

수정된 디지털 이미지에서 기하학적 변형 및 필터링 변형 영역을 식별하는 기법

황민구^{*}, 조병주^{**}, 하동환^{***}

요 약

최근에 디지털 이미지는 광고주나 이미지 편집자들에 의해 극단적으로 수정되는 경우가 많다. 또한 일반인들도 간단한 편집 프로그램을 통해 원본 이미지를 수정함으로써 사진을 조작하곤 한다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 수정된 이미지에 대한 식별 및 분석 방법을 제안하고자 한다. 수정 이미지 분석에는 크게 기하학적 변형(geometric changes)과 필터링 변형(filtering change)으로 나누었다. 이러한 변형에는 항상 보간법을 기반으로 한 알고리즘을 내포하고 있기 때문에 보간의 흔적을 분석할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 그 방법으로 minimum 필터와 laplacian 연산 그리고 maximum 필터를 이용한 보간 검출 맵을 구현하였으며, 실제로 수정된 이미지에 제안하는 알고리즘을 적용하여 변형된 흔적을 검출 맵을 통해 분석할 수 있었다.

Identification Method of Geometric and Filtering Change Regions in Modified Digital Images

Min-Gu Hwang^{*}, Byung-Joo Cho^{**}, Dong-Hwan Har^{***}

ABSTRACT

Recently, digital images are extremely forged by editors or advertisers. Also, amateurs can modify images throughout easy editing programs. In this study, we propose identification and analytical methods for the modified images to figure out those problems. In modified image analysis, we classify two parts: a filtering change and a geometric change. Those changes have an algorithm based on interpolation so that we propose the algorithm which is able to analyze a trace on a modified area. With this algorithm, we implement a detection map of interpolation using minimum filter, laplacian algorithm, and maximum filter. We apply the proposed algorithm to modified image and are able to analyze its modified trace using the detection map.

Key words: Digital image(디지털 이미지), Modified image(수정된 이미지), Forged image(위·변조 이미지), Geometric change(기하학적 변형), Image filtering(이미지 필터링), Interpolation(보간)

※ 교신저자(Corresponding Author): 하동환, 주소: 서울시 동작구 흑석동 중앙대학교 221 아트센터 803호(156-756), 전화: 02)820-5749, FAX: 02)817-0979, E-mail: dhhar@cau.ac.kr
접수일: 2012년 8월 8일, 수정일: 2012년 8월 31일
완료일: 2012년 10월 17일

^{*} 준회원, 중앙대학교 첨단영상대학원
(E-mail: minku3607@nate.com)

^{**} 준회원, 중앙대학교 첨단영상대학원
(E-mail: agrow8@hotmail.com)

^{***} 정회원, 중앙대학교 첨단영상대학원

※ 본 논문은 2012년도 중앙대학교 성적우수장학금의 지원에 의하여 작성되었음.

1. 서론

최근 들어 광고, 패션, 건강 잡지등과 같은 매체는 소비자의 충족을 만족시키기 위해서 촬영된 모델의 사진을 극단적으로 수정 하는 경우가 빈번히 발생하고 있다. 이러한 사진은 잡지 및 기타 매체에 메인 페이지에 실리게 되어 많은 사람들이 모델을 보며 동경심을 갖는다. 하지만 사진 속 모델의 완벽한 몸매와 아름다움은 실제 존재하지 않는 신체이며 단순히 편집을 통해서만 얻을 수 있는 거짓된 정보들이다. 반면 이를 알지 못하는 대부분의 소비층은 거짓 정보에 속아 있지 않은 사실을 진실로 믿고 결국 자신의 신체에 불만감을 느끼게 되어 불균형한 식생활 및 지나친 다이어트와 같은 건강상의 문제를 야기할 수 있다. 이 때문에 수정된 이미지와 인간의 심리적 만족도에 대한 다양한 연구들이 진행되고 있다[1-5]. 특히 미국의학협회(AMA: american medical association)에서는 최근 비현실적이고 과장된 신체 수정 이미지를 보는 사람은 건강한 신체에 대한 잘못된 환상이 유발되는 문제점을 갖고 있다고 지적하고 있다. E. Kee와 H. Farid는 [6]의 논문을 통해 이와 같은 문제가 되는 사진을 식별할 수 있는 연구를 진행하였다. 여기에는 알고리즘을 통한 수정 비율의 객관적인 수치와 사람이 지각하는 통계적 수치를 이용하여 둘의 상관관계를 비교하였다. 결과적으로 이 연구에서는 사람이 인지하는 수정 비율과 제안하는 객관적 분석 수치는 유사한 결과를 얻어 알고리즘의 타당성을 높여 수정된 사진에 대한 식별 가능성을 검증하였다. 하지만 이 연구의 전제 조건은 수정된 사진 외에 최초 원본이 있어야만 한다는 문제점을 갖고 있다. 즉, 객관적 수정 비율을 수치화하기 위해서는 원본 사진과의 대조를 통해 분석한다는 단점을 갖고 있어 원본 사진이 없을 경우 수정 비율을 검출하지 못한다. 또한 정확한 수정 영역이 아닌 전체적인 수정 적용 비율을 수치화하였기 때문에 정확한 수정 영역을 식별하는데 문제가 있다.

본 논문에서는 앞선 연구의 단점을 보완하기 위해서 원본 사진이 없이 수정된 이미지만을 이용한 수정 영역 검출 맵 구현을 목적으로 하고 있다. 이러한 연구를 위해 수정에 많이 사용되는 기하학적 변형(geometric changes)과 필터링 변형(filtering change)을 분석하였다. 기하학적 변형은 신체 일부분을 얇게

하거나 두껍게 만들어 이미지 자체의 형태를 변형하는 방법을 말한다. 이는 수정에 가장 많이 사용되는 종류로써 얼굴의 턱선, 팔, 다리의 두께, 눈의 크기 등을 조절하는데 사용된다. 필터링 변형은 일명 뽀사시 효과와 같이 피부의 질감을 바꾸거나 피사체의 특정 영역을 선명하게 만드는 등의 변형에 사용된다.

이와 같은 기하학적 변형이나 필터링 변형은 기존의 화소를 새로운 화소로 생성하는 일련의 과정을 거치면서 복합연산이 적용된다. 여기서 주목할 부분은 두 과정 모두 화소의 생성과정에 자연스러움을 주기위해 보간법(interpolation)이 적용된다는 것이다. 결과적으로 보간의 흔적을 정확히 찾을 수 있다면 두 변형의 형태를 역으로 유추할 수 있다.

