

적응형 Pseudomedian 필터에 의한 Interlaced-to-Progressive Scan Conversion

학생회원 꺾 노 윤*, 정희원 권 병 헌*, 황 병 원*

Interlaced-to-Progressive Scan Conversion using Adaptive Pseudomedian Filter

No-Yoon Kwak*, Byong-Heon Kwon**, Byong-Won Hwang* *Regular Member*

요 약

현행 NTSC 방식은 매우 정교하고 우수하지만, 복합 영상 신호를 수신하여 영상을 재구성하는 데에는 몇 가지 본질적인 문제점이 있다. 이러한 문제점 중의 하나가 비월주사로 인한 수직 공간 해상도의 저하에 기인한 화질 열화이다. 본 논문은 이와 같은 문제를 해결하기 위해, 기제안된 바 있으며 그 자체적으로 우수한 성능을 보이는 Pseudomedian 필터 방식에 윈도우 마스크의 크기를 고정시킨 상태에서 윤곽 정보의 방향성에 가중치를 부여하는 적응성을 부가함에 따라 고주파 윤곽 정보의 재현성을 개선하여 성능 향상을 도모하고 있는 적응형 필드내 보간 방식을 제공함에 그 목적이 있다. 본 논문은, 주관적/객관적 성능 향상 폭을 감안할 때, 본 알고리즘의 복잡성에 따른 하드웨어적인 구현의 복잡성과 성능 향상 간에 상호 타협 관계를 형성하고 있음을 확인한 바, 전체적인 보간 특성의 개선을 도모하고 있음을 일측면에서 분석함으로써 제안된 방식의 유용성을 입증하고 있다.

ABSTRACT

Although the conventional NTSC TV standard is highly sophisticated, it has some immanent problems. One of these problems of the actual TV system is interlaced scanning, which yields a poor result in terms of the vertical spacial resolution. It is an object of the present paper to provide the algorithm for adaptive intra-field interpolation capable of effectively improving the performance through enhancement of the reconstruction of the edge information with high frequency according to addition the adaptability based on bias-weighting into the orientation of edge information with fixed-size window mask for de-interlace scan conversion to the method for interlaced-to-progressive scan conversion using pseudomedian filter, pre-proposed through preceding study, which itself provides excellent performance. The proposed method is implemented without field memory and its performance is superior to the performances of the conventional intra-field methods. Computer simulation has been introduced to compare the performances of the conventional methods and the proposed method.

I. 서 론

현행 NTSC의 컬러 영상신호는 기존의 흑백 시

스템과의 호환성을 유지하기 위해 휘도 신호에 색도 신호를 다중화함으로써 광범위한 주파수 영역을 사용하지 않고서도 전송이 가능하도록 하고 있다.

그러나, 현행 NTSC 방식은 매우 정교하고 우수

* 한국항공대학교 항공전자공학과(nykwak@mail.hankong.ac.kr)

** 유한대학 정보통신과

논문번호 : 98287-0715, 접수일자 : 1998년 7월 15일

하지만, 복합 영상 신호를 수신하여 영상을 재구성하는 데에는 몇 가지 본질적인 문제점이 있다. 이러한 문제점 중의 하나가 비월주사와 관련된 화질 열화인 데, NTSC 방식은 전송 대역폭과 대영역 플리커(large area flicker)를 경감시키기 위해 비월주사 방식을 채택하고 있지만 이에 기인하여 수직 공간 해상도가 저하되어 또 다른 화질 열화의 원인이 되고 있다^[1].

다시 말해서, NTSC 방식과 같이 비월주사에 기반한 텔레비전 방식에 있어서, TV 신호는 주사선에 의해 수직축으로 샘플링되고, 또한 필드교번(field alteration)에 의해 시간축으로도 샘플링되어 있음에 따라 비월주사 방식을 채택한다 할지라도 정지화(static picture)에 높은 주파수 성분이 많이 존재할 경우에는 심각한 라인 플리커 현상이 발생되며 특히, 동영상에 수직 방향에 대역 제한을 가하지 않을 경우에는 시각적인 거부감을 초래하는 수직-시간축에일리어싱(vertical-temporal aliasing)이 발생된다^[2]. 통상, 대영역 라인 플리커 현상은 상대적으로 밝은 영역에서 현저하게 나타나며, 이러한 결점은 대형화면에서 더욱 더 두드러지게 나타나는 데, 오늘날 보급되고 있는 TV의 대형화 추세에 비추어 볼 때 이러한 결점을 최소화시킬 수 있는 방법의 출현이 기대되고 있다. 한편, 비월주사에 입각한 영상 형식은 수직 공간 해상도가 저하됨에 따른 화질 열화가 발생할 뿐만 아니라 움직임 추정, 신호원 부호화(source coding)와 같은 디지털 영상처리를 복잡하고 어렵게 만드는 요인이 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해, 비월주사에서 순차주사로의 주사 변환을 수행하는 주사선 보간 기술이 다수 제안되고 있으며, 오늘날 이 기술은 전술한 바와 같은 결점을 해결하기 위한 가장 기본적인 대안이 되고 있다^{[1],[5],[7],[8],[11]}.

주사선 보간 기술은 필드 메모리의 사용 여부에 따라 필드내 보간 방식과 필드간 보간 방식으로 나누어 살펴볼 수 있는데, 필드내 보간 방식의 경우 알고리즘은 간단하지만 스텝 에지 현상 등을 동반함에 따라 저급한 보간 성능을 제공하며, 필드간 보간 방식은 실제의 성능 향상에 비해 그 알고리즘의 복잡성과 하드웨어 비용의 부담으로 인하여 그 실용성에 대한 문제가 해결 과제로 남아있다.

