

영상의 윤곽선 정보를 이용한 Deinterlacing 방법

이상광, 이정우, 호요성
 광주과학기술원 정보통신공학과
 광주광역시 광산구 쌍암동 572 번지

A New Deinterlacing Algorithm based on Edge Information

Sang-Kwang Lee, Jeong-Woo Lee and Yo-Sung Ho
 Dept. of Information & Communications, K-JIST
 572 Ssang-am Dong Kwang-san Gu, Kwang-ju, South Korea

ABSTRACT

For numerous image communication systems that can process either interlaced or progressively scanned images, various scanning conversion algorithms have been developed. In this paper, after we examine several algorithms for interlaced-to-progressive scanning conversion, we propose a new method based on edge information. We also compare performances of conversion algorithms.

1. 서론

2 차원의 영상 신호를 전송하기 위하여 1 차원 신호로 변환하는 과정을 주사(scanning)라 하며, 이를 위한 방법으로는 격행주사(interlaced scanning) 방식과 순차주사(progressive scanning) 방식이 많이 사용되고 있다. 격행주사 방식은 영상 데이터율과 화질의 적절한 타협(trade-off)으로서 현재 NTSC TV 신호의 주사 방식으로 사용되고 있으나, 주사선 사이의 깜박거림(flickering) 현상과 번짐(blurring) 현상, 수직 해상도가 떨어지는 등의 여러 가지 문제점이 있다. 이에 반하여, 순차주사 방식은 한 프레임을 연속적으로 주사하기 때문에 격행주사 방식에 비하여 한 프레임을 보여줄 때 필드 사이의 시간축상의 간섭 현상(aliasing)이 없고, 각 주사선 사이의 깜박거림 현상도 줄어들어 더 좋은 화질을 얻을 수 있다. 고선명 TV 와 같이 좋은 화질을 얻기 위해서는 순차주사 신호가 필요한데 기존에 사용하던 영상 프로그램들은 대개 격행주사의 형식을 가지고 있기 때문에 격행주사된 신호를 순차주사 신호로 변환하는 deinterlacing 과정이 필요하다 [1].

최근 요구되는 영상의 화질과 방식의 복잡성을 고려하여 다양한 deinterlacing 방법들이 연구되고 있다. 또한 실시간 처리와 간단한 H/W 구현도 주요한 요구 사항으로 고려되고 있다. 본 논문에서는 기존의 deinterlacing 방법들을 알아보고 각 방법들의 장단점을 살펴본다. 또한 영상의 윤곽선 정보를 검출하여 이에 따라 적응적으로 동작하는 새로운 deinterlacing 알고리즘을 제안하고 그 성능을 평가한다.

2. Interlaced-to-Progressive 주사 변환

Deinterlacing 동작은 영상 보간(interpolation)의 특수한 경우로서, 대개 시간축이나 공간축상의 처리로 나눌 수 있으며, 이 두 가지 방법을 조합하여 사용할 수도 있다.

2.1 공간축상의 변환 방법

격행주사 방식의 연속적인 필드는 교대로 홀수 또는 짝수 주사선만을 가진다. 따라서 deinterlacing의 기본적인 동작은 각 필드 화면에서 빠진 주사선을 복원하는 것이다. 그림 1에서 주사되지 않은 화소(Y)는 그 상위 주사선의 화소들(X_1, X_2, X_3)과 아래 주사선의 화소들(X_4, X_5, X_6)을 이용하여 보간할 수 있다. 공간축상의 처리란 단지 이러한 주위의 화소들만을 이용하여 보간하는 것을 말한다. 일반적인 공간축상의 보간 과정은 저대역 통과 필터를 근사화한 함수를 사용해서 영상에서의 간섭 현상을 제거한다. 근사화 함수로는 ZOH 함수, 선형 보간 함수, 비선형 보간 함수 등이 널리 쓰인다 [2].

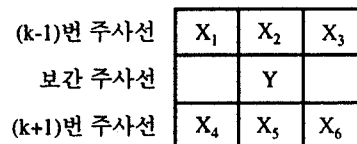


그림 1 공간축상의 보간 방법

2.1.1 ZOH 함수를 이용한 변환 방법

가장 간단한 형태의 보간 함수인 ZOH(Zero-Order Hold) 함수는 기존에 있는 화소 값을 그대로 사용하기 때문에 매우 간단하지만, 같은 화소 값을 중복하여 사용하기 때문에 영상의 윤곽선이 나타나는 부분에서는 심각한 계단 현상이 발생된다.

