

국부 가해성을 이용한 적응형 선형 축소기의 설계 및 성능 분석

곽노윤*

요약

본 논문은 기준 화소의 인접 가해 성분값과 선형 축소 성분값의 평균으로 축소 성분값을 정하는 적응형 선형 축소기를 제안하고 주관적 화질과 하드웨어 복잡도 측면에서 그 성능을 분석함에 목적이 있다. 제안된 적응형 선형 축소기는 우선, 일차 미분 연산자를 이용하여 기준 화소의 우측 및 하측 인접 화소의 기울기의 크기를 각각 계산한다. 이후, 두 기울기의 크기를 합산한 결과로 각 기울기의 크기를 나누어 우측 및 하측 인접 화소 각각의 국부 가해 가중치를 구한다. 다음으로, 각각의 국부 가해 가중치를 우측 및 하측 인접 화소값에 곱한 후에 그 결과를 합산함으로써 인접 가해 성분값을 정의한다. 제안된 방법은 인접 화소들의 유효 가해 정보를 각각의 국부 가해 가중치에 따라 축소 성분값에 적응적으로 반영함으로써 선형 축소기의 단점인 뭉롱화 현상을 효과적으로 억제시킬 수 있다. 또한 적은 연산량을 요하면서도 평균적으로 양호한 결과를 제공하는 선형 축소 방식의 장점을 취할 수 있는 이점이 있다.

Design and Performance Analysis of Adaptive First-Order Decimator Using Local Intelligibility

Noyoon Kwak*

Abstract

This paper has for its object to propose AFOD(Adaptive First-Order Decimator) which sets a value of decimated element as an average of a value of neighbor intelligible component and a output value of FOD(First-Order Decimator) for the target pixel, and to analyze its performance in terms of subjective image quality and hardware complexity. In the proposed AFOD, a target pixel located at the center of sliding window is selected first, then the gradient amplitudes of its right neighbor pixel and its lower neighbor pixel are calculated using first order derivative operator respectively. Secondly, each gradient amplitude is divided by the summation result of two gradient amplitudes to generate each local intelligible weight. Next, a value of neighbor intelligible component is defined by adding a value of the right neighbor pixel times its local intelligible weight to a value of the lower neighbor pixel times its intelligible weight. Since the proposed method adaptively reflects neighbor intelligible informations of neighbor pixels on the decimated element according to each local intelligible weight, it can effectively suppress the blurring effect being the demerit of FOD. It also possesses the advantages that it can keep the merits of FOD with the good results on average but also lower computational cost.

Keywords : AFOD(Adaptive First-Order Decimator), FOD, Local Intelligibility, Image Decimation

1. 서론

기본적으로 디지털 영상 축소는 축소율에 따라 결정된 $n \times m$ 영역을 대표하는 하나의 화소값을 결정하고 이 화소값으로 해당 영역을 대체하는 과정을 전영역에 걸쳐 반복·적용함으로써 원영상의 크기를 줄이는 작업이다. 따라서 비록 지금까지 알려진 방식들 중 가장 진보된 결과를 제공하는 알고리즘을 채택하더라도, 하나의 축소 성분값을 결정한 후에는 $n \times m$ 영역을 모두 버리

※ 제일저자(First Author) : 곽노윤
접수일자:2007년10월15일, 심사완료:2007년10월29일
* 백석대학교 정보통신학부
nykwak@bu.ac.kr