이와 같은 난제를 해결하기 위해 본 논문에서는 기 제안된 바 있는 Pseudomedian 필터 방식^[3]의 단점을 보강하여 단일 필드내에서 윤곽 정보의 재현성을 개선함으로써 좀 더 우수한 화질의 주사선 보

간 영상을 제공함에 그 목적이 있다. Pseudomedian 필터 방식^[3]은 비교적 간단한 알고리즘으로 대각선 변화에 잘 적응하는 등 뛰어난 성능을 보이나 보간하여야 할 화소를 기준으로 상하 라인의 6개 화소만을 이용하여 보간을 수행하기 때문에 보간 성능의 향상에 한계가 있다. 특히, 주변의 화소값들의 변화가 심한 상황에서 윤곽의 일부분만이 처리 영역 내에 포함될 경우에는 심각한 화질 열화가 발생한다^[10].

이에 따라, 본 논문에서는 그 자체적으로 우수한 성능을 보이는 Pseudomedian 필터 방식^[3]에 윈도우 마스크의 크기를 고정시킨 상태에서 윤곽 정보의 방향성에 가중치를 부여하는 적응성을 부가함에 따라 고주파 윤곽 정보의 재현성을 개선함을 통해 성능 향상을 도모함과 동시에 알고리즘의 복잡성에 따른 하드웨어적인 구현 측면과의 상호 타협 관계(tradeoff)를 형성함으로써 전체적인 보간 특성의 개선을 도모하고자 한다.

II. 기존의 Pseudomedian 필터 방식

기존의 필드내 보간 방식은 선형 보간과 미디안 필터를 중심으로 하는 비선형 보간 기법으로 크게 나눌 수 있다. 미디안 필터 이외에도 여러 가지 비선형 함수를 이용한 보간 기법들이 있으나, TV에의 적용에는 그 실용성에 문제가 있다^[1].

기존의 방식으로는 ZOI(Zero Order Interpolation) 방식^[4], FOI(First Order Interpolation) 방식^[4], SWAI(Spatio-Weighted Adaptive Interpolation) 방식^[5], 그리고 필드내 미디안 필터(MED; Median Filter Method) 방식^[6] 등이 대표적이다.

선형 필터링(linear filtering) 기법은 잡음 환경 하에서 신호를 추출하는 방식이지만, 최저 선형 필터라 할지라도 제한된 성능을 제공함에 따라 좀 더 개선된 성능을 제공하기 위해서는 비선형 필터의 특별한 특성이 요구된다. 하지만, 비선형 필터는 선형 필터에 비해 에러에 강하며 비교적 우수한 성능을 제공하는 반면에 분석이 난해하다는 단점이 있다. 미디안 필터는 널리 사용되는 비선형 필터의 대표적인 예로써 이의 특성은 초창기 사용된 이후, 계속 연구되고 있다. 미디안 필터의 연산량을 효과적으로 감축하기 위해 미디안 필터와 유사한 특성을 제공하면서도 적은 연산량만을 필요로 하는 Pseudomedian 필터를 Pratt, Cooper, Kabir가 제안한 바 있다^[6].

2.1. Pseudomedian 필터의 정의

미디안 필터는 불연속 신호상에서 동작하며, 처리하고자 하는 신호를 중심으로 해서 2N+1 샘플폭의 윈도우를 갖는다. 필터의 출력은 윈도우에서 2N+1의 미디안이 된다. 반면, Pseudomedian 필터는 역시 이산 신호상에서 동작하며, 2N+1의 폭을 갖지만 Pseudomedian 필터의 출력은 N+1의 부윈도우의 최대치 중의 최소치와 최소치중의 최대치와의 평균이다. 이 필터의 정의는, N=1, N=2에 대해 각각 식(1) 및 식(2)과 같이 나타낼 수 있다^[6].

$$\begin{aligned}
 & \text{PMED}\{a,b,c\} \\
 &= 0.5 \times \max\{\min\{a,b\}, \min\{b,c\}\} \\
 &+ 0.5 \times \min\{\max\{a,b\}, \max\{b,c\}\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기서, 윈도우의 값은 (a,b,c) 이며, PMED는 Pseudomedian 필터를 의미한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{PMED}\{a,b,c,d,e\} \\
 &= 0.5 \times \max\{\min\{a,b,c\}, \min\{b,c,d\}, \min\{c,d,e\}\} \\
 &+ 0.5 \times \min\{\max\{a,b,c\}, \max\{b,c,d\}, \max\{c,d,e\}\} \quad (2)
 \end{aligned}$$

여기서, 윈도우에서의 값은 {a,b,c,d,e} 이다.

미디안 필터에 대한 Pseudomedian의 특성은 미디안과는 달리 윈도우에서 N+1의 부윈도우만을 사용한다는 점이다. 이러한 특성 때문에 미디안 필터보다 더욱 중심점에 강한 가중치를 추가하는 특성을 갖는다.

2.2. 주사선 보간을 위한 Pseudomedian 필터

윈도우 형태와 크기는 2차원 Pseudomedian의 특성에 큰 영향을 준다. Pseudomedian 필터의 도입 시기에 Pratt는 square, pulse-shaped, circular 윈도우에 대해 2 차원 Pseudomedian 필터를 정의했다^[6].

기제안된 Pseudomedian 필터 방식^[3]은 비월주사를 순차주사로 변환하는 TV 주사선 보간에 Pseudomedian 필터의 개념을 이용한 보간 방식으로, 필드 메모리를 사용하지 않는 필드내 보간 방식이며 Pseudomedian 필터링을 위해 부윈도우를 설정하는 방식에 따라 2가지의 유사 방식이 제안되어 있다. 방식 I은 Rotated-H shaped PMED이며, 방식

II는 Asterisk-shaped PMED이다.

