

새로운 에지 방향 보간법을 이용한 개선된 디인터레이싱 알고리즘

손주영[†], 이동호^{**}

요 약

본 논문에서는 새로운 에지 방향 보간법을 이용한 디인터레이싱 알고리즘에서의 단점인 큰 복잡도와 완만한 에지에서의 보간 성능을 향상시키는 알고리즘을 제안한다. 완만한 에지에서의 보간 성능을 향상시키기 위해 인접한 참조 화소의 수를 증가시켰으며, 이로 인해 발생 되는 화질 열화를 줄여주기 위해 인접한 패턴을 검색한 후 적용적으로 인접 참조 화소 수를 적용하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 많은 연산량을 줄여주기 위해 에지영역 이외의 부분에서는 연산량이 작은 간단한 알고리즘을 적용하였다. 다양한 영상을 통한 모의 실험에서 기존의 알고리즘 보다 객관적 주관적 화질에서 개선된 성능을 보인다.

An Enhanced Deinterlacing Algorithm using New Edge-Directed Interpolation

Joo Young Son[†], Dong Ho Lee^{**}

ABSTRACT

This paper proposes a method to reduce the complexity and improve the performance for gentle-slope edges which is the disadvantage of deinterlacing algorithm using the new edge-directed interpolation. To improve the performance for gentle-slope edges, the proposed algorithm increases the number of neighboring reference pixels. To reduce the artifacts and the computational complexity, the proposed algorithm adaptively determines the number of neighboring reference pixels. With computer simulations for a variety of images, it shows that the proposed algorithm provides improved performance in PSNR and subjective evaluation compared with the existing algorithm.

Key words: Edge(에지), Interpolation(보간), Deinterlacing(디인터레이싱), Edge-directed(에지 방향), Correlation(상관성)

1. 서 론

다양한 디지털 비디오 시스템이 개발됨에 따라 다양한 비디오 표준 포맷들이 등장하였으며 그 포맷들을 지원하기 위한 디인터레이싱은 현재 DTV 개발에 있어서 필수적인 요소로 등장하게 되었다. 기존의 비

율 주사 방식은 여러 가지 문제점이 발견되어 왔으며 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 다양한 디인터레이싱 방법이 대두되어 왔고 현재까지 제시되고 있다[1].

디인터레이싱 방법에는 크게 MC(Motion Compensation) 방법과 NO-MC(No Motion Compensa-

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이동호, 주소 : 경기도 안산시 상록구 사3동 1271(426-791), 전화 : 031)400-5216, FAX : 031)418-9124, E-mail : dhlee@image.hanyang.ac.kr
접수일 : 2009년 3월 5일, 완료일 : 2009년 5월 16일

[†] 정회원, 삼성전자 DMC 연구소 연구원

(E-mail : jy0609.son@samsung.com)

^{**} 정회원, 한양대학교 전자및통신공학전공 교수

※ 본 연구는 IT SoC 핵심설계인력양성 사업 지원으로 수행되었음

tion) 방법이 있다. NO-MC 방법 중 화면 내 프레임 보간의 경우에는 계산량이 간단하여 실시간 구현이 가능하므로 많은 경우에 있어서 사용되고 있다. 최근에 화면 내 디인터레이싱 방법은 에지의 방향성을 고려한 다양한 공간 필터를 제시하고 있다. 에지의 방향성을 고려하는 방법으로 가장 많이 사용하는 방법이 ELA(Edge-based Line Average)이다. ELA는 간단한 계산과 구현의 용이성으로 널리 사용하고 있지만 작은 화소 값의 변화에 민감하고 45도 보다 크거나 작은 각도의 에지에 대해서는 성능이 저하되는 단점이 있다[2-4].

반면, 보간 화소 주변의 에지를 찾고 방향성을 예측하기 위해 least square error 이론을 이용하여 에지를 검출하여 보간 하는 새로운 에지 방향 보간법(NEDI:New Edge-Directed Interpolation)이 있다. 이러한 NEDI 방법을 이용한 디인터레이싱이 제안되었지만 화소들의 상관도를 이용하기 때문에 비교적 좋은 성능을 내지만, 계산량이 많고, 완만한 각도의 에지나 라인에서는 보간 성능이 저하 되는 단점이 있다[5,6].