는 단계를 공히 포함하고 있기 때문에 정도의 차이는 있지만 이 과정에서 영상의 가해성에 영향을 미치는 인접 화소들의 유효 가해 정보가 함께 유실되거나 축소 성분값에 그 특성이 불충분하게 또는 다소 왜곡되게 반영되는 문제를 피할 수가 없다. 기존의 다양한 영상 축소 방법들 중에서 FOD(First-Order Decimator)를 이용한 방법[1][2]은 평균적으로 우수한 정보 보존성을 제공하고, 양호한 성능에 비해 하드웨어 구조가 단순하고 연산 부담이 적기 때문에 다양한 응용 분야에 가장 널리 사용되고 있다. 다만, FOD 방법은 필터 설계의 특성상, 텍스처 영역이나 평탄 영역에서는 우수한 정보 보존성을 제공하는 반면, 화소값이 급변하는 스텝 에지 영역의 경우, 전경 화소와 배경 화소의 평균값을 축소 성분값으로 채택하기 때문에 경계선을 시각적으로 몽롱화시키는 단점을 필히 동반한다. 특히 설계도면 영상이나 문서 영상과 같이 단일 화소 크기의 라인 에지 정보가 포함된 영역에서는 전경과 배경의 대비를 크게 저하시키는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 개선하기 위해, 본 논문에서는 FOD 방식의 장점을 취하면서 인접 화소들의 유효 가해 정보를 각각의 국부 가해 가중치에 따라 축소 성분값에 적응적으로 반영할 수 있는 적응형 선형 축소기(Adaptive FOD)를 제안하고자 한다. 제안된 방법은 디지털 영상 축소에 있어서, 기준 화소의 인접 가해 성분값과 FOD 성분값의 평균으로 축소 성분값을 산출함으로써 FOD에 적응성을 부여할 수 있는 것이 특징이다. 제안된 방법에 따르면, 적은 연산량을 요하면서도 평균적으로 양호한 결과를 제공하는 FOD의 장점을 유지하면서도 FOD의 단점인 몽롱화 현상을 효과적으로 억제시킬 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 주관적인 성능과 하드웨어 복잡도 측면에서 제안된 방법과 기존의 각 방식에 대한 성능을 분석·평가하고, 이러한 평가와 분석 결과를 토대로 개선된 영상 축소 알고리즘을 개발하기 위한 바람직한 접근법에 대해 고찰하고자 한다.

2. 관련 연구 및 배경

영상 축소 기술은 크게 광학적 영상 축소와

디지털 영상 축소로 구분할 수 있다. 기본적으로 영상 축소는 원영상의 화소 분포 특성과 가해성(intelligibility)을 최대한 유지하면서 영상을 원하는 크기로 줄이고자 함에 그 목적이 있다. 이를 위해 광학적 영상 축소가 광학 렌즈에 의한 광신호 처리를 이용한다면 디지털 영상 축소는 디지털 신호 처리를 채택하고 있다는 점이 두 접근법들 간의 가장 큰 차이점일 것이다. 사진 기술에 많이 응용되고 있는 광학적 영상 축소 기술은 높은 축소율에서도 우수한 가해성과 정보 보존성을 제공하지만 원하는 축소율을 제공하기 위해 다수의 렌즈 조합을 사용하기 때문에 그 응용 분야가 광학 분야에 국한되는 제한이 있다. 반면에 디지털 영상 축소 기술은 디지털 신호 처리 기법을 이용함에 따라 하드웨어나 소프트웨어로 구현이 용이하고 응용분야가 다양하여 실용성이 뛰어난 장점을 가지고 있지만 제한된 공간 해상도를 갖는 디지털 정보를 취급한다는 한계로 인해 축소율이 높아질수록 가해성이 급격하게 저하되는 단점을 가지고 있다.

영상 축소 기술의 대표적인 응용분야들은 영상 디스플레이, 화상 전화, 디지털 문서 라이브러리, 비디오 코덱, 디지털 TV, 위성 및 기상 사진 판독, 영상 편집, 컴퓨터 그래픽, CAD, PIP(Picture In Picture), 컴퓨터 게임 등과 같은 다양한 분야를 그 예로 들 수 있다.

축소를 수행하는 필터링 영역 측면에서 살펴보면, 디지털 영상 축소 기술은 크게 공간 영역에 기반한 방식과 주파수 영역에 기반한 방식으로 나누어 살펴볼 수 있다.

공간 영역 기반 방식에는 저주파 필터링을 수행하는 콘벌루션 연산자를 통해 영상을 원하는 크기로 축소하는 방법이 있고, 이 방법의 한계를 극복하기 위해 비선형 또는 적응형 필터의 특성을 채용한 축소 방법 등이 있다.

