

선택적 보간기법을 사용한 개선된 칼라영상 보간 알고리즘

이성목*, 김주현*, 박정환*, 곽부동**, 강봉순*
 *동아대학교 전자공학과, **삼성전기(주)

Improved algorithm of color image interpolation by using Selective interpolation

Sung-mok Lee*, Joo-hyun Kim*, Jung-hwan Park*, Boo-dong Kwak**, Bong-soon Kang*
 *Department of Electronics, Dong-A University
 **SAMSUNG Electro-Mechanics Co.Ltd

요 약

본 논문은 에지부분에서 뚜렷한 영상의 복원이 가능하도록 하는 칼라 영상의 비선형 보간 기법에 관한 것이다. 일반적으로 칼라영상을 구성하고 있는 성분중 휘도신호(Y)가 에지(edge)성분에 충실한 정보를 갖고 있다는 점에 착안하여 알고리즘 연구를 수행하였다. 일반적인 선형 보간 방법을 사용할 시 영상에서 고주파 대역의 손실을 일으키므로 영상의 화질 열화가 발생한다. 이를 보완하기 위해 본 논문에서는 비선형 보간법인 에지 방향성 보간 방법을 제안하였다. 또한 조밀한 에지 영역에서의 에지 방향성 보간의 단점을 극복하기 위해 선형 보간과 에지방향성 보간 기법의 혼합을 통한 화질 열화 제거 기법을 제안한다.

I. 서 론

본 논문은 일반적으로 칼라영상을 구성하고 있는 성분중 휘도신호(Y)가 에지(edge)성분에 충실한 정보를 갖고 있다는 점에 착안하여, 에지부분에서 뚜렷한 영상의 복원이 가능하도록 하는 칼라 영상의 비선형 보간 기법에 관한 것이다. 인간의 눈은 영상신호중 휘도 신호에 더욱 민감하다고 널리 알려져 있다. 이 때문에 보간을 수행한 후 영상의 휘도 성분 중 고주파가 잘 보존되어 있다면 화질의 열화를 느낄 수 없다. 영상의 보간, 즉 interpolation은 크게 선형적인 방법, 비선형적인 방법으로 나누어 질수 있는데 선형적인 방법은 Nearest neighbor interpolation, Bilinear interpolation, Bicubic interpolation 등이 있다. 이는 주변화소와 보간하고자 하는 화소의 관계를 통해 구현되는데 언급한 보간 방법들은 영상을 필터링하는 형태로 구현될 수 있다. 하지만 이는 영상의 에지를 이루는 고주파 영역의 손실을 가져오기 때문에 본 논문에서는 이를 보상하기 위한 비선형 보간 방법을 제안한다. 비선형 보간의 방법으로는 크게 에지방향성 보간, 분류기반 보간 기술로 나눌 수 있는데 본 논문에서는 대각선 에지 강화 보간 알고리즘을 제안하였다. 하지만 이와 같은 대각선 보간은 일반 영상에 대해서는 에지 성분의 강화 효과를 얻을 수 있으나 texture 영역이나 조밀한 고주파영상을 포함한 영역에서 열화를 일으킬 수 있다. 이를 개선하기 위해 우리는 국부분산을 이용한 선형 보간 기법과

비선형 보간 기법의 혼합방법을 제시하였다.

II. 영상 보간 기법

1. 에지 방향성 보간

그림1은 제안한 에지 방향성 보간 기법에 의한 데이터 생성의 흐름을 나타낸다.

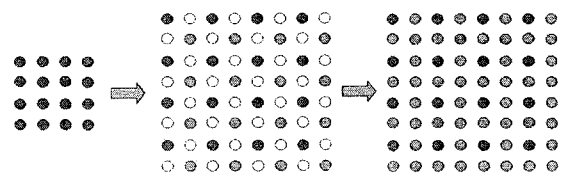


그림 1. 에지 방향성 보간 알고리즘의 데이터 흐름도

본 논문에서 제안하는 에지 방향성 보간 방법은 영상 국부 영역의 상관도를 이용하여 영상을 보간하는 방법으로 주위에 존재하는 화소들 사이의 상관 관계를 구한 다음 그 상관 관계를 나타내는 가중치 값을 사용해서 연산을 수행한다. 본 논문에서 제시하는 알고리즘은 입력 영상의 에지 방향성은 보간 후에도 변함이 없다는 가정을 근간으로 한다.