이러한 보간의 영역을 검출하기 위해서 다양한 방법들이 연구되고 있다. Popescu, Farid는 인접한 화소들의 선형 조합을 이용하여 보간이 발생한 영역을 리샘플링된 1-D와 2-D 신호를 통해 정밀하게 검출할 수 있었다[7]. 이 리샘플링 신호들은 이웃한 화소들에 대한 상관관계를 분석할 수 있다. 이를 위해 이웃한 리샘플링 신호를 검출하는 방법 중 하나로 EM(expectation maximization) 알고리즘이 사용되었으며 그레이 스케일 이미지를 통한 통계적 방법도 사용되었다. 또한 이미지의 컬러를 무손실 또는 손실 압축에 사용되는 서로 다른 CFA(color filter array) 알고리즘에 의한 리샘플링 신호를 추적하는 연구도 있었다[8]. 하지만 이와 같은 방법은 보간 영역의 리샘플링 신호를 자동적으로 계산되지 않는 문제점과 1차 보간 외에 2차 이상의 보간이 적용된 보간 영역에는 리샘플링 신호에 대한 정확한 추정치를 측정하기 어려운 문제가 있다.

Kirchner, Gloe는 JPEG의 재 압축으로 발생하는 리샘플링 신호를 조사하였다. 이는 푸리에 스펙트럼을 통한 리샘플링 신호의 피크점을 이용하여 재 압축에 따른 신호의 특정 패턴을 검출 할 수 있었다[9]. 하지만 이미지 스케일링에 따른 제한 조건이 있으며 다운 샘플링에서는 적용이 불가능한 문제점이 있다.

Gallagher는 확대된 이미지에서 이차 미분의 분산 함수를 통해 선형(linear)과 입방형(cubic) 보간법의 신호 주기성을 검출하여 보간 여부를 구별하였다[10]. 이 주기성은 이차 미분으로부터 계산된 평균 신호의 주파수 변환을 통해 검출된다. 그러나 이 알고리즘은 디지털 확대 이미지에서 일어난 보간 계수 검출은

가능할 뿐, 특정 일부만이 위조된 경우에는 검출하지 못하는 문제점이 있다. 이에 대한 확장으로 Gallagher, Chen은 특정 일부만의 보간 유무를 판독하기 위하여 MLE(maximum likelihood estimation) 방법을 제안하였다[11]. 하지만 이 알고리즘은 분산 통계를 추정하기 위해서 여러 화소 샘플을 사용하기 때문에 64×64 이하의 보간 영역에서는 검출 정확도가 떨어지며 또한 다운 샘플링에서는 검출되지 않는 문제점을 갖고 있다.

Prasad와 Ramakrishnan은 Gallagher가 제안한 알고리즘과 유사한 방법을 통해 보간 발생 여부를 증명하였다[12]. 이 연구는 보간된 신호를 이차 미분으로 계산하여 보간의 흔적을 주기적인 패턴으로 분석하였다. 그러나 이 연구는 이진 영상 분석에만 적용되었기 때문에 이 외의 영상에서는 적용에 문제점이 있다.

Mahdian, Saic는 보간으로 발생하는 스케일링 계수, 회전각에 따른 신호를 공분산 구조(covariance structure)를 바탕으로 보간의 주기적 특성을 찾아냈다[13]. 이 연구는 보간 영역을 검출하기 위하여 128×128 화소 윈도우를 이용하여 필터링한 다음 공분산 구조에 따른 보간의 특성을 추출한다. 하지만 이 연구에서는 윈도우 사이즈가 고정되어 있기 때문에 실험 이미지에서 보간 발생한 영역이 윈도우 사이즈보다 작거나 윈도우 크기 내에 일부만 존재하는 경우에는 보간 발생 영역을 정확하게 검출하기 어렵다는 단점이 있다.

마지막으로 위와 같은 문제들을 해결하기 위하여 Song, Yun, Lee는 차분방정식과 DFT(discrete fourier transform)를 이용하여 이미지의 보간 계수를 수평, 수직, 대각선 방향으로 검출하는 연구를 진행하였다[14]. 이를 통해 보간법의 스케일링 계수에 따라 화소의 정보 변화를 검출 맵으로 구현하였다. 하지만 스케일링 계수를 찾기 위해 64×64 의 윈도우를 이용하여 이미지를 스캐닝 하였기 때문에 최종 결과 맵을 통해 보간의 영역이 명확하게 식별하기 어려운 문제점이 있다.

위와 같은 문제들을 해결하기 위해 M. K. Hwang와 D. H. Har는 re-interpolation 방법[15]을 고안하여 윈도우가 아닌 1화소 단위의 보간 검출 알고리즘을 적용하여 검출 맵의 기능을 강화 시켰다. 하지만 최종 검출 맵에 있어 비 보간 영역과 보간 영역의 식

별을 화소의 레벨 값으로 표현하였기 때문에 그 차가 분명하지 않은 이미지에서는 정확한 식별이 어려운 문제점이 존재한다. 특히 이 연구에서는 보간의 종류에 따라서 검출 맵의 레벨 값의 차이가 서로 상이하게 나타났다. 최근접 이웃 화소 보간법(nearest neighbor)의 보간이 들어간 보간 영역은 검출 맵에서 레벨 값의 차가 가장 크기 때문에 보간 영역을 식별하는데 문제가 없다. 하지만 양선형 보간법(bilinear)와 고등차수 보간법(bicubic)에서는 레벨 값의 차가 존재하지만 그 차가 크지 않아 식별에 문제가 된다. 여기서 이미지의 기하학적 변형이나 필터링 변형은 단순 연산을 이용한 최근접 이웃 화소 보간법을 사용하지 않고 양선형 보간법과 고등차수 보간법과 같은 복합 연산을 사용하기 때문에 두 보간의 흔적을 효과적으로 검출해야만 한다. 이 때문에 본 논문에서는 양선형 보간법과 고등차수 보간법으로 보간된 이미지를 보다 구체적으로 분석하여 수정된 영역 식별에 용이한 검출 맵을 구현하는데 목적이 있다. 이를 위해 우리는 비 보간 영역과 보간 영역의 차이를 극대화할 수 있는 방법으로 이미지에 화소 패턴에 변화(minimum 필터, median 필터)를 주었다. 즉, 보간이 적용된 영역과 그렇지 않은 영역에 동일한 화소 패턴 변화를 줌으로써 발생하는 각 성분을 분석하고 이를 다시 후처리함으로써 두 영역을 기존 연구 보다 더 명확히 분리할 수 있는 검출 맵으로 완성하였다. 결과적으로 이미지의 수정을 위해 사용되는 여러 포토샵 필터들이 보간 연산과 같은 과정을 거치기 때문에 제안하는 알고리즘을 적용하였을 때 필터링 영역을 효과적으로 검출할 수 있는지 분석하였다.