전자의 예로는 ZOD(Zeroth-Order Decimator)를 이용한 방법[1][2], FOD(First-Order Decimator)를 이용한 방법[1][2], Cubic B-Spline을 이용한 방법[3], 웨이블릿 필터를 이용한 방법[4] 등이 있고, 후자의 예로는 미디안 필터(Median Filter)를 이용한 방법[1][2], H-shaped PMED(H-shaped Pseudomedian Filter)를 이용한 방법[5], T-shaped PMED를 이용한 방법[6], ELA(Edge-based Line Average)를 이용한 방법[7] 등이 있다. 통상, 후

자는 전자에 비해 상대적으로 많은 연산량을 요구함에도 불구하고 뚜렷한 성능 향상 폭을 제공하지 못하는 것으로 평가되고 있다.

주파수 영역 기반 방식은 축소 함수에 대한 수학적 분석을 통해 푸리에 연산자에 기반한 축소 연산자를 정의하고 이를 통해 주파수 영역에서 영상을 축소하는 것을 일컫는다[8][9]. 한편, 이 방식의 변형의 일종으로, DCT(Discrete Cosine Transform)를 채택하고 있는 H.261, H.363, H.264, MPEG-1/2/4 등과 같은 비디오 코덱들에서 색차 영상의 크기 변환 용도로 DCT 영역에서 영상을 축소하는 기법들이 다수 제안되고 있기도 하다[10][11][12][13][14][15][16].

그러나 주파수 영역 기반 방식은 성능 향상 폭에 비해 주파수 변환에 따른 연산 부담이 과도한 편이고, 하드웨어적 구성이 복잡하며 연산 과정에서 버퍼 용량을 크게 요구하는 등의 단점이 있다. 이로 인해 DCT 기반 비디오 코덱과 같이 주파수 변환을 필히 동반하는 응용에 한정되거나 제한적으로 사용되는 것이 일반적이다.

이상에서 소개한 대부분의 현행 영상 축소 방법들은 원영상의 화소 분포 특성을 축소 성분값에 반영하기 위한 것에 집중되어 있는 반면, 설계도면 영상이나 문서 영상 등에서 특히 필요한 국부 가해성을 구체적으로 정의하고 이를 축소 성분값에 적극적으로 반영하기 위한 조치가 불명확하거나 다소 미비한 편이다. 본 논문은 이러한 문제점에 착안한 것으로, 일차 미분 연산자에 기반한 국부 가해 가중치를 구한 후, 이를 통해 기준 화소 주변에 존재하는 인접 가해 성분을 새롭게 정의하고 이것을 이용하여 축소 영상의 화질을 개선하고자 하는 기술적 배경과 의도를 갖고 있다.

3. 제안된 적응형 선형 축소기

제안된 적응형 선형 축소기(AFOD)는 우선, 일차 미분 연산자를 이용하여 기준 화소의 우측 및 하측 인접 화소의 기울기의 크기를 각각 계산한다. 이후, 두 기울기의 크기를 합산한 결과로 각 기울기의 크기를 나누어 우측 및 하측 인접 화소 각각의 국부 가해 가중치를 구한다. 다음으로, 각각의 국부 가해 가중치를 우측 및 하

측 인접 화소값에 곱한 후에 그 결과를 합산함으로써 인접 가해 성분값을 정의한다. 이렇게 정의한 인접 가해 성분값과 선형 축소 성분값의 평균으로 축소 성분값을 삼는 과정을 입력 영상의 모든 화소들에 반복적으로 수행함으로써 축소 영상을 얻을 수 있다.