본 논문에서 제시한 에지 방향성 보간 기법은 입력 영

상에 대해 가로 2배, 세로 2배로 해상도가 증가된 영상을 얻어내는데 그림에서 보듯이 1차 보간에서 짝수라인 및 짝수 칼럼의 위치에서의 보간 화소를 보간하고, 2차 보간에서 나머지 보간 화소를 방향성 보간을 통해 보간한다. 1차 보간과 2차 보간의 보간 기법은 단지 참조 화소의 위치만이 시계 방향으로 45도 회전한 위치에서 참조하고 보간 방향 추정 및 보간 방법은 동일하므로 1차 보간을 중심으로 방향성 보간 기법에 대해 설명하겠다.

본 논문에서 제시한 에지 방향성 보간은 대각선 2개 방향을 고려한 것이다. 다음 그림은 에지 방향성 보간 기법에 사용되어지는 대각선 방향의 화소 그룹을 나타낸다.

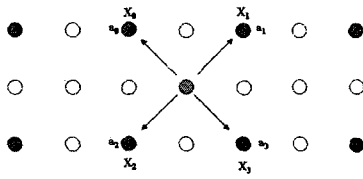


그림 2. 에지 방향성 보간에 사용되는 화소군

그림에서 녹색 화소는 보간하고자 하는 픽셀을 나타낸 것이다.

제안한 방법에서의 대각선 방향 보간 식은 아래 식 1과 같다.

$$Y = \sum_{i=0}^3 a_i \times X_i \tag{1}$$

$$\sum_{i=0}^3 a_i = 1$$

식에서 a는 보간 계수를 나타내고 4개 화소의 보간 계수 a1, a2, a3, a4의 합은 1이 되도록 하였다.

에지 방향성 보간 계수의 결정은 입력 RGB에 대해 식 (X)를 통해 휘도 신호를 구한 후, 연산된 휘도 신호를 기반으로 결정하게 되며, 구해진 보간 계수는 동일 위치의 R,G,B 각 화소에 대해 동일한 값을 적용하게 된다. 아래의 식 2는 입력 R,G,B로부터 휘도값을 계산하는 식이다.

$$Lightness = 0.3 \times R + 0.59 \times G + 0.11 \times B \tag{2}$$

보간 계수 결정을 위해서는 대각선 방향에 위치하는 입력 원화소들 간의 절대 차분 값을 이용하여 결정하게 된다. 대각선 방향 보간 계수 결정에 사용되는 입력 화소들 간의 절대 차분은 아래 그림과 같다. 가운데의 녹색 화소는 보간하고자 하는 픽셀이고 a, b, c, d, e로 표시된 화살표는 참조 픽셀의 휘도 값의 절대차분을 뜻한다. 그림 아래 표시된 Dir0, Dir1은 이 a, b, c, d, e의 값의 합으로서 에지 방향성 결정의 지표로 이용된다.

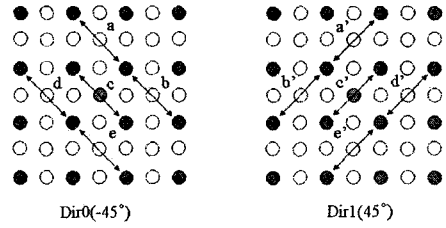


그림 3. 보간 계수 결정

같은 45도 및 -45도 방향 절대 차분값들의 합을 나타내는 Dir0 및 Dir1을 이용하여 식 3과 같이 대각선 방향 보간 계수 a0, a1, a2, a3를 결정한다.

$$\text{if } Dir0 + Dir1 = 0 \quad a_0 = a_1 = a_2 = a_3 = 0.25$$

$$\text{if } Dir0 + Dir1 > 0 \ \&\& \ Dir1 \geq Dir0$$

$$\{$$

$$\text{if } (Dir0 \times 2 > Dir1) \quad a_0 = a_3 = 0.3; \ a_1 = a_2 = 0.2;$$

$$\text{else} \quad a_0 = a_3 = 0.5; \ a_1 = a_2 = 0.0;$$

$$\}$$

$$\tag{3}$$

$$\text{if } Dir0 + Dir1 > 0 \ \&\& \ Dir1 \leq Dir0$$

$$\{$$

$$\text{if } (Dir1 \times 2 > Dir0) \quad a_0 = a_3 = 0.2; \ a_1 = a_2 = 0.3;$$

$$\text{else} \quad a_0 = a_3 = 0.0; \ a_1 = a_2 = 0.5;$$

$$\}$$

즉, Dir0와 Dir1의 합이 0인 경우에는 에지가 없는 평탄한 화소로 간주하게 되고, dir0와 dir1의 대소 비교를 통해 -45도와 45도 대각선 에지 방향에 대한 보간 계수를 위와 같이 결정하도록 하였다. 이는 하드웨어 구현을 고려하여 계수를 단순화 시킨 것이다.

식에서 나타내었듯이 에지 성분을 강화하기 위한 계수들로 영상을 보간하였으며 이는 일반적인 보간 알고리즘에서 보이는 평균에 의한 에지 영역에서의 blurring 현상을 방지할 수 있다.

그러나 에지 방향성 보간 기법은 화소간 상관도가 작은 복잡한 에지 영역에서는 좋지 않은 성능을 보여준다. 또한 성능 향상을 위해서는 가중치를 계산할 영역의 크기를 확장해야 하는데 이 경우 계산량 증가의 부담과 또한 하드웨어 구현 시 하드웨어 사이즈에 큰 영향을 주는 라인 버퍼 메모리의 수가 늘어나게 되는 단점이 있다.

2. 선형 보간과 에지 방향성 보간의 혼합

에지 방향성 보간 알고리즘의 경우, 일반적으로 에지 방향성이 우세한 경우에는 에지 부분에서 열화가 제거된 우수한 보간 결과를 가지지만 texture영역과 같이 우세한

방향성이 없는 경우에는 오히려 보간 결과가 나쁜 영향을 미치게 되는 역효과를 보이게 되며, 이러한 영역에 대해서는 bicubic과 같은 선형 보간 기법을 사용하는 것이 오히려 화질 측면에서 좋은 결과를 보이게 된다.

그래서 본 논문에서는 에지 방향성 보간 기법과 bicubic interpolation을 사용한 선형 보간 기법을 혼합하여 화질 열화를 방지하도록 하였다.

다음 식은 본 논문의 최종 출력식으로 선형보간과 에지 방향성 보간 기법의 혼합을 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 R_{out} &= R_{bicubic} \times (1 - fblend) + fblend \times R_{EDI} \\
 G_{out} &= G_{bicubic} \times (1 - fblend) + fblend \times G_{EDI} \\
 B_{out} &= B_{bicubic} \times (1 - fblend) + fblend \times B_{EDI}
 \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 fblend는 혼합정도를 결정하는 지표로서 0과 1사이의 값을 가진다.

fblend 상수의 결정은 에지 방향 결정 과정에서 구한 Dir0과 Dir1의 절대 차분 값을 이용하여 아래와 같이 결정되게 된다.

$$\begin{aligned}
 \text{case 1: } & \min(Dir0, Dir1) \times 2 > \max(Dir0, Dir1) \\
 & fblend = 0.25 \\
 \text{case 2: } & \min(Dir0, Dir1) \times 4 > \max(Dir0, Dir1) \\
 & fblend = 0.5 \\
 \text{case 3: } & \text{others} \\
 & fblend = 1.0
 \end{aligned} \quad (5)$$

즉, 최종 에지 방향성을 결정하는 최소 절대 차분 값의 합이 다른 방향성을 나타내는 절대 차분 값의 합보다 비교적 큰 경우에는 뚜렷한 에지 방향성을 보이는 영역이므로 fblend의 값을 증가시켜 에지 방향성 보간 성분의 값을 최종 결과 값에 대한 반영 정도를 높여 화질 열화를 제거하게 된다.

3. 국부 분산을 이용한 화질 열화 제거

앞서 설명된 혼합 방법은 대부분의 영상에서 결과가 우수하지만 단위 면적당 에지 성분이 많이 존재하는 공간 주파수가 낮은 영역에서는 방향 추정이 오류가 발생할 확률이 높다. 그래서 본 방법에서는 국부 분산을 사용하여 화질 열화를 제거하였다. 일반적으로 사용하는 분산은 인간의 시각정보와 공간주파수가 일치하지 않는 단점이 있으므로 보간하고자 하는 화소 주위 이웃 화소들의 평균값과의 차분을 이용하여 국부 분산을 계산하였다. 계산된 국부 분산 중 일정 threshold 값 이상은 강제적으로 선형보간을 적용하여 화질 열화를 개선하였다.

