

유리 개방형 균일 B 스플라인 곡선을 이용한 블록 효과 감소

김희정[†] · 김지홍^{**}

요 약

본 논문에서는 유리 B 스플라인 곡선을 이용한 새로운 블록 효과 감소 방법을 제안한다. 블록 효과는 매우 낮은 비트율로 블록 기반 부호화 방식을 수행할 때 복원 영상에서 나타나는 블록 형태의 왜곡을 의미한다. 제안된 기법에서는 컴퓨터 그래픽스 분야에서 제어점을 근사하는 부드러운 곡선을 생성하기 위해 사용되는 유리 B 스플라인 곡선을 이용하여 블록 효과를 감소시킨다. 즉 블록 경계 영역의 화소들을 제어점으로 사용하며, 처리될 화소와 블록 경계 간의 거리에 따라 가중치를 차등적으로 설정함으로써 블록 효과가 효율적으로 감소되도록 한다.

모의 실험은 제안된 방법이 기존 방법들에 비해 우수한 블록효과 감소 성능을 가지는 것을 나타낸다.

Reduction of Blocking Effect using a Rational Open Uniform B-Spline Curve

Hee-Jung Kim[†] and Ji-Hong Kim^{**}

ABSTRACT

In this paper, we propose a novel blocking effect reduction method based on a rational B-spline. The blocking effect results from independent coding of each image block and becomes highly visible especially coded at very low bit rates. The proposed approach adopts a rational open uniform B-spline curve that used to produce a smooth curve through a set of control points. The pixels on the block boundary are treated as control points, and the weight values, which decide the shape of curve, are determined differentially by considering the distance the position of the pixels and that of the block boundary.

The simulation results show that the proposed method has excellent performance for all pattern of the blocking effect with less computational complexity.

Key words: 유리 B 스플라인 곡선, 블록 효과

1. 서 론

블록 기반 부호화방식은 임의형태 영상영역 부호화방식(arbitrarily-shaped image segment coding)과는 달리 입력 영상을 서로 중복되지 않는 일정한 크기의 블록으로 분할한 후 각 블록에 대해 독립적으로 부호화 과정을 수행한다. 즉 영상이나 비디오 열의 각 프레임을 4×4 , 8×8 또는 16×16 화소 단위로

분할한 후 각 블록에 대해 움직임 추정, 변환 부호화, 양자화 등의 부호화 기법을 적용하는 방식으로 수행한다. 일반적으로 블록 기반 부호화 기법은 알고리즘의 단순성에 비해 매우 높은 압축 성능을 가진다. 그러나 블록간의 지역적 상관성이 고려되지 않고 각 블록이 독립적으로 처리되므로 인접 블록들 간의 경계 영역에서 연속성이 깨어져 복원 영상에서 블록 형태의 왜곡이 일어날 수 있는데, 이러한 현상을 블록 효과(blocking effect, block artifact)라고 한다[1]. 블록 효과는 높은 압축률로 블록 기반 부호화 방법을

[†] 준회원, 부산외국어대학교 대학원 전자컴퓨터공학과

^{**} 정회원, 동의대학교 컴퓨터영상공학부 조교수

실행할 경우 필연적으로 일어나며, 압축률 향상의 가장 큰 어려움 중의 하나이다.

블록 효과를 감소시키기 위한 다양한 기법들이 연구되어 왔다. 이러한 블록 효과 감소 기법들은 전체 블록 기반 부호화 과정에서 적용되는 위치에 따라 전처리 기법(preprocessing method)과 후처리 기법(postprocessing method)으로 분류된다[2,3]. 전처리 기법은 영상 부호화 과정에서 적용되는 블록 효과 감소 기법을 의미하며, 그 종류에는 블록들 간의 상관성을 유지하기 위해서 블록 형성 시 인접한 블록이 부분적으로 서로 중복되도록 설정하는 방식인 블록 중복기법, LOT(Lapped Orthogonal Transform)를 사용하여 블록 중복 방법에 비해 비트율의 증가 없이 블록 효과를 감소시키는 LOT기법 등을 들 수 있다[4]. 후처리 기법은 복원 영상에 적용되는 기법들을 통칭하며, 그 종류에는 입력 영상의 고주파 성분을 제거하고 저주파 성분만을 보존하는 가우시안 저역 통과 필터(Gaussian lowpass filter, GLPF), 영상의 특성에 적응적으로 부합하는 필터 계수를 사용하는 적응적 필터 방법(adaptive filter method), 블록의 특성에 따라 설정된 임계치를 기준으로 1차원의 서로 다른 필터 계수를 블록 내부와 경계 영역에 각각 적용시켜 블록의 내부보다 블록 경계부분을 좀 더 평탄화시키는 평균적 임계 필터(average threshold filter) 등이 있다[5].

