

논문 2007-44CI-6-5

선형 회귀곡선 추적을 이용한 고전 필름의 흑,백 라인 스크래치 검출과 제거 알고리즘

(Detection and Remove Algorithm of B/W Line Scratch on Old Film by Linear Recursive Curve Trace)

이 강 현*

(Kang Hyeon RHEE)

요 약

고화질의 멀티미디어 콘텐츠 수요 증가에 따라서 고전영화의 복원이 필요하다. 그러나 고전영화의 필름은 라인 스크래치와 먼지에 의해서 영상이 많이 훼손되어 있다. 본 논문에서는 필름상의 흑,백 라인 스크래치를 검출하여 복원하는 알고리즘을 제안한다.

제안된 알고리즘은 라인 스크래치 좌우 영역의 밝기 값을 고려하여 선형회귀 곡선 추적과 미디언 필터링으로 라인 스크래치 부분의 손상된 부분정보를 추정, 보간한다. 그 결과 흑,백 라인 스크래치가 있는 PSNR 44.68인 필름영상을 48.60으로 향상시켰으며, 보간된 픽셀은 원 영상 픽셀에 14정도의 밝기 차로 접근되었다.

Abstract

According to the increased demand of high quality multimedia content, it needs to recover an old movies. But, the film of old movie is damaged with line scratches and dust. In this paper, the detection and restoration algorithm of B/W line scratch is proposed.

Our scheme estimates and interpolates the damaged partial information of line scratch using the linear recursive curve trace which consider the intensity values of left and right region of line scratch and then median filtering processed. As a result, the film image PSNR 44.68 with B/W line scratch is increased up to 48.60 and the intensity of the interpolate pixel is approached about 14 against the pixel of original image.

Keywords : Old film, Line scratch remove, detection and interpolation, Linear recursive curve trace.

I. 서 론

디지털 콘텐츠의 고화질 영상에 대한 수요 증가에 따라 고전영화의 DVD 제작이 필요하나, 고전영화의 경우, 필름의 손상으로 라인 스크래치와 부분 손상이 흑, 백으로 나타난다.

따라서 고전영화의 필름을 DVD로 제작할 경우, 필름손상으로 인한 다양한 잡음형태를 제거할 필요성^[1~4]이 있다.

영상정보에 있는 라인 스크래치를 정적(Static), 움직임(Moving), 1차(Principle), 2차(Secundary), 단독(Alone), 비단독(Not-alone), 반전(Negative), 비반전(Positive)으로 분류^[5]하여 각각의 스크래치에 적합한 다양한 스킴^[6~7]이 제안되었다.

본 논문에서는 고전필름의 흑,백 라인 스크래치를 제거하는 알고리즘을 제안한다. 알고리즘은 라인 스크래치 좌우 영역의 밝기 값을 고려하여 선형회귀 곡선 추적과 미디언 필터링으로 라인 스크래치에 의해 손상된 부분정보를 추정, 보간한다.

본 논문의 구성은 II장에서 제안된 알고리즘을 설명하고 III장의 실험 및 결과고찰을 통하여 IV장에서 결론을 맺는다.

* 평생회원, 조선대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Chosun University)
접수일자: 2007년6월22일, 수정완료일: 2007년11월4일

II. 라인 스크래치 검출 및 제거 알고리즘 제안

필름 영상의 스크래치는 필름의 수직이동으로 인하여 거의 모든 스크래치가 그림 1과 같이 수직선 성분으로 발생한다. 이러한 라인 스크래치는 필름의 배경 영상정보에 따라 흑,백 성분으로 표출되는데 이를 검출하는 다양한 방법들^[8~10]이 제안되었다. 본 논문에서는 영상의 칼럼 밝기정보를 식(1)과 같이 영상의 행 전체에 대하여 열 밝기를 누산 한다.

$$Line_Scratch_Intensity(j) = \sum_{m=0}^{M-1} I(j) \quad (1)$$



그림 1. 수직선 성분 스크래치
Fig. 1. Vertical line scratch.