이 변환 방법에서는 각 필드에서 빠진 화소 값을 ZOH 필터링하여 구한다. 따라서 홀수 필드와 짝수 필

드의 경우에 따라 두 종류의 프레임이 만들어지며, 보간하고자 하는 화소 Y는 다음과 같이 계산된다.

$$Y = X_2 \text{ (홀수 필드)} \quad (1)$$

$$Y = X_3 \text{ (짝수 필드)} \quad (2)$$

변환된 영상의 프레임율을 원래 영상의 프레임율과 같게 할 경우에는 어느 필드를 취해도 상관없이 다만 가급적 시간축상의 간섭을 적게 하려면 영상 시퀀스에서 홀수 필드만 취하든지 아니면 짝수 필드만 취하든지 하는 것이 낫다. 이 방법은 두 개의 필드 정보로부터 하나만을 취하는 경우, 영상 정보의 절반을 버린다는 단점이 있지만 두 개의 필드를 모두 이용할 경우 프레임 수를 별 어려움 없이 두 배로 늘일 수 있다는 장점이 있다.

2.1.2 선형 보간 함수를 이용한 변환 방법

앞서 설명한 ZOH 방법에서는 화소 값을 중복하여 사용하기 때문에 심각한 계단 현상이 발생할 수 있는데, 이를 피하기 위해 1차식의 함수를 이용하여 선형적으로 보간할 수 있다. 선형 보간의 경우 두 화소 사이의 누락된 화소 값은 두 화소 값의 가중 평균값으로 구해진다. 이 경우 원래의 영상을 1차의 직선만을 이용해서 보간하기 때문에 영상의 보간 비율이 커질 경우에 보간된 영상의 화질이 저하될 수 있다. 하지만, 계산이 간단하고 H/W 구현이 쉽기 때문에 많이 사용되고 있다.

선형 보간 함수를 이용한 공간상의 deinterlacing은 한 필드 내의 정보만 이용하여 보간을 수행하기 때문에 수평 방향으로의 보간은 필요하지 않으며, deinterlacing 과정은 간단히 보간하려는 주사선에 인접한 주사선들의 평균값을 채워 넣음으로써 이루어진다. 즉, 그림 1에서 화소 Y는 가장 인접한 두 화소의 평균값으로 간단히 보간될 수 있다.

$$Y = (X_2 + X_3) / 2 \quad (3)$$

또는 인접한 화소들에 가중치를 주어 보간할 수도 있다.

$$Y = (X_1 + \alpha * X_2 + X_3 + X_4 + \alpha * X_5 + X_6) / (4 + 2 * \alpha) \quad (4)$$

여기서 α 는 가중치 계수(weighting factor)로 보통 1 이상의 실수 값을 가진다.

선형 보간 함수를 이용한 deinterlacing 방법 역시 각 필드로부터 deinterlacing 된 두 개의 프레임이 생성된다. 이 방법은 ZOH 보간을 이용한 deinterlacing 방법에서의 계단 현상을 효과적으로 제거시켜 주지만, 두 개의 필드 정보로부터 하나만을 취하는 경우에는 원 영상 시퀀스 정보의 절반을 버려야 하는 단점이 있다. 또한 보간된 영상이 흐릿해져서 윤곽선이 희미해지는 현상도 나타나게 된다.

2.1.3 비선형 필터를 이용한 변환 방법

선형 보간 함수는 잡음이나 윤곽선을 고려하지

않고 모두 흐리게 해버리기 때문에 잡음을 효과적으로 제거할 수 있으나, 보간된 영상은 전체적으로 흐릿하게 된다. 이와는 달리, 영상의 윤곽선을 유지하면서 잡음을 제거할 수 있도록 고안된 것이 비선형 필터이며, 그 대표적인 예가 미디언 필터이다.

미디언 필터는 저대역 통과 필터처럼 영상을 평활화(smoothing)시키기 때문에 잡음 제거에 유용하다. 그러나 미디언 필터는 비선형적 함수이기 때문에 개념적으로는 간단한 논리이지만 실제로는 많은 비교 연산이 요구된다. 따라서 계산량이 선형 보간 함수보다 많아져 실시간 처리에 부담이 된다.

미디언 필터를 이용한 공간상의 deinterlacing은 미디언 필터의 윤곽선 보존 특성을 활용하여 수직 방향 보간에 이용하는 deinterlacing 방법이다. 보간하려는 화소 Y는 다음과 같이 계산되며, 이 경우 짝수 개의 화소 값을 이용하기 때문에 중간 두 값의 평균을 미디언 값으로 취한다.

$$Y = \text{MEDIAN}(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6) \quad (5)$$

이 변환 방법은 선형 보간 함수보다 영상의 윤곽선을 잘 유지해 주기 때문에 양질의 영상을 얻을 수 있다. 하지만 비교 연산을 많이 수행하기 때문에 계산량이 많으며, 인접하는 화소 값들 중 미디언 값이 되는 화소 값을 그대로 사용하기 때문에 보간된 영상에 불규칙성을 포함할 수도 있다.