본 논문에서는 위에서 언급한 새로운 에지 방향 보간법을 이용한 디인터레이싱 알고리즘의 단점인 완만한 에지에서의 보간 성능을 향상시키기 위해 인접 참조 화소 수를 적응적으로 적용하였으며, 많은 계산량을 줄이기 위해 영역에 따른 선택적인 알고리즘을 적용하는 방법을 제안한다. 본 논문의 2장에서는 기존의 새로운 에지 방향 보간법과 이를 이용한 디인터레이싱 알고리즘에 대해서 살펴보고, 3장에서는 2장에서 언급한 알고리즘의 한계성을 보완하는 방법을 제안하였다. 그리고 4장에서 주관적 화질 비교를 통한 제안하는 알고리즘의 성능을 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 기존의 디인터레이싱 알고리즘

새로운 에지 방향 보간 알고리즘(NEDI)은 영상 국부 영역의 상관도를 이용하여 영상을 보간하는 방법으로 주위에 존재하는 화소들 사이의 상관관계를 통하여 보간하는 방법이다. 그림 1과 같이 저해상도 영상으로부터 고해상도 영상을 보간할 때에 인접한 4개의 화소에 대한 적절한 최적계수를 이용하여 보간한다. 최적계수는 이미 존재하고 있는 주변의 M개

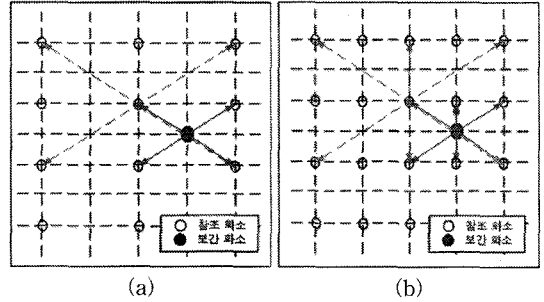


그림 1. (a) NEDI 알고리즘 (b) NEDI 알고리즘을 이용한 디인터레이싱 알고리즘

의 training pixel이 보간화소 주변의 참조화소와 유사하게 인접한 4개의 화소와의 관계를 최소자승법을 이용하여 계산한다. 이렇게 구한 최적계수는 그림 1과 같은 기하학적 상대성을 고려하면 고해상도 영상에 적용할 수 있다. 따라서 보간 화소는 식(1)에 따라 구해질 수 있다[6].

$$\hat{Y}_{2i+1,2j+1} = \sum_{k=0}^1 \sum_{l=0}^1 a_{2k+l} Y_{2(i+k),2(j+l)} \quad (1)$$

앞에서 언급한 NEDI 방법은 가로축 해상도와 세로축 해상도를 각각 두 배씩 늘려주어 저해상도 영상으로부터 고해상도 영상을 얻게 되는 방법으로 보간 화소에 인접하는 참조화소가 4개가 되며, training pixel들의 주변 4개 화소와의 상관관계로 최적계수를 계산한다. 그러므로 최적 계수를 계산할 때 수직 방향의 화소를 이용하지 않는다. 그러나 디인터레이싱 알고리즘의 경우 세로축 해상도만 두배로 늘려주게 되며, 수직방향의 화소가 이미 존재 하게 되므로 디인터레이싱에 효과적으로 적용하기 위해 최적계수를 계산할 때 수직방향의 화소를 추가적으로 포함한다. 그림 1과 같이 보간화소에 인접하는 참조화소가 6개가 되며, training pixel들의 주변 6개 화소와의 상관관계로 최적 계수를 계산한다[7].

이러한 새로운 에지 방향 보간법을 이용한 디인터레이싱 알고리즘은 보간시 최적계수를 도출해 내는데 사용되는 참조화소가 6개이므로 45° 미만의 완만한 각도의 수평 방향성의 패턴에서 성능이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 그리고 최적계수를 계산할 때 training window 크기의 행렬 단위로 역함수를 보간 화소 마다 계산하게 되므로 상당히 많은 연산량이 요구된다.

3. 제안하는 디인터레이싱 알고리즘

3.1 인접 참조 화소 수의 증가

기존 알고리즘의 수평방향성 패턴에서 성능이 떨어지는 한계점을 보완하기 위해 training window 크기와 인접 참조 화소 수를 증가시켰다.