주지하다시피, 이 방식들은 인가되는 비월주사방식의 신호를 순차주사 방식의 형태로 변환하기 위한 것이며, 그림 1은 PMED 연산에 사용되는 화소들을 나타낸 것이다. 그림 1에서 a,b,c는 (n-1) 번째 주사선에 위치하는 화소들이며, d,e,f는 (n+1) 번째에 위치하는 화소들이다. 여기서, g는 보간될 화소를 나타내며, 이때, g가 위치하는 라인이 보간되어지는 주사선이다.

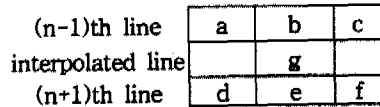


그림 1. PMED 연산에 사용된 화소군
Fig. 1 Pixels used for PMED

그림 1에 도시된 형태의 윈도우에 대한 부윈도우를 설정하는 방식에 따라 Rotated-H shaped PMED 및 Asterisk-shaped PMED로 나누어 살펴볼 수 있는데, 이들은 각각 식(3) 및 식(4)와 같다^[3].

$$\begin{aligned}
 & g = \text{PMED}\{a,b,c,d,e,f\} \\
 &= 0.5 \times \max\{\min\{a,b,c\}, \min\{d,e,f\}, \min\{b,e\}\} \\
 &+ 0.5 \times \min\{\max\{a,b,c\}, \max\{d,e,f\}, \max\{b,e\}\} \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & g = \text{PMED}\{a,b,c,d,e,f\} \\
 &= 0.5 \times \max\{\min\{a,f\}, \min\{c,d\}, \min\{b,e\}\} \\
 &+ 0.5 \times \min\{\max\{a,f\}, \max\{c,d\}, \max\{b,e\}\} \quad (4)
 \end{aligned}$$

III. 제안된 적응형 Pseudomedian 필터 방식

3.1. Pseudomedian 필터 방식의 문제점

기제안된 Pseudomedian 필터 방식^[3]은 선형 필터 방식에 비해 영상의 윤곽 보존 특성이 월등히 우수하고, 기존의 비선형 및 적응형 방식과는 동일하거나 다소 우수한 성능을 보였으며 주관적인 화질도 비교적 우수한 것으로 확인되고 있다. 또한, 기존의 선형 보간 방식의 단점으로 지적되던 대각선 변화에 잘 적응하는 등 뛰어난 성능을 보이거나 보간하여야 할 화소를 기준으로 상하 라인의 6개 화소만을 이용하여 보간을 수행하기 때문에 보간 성능의 향상에 한계가 있다^[9].

그림 2는 Pseudomedian 필터 방식에서 보간하여

야 할 주목 화소값을 중심으로 한 방향성을 나타낸 것이다. 그림 2를 참조하여 Pseudomedian 필터 방식(PMED)의 화소값의 방향성에 대한 재현 특성을 살펴보면, 우선, 좌우 대각선 방향인 a 방향과 c 방향의 경우에는 매우 우수한 특성을 보이지만, 수직 방향인 b 방향의 경우에는 다소의 오차를 가지며, 특히 3개의 부윈도우의 최대치 중의 최소치와 최소치 중의 최대치와의 평균을 이용하는 필터 특성 때문에 a 방향 또는 c 방향과의 차가 심할 경우에는 b 방향에 대한 재현성이 더욱 더 저조해지는 단점이 있다.

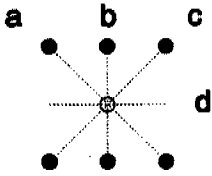


그림 2. 보간 화소에 대한 방향성
Fig. 2 Orientations for Interpolated Pixel

그리고, 수평 방향인 d 방향의 경우에는 기존의 방식들과 마찬가지로, 주목 화소의 좌우에 인접한 화소가 없기 때문에 정확하게 보간할 수 없는 공통의 난제를 갖고 있다. 특히, 보간에 이용되는 6개의 화소 중 하나의 화소값에만 유사성이 있을 때에 더욱 더 심각한 문제가 되며, 이러한 문제점은 윤곽 부분의 화질 열화로 나타나게 된다.

3.2. 제안된 알고리즘

이와 같은 화질의 열화는 대부분의 경우에서 고주파 성분의 감소에서 기인한다. 고주파 성분의 증대를 위해 다수의 알고리즘이 제안되었지만 모든 영상 소스에 적용할 수 있다는 사실과 실제 PMED의 보간 에러가 0~7 정도임에 착안하여 각 경우에 맞게 고주파 성분의 증대를 위하여 다음과 같은 알고리즘을 제안한다.

- ① PMED 윈도우의 화소값들의 변화 여부를 살펴낸다.

$$T = |a - f| + |b - e| + |c - d| \quad (5)$$

여기서, T는 각 방향으로의 화소값의 차들의 총량으로 PMED 화소군들의 각 방향으로의 변화량의 합산을 나타낸다.

- ② $T < a$ 이면, 이때는 보간하여야 할 주목 화소

주변의 인접 화소들이 갖는 a, b, c 방향에 대한 변화가 상대적으로 작은 것으로 판단할 수 있음에 따라 PMED의 보간 결과치 $PMED(a,b,c,d,e,f)$ 가 대체로 정확한 것으로 간주할 수 있으나 비교적 평탄 영역인 이 영역에 존재하는 미소량의 고주파 성분을 주사선 보간에 반영하기 위해 PMED의 결과치와 각 방향에 대한 평균치 간의 차분들(X,Y,Z)을 산출한 후, 식(6)과 같이 이 차분들(X,Y,Z) 중 최소값의 절대값에 비해 상수 μ 를 곱한 값을 PMED의 결과치에 가산한다.