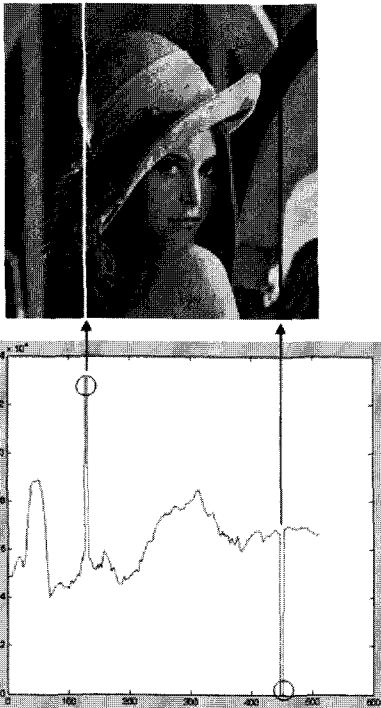


그림 2. 흑,백 라인 스크래치 검출
Fig. 2. B/W line scratch detection.

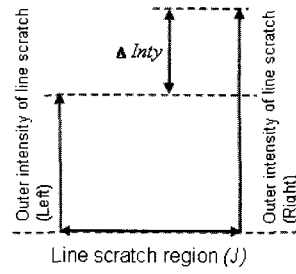


그림 3. 라인 스크래치 좌,우 영역의 밝기 차 값 $\Delta Inty$.
Fig. 3. Difference intensity value $\Delta Inty$ of line scratch region's left and right side.

여기서

- M : 영상의 행 수
- m : 영상의 행 번호
- I : 영상
- j : 영상의 열 번호

이다.

흑과 백의 라인 스크래치는 좌,우 열의 밝기보다도 상대적으로 큰 대,소 값을 갖게 된다. 식 (1)을 이용하여 그림 2의 라인 스크래치 위치 “○”는 영상의 각 행의 동일 열에 연속적으로 나타난 것이다.

라인 스크래치 추적은 식 (1)에 따라, 영상의 “○”부분을 선택한다. 이때, 그림 3과 같이 영상의 라인 스크래치 영역 J 의 좌우 수평 밝기 값의 차 $\Delta Inty$ 를 식 (2)와 같이 계산하고, 식(3)과 같이 라인 스크래치 영역의 (m, j) 에 픽셀의 밝기 정보를 비례적으로 할당한다.

$$\Delta Inty(m, j) = \frac{Inty(m, (J+1)) - Inty(m, (j-1))}{J} \quad (2)$$

$$Inty(m, j) = \Delta Inty \cdot j \quad (3)$$

여기서

- $Inty$: 영상 픽셀의 밝기 값(Intensity)
- J : 라인 스크래치의 폭
- j : J 영역 내의 인덱스($j=1 \sim J$)
- m : 라인 스크래치의 행 번호
- $Inty(m, (j-1))$: 라인 스크래치 m 행의 좌측 밝기 값
- $Inty(m, (J+1))$: 라인 스크래치 m 행의 우측 밝기 값

이다.

그리고 좌,우 정보의 밝기 값 차의 $\Delta Inty$ 와 수직성분 밝기 변화가 크면, 라인 스크래치 영역 J 의 수직성분 좌우 수평 밝기 값들을 최소제곱 다항식 곡선 맞추기로 선형회귀 곡선을 추적하여 식 (4)와 같이 라인 스크래치 영역의 정보를 추정, 보간하게 된다.

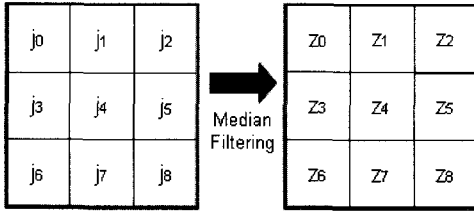


그림 4. 미디언 필터링
Fig. 4. Media Filtering.

