

De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian Filter의 특성

正會員 權 炳 憲*, 金 根 培*, 黃 秉 元**

The Characteristics of Pseudomedian Filter for De-Interlacing Scan Conversion

Byong Heon Kwon*, Kun Bae Kim*, Byong Won Hwang** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 선행 연구한 Pseudomedian 필터를 토대로 하여 이의 특성을 종합적으로 분석, 비교하였다. 제안된 Pseudomedian 필터는 H-shaped와 Asterisk-shaped 윈도우 타입으로 구분된다. 먼저 Pseudomedian 필터의 정의와 De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian 필터 알고리즘에 대하여 논하고 이의 특성, 즉 Pseudomedian 필터의 에지 재현특성, 알고리즘에 근거하여 기존의 방식들과 연산량을 비교하였다. 그리고 PSNR이 pseudomedian 필터방식과 기존의 방식을 평가하기 위하여 이용되었다. 마지막으로, Pseudomedian 필터 방식의 특징과 trade off에 대하여 논하였으며, 시스템 적용시의 잇점과 적용분야를 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, we have analyzed the characteristics of pseudomedian filter based on the preceding study. The proposed pseudomedian filter methods consist of two types, that are H-shaped and Asterisk-shaped window types.

At first, the definition of pseudomedian filter and its algorithm for de-interlacing scan conversion have been described, especially its characteristics, that is, the edge preserving characteristics and the required computation have been compared with the conventional algorithms. And PSNR has been introduced to evaluate the pseudomedian filter methods and the conventional algorithms. Finally, it has been discussed on the features and trade off of the pseudomedian filter methods. And the merit and application fields of the pseudomedian filter methods have been discussed.

*LG 전자 영상미디어 연구소
Image & Media Lab., LG Electronics Inc.

**한국 항공 대학교 항공전자공학과
Dept. of Avionics, Hankuk Aviation University
論文番號:95388-1109
接受日字:1995年 11月 9日

I. 서론

현행 NTSC(National Television System Committee) 칼라 영상신호는 기존의 흑백 시스템과의 호환성을 위하여 휘도대역에 색도신호를 다중화함으로써 광범위한 주파수 대역을 사용하지 않고서도 전송이 가능하도록 되어 있다. NTSC 방식은 매우 정교하지만, 수신하여 영상을 재구성하기 위해서는 몇가지 본질적인 문제점이 있다⁽¹⁾.

이러한 문제점중의 하나가 비월주사에 의한 화질 열화인데, 현행 NTSC 시스템은 전송 대역폭과 대영역 플리커(large area flicker)를 줄이기 위해 비월주사(interlaced scanning)를 사용하고 있다. TV신호는 주사선에 의해 수직축으로 샘플링되며, 또한 필드 교번(field alteration)에 의해 시간축으로도 샘플링되어 있다⁽²⁾. 또한 비월주사 방식은 정지화(static picture)에서는 높은 주파수 성분이 존재하면 라인 플리커(line flicker)가 생기며, 동화(moving picture)에서는 수직방향으로 대역을 제한하지 않으면 수직-시간축 에일리어싱(vertical-temporal aliasing)이 유발된다. 대영역 플리커는 상대적으로 밝은 영역에서 현저하게 나타나며 특히, 이러한 결점은 대형화면에서 더욱 두드러지게 나타난다.

본 논문은 선행 연구한 주사선 보간용 Pseudomedian 필터⁽³⁾를 토대로 하여 이의 특성을 종합적으로 분석, 비교하였다. 먼저 Pseudomedian 필터의 정의와 De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian 필터에 대하여 간략히 논하고 이의 특성, 즉 Pseudomedian 필터의 에지 재현특성, 알고리즘과 하드웨어 구조에 근거하여 각 방식의 연산량을 비교하였다. 그리고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 PSNR과 실제 시험영상의 에지 재현특성을 비교, 분석하였다.

II. 기존의 주사선 변환 방식

기존의 주사선 변환방식은 선형보간과 미디안 필터를 중심으로 하는 비선형 보간기법으로 크게 나눌 수 있다. 미디안 필터 이외에도 여러가지 비선형 함수를 이용한 보간 기법들이 있으나, 이러한 방식들은 상당수의 연산량을 필요로 하기 때문에 TV 주사선 변환에의 적용은 그 실용상에 문제가 있다⁽³⁾. 기존의

주사선 변환방식으로는 ZOI(Zero Order Interpolation), FOI(First Order Interpolation), SWAI(Spatio-Weighted Adaptive Interpolation), Median Method, Pseudomedian Filter 방식을 들 수 있다⁽⁴⁾.

2.1 ZOI

이 방식은 생략된 이전 라인의 화소를 그대로 반복하는 방식인데, 이는 line repetition method 라고도 한다. 이의 하드웨어 구성은 간단하지만 화질이 저하되기 때문에 제한된 적용성을 갖는다⁽⁴⁾.

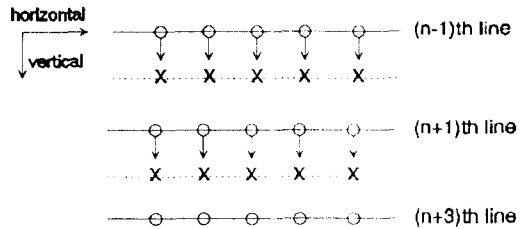


그림 1. ZOI의 원리

Fig. 1 The principle of ZOI (o: pixels, x: missing pixels)

그림 1은 빠진 주사선에 위치하는 화소값은 이전 라인의 화소값이 그대로 옮겨오는 것을 나타내고 있다. 실제 이 방식은 LCD 프로젝터(Liquid Crystal Device Projector)에 적용되고 있으며, 처리방식은 인가되는 복합 영상신호를 원색신호인 R, G, B로 변환하고, 각각은 A/D 변환기를 통해 디지털 신호로 변환한 후, NTSC용 라인 메모리를 사용하여 4fsc로써 라이트(write)하며, 출력시에 8fsc의 클럭으로 리드(read)함으로써 라인 배속을 수행한다. 이때, 수평 동기신호의 주파수도 2배로 변환하여야 한다.

2.2 FOI

이 방식은 line averaging method라고 칭하며, 비월주사된 각 필드에서 빠져있는 주사선을 인접한 위, 아래의 주사선의 화소값을 평균하여 보간 하는 방식이다⁽⁴⁾.

이의 차분방정식을 나타내면 다음과 같이 표현된다.

$$y(n) = 0.5x(n-1) + 0.5x(n+1) \quad (1)$$

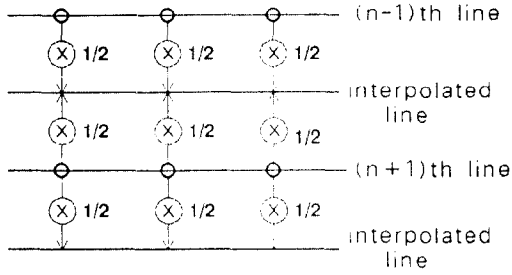


그림 2. FOI의 원리
Fig. 2 The principle of FOI

여기에서 $y(n)$ 는 보간처리된 라인의 화소값을 나타내며, $x(n-1)$ 는 $(n-1)$ th 라인에 위치하는 화소값을 의미한다. 그리고 $x(n+1)$ 는 $(n+1)$ th 라인에 위치하는 화소값을 나타낸다. 식 (1)을 z 변환하여 전달함수의 형태로 나타내면

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{z + z^{-1}}{2} \quad (2)$$

으로 표현할 수 있다. 이 방식은 복합 영상신호를 휘도신호와 색도신호로 분리한 후에 처리되며, 움직임 적응형 보간방식에서 동화처리 모드에서 적용 되는 방식이다.