이때, $PMED(a,b,c,d,e,f)$ 와 $MIN(X,Y,Z)$ 에 적용되는 각각의 기증치의 합($1 + \mu$)이 1보다 클 때에 따라 화소값의 에너지가 소폭 증가하는 단점이 있으나 이러한 에너지의 증가가 허용 가능한 범위 내에 포함될 수 있도록 μ 를 선정하는 것이 바람직하다. 여기서, X, Y, Z 각각은 PMED의 결과치와 a, c, b 방향의 평균치 간에 존재하는 미소량의 고주파 성분을 산출한 것이다.

$$g = PMED(a,b,c,d,e,f) + \mu \times MIN(X,Y,Z) \quad (6)$$

$$\text{where, } X = |PMED(a,b,c,d,e,f) - \frac{(a+f)}{2}|$$

$$Y = |PMED(a,b,c,d,e,f) - \frac{(b+e)}{2}|$$

$$Z = |PMED(a,b,c,d,e,f) - \frac{(c+d)}{2}|$$

- ③ $T \geq a$ & $|b-e| < \beta$ 이면, 이때는 주변의 화소에 비해 b 방향으로의 강한 상관성이 있는 것으로 판단하여 식 (7)과 같은 처리를 수행한다.

$$g = K_1 \times \frac{(b+e)}{2} + K_2 \times PMED(a,b,c,d,e,f) \quad (7)$$

여기서, K_i 는 각각 식(8)과 같다.

$$K_i = \frac{\frac{1}{D_i}}{\frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}} = \frac{D_1 \times D_2}{D_i(D_1 + D_2)}, \quad i=1,2 \quad (8)$$

$$\text{where, } D_1 = |b - e|, \quad D_2 = \frac{|a - f| + |c - d|}{2}$$

여기서, D_1 은 수직 방향의 유사성 정도를 반영하기 위한 비용함수의 변수이고, D_2 는 PMED의 보간 결과치, $PMED(a,b,c,d,e,f)$ 를 반영하기 위한 비용함수의 변수로, D_1 의 크기에 반비례하여 수직 방

향의 선형 보간값, $0.5 \times (b+e)$ 가 반영되는 가중치가 증가하고, D_2 의 크기에 반비례하여 PMED의 보간 결과치, $PMED(a,b,c,d,e,f)$ 가 반영되는 가중치가 증가한다.

- ④ 그 밖의 경우에는 $g-PMED(a,b,c,d,e,f)$ 의 보간 결과치를 그대로 이용한다.

IV. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 제안된 방식의 성능과 적용의 보편성을 평가하기 위해, 정지 영상과 동영상에 대상으로 기존의 방식과 제안된 방식에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 시험 영상으로 정지 영상은 512×512 화소의 LENA, PENTAGON와 256×256 화소의 COUPLE, GIRL, PUPPY, MANDRILL, BRIDGE과 동영상은 모두 30fps의 프레임 레이트를 갖는 352×240 화소의 TABLETENNIS, CLAIRE와 360×288 화소의 SALESMAN 및 720×480 화소의 FOOTBALL를 이용하였으며, 이때, 실제 주사선 보간을 적용할 시험 영상을 생성하기 위해 각 시험 영상의 격행을 제거함으로써 비월주사된 것과 유사한 필드 영상을 생성한 후, 이 필드 영상을 대상으로 주사선 보간 처리를 수행하였다. 여기서, 비월주사된 동영상을 대상으로 하는 주사선 보간 처리에서 정지 영상을 시험 영상으로 채택한 이유는 다양한 공간 분포를 갖는 시험 영상에 제안된 방법을 적용하기 위한 것으로, 기본적으로 제안된 방법이 필드내 보간 기법에 기반하고 있으며, 전술한 바와 같이, 실제 필드 영상을 사용한 것이 아니라 프레임 영상에서 인위적으로 격행을 제거한 시험용 필드 영상을 생성하여 사용하는 바, 하나 하나의 낱장 단위로 주사선 보간 처리가 수행됨에 따라 정지 영상도 동영상과 마찬가지로 공간적인 화소의 재현성을 평가하는 데에 적절하게 사용될 수 있기 때문이다.

시뮬레이션 결과에 대한 객관적인 성능 비교를 위해, 원시험 영상의 격행을 제거한 후에 보간 처리한 영상과 격행을 제거하기 전의 원시험 영상 간의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 이용한다.

4.1. PSNR에 의한 성능 평가

정지 영상의 경우, 표 1에서 살펴볼 수 있듯이, PSNR에 의한 객관적 성능 평가 측면에서 제안된 알고리즘(APMED; Adaptive PMED)은 ZIO 방식, FOI 방식, SWAI 방식, MED 방식, PMED 방식에

비해 각각 3.76dB, 0.24dB, 0.36dB, 0.18dB, 0.12dB, 만큼 평균적으로 우수한 것을 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통해 확인할 수 있었다.

표 1. 정지 영상들에 대한 각 방식의 PSNR 비교
Table 1. Comparison of each methods by PSNR for still images [dB]

영상 \ 방식	ZOI	FOI	SWAI	MED	PMED	APMED
LENA	28.15	32.52	31.84	32.31	32.54	32.80
PENTAGON	26.87	31.31	30.63	31.01	31.19	31.50
COUPLE	27.88	32.05	31.77	31.70	32.03	32.25
GIRL	26.88	31.08	30.96	31.17	31.26	31.40
PUPPY	24.17	26.19	26.75	26.56	26.53	26.61
MANDRILL	21.34	23.51	23.81	23.64	23.61	23.69
BRIDGE	20.61	23.89	23.92	23.77	23.79	24.01
평균	25.13	28.65	28.53	28.59	28.71	28.89

정지 영상의 경우, PSNR에 의한 성능 평가 측면에서는 기존의 방식들에 대해 미비한 성능 향상의 결과를 제공할지라도 주관적인 화질면에서는 제안된 방식이 매우 우수한 결과를 제공함을 확인할 수 있었으며, 특히, 대각선 방향의 윤곽 정보뿐만 아니라 수직 방향에 대한 윤곽 정보의 재현성이 우수하게 평가되었다.