2. 이미지의 화소 변화에 따른 보간 영역과 비 보간 영역의 특성 비교

본 장에서는 합성에 사용된 보간의 흔적을 찾기 위해서 디지털 사진의 화소들에 변화를 주는 실험을 하였다. 이는 화소들의 패턴을 변화 시켰을 때 보간 영역과 비 보간 영역에서 발생하는 화소들의 조합의 차이를 확인하기 위해서다. 이 때 사용된 방법은 minimum 필터, median 필터이다. minimum 필터는 그림 1과 같이 입력이미지에 대해서 정해진 윈도우 사이즈 내의 화소 값들 중 가장 수치가 작은 값을 선택하여 이미지로 출력하는 필터이다. 또한 median

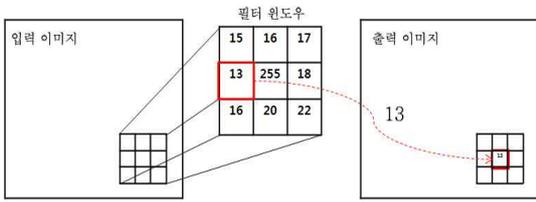


그림 1. minimum 필터의 알고리즘 원리

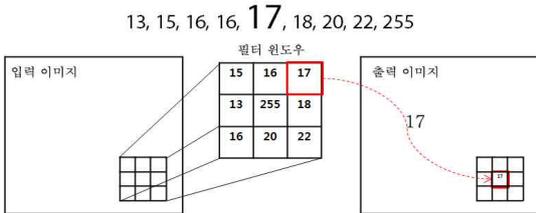


그림 2. median 필터의 알고리즘 원리

필터는 그림 2와 같이 윈도우 사이즈 내의 화소 값들의 배열순서 중 중간 순위의 화소 값을 이미지로 출력하는 필터이다. 이 두 필터들은 일정한 윈도우 사이즈 내의 화소 값들을 재 정렬하는 필터로써 이미지의 잡음 제거를 위한 블러링 필터(blurring filter)의 일종이다. minimum 필터의 식 (1)이며, median 필터의 식 (2)와 같다. 여기서 S_{xy} 는 입력 잡음 영상 g 의 $m \times n$ (행과 열의 수)를 나타낸다. S 의 아래 첨자들은 부영상이 좌표들 (x, y) 중앙으로 함을 나타내며, $\hat{f}(x, y)$ (f 의 추정)는 그 좌표들에서의 필터 응답을 나타낸다.

$$\hat{f}(x, y) = \min_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) \quad (1)$$

$$\hat{f}(x, y) = \text{median}_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) \quad (2)$$

실험을 위해서 그림 3과 같이 원본은 8×8 pixel 사이즈에 0, 126, 210의 밝기 값을 가진 격자 패턴을

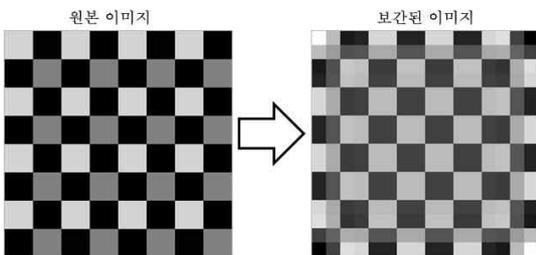


그림 3. 원본 격자 이미지 $f(x, y)$ 와 보간 적용(고등차수 보간법) 이미지 $f(x', y')$ 변환 예

만들고 임의로 각 보간법에 따라 패턴 이미지에 보간을 적용하였다.

다음으로 원본 이미지와 보간이 적용된 이미지에 minimum 필터, median 필터가 적용 되었을 때 두 영역에서 어떠한 차이가 있는지 확인하기 위해 그림 4와 같은 흐름도로 테스트 하였다. 이 때 앞에서 제안 하였던 re-interpolation 방법도 성능을 비교를 위해 함께 테스트 되었다. 즉, 원본 격자 이미지와 보간 적용 격자 이미지를 minimum 필터, median 필터와 기존 연구인 re-interpolation 방법[15]를 적용하여 차분 맵으로 구현하였다. 또한 원본 격자 이미지와 보간 적용 격자 이미지의 차분 맵을 통해서 그 성분에 차이가 어느 정도인지 확인하기 위해 각각의 이미지 평균(mean) 값의 차이를 수치화 하였다. 이는 최종 검출 맵에서 보간 영역과 비보간 영역간의 성분 차이를 확인할 수 있다. 결국 이 수치가 높을수록 두 성분 차이가 커지기 때문에 검출 맵에서 보간이 적용된 합성 영역을 더 명확히 구분할 수 있다고 할 수 있다.

이를 수식으로 표현하면 식 (3)에서 식 (6)과 같다. 보간이 없는 이미지에 그림 4와 같이 적용할 경우는 경우, $f_{re}(x, y)$ 는 re-interpolation 통해 검출된 맵(x_r, y_r 은 $1/N$ 만큼 보간하고 다시 N 만큼 보간하여 re-interpolation 이미지를 만든 상태[15]), $f_{mi}(x, y)$ 는 minimum 필터를 통해 검출된 맵, $f_{me}(x, y)$ 는 미디엄 필터를 통해 검출된 맵이다. 보간이 들어간 이미지에 그림 4와 같이 적용할 경우는 $\widetilde{f}_{re}(x, y)$, $\widetilde{f}_{mi}(x, y)$, $\widetilde{f}_{me}(x, y)$ 로 표현된다. 마지막으로 보간이 적용된 이미지와 그렇지 않은 이미지간의 검출 맵의 레벨을 비교하기 위해 각 검출 맵의 평균을 구하고 보간이 적용되지 않은 결과와 보간이 적용된 결과와의 차를 μ_p 로 출력하였다. 결과적으로 μ_p 의 값이 클수록 보간 영역의 식별이 용이해져 합성 영역을 검출하는데 효과적이라고 할 수 있다.

$$f_{re}(x, y) = \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \end{bmatrix} - f(x, y), \quad (3)$$

$$\widetilde{f}_{re}(x, y) = \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \end{bmatrix} - f(x', y')$$

$$f_{mi}(x, y) = \min_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) - f(x, y), \quad (4)$$