본 논문에서는 후처리 기법에 포함되는 새로운 블록 효과 감소 기법을 제안한다. 제안된 기법에서는 컴퓨터 그래픽스 분야에서 부드러운 곡선을 생성하거나 영상처리 분야에서 내삽(interpolation) 또는 물체의 경계 표현을 위해 사용되는 스플라인 곡선(spline curve)의 생성 방법을 이용한다[6~8]. 스플라인 곡선은 제어점(control point)을 통과하는 보간 스플라인 곡선과 제어점을 근사하는 근사 스플라인 곡선으로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 근사 스플라인 곡선 중의 하나인 유리 B 스플라인 곡선을 이용하여 블록 효과를 감소시키고자 한다. 블록 효과가 있는 블록 경계 영역의 화소값들을 제어점으로 설정하고, 이들에 대하여 유리 B 스플라인 곡선을 작성한다. 그리고 제어점 위치에 대응하는 유리 B 스플라인 곡선상의 위치 함수값을 블록 경계 영역의 화소값으로 대체함으로써 블록 효과를 감소시킨다.

본 논문의 2장에서는 유리 B 스플라인 곡선을 이

용한 블록 효과 제거에 대하여 기술하며, 3장에서는 제안된 기법을 적용한 모의 실험을 수행하고 기존 기법들과의 성능을 비교 분석한다. 마지막으로 4장의 결론으로 논문을 맺는다.

2. 유리 B 스플라인 곡선을 이용한 블록 효과 제거

2.1 유리 B 스플라인 곡선

유리 B 스플라인은 두 B 스플라인의 비(ratio)를 의미하며, 먼저 B 스플라인은 다음과 같다.

$n+1$ 개의 제어점을 $\mathbf{p}_0 \sim \mathbf{p}_n$ 으로 표기할 때 B 스플라인 곡선 함수 $\mathbf{P}(u)$ 는

$$\mathbf{P}(u) = \sum_{k=0}^n \mathbf{p}_k \cdot B_{k,d}(u), \quad u_{\min} \leq u \leq u_{\max}, \quad 2 \leq d \leq n+1 \quad (1)$$

로 표기된다[6]. 여기서 $B_{k,d}(u)$ 는 $d-1$ 차수의 블렌딩 함수(blending function)를 나타내며, u 의 최대값 u_{\max} 와 최소값 u_{\min} 은 사용자가 임의로 정의할 수 있다. 그리고 블렌딩 함수의 차수와 연관된 d 는 2와 $n+1$ 사이에 있는 임의의 정수로 선택할 수 있다. 특히 블렌딩 함수는 u 의 전 범위 중에서 d 개의 부 구간(subinterval)에서만 정의 가능하며,

$$B_{k,d}(u) = \begin{cases} 1 & ; u_k \leq u \leq u_{k+1} \\ 0 & ; \text{그외} \end{cases} \quad (2)$$

$$B_{k,d}(u) = \frac{u - u_k}{u_{k+d-1} - u_k} B_{k,d-1}(u) + \frac{u_{k+d} - u}{u_{k+d} - u_{k+1}} B_{k+1,d-1}(u)$$

와 같다. u 의 구간 분할 방식은 전 구간을 $n+a$ 개의 부 구간으로 분할하는 것이다. 부 구간의 각 끝점 u_k 를 노트 값(knot value)이라고 하고, $u_k \leq u_{j+1}$ 의 조건 하에서 임의로 선택될 수 있으며 노트 값들의 집합 $\{u_0, u_1, u_2, \dots, u_{n+d}\}$ 을 노트 벡터(knot vector)라고 한다.