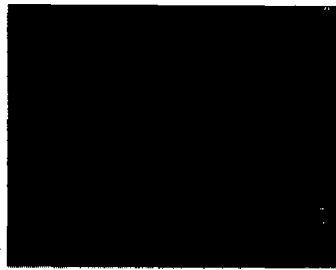
그림 3은 정지 영상 LENA를 대상으로 각 방식을 적용한 결과 영상의 국부 확대 영상을 예시한 것이다.



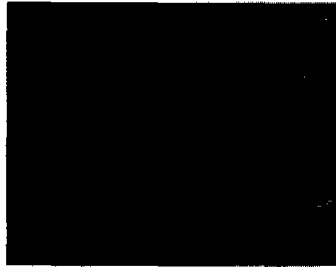
(a)ZOI



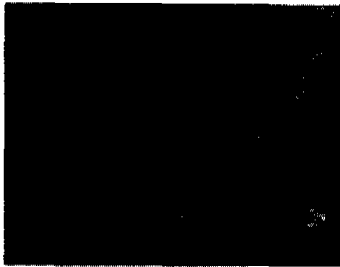
(b)FOI



(c)SWAI



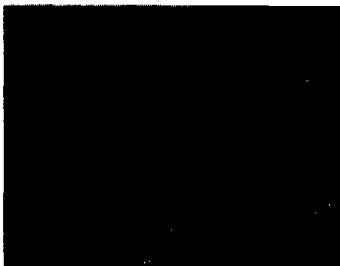
(d)MED



(e)Asterisk-shaped PMED



(f)APMED



(g)ORIGINAL

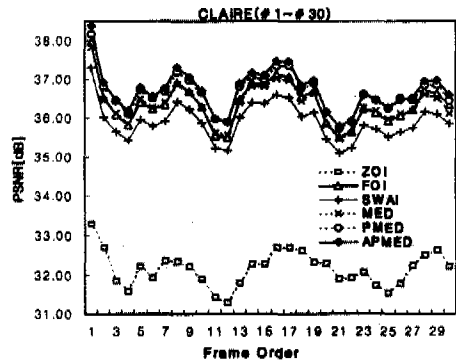
그림 3. LENA 영상을 대상으로 각 방식을 적용한 결과 영상의 국부 확대
 Fig. 3 Local zooming of the result images interpolated by each methods for LENA

그림 6에 나타난 LENA의 경우에는 기존의 방식이 머리카락을 심하게 단절시키고 있는 반면에 제안된 APMED 방식은 비교적 연속적인 머리카락의 라인을 재생시키고 있다.

특히, 모자의 윤곽에서 발생하는 강한 스텝 현상을 원영상에 근접하게 제거하고 있다.

동영상의 경우, 정지 영상에서의와 마찬가지로 PSNR 측면에서는 기존의 방식 중 진보된 방법과 거의 유사한 성능을 제공하고 있지만, 제안된 방식은 기존의 방식에 비해 윤곽 재현성이 상대적으로 좋음에 따라 주관적인 화질이 평균적으로 우수하였다.

그림 4는 동영상 CLAIRE와 SALESMAN에 대한 PSNR을 프레임 순으로 도시한 그래프이다.



(a)CLAIRE

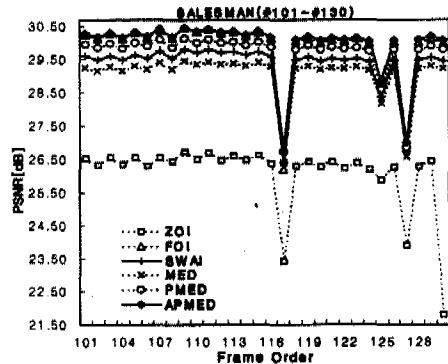


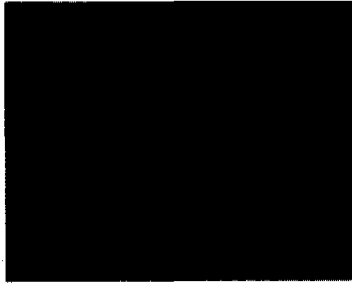
그림 4. 동영상에 대한 각 방식의 PSNR 비교
 Fig. 4 Comparison of each methods by PSNR for moving picture

여기서, PMED는 Pseudomedian 필터 방식^[3] 중 Rotated-H shaped PMED 방식, APMED는 본 논문을 통해 제안된 Adaptive Pseudomedian 필터 방식에 대한 축약형 표현이다.

그림 5 및 그림 6은 각각 동영상을 대상으로 각 방식을 적용한 결과 영상을 국부 확대한 것이다.



(a)ZOI



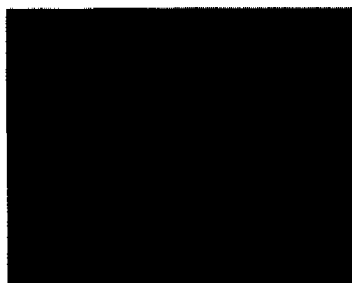
(b)FOI



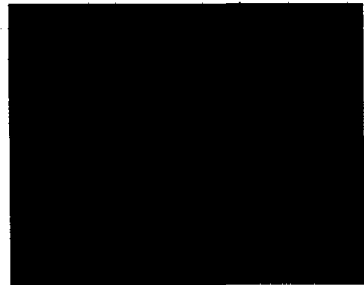
(c)SWAI



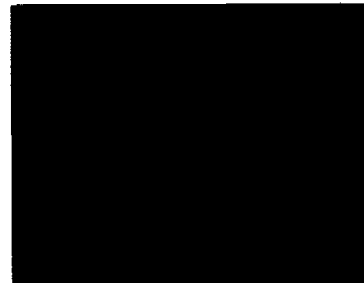
(d)MED



(e)Asterisk-shaped PMED



(f)APMED



(g)ORIGINAL

그림 5. SALESMAN 영상을 대상으로 각 방식을 적용한 결과 영상의 국부 확대

Fig. 5 Local zooming of the result images interpolated by each methods for SALESMAN