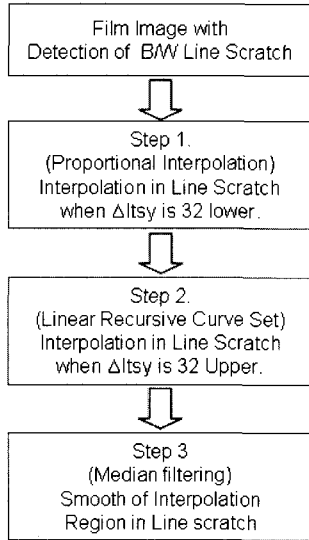


그림 5. 제안 알고리즘의 플로우 도
Fig. 5. Flow diagram of the proposed algorithm.

$$Ax = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^k \\ 1 & x_2 & x_2^2 & \dots & x_2^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_k \end{pmatrix} = b \quad (4)$$

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 \dots a_kx^k \quad (5)$$

여기서

x_n : 라인 스크래치 영역의 좌,우 값으로 식(2)의 $Inty(m, (J+1))$ 과 $Inty(m, (j-1))$
 y : 라인 스크래치 영역의 좌,우 값 x_n 에 따라 라인 스크래치 영역 J 의 인덱스 열 $j(0 \sim J-1)$ 에 할당되는 픽셀의 밝기 값

이다.

그리고 식 (3)과 (5)에 의하여 라인 스크래치 영역 J 에 보간된 값을 식 (6)으로 미디언 필터링으로 비선형 공간 필터링 처리를 그림 4와 같이 처리한다.

$$NewInty(z_i) = Inty(Sort(j_i)), \quad i = 0 \sim 8 \quad (6)$$

이상에서 설명된 제안 알고리즘의 플로우 도는 그림 5와 같이 3 단계로 처리된다.

III. 시뮬레이션 및 결과고찰

본 논문에서 제안된 라인 스크래치 검출과 이를 제거하기 위하여 손상된 영상정보를 보간하는 알고리즘을 그림 1의 Lena 영상에 인위적인 흑,백 라인스크래치를 인가하여 실험한 후 그림 6과 같이 실험결과를 얻어 검증하였다.

그림 6(a)는 Lena 영상에 흑,백 라인 스크래치가 있을 때, 원 영상에 대하여 PSNR이 44.68이다. 식 (3)으로 라인 스크래치가 그림 6(b)와 같이 보간 되면 PSNR은 48.364이다.

그림 7은 $\Delta Inty$ 의 값이 32 이하에서 라인 스크래치의 보간 값을 비례적으로 처리하고, 32 이상의 영역은 좌,우 영역의 밝기 차가 큰 부분으로 식 (3)을 이용하면 시각적 구별성에 영향이 큰 계단 현상으로 거칠게 보간 된다. 따라서 식 (4)와 (5)에 의하여 라인 스크래치 영역 J 의 수직성분에 해당하는 좌우 픽셀의 수평 밝기 값들을 최소제곱 다항식 곡선 맞추기의 기저 값 x_n 으



그림 6. 라인 스크래치가 있는 Lena 영상의 복원 단계
Fig. 6. Recovery procedure of Lena image with B/W line scratch.



그림 7. 흑/백 라인 스크래치의 좌우 영역 밝기 값 $\Delta Inty$ 가 32 이하에서 보간.

(a) 부분은 $\Delta Inty$ 가 32 이상인 부분

Fig. 7. The 보간 of line scratch region when a difference intensity value ($\Delta Inty$) of left and right of line scratch region is less than 32.

(a) part is 32 upper of $\Delta Inty$.