B 스플라인 곡선은 설정된 노트 값의 특성에 따라 균일 B 스플라인(uniform B-spline) 곡선, 비균일 B 스플라인(nonuniform B-spline) 곡선, 개방형 균일 B 스플라인(open uniform B-spline) 곡선으로 분류된다. 먼저 균일 B 스플라인 곡선은 노트 값들의 간격이 균일하며, 블렌딩 함수는 주기 함수이다. 따라서 모든 블렌딩 함수의 형태는 동일하며 정의되는 영역만 서로 다른 특징이 있다. 그리고 비균일 B 스플

플라인 곡선은 노트 값들 간의 간격이 균일하지 않는 스플라인 곡선을 의미하며, 그 결과 블렌딩 함수는 다양한 형태를 가진다. 개방형 균일 B 스플라인은 노트 벡터에서 양 끝의 a 개씩의 노트 값들이 서로 동일하고 나머지 노트 값들은 균일한 값 차이를 갖는 B 스플라인 곡선을 의미한다. 정수값을 갖는 개방형 균일 노트 벡터는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$u_j = \begin{cases} 0 & \text{for } 0 \leq j < d \\ j-d+1 & \text{for } d \leq j \leq n \\ n-d+2 & \text{for } j < n \end{cases} \quad (3)$$

식 (3)과 같이 초기 d 개의 노트 값은 0이고, 마지막 d 개의 노트 값은 $n-d+2$ 를 나타낸다. 예로서 $n=d=4$ 인 경우 $\{0, 0, 0, 0, 1, 2, 2, 2, 2\}$ 등을 들 수 있다. 개방형 균일 B 스플라인의 주요 특징은 스플라인 곡선이 양 끝의 제어점을 통과하며, 또한 양 끝의 제어점에서 곡선 기울기는 이들과 인접한 제어점을 잇는 직선에 평행하다는 것이다.

유리 B 스플라인은 두 개의 B 스플라인 함수의 비를 나타내며,

$$P(u) = \frac{\sum_{k=0}^n w_k P_k B_{k,d}(u)}{\sum_{k=0}^n w_k B_{k,d}(u)} \quad (4)$$

와 같이 정의된다. 식 (4)에서 파라미터 w_k 는 각 제어점에 대한 가중치이다. 이 가중치를 이용하여 곡선의 형태를 조정할 수 있으며, 모든 가중치가 1인 경우 식 (4)에서 분모는 1이 되므로, 유리 B 스플라인 곡선은 표준 B 스플라인 곡선과 동일하게 된다.

2.2 블록효과 감소를 위한 유리 B 스플라인 곡선의 적용

본 논문에서는 블록 효과의 감소를 위해 유리 개방형 균일 B 스플라인 곡선을 이용한다. 그 이유는 개방형 균일 B 스플라인 곡선이 제어점으로 사용될 블록 경계의 화소들 중 양 끝의 화소값을 통과하는 장점을 가지기 때문이다. 또한 블록 효과 감소를 위해 인접한 블록들의 화소들 중 블록 경계를 기준으로 2개씩의 화소값을 조정한다. 따라서 제어점의 수를 6으로 선택하며 곡선 함수의 계산량을 감소시키기 위해 스플라인 곡선의 차수를 3으로 설정한다. 그리고 가중치 w_k 는 처리될 화소와 블록 경계 간의 거리

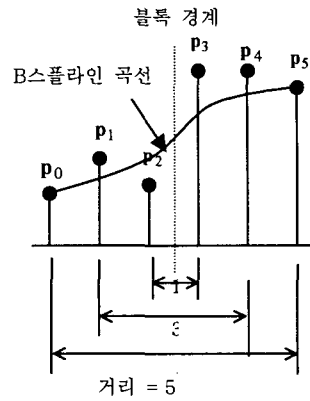


그림1. B 스플라인 곡선과 가중치 적용 예

를 고려하여 차등적으로 설정되도록 한다. 즉 각 제어점에서의 가중치는 블록 경계에서 동일 위치에 있는 화소값의 절대차(absolute difference)와 거리의 비율로 설정한다.