기존의 알고리즘에서 최적계수를 계산할 때 training window의 크기가 작게 되면 노이즈가 발생하게 되어 보간 성능이 크게 떨어진다. 반면 training window의 크기가 클수록 가장 정확한 최적계수를 계산할 수 있지만 그에 따른 연산량이 굉장히 많아지게 된다. 본 논문에서는 training window의 크기가 작게 되어 발생하는 열화가 최소가 되어 예지 패턴에 영향을 가장 덜 미치는 training window 크기를 실험적으로 15×14로 정했다. 또한 그림 2처럼, 기존의 알고리즘에서 보간화소에 인접한 6개의 화소에 대해 계산된 최적계수를 적용하는 대신에 완전한 각도의 수평 방향성 패턴을 고려할 수 있도록 주변 10개 또는 14개의 화소에 최적계수를 적용하도록 하였다. 또한 이에 맞춰 training window 내의 화소가 보간 화소 주변의 참조화소와 유사하게 인접해 있는 10개 또는 14개 화소와의 상관관계를 이용하여 최소자승 방법으로 최적계수를 계산하게 된다.

3.2 인접 참조 화소 수의 적응적인 적용

알고리즘에서 인접 참조 화소 수를 증가 시키면

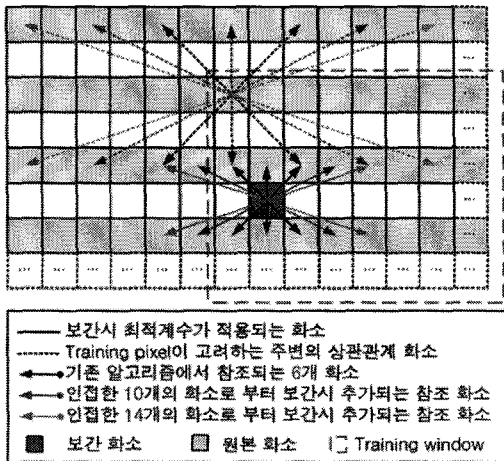


그림 2. 인접 참조화소 수의 증가와 training pixel이 고려하는 주변의 상관관계 화소

수평 방향성의 패턴에 대해서 대체적으로 주관적 성능이 향상되지만, 참조하는 화소들의 위치가 좌우로 넓어짐에 따라서 인접하는 다른 패턴이 있을 경우 화질의 열화가 발생한다. 이런 이유로 발생하는 열화를 최소화하기 위해 인접하는 다른 패턴의 유무나 거리에 따라 참조 화소 수를 적응적으로 증가 시키는 방법을 제안한다.

먼저 보간 화소를 중심으로 화소 간의 차분 값으로 인접해 있는 패턴이 있는지를 판단한다. 그림 3과 그림 4와 같이 윗 라인과 아랫 라인 각각에 대해서 차분 값을 계산하는데 보간 화소를 기준으로 왼쪽과 오른쪽에서 기존의 알고리즘에서 참조하는 화소 중 최 외곽에 위치하는 참조 화소(P1)와 인접 참조 화소 수를 10개로 증가시켰을 때 참조하는 화소 중 최 외곽에 위치하는 참조 화소(P2)간의 차분 값을 구한다. 이 차분 값의 합이 일정한 임계값(THR)을 넘게 되면 인접한 패턴이 P2를 지난다고 판단하여 인접 참조 화소 수를 6개로 제한한다. 임계값(THR)을 넘지 않게 되면 10개로 증가 시킨 후 참조되는 인접 화소 중 최 외곽에 위치하는 화소(P2)와 인접 참조 화소 수를 14개로 증가시켰을 때 참조하는 화소 중 최 외