2.3 SWAI (Spatio-Weighted Adaptive Interpolation)

이 방식은 동일 필드내에서 보간하고자 하는 화소의 상, 하를 평균한 필터와 4방향의 대각선에 위치하는 화소의 평균을 취한 필터에서 수직, 대각선 방향의 차를 구한 다음, 이를 근거하여 상관도에 비례하는 가중치를 곱하여 보간되는 신호의 값을 산출하는 방식이다⁽⁹⁾.

수직방향의 보간필터 $I_1(c, v)$ 는

$$I_1(c, v) = \frac{[I(c, v-1) + I(c, v+1)]}{2} \quad (3)$$

이고, 대각선방향의 보간필터 $I_2(c, v)$ 는

$$I_2(c, v) = \frac{[I(c-1, v-1) + I(c+1, v+1) + I(c-1, v+1) + I(c+1, v-1)]}{4} \quad (4)$$

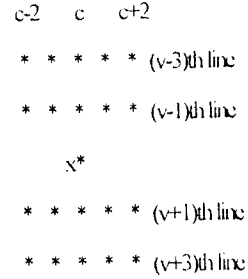


그림 3. 보간될 화소 x와 그의 이웃화소들의 위치
Fig. 3 The position of x to be interpolated and its neighborhood

이다. 여기서 $I(c, v)$ 는 현재 처리하고자 하는 필드에서 (c, v) 에 위치하는 화소의 값이며, 이때, c 는 수평방향, v 는 수직방향을 나타내는 변수이다. 한편 수직방향과 대각선 방향으로의 가중치를 두기 위하여 방향에 따른 평균 화소의 변이를 D_1, D_2 라 정의하면, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$D_1 = \frac{\sum_{j=c-2}^{c+2} |I(j, v-1) - I(j, v+1)|}{5} \quad (5)$$

$$D_2 = \frac{|I(c-1, v-1) - I(c+1, v+1)| + |I(c+1, v-1) - I(c-1, v+1)|}{2} \quad (6)$$

여기서 D_1 은 수직방향에서의 평균화소 변이이며, D_2 는 대각선방향에서의 평균화소 변이이다. D_1, D_2 를 이용하여 상관도에 비례하는 K_i 를 정의하면 다음과 같다.

$$K_i = \frac{\frac{1}{D_i}}{\frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}} = \frac{D_1 \times D_2}{D_i(D_1 + D_2)} \quad (7)$$

(여기서 $i=1, 2$ 이고 $\sum_{i=1}^2 K_i = 1$)

따라서, 보간되어지는 x 의 화소값 $I(c, v)$ 는 $I_1(c, v)$ 과 $I_2(c, v)$ 에 상관도에 비례하는 K_i 가 곱해진 형태로서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I(c, v) = \sum_{i=1}^2 K_i I_i(c, v) \quad (8)$$

그러나 이 방식은 계산량이 많아서, 실제 TV 주사선 보간방식으로서의 적용에는 어려움이 따른다.

2.4 Median Method

Median 필터링은 신호처리에 사용되는 가장 보편적인 비선형기법중의 하나이다. 미디안 필터는 개념적으로 복잡하지는 않지만 실제 계산량이 많이 요구되는 방식이다⁶⁾. 미디안 필터는 윈도우 함수가 각 점의 신호를 통과함으로써 쉽게 산출되는 연산자이며, 필터의 출력은 윈도우 내부의 미디안값을 취한다. 이때 독립 및 이상적으로 분포된 유한 집합의 확률변수 X 를 다음과 같다.(여기서 m 은 양의 정수이다)

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_{2m+1}) \quad (9)$$

$X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_{2m+1}$ 과 같이 크기의 오름순으로 재배열된 Order statics의 확률벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_{(i)} = (X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(2m+1)}) \quad (10)$$

만일, X 가 다음과 같은 또 하나의 확률 벡터

$$N = (N_1, N_2, N_3, \dots, N_{2n+1}) \quad (11)$$

에 선형적이라면, 다음과 같이 나타낼 수 있는데,

$$X_i = \delta N_i + \mu; i = 1, 2, \dots, 2m+1 \quad (12)$$

여기서 δ 와 μ 는 임의의 상수이다. 그리고 N 의 order statics는 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$X_{(i)} = (N_{(1)}, N_{(2)}, \dots, N_{(2m+1)}) \quad (13)$$

한편 1차원 입력 수열 $\{X_i\}$ 에서 필터중심의 좌표가 j 일 때 $(2m+1)$ 점 미디안 필터의 출력은

$$Y_j(m) = median(X_{j-m}, \dots, X_j, \dots, X_{j+m}) \quad (14)$$

이 된다.

2차원 미디안 필터는 필터의 윈도우 크기와 기하학

적 모양에 따라 여러 가지방법으로 정의될 수 있는데, 일반적으로 SQUARE-, CROSS-, X-SHAPE의 윈도우를 사용한다. 2차원 필터 윈도우 $W(i, j)$ 의 중심이 영상 좌표 (i, j) 일 때, 미디안 필터의 출력은

$$Y_{i,j}(m) = median[X_{i',j'}; (i', j') \in W(i, j)] \quad (15)$$

가 된다. 이러한 미디안 필터를 주사선 보간기법에 적용하기 위해서는 그림 4에서와 같이 보간하고자 하는 화소가 g 라고 할 때, 사용되어지는 주변 화소가 6개이므로 미디안 필터를 구성하기 위해서는 문제점이 있다. 이러한 문제점은 윈도우의 크기와 형태를 변형시키더라도 윈도우의 구조가 대칭 구조를 가져야 한다면 해결되지않는다.

하나의 해결방안으로 변형된 미디안 필터를 들 수 있다. 이 방식은 그림4에서 g 의 상, 하에 위치하는 화소의 평균을 입력화소로 추가하여 이용하는 방식인데, 이 방식에 의한 미디안 필터의 출력은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$g = MED \{a, b, c, d, e, f, h\} \quad (16)$$

여기서 $h = (b+e)/2$ 이다.