2.2 시간축상의 변환 방법

시간축상에서의 deinterlacing은 움직임 벡터를 이용하여 빠진 주사선의 화소 값을 구하는 방법과 움직임 벡터를 이용하지 않고 단순히 시간축상으로 여러 종류의 필터를 이용하여 보간하는 방법이 있다.

2.2.1 움직임 보상을 이용한 변환 방법

움직임 예측은 연속하는 홀수 필드와 짝수 필드 사이에서 수행되거나 같은 패리티(parity)를 가지는 필드 사이에서 수행될 수 있으나, 같은 패리티를 가지는 필드 사이에서 수행되었을 때 더 나은 성능을 보인다. 따라서 현재 필드의 전후 필드에서 움직임 벡터를 구하고, 이를 이용하여 현재 필드의 빠진 화소 값을 보간한다.

움직임 보상을 이용한 시간축상의 보간 방법은 좋은 화질의 영상을 제공한다. 하지만, 이 경우 움직임 예측이 정확해야 하며 [3, 4], 움직임 예측 동작이 매우 복잡하여 실시간 처리가 쉽지 않다.

2.2.2 시간축 필터링을 이용한 방법

위 방법과는 달리 움직임 벡터를 이용하지 않고 시간축에서의 단순한 필터링을 이용하여 deinterlacing을 수행하는 방법은 공간축상에서 ZOH 보간 함수나 선형 보간 함수를 이용하는 방법과 유사하다.

			X ₁	X ₂	X ₃			
A ₁	B ₁	C ₁		Y		A ₂	B ₂	C ₂
			X ₄	X ₅	X ₆			

앞 필드 현재 필드 다음 필드

그림 2 시간축상의 보간 방법

(a) ZOH 보간 함수 이용하는 방법:

$$Y = B_1 \quad (6)$$

(b) 선형 보간 함수를 이용하는 방법:

$$Y = (B_1 + B_2)/2 \quad (7)$$

$$Y = (A_1 + \beta * B_1 + C_1 + A_2 + \beta * B_2 + C_2)/(4+2*\beta) \quad (8)$$

여기서 β 는 가중치 계수로 양의 값을 가진다. 시간축상의 보간 방법은 이전에 들어온 화면이나 뒤에 들어올 화면을 이용하기 때문에 실시간 처리를 요구하는 시스템에는 적합하지 못하다. 따라서 실시간 처리가 가능하고 적절한 PSNR 값을 가지면서 번짐 현상을 제거할 수 있는 새로운 방법이 필요하다.

3. 윤곽선 정보를 이용한 보간 방법

본 절에서는 영상의 윤곽선 정보를 이용하여 적극적으로 격행주사된 신호를 순차주사된 신호로 변환하는 새로운 방법을 제시한다.

3.1 윤곽선 검출 방법

영상 신호에 대한 인간의 인식 능력은 그 물체가 가지고 있는 휘도 값 자체보다는 주변 물체의 휘도 값과의 상대적인 차이에 민감하다. 따라서 물체의 윤곽선을 검출하여 이를 적절히 이용하면 효율적인 deinterlacing 을 수행할 수 있다. 이에 따라 그림 1의 화소군에서 윤곽선의 방향을 다음과 같이 추정할 수 있다 [1, 5].

$$B_{i,j} = \frac{|X_i - X_j|}{(X_i + X_j)} \quad \text{for } (i,j) \in \{(1,6), (2,5), (3,4)\} \quad (9)$$

여기서 $B_{i,j}$ 는 윤곽선 방향에 대한 가중치를 나타낸다. $B_{i,j}$ 의 값이 클 경우에는 X_i 와 X_j 는 큰 휘도 차이를 가지고, 그 부근에서 물체의 경계가 있다고 짐작할 수 있다. 반대로 $B_{i,j}$ 의 값이 작은 경우에는 X_i 와 X_j 는 시각적으로 비슷하여 그와 같은 방향으로 물체의 윤곽선이 있다고 생각할 수 있다. 따라서 $B_{i,j}$ 가 가장 작은 방향으로 물체의 윤곽선 방향을 정할 수 있다.