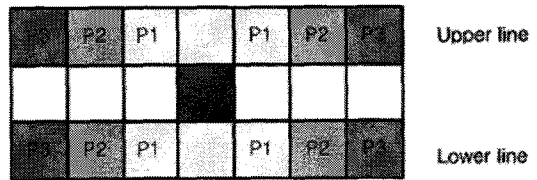


그림 3. 인접 참조 화소간의 차분 값

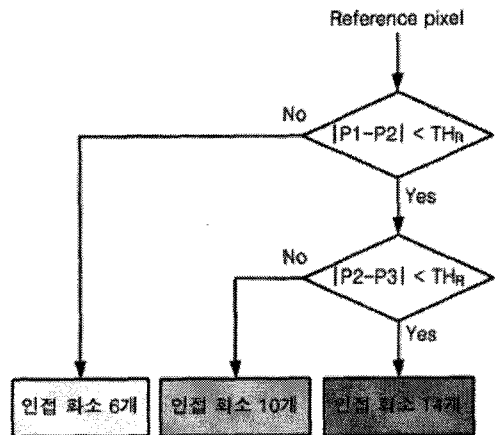


그림 4. 적응적인 인접 참조 화소 수 적용 알고리즘

픽에 위치하는 화소(P3)간의 차분 값을 구한다. 보간 화소 기준으로 왼쪽과 오른쪽의 차분 값의 합이 임계값(THR)을 넘게 되면 P3위치로 인접한 패턴이 지난다고 판단하고 인접 참조 화소수를 10개로 제한한다. 만약에 이번 차분 값도 임계값을 넘지 않게 되면 최대 적용 가능한 인접 참조 화소 수인 14개를 적용한다. 그리고 윗 라인과 아랫 라인 각 각에 대해서 해당 화소간의 차분 값으로 정해진 인접 참조 화소가 다른 경우, 참조하는 화소 수가 작은 것을 택하여 적용한다.

여기서 고정된 임계값(THR)을 적용할 경우 영상 전체의 명암도 분포에 따라 발생된 열화를 효과적으로 줄이지 못하게 되고, 앞서 제안했던 수평방향성의 패턴에서의 성능도 줄어들게 된다. 따라서 임계값을 결정하는데 있어, 명암도 분포에 따라 임계값을 계산하는 방법을 적용하였다. 이 방법은 영상 전체의 명암도 분포를 통해 화소들을 두 영역으로 나누어 준다. 이 방법을 살펴보면,

- (1) 초기값 T를 입력한다.
- (2) T를 이용하여 영상 전체의 화소들을 두 영역으로 나눈 뒤 각 영역에서의 평균값을 구한다.
- (3) (2)에서 구한 두 영역에서의 평균값의 평균값을 새로운 T로 입력한다.
- (4) T값이 이전의 T값과의 차가 1보다 작을 때까지 (2)번부터의 과정을 반복한다.

그림 5과 같이 이렇게 정해진 T값을 중심으로 나뉜 두 영역의 평균의 차를 임계값(THR)으로 해서 인접한 패턴의 유무를 결정하고 그에 따른 적당한 인접 참조 화소 수를 결정하도록 하였다. 이렇게 함으로써 적용적으로 인접 참조 화소 수를 결정할 때 영상 전체의 명암도가 미치는 영향을 줄일 수 있게 된다.

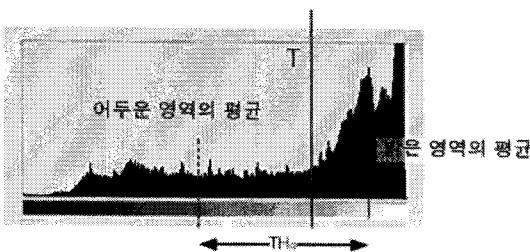


그림 5. 영상의 명암도 분포에 따른 적응적인 임계값

3.3 선택적인 알고리즘 적용

기존 알고리즘의 또 다른 한계점인 연산 량을 줄여주기 위해 영상의 특성에 따라 영역을 구분하여 선택적으로 알고리즘을 적용하도록 제안하였다. 전체 영상을 소벨 연산자를 적용한 후 실험을 통해 결정된 임계값(=15)을 이용하여 에지영역과 평탄영역의 두 영역으로 구분하였다. 이렇게 필드 영상에서 검출된 에지영역에 대하여 한 화소씩 좌우로 확장해 줌으로서 프레임 영상에 대해서 에지영역과 평탄영역으로 분리하였다. 그런 후에 보간하려는 화소가 에지 영역 일 경우에는 제안하는 디인터레이싱 알고리즘을 적용하였고, 평탄 영역일 경우에는 Line Average 같은 간단한 알고리즘을 적용하였다. 이렇게 적용 적으로 적용할 경우에 에지 영역에 대해서만 본 논문에서 제안하는 복잡한 알고리즘을 적용하고 평탄 영역에서는 성능 상 차이가 없는 Line Average를 적용함으로써 비슷한 성능을 유지하면서 연산량은 대폭 줄이는 효과를 얻을 수 있었다.