III. Pseudomedian 필터

3.1 Pseudomedian 필터의 정의

미디안 필터는 이산 신호상에서 동작하며, 처리하고자 하는 신호를 중심으로 해서 $2N+1$ 샘플폭의 윈도우를 갖는다. 필터의 출력은 윈도우에서 $2N+1$ 의 미디안이 된다⁶⁾. 반면, Pseudomedian 필터는 역시 이산 신호상에서 동작하고 $2N+1$ 의 폭을 갖지만 출력은 $N+1$ 의 부윈도우(subwindow)의 최대치 중의 최소치와 최소치중의 최대치의 평균이 된다. Pseudomedian 필터의 정의는 $N=1, N=2$ 에 대해 식(17)-(18)과 같이 나타낼 수 있다.

$$PMED \{a, b, c\} = 0.5 \times \max\{\min\{a, b\}, \min\{b, c\}\} + 0.5 \times \min\{\max\{a, b\}, \max\{b, c\}\} \quad (17)$$

$$PMED\{a, b, c, d, e\} = 0.5 \times \max\{\min\{a, b, c\}, \min\{b, c, d\}, \min\{c, d, e\}\} + 0.5 \times \min\{\max\{a, b, c\}, \max\{b, c, d\}, \max\{c, d, e\}\} \quad (18)$$

식(17)에서 윈도우의 값은 $\{a, b, c\}$ 이고 식(18)에서 윈도우의 값은 $\{a, b, c, d, e\}$ 이다. 이때 PMED는 pseudomedian을 의미한다. Pseudomedian 필터는 미디안과는 달리 윈도우에서 $N+1$ 의 부윈도우만을 사용하기 때문에 미디안 필터보다 더욱 중심점에 강한 가중치를 부가하는 특성을 갖는다. 한편 에지와 임펄스에 대한 응답특성도 미디안 필터보다 우수하다^{(5),(6)}.

3.2 De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian Filter

기존의 Pratt가 제안한 구조는 프레임 구조의 윈도우 형태이기 때문에 비월주사에는 적합하지 않으므로 윈도우 형태를 변환하여야 한다. 선행 연구에서는 다양한 에지가 존재하는 영상에서도 우수한 에지 재현능력을 가지는 2가지 윈도우 형태를 제안하였다⁽⁵⁾. 이 방식은 기존의 Pratt 방식보다 대각선, 수직방향에서 향상된 에지특성을 나타내는데, 윈도우 형태에 따라서 방식 I은 H-shaped PMED라 칭하며, 방식 II는 Asterisk-shaped PMED라 한다⁽⁵⁾.

3.2.1 H-shaped PMED

이 방식은 인가되는 비월주사 방식의 신호를 순차 주사 방식의 형태로 변환하기 위한 것이며, 그림 4는 PMED 연산에 사용되는 화소들을 나타낸 것이다. a, b, c 는 $(n-1)$ 번째 주사선에 위치하는 화소들이며, d, e, f 는 $(n+1)$ 번째에 위치하는 화소들이다. 여기서 g 는 보간될 화소를 나타내며, 이때 g 가 위치하는 라인 이 보간되어지는 주사선이다.

그림 4에 도시된 형태의 윈도우에 대한 부윈도우는 $\{a, b, c\}, \{d, e, f\}, \{b, e\}$ 이다. 이때 이 방식에 의해 보간되는 화소값 g 는 아래의 식(19)과 같이 산출되어진다⁽⁵⁾.

$$g = PMED\{a, b, c, d, e, f\} = 0.5 \times \max\{\min\{a, b, c\}, \min\{d, e, f\}, \min\{b, e\}\} + 0.5 \times \min\{\max\{a, b, c\}, \max\{d, e, f\}, \max\{b, e\}\} \quad (19)$$

식(19)가 의미하듯이 보간되는 화소값 g 는 수평, 수직방향으로 인접하는 화소들의 선형 및 비선형 연산에 의해 산출되어진다.

3.2.2 Asterisk-shaped PMED

영상에서 임의의 화소는 주변화소와 수평, 수직뿐만 아니라, 대각선 방향에 대해서도 상관관계가 크다. H-shaped PMED가 수평, 수직 방향을 고려한 방식인 반면에, Asterisk-shaped PMED는 대각선 방향과 수직방향을 고려한 방식이다⁽⁵⁾. 이 방식은 보간되어지는 화소 g 와 대각선방향에 위치하는 두 화소군 $\{a, f\}, \{c, d\}$ 그리고 g 와 수직방향에 위치하는 화소군 $\{b, e\}$ 를 부윈도우로 이용한다. 따라서 이와같은 부윈도우의 최대치중의 최소치와 최소치중의 최대치의 평균에 의해 보간되어지는 화소 g 의 값이 결정된다. 이 방식에 의한 출력은 다음 식(20)과 같다.

$$g = PMED\{a, b, c, d, e, f\} = 0.5 \times \max\{\min\{a, f\}, \min\{c, d\}, \min\{b, e\}\} + 0.5 \times \min\{\max\{a, f\}, \max\{c, d\}, \max\{b, e\}\} \quad (20)$$

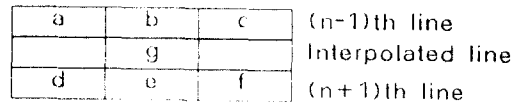


그림 4. PMED 연산에 사용된 화소군
Fig. 4 The pixels used for PMED

IV. De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian Filter의 특성

본 논문에서는 선행 연구한 III절의 Pseudomedian 필터를 토대로 하여 이의 특성을 종합적으로 분석, 비교하였다. 특히 각 필터들의 에지 재현특성과 알고리즘에 따른 하드웨어 구조에 근거하여 계산된 연산량들을 비교하였다. 또한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 각 필터들로부터 출력된 영상들의 PSNR과 시험영상의 에지 재현특성을 비교, 분석하였다.

4.1 에지특성 평가

그림 5-그림 8은 Pratt 방식과 미디안 방식 그리고 Pseudomedian 필터와의 에지특성을 대각선 방향, 수평 및 수직방향 그리고 90°의 코너의 경우에 대하여 비교한 것이다. 그림 5에서 사선방향으로 표시한 화소는 256계조 영상에서 20₁₀ 값을 나타내고, 수평방향의 선으로 표시한 화소는 100₁₀을 나타낸다. 이때 Pratt 방식에 의한 처리결과는 (c)처럼 수평과 수직으로 교차하는 화소를 나타내고 있는데 이 화소는 배경과 물체의 평균값인 60₁₀를 나타낸다. 따라서 Pratt 방식에 의한 처리결과는 이웃화소와의 평균으로 나타남을 알 수 있다. 한편 (d)미디안 방식과 (e), (f)의 Pseudomedian 필터방식은 원래의 에지를 그대로 재현해 내고 있음을 알 수 있다. 그림 6의 수평방향의 에지특성 비교에서도 Pratt 방식에 의한 보간 화소값은 배경과 물체의 경계부에서 평균값을 재현해 내고 있으나, 미디안 필터방식과 Pseudomedian 필터방식은 원래의 에지를 그대로 재현하고 있음을 알 수 있다. 수직방향의 에지특성을 비교한 그림 7에서는 비교된 모든 방식이 물체와 배경의 평균값을 에지에서 재현해 내고 있다. 이 경우에는 각 방식들이 차이가 없음을 알 수 있다. 그림 8의 90° 에지의 특성비교에서는 Pratt 방식이 에지에서 평균 값을 재현해 내는 반면에, 다른 방식들은 배경의 값을 나타냄을 알 수 있는데, 이 경우에 대해서는 미디안 방식과 Pseudomedian 필터방식이 동일한 오차를 발생시킴을 알 수 있다. 그림 9-그림 11은 기존의 방식과 Pseudomedian 필터방식의 2차원 에지특성중 물체와 배경간의 계조차가 작은 경우에 대하여 성능을 비교한 것이다. 이때, 배경과 물체의 계조도는 일정하며, 그 차는 256계조에서 2로 가절하였다.(빗금친 화소들은 배경과 물체간의 중간값 혹은 평균값을 나타낸다) 그림 9는 135°의 에지특성을 비교한 것이다. (c)ZOI방식은 이전라인의 화소값을 그대로 반복하는 방식이므로 완전한 에지특성을 재현하지는 못한다. (d)FOI 방식은 이 경우에서 ZOI와 같은 특성을 나타내고 있다. SWAI방식은 배경과 물체와의 계조차가 적을 때에는 (c)에서처럼 원영상을 재현해 낼 수 있지만 그 차가 크면 클수록 화질은 급속히 저하된다. 미디안 방식은 원영상을 (f)와 같이 재현해 내고 있다. 한편 Pseudomedian 필터방식 (g), (h)는 135° 에지에서는 원영상을 재현하지는