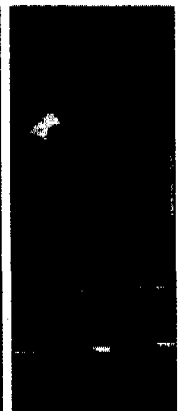
제안된 APMED 방식은 그림 5에 나타난 SALESMAN의 경우에는 비교적 우수한 결과를 제공하는 Asterisk-shaped PMED 방식이 미디안 필터 특성을 반영함에 따라 반점 현상이 초래하는 반면, 수직 윤곽 정보에 대한 우수한 재현성에 힘입어 제안된 APMED 방식은 이러한 악영향을 효과적으로 제거함으로써 원영상과 거의 흡사한 재현성을 제공하고 있다.



(a) ZOI



(b) FOI



(c) SWAI



(c)MED (e) APMED (g) ORIGINAL

그림 6. TABLETENNIS 영상을 대상으로 각 방식을 적용한 결과 영상의 국부 확대

Fig. 6. Local zooming of the result images interpolated by each methods for TABLETENNIS

그러나, 그림 6에 나타난 TABLETENNIS의 경우에는 제안된 APMED 방식을 포함한 모든 방식이 탁구대의 네트를 매우 열악하게 재생하고 있는 데, 이와 같이 매우 높은 고주파가 존재하는 영역에서는 필드내에는 공간 주파수 대역이 제한되어 있기 때문에 제안된 APMED 방식을 포함한 모든 필드내 보간 방식들은 부득이 심한 화질 열화를 감수할 수밖에 없음을 확인할 수 있다.



(a)ZOI



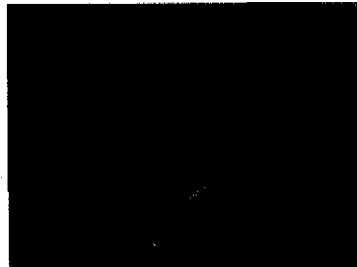
(b)FOI



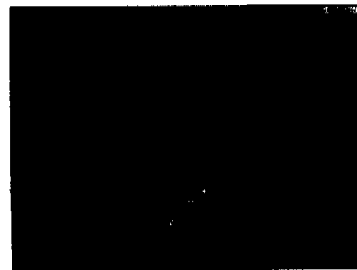
(c)SWAI



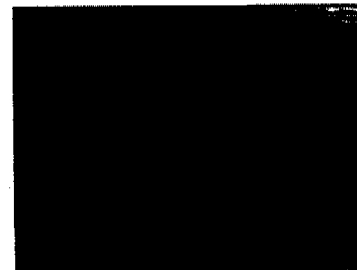
(d)MED



(e)PMED



(f)APMED



(g)ORIGINAL

그림 7. FOOTBALL 영상을 대상으로 각 방식을 적용한 결과 영상의 국부 확대

Fig. 7 Local zooming of the result images interpolated by each methods for FOOTBALL

한편, 그림 7의 FOOTBALL 영상은 다수의 객체를 포함하고 있으며, 각각의 객체가 극단적인 움직임 을 갖고 있는 동영상이다. 그림 7(g)의 FOOTBALL 원영상은 시각적으로 볼 때, 마치 격행이 제거된 비열 주사된 영상처럼 보이지만, 이는 이미지 센서를 통해 이 영상을 촬영할 시에 시간축 에일리어싱(temporal aliasing)에 의해 필드간에서 화질 열화가 발생한 것이다. FOOTBALL에 비추어 볼 때, 미디안 필터 계열인 MED 방식과 PMED 방식 및 제안된 APMED 방식은 필드간 정보를 이용하지 않고도 시간축 에일리어싱을 효과적으로 제거하고 있을 뿐만 아니라 윤곽의 방향성을 적절하게 재현하고 있음을 확인할 수 있다. 그림 7(g)에서는 거의 식별할 수 없는 미식축구 선수의 백넘버가 주사선 보간 영상에서는 식별 가능할 정도로 재현되고 있으며, 특히, 운동복 바지에 형성된 줄무늬에 대해서는 윤곽의 방향성에 기초하여 높은 시각적 재현성을 제공하고 있음을 확인할 수 있다. 즉, 제안된 방식은 고속의 움직임에 의해 극심한 시간축 에일리어싱을 포함하고 있는 영상이라 할지라도 필드내의 공간 정보를 효과적으로 이용할 경우, 필드간의 정보를 이용한 것보다는 만족스럽지는 못하지만 시간축 에일리어싱을 효과적으로 제거하고 있음을 확인할 수 있다.

4.2. 연산량 비교

표 2. 각 방식의 연산량 비교
Table 2. Comparison of each method by computation

연산종류 보간 방식	가산	감산	승산	제산	비교 연산	절대 연산	
ZOI							
FOI	1		1				
SWAI	11	7	6	2		7	
MED	1		1		23		
Rotated-H shaped PMED	1		1		9		
Asterisk-shaped PMED	1		1		7		
APMED	$T < \alpha$	1+6	+6	1+4		9+4	+6
	$T \geq \alpha$ & $ b-c \leq \beta$	1+6	+5	1+3		9+2	+3
	Otherwise	1+2	+3	1		9+2	+3

표 2는 각 방식을 적용하여 하나의 화소를 보간할 시에 요구되는 연산량을 비교한 것이다. 구성 및

처리 방식 간에 다소 차이가 있기 때문에 동일한 연산으로 각 방식을 비교할 수는 없지만, 표 2를 통해 사칙 연산량과 비교 연산량 및 절대값 연산량을 비교해 봄으로써 통상적인 하드웨어 설계 시, 시스템의 복잡성과 실시간 구현성 정도를 대략적으로 살펴볼 수 있다.