즉 그림 1에서 보는 것처럼 제어점 P_0 와 P_5 , P_1 과 P_4 , P_2 와 P_3 이 블록 경계를 기준으로 서로 동일한 위치에 존재하며 각각 5, 3, 1의 거리를 가지므로, 각 제어점에 대한 가중치는

$$\begin{aligned} w_0 = w_5 &= |P_0 - P_5|/5 \\ w_1 = w_4 &= |P_1 - P_4|/3 \\ w_2 = w_3 &= |P_2 - P_3|/1 \end{aligned} \quad (5)$$

와 같이 설정한다. 그리고 노트 벡터는 식 (3)을 이용하여 $\{0, 0, 0, 0, 1, 2, 3, 3, 3, 3\}$ 로 설정하였다. 따라서 블록 효과 감소를 위해서는 기존 화소값 $P_0 \sim P_5$ 가

$$\begin{aligned} P'_1 &= P(0) \\ P'_2 &= P(3/5) \\ P'_3 &= P(6/5) \\ P'_4 &= P(9/5) \\ P'_5 &= P(12/5) \end{aligned} \quad (6)$$

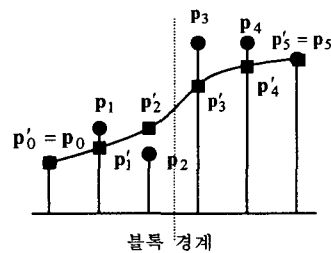


그림2. 위치함수를 이용한 화소값 수정

표 1. 곡선 함수에서의 블렌딩 함수 값

	u=0	3/5	6/5	9/5	12/5	3
$B_{0,4}(u)$	1	0.064	0	0	0	0
$B_{1,4}(u)$	0	0.558	0.128	0.002	0	0
$B_{2,4}(u)$	0	0.558	0.128	0.002	0	0
$B_{3,4}(u)$	0	0.342	0.588	0.282	0.036	0
$B_{4,4}(u)$	0	0	0.002	0.128	0.558	0
$B_{5,4}(u)$	0	0	0	0	0.064	1

로 각각 수정되며, 이를 그림 2에 도시하였다. 따라서 수정된 화소값으로 사용된 곡선 함수의 각 점에서의 블렌딩 함수값은 표 1과 같다.

3. 모의 실험

제안된 방법을 이용하여 시험 영상에 대해 모의 실험하였다. 시험 영상은 JPEG baseline 시스템을 이용하여 다양한 비트율로 압축한 512×512 크기의 Lena 영상들이다. 본 논문에서 제안된 방법과 기존 가우시안 저역통과 필터 방법 및 적응적 분리 중간값 필터(adaptive separable median filter, ASMF) 방법을 적용한 결과를 그림 3에 나타내었다. 이 그림에서 볼 때 시험 영상은 비트율이 저하됨에 따라 PSNR이 급격히 감소되지만, 이러한 시험 영상에 대해 제안된 방법과 가우시안 저역통과 필터 방법을 적용하면 PSNR이 매우 증가되어 대체로 균일하게 되는 것을 알 수 있다. 그리고 적응적 분리 중간값 필터 방법은 블록 효과가 주로 발생하는 약 0.25bpp 이하에서는 PSNR이 증가되지만, 그 이상의 비트율에서는 오히려 PSNR이 감소됨을 볼 수 있다. 또한 가우시안 저역통과 필터 방법은 적응적 분리 중간값 필터 방법에 비해 약 3 dB만큼 우수한 성능을 보이며, 제안된 방법은 가우시안 저역통과 필터 방법에 비해 약 1~2.5dB의 성능 향상을 나타냄을 알 수 있다.