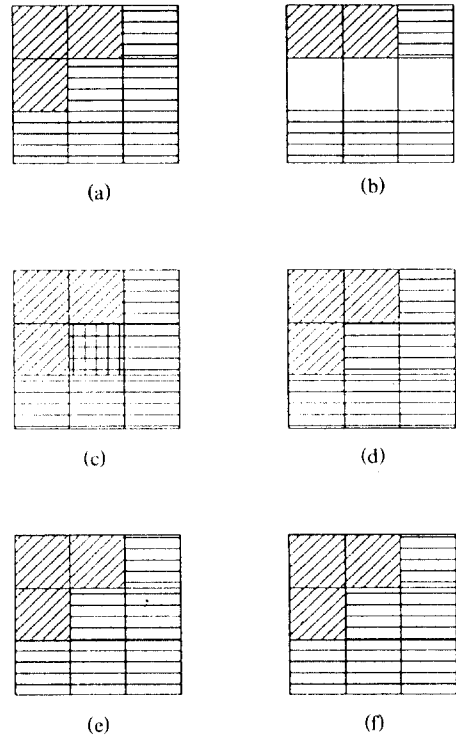
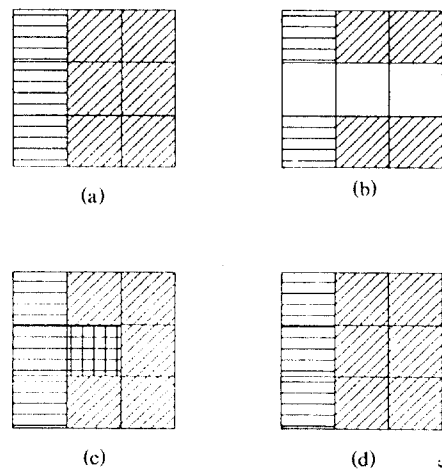


그림 5. 대각선 방향에서의 에지특성
 Fig. 5 The edge feature of diagonal direction
 where (a) original (b)interlaced (c)Pratt method
 (d)median method (e)H-shaped PMED method
 (f)asterisk-shaped PMED method



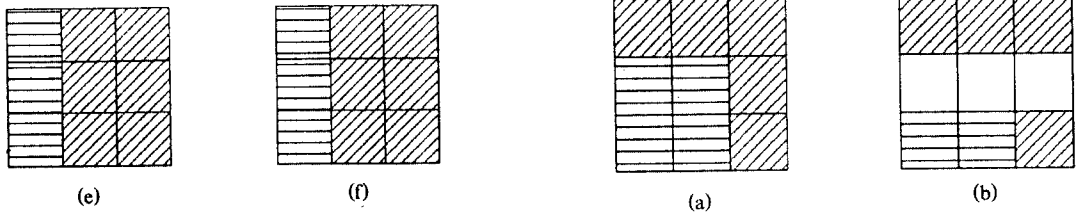


그림 6. 수평 방향에서의 에지특성
 Fig. 6 The edge feature of horizontal direction
 where (a) original (b) interlaced (c) Pratt method
 (d) median method (e) H-shaped PMED method
 (f) asterisk-shaped PMED method

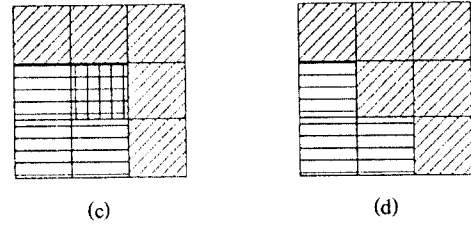


그림 7. 수직 방향에서의 에지특성
 Fig. 7 The edge feature of vertical direction
 where (a) original (b) interlaced (c) Pratt method
 (d) median method (e) H-shaped PMED method
 (f) asterisk-shaped PMED method

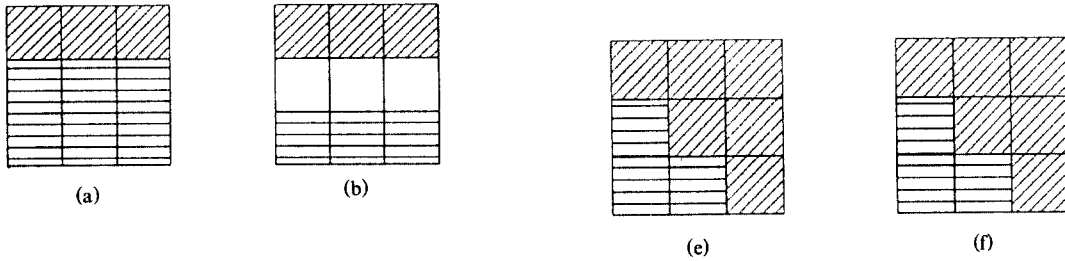


그림 8. 코너에서의 에지특성
 Fig. 8 The edge feature of on the corner
 where (a) original (b) interlaced (c) Pratt method
 (d) median method (e) H-shaped PMED method
 (f) asterisk-shaped PMED method

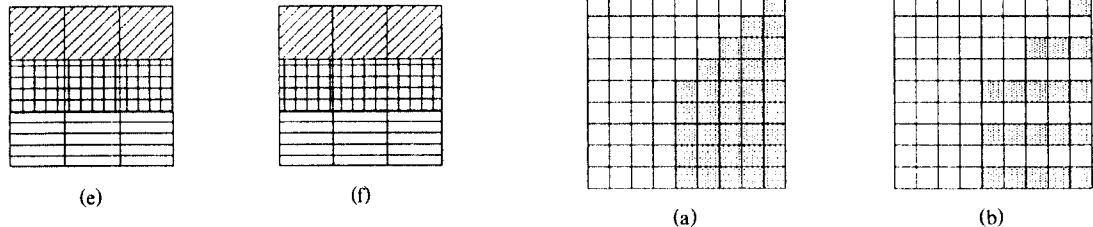
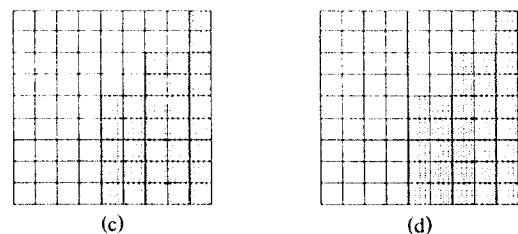