$$\widetilde{f}_{mi}(x, y) = \min_{(s,t) \in S_{xy}} g(s', t') - f(x', y')$$

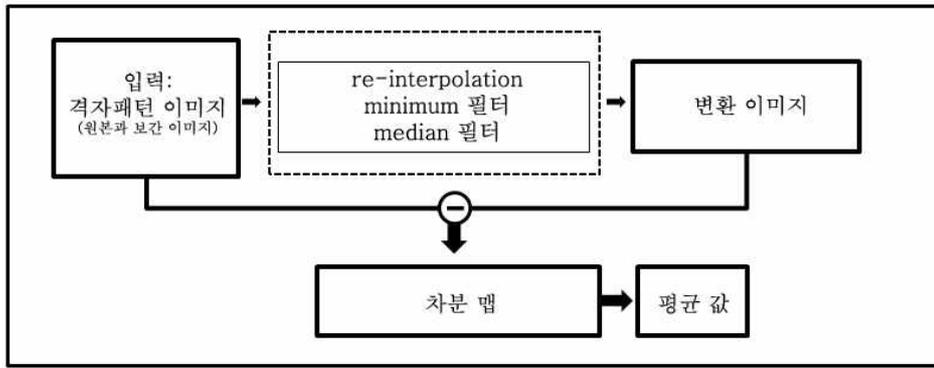


그림 4. 화소 패턴 변화를 확인하기 위한 실험 흐름도

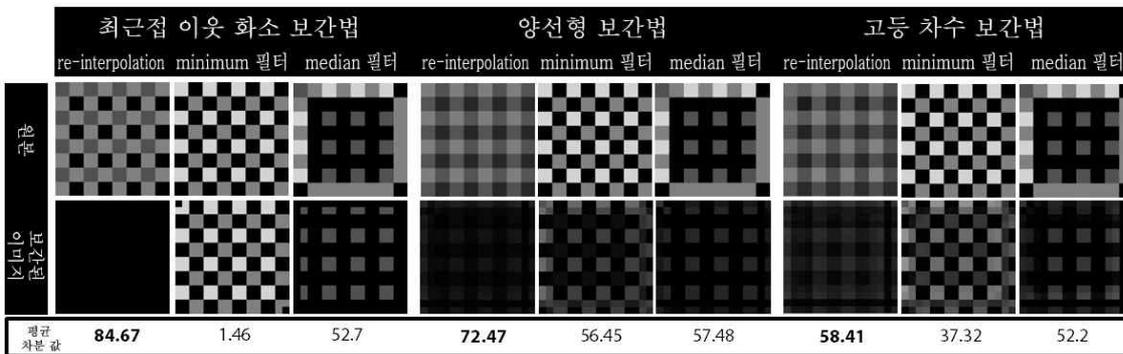


그림 5. 각 보간법과 re-interpolation, minimum 필터, median 필터에 따른 원본과 보간된 차분 맵 및 두 평균 값

$$f_{me}(x, y) = \underset{(s, t) \in S_y}{\text{median}} g(s, t) - f(x, y), \quad (5)$$

$$\widetilde{f}_{me}(x, y) = \underset{(s, t) \in S_y}{\text{median}} g(s', t') - f(x', y')$$

$$\mu_p = \frac{1}{NM} \left(\sum_{x=0}^{N-1} x + \sum_{y=0}^{M-1} y \right) - \frac{1}{NM} \left(\sum_{x'=0}^{N-1} x' + \sum_{y'=0}^{M-1} y' \right) \quad (6)$$

실험 결과 그림 5와 그림 6과 같이 re-interpolation 방법이 세 가지 보간법 중에서 평균 값의 차이가 가장 큰 것을 확인할 수 있었다. 특히 최근접 이웃 화소 보간에서 가장 큰 수치를 갖고 있다. 하지만 양선형 보간법, 고등차수 보간법과 같은 보간법에서는 그 수치가 작아져 최종 검출 맵을 통해 보간 영역을 식별하는데 문제가 있을 수 있다.

나머지 minimum 필터, median 필터의 경우는 보간의 종류와 상관없이 re-interpolation 보다 평균 값 차이가 작은 것을 알 수 있다. 여기까지의 실험을 통해 기존의 re-interpolation 방법이 본 연구에서 제안하고자 하는 화소 값의 재배열 필터보다 우수하다고 할 수 있다. 하지만 본 실험을 통해 양선형 보간법,

고등차수 보간법 안에 적용된 minimum 필터, median 필터의 경우 원본과 보간된 이미지의 검출 맵을 비교해 보면 두 영역에서 화소 패턴이 차이가 있다는 것을 확인할 수 있었다. 반면 re-interpolation의 경우는 패턴의 차이가 명확하지 않거나 밝기만 변한 것으로 확인되었다. 결과적으로 re-interpolation 방법은 양선형 보간법, 고등차수 보간법에서 두 영역간의 화

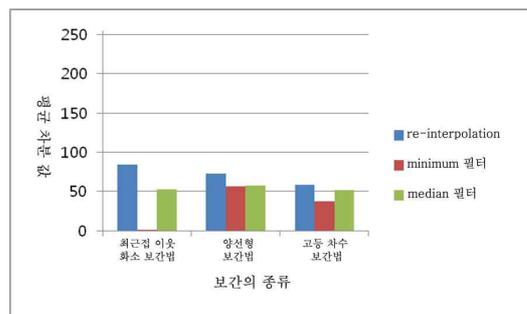


그림 6. re-interpolation, minimum 필터, median 필터를 적용한 차분 맵의 평균 값 그래프

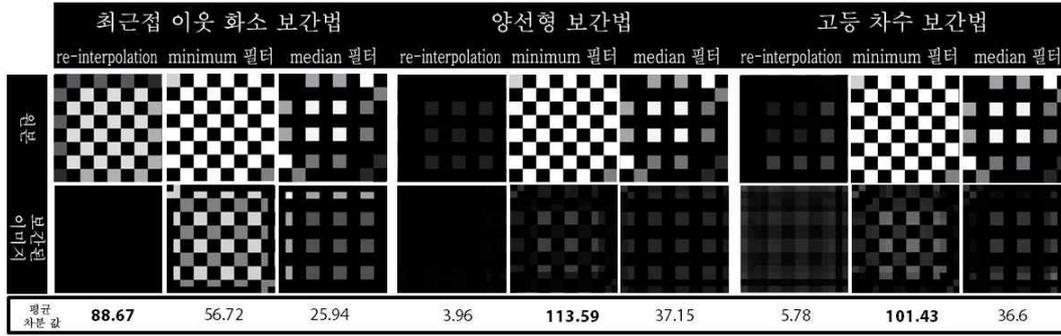


그림 7. 각 보간법과 re-interpolation, minimum 필터, median 필터에 따른 원본과 보간된 차분 맵에 laplacian 적용 결과

소 밝기 차이의 변화는 가장 크지만 화소 패턴의 변화는 작은 것을 알 수 있었다. 이 때문에 본 논문의 목적인 양선형 보간법, 고등차수 보간법으로 보간된 이미지에 대한 식별 능력을 상승 시킬 수 있는 방안으로 필터링된 두 영역의 차분 이미지의 화소 패턴 차이가 중요한 단서가 되었다.