4. 모의실험

이번 장에서는 제안하는 알고리즘의 성능 분석을 위해 기존의 새로운 에지 방향 보간법(인접 참조 화소가 6개인 경우) 이용한 디인터레이싱 알고리즘, 인접참조화소 수를 14개로 증가시킨 알고리즘과 제안하는 알고리즘을 비교하였다. 디인터레이싱과 관련하여 많은 연구 결과가 제시되었지만 기존의 에지 방향 보간법을 이용한 알고리즘에서 기존의 다른 방법 들에 비해 성능의 우수함을 보였기 때문에 본 논문에서는 기존의 에지 방향 보간법을 이용한 알고리즘을 구현하여 성능을 비교하였다.

객관적 화질 평가를 위하여 다양한 표준영상에 대해 PSNR을 측정하여 비교하였고, 주관적 화질 평가를 위해서 그림 6에서는 라인 패턴이 인접해 있는 영상을, 그림 7에서는 수평 방향성의 에지와 라인 패턴이 있는 영상을 테스트 하였으며, 복잡도 비교를 위해 알고리즘이 걸리는 시간을 측정해서 비교하였다. 테스트에 사용된 PC의 성능은 Intel core2 Duo CPU 1.86Ghz, 1GB RAM이다.

그림 6(c)는 인접 참조 화소 수를 14개로 확장하여 적용한 결과로서 기존에 제안된 인접 참조 화소 수가 6개인 알고리즘의 결과인 그림 6(b)에 비해 해상도

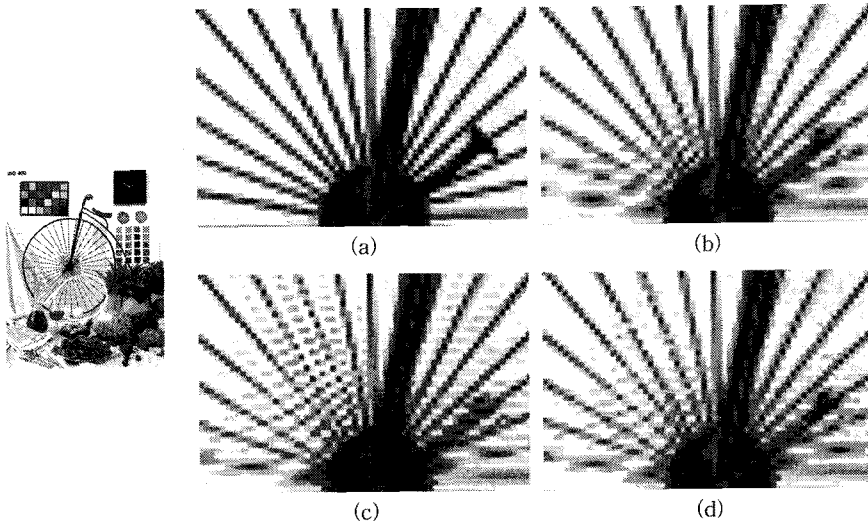


그림 6. Bike(400×500) 영상에서의 모의 실험 결과 (a) original (b) 기존 알고리즘 (c) 인접 참조 축소 수 증가(14개) (d) 제안하는 알고리즘

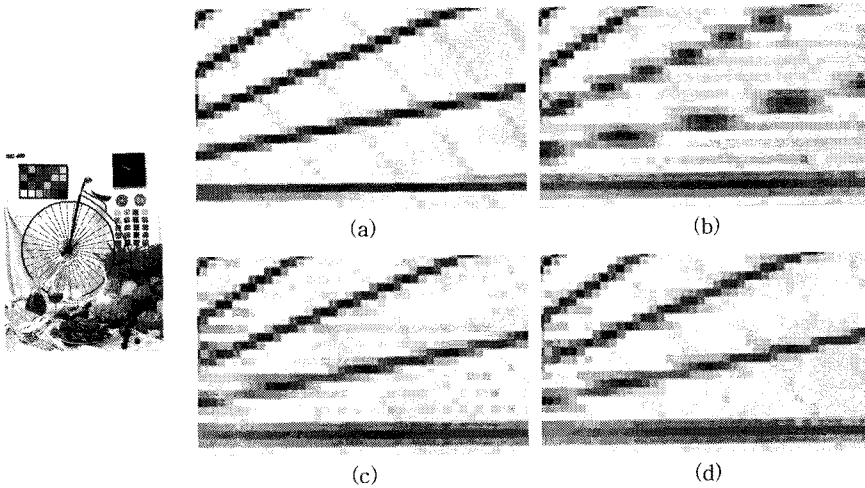


그림 7. Bike(400×500) 영상에서의 모의 실험 결과 (a) original (b) 기존 알고리즘 (c) 인접 참조 축소 수 증가(14개) (d) 제안하는 알고리즘

측면에서 성능은 개선되었지만 라인 패턴이 너무 근접해 있기 때문에 라인 패턴들 사이에 바람직하지 못한 패턴에 해당하는 열화가 발생한다. 본 논문에서 제안하는 적용적으로 인접 참조 축소 수를 결정하는 알고리즘을 적용한 결과인 그림 6(d)에서는 그림 6(c)보다 화질의 열화가 줄어들고 기존의 알고리즘 결과인 그림 6(b)보다 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 그림 7과 그림 8에 나타낸 모의 실험 결과를 통해서도 제안하는 알고리즘이 기존의 알고리즘 결과인 (b)

보다 확연하게 좋은 결과 영상을 얻을 수 있다.

표 1에는 기존의 알고리즘, 참조 축소 수를 14개로 확장한 경우와 최종 본 논문에서 제안한 경우에 대해 컴퓨터에서 실행시간을 측정하여 나타내었다. 기존의 알고리즘에 비해 성능은 개선하였지만 연산량 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다. 특히 인접 참조 축소 수를 14개로 적용 하는 경우에 비해 복잡도를 대폭 줄였음을 알 수 있다. 표 2에는 각 알고리즘들의 객관적 성능의 비교를 위해 PSNR을 나타내었는데,

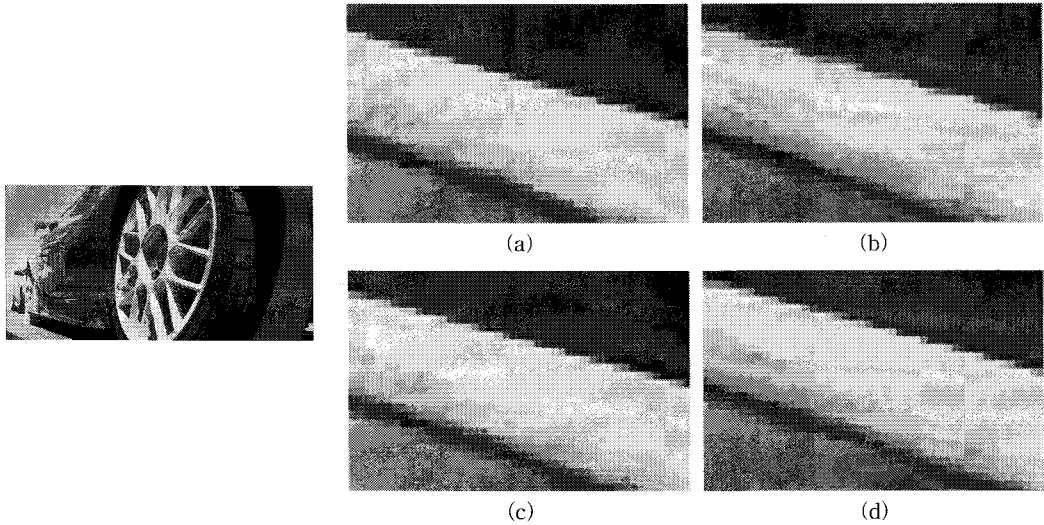


그림 8. Car(1024×512) 영상에서의 모의 실험 결과 (a) original (b) 기존 알고리즘 (c) 인접 참조 화소 수 증가(14개) (d) 제안하는 알고리즘

표 1. 실행시간을 통한 복잡도 비교 <단위:초 >

테스트 영상	기존 알고리즘 (6 Neighbor, 9×8)	14 Neighbor 15×14	제안 알고리즘
Airplane (512×512)	6.078	70.625	11.61
Lena (512×512)	6.078	71.656	8.61
Bike (400×500)	4.594	52.735	15.625
Car (1024×512)	12.813	149.234	14.11
Barbara (512×512)	6.078	70.843	13.609