그림 7. 수직 방향에서의 에지특성
 Fig. 7 The edge feature of vertical direction
 where (a) original (b) interlaced (c) Pratt method
 (d) median method (e) H-shaped PMED method
 (f) asterisk-shaped PMED method



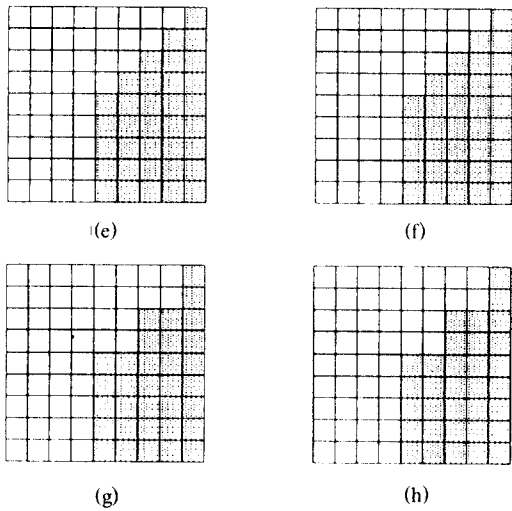


그림 9. 135° 코너 특성
Fig. 9 The feature of 135° corner

where (a)original (b)interlaced (c)ZOI (d)FOI
(e)SWAI (f)median method
(g)H-shaped PMED method
(h)asterisk-shaped PMED method

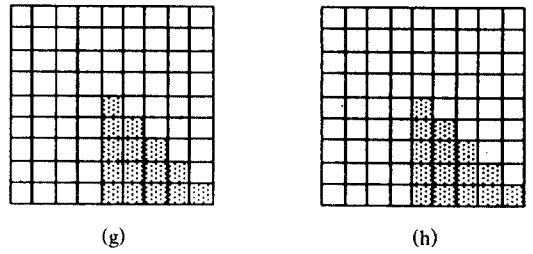
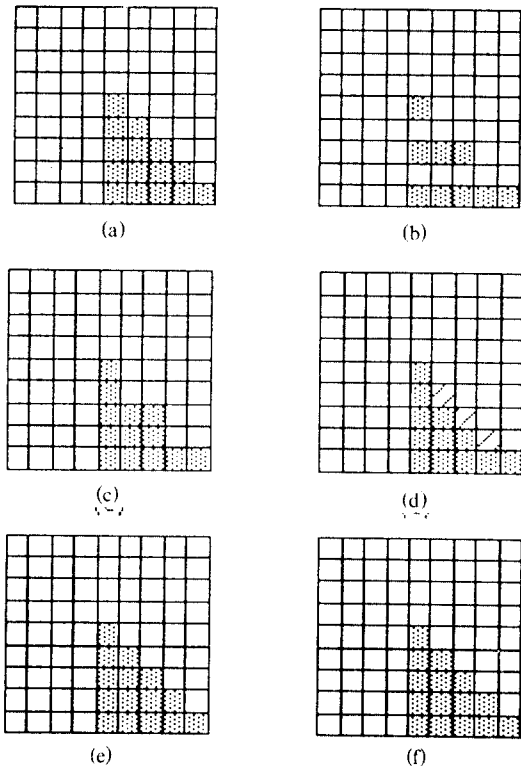
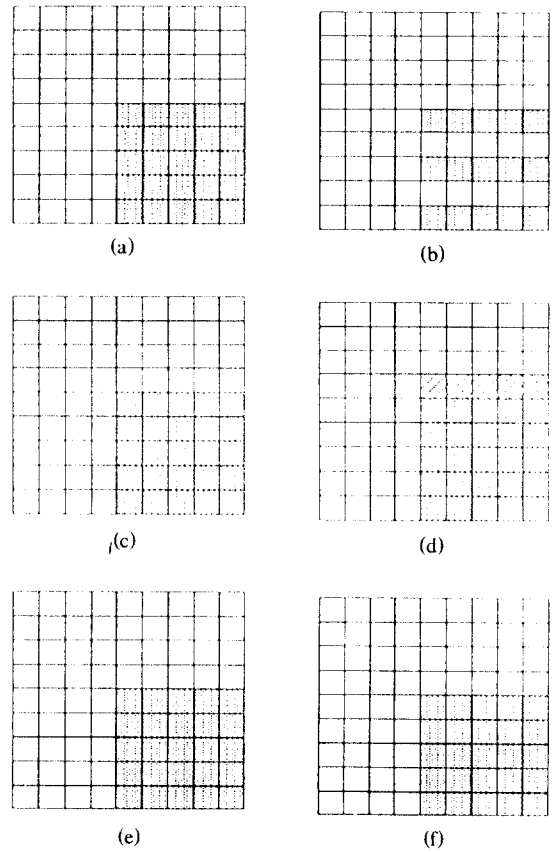


그림 10. 45° 코너 특성
Fig. 10 The feature of 45° corner

where (a)original (b)interlaced (c)ZOI (d)FOI
(e)SWAI (f)median method
(g)H-shaped PMED method
(h)asterisk-shaped PMED method



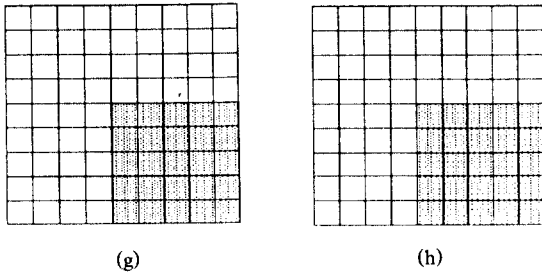


그림 11. 90° 코너 특성
Fig. 11 The feature of 90° corner

where (a)original (b)interlaced (c)ZOI (d)FOI
(e)SWAI (f)median method
(g)H-shaped PMED method
(h)asterisk-shaped PMED method

못하며 ZOI, FOI 와는 다른 형태의 에지특성을 갖는다. 45° 에지에 대한 특성을 비교하는 그림 10에서는 135° 에지와는 다른 형태를 나타낸다. (c)ZOI 방식은 섬세한 에지특성을 재현하지는 못하며, (d)FOI 방식은 배경과 물체의 계조의 평균값을 경계부분에서 나타내므로 계조차가 크면 클수록 에지는 더욱 열화된다. SWAI 방식은 이와 같이 계조차가 작은 예에서는 우수한 특성을 나타내지만 실제 영상에서는 그 차가 크면 에지가 흐릿하게(blurring)된다. 한편, (f)미디안 방식과 Pseudomedian 필터방식 (g), (h)에서는 45° 에지를 완전히 재현해 내고 있다. 90°의 에지에 대해서는 그림 11에서와 같이 FOI 방식만이 경계부에서 중

간값을 재생하고 다른 방식들은 원영상을 그대로 재현해 낸다. 표1은 각 방식의 에지특성을 종합적으로 정리한 도표이다.