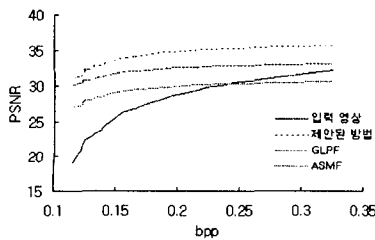


그림 3. 모의실험 결과비교(GLPF: 가우시안 저역통과 필터 방법, ASMF: 적응적 분리 중간값 필터 방법)

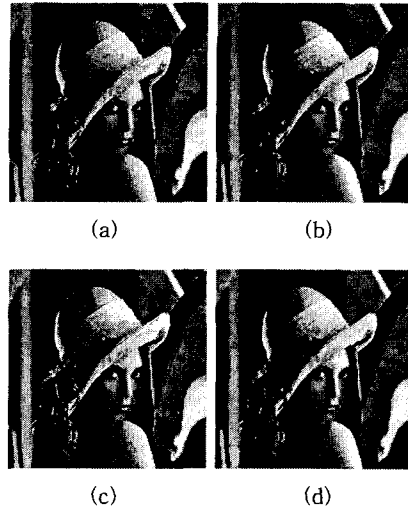


그림 4. 모의실험 결과 영상 (a) 시험 영상 (b) 제안된 방법 (c) 가우시안 저역통과 필터 방법 (d) 적응적 분리 중간값 필터 방법

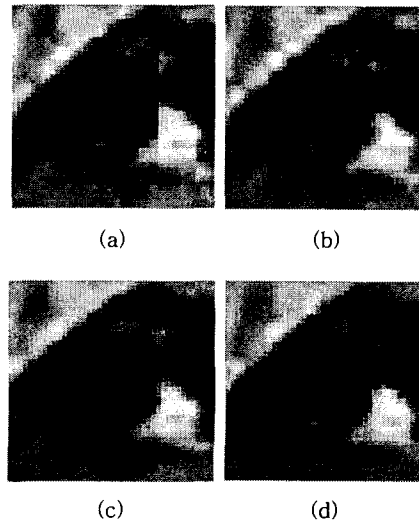


그림 5. 눈 부분의 확대 영상 (a) 시험 영상 (b) 제안된 방법 (c) 가우시안 저역통과 필터 방법 (d) 적응적 분리 중간값 필터 방법

그림 4 (a)의 시험 영상에 대해 다양한 블록 효과 감소 기법을 적용한 결과 영상들을 그림 4 (b), (c), (d)에 각각 나타내었다. 그리고 결과 영상의 각 부분에 대한 확대한 영상을 그림 5~8에 나타내었다. 그림 5는 눈 부분에 대한 모의 실험 결과이다. 그림 5 (a)의 블록 효과를 가진 영상에 대해 그림 5 (b)의 제안된 방법은 블록 효과 감소 기능이 매우 우수한 것을 볼 수 있으며, 그림 5 (c)의 가우시안 저역통과

필터 방법도 비교적 우수한 성능을 나타낸다. 그리고 그림 5 (d)의 적응적 분리 중간값 필터 방법에서는 눈 주위에 직사각형의 블록 효과가 여전히 많이 남아 있으며, 눈동자의 정확한 형태를 알아 볼 수 없다. 제안된 방법과 가우시안 저역통과 필터 방법을 비교하면 고주파 성분이 많이 포함되어 있는 눈동자 부분에서는 블록 효과가 비슷하게 감소되지만, 가우시안 저역통과 필터 방법의 경우 고주파 성분의 제거로 인해 전체적으로 흐릿하게 보이는 몽롱화 현상이 나타나고 있는 것을 볼 수 있다.

그림 6은 어깨 부분에 대한 모의 실험 결과이다. 이 그림에서 볼 때, 제안된 방법은 화소값의 변화가 적은 평탄한 영역에서 기존 방법들에 비해 훨씬 우수한 블록 효과 감소 기능을 나타낸다. 적응적 분리 중간값 필터 방법의 경우 경계 영역에서 여전히 블록 형태의 잡음이 여전히 존재하고 있음을 볼 수 있다. 그리고 가우시안 저역통과 필터 방법의 경우 고주파 성분이 제거됨에 따라 전반적으로 블록 효과는 감소했지만 부분적으로 약간의 블록 효과가 남아 있음을 알 수 있다. 그림 7은 모자 부분에 대한 모의 실험 결과이다. 이 그림에서 볼 때, 제안된 방법은 적응적 분리 중간값 필터 방법에 비해 훨씬 우수한 성능을 나타내고 있다. 그리고 가우시안 저역통과 필터 방법에 비해 블록 효과는 비슷하게 감소되지만, 제안된 방법의 모자 무늬가 좀 더 명확하게 나타나 있음을 알 수 있다.

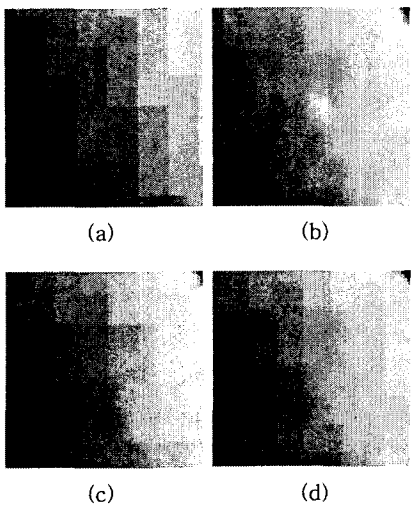


그림 6. 어깨 부분의 확대 영상 (a) 시험 영상 (b) 제안된 방법 (c) 가우시안 저역통과 필터 방법 (d) 적응적 분리 중간값 필터 방법

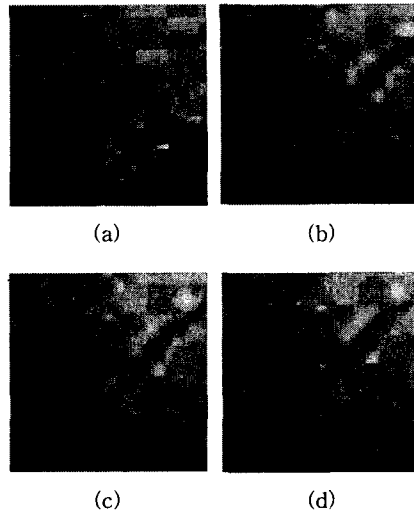


그림 7. 모자 부분의 확대 영상 (a) 시험 영상 (b) 제안된 방법 (c) 가우시안 저역통과 필터 방법 (d) 적응적 분리 중간값 필터 방법

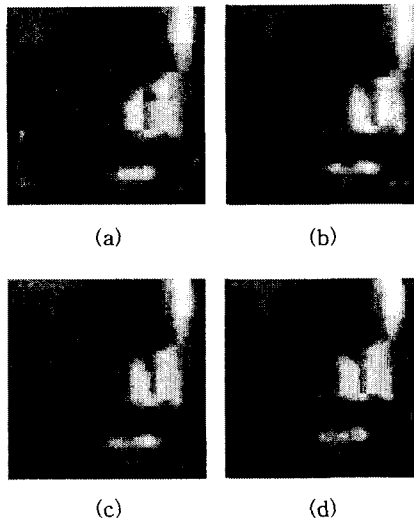


그림 8. 입 부분의 확대 영상 (a) 시험 영상 (b) 제안된 방법 (c) 가우시안 저역통과 필터 방법 (d) 적응적 분리 중간값 필터 방법

그림 8은 입과 코 부분에 대한 모의 실험 결과이다. 이 그림에서 볼 때, 제안된 방법은 적응적 분리 중간값 필터 방법에 비해 블록 감소 효과가 우수한 것을 쉽게 알 수 있다. 그리고 가우시안 저역통과 필터 방법의 경우 입 주변과 얼굴 부분에 약간의 블록 효과가 잔존함을 볼 수 있다.

제안된 방법과 기존 방법 적용 시 소요되는 계산량은 표 2와 같다. 표 2의 계산량은 각 블록에서 블록

방법	가산	감산	승산	제산	비고
GLPF	1024	0	1280	0	
ASMF	832	0	640	320	화소 정렬 과정 제외
제안된 방법	768	0	1024	0	

경계의 2화소씩에 대해 블록 효과 감소 기법을 적용한 경우의 소요 계산량을 나타낸다.