3. laplacian 마스크를 이용한 화소 패턴 강조

위에서 언급한 것과 같이 minimum 필터, median 필터의 경우 화소의 양선형 보간법, 고등차수 보간법에서 패턴이 바뀌는 것을 명확하게 확인할 수 있었다. 본 장에서는 이 화소 패턴을 강조함으로써 비 보간 영역과 보간 영역의 평균 값의 차이를 극대화 할 수 있는 방안으로 laplacian 가장자리 검출 알고리즘을 적용하였다. laplacian 연산자는 대표적인 2차 미분 연산자로, 모든 방향의 가장자리를 강조하는 효과가 있다. 이 연산자를 사용한 이유는 화소들의 패턴이 바뀌면서 가장자리의 성분들도 바뀌었기 때문에 laplacian 연산을 통해 가장자리를 검출하면 비 보간 영역과 보간 영역에서의 가장자리 성분 차가 발생할 것이라는 가정에서 사용되었다. laplacian 연산은 식 (7)의 과정을 거쳐 얻을 수 있다.

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\delta^2 f(x, y)}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 f(x, y)}{\delta y^2} \quad (7)$$

$$\frac{\delta^2 f(x, y)}{\delta x^2} = f(x+1, y) - 2f(x, y) + f(x-1, y)$$

$$\frac{\delta^2 f(x, y)}{\delta y^2} = f(x, y+1) - 2f(x, y) + f(x, y-1)$$

$$\nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) - 2f(x, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) + f(x, y-1) + f(x, y+1) + f(x-1, y) + f(x+1, y)$$

$$f_{ip} = f_{mi} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

1차 미분의 회선 마스크에는 행과 열 방향의 회선 마스크가 있으나, 2차 미분의 laplacian 회선 마스크에는 행과 열 방향이 합쳐져 한 개만 존재한다. 이를 이용하여 laplacian 회선 마스크의 계수를 반전 시킨 식 (8)의 마스크를 만들어 그림 5에 적용하였다.

그 결과 그림 7과 그림 8의 결과를 얻을 수 있었다.

그림 7과 그림 8을 통해 알 수 있듯이 laplacian을 적용한 후 re-interpolation 알고리즘에서 최근접 이웃 화소 보간법은 처음과 유사한 평균 차 값을 볼 수 있었으나 양선형 보간법, 고등차수 보간법에서는 평균 차가 상당 부분 줄어든 것을 알 수 있었다. 반면 minimum 필터에서는 양선형 보간법, 고등차수 보간법에서 가장 높은 평균 차 값을 보여 laplacian을 적용 후 화소의 패턴 변화에 따른 가장자리의 차를 분명히 할 수 있다는 것을 확인 하였다. 더욱이 최초 최근접 이웃 화소 보간법의 평균 차 값 보다 수치가

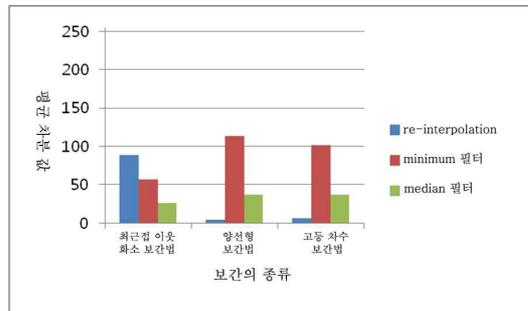


그림 8. re-interpolation, minimum 필터, median 필터를 적용한 차분 맵에 laplacian을 적용한 평균 값 그래프

높아진 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 최근접 이웃 화소 보간법으로 합성된 영역에서는 re-interpolation 알고리즘이 우수한 검출 맵을 구현할 수 있으며, 이외의 보간법으로 합성된 영역에서는 minimum 필터가 우수하다는 결론을 얻을 수 있었다.

4. maximum 필터를 통한 검출 성능 개선

본 논문에서는 minimum 필터를 사용하면 보간 영역 식별이 용이한 검출 맵으로 구현할 수 있다는 것을 위의 실험을 통해 검증하였다. 하지만 식별에 있어 비 보간 영역과 보간 영역간의 차를 더욱 분명히 하기 위해서 그림 9와 같은 maximum 필터를 사용하였다. 이 필터는 윈도우 사이즈 내에 가장 밝은 값을 출력하는 필터로써 평균 차 값을 이용하여 검출 맵을 구현하는 본 논문에 적용하게 되면 비 보간 영역과 보간 영역의 차를 극대화 시킬 수 있을 것이라 가정하였다. 이에 대한 수식은 식 (9)와 같다.

$$\hat{f}_r = \max_{(s,t) \in S_{ry}} g(s,t) \tag{9}$$

실제 이 필터를 laplacian 처리가 끝난 이미지에 적용하여 보면 그림 10, 그림 11과 같은 결과를 얻을

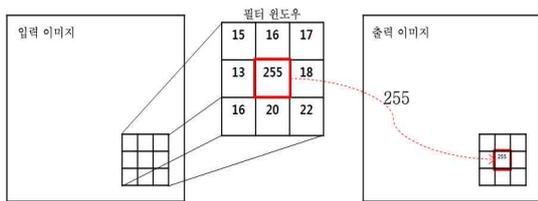


그림 9. maximum 필터 알고리즘

수 있다.

그림 10과 그림 11과 같이 평균 차 값이 200을 넘겨 그 차가 분명해 지는 것을 알 수 있었다. 특히 re-interpolation에서는 최근접 이웃 화소 보간법의 경우 그 값이 220을 넘기면서 최근접 이웃 화소 보간법으로 보간 되어진 합성 영역에서는 re-interpolation을 통해 정확하게 검출할 수 있음을 확인하였으며, 양선형 보간법과 고등차수 보간법에서는 minimum 필터에서 200에 가까운 수치를 보여, 기존 연구보다 더욱 효과적으로 보간 영역을 식별할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 특히 그림 10에서 확인할 수 있듯이 보간에 의한 합성이 이루어지지 않은 영역은 레벨 값이 높아 백색에 가깝고 반대로 보간에 의한 합성이 이루어진 부분에서는 레벨 값이 낮아 흑색에 가까운 결과를 보여주고 있다. 즉 최종 알고리즘을 적용 후 도출되는 검출 맵에서 밝은 부분은 원본 이미지이며, 어두운 부분은 합성 영역이라고 말

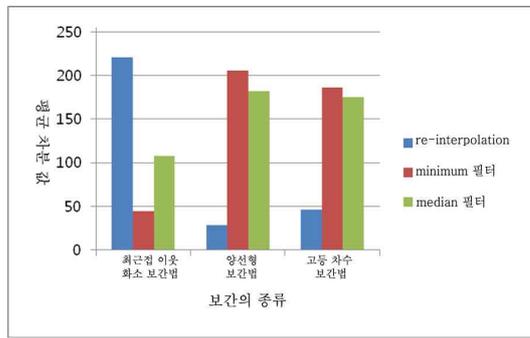


그림 11. re-interpolation, minimum 필터, median 필터를 적용한 차분 맵에 laplacian과 maximum 필터 적용 후 평균 값 그래프