4.2 연산량의 비교

표2는 각 방식에서 이루어지는 연산량을 비교하여 나타낸 것이다. 구성 및 처리방식 간의 차이가 있기 때문에 동일한 연산으로 각 방식을 비교할 수는 없지만, 표 2를 통해서 하드웨어 구현시의 복잡성을 판단할 수 있다. ZOI 방식은 단순히 이전 라인의 화소를 그대로 반복하는 방식이므로 라인메모리가 2개가 필요하며, 별도의 연산처리는 필요하지 않다. FOI 방식은 상, 하라인을 평균하는 방식이므로 덧셈기와 곱셈기가 각각 1개씩 필요하게 된다. SWAI 방식은 표2에서와 같이 상당수의 사칙 연산기와 절대치로의 변환이 필요한 방식임을 알 수 있다. 미디안 방식은 입력 화소수에 따라 그 하드웨어 구성이 큰 영향을 받는데, 미디안 방식은 중간값을 결정하기 위하여 Sorting 방식을 이용하므로 다수개의 비교기, MUX 그리고 Delay가 필요하게 된다. 그림 12는 7개의 입력 샘플 화소를 처리하기 위한 미디안 필터의 하드웨어 구조를 나타낸 것이다. 미디안 필터의 처리방식은 여러가지 방식이 있지만 본 논문에서는 그중에서 대표적인 방식을 예로 나타내었다. 그림 12에서 (d)는 7입력 화소를 sorting하기 위한 구성을 나타낸 것이다. (d)의 구성요소인 2샘플을 sorting하기 위한 sort2, 3샘플을 sorting하기 위한 sort3 그리고 4샘플을 처리하기 위

표 1. 각 방식의 에지특성 비교
Table 1. The comparison of processing methods by edge characteristics

비교방식	비교항목	대각선 방향	수평방향	수직방향	45° 에지	90° 에지	135° 에지
ZOI		poor	good	good	poor	good	poor
FOI		averaging	good	averaging	poor	poor	poor
SWAI		averaging	averaging	averaging	good	good	good
Median filter		good	good	good	good	averaging	good
Pratt Method		averaging	averaging	averaging	averaging	averaging	poor
H-Shaped Pseudomedian		good	good	good	poor	averaging	poor
Asrerisk-Shaped Pseudomedian		good	good	good	poor	averaging	poor

* good : 원래의 에지재현
* poor : 에지형태 변형
* averaging : 에지형태는 유지하나 다른값으로 대체되므로 에지열화 초래

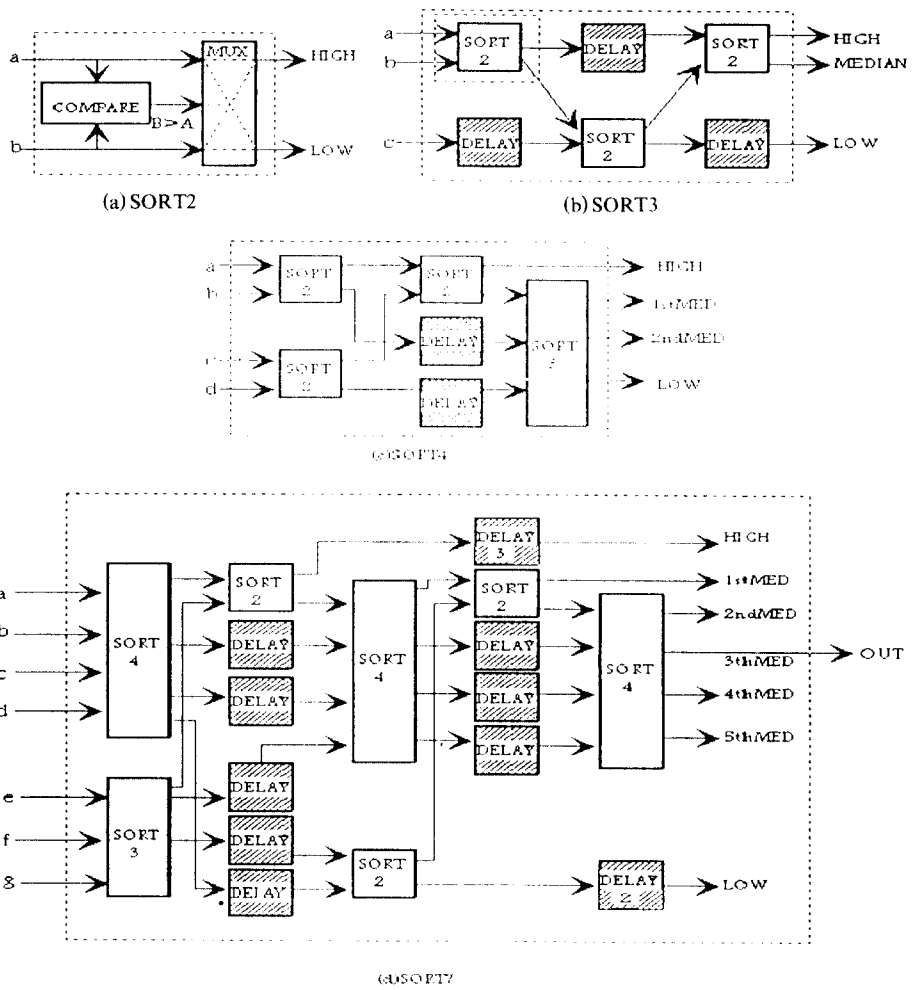
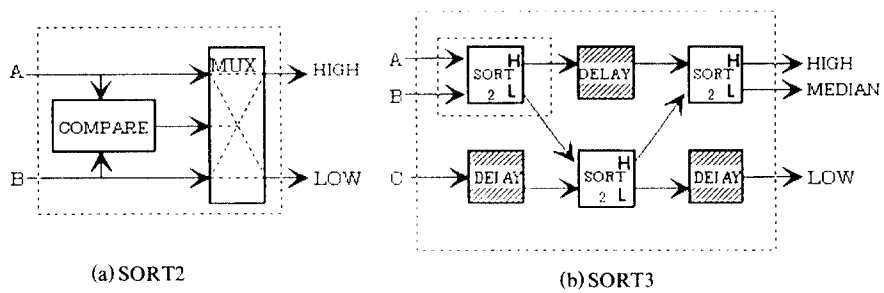


그림 12. 7샘플화소를 처리하기 위한 미디안 필터의 구조
 Fig. 12 The median filter structure for processing 7 samples



한 sort4를 그림 12의 (a), (b), (c)에 각각 나타내었다. 2개의 입력을 sorting 하기 위해서는 비교기와 MUX가 각각 1개씩 사용되며, 3개의 입력을 처리하기 위한 sort3에서는 (b)에서와 같이 sort2와 Delay가 각각 3개씩 사용되므로 비교기가 3개, MUX가 3개가 필요함을 알 수 있다. 4개의 입력을 sorting하기 위해서는 (c)에서와 같이 sort2가 3개, sort3가 1개 소요되므로 sort4에서는 비교기가 6개, MUX가 6개, Delay가 5개 사용됨을 알 수 있다. 따라서 7샘플을 처리하기 위한 미디안 필터는 24개의 비교기와 MUX가 각각 필요하며 이들의 처리시간을 맞추기 위해서는 추가적으로 28개의 Delay가 소요된다. 한편 H-Shaped PMED 방식에서는 MIN, MAX 연산과 함께 덧셈기와 곱셈기가 각각 1개씩 사용된다. (c)에서와 같이 MIN, MAX 연산은 그림 10과 같이 sorting 방식에 의해 처리되는데, H-Shaped PMED 방식에서는 3개의 입력화소를 sorting 하는 sort3가 4개, 2개의 입력화소를 sorting 하는 sort2가 1개 사용된다. 따라서 이 방식에서는 비교기가 13개, MUX가 13개, Delay가 12개가 사용됨을 알 수 있다. 그리고 Asterisk-shaped PMED 방식은 부원도수가 3개이며 각 부원도수의 최대치중의 최소치와 최소치중의 최대치를 평균해야 하므로, MIN, MAX 연산이외에 덧셈기와 곱셈기가 각각 1개씩 필요하게 된다. 결국 이 방식은 그림14와 같이 비교기가 9개, MUX가 9개, Delay가 6개로 구성됨을 알 수 있다. 따라서 H-Shaped PMED 와 Asterisk-shaped PMED는 ZOI, FOI 방식에 비해서는 하드웨어 구성이 복잡하지만, SWAI방식과 미디안 방식에 비해서는 하드웨어 구현시 연산량이 적음을 알 수 있다.