로 선형회귀 곡선을 추정하여 라인 스크래치 영역을 보간하게 된다. 보간되는 영역 J 내의 좌우 열 j_i 는 다항식의 내림 차수에 따라 점진적으로 라인 스크래치 영역의 좌우에서 가운데 부분으로 보간되는데 좌우의 픽셀 밝기 값 차이가 32 이내가 되면 비례적으로 보간 값이 채워진다.

그림 7의 라인 스크래치의 좌우 영역 $\Delta Inty$ 의 값이 32 이상이면, 비례적 보간이 되지 않은 흑색 부분으로

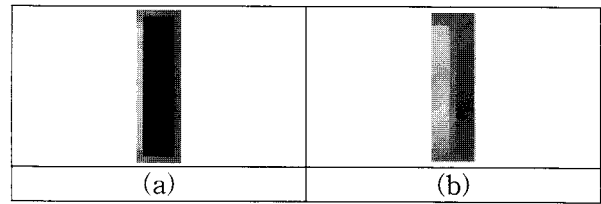


그림 8. (a) 그림 7(a) 영역

(b) Step 2에 의한 보간

Fig. 8. (a) Fig. 7's (a) region.

(b) Interpolation by Step 2.

그림 7의 (a) 부분이다. 그림 5의 Step 2에 의하여 이 부분은 그림 8(a)에서 영상의 행 119~140까지의 열 128~132까지이고 이를 보간하기 위하여 라인 스크래치의 좌우 영역(행 127, 141) 픽셀 밝기 값(그림 9의 $---$ 선분)을 기저 값으로 이용하여, 식 (4),(5)에 의한 최소제곱 다항식 곡선 맞추기의 선형회귀 곡선 6차로 그림 9의 $-+-$ 선분을, 4차로 $---$ 선분을 추정하여 열 128과 132, 127과 131에 각각 보간하고 열 130은 131과 129의 값을 평균하여 그림 8(b)와 같이 할당한다. 그림 10은 그림 7(a)부분의 보간 결과이다.

따라서 그림 5의 Step 2를 통하여 그림 6의 (c)와 같이 PSNR이 48.453으로 향상되었으며, Step 3의 식 (3)으로 미디언 필터링 처리 후, PSNR이 48.60으로 향상되었다. 그리고 그림 11은 그림 2의 흑,백 라인 스크래치의 보간값을 Step 1에서 3까지 보여준다. 식 (2)에 의한 원 영상의 $\Delta Inty$ 값과 보간된 후의 $\Delta Inty$ 값의 비교는 표 1과 같으며, 그 차는 약 7,000 정도로서 수직 픽셀 수 512로 나누면 픽셀 당 14정도 이내의 밝기 값 변화이므로 가지적으로 분간하기 어려운 차이이다.