III. 실험 및 결과

1. 기존의 보간 방법

일반적으로 영상을 선형 보간하는 방법으로는 Nearest neighbor interpolation. 즉, 가장 인접한 값을 보간하고자 하는 픽셀의 값으로 복사하거나 평균을 취하여 사용하는 간단한 보간 기법을 사용하고 있다. 이는 단순한 해상도 증가만을 얻어내고 가장 가까운 픽셀의 값을 복사하여 사용하기 때문에 블러 현상의 화질 열화를 일으킨다. 다른 선형보간 방법으로는 bilinear interpolation으로서 간단한 저대역 통과 필터를 적용하여 영상을 보간하는 방법이다. 이 방법은 구현은 간단하지만 고주파 성분이 많이 감소되는 특성이 있으므로 보간된 영상이 blurring 현상과 같은 화질 열화가 발생한다. 또 하나의 예로 bicubic interpolation 기법을 들 수 있다. 이 기법은 주변 화소, 대각, 수직, 수평 방향의 화소의 평균을 취하는 형태로 영상을 보간하는 방법이다. bicubic interpolation은 선형 보간으로서 보간하고자 하는 픽셀의 참조 화소군이 가장 많음으로서 다른 bilinear나 nearest interpolation보다 높은 성능을 보여준다.

2. 실험을 통한 기존 보간 방법과의 비교

기존의 보간 방법의 결과와 본 논문에서 제시한 방향성 보간 결과를 실험적으로 비교하였다.



그림 4 입력 Lenna 영상(200X200)

그림 4는 입력 Lenna 200 X 200 영상을 나타낸다. 그림 5는 이웃하는 화소의 값을 참조하여 사용하는 nearest neighbor interpolation 방법으로 보간을 수행한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 블러 현상과 같은 화질 열화를 일으킨다.



그림 5 nearest 보간 (400X400)



그림 7 제안한 방법(400X400)

그림 6은 bilinear interpolation을 사용한 보간 방법으로 앞서 언급한 바와 같이 간단한 선형 필터를 사용하여 보간하는 방법이다. 이 방법은 에지 영역에서의 고주파 성분들은 상당 부분이 제거된다. 따라서 보간된 영상은 영상의 에지 영역에서 blurring현상이 발생하고 전체적으로 흐려진 이미지를 가진다.



그림 6 bilinear 보간 (400X400)

그림 7은 제안한 알고리즘을 적용한 영상이다. 그림에서 확인할 수 있듯이 기존의 보간법보다 제안한 알고리즘에서 고주파 영역에서 훨씬 선명한 보간 결과를 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 영상의 에지 정보를 강화하기 위한 에지 방향성 보간을 제안하였다. 본 논문에서 제시한 에지 방향성 보간기술은 대표적인 비선형 보간 기술(Nonlinear interpolation)이라 할 수 있다. 에지 방향성 보간 기법은 주위의 기존 화소들의 상관도를 이용하므로 기존 화소와 보간 될 화소 사이에 상관도가 높은 에지에서는 고주파 성분을 잘 보존하고 에지의 윤곽도 매끄럽게 보간해 준다. 그러나 그 상관도가 작은 복잡한 에지 영역에서는 좋지 않은 성능을 보여준다. 이 단점을 개선하기 위해 선형 보간 기법과의 혼합을 제시하였다. 제안된 알고리즘을 통해 기존의 보간 방법보다 고주파 성분을 보존하고 화질의 열화를 개선한 선명한 영상을 획득 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구의 결과물은 2단계 BK21과 IT-SoC실습 프로젝트의 지원에 의한 것입니다.

본 연구에서 사용된 설계용 소프트웨어는 IDEC을 통하여 지원 받았습니다.

참 고 문 헌

- [1] X. Li and M. Orchard, "New Edge-directed Interpolation", *IEEE Trans. Image Processing*, Vol 10, No. 10 pp. 1521-1527, Oct. 2001.
- [2] A. V. Oppenheim, R.W. Schaffer. *Discrete-Time Signal Processing*, Prentice Hall, 1989.
- [3] T. K . Moon. W. C, Stirling, *Mathmetical Methods and Algorithm for Signal Processing*, Prentice Hall. 2000.