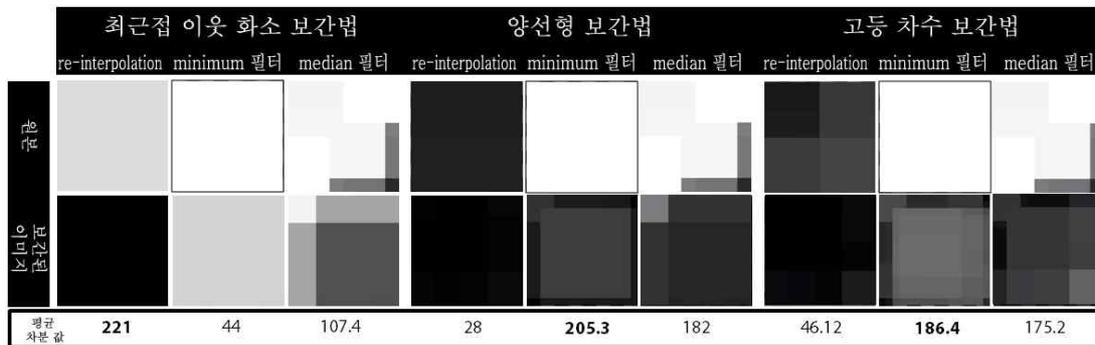


그림 10. 각 보간법과 re-interpolation, minimum 필터, median 필터에 따른 원본과 보간된 차분 맵에 laplacian 적용 결과 후 maximum 필터 적용

할 수 있다. 결과적으로 본 연구의 목적인 양선형 보간법과 고등차수 보간법으로 보간된 영역에 대한 식별 능력을 기존 연구 보다 높일 수 있는 알고리즘을 구축할 수 있었다.

5. 제안하는 알고리즘의 성능 결과 테스트

본 장에서는 실제 장면을 본 연구에서 제안하는 알고리즘을 적용하여 어떠한 결과가 나타나는지 그림 12와 같이 테스트하였다. 그 결과 비 보간 영역에서는 최종 maximum 필터를 적용하였을 때 화소 레벨이 255에 가까운 백색으로 표현되었으며, 보간 영역에서는 밝기 정보와 색정보가 비 보간 영역보다 작은 레벨 값을 갖고 있는 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 이 두 영역의 차이는 검출 맵을 통해 쉽

게 식별할 수 있다는 것을 증명할 수 있었다. 결과적으로 보간 영역을 검출하기 위한 알고리즘은 그림 13과 같으며, 식으로는 식 (10)에서 식 (12)와 같다.

$$f_{mi} = \min_{(s,t) \in Sxy} g(s',t') - f(x',y') \tag{10}$$

$$f_{ip} = f_{mi} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \tag{11}$$

$$f_{dm} = f_{ip} \max_{(s,t) \in Sxy} g(s'',t'') \tag{12}$$

6. 기하학적 변형을 가진 수정된 이미지 분석 결과

수정에 가장 많이 사용되는 것 중 하나는 얼굴 및 몸의 형태를 변형시키는 기하학적 변형이다. 이러한

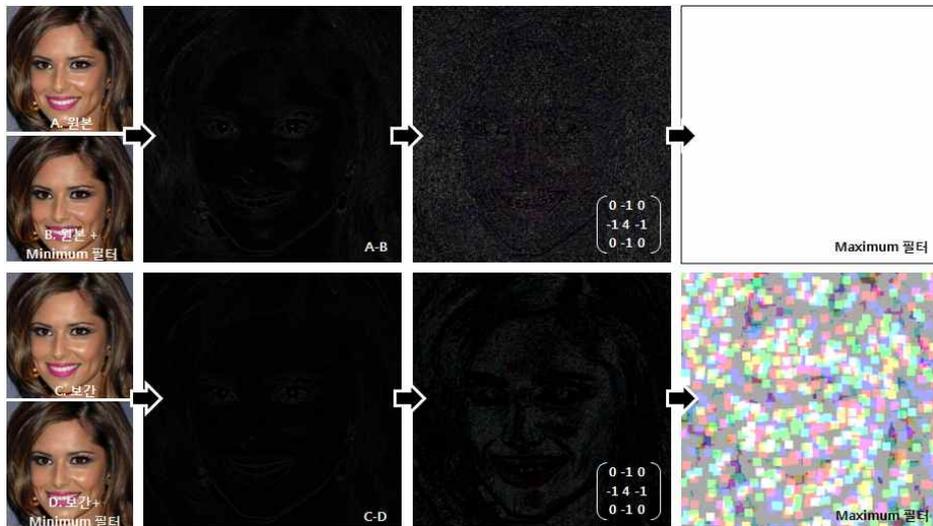


그림 12. 실제 장면을 이용한 두 영역간의 검출 맵의 결과 이미지 비교

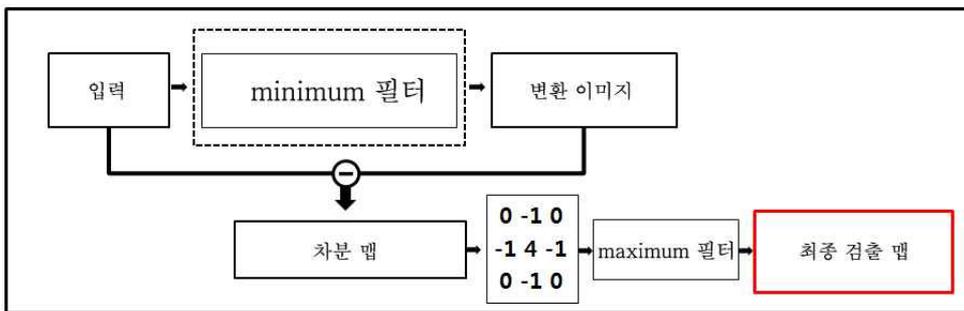


그림 13. 양선형 보간법과 고등 차수 보간법으로 보간된 이미지를 효과적으로 식별하기 위한 알고리즘 흐름도

편집은 대개 Adobe® Photoshop에 있는 liquify filter가 사용된다. 이 필터를 이용한 기하학적 변형에는 이미지의 자연스러운 편집을 위해 보간법이 적용된다. 본 장에서는 제안하는 알고리즘을 통해 기하학적 변형을 식별할 수 있는지 인터넷에 있는 사진들을 통해 분석해 보았다. 이 이미지들은 수정 전과 후가

있으며 수정 후의 이미지만을 분석하여 수정 전, 후 사진의 차이와 일치하는지 실험하였다. 더욱이 기존 연구와의 비교를 위해서 샘플들을 [14]의 알고리즘을 통해 분석하였다.