이때, 연산을 수행할 시에 요구되는 임시 저장 수단인 버퍼의 수(또는, 레지스터수)는 비교 대상에서 제외하기로 한다.

제안된 APMED 방식은 Rotated-H shaped PMED 방식에 기초하고 있음에 따라 기본적으로 1회의 가산과 1회의 승산 및 9회의 비교 연산이 필요하며, 적용형 방식임에 따라 각각의 조건 상황을 판단한 후, 해당 조건에 따른 보간치를 산출하기 위해 추가적인 연산을 수행함에 따라 각 경우에 대해 표 2와 같이 각 경우에 있어서 상이한 연산량이 요구된다.

각 경우의 연산량에 대한 산출 방식의 기준을 변경하면 다소 다른 결과가 나올 수 있으며, 각 경우의 발생 빈도는 각각의 시험 영상에 따라 다를 수 있지만, 각 경우에 대한 전체 연산량의 변동폭이 적음에 따라 평균적인 연산량을 통해 제안된 방식에 대한 연산량적인 평가를 수행하더라도 무리가 없을 것으로 사료된다. 따라서, 제안된 APMED 방식은 ZOI 방식, FOI 방식, Rotated-H shaped PMED 방식, Asterisk-shaped PMED 방식에 비해서는 하드웨어 구성이 복잡하고 연산량이 많지만 SWAI 방식과 MED 방식에 비해서는 제안된 방식의 주관적/객관적 성능 향상 폭을 감안할 때, 타당한 정도의 연산량 및 복잡도의 증가로 인정할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 시뮬레이션 결과를 분석해볼 때, 제안된 방식은 FOI 방식과 MED 방식 및 PMED 방식의 장점을 적절하게 반영하고 있으며 수평 및 수직 방향 그리고 대각선 방향의 윤곽에 대한 재현에 효과적인 적응성을 제공하고 있음을 확인할 수 있다.

V. 결론

논문에서는 Pseudomedian 필터에 윤곽 보정을 위한 알고리즘을 추가한 주사선 보간 방식을 제안하였으며, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 기존의 방식과 비교·분석하였다. 본 알고리즘의 보편성을 위해 정지 영상의 경우에는 주피수의 포함 정도 및 그 분포도가 서로 다른 영상을 실험 대상으로 삼았으

며, 동영상의 경우에는 움직임의 정도가 자기 다른 실험 영상들을 대상으로 다양한 컴퓨터 모의 실험을 수행하였다. 이 모의 실험의 결과로 제안된 방식은 영상의 수평, 수직 및 대각선 정보에 대한 우수한 재현성에 기초한 전역적인 화질의 향상과 아울러 미세 윤곽 부분에서 더욱 매끄러운 재현 특성을 보임을 알 수 있으며, 이와 같이 고주파 윤곽 정보의 재현성을 개선하여 성능 향상을 도모함과 동시에 주관적/객관적 성능 향상 폭을 감안할 때, 본 알고리즘의 복잡성에 따른 하드웨어적인 구현의 난해성과 성능 향상 간에 상호 타협 관계(tradeoff)를 형성하고 있음을 확인한 바, 전체적인 보간 특성의 개선을 도모하고 있음을 일측면에서 분석함으로써 제안된 방식의 유용성을 입증하였다.

한편, 이상에서 살펴본 사실에 기초할 때, 필드내 보간 기법은 고속의 움직임에 의해 극심한 시간축 에일리어싱을 포함하고 있는 영상이라 할지라도 필드내의 공간 정보를 효과적으로 이용할 경우, 필드간의 정보를 이용한 것보다는 만족스럽지는 못하지만 시간축 에일리어싱을 어느 정도 제거할 수 있는 반면에 필드 영상에 상대적으로 높은 고주파 정보가 많이 포함되어 있을 경우, 필드내에는 공간 주파수 대역이 제한되어 있기 때문에 이 경우에는 부득이 심한 화질 열화를 감수할 수밖에 없음을 확인할 수 있다.

제안된 방식은 필드내 보간 방식을 채택함으로써 시스템 구성 시에 필드 메모리나 프레임 메모리를 사용할 경우에 초래되는 비용상의 부담을 최소화함과 동시에 PCB(Printed Circuit Board) 상에서 상대적으로 작은 면적을 차지함이 요구되는, 즉, 집적도가 요구되는 시스템의 경우에 동일 필드내/에서 주사선 보간 처리가 이루어지는 것이 바람직하다는 기술적인 요구에 충실하고자 하였다. 다시 말해서, 본 알고리즘은 그 구성면에서 MIN, MAX 회로와 2개의 라인 메모리, 사칙 연산을 위한 소정의 선형 회로만으로 하드웨어 구성이 가능하므로 타당한 정도의 실현성이 인정되며 또한 가격면에서도 유리하여 그 실용성에 의의가 있다.

오늘날 보급되고 있는 TV의 대형화 추세에 비추어 볼 때, 주사선 보간 처리는 TV 시스템의 기본 사양이 되어 가고 있는 데, 특히, 주사선 보간 처리를 필수적으로 채택하고 있는 LCD 프로젝트 시스템에서는 최적화된 하드웨어 구성과 함께 기존의 TV 신호 처리 방식보다 개선된 화질을 요하므로, 제안된 방식은 TV에서의 주사선 보간 처리와 LCD

프로젝터 시스템의 주사선 보간 처리용으로 적용할 수 있으며, ASIC화를 통해 다양한 시스템에 적용될 수 있을 것으로 예측된다.