표 2. 각 방식의 연산량 비교

Table 2. The comparison of processing methods by required computation

연산방식	Add	Sub.	Mul.	Div.	MUX	Delay	Comp.	ABS
ZOI								
FOI	1		1					
SWAI	7	3	2	7				3
Median	1		1		24	28	24	
H-Shaped PMED	1		1		13	12	13	
Asterisk-shaped PMED	1		1		9	6	9	

4.3 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 PSNR 및 에지특성 비교

본 연구에서는 기존의 방식과 제안한 방식을 정지영상, 준동화, 동화에 대하여 컴퓨터로 시뮬레이션을 수행하였다. 입력영상으로는 GIRL, LENA, SALESMAN 그리고 FOOT BALL을 이용하였으며, 객관적 판단기준으로 PSNR를 채택하였다. PSNR과 MSE의 정의식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(255)^2}{MSE} [dB] \quad (21)$$

$$MSE = \frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} |I(i, j) - I'(i, j)|^2 \quad (22)$$

여기서 MSE는 Mean Square Error를 나타내며, $I(i, j)$ 는 원래의 화소값을, $I'(i, j)$ 은 처리된 화소값을 의미한다.

성능평가에서는 GIRL, LENA는 정지화이고, SALESMAN은 움직임이 적은 준동화이며, FOOTBALL은 동화이기 때문에 각 방식을 정지화, 준동화 그리고 동화에 따라서 그 성능을 평가하며 특히, 주관적 평가에서는 에지 보존특성에 초점을 맞추어 평가하였다. 그림 12-그림 14는 각 입력 영상에 대한 각 방식의 PSNR을 나타낸 것이다. 여기서 a는 Zero Order Interpolation, b는 First Order Interpolation, c는 Spatio-Weighted Adaptive Interpolation, d는 필드 메모리를 가진 미디안 필터 방식, e는 H-shaped PMED 방식, f는 Asterisk-shaped PMED 방식이다.

정지화인 GIRL의 경우에서는 a가 32.15dB이고, c가 32.20dB로 나타났으며, d가 가장 낮은 31.98dB이며, e, f 방식 모두 32.15dB로 나타났다. LENA의 경우에서도 그림 15에 나타나 있는 것과 같이 SWAI 방식이 가장 우수하며, 다른 방식들은 거의 비슷한 수치를 보였다. 준동화인 SALESMAN의 경우에는 정지화일 때 보다 더 큰 차이를 나타내는데 여기에서도 SWAI 방식이 34dB 이상의 분포를 나타냄으로써 다른 방식에 비해 높은 결과를 나타내었으며, 다른 방식은 f방식, c방식, b방식 순으로 나타났다. 이러한 차이를 나타내는 이유는 SWAI 방식은 수직 및 대각선 방향에 대하여 각 방향의 상관도에 따라 화소를 보간해 내기 때문이다. 준동화에서는 ZOI방식이 가장 낮은 수치를 보였다. 이는 준동화가 시간축 방향

에 따라 이전 프레임과 현재의 프레임간에 차이가 있기 때문에 ZOI와 같은 단순반복방식은 원영상과는 다소의 차이를 나타낸다. 그림 16에서와 같이 준동화에서도 SWAI 방식은 비교되는 다른 방식보다 다소의 향상된 PSNR값을 제시하고 있다. 각 프레임마다 다른 수치를 나타내고 있는 이유는 SALESMAN이 준동화이므로 각 프레임마다 움직임 정도에 차이가 있기 때문이다. 준동화에서는 미디안 방식과 제안한 방식이 거의 동등 수준의 값을 나타내고 있음을 그림 16을 통해서 알 수 있다. 그림 14에서 나타낸 바와 같이 FOOTBALL과 같은 움직임이 큰 동화에서는 정지화와 준동화일 때보다는 PSNR이 상대적으로 낮은 분포를 나타내며, 프레임에 따라서 큰 변화를 보이고 있다. 특히 20-24 프레임의 경우에 가장 낮은 값을 보였다. 이는 이들 프레임이 태클하는 동작으로 매우 심한 움직임을 가지고 있어 프레임 레이트를 따르지 못하기 때문이다. 그러나 움직임이 큰 동화에서는 전반적으로 그차가 미소하여 각 방식들의 PSNR이 동등 수준임을 알 수 있다. 영상의 에지특성을 고려한 주관적인 화질평가에서는 GIRL과 SALESMAN의 경우 영상의 선명함이나 어깨등의 윤곽부분의 재현성을 비교해 볼 때, 미디안 방식과 제안한 방식이 우수함을 알 수 있었다. 이는 정량적으로 평가한 PSNR 측면과는 다른것으로 PSNR이 인간의 시각특성에 반드시 부합되지 않는다는 사실을 입증하는 것이다.

그림 18와 그림 19는 각방식을 GIRL과 SALESMAN 영상에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 그림 18은 GIRL 영상에 대해 각 방식별로 처리한 결과를 확대하여 나타낸 것인데, 어깨 부근에서의 에지특성을 관찰하면 (a)ZOI 방식, (b)FOI 방식 그리고 (c)SWAI 방식은 에지가 열화되어 나타나며, (d)미디안 방식과 제안한 방식인 (e), (f)가 원래의 영상에 가까운 에지를 재현하고 있음을 알 수 있다. 이러한 에지재현 능력은 그림 19의 SALESMAN의 처리결과에서도 거의 유사한 형태로 나타나는데, 어깨 부근의 에지와 물건을 들고 있는 영역의 에지 특성이 (d)미디안 방식과 제안한 방식 (e), (f)가 우수한 성능을 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서 실제 영상을 이용한 시뮬레이션 결과에서는 미디안 방식과 제안한 방식이 동등 수준의 에지특성을 가짐을 알 수 있다.