3.2 윤곽선 방향에 따른 적응 변환 방법

앞에서 정한 윤곽선의 방향을 따라 선형 보간을 행하면 앞서 설명한 다른 방법들보다 시각적으로 나은 보간 영상을 얻을 수 있다. 그러나 이 방법도 화면 내에 두드러진 경계를 가지는 경우에는 약간의 평활화를 초래할 수 있다.

여기서 식(9)의 분자 값, 즉, 두 화소 값의 차이가 어떤 임계값 이하이면 두 화소가 더 연관되어 있고, 두 화소의 차가 임계값 이상이면 주위의 값들도 이 화소에 연관되어 있다고 생각할 수 있다.

따라서 두 화소 값의 차이가 어떤 임계값 THS 보다 작으면 단지 윤곽선 방향으로의 두 화소만을 이용하여 보간하고, 임계값 이상이면 주위의 값을 함께 이용하여 적응적으로 빠진 화소 값을 보간한다.

이 방법을 의사 코드로 나타내면 다음과 같다.

```

D1 = |X1 - X6|, D2 = |X2 - X5|, D3 = |X3 - X4|
MD1 = D1 / (X1 + X6)
MD2 = D2 / (X2 + X5)
MD3 = D3 / (X3 + X4)
IF (MD1 < MD2) && (MD1 < MD3)
  IF (D1 < THS) Y = (X1 + X6) / 2
  ELSE Y = (α * X1 + X2 + X3 + α * X6) / (2 + 2 * α)
ELSE IF (MD3 < MD1) && (MD3 < MD2)
  IF (D3 < THS) Y = (X3 + X4) / 2
  ELSE Y = (α * X3 + X2 + X5 + α * X4) / (2 + 2 * α)
ELSE
  IF (D2 < THS) Y = (X2 + X5) / 2
  ELSE Y = (X1 + α * X2 + X3 + X4 + α * X5 + X6) / (4 + 2 * α)
    
```

이와 같이 방향성과 적응 필터를 적용한 보간을 수행하면 PSNR 측과 시각적 효과면에서 자연스러운 영상을 얻을 수 있다.

4. 실험 방법 및 결과 분석

지금까지 설명한 여러 가지 deinterlacing 방법들을 computer simulation 을 수행하여 그 성능을 비교 평가하였다. 판단 기준으로 객관적인 지표가 될 수 있는 PSNR 값과 주관적인 지표로서 영상의 윤곽선 특성에 초점을 맞추었다.

4.1 실험 방법

앞서 설명한 알고리즘을 여러 종류의 동영상에 적용하였다. 우선 360 × 288 크기의 순차주사 방식인 SALESMAN 영상과 MISS AMERICA 영상에 대해서 각 프레임의 홀수와 짝수 주사선을 교대로 선택하여 두 종류의 필드를 가지는 격행주사 영상을 만든 후 이를 처리하였다. 또한 720 × 486 크기의 격행주사 방식인 FOOTBALL 영상에 대해서는 직접 실험하였다. 앞의 두 영상은 움직임이 비교적 적은 동영상에서의 보간 방법을 관찰하는데 적합하였고, 뒤의 경우는 움직임이 많은 동영상의 보간 방법을 살펴보는 데 적합하였다.

4.2 실험 결과 및 분석

MISS AMERICA 영상에 여러 알고리즘을 적용하여 얻은 결과의 PSNR 값을 그림 3에 도시하였다. 이 그림에서 보는 바와 같이, 선형 보간 함수를 이용한 변환 방법과 윤곽선 방향에 따른 적응 변환 방법이 다른 방법들보다 좀 더 나은 결과를 나타내었다. 제안된 윤곽선 적응 방법($T=10, \alpha=2$)은 선형 보간 함수를 이용한 방법과 비슷한 결과를 나타내었으나, 번짐 현상이 적은 보간 영상을 얻을 수 있었다. SALESMAN과 FOOTBALL 영상에 대해서도 비슷한 결과를 얻었다.

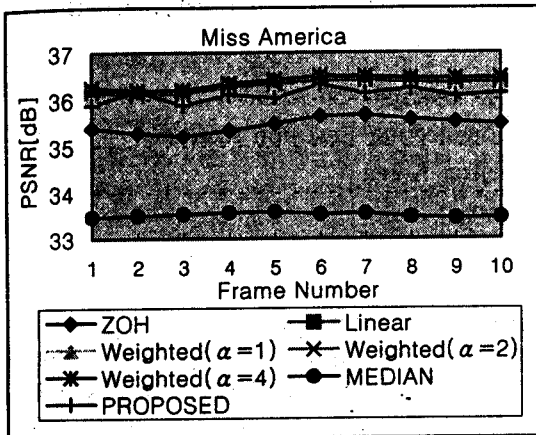


그림 3 공간축상의 보간에서의 PSNR 값

그림 4는 시간축상의 보간 방법을 이용하여 얻은 PSNR 값을 보여주고 있다.