표 2에서 적응적 분리 중간값 필터 방법에서는 블록 경계의 화소들에 대한 정렬(sorting) 과정에서 필요한 계산량은 제외되었다. 이러한 점을 감안할 때, 소요 계산량은 제안된 방법, 가우시안 저역통과 필터 방법, 적응적 분리 중간값 필터 방법의 순으로 증가됨을 볼 수 있다.

이상의 모의 실험 결과를 통해 본 논문에서 제안된 방법이 가우시안 저역통과 필터 방법과 적응적 분리 중간값 필터 방법 등 기존 기법들에 비해 소요 계산량이 가장 적을 뿐 아니라, 매우 우수한 블록 효과 감소 기능을 가진 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 컴퓨터 그래픽스에서 부드러운 곡선을 생성하기 위해 사용되고 있는 유리 개방형 균일 B 스플라인 곡선을 이용하여 블록 효과를 감소시키는 방법을 제안하였다. 유리 개방형 균일 B 스플라인 적용 시 가중치를 처리될 화소와 블록 경계 간의 거리에 따라 차등적으로 산정하였으며, 이로부터 생성된 곡선함수에서의 특정한 점의 좌표값을 블록 경계 영역의 화소값으로 대체함으로써 블록 효과를 감소시켰다.

제안된 알고리즘은 블록 경계 영역에 위치하는 수평 또는 수직방향의 모든 화소들에 대해 단일 스플라인 곡선을 적용함으로써 기존 방법들에 비해 적용 과정이 단순화되었으며, 또한 블록 효과 제거 성능이 우수하다는 특징을 갖는다.

참 고 문 헌

[1] Jae S. Lim, *Two-Dimensional Signal And*

Image Processing, Prentice-Hall, Inc., 1990.
 [2] H. C. Reeves and J. S. Lim, Reduction of Blocking Effects in Imaging Coding, *Opt. Eng.* vol 23, pp. 299-302, Feb. 1993.
 [3] T. Jarske, P. Haavisto, and I. Defee, Postfiltering Methods for Reducing Blocking Effects, *IEEE Trans. Acoust., Speech, Sig. Proc.*, vol.40, no.3, pp.521-526, Aug.1994.
 [4] H. S. Malvar and D. H. Staelin, The LOT : Transform Coding Without Blocking Effects, *IEEE Trans. Acoust., Speech, Sig. Proc.*, vol.37, no.4, pp.553-559, Apr. 1994.
 [5] Y- F Hsu and Y-C Chen, A New Adaptive Separable Median Filter for Removing Blocking Effects, *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 39, no. 3, pp.510-513, Aug. 1993.
 [6] D. Hearn and M. P. Baker, *Computer Graphics*, Prentice-Hall, Inc., 1997.
 [7] A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice-Hall, Inc., 1989.
 [8] G. C. Stockman and L. G. Shapiro, *Computer Vision*, Prentice-Hall, Inc., 2001.
 [9] 박창현, 압축 영상의 블록화 현상 제거를 위한 후처리 기법에 관한 연구, 포항공과대학교 석사 학위논문, 1996.
 [10] D. F. Rogers and J. A. Adams, *Mathematical Elements for Computer Graphics*, McGraw-Hill Publishing Co., 1990.



김 희 정

1996년 2월 부산외국어대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
 1999년 8월 부산외국어대학교 교육대학원 전산교육전공 (교육학석사)
 2001년 3월~현재 부산외국어대학교 대학원 전자컴퓨터

공학과 재학

관심분야 : 영상통신, 컴퓨터그래픽스, 컴퓨터애니메이션



김 지 흥

1986년 2월 경북대학교 전자공학
과(공학사)

1988년 2월 경북대학교 대학원
전자공학과(공학석사)

1996년 8월 포항공과대학교 대학
원 전자전기공학과
(공학박사)

1988년 2월~1997년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
1997년 3월~2002년 2월 부산외국어대학교 컴퓨터전자
공학부 조교수

2002년 3월~현재 동의대학교 컴퓨터영상공학부 조교수
관심분야 : 영상통신, 컴퓨터그래픽스, 컴퓨터비전