3.1 개요

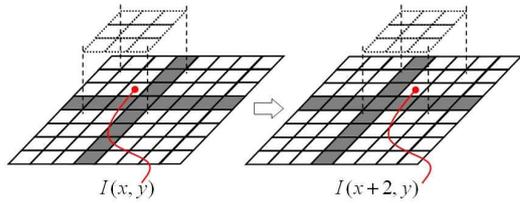
디지털 영상의 축소는 다양한 축소율에서 이루어질 수 있으며 수평 및 수직 방향에 대해 동일한 축소율을 적용할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 그러나 본 논문에서는 설명의 편의상, 수직 및 수평 방향에 대해 1/2배의 축소율을 동일하게 적용하는 경우에 대해 설명할 것이다. 이 경우, 축소 영역은 2×2 화소 크기로 정해지는데, 원하는 축소율을 얻기 위해서는 물론 축소 영역의 크기를 변경할 수 있지만, 2×2 축소 영역의 일부분을 겹쳐지도록 설정하거나 혹은 축소된 결과 영상을 대상으로 1/2배의 축소율을 반복적으로 적용함으로써 해당 축소율을 얻을 수 있음은 잘 알려진 사실이다. 다시 말해서, 1/2배의 정방 축소율에서 언급된 축소 과정과 그 성능은 여타 축소율에도 확장시켜 용이하게 일반화시킬 수 있다.

이에 따라 제안된 방법은 3×3 슬라이딩 윈도우(sliding window)를 래스터 스캐닝(raster scanning) 방향을 따라 두 화소 간격 단위로 이동하면서 슬라이딩 윈도우 영역에 포함된 화소값들을 이용하여 축소 성분값을 구한다.

(그림 1)은 8×8 영상에서 임의의 지점에 위치한 A 번째 윈도우와 그 다음에 위치한 (A+1) 번째 윈도우에 대한 각각의 기준 화소의 위치를 나타낸 것으로, $I(x+1, y+1)$ 위치에서 하나의 수평 라인과 수직 라인이 단일 화소 폭으로 교차되는 경우를 예시한 것이다.

(그림 1)의 영상에서 상대적으로 중요한 유효 가해 정보는 흑색으로 표시된 수직 라인과 수평 라인 상에 존재한다. 그러나 ZOD 방식을 적용할 경우, A 번째 윈도우에서도 백색이 선택되고 (A+1) 번째 윈도우에서도 백색이 선택되는 축소 영상에는 수직 라인의 정보가 나타나지 않게 된다. 물론, 기준 화소가 라인 위에 위치되도록 윈도우가 설정되면 좋은 결과를 얻을 수 있지만, 확률적으로 볼 때 이러한 경우가 항상 보장될

수만은 없다.



(그림 1) 각 윈도우의 기준 화소와 유효 가해 정보

한편, FOD를 적용할 경우에도 전경과 배경의 평균을 취하는 구조를 갖고 있기 때문에 뭉뚱화 현상을 피할 수가 없다. 즉, FOD는 인접 화소들에 존재하는 유효 가해 정보를 평균적으로 반영하기 때문에 유효 가해 정보와 다른 정보가 동일한 가중치로 반영되어 뭉뚱화 현상이 발생한다. 그러나 ZOD와 같이 이를 원천적으로 손실시키는 경우는 적어도 발생하지 않는다.

따라서 제안된 방법에서는 FOD 성분값을 축소 성분값의 주성분으로 선택하고, FOD가 손실하기 쉬운 인접 가해 성분을 축소 성분값에 반영하기 위해 기준 화소의 우측과 하측 인접 화소에 존재하는 유효 가해 정보의 양을 기울기 크기에 비례하는 값으로 정량화하고자 하는 것이다.

3.2 국부 가해 가중치의 정의

국부 가해 가중치는 기준 화소의 우측 및 하측 인접 화소가 갖고 있는 국부 가해성을 정량화하기 위한 것으로, 우측 인접 화소의 국부 가해 가중치 W_r 과 하측 인접 화소의 국부 가해 가중치 W_b 가 있다.

우선, 일차 미분 연산자를 이용하여 기준 화소의 우측 인접 화소의 기울기의 크기값 G_r 과 하측 인접 화소의 기울기의 크기값 G_b 를 계산한다.