그 결과 표 1과 같이 실험에 사용한 3가지의 샘플에서 laplacian 적용까지의 검출 맵과 최종 검출 맵에

표 1. 실험에 사용된 샘플과 각 과정 별 검출 맵 출력 결과

	샘플 1	샘플 2	샘플 3
원 본			
수정된 이미지			
원본과 수정된 이미지와의 차분 맵			
제안하는 laplacian 알고리즘 적용 맵			
제안하는 최종 검출 알고리즘 적용 맵			
기존 연구 [14]를 적용한 검출 맵 결과			

서 기하학적 변형이 일어난 영역을 검출할 수 있었다. 검출된 영역이 실제 수정된 영역과 일치하는지 확인하기 위해서 원본과 수정된 이미지와의 차분 값을 통해 출력하였으며 제안하는 알고리즘을 통해 분석한 식별 영역과 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 각 검출 맵을 보면 편집자가 사용한 브러시의 흔적들이 명확하게 표현되고 있는 것을 알 수 있었다. 하지만 보간 검출 알고리즘을 담고 있는 기존 연구[14]에서는 검출 맵에서 수정된 영역 식별이 불가능한 것으로 확인되었다. 그 이유는 기존 연구는 보간을 검출하기 위해서 일정한 윈도우를 만들어 블록 스캐닝 과정을 거치기 때문으로, 특정 영역을 정교하게 수정하는 디지털 이미지에서는 보간 영역이 블록화 되어 검출 맵을 통해 식별되지 않기 때문이다.

7. 필터링 변형을 가진 수정된 이미지 분석 결과

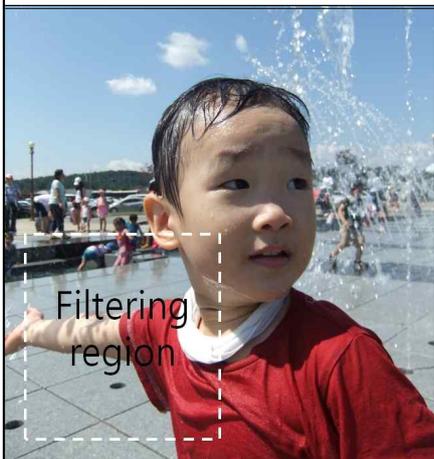
이미지 수정을 위해 많이 사용하는 프로그램은 Adobe® Photoshop이며 그 중 특정 영역의 자연스러운 조사를 위해 사용되는 것이 필터들이다. 이 중 피사체 자체의 디테일을 조정하거나 수정한 부분을 티가 나지 않게 하기 위해 많이 사용하는 것은 Blur, Noise, Sharpen 필터들이다. 각 필터들은 보간 연산에 의한 리샘플링 과정을 거치기 때문에 본 논문의 알고리즘을 적용 하였을 때 보간 영역 검출이 가능할 것이다. 이러한 실험을 위해 실험에 사용된 원본 파일과 필터들을 표 2와 같이 정리하였다. 예제 샘플에

는 일정 영역을 설정하여 각 필터를 적용하였다. 다음으로 논문에서 제안하는 알고리즘을 통해 필터링 된 영역에 대한 식별이 가능한지 확인하였다. 또한 세부적인 분석을 위해 laplacian 필터까지 적용된 결과 맵과 최종 maximum 필터까지 적용된 검출 맵을 출력하여 비교하였다.

제안된 알고리즘을 이용하여 수정에 사용되는 필터들을 분석한 결과 그림 14와 같이 laplacian까지의 검출 맵과 최종 검출 맵에서 각 필터의 특성에 맞는 필터링 영역이 검출되었다. 하지만 Dust & Scratches, Sharpen edges 필터에서는 제안하는 알고리즘을 통해 합성 영역이 명확하게 식별되지 않는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 실험을 바탕으로 실제 인터넷에 존재하는 필터를 통해 수정된 샘플들을 본 알고리즘을 통해 분석하였다. 그 결과 표 3과 같이 필터링 된 영역을 검출 맵을 통해 식별할 수 있었다.

표 13과 같이 실험에 사용된 이미지들은 laplacian 검출 맵에서 수정된 영역을 명확하게 식별할 수 있었다. 샘플 1을 분석한 결과 특정 부분의 피부 톤에서 밝은 레벨 값으로 표현되어 있는 것을 확인하여 필터링 된 흔적을 식별할 수 있었다. 또한 손가락 부분에는 필터링 작업을 하면서 작업자가 프로그램에서 사용한 브러시의 흔적이 그대로 나타나는 것을 검출 맵을 통해 확인할 수 있었다. 샘플 2에서는 여성의 앞머리 밑으로 극단적인 필터링이 적용된 것을 검출 맵을 통해 확인할 수 있었다. 또한 입 주변과 왼쪽 어깨 부분에는 기하학적 변형의 흔적이 명확하게 나

표 2. 예제 샘플에 필터링을 적용할 영역과 세부 필터들

샘플 이미지	필터	세부 필터
	Blur	Blur
		Blur more
		Box blur
		Gaussian blur
		Motion blur
		Smart blur
		Surface blur
	Noise	Add noise
		Despeckle
		Dust & Scratches
	Sharpen	Median
		Sharpen
		Sharpen edges
		Sharpen more
		Unsharp mask

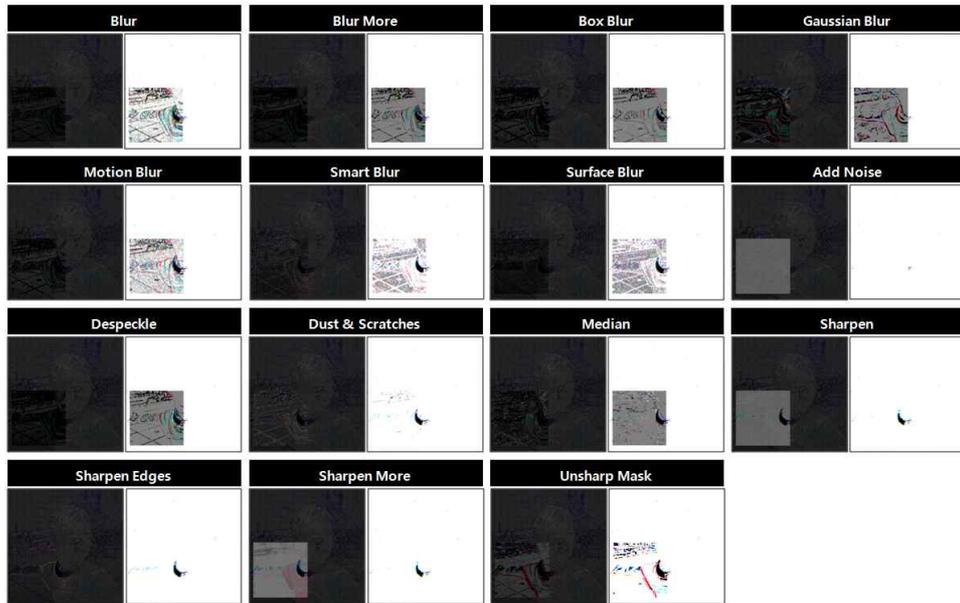


그림 14. 제안하는 알고리즘을 이용하여 각 필터를 laplacian 맵과 최종 검출 맵으로 분석한 결과

표 3. 수정된 사진과 필터링된 영역 그리고 laplacian 검출 맵 및 기존 연구 결과물

	샘플 1	샘플 2	샘플 3
수정된 이미지			
제안하는 laplacian 검출 맵 결과			
기존 연구 [14]를 적용한 검출 맵 결과			

타나고 있었었다. 마지막으로 샘플 3에서는 얼굴의 피부에 극단적인 필터링을 한 흔적이 검출 맵을 통해 식별되었다. 또한 기존 보간 검출 알고리즘을 사용하