이상의 실험을 통하여 제안한 알고리즘의 수행은 고

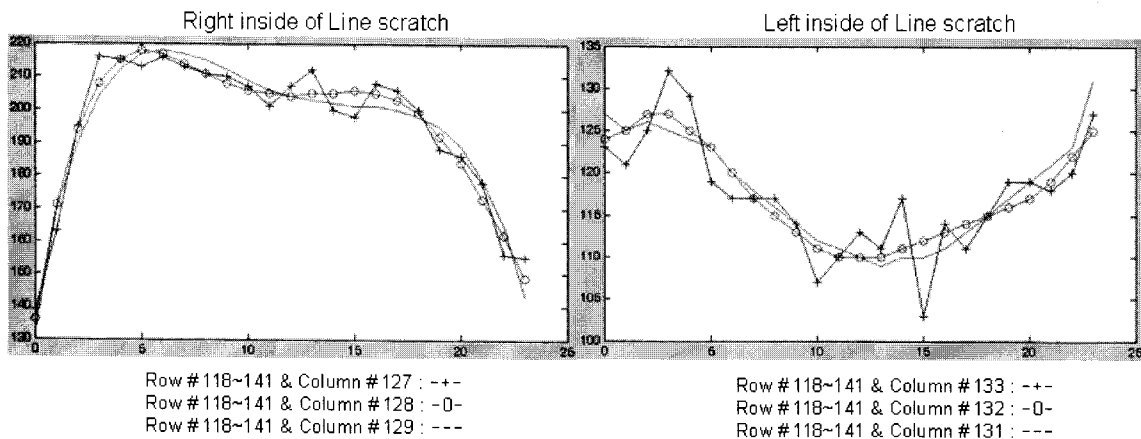


그림 9. Step 2의 선형 회귀곡선 맞추기에 의한 라인 스크래치의 좌측과 우측 영역의 보간

Fig. 9. Interpolation of left and right side region of line scratch by linear recursive curve set in step 2.

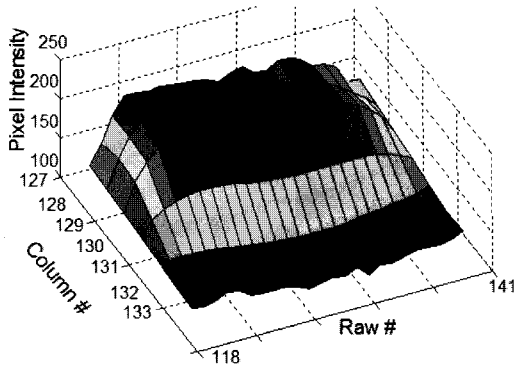


그림 10. 그림 7(a)의 보간 결과
Fig. 10. Interpolation result in Fig. 7(a) region.

전영화의 영상으로 백색 라인 스크래치가 있는 “Knight”, 흑색 라인 스크래치가 있는 “Sit_down” 그리고 스크래치 라인이 블러링(Blurring) 현상으로 되어있는 “Les_allume”을 실험영상으로 사용하였다.

그림 12의 Knight □ 부분의 본 알고리즘의 수행을 통하여 보간되는 단계는 그림 13과 같다. Step 3이 1에 비하여 상단 및 하단부분의 기울기가 자연스럽게 보간되며 수직의 중앙부분도 좌에서 우로 계단현상이 현저하게 감소됨을 알 수 있다.

그림 14의 “Sit_down”은 수직 흑색성분의 라인 스크래치가 다수 존재하는데 대부분 제거되었지만 우측의 스크래치는 수직선에 대하여 $\theta=1.2^\circ$ 로 기울어져 있어서 완벽한 제거를 할 수 없지만 스크래치 폭 J 를 확장하여 해결할 수 있다.

그리고 그림 15 “Les_allume”의 백색성분의 수직 블러링 라인 제거가 제안된 알고리즘의 단계적 수행으로



그림 12. Knight 영상의 라인 스크래치 및 보간 영역 □
Fig. 12. Line scratch and interpolation area □ in Knight image.

표 1. 흑,백 라인 스크래치의 식 (1) 결과
Table 1. Results of B/W line scratch by Eq. (1).

White line Scratch							
Column #	127	128	129	130	131	132	133
Scratched Image	59558	130560	130560	130560	130560	130560	56846
Org. Image	59558	59692	58552	57884	57601	57706	56846
Step 1	59558	59011	58470	57934	57393	56846	56846
Step 2	59558	59274	58183	57327	56626	56331	56846
Step 3	59558	59274	58183	57327	56626	56331	56846
Black line Scratch							
Column #	447	448	449	450	451	452	453
Scratched Image	67036	0	0	0	0	0	68644
Org. Image	67036	66994	67118	67359	67678	68157	68644
Step 1	67036	67360	67685	67995	68320	68644	68644
Step 2	67036	67178	67619	68052	68493	68643	68644
Step 3	67036	67178	67581	68046	68642	68577	68644