영상을 2개의 변수를 갖는 함수 $I(x,y)$ 로 가정할 때, 기울기(gradient)는 크기와 방향을 갖고 있으므로 식 (1)과 같이 2차원 벡터로 나타낼 수 있다. 물론, 디지털 영상은 함수가 아니라 이산 데이터이기 때문에 연속신호처럼 미분을 취할 수가 없다. 따라서 인접 화소값과의 차분값으로 근사화하는데, 가장 단순한 형태가 식 (2)와 같

은 일차 미분 연산자이다. 다양한 일차 미분 연산자가 있지만, 제안된 방법의 경우, 기울기를 통해 인접 화소의 국부 가해 가중치를 추정하는 것이기 때문에 이를 선정할 시에 최우선적으로 고려해야 하는 것은 국부성(localization)이다. 식 (2)는 (x,y) 위치의 기울기를 구한 것이 아니라 사실은 $(x-1/2, y-1/2)$ 위치의 기울기를 구한 것이지만 여타의 미분 연산자 비해 노이즈에 민감함에도 불구하고 국부성이 뛰어나 상대적으로 좋은 결과를 제공한다. 기울기의 크기값 G_{mag} 는 식 (3)과 같다.

$$\nabla I(x,y) = \left(\frac{\partial I(x,y)}{\partial x}, \frac{\partial I(x,y)}{\partial y} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial I(x,y)}{\partial x} = I(x,y) - I(x-1,y), \quad (2)$$

$$\frac{\partial I(x,y)}{\partial y} = I(x,y) - I(x,y-1)$$

$$G_{mag} = \sqrt{\left(\frac{\partial I(x,y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial I(x,y)}{\partial y} \right)^2} \quad (3)$$

이에 따르면, 기준 화소의 우측 인접 화소의 기울기의 크기값 G_r 은 식 (4)와 같고, 하측 인접 화소의 기울기의 크기값 G_b 는 식 (5)와 같다.

$$G_r = \sqrt{\left(\frac{\partial I(x+1,y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial I(x+1,y)}{\partial y} \right)^2} \quad (4)$$

$$\text{where } \frac{\partial I(x+1,y)}{\partial x} = I(x+1,y) - I(x,y),$$

$$\frac{\partial I(x+1,y)}{\partial y} = I(x+1,y) - I(x+1,y-1)$$

$$G_b = \sqrt{\left(\frac{\partial I(x,y+1)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial I(x,y+1)}{\partial y} \right)^2} \quad (5)$$

$$\text{where } \frac{\partial I(x,y+1)}{\partial y} = I(x,y+1) - I(x,y),$$

$$\frac{\partial I(x,y+1)}{\partial x} = I(x,y+1) - I(x-1,y+1)$$

이렇게 구한 두 기울기의 크기값이 각각 기설정된 임계치보다 작거나 같을 경우, 0으로 변경하고 그렇지 않으면 그 값을 그대로 이용한다.

본 논문에서 사용한 기설정된 임계치는 실험적으로 선정된 것으로, 127을 사용한다. 이것은 기울기의 크기값이 임계치 127보다 작거나 같을 경우에는 해당 인접 화소에 극명한 유효 가해 정보가 존재하지 않는 것으로 간주하기 위함이다. 이를 통해 제안된 방법은 영상 내의 문자나 선분과 같이 시각적으로 극명하게 드러나는 유효 가해 정보만을 축소 성분값에 반영하고자 하는 것이다.

$if(G_r \leq 127)$	$if(G_b \leq 127)$
$G_r = 0;$	$G_b = 0;$
$else$	$else$
$G_r = G_r;$	$G_b = G_b;$

만일, 모든 기울기의 크기에 대해 국부 가해 가중치를 계산할 경우, 노이즈에 의한 악영향을 배제하기 어렵고, 불명확하고 모호한 유효 가해 정보가 불필요하게 강조되는 부작용을 야기할 수 있다.

이후, 식 (6)과 같이 두 기울기의 크기를 합산한 결과값 G_{sum} 으로 각 기울기의 크기값을 나누어 각각 우측 인접 화소의 국부 가해 가중치 W_r 과 하측 인접 화소의 국부 가해 가중치 W_b 를 구할 수 있다.

$$W_r = \frac{G_r}{G_{sum}}, W_b = 1 - W_r = \frac{G_b}{G_{sum}} \quad (6)$$

where $G_{sum} = G_r + G_b$

3.3 적응형 선형 축소와 인접 가해 성분

제안된 AFOD의 축소 성분값 $I_{AFOD}(x,y)$ 는 다음과 같이 구한다.