는 [14]의 알고리즘을 적용하였을 때, 필터링된 영역이 정확하게 식별되지 않는 것을 확인할 수 있어 본문에서 제안하는 알고리즘의 타당성을 검증할 수

있었다.

8. 결 론

과도하게 수정된 이미지들은 우리 주변에 다양한 매체를 통해 존재하고 있다. 하지만 일반인들은 이 이미지를 사실로 믿고 결국에는 거짓된 정보에 속아 잘못된 행동을 유발하게 된다. 본 논문에서는 수정으로 인해 잘못된 정보를 전달 받는 수용자들의 문제점을 해결하기 위해 변형된 이미지의 수정 영역을 식별하는데 목적을 두고 있다.

본 논문은 수정에 사용되는 보간 영역 검출을 중점으로 하였으며, 이를 위해 화소 패턴에 변화를 줄 수 있는 re-interpolation, minimum 필터, median 필터를 분석하여 보간 영역과 비보간 영역 간의 화소 레벨 값의 차이를 확인하였다. 그 결과 minimum 필터의 경우 laplacian 연산을 적용하였을 때 고등 연산을 하는 양선형 보간법, 고등차수 보간법에서 화소 레벨 값의 차가 가장 큰 것으로 분석되었다. 이를 바탕으로 minimum 필터와 laplacian 연산을 이용한 검출 맵을 구현하였으며, 보간 영역과 비보간 영역간의 차를 더욱 극대화 시킬 수 있는 maximum 필터를 적용하여 보간 검출 알고리즘의 성능을 개선시켰다. 마지막으로 제안하는 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 기하학적 변형을 가진 이미지들과 필터링된 이미지를 테스트하였으며, 그 결과 모든 이미지들에서 수정된 흔적이 검출 맵을 통해 식별되었다. 향후 논문에서 제안하는 알고리즘을 이용하여 수정된 디지털 이미지 분석을 위한 도구로 활용되기 바란다.

참 고 문 헌

- [1] N. Philip, Jr. Myers, and Biocca. FA, "The Effect of Television Advertising and Programming on Body Image Distortions in Young Women," *Journal of Communication*, Vol. 42, No. 3, pp. 108-133, 1992.
- [2] H. Lavine, D. Sweeney, and SH. Wagner, "Depicting Women as Sex Objects in Television Advertising: Effects on Body Dissatisfaction," *Personality and Social Psychology Bulletin*, Vol. 25, No. 8, pp. 1049-1058, 1999.
- [3] A. Daniel and TD. Stacey, "The Impact of Media Exposure on Males' Body Image," *Journal of Social and Clinical Psychology*, Vol. 23, No. 23, pp. 7-22, 2004.
- [4] H. Dittmar, "How Do Body Perfect Ideals in the Media Have a Negative Impact on Body Image and Behaviors?: Factor and Processes Related to Self and Identity," *Journal of Social and Clinical Psychology*, Vol. 28, No. 1, pp. 1-8, 2009.
- [5] D. Smeesters, T. Mussweiler, and N. Mandel, "The Effects of Thin and Heavy Media Images on Overweight and Underweight Consumers: Social Comparison Processes and Behavioral Implications," *Journal of Consumer Research*, Vol. 36, No. 6, pp. 930-949, 2010.
- [6] E. Kee and H. Farid, "A Perceptual Metric for Photo Retouching," *Proc. of the National Academy of Sciences of United States of America*, Vol. 108, No. 50, pp. 19907-19912, 2011.
- [7] A.C. Popescu and H. Farid, "Exposing Digital Forgeries by Detecting Traces of Re-sampling," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 53, No. 2, pp. 758-767, 2005.
- [8] H. Farid, "Exposing Digital Forgeries in Color Filter Array Interpolated Images," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 53, No. 10, pp. 3948-3959, 2005.
- [9] M. Kirchner and T. Gloe, "On Sampling Detection in Re-compressed Images," *Proc. IEEE International Workshop on Information Forensics and Security*, pp. 21-25, 2009.
- [10] A.C. Gallagher, "Detection of Linear and Cubic Interpolation in JPEG Compressed Images," *The 2nd Canadian Conference on Computer and Robot Vision*, pp. 65-72, 2005.
- [11] A.C. Gallagher and T. Chen, "Image Authentication by Detecting Traces of Demosaicing," *Proc. Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, pp. 1-8, 2008.

- [12] S. Prasad and K.R. Ramakrishnan, "One-sampling Detection and Its Application to Image Tampering," *Proc. of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 1325-1328, 2006.
- [13] B. Mahdian and S. Saic, "Blind Methods for Detecting Image Fakery," *IEEE International Carnahan Conference on Security Technology*, pp. 280-286, 2008.
- [14] G.S. Song, Y.I. Yun, and W.H. Lee, "Analysis on Digital Image Composite using Interpolation," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 13, No. 3, pp. 457-466, 2010.
- [15] M.G. Hwang and D.H. Har, "Detection of Forged Regions and Filtering Regions of Digital Images using the Characteristics of Re-interpolation," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 15, No. 2, pp. 179-194, 2012.



황민구

2007년 2월 수원대학교 건축공학과 학사
 2009년 8월 상명대학교 문화예술대학원 디지털이미지학과 석사
 2011년 8월 중앙대학교 첨단영상대학원 영상학과 박사수료

관심분야: 과학 사진, 디지털 영상 분석



조병주

2011년 2월 계명대학교 사진디자인과 학사
 2011년 3월~현재 중앙대학교 첨단영상대학원 영상학과 석사과정

관심분야: 과학 사진, 스포츠 영상 분석



하동환

1993년 Brooks Institute of photography, Industrial/Scientific Photography 학사
 1994년 Ohio University, Visual Communication 석사

2005년 한양대학교 교육대학원 박사(Ph.D)
 1999년~현재 중앙대학교 첨단영상대학원 교수
 관심분야: 과학사진, 특수영상