filter gain이 적은 2D HPF를 사용한다면 상대적으로 약한 윤곽선을 강조 정도가 적게 되어서 선명도 향상에 적절하지 못한 결과가 나타나고 그렇다고 약한 윤곽선을 강조하기 위해서 filter gain이 큰 2D HPF를 사용해서 전체 강조정도를 높이다 보면 강한 윤곽선의 강조정도가 매우 커져서 매우 강한 윤곽선은 bypass 했음에도 불구하고 강조된 영역에 휘도 값이 포화되어서 ringing 현상과 같은 부작용이 발생할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 윤곽선의 정도에 따라서 Strong edge와 Weak edge 두 종류로 윤곽선을 분류하고 각각의 영역에 서로 다른 filter gain을 갖는 2D HPF를 적용해서 Strong edge와 Weak edge에 적절한 강조 값을 적용할 수 있도록 하였다[6].



(a) (b)

그림 8. 강한 윤곽선의 강조를 위한 2D HPF
Fig. 8. 2D HPF for strong edge enhancement



(a) (b)

그림 9. 약한 윤곽선의 강조를 위한 2D HPF
Fig. 9. 2D HPF for weak edge enhancement

그림 8과 그림9는 윤곽선 강조를 위해 적용 될 gain이 서로 다른 2종류의 2D HPF를 나타내고 있다. 각 그림의 (a)는 2D HPF의 전체적인 주파수 특성을 입체적으로 나타내고 있고 (b)는 주파수 특성을 1차원으로 나타내었다. 강한 윤곽선에는 그림과 같이 그림 9의 2D HPF와 비교했을 때 상대적으로 필터의 gain이 작은 것을 적용하고 약한 윤곽선에는 그림 8의 2D HPF와 비교했을 때 상대적으로 필터의 gain이 큰 것을 적용하도록 하였다. 즉 본 논문에서 제안된 방법으로 2개의 gain이 서로 다른 2D HPF를 독립적으로 적용함으로써 강한 윤곽선 영역과 약한 윤곽선 영역에 강조정도를 독립적으로 조정 할 수 있도록 하였다. 즉 약한 윤곽선의 강조정도를 강한 윤곽선의 강조정도보다 더 많이 적용을 함으로써 이미지의 전체 윤곽선이 고루 강조가 될 수 있게 해서 기존의 윤곽선의 특성에 대한 고려 없이 이미지 전체에 동일한 강조에 의해서 발생하는 문제점을 해결 할 수 있도록 하였다.

3.2 1D Curve 적용

본 논문에서는 윤곽선의 특성에 따라 각각 독립적인 2D HPF를 적용해서 전체 윤곽선의 강조 정도의 편차를 줄일 수 있도록 하였다. 하지만 더욱 향상된 윤곽선 강조 결과를 위해서 필터 적용후의 값을 윤곽선의 특성에 따라서 재분류해서 각각의 특성에 따라 값을 재조정할 수 있도록 1D curve를 적용하였다. 1D curve를 적용하기 위한 영역의 분할은 다음과 같다. 강한 윤곽선에서의 필터 적용 결과가 양(+)인 경우, 강한 윤곽선에서의 필터 적용 결과가 음(-)인 경우, 약한 윤곽선에서의 필터 적용 결과가 양(+)인 경우, 약한 윤곽선에서의 필터 적용 결과가 음(-)인 경우, 총 4가지로써 각각의 영역에 서로 다른 1D curve를 적용하였다.

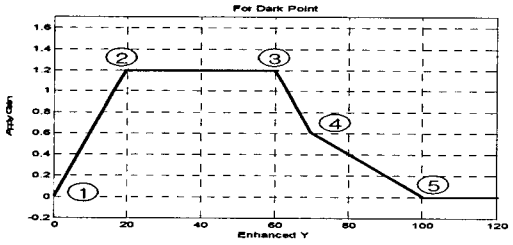


그림 10. 윤곽선 강조 값 조정을 위한 1D Curve
Fig. 10. 1D Curve for control a value of edge enhancement

그림 10은 2D HPF 적용 후 생성된 윤곽선 강조 값을 재조정 할 수 있도록 하는 1D curve의 예를 나타내고 있다. curve의 X축은 2D HPF 적용 후 각각의 해당 윤곽선에 적용될 선명도 향상을 위한 강조 값을 나타내고 있고 curve의 Y축은 2D HPF 적용 후 성명도 향상을 위한 강조 정도의 범위에 따라 재조정될 gain의 변화정도를 나타내고 있다. 그림 10을 예를 든다면, 윤곽선에 적용될 값이 '0~20' 사이의 값인 경우 재조정을 위해 적용되는 gain은 ①부터 ②까지의 직선의 방정식에 따라 선형적으로 해당 윤곽선에 적용된다. 즉, 필터 적용 후 해당 윤곽선에 적용되는 값이 +20이라면 curve의 재조정 gain인 1.2를 재적용해서 최종적으로 해당 윤곽선에는 +24의 값이 적용되는 것이다. 나머지 구간도 모두 동일한 과정을 거쳐서 각각의 윤곽선에 적용 되는 값들을 재조정해서 적용할 수 있도록 하였다. 구간 ③에서 ⑤사이에 구간④가 있는 이유는 알고리즘을 하드웨어로 구현 했을 때, curve에 의한 값을 원본 이미지에 적용하는 과정에서 발생할 수 있는 불연속점에 대한 부작용을 최소화 할 수 있도록 하기 위함이다. 각 조건에 따라서 총 4개의 1D curve가 있으며 curve를 이루는 각각의 변수들은 모두 조정 가능하도록 하여서 해당 영역의 가장 적절한 curve를 각각 독립적으로 설정 할 수 있도록 하였다.

3.3 해당 윤곽선에 강조된 값 적용

2D HPF와 1D curve를 모두 적용된 윤곽선 강조 값은 원본 이미지의 휘도성분의 해당 영역에 적용되어 최종적으로 선명도 향상된 결과를 얻을 수 있다. 하지만 앞서 과정을 통해 생성된 윤곽선 강조 값이 입력이미지에 적용 될 때 입력이미지의 휘도성분에 따라서 강조 값의 적용 비율을 조정해서 적용할 수 있도록 하였다. 즉, 윤곽선에 적용될 동일한 강조 값이라도 휘도 값이 큰 픽셀에 적용하는 것과 휘도 값이 작은 픽셀에 적용 했을 때 사람이 느끼는 휘도 값의 변화량은 휘도 값이 큰 영역에서 변화량이 더 크게 느끼게 되는 특성을 관찰 할 수 있었다. 그러므로 본 논문에서는 휘도 값이 일정 값 이상으로 큰 경우에는 윤곽선 강조를 위해 적용되는 값의 정도를 조정하였다. 입력이미지의 휘도 성분에 적용하기 위한 윤곽선 강조 값의 적용조건은 다음과 같다. 입력이미지의 휘도가 임계값 보다 크고 윤곽선 강조를 위한 값이 양(+)인 경우와 입력 이미지의 휘도가 임계값 보다 크고 윤곽선 강조를 위한 값이 음(-)인 경우 각각의 해당 픽셀에는 윤곽선 강조를 위해 생성된 값의 25%만 적용하도록 하였으며 나머지 경우에서는 100% 적용하도록 하였다. 각각의 조건에 언급되는 임계값은 서로 다른 값을 의미하며 생성된 값의 25%만 적용하는 이유는 하드웨어 설계 시 비트 시프트 연산만으로 이 과정을 수행할 수 있기 때문이다. 그리고 상대적으로 작은 값의 변화를 적용하기 위해서 선형적인 curve를 적용하거나 비트 시프트 연산을 할 수 없는 값을 적용하는 것은 결과 값에는 큰 차이가 없지만 결과적으로 하드웨어 자원을 낭비하는 결과가 될 것이다.

Ⅳ. Simulation 결과

그림 11. 원본 이미지
Fig. 11. Original Image

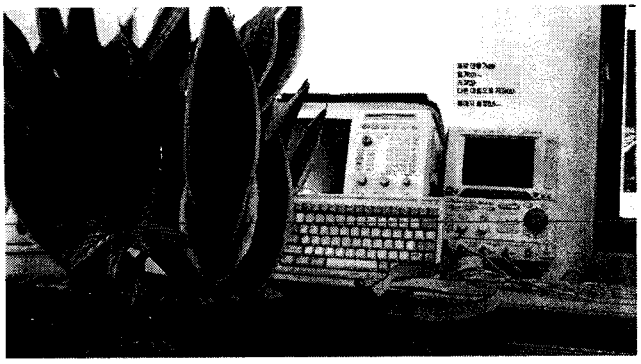


그림 12. 윤곽선 강조된 결과 이미지
Fig. 12. Edge enhancement result image

그림 11은 simulation을 위한 테스트 이미지이고 그림 12는 제안된 알고리즘을 적용한 결과이미지이다. 다양한 윤곽선을 테스트하기 위해 그림 우측 상단부의 매우 강한 윤곽선부터 평탄한 윤곽선 까지 다양한 윤곽선을 테스트 할 수 있도록 하였다.

본 논문에서 제안된 윤곽선 강조 방법과 원본 이미지와의 객관적인 결과 비교를 위해 테스트 이미지의 붉은 선이 있는 구간의 휘도 값의 변화량을 관찰하였다.

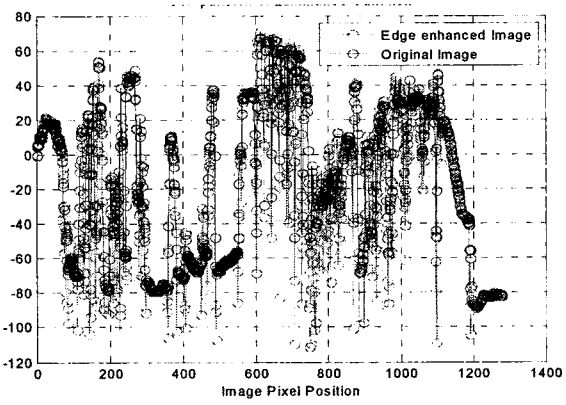
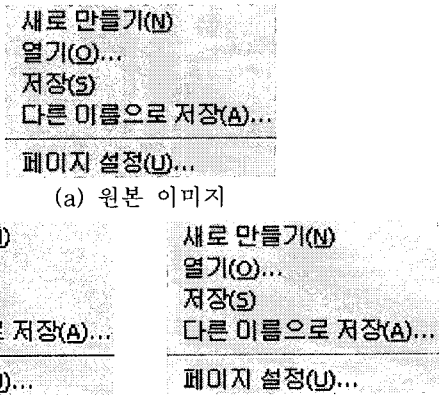


그림 13. 원본이미지와 윤곽선 강조 후의 휘도 비교
Fig. 13. Comparison of luminance with original image and edge enhanced image

그림 13은 그림 11과 12의 붉은 색 영역의 휘도 변화량을 그래프로 나타낸 그림이며 8bit Y level에서 offset을 '0'으로 했을 때 휘도 값의 변화량을 나타내고 있다. 그래프에서 파란색 영역이 원본이미지의 휘도 값이고 붉은색 영역이 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용한 결과이미지의 휘도 값이다. 윤곽선의 증가 폭이 다양한 형태로 증가 되어 있으므로 모든 윤곽선에 동일한 값이 적용된 것이 아니라 선택적으로 적용해서 윤곽선 강조가 이루어졌다는 것을 알 수 있고, 윤곽선 강조에 의해 휘도 값이 어두워지는 영역에 대해서는 휘도 값의 변화량이 뚜렷하게 나타지만 밝은 영역에 대해서는 변화량에 따른 민감도에 따라서 적용 량이 조절 되었다는 것을 확인 할 수 있다.



(a) 원본 이미지

(b) 기존 윤곽선 강조 결과 (c) 제안된 윤곽선 강조 결과

그림 14. 선명한 윤곽선의 윤곽선 강조 수행결과 비교
Fig. 14. Comparison of enhancement result at strong edge

그림 14는 기존 알고리즘의 윤곽선의 특성과 관계없이 모든 영역의 윤곽선 강조에 의해 발생하는 ringing현상과 동일한 영역을 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용했을 경우의 결과비교를 나타내고 있다. (a)는 테스트에 사용되는 원본 이미지를 나타내며, 매우 강한 윤곽선을 갖는 이미지를 사용하였다. (b)는 기존의 윤곽선 강조 방법을 사용했을 때의 결과이며 윤곽선의 특성을 고려하지 않고 전체 영역에 동일한 2D HPF를 적용했을 경우 발생하는 ringing 현상으로 인한 부작용을 나타내고 있다. 고주파 영역을 고려하지 않고 강조되었으므로 휘도 값이 포화되어서 나타나는 현상이다. Ringing 현상은 윤곽선 강조 과정에서 나타나는 대표적인 부작용으로서 본 논문에서는 ringing 현상을 최소화 할 수 있도록 제안하였다. (c)는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 동일한 이미지에 적용한 결과이다. 본 논문에서 제안된 윤곽선의 특성 판단 방법으로 그림 14의 테스트 이미지는 매우 강한 윤곽선이라고 판단되어서 이미 충분히 선명도가 높다고 판단되어 2D HPF가 적용되지 않고 bypass되는 결과를 얻을 수 있었다. 그러므로 기존 방법과 비교했을 때, 강한 윤곽선의 강조에 의한 ringing현상과 같은 문제점을 해결할 수 있었고 그림 12와 같이 전체적으로 이미지의 선명도가 자연스럽게 강조된 결과를 얻을 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 이미지의 선명도 향상을 위한 윤곽선 강조방법에 대해 언급하였다. 윤곽선이 갖는 선명도에 따른 특성을 판단해서 윤곽선 강조가 필요한 부분과 필요 없는 부분으로 분류하고 윤곽선 강조가 필요한 윤곽선에 서로다른 특성을 갖는 2D HPF를 독립적으로 적용하였다. 2D HPF 적용 후에도 윤곽선이 갖는 특성과 필터 적용 후의 값을 이용해 영역을 더욱 세분화 하여 각 영역에 적절한