G_r 과 G_b 를 합산한 결과값 G_{sum} 이 0이면, 극명한 유효 가해 정보가 존재하지 않는 영역이라고 간주하여 FOD 성분값 $I_{FOD}(x,y)$ 를 축소 성분값 $I_{AFOD}(x,y)$ 로 결정한다. 그렇지 않을 경우, 기준 화소의 인접 가해 성분값 I_{NI} 와 FOD 성분값 $I_{FOD}(x,y)$ 의 평균으로 축소 성분값 $I_{AFOD}(x,y)$ 를 구하는 과정을 전체 영역에 반복적으로 수행함으로써 축소된 영상을 얻을 수 있다.

여기서, FOD 성분값 $I_{FOD}(x,y)$ 는 식 (7)과 같이 구한다. 그리고 인접 가해 성분값 $I_{NI}(x,y)$ 는 식 (8)과 같이 각각의 국부 가해 가중치를 우측 및 하측 인접 화소값에 곱한 후에 그 결과를 합산함으로써 구할 수 있다. 이렇게 산출한 인접 가해 성분값 $I_{NI}(x,y)$ 는 우측 및 하측 인접 화소들의 국부 가해성(local intelligibility)의 기여도를 반영한 값이다.

$if(G_{sum} \equiv 0)$	$I_{AFOD}(x,y) = I_{FOD}(x,y);$
$else$	$I_{AFOD}(x,y) = \frac{I_{NI}(x,y) + I_{FOD}(x,y)}{2};$

$$I_{FOD}(x,y) = \frac{I(x,y) + I(x+1,y) + I(x,y+1) + I(x+1,y+1)}{4} \quad (7)$$

$$I_{NI}(x,y) = W_r \times I(x+1,y) + W_b \times I(x,y+1) \quad (8)$$

부연컨대, G_{sum} 이 0이 아닌 경우, 제안된 AFOD의 축소 성분값 $I_{AFOD}(x,y)$ 는 식 (9)와 같이 기준 화소의 인접 가해 성분값 $I_{NI}(x,y)$ 와 FOD 성분값 $I_{FOD}(x,y)$ 의 평균으로 구한다.

$$I_{AFOD}(x,y) = \frac{I_{NI}(x,y) + I_{FOD}(x,y)}{2} \quad (9)$$

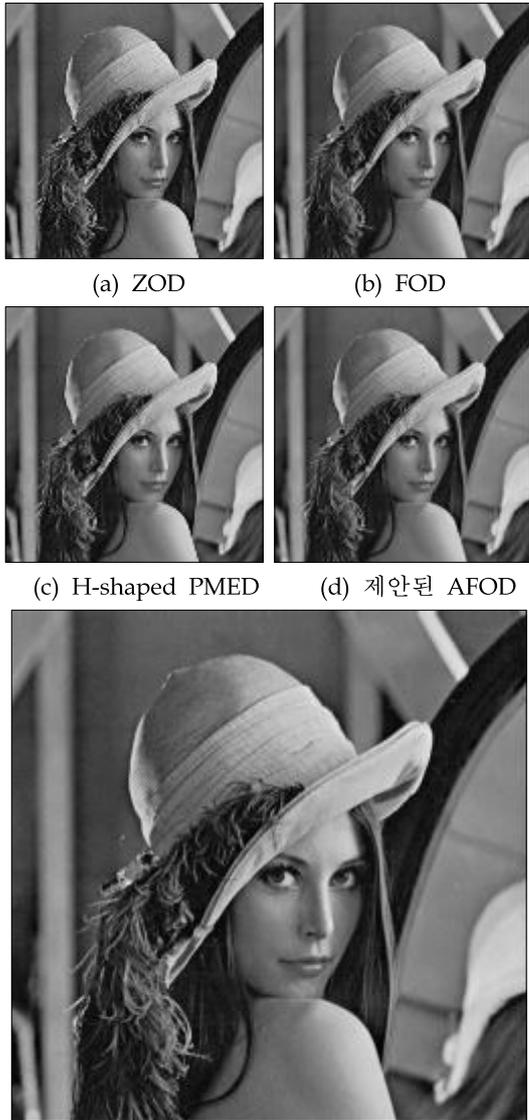
4. 실험 결과 및 성능 분석

본 논문에서는 제안된 방법의 성능과 적용의 보편성을 평가하기 위해 기존의 방법과 제안된 방법에 대해 256 계조 영상을 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 시험 영상으로, 256×256의 LENA 영상, 256×256의 CROSS 영상, 308×232의 KORCHAR(한글 문서 영상)을 이용하였다.