한편, 제안된 방식은 특정의 실험 영상뿐만이 아니라 다양한 영상 소오스에 본 알고리즘을 적용하여 전처리 및 후처리를 수행할 수 있을 것으로 사료되는 데, 특히, 제안된 방식은 주사선 보간 분야 외에도 DCT(Discrete Cosine Transform) 기반 영상 코덱(CODEC)에서 하향 샘플링(down-sampling)된 색차 영상(Cb, Cr)을 원영상의 크기로 상향 샘플링(up-sampling)하거나 또는 단순히 영상을 확대(image enlargement)하는 응용 분야나 NTSC, PAL, SECAM과 같은 4 : 3 화면비를 갖는 기존의 텔레비전 방식의 영상 촬상 소자를 통해 촬영한 영상을 16 : 9 화면비를 갖는 HDTV(High-Definition Television) 방식의 영상으로 변환하는 등의 응용 분야에 용이하게 확장하여 적용할 수 있을 것을 판단된다. 마지막으로, 실제 영상 보간에 있어 인간의 시각 특성을 고려할 때, 4×4 window에서 12방향 정도를 고려해 주는 것이 적당하다고 알려져 있음에 따라 향후, 주사선 보간에 이를 적절하게 반영하기 위한 연구가 차후 과제로 남아 있다¹⁰⁾.

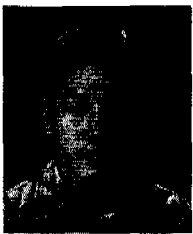
참 고 문 헌

- [1] S.K. Kwon, K.S. Seo, J.K. Kim, Y.G. Kim, "A Motion Adaptive De-interlacing Method", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.38, No.3, pp.145-149, 8. 1992.
- [2] K. Oistamo, Y. Neuvo, "A Motion Intensive Method for Scan Rate Converter and Cross Error Cancellation", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.37, No.3, pp.296-301, 1991.
- [3] 권병헌, 장광수, 황병원, "De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian Filter의 특성", 한국 통신 학회 논문지 '96-05 vol. 21, no, pp. 1151-1171, 1996.
- [4] R.S. PRODAN, "Multidimensional Digital Signal Processing for Television Scan Conversion", Philips J.Res. 41, pp.576-603, 1986.
- [5] D.Nguyen, E.Dubois, "Spatio-Temporal Adaptive Interlaced to Progressive Conversion", International Workshop on HDTV'92 Proceeding vol.2, 11. 18-20,1992.

- [6] W.K. Pratt, T.J. Cooper, and I. Kabir, "Pseudomedian filter", Proc. SPIE, vol.534, pp.34-43, 1985.
- [7] P.D.Fillman, T.J.Christopher, "Interlace to Progressive Scan Converter for IDTV", IEEE Trans. on Consumer Electronics , vol.38, no.3, pp.135-142, Aug. 1992.
- [8] C.P.Markhauser, "Motion Adaptive Pro-Scan Converter with two Dimensional Contour Enhancement", IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol.36, no.2, pp.110-114, May 1990.
- [9] K. S. Chang, "A Study on Interlace to Progressive Scan Conversion Using Pseudomedian Filter", *Master's thesis*, Dept. of Avionics, Hankuk Aviation Univ. 1994.
- [10] Stefan Thurnhofer, Michael Lightstone, and Sanjit K. Mitra, "Adaptive Interpolation of Images with Application to Interlaced-to-Progressive Conversion", Proc. SPIE vol.2094, pp.614-625, 1993.
- [11] Peter Frencken, "Two Integrated Progressive Scan Converters", IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. CE-32, no3, pp.237-240, Aug. 1986.

곽 노 윤(No-Yoon Kwak)

학생회원

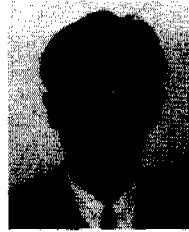


1969년 7월 20일생
 1994년 2월 : 한국항공대학교
 항공전자공학과(공학사)
 1996년 2월 : 한국항공대학교
 대학원 항공전자공학과
 (공학석사)
 1996년 3월~현재 : 한국항공대
 학교 대학원 항공전자
 공학과(박사과정)

<주관심 분야> 동영상 신호처리, 색영상 부호화, 영
 상 디스플레이

권 병 현(Byong-Heon Kwon)

정회원



1964년 8월 28일생
 1987년 2월 : 한국항공대학교
 항공전자공학과(공학사)
 1989년 2월 : 한국항공대학교
 대학원 항공전자공학과
 (공학석사)
 1995년 8월 : 한국항공대학교
 대학원 항공전자공학과
 (공학박사)

1995년 1월~1997년 2월 : LG 전자(주) 영상미디어
 연구소 선임연구원
 1997년 3월~현재 : 유한 대학 정보 통신과 교수
 <주관심 분야> 디지털 영상 처리, ASIC 설계

황 병 원(Byong-Won Hwang)

정회원



1947년 2월 2일생
 1972년 2월 : 한국항공대학 항
 공전자공학과 졸업
 (공학사)
 1981년 3월 : 동경대학 대학원
 전기공학과(공학석사)
 1984년 3월 : 동경대학 대학원
 전기공학과(공학박사)

1984년 5월~1985년 3월 : 국방과학연구소 선임연구
 원
 1993년 8월~1994년 8월 : 동경대학 전기공학과 교
 환교수
 1985년 8월~현재 : 한국항공대학교 항공전자공학과
 교수
 <주관심 분야> 영상처리 및 영상인식, 동영상 신호
 처리, 교통류 제어