강조 정도를 위해 1D curve를 적용하였다. 원본이미지에 최종 생성된 윤곽선 강조 값을 적용할 때에도 원본이미지의 임계값보다 큰 휘도성분이 갖는 윤곽선 강조 값에 민감한 특성을 고려한 강조 값을 적용함에 따라서 보다 향상된 이미지의 선명도 향상 결과를 얻을 수 있도록 하였다. 또한, 본 논문에서 제안한 알고리즘의 효율적인 하드웨어 설계를 위하여 복잡한 수학식의 연산은 배제하였으며 하드웨어 사이즈를 크게 하지 않는 범위 내에서 알고리즘을 수행하기 위해 알고리즘 수행에 필요한 영상의 정보는 최대한 많이 사용할 수 있도록 하였다.

본 논문에서 제안한 알고리즘을 일반 영상에 적용하여 simulation한 결과 원본이미지와 비교해서 상당히 개선된 선명도 향상 결과를 얻을 수 있었으며 원본이미지와 윤곽선 강조 알고리즘 수행 결과이미지의 휘도 값이 변화의 비교를 통해서 각 과정의 수행결과를 확인할 수 있었다. 그리고 기존의 윤곽선 강조 방법에서 나타나는 강한 윤곽선 주변의 ringing현상과 더불어 윤곽선의 강조가 필요 없는 영역에서의 강조로 인한 부작용 등 여러 가지 부작용들도 개선된 결과를 얻을 수 있었다. 금후 본 논문에서 제안한 윤곽선 강조 알고리즘을 하드웨어로 구현하고 이를 실제 모바일 폰 카메라의 카메라 센서에 적용하여 센서로부터 입력되어서 처리되는 영상이 가장 적절한 윤곽선 강조 값을 가질 수 있도록 각각의 과정에서 조정 가능한 임계값과 4개의 1D curve의 변수 값의 조정에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 임정욱, 이성목, 곽부동, 최원태, 강봉순, "영상의 Edge 특성 파악 및 적응형 필터를 기반으로 하는 Portable Application을 위한 선명도 향상 알고리즘," 대한전자공학회 2007년도 하계종합학술대회 논문집, 제30권, 제1호, pp. 777-778, Jul. 2007.

[2] Li Huan, Gao jun, Liu Dong C, "Adaptive Edge Enhancement of the Ultrasound Image," Image and Graphics, 2007. ICIG 2007. Fourth International Conference, Vol. 22, no. 24, pp. 86-91, Aug. 2007.

[3] Sindoukas D, Laskaris N, Fotopoulos S, "Algorithms for color image edge enhancement using potential functions," IEEE Journal of Signal Processing Letters, Vol. 4, no. 9, pp. 269-272, Sep. 1997.

[4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins, Digital Image Processing using MATLAB, pearson Prentice Hall, pp. 334-377, 2004.

[5] Tang K, Astola J, Neuvo Y, "Multichannel edge enhancement in color image processing," Circuits and Systems for Video Technology IEEE Transactions on, Vol. 4, no. 5, pp. 468-479, Oct.1994.

[6] Gasparini F, Corchs S, Schettini R, "Adaptive edge enhancement using a neurodynamical model of visual attention," Image Processing, 2005, ICIP 2005, IEEE International Conference on, Vol. 3, no. 11, pp. III-972-5, Sep. 2005.

김 경 린(Kyungrin Kim)

2007년 2월 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자공학과(공학사)
2007년 3월 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 석사과정
관심분야 : VLSI algorithm/architecture design, image/video processing and wireless communication

최 원 태 (Wontae Choi)

1986년 8월 경북대학교 전자공학과(공학사)
1994년 8월 포항공과대학교 전자공학과(공학석사)
1986년 ~ 1991년 삼성전자 반도체 선임연구원
1998년 ~ 현재 삼성전기 중앙연구소 수석연구원
관심분야 : Camera module for mobile phone

강 봉 순 (Bongsoon Kang)

1985년 연세대학교 전자공학과(공학사)
1987년 미국 펜실베니아 대학교 전기공학과(공학석사)
1990년 미국 드렉셀 대학교 전기 및 컴퓨터공학과(공학박사)
1989년 ~ 1999년 삼성전자 반도체 수석연구원
1999년 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 부교수
2006년 ~ 현재 동아대학교 멀티미디어 연구센터 소장
2006년 ~ 현재 2단계 BK21 사업팀장
관심분야 : 멀티미디어 플랫폼 설계, 이미지처리, 영상신호처리, SoC/VLSI/ASIC설계