4.1 주관적인 축소 화질 분석

LENA 영상과 같은 자연 영상을 대상으로 각 방식을 적용할 경우, (그림 2)와 같이 각 방식의 축소 영상들 간에는 주관적 성능차가 현저하지

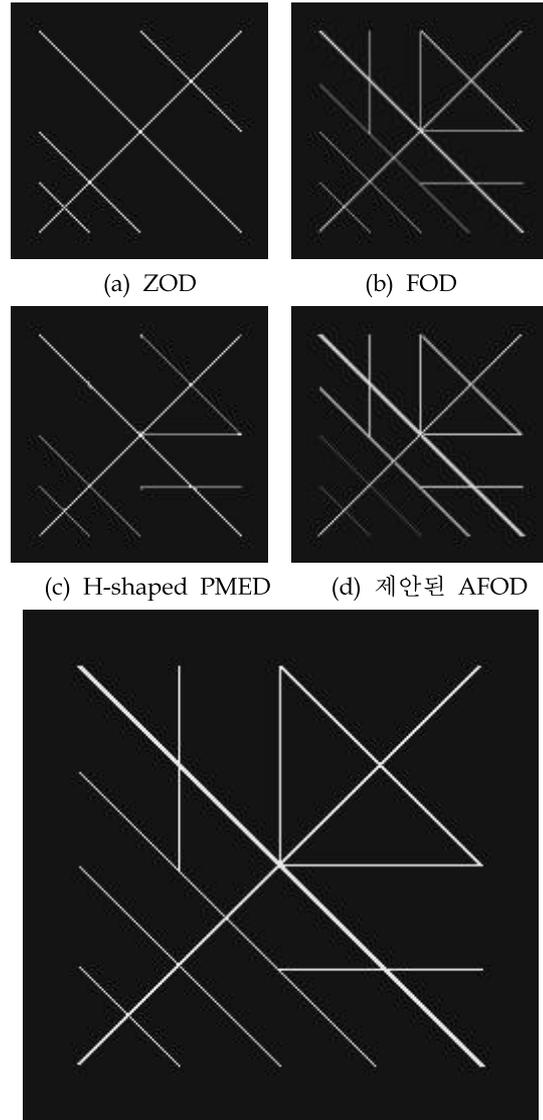
않음을 알 수 있다.



(a) ZOD (b) FOD
(c) H-shaped PMED (d) 제안된 AFOD
(e) 원영상
(그림 2) LENA 영상을 대상으로 각 방법을 적용한 결과 영상

그 이유는 일반적인 자연 영상은 공간적인 상관성이 매우 높기 때문이다. 이에 반해 문서 영상이나 설계도면 영상과 같이 유효 가해 정보가 라인 에지 형태로 많이 존재하는 영상에서는 각 방식들 간의 성능차가 큰 폭으로 나타나게 된다. (그림 3)과 (그림 4)는 각각 CROSS 영상과

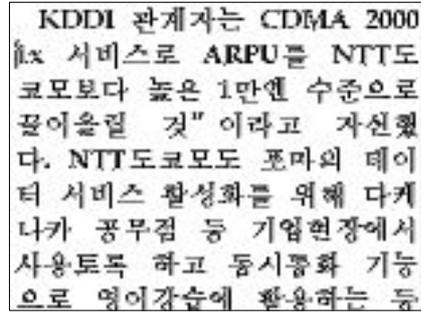
KORCHAR 영상을 대상으로 각 방법을 적용한 결과 영상을 나타낸 것이다. (그림 3)의 CROSS 영상은 수직 라인과 수평 라인 및 대각선 라인을 인위적으로 생성시켜 만든 시험 영상이다.



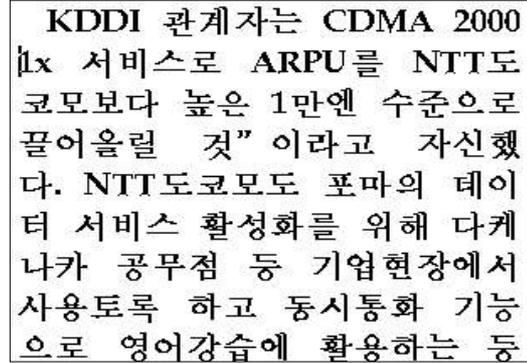
(a) ZOD (b) FOD
(c) H-shaped PMED (d) 제안된 AFOD
(e) 원영상
(그림 3) CROSS 영상을 대상으로 각 방법을 적용한 결과 영상

(그림 3)에서 볼 수 있듯이 ZOD와 H-shaped PMED의 경우, 유효 가해 정보가 많이 손실당하고 있다. 이에 반해 FOD와 제안된 AFOD는 완

벽하지는 않지만, 원영상에 포함된 라인 에지 정보를 대부분 보존하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 인쇄 화질 상에서는 현저한 성능차가 나타나지 않지만 해상도가 높은 모니터에서 확인할 경우, 제안된 AFOD는 FOD 방법보다 전경 화소와 배경 화소간의 대비도가 양호하고 선명하며 축소 전의 원영상에 좀 더 근접된 정보 보존성을 갖고 있음을 알 수 있다. (그림 4)의 KORCHAR 영상은 인터넷 신문의 기사를 캡처한 시험 영상이다. (그림 4(a))와 (그림 4(c))와 같이 ZOD와 H-shaped PMED는 각각 해당 기사의 내용을 읽기 힘들 정도 저급한 성능을 제공한다.

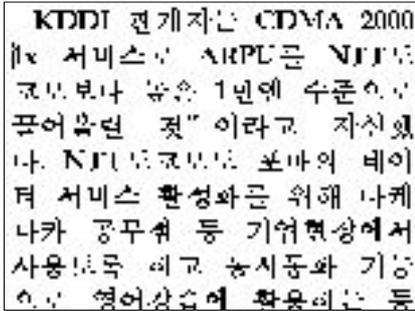


(d) 제안된 AFOD

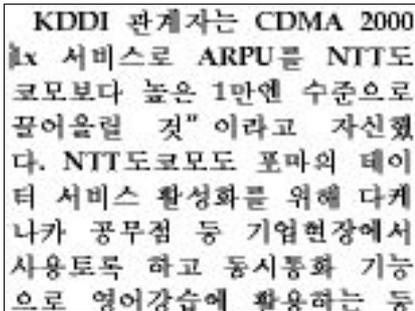


(e) 원영상

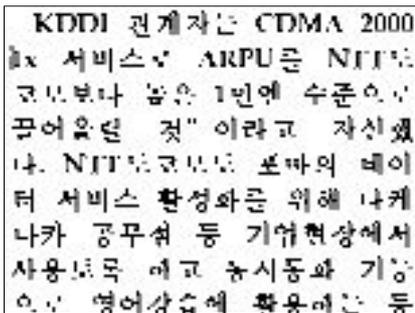
(그림 4) KORCHAR 영상을 대상으로 각 방법을 적용한 결과 영상



(a) ZOD



(b) FOD



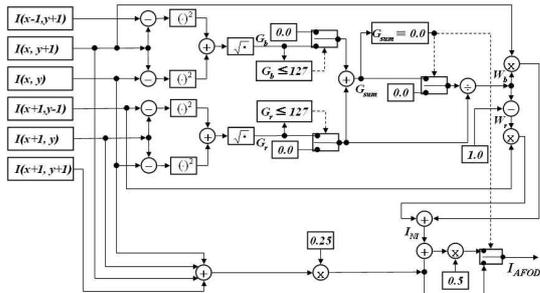
(c) H-shaped PMED

특히, ZOