

논문 2008-45CI-6-20

공간 정보를 이용한 오래된 필름에서의 스크래치 제거 시스템

(Automatic Film Line Scratch Removal System using Spatial Information)

고은정*, 김경태*, 김은이*

(Eunjeong Ko, Kyung-tai Kim, and Eun Yi Kim)

요약

필름 복원은 오래된 필름에서 손상된 영역을 검출하고 복원하는 것으로 최근 고화질의 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 급증함에 따라 많은 연구자들로부터 관심을 받고 있다. 여러 손상요인 중 가장 빈번하게 나타나는 요인은 스크래치다. 따라서 본 논문에서는 모든 종류의 스크래치를 검출하고 이를 복원함으로써 자동으로 스크래치를 제거할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 다양한 종류의 스크래치를 제거하기 위하여 스크래치의 공간 정보를 이용한다: 1) 스크래치는 주변 화소에 비해 밝거나 어두운 밝기 값을 가진다. 2) 대부분의 스크래치는 세로의 가늘고 긴 직선 형태로 나타난다. 제안한 시스템은 스크래치 검출과 스크래치 복원으로 구성된다. 다양한 종류의 스크래치들은 신경망 기반의 텍스처 분류기와 모폴로지 기반의 형태필터링을 통해 검출되며, 검출된 손상 영역은 양선형 보간법을 이용하여 복원된다. 제안한 방법의 효율성을 검증하기 위하여 모든 종류의 스크래치에 대해 실험하였고, 실험 결과는 제안된 방법이 다양한 종류의 스크래치를 강건하고 효율적으로 제거할 수 있음을 보여준다.

Abstract

Film restoration is to detect the location and extent of defected regions from a given movie film, and if present, to reconstruct the lost information of each regions. It has gained increasing attention by many researchers, to support multimedia service of high quality. Among artifacts, scratch is the most frequent degradation. In this paper, an automatic film line scratch removal system is developed that can detect and restore all kind of scratches. For this we use the spatial information of scratches: The scratch in old films has lower or higher brightness than neighboring pixels in its vicinity and usually appears as a vertically long thin line. Our systems consists of scratch detection and scratch restoration. The scratches of various types are detected by neural network based texture classifier and morphology-based shape filter and then the degraded regions are restored using bilinear interpolation. To assess the validity of the proposed method, it has been tested with all kinds of scratches, and then experimental results show that the proposed approach is robust to various scratches and efficient to apply a real film removal system.

Keywords : Film restoration, scratch removal, texture classification, shape filtering, Bilinear interpolation

I. 서 론

필름 복원은 오래된 필름에서 손상된 영역을 검출하고, 검출된 영역의 정보를 복원하는 것이다. 최근 고화질의 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 증가됨에 따라 필름 복원은 많은 연구자들로부터 관심을 받고 있다.^[1~3]

^[3] 여기에 서론을 입력하세요. 일반적으로 오래된 필름은 더스트(dust), 스크래치(scratch), 플릭(flick) 등의 요인에 의해 손상되며, 그中最 가장 빈번하게 나타나는 손상요인이 스크래치이다. 스크래치는 필름을 영상화하거나 복사하는 과정에서 필름이 벗겨짐으로써 발생하는 손상요인이다. 오래된 영화에는 다양한 스크래치들이 포함되어 있는데 이러한 스크래치들은 길이, 움직임 및 주변과의 관계에 따라 표 1과 같이 분류될 수 있다.

이러한 스크래치들은 주변에 비해 밝거나 어두운 명암을 가진 직선으로 육안으로 쉽게 구별 될 수 있다. 그

* 정희원, 건국대학교 신기술융합학과
(Dept. of Advanced technology Fusion iT, Konkuk University)
접수일자: 2008년4월20일, 수정완료일: 2008년11월3일

표 1. 스크래치의 종류

Table 1. Type of scratches.

스크래치의 종류	설명
Principal Scratch	프레임의 높이의 95% 이상을 차지한다.
Secondary Scratch	Principal 스크래치 제외한 그 외 것들
Alone Scratch	항상 단독으로 나타난다.
Not-alone Scratch	인접한 영역의 다른 스크래치들과 함께 나타난다.
Positive Scratch	스크래치 화소가 주변보다 밝게 나타난다.
Negative Scratch	스크래치 화소가 주변보다 어둡게 나타난다.

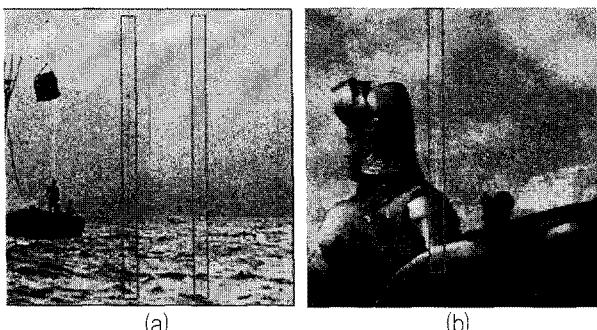


그림 1. 스크래치의 예 (a) principal/not-alone/negative 스크래치 (b) principal/not-alone/negative 스크래치
Fig. 1. Example of scratches (a) principal/not-alone/negative scratches, (b) principal/not-alone/negative scratches.

그림 1은 스크래치의 예를 보여준다. 그림 1(a)은 principal하면서 동시에 not-alone의 특징을 가지는 negative 스크래치의 예를 보여준다. 그림 1(b)은 principal하면서 동시에 alone의 특징을 가진 positive 스크래치를 보여준다.

현재까지는 자동 스크래치 제거에 대한 많은 연구가 개발되어 왔지만 자동 검출과 복원을 모두 포함하는 시스템은 거의 없었다. 대표적인 스크래치 제거 시스템으로는 Joyeux의 방법과 Lee의 방법이 있다. Joyeux의 방법은 1D-extrema detector를 이용하여 스크래치 후보를 정하고 이를 Kalman filter에 적용하여 스크래치 후보들을 추적한다. 이로써 최종적으로 스크래치를 검출하고, 이를 MAP(Maximization of the posterior probability)를 이용하여 복원한다.^[2, 4] Joyeux의 방법은 스크래치를 제거하기 위하여 시간정보와 공간정보를 동시에 사용하기 때문에 많은 계산량을 요구하는 단점을 가진다. Lee의 방법은 Gaussian filter와 Median filter를 사용하여 블록단위로 스크래치를 검출하고, Inpainting 알고리즘을 이용하여 스크래치를 복원한다.^[6] Lee의 방법은 공간적인 정보만을 사용하지만, 단순한 배경과 특

정 스크래치에만 적용할 수 있다는 제약을 가진다.

개발된 스크래치 제거 시스템이 실제로 사용되기 위해서는 오래된 필름에서 생기는 다양한 스크래치를 복잡한 배경에서도 빠르게 검출하고 손상영역을 정확하게 복원할 수 있는 기술이 개발되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 스크래치의 공간정보만을 이용한 스크래치 제거 시스템을 개발하였다. 스크래치의 중요한 공간 정보로는 텍스처 정보와 형태정보가 있다.

텍스처 정보: 스크래치는 주변 화소에 비해 밝거나 어두운 값을 가진다.

형태 정보: 스크래치는 세로의 가늘고 긴 직선 형태를 가진다.

제안한 시스템은 스크래치 검출과 스크래치 복원으로 구성되어 있다. 스크래치 검출 단계에서는 신경망 기반의 텍스처 분류기를 사용하여 스크래치와 비 스크래치 영역을 분류하고 스크래치의 형태적인 특징을 이용하여 설계된 원소구조를 모폴로지 기반의 형태 필터를 사용하여 잘못 분류된 비 스크래치 영역을 필터링한다. 복원 단계에서는 스크래치 부분의 주변 화소 정보를 기반으로 한 양선형 보간법을 이용하여 스크래치를 복원한다.

제안한 방법의 효율성을 검증하기 위하여 표1에 제시한 모든 종류의 스크래치에 대해 실험하였고, 그 결과를 Lee의 방법과 비교분석 하였다. 분석 결과, 제안된 방법이 다양한 종류의 스크래치에 대해 강건하며 효율적임을 보여준다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 제안된 시스템을 설명하고, III장에서는 스크래치의 텍스처 정보와 형태적 정보를 이용한 스크래치 검출 방법에 대해 설명한다. IV장에서는 스크래치 복원 방법에 대해서 설명한다. V장에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과를 보여주고, 마지막 VI장에서는 결론으로 끝을 맺는다.

II. 제안된 시스템

그림 2는 제안된 방법을 보여준다. 그림 2에 보이듯이 제안된 제거 방법은 스크래치 검출과 복원 단계로 구성된다.

첫 번째 단계는 스크래치 검출 단계이다. 스크래치 검출은 스크래치의 텍스처 특징을 이용한 텍스처 분류와 형태적 특징을 이용한 형태 필터링 두 모듈로 구성된다. 텍스처 분류 단계에서는 입력 영상의 각 화소를

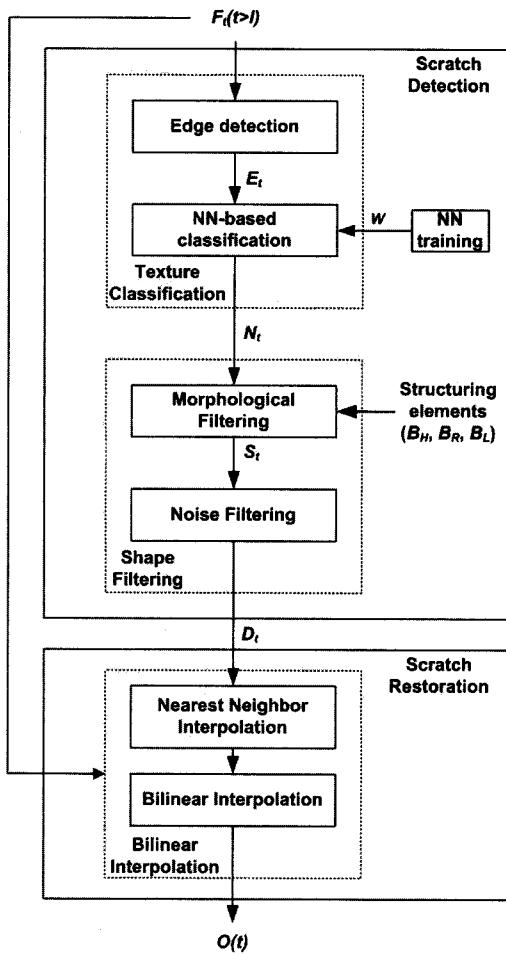


그림 2. 제안된 방법의 개요

Fig. 2. The Outline of proposed method.

신경망 기반의 텍스처 분류기를 이용하여 스크래치와 비 스크래치의 영역으로 분류한다. 텍스처 분류 후, 형태 필터링 단계에서는 스크래치의 형태적 특징을 기반으로 하여 정의된 원소구조를 이용한 모폴로지 기반의 형태 필터를 이용하여 오 검출된 비 스크래치 영역을 필터링한다.

두 번째 단계는 스크래치 복원 단계이다. 복원 단계에서는 스크래치 영역의 주변 화소 정보를 이용하는 양선형 보간법을 통해 스크래치를 복원한다.

위의 그림에서 F_t 는 시간 t 에서의 입력 영상을 나타내며, 이것을 예지 검출기를 통해 생성되는 이진영상을 E_t 로 나타낸다. 텍스처 분류기에서는 신경망 학습을 통해 얻어진 가중치 벡터 W 를 이용하여 예지가 검출된 이진 영상을 스크래치와 비 스크래치로 분류함으로써, 이진영상 N_t 을 생성한다. 이때 형태필터링에서는 Kim의 논문 [5]에서 정의된 원소구조 B_H, B_L, B_R 을 이용한 모폴로지 연산을 통해 스크래치 영상 S_t 가 검출된다.

이 때 결과 영상에서는 작은 사이즈의 노이즈를 포함하고 있다. 따라서 노이즈 필터링에서는 남아있는 노이즈들을 제거하기 위하여 연결 성분 분석을 이용하여 최종적으로 스크래치가 검출된 이진 영상 D_t 가 검출된다. 즉, 각 성분의 크기가 매우 작은 경우, 스크래치가 아니라 노이즈에 의해 발생한 것으로 간주한다. 검출 후, D_t 에서 스크래치 영역의 중앙에 위치하는 모든 화소에 대해 최근접 화소 보간법을 이용하여 모두 복원한 뒤, 양선형 보간법을 이용하여 최종적으로 스크래치가 제거된 영상 $O(t)$ 을 생성한다.

III. 스크래치 검출

다양한 종류의 스크래치를 자동으로 검출하기 위해 본 논문의 스크래치 검출 단계에서는 스크래치의 텍스처 특징과 형태적 특징을 이용한다. 제안된 방법에서 오래된 필름의 각 프레임은 스크래치의 텍스처 특징을 이용하여 스크래치와 비 스크래치영역으로 분류하고, 분류 단계에서 잘못 검출된 비 스크래치 영역을 스크래치의 형태적 특징을 이용하여 필터링한다. 따라서 스크래치 검출기는 신경망 기반의 텍스처 분류기, 모폴로지 기반의 형태 필터링의 두 모듈로 구성된다.

1. 텍스처 분류기

제안된 방법에서 입력 영상을 스크래치 영역과 비 스크래치 영역으로 구분하기 위한 텍스처 분류기로 신경망을 사용한다. 신경망 기반의 텍스처 분류기를 전체 영상에 적용하는 것은 많은 시간을 필요로 한다. 따라서 계산 시간의 낭비를 줄이기 위해, 예지 부분의 화소에 대해서만 텍스처 분류기를 적용한다. 이는 스크래치 화소가 주변화소보다 밝거나 어두운 특성을 가지고 있다는 사실에 근거한 것이다.

신경망은 입력 영상에서 하위 영역들의 특성을 분석하여 지역 윈도우 기반의 스크래치와 비 스크래치로 화소들을 분류하는 필터로 사용한다. 신경망은 $N \times M$ 윈도우 이내의 주변 화소와 예지로 간주되는 화소의 명도 값을 입력으로 받는다.

출력 노드의 값은 0과 1사이의 값을 가지는 2개의 실수 벡터로 표현된다. 첫 번째 노드 값이 두 번째의 노드 값보다 크면 윈도우의 가운데 화소는 스크래치로 분류되고, 그렇지 않으면 비 스크래치로 분류된다.

따라서 스크래치로 분류된 영역은 흰색으로, 비 스크

래치로 분류된 영역은 검은색으로 나타난다.

2. 형태 필터링

텍스처 분류 결과들 중 높은 주파수와 대비를 가지는 비 스크래치 영역이 스크래치 영역으로 잘못 분류되기도 한다. 따라서 이들을 필터링하기 위하여 제안된 방법에서는 스크래치의 형태적 정보를 이용한다.: 스크래치는 주로 세로 방향의 폭이 최소 3~5화소인 가늘고 긴 선의 형태로 나타난다. 이러한 스크래치의 특성을 기반으로 하여 Kim의 논문 [5]에서 정의된 원소구조 B_H, B_L, B_R 을 사용한다.

$$B_H = \begin{bmatrix} X & X & X & X & X \\ D & 1 & 1 & 1 & D \\ X & X & X & X & X \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$B_R = \begin{bmatrix} X & X & 1 & 1 & D \\ X & D & 1 & D & X \\ D & 1 & 1 & X & X \end{bmatrix}, \quad B_L = \begin{bmatrix} D & 1 & 1 & X & X \\ X & D & 1 & D & X \\ X & X & 1 & 1 & D \end{bmatrix} \quad (2)$$

위의 식에서 X는 “don’t care” 변수이며, D는 입력 영상의 해상도에 의해 정의되는 변수이다.: 고화질 영상에서는 1로, 그렇지 않은 경우는 0으로 설정된다. 식 (1)의 B_H 는 horizontal 성분을 추출하기 위해 정의되었으며, 식 (2)의 B_R, B_L 는 diagonal 성분을 추출하기 위해 정의되었다. 위에 정의된 원소구조를 사용한 모폴로지 연산을 수행함으로써 오 검출된 영역을 필터링하고 정확한 스크래치 영역만을 검출하도록 한다.

신경망 검출 결과를 N 이라 하고, 스크래치의 특성을 이용하여 설계된 원소구조 B_H, B_L, B_R 을 가지고 모폴로지 연산을 적용한 경우 결과 S 는 다음과 같이 정의한다.

$$S = N - \{\gamma_{B_L}(N) + \gamma_{B_R}(N) + \gamma_{B_H}(N)\} \quad (3)$$

위 식에서 $\gamma_B(I)$ 는 닫힘 연산이다. S는 다음의 단계를 통해 얻어진다: 1) 정의된 각각의 원소구조를 사용하여 N 에서 닫힘 연산을 수행한다. 2) Step 1의 각 결과들에 대하여 OR 연산을 수행한다. 3) N 에서 Step 2의 결과를 차이를 구한다. 위의 단계를 통해 잘못 검출된 비 스크래치 영역들은 필터링 되고, 수직의 직선 형태를 가지는 영역만을 스크래치로 간주한다. 하지만 검출 결과에서 비 스크래치인 작은 노이즈들이 여전히 존재한다. 따라서 노이즈 필터링에서는 연결 성분 분석을 이용하여 작은 노이즈들을 필터링한다. 즉, 각 성분의 크기가 매우 작은 경우, 스크래치가 아니라 노이즈에

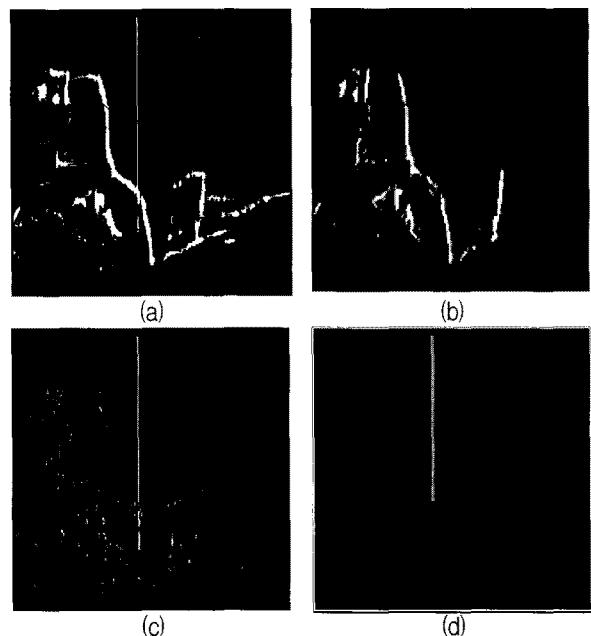


그림 3. 형태 필터링 결과의 예 (a) 텍스처 분류 결과 영상, (b) 비 스크래치 영역 추출 결과 영상, (c) 비 스크래치 영역 제거 영상, (d) 형태 필터링 결과 영상

Fig. 3. Example of Shape filtering (a) result of texture classification, (b) The non-scratch region by new structuring elements, (c) removed non-scratch region by new structuring elements (d) confirmed scratch region by shape filtering.

의해 발생한 것으로 간주한다. 스크래치 최종 검출 결과에서는 비 스크래치 영역을 제거된 직선의 스크래치 영역만 검출된다.

그림 3은 형태 필터링 결과를 보여준다. 그림 3(a)은 텍스처 분류 결과이며, 그림 3(b)은 형태필터링에서 추출된 비 스크래치 영역 영상이고, 그림 3(c)은 형태필터링에서 추출된 비 스크래치 영역을 제거한 영상을 보여주고, 그림 3(d)은 노이즈 필터링의 결과로써 최종적으로 추출된 스크래치 영역이다.

IV. 스크래치 복원

스크래치 복원 단계에서는 스크래치 검출 후 손상된 영역을 복원하기 위해 검출된 스크래치 영역을 공간 복원 알고리즘인 양선형 보간법을 이용하여 영상을 복원한다. 양선형 보간법은 주변 정보를 가지고 손상된 영역을 메움으로써 복원하는 방법이다. 제안된 양선형 보간법은 새로운 화소를 인접한 네 개의 화소의 값의 가중치의 합으로 생성한다. 가중치는 네 개의 화소로부터 복원하고자 하는 화소까지의 수평거리와 수직거리의 곱

에 반비례하도록 정의된다.

제안된 스크래치 복원 알고리즘은 검출된 스크래치 영역에 대해 단순한 선형 보간법을 이용하여 스크래치의 중앙에 위치하는 화소들을 모두 복원한 뒤, 양선형 보간법을 이용하여 복원하고자 하는 화소의 앞뒤 행에 위치하는 스크래치의 주변 좌우화소 값들을 이용하여 최종적으로 손상된 영역을 복원한다. 양선형 보간법을 이용한 스크래치 복원 알고리즘은 다음과 같다.

양선형 보간법을 이용한 스크래치 복원 알고리즘

```

입력: 손상된 입력 영상, Ft와 검출된 스크래치 영역 St
//  $S_t = \{(i, j) | l \leq j \leq r, 0 \leq i < img-height\}$ 
출력: 복원 영상 Ot
Step1)  $O_t(i, j) = F_t(i, j)$  //Ot 초기화
Step2) 선형 보간법
//스크래치의 중앙 화소의 복원 값을 구함
 $p = r+1, q = l-1;$ 
//p, q는 스크래치영역에 근접하는 이웃화소
for( $0 \leq i < height$ )
     $c = \frac{p+q}{2}, O(i, c) = \frac{(F(i, p) + F(i, q))}{2};$ 
Step3) 양선형 보간법
i) 왼쪽 스크래치 영역의 복원 값 계산
 $p = c;$ 
for( $0 \leq i < height$ )
     $c = \frac{(p+q)}{2}; O(i, c) = \frac{1}{4}(O(i-1, q) + O(i-1, p)$ 
     $+ O(i+1, q) + O(i+1, p));$ 
ii) 오른쪽 스크래치 영역의 복원 값 계산
 $q = c;$ 
for( $0 \leq i < height$ )
     $c = \frac{(p+q)}{2}; O(i, c) = \frac{1}{4}(O(i-1, q) + O(i-1, p)$ 
     $+ O(i+1, q) + O(i+1, p));$ 
//스크래치 영역을 채울 때까지 계속 반복
Step4) 종료

```

위의 알고리즘을 이용한 복원 과정이 그림 4에서 설명된다. 그림 4(a)에서는 스크래치가 있는 영역의 일부를 보여주며, 검은 점은 스크래치, 흰 점은 비 스크래치이고, 회색 점은 복원된 화소를 나타낸다. 그림 4(b)에서는 단순한 선형 보간법을 이용하여 스크래치의 주변 화소의 값으로부터 중앙 열에 위치하는 모든 화소 값을 구한다. 이 단계는 복원하고자 하는 화소의 앞뒤 행을 참조하는 양선형 보간법을 적용하기 위한 전단계이다. 그림 4(c)에서는 양선형 보간법을 이용하여 복원하고자

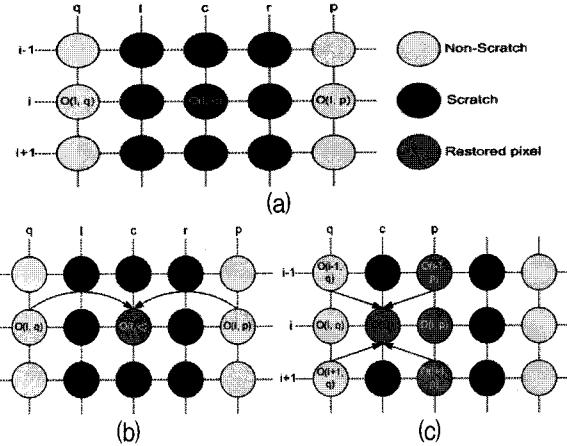


그림 4. 양선형 보간법 (a) 스크래치와 주변 화소 부분
(b) 선형 보간법을 이용하여 스크래치 중앙 화소의 값을 구하는 부분 (c) 양선형 보간법을 이용하여 센터와 상하좌우의 주변 화소 값으로부터 손상된 영역을 복원하는 부분

Fig. 4. The process of scratch restoration (a) scratches(black circles) and non-scratches(white circles) (b) restoration of the pixels in the center of scratches using linear interpolation (c) restoration of scratch pixels using Bilinear interpolation from closest non-scratch pixels.

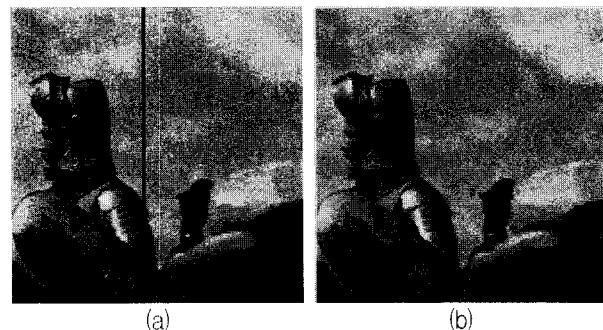


그림 5. 양선형 보간법 결과의 예 (a) 스크래치와 원래 영상을 맵핑한 영상 (b) 양선형 보간법 결과 영상

Fig. 5. Example of scratch restoration (a) the scratches superimposed on to the corresponding original image (b) the restoration result.

하는 화소의 앞뒤 행에 위치하는 중앙 화소의 값과 스크래치의 주변 화소 값을 이용하여 스크래치 영역을 최종적으로 복원한다.

그림 5는 스크래치 복원한 결과의 예를 보여준다. 그림 5(a)는 원본 영상 위에 스크래치 추출결과를 맵핑한 영상이고, 그림 5(b)는 양선형 보간법을 이용하여 복원한 결과 영상을 보여준다. 복원된 결과에서 볼 수 있듯이 제안된 복원 방법은 비교적 간단한 알고리즘임에도 불구하고 정확하게 복원할 수 있음을 보였다.

V. 실험 결과

제안된 스크래치 제거 방법의 효율성을 증명하기 위하여 오래된 필름 및 인위적인 데이터를 가지고 실험하였다. 영화 데이터는 오래된 필름인 “Knight”, “Star”, “Sit-down”이 사용되었고, 인위적으로 스크래치를 삽입한 “Titanic”이 사용되었다. 오래된 필름 “Knight”, “Star”, “Sit-down”은 필름 복원 시스템을 평가하기 위하여 일반적으로 많이 사용하는 데이터이다. 이러한 데이터들은 표 1에 제시한 다양한 스크래치들을 포함하고 있다.

스크래치 검출을 위해 스크래치를 가진 영상들 중 100개의 영상을 수동으로 선택한 후 각 영상에서 스크래치 화소들을 검출하여 스크래치 클래스로 할당하였다. 이 장면 중 20개의 영상은 학습을 위해 사용하였고, 나머지 80개의 영상은 테스트 영상으로 사용하였다. 실험에서 사용된 신경망은 75개의 입력 노드와 18개의 은닉노드, 2개의 출력노드로 구성된다.

제안된 방법의 효율성을 검증하기 위하여 Lee^[6]의 방법과 결과를 비교하였다.

1. 오래된 영상에서의 제거 결과

그림 6은 secondary-alone/positive 스크래치의 제거 결과를 보여준다. 그림 6(a)은 오래된 필름 “Knight”

중 손상된 원본 영상을 보여준다. 그림 6(b)은 Lee의 검출 결과와 복원 결과를 보여주며, 그림 6(c)은 본 논문에서 제안된 방법을 이용한 검출 결과와 복원 결과를 보여준다.

그림 6에서 보이는 것처럼 제안된 방법은 자동적이면서 정확한 secondary-alone/positive 스크래치를 검출하고 복원이 가능하다는 것을 보여준다. 그림 6에서 검출결과들을 시각적으로 비교하였을 때 성능 차이를 발견할 수 없었다.

그림 6(d)은 not-alone 스크래치들이 포함된 영상을 보여준다. 그림 6(d)은 오래된 필름 “Sit-down”的 한 장면이며, secondary/not-alone/negative, positive등의 다양한 특징을 가지는 스크래치들을 포함한다. 그림 6(e)은 Lee의 검출 결과와 복원 결과를 보여주며, 그림 6(f)은 본 논문에서 제안된 방법을 이용한 검출 및 복원 결과를 보여준다.

그림 6(e)에서 보이는 것처럼 Lee가 제안한 방법의 스크래치 제거 결과는 제안된 방법의 결과보다 좋지 않다는 것이 시각적으로 나타난다. 이는 앞 절에서 언급한 것처럼 대부분의 스크래치 제거 방법들이 alone/principal 스크래치들에 대해서만 적용될 수 있기 때문이다. 이와 달리, 그림 6(f)에서 보이듯이 제안된 방법은 이러한 스크래치들도 정확하게 복원할 수 있었다.

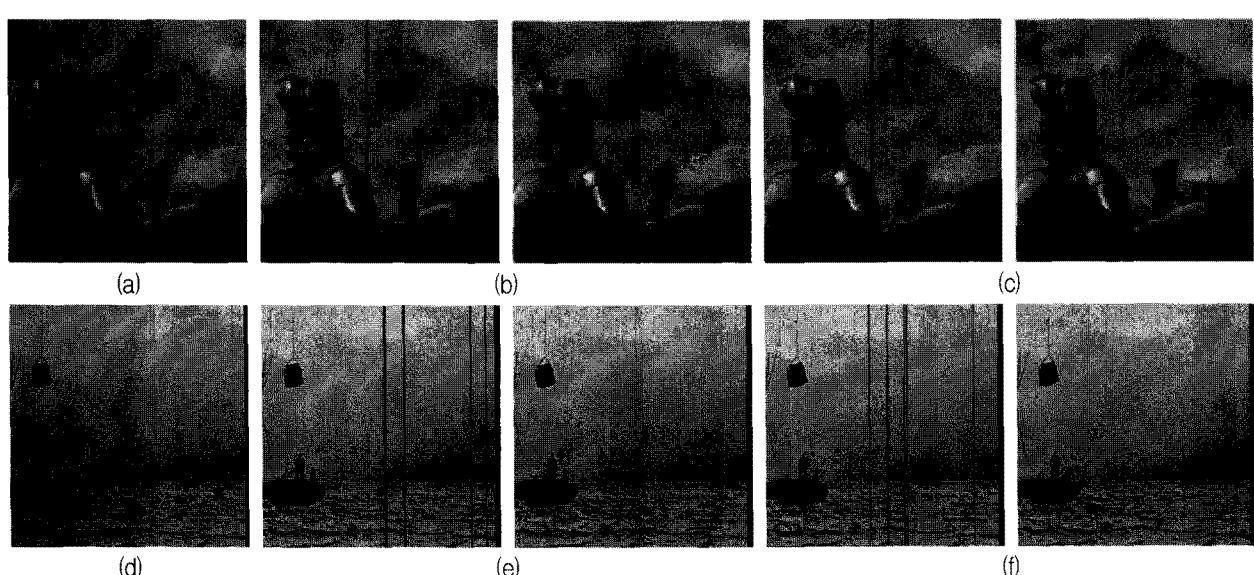


그림 6. 스크래치 제거 결과의 예 “Knight” (a) 입력영상, (b) Lee at el.의 방법을 이용한 결과 (c) 제안된 방법을 이용한 결과, “Sit-down” (d) 입력 영상 (e) Lee at el.의 방법을 이용한 결과 (e) 제안된 방법을 이용한 결과

Fig. 6. Example of Scratch Removal “Knight” (a) original image (b) Lee’s method (c) the proposed method, “Sit-down” (a) original image (e) Lee’s method (e) the proposed method.

2. 인위적인 영상에서의 제거 결과

그림 7(a)과 7(d)은 인위적인 스크래치가 포함된 영상의 스크래치 제거 결과이다. 일반적으로 인위적인 데이터는 이상적인 결과가 알려져 있기 때문에 양적으로 평가가 가능하다. 인위적인 데이터는 해상도가 800×352로 잘 알려진 타이타닉 영상으로 제작하였다.

그림 7(a), (d)는 secondary/positive/not-alone 스크래치들을 인위적으로 포함하고 있는 입력 영상이다. 그림 7(b), (e)는 Lee의 검출 결과와 복원 결과를 보여주며, 그림 7(c), (f)는 본 논문에서 제안된 방법을 이용한 검출 결과와 복원 결과를 보여준다.

그림 7(b), (e)는 인위적인 손상영상에 대해 Lee의 방법을 적용한 결과, 표1에 제시한 모든 종류의 스크래치들을 검출하지 못했다는 것을 보여주며, 복원된 영상에서도 부분적으로 스크래치가 남아있는 것을 볼 수 있다. 반면에 그림 7(c), (f)는 제안된 방법이 자동적이며 다양한 길이를 가지는 스크래치들에 대해서도 적용이 가능하다는 것을 보여준다.

그림 6-7에서 보이는 것과 같이, 실험 결과는 제안된 방법이 Lee의 방법보다 더 나은 성과를 가진다는 것을 보여준다.

제안된 복원 방법의 정확성을 객관적으로 증명하기 위해서는 인위적으로 생성된 스크래치를 가지는 영상에 적용되어야 한다. 이를 위해 “Titanic”에 인위적으로 스크래치를 생성한 다음 제안된 방법으로 스크래치를 제거한 결과 프레임(O)과 손상되지 않은 원본 프레임(R)의 차이의 합을 스크래치 영역으로 나누는(MAD) 식(4)을 이용하여 복원 오차율(E)을 구하였다.

$$E = \frac{\sum_{i}^{\text{Height}} \sum_{j}^{\text{Width}} |R(i,j) - O(i,j)|}{\text{Area}_{\text{scratches}}} \quad (4)$$

다음 표 2는 인위적으로 스크래치를 생성한 10장의 프레임에 대해 제안된 방법과 Lee의 복원된 결과에 대해 복원 오차율을 구한 결과이다.

다음 그림 8은 다양한 스크래치를 포함하는 “Sit-down”의 한 프레임을 검출 및 복원한 예로써, 제안된 양선형 보간법의 한계점을 보여준다. 제안된 보간법은 단순한 배경에서의 복원은 빠르면서 비교적 정확하게 복원하지만, 복잡한 배경이나 객체에 대한 복원은 그림 8과 같이 한계점을 가진다. 그림 8에서 나타나는 한

표 2. 복원 오차율

Table 2. The Error of restoration.

복원 오차율		
	Lee at el.	제안된 방법
최소	15.18	3.79
최대	42.79	12.63
평균	24.56	7.7

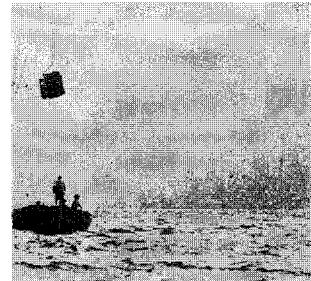


그림 8. 양선형 보간법 한계의 예

Fig. 8. Example of Bilinear interpolation's limit.

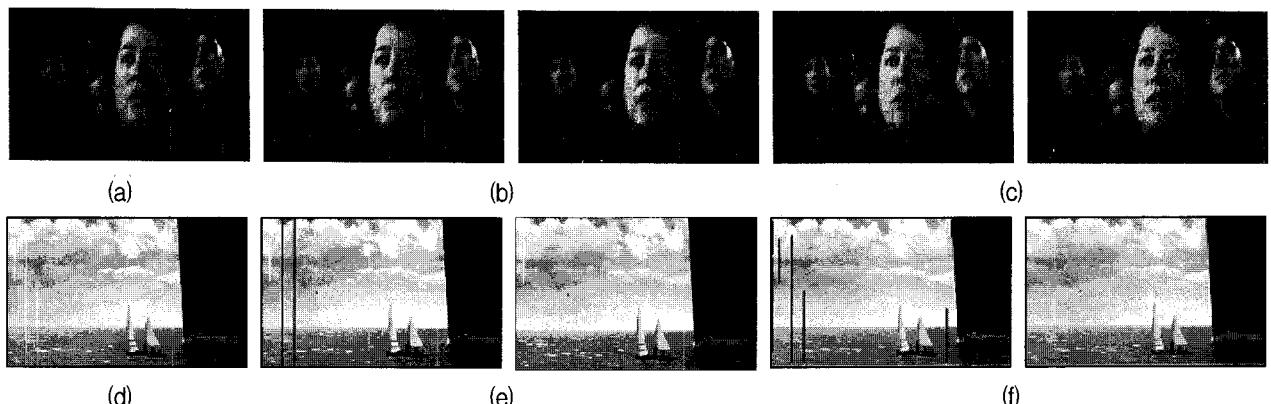


그림 7. 스크래치 제거 결과의 예 “Titanic” (a), (d) 입력 영상 (b), (e) Lee at el.의 방법을 이용한 결과 (c), (e) 제안된 방법을 이용한 결과

Fig. 7. Example of Scratch Removal “Titanic” (a), (d) original image (b), (e) Lee's method (c), (e) the proposed method.

계점은 검출이 안 된 스크래치에 대해서는 복원이 안 되고, 복잡한 배경에 대해서는 복원이 되어도 자연스럽지 않고, 복원된 스크래치 주변이 흐릿해지는(blob) 현상이 나타나는 것이다. 이를 해결하기 위해 탐색 알고리즘을 이용한 복원방법을 연구 중에 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 다양한 종류의 스크래치를 자동으로 검출 및 복원할 수 있는 공간정보를 이용한 자동 스크래치 제거 시스템을 제안하였다. 개발된 시스템은 다양한 특징의 스크래치가 포함된 오래된 영상과 인위적으로 스크래치를 생성한 영상에 대해 실험 하였다. 실험 결과는 제안된 방법이 다양한 특징의 스크래치를 검출 및 복원이 가능하고, 상업적으로 사용 될 수 있는 잠재력을 보였다. 또한 제안된 복원 방법은 빠르고 구현이 간단하다는 장점을 가진다. 하지만 복원된 스크래치 주변이 흐릿해지는(blob)현상이 나타나는 한계점을 가진다. 따라서 현재 이를 보완할 수 있는 새로운 복원방법을 연구 중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] Schallauer, P., Pinz, A. and Hass, W., "Automatic restoration algorithms for 35mm film," VIDERE: J. Comput. Vis. Res., vol. 1, No. 3, pp. 59-85, 1999.
- [2] Joyeux, L., Boukir, S. and Besserer, B., "Film line scratch removal using Kalman filtering and Bayesian restoration," in Proc. of IEEE WACV2000, pp. 8-13, Palm Springs, USA, Dec. 2000.
- [3] Kokaram, A. C., "Detection and removal of line scratches in degraded motion picture sequences," Signal Processing, Vol. 1, pp. 5-8, 1996.
- [4] Joyeux, L. et al., "Reconstruction of degraded image sequences. Application to film restoration," Image and Vision Computing, Vol. 19, pp. 503-516, 2001.
- [5] 김경태, 고은정, 김은이, "공간적인 정보 기반의 디지털 필름 스크래치 복원", 한국컴퓨터종합학술대회, 2007.
- [6] 이찬희, "오래된 영화의 손상 검출과 개선된 Inpainting 기반의 복원 기법의 설계와 구현," 서울시립대학교 석사논문, 1999.

저 자 소 개

고 은 정(정회원)

2008년 건국대학교 인터넷미디어
공학부 졸업.
2008년 ~ 건국대학교 신기술융합
학과 iT석사 재학
<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터
비전, 지능형 휠체어>

김 은 이(정회원)

2001년 경북대학교 컴퓨터 공학과
석사 졸업.
2000년 경북대학교 컴퓨터 공학과
박사 졸업.
2002년 ~ 건국대학교
신기술융합학과 부교수
<주관심분야 : 컴퓨터 비전, 패턴인식, 사용자 인
터페이스, 디지털 콘텐츠, 생체인증시스템, 지능형
로봇 및 휠체어>

김 경 태(정회원)

2007년 건국대학교 컴퓨터 정보통
신공학과 석사 졸업.
2007년 ~ 건국대학교 신기술융합
학과 iT박사 재학
<주관심분야 : 영상처리, 패턴인
식, 컴퓨터 비전>