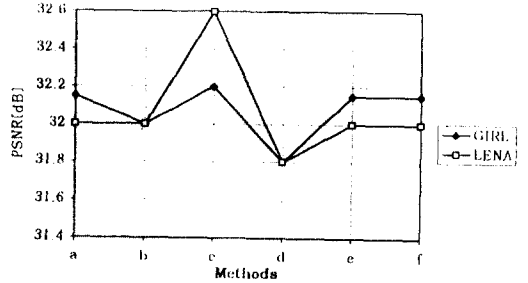


그림 15. PSNR에 대한 각 방식의 비교(GIRL, LENA)
Fig. 15 The comparison of processing methods by PSNR (GIRL, LENA)

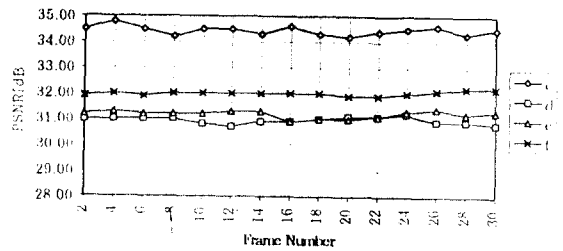


그림 16. PSNR에 대한 각 방식의 비교(SALESMAN 15frames)
Fig. 16 The comparison of processing methods by PSNR (SALESMAN 15 frames)

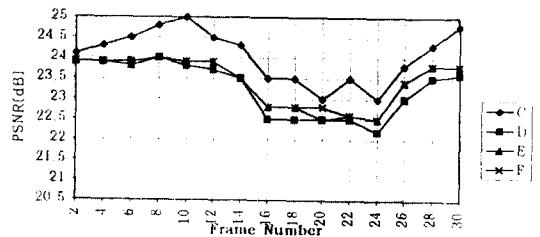


그림 17. PSNR에 대한 각 방식의 비교(FOOTBALL 15frames)
Fig. 17 The comparison of processing methods by PSNR (FOOTBALL 15 frames)



그림 18. 각 처리 방식에 의한 결과(GIRL)
Fig. 18 The results of compared processing methods(GIRL)
(a) ZOI (b) FOI (c) SWAI (d) Median filter
(e) H-shaped PMED (f) Asterisk-shaped PMED



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

그림 19. 각 처리 방식에 의한 결과(SALESMAN)

Fig. 19 The results of compared processing methods(SALESMAN)

(a) ZOI (b) FOI (c) SWAI (d) Median filter

(e) H-shaped PMED (f) Asterisk-shaped PMED

V. 결 론

본 논문에서는 선행 연구한 Pseudomedian 필터를 토대로 하여 이의 특성을 종합적으로 분석, 비교하였다. Pseudomedian 필터의 2차원 에지에서의 특성, 주사선 보간알고리즘과 하드웨어 구조에 근거하여 기존의 방식과 Pseudomedian 필터방식의 연산량을 비교하였다. 그리고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 PSNR과 실제 실험영상을 이용한 에지특성을 분석함으로써 이의 유용성을 입증하였다.

Pseudomedian 필터방식은 특히 영상의 에지특성을 고려한 방식으로서 영상의 수평, 수직 및 대각선방향에서 향상된 에지특성을 유지하는 특성을 가지고 있으며, 실제 기존의 방식과 Pseudomedian 필터 방식을 컴퓨터 시뮬레이션한 결과, 정지화, 준동화 그리고 동화에서 PSNR 측면이 우수한 SWAI는 영상의 에지특성이 열화되어 나타났으며, 미디안 필터를 이용한 방식과 Pseudomedian 필터 방식이 영상의 에지특성 측면에서 우수함을 알 수 있었다. 따라서 PSNR이 우수하다고 하여 반드시 인간의 시각특성에 적합한 방식이라 할 수 없으며, 미디안 필터 방식과 Pseudomedian an 필터방식이 영상의 에지특성 측면에서 우수한 방식임을 입증할 수 있었다.

한편 하드웨어 구성측면에서 볼 때, 미디안 필터 방식은 하드웨어 구성측면에서 7개의 입력화소 중에서 중간값을 선정하기 위해서는 24개의 비교기와 MUX 그리고 28개의 지연기가 필요한 반면에 H-Shaped PMED는 13개의 비교기와 MUX 그리고 12개의 지연기가 소요되며, Asterisk-Shaped PMED는 9개의 비교기와 MUX, 6개의 지연기로써 구현될 수 있다. 따라서 Pseudomedian 필터 방식은 미디안 방식보다 간단한 하드웨어 구성으로 동등 수준의 주사선 보간 처리를 수행함을 알 수 있다. 특히 보간처리 방식을 필수적으로 채택하고 있는 LCD 프로젝트 시스템에서는 간단한 하드웨어 구성과 함께 기존의 TV 신호처리 방식보다 개선된 화질을 요하므로, Pseudomedian 필터방식은 TV에서의 주사선 보간 처리와 LCD 프로젝트 시스템의 주사선 보간처리용으로 적용할 수 있으며, ASIC화를 통하여 다양한 시스템에 적용되리라 예상된다.

참 고 문 헌

1. C. P. Markhauser, "NTSC Image Improvements using Basic Inter and Intra/Frame Signal Processing," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. CE-35, pp. 836-871, Nov. 1989.
2. M. A. Isnadi, "Multidimensionnal interpretation of NTSC Encoding and Decoding," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 34, pp. 179-193, no. 1, Feb. 1988.
3. K. S. Seo, J. K. Kim and Y. G. Kim, "A Motion Adaptive Deinterlacing Method," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 38, no. 3, Aug. 1991.
4. 권병헌, 김근배, 황병원, "De_interlacing Scan Conversion을 위한 보간 기법의 비교", 대한전자공학회 1994년도 하계종합학술발표회 논문집, pp. 753-756, 1994.
5. 권병헌, 장광수, 황병원, "Pseudomedian 필터를 이용한 주사선 보간기법", 한국통신학회 논문지 '94-10 vol. 19, no. 10, pp. 1900-1909.
6. W. K. Pratt, T. J. Cooper, and I. Kabir, "Pseudomedian filter", Proc. of SPIE, vol. 534, pp. 34-43, 1985.



權 炳 憲(Byong Heon Kwon) 정회원

1964년 8월 28일생

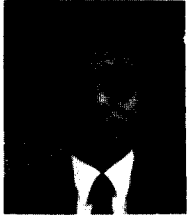
1987년 2월: 한국항공대학 항공전자공학과 졸업(공학사)

1989년 2월: 한국항공대학 대학원 항공전자공학과(공학석사)

1995년 8월: 한국항공대학 대학원 항공전자공학과(공학박사)

1989년 1월~현재: LG 전자(주) 영상미디어 연구소 선임연구원

※주관심분야: 디지털 영상 처리, ASIC 설계



金 根 培(Kun Bae Kim) 정회원

1952년 2월 22일생

1977년 2월: 숭전대학교 전자공
학과(공학사)

1989년 2월: 금오공과대학교 대
학원 전자공학과(공
학석사)

1977년 1월~현재: LG 전자(주) 영
상미디어 연구소 연
구부소장(연구위원)

※주관심분야: TV 신호처리, 평판 디스플레이 시스템

黄 秉 元(Byung Won Whang) 정회원

1947년 2월 2일생

1972년 2월: 한국항공대학 항공
전자공학과 졸업(공
학사)

1981년 3월: 동경대학 대학원 전
기공학과(공학석사)

1984년 3월: 동경대학 대학원 전
기공학과(공학박사)

1984년 5월~1985년 3월: 국방과학연구소 선임연구원

1993년 8월~1994년 8월: 일본동경대학 전기공학과 교
환교수

1985년 4월~현재: 한국항공대학 항공전자공학과 교수

※주관심분야: 영상처리 및 영상인식, 동영상 신호처리