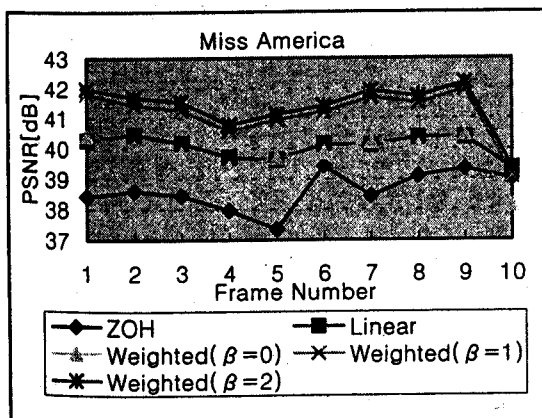


그림 4 시간축상의 보간에서의 PSNR 값

그림 3과 그림 4를 비교해 보면, 공간상에서 보간된 영상들이 시간축상에서 보간된 영상들보다는 상대적으로 낮은 PSNR 값을 보인다. 하지만 공간상에서의 처리가 시간축상에서의 처리보다 간단하여 구현이 쉽고 실시간 처리가 가능하다.

그림 5는 제안된 방법에서의 T 와 α 값에 따른 PSNR 값과 Simonetti에 의해 제안된 방법[5]을 비교한 것이다. 일반적으로 T 값이 낮을수록 높은 PSNR 값을 보이지만, 가중치인 α 값이 높다고 PSNR 값이 높아진

다고는 말할 수 없다. T 가 2 이하일 때, Simonetti에 의해 제안된 방법[5]보다 높은 PSNR 값을 가진다.

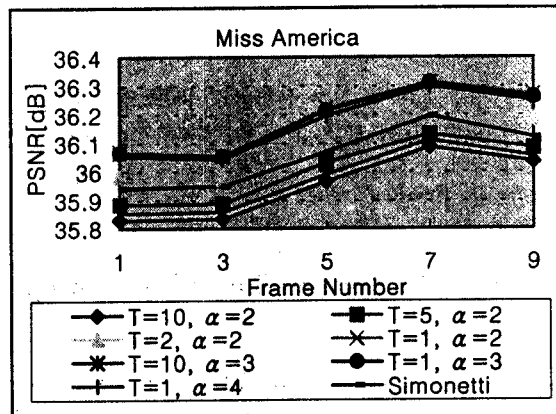


그림 5 T 와 α 의 값에 따른 PSNR 비교

5. 결론

본 논문에서는 격행주사 방식의 영상을 순차주사 방식의 영상으로 변환하는 여러 가지 알고리즘을 구현하여 그 성능을 비교하였다. 일반적으로 움직임 보상을 이용한 방법이 가장 좋은 결과를 보이지만, 동작이 복잡하여 실시간으로 처리하기가 곤란하다. 움직임 보상을 이용하지 않은 시간축상의 보간 방법은 화면 내의 활동성(activity)이 많은 영상에 대해서는 좋은 결과를 얻을 수 없다. 공간축상에서의 보간 방법은 시각적인 측면에서 좋은 결과를 보이지만, 활동성이 많은 영상에 대해서는 흐릿한 결과를 나타낸다. 본 논문에서는 영상의 윤곽선 방향을 고려하여 PSNR 측면과 시각적인 측면에서 보다 우수한 성능을 가지는 적응 알고리즘을 제시하였다.

6. 참고문헌

- [1] 정장훈, 최윤식, "시각적 가중필터를 이용한 Deinterlacing 기법 연구," 대한전자공학회 추계종합 학술대회 논문집, pp. 1464-1467, 1996.
- [2] L. Capodiferro, "Interlaced to Progressive conversion by Median Filtering," Signal Processing of HDTV, pp. 677-684, 1990.
- [3] B. Chupeau and P. Salmon, "Motion compensated deinterlacing for studio applications," International Workshop on HDTV '93, Oct. 1993.
- [4] A. Nguyen and E. Dubois, "Spatio-Temporal Adaptive Interlaced-to-Progressive Conversion," International Workshop on HDTV '92, Proceedings Volume II, Nov. 1992.
- [5] R. Simonetti, S. Carrato, G. Ramponi, and A. P. Filisan, "Deinterlacing of HDTV Images for Multimedia Applications," International Workshop on HDTV '92, Proceedings Volume II, Nov. 1992.