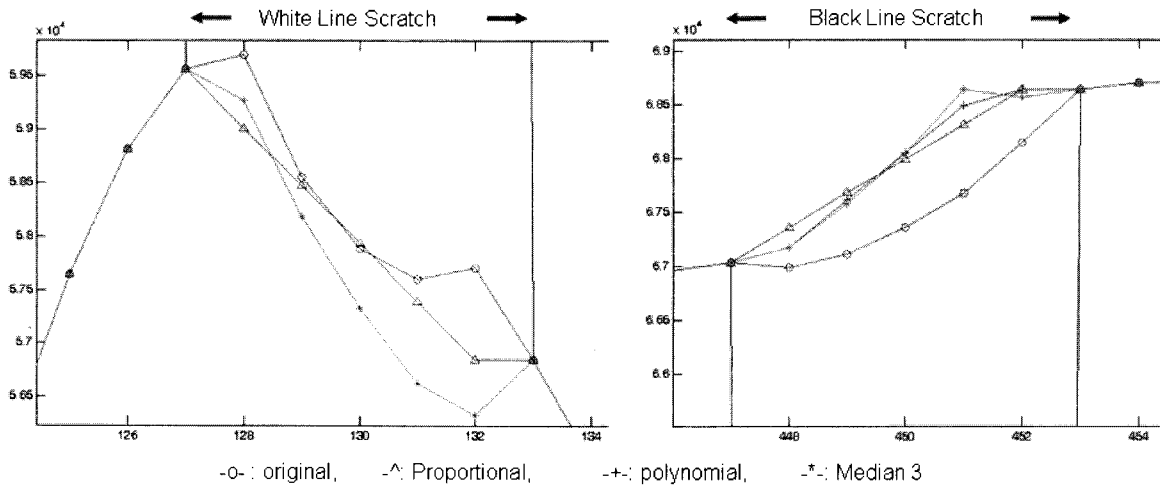


그림 11. 그림 2의 흑, 백 라인 스크래치의 보간
Fig. 11. B/W line scratch interpolation in Fig. 2.

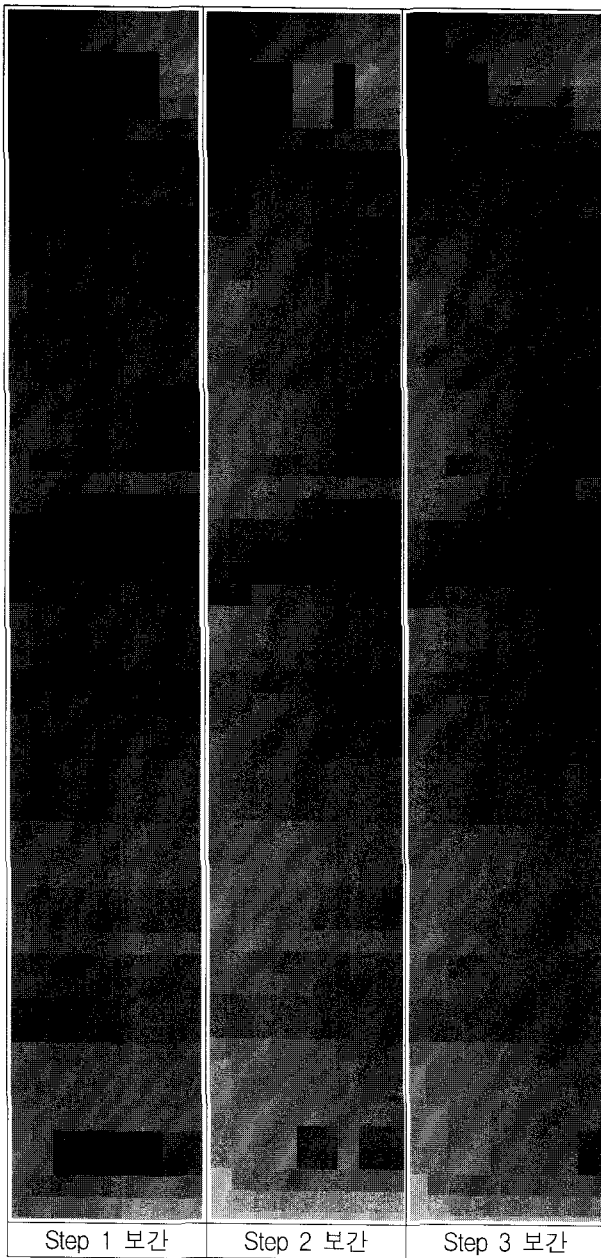


그림 13. Knight □ 부분의 보간 단계
 Fig. 13. Interpolation steps in Knight region □ .