표 2. 모의 실험 결과의 PSNR 비교 <단위:dB>

테스트 영상	기존 알고리즘 (6 Neighbor, 9×8)	14 Neighbor 15×14	제안 알고리즘
Airplane (512×512)	28.5582	28.4905	30.5261
Lena (512×512)	36.6536	36.5689	36.7653
Bike (400×500)	24.3778	24.7539	24.9033
Car (1024×512)	30.7232	31.8834	36.2989
Barbara (512×512)	23.2196	24.0773	24.0958

객관적인 성능에서도 제안하는 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 우수한 성능을 제공한다는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 새로운 에지 방향 보간법을 사용한 디인터레이싱 알고리즘에서 발견되는 한계점들을 보완해서 성능을 향상시킨 알고리즘을 제안하였다. 먼저 기존의 알고리즘에서 보간 성능이 떨어지는 수평 방향성 패턴에 대해서는 가중치 합에 참여하는 인접 참조 화소수를 증가시켜 주어 수평 방향성 패턴에서의 보간 성능을 향상 시켰다. 하지만 인접 참조 화소수가 증가하여 패턴이 인접해 있는 경우에 열화가 발생하게 되는데, 이렇게 발생하는 열화를 줄여주기 위해 인접해 있는 패턴의 유무를 탐색하여 적용적으로 인접 참조 화소수를 결정하도록 하는 알고리즘을 제안했다. 그리고 전체 영상을 평탄 영역과 에지 영역으로 구분지어 에지 영역에서 선택적으로 제안하는 알고리즘을 적용함으로써 주관적 화질을 유지한 채 복잡도를 줄였다. 그 결과 기존의 알고리즘보다 객관적, 주관적인 성능에 있어 향상 되었고, 비슷한 주관적 성능을 나타내는 알고리즘과 비교해서 최소 3배 이상의 큰 폭으로 복잡도가 감소하였다.

참고 문헌

[1] M. Nakagawa et. al, "DCT-based still image compression ICs with bit-rate control," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol.38, No.3, pp. 711-717, Aug. 1992.

[2] A. Bruna et. al., "JPEG rate control algorithm for multimedia," *2004 IEEE International Symposium on Consumer Electronics*, pp. 114-117, Sept. 1-3, 2004.

[3] S. W. Wu and A. Gersho, "Rate - constrained picture - adaptive quantization for JPEG baseline coders," *1993 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 1993. Vol.5, ICASSP-93. pp. 389-392, Apr. 1993.

[4] *CCITT - Recommendation T.81*: "Information technology - Digital compression and coding of continuous tone still images," - requirement and guidelines (1992).

[5] Wook Joong Lim et. al, "A bit allocation method based on picture activity for still image coding," *IEEE Trans. on Image Processing*. Vol.8. No.7, pp. 974-977, July 1999.

[6] 조재수 외, "멀티미디어 신호처리," 사이텍미디어, 2006.

[7] 김민기, 정제창, "새로운 예지 방향 보간법을 이용한 효율적인 디인터레이싱 알고리즘," 방송공학회논문지, 제12권 제2호, pp. 185-192, 2007.

[8] 우동현, 엄일규, 김유신, "영상의 국부 특징에 기반을 둔 선택적 deinterlacing," 한국통신학회논문지, 제29권 제1호, pp. 140-148, 2004.

[9] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing, 2nd Edition," Wesley, 2001.



손 주 영

2007년 2월 한양대학교 전자컴퓨터공학부 학사
 2009년 2월 한양대학교 전자전기 제어계측공학과 석사
 2009년 2월~현재 삼성전자 DMC 총괄 DMC연구소 연구원

관심분야 : 디지털 영상처리, H.264, 영상압축 및 실시간 구현



이 동 호

1986년 2월 한양대학교 전자공학과 학사
 1988년 12월 Texas 대학 전기공학과 석사
 1991년 5월 Texas 대학 전기공학과 박사

1991년 6월~1994년 2월 LG전자 영상미디어연구소 선임연구원
 1994년 3월~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수
 관심분야 : 디지털 영상처리, 디지털 TV, 영상 압축 및 실시간 구현