이루어지고 있다.

이상의 실험 영상을 통하여 본 논문에서 제안된 라인 스크래치 검출 및 제거 알고리즘은 흑색과 백색, 그리고 블러링 라인에 적용하여 시뮬레이션을 하였다.

본 논문에서 제안된 수직성분의 라인 스크래치를 제거하는 알고리즘의 단계별 수행에 따른 원 영상과의 PSNR 결과는 그림 16과 같이 라인 스크래치가 있는 영상 44.68에서 복원 후의 영상 48.60으로 향상됨이 확인 되었다.

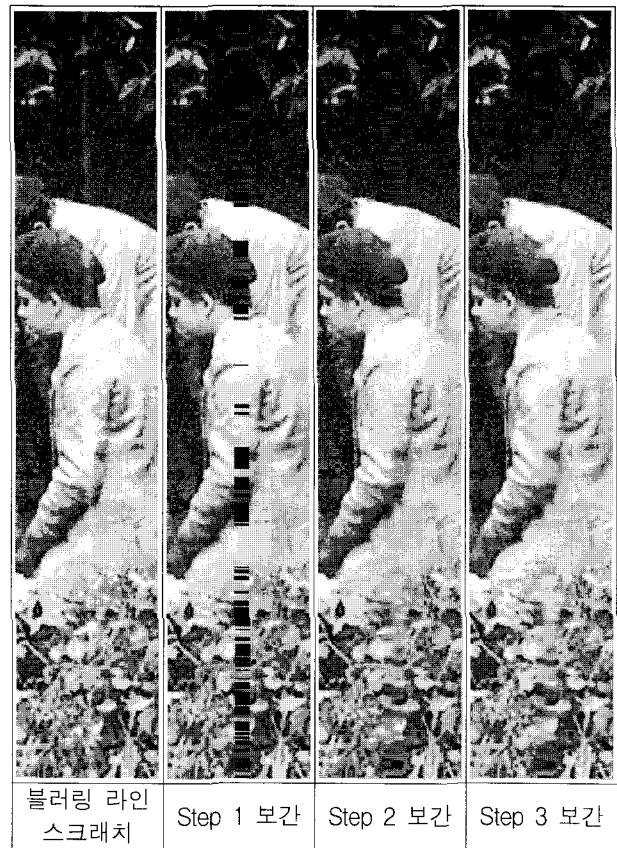


그림 15. Les_allume의 블러링 라인 스크래치 보간 단계
 Fig. 15. Blurring line scratch interpolation steps in Les_allume image.

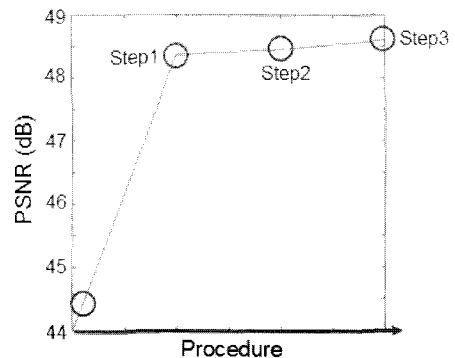


그림 16. 제안 알고리즘의 단계별 PSNR 상승
 Fig. 16. PSNR increment by procedure steps of the proposed algorithm.

IV. 결 론

본 논문에서는 고화질의 멀티미디어 콘텐츠 수요 증가에 따라 고전 영화의 필름에 나타나는 흑,백 라인 스크래치를 검출하고 제거하는 알고리즘을 제안하였다.

제안된 알고리즘에 의해 라인 스크래치가 3단계 절차를 통하여 보완 되었으며, 스크래치 영역의 픽셀 값

이 원 영상의 픽셀 값에 약 14정도 차이로 접근되었으며, PSNR도 44.68에서 48.60으로 4.12가 향상되었다. 그리고 라인 스크래치 영역의 밝기변화가 심한 구간의 보간 후, 가시적인 계단현상이 현저히 감소되었다.

본 연구의 결과는 고전영화의 복원에 크게 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] V. Bruni, D. Vitulano and A. Kokaram, "Line scratches detection and restoration via light diffraction," Image and Signal Processing and Analysis, 2003. ISPA 2003. Proceedings of the 3rd International Symposium on, Volume 1, pp.5-10 Vol.1, 18-20 Sept. 2003.
- [2] V. Bruni, D. Vitulano and A. Kokaram, "Fast removal of line scratches in old movies," Pattern Recognition ICPR 2004 Proceedings of the 17th International Conference on, Volume 4, pp. 827-830, Aug. 2004.
- [3] L. Joyeux, S. Boukir and B. Besserer, "Film line scratch removal using Kalman filtering and Bayesian restoration," Applications of Computer Vision, 2000, Fifth IEEE Workshop on, pp. 8-13, 4-6 Dec. 2000.
- [4] V. Bruni and D. Vitulano, "A generalized model for scratch detection," Image Processing, IEEE Transactions on, Volume 13, Issue 1, pp. 44-50, Jan. 2004.
- [5] 김경태, 김은이, "신경망 기반의 텍처 분류기를 이용한 스크래치 검출," 대한전자공학회 CI 43권 제 6호, pp. 26-33, 2006. 11.
- [6] L. Joyeux, S. Boukir and B. Besserer, "Film line scratch removal using Kalman filtering and Bayesian restoration," Applications of Computer Vision, 2000, Fifth IEEE Workshop on, pp. 8-13, 4-6 Dec. 2000.
- [7] L. Maddalena, "Efficient methods for scratch removal in image sequences," Image Analysis and Processing, 2001. Proceedings. 11th International Conference on, pp. 547-552, 26-28 Sept. 2001.
- [8] V. Bruni and D. Vitulano, "Scratch detection via underdamped harmonic motion," Pattern Recognition, 2002. Proceedings. 16th International Conference on, Volume 3, pp. 887-890, 11-15 Aug. 2002.
- [9] Shih, T. K., Lin, L. H. and Wonjun Lee, "Detection and Removal of Long Scratch Lines in Aged Films," Multimedia and Expo, 2006

IEEE International Conference on, pp. 477-480, July 2006

- [10] L. Maddalena, "Efficient methods for scratch removal in image sequences," Image Analysis and Processing, 2001. Proceedings. 11th International Conference on, pp. 547-552, 26-28 Sept. 2001.

저자 소개



이 강 현(평생회원)-교신저자

1979년, 1981년 조선대학교 전자공학과 공학사 및 석사

1991년 아주대학교 대학원 공학박사

1977년~현재 조선대학교 교수

1991년, 1994년 미 스탠포드대 CRC 협동연구원.

1996년 호주시드니대 SEDAL 객원교수

2000년~현재 한국 멀티미디어 기술사 협회 이사

2002년 영국 런던대 객원교수

2002년 대한전자공학회 멀티미디어연구회전문위원장

2003년 한국 인터넷 방송/TV 학회 수석부회장

2003년~현재 대한전자공학회 정보화위원회 이사

2005년~현재 :조선대학교 RIS지원 사업단장

<주관심분야 : 멀티미디어 시스템 설계, Ubiquitous convergence, 디지털 시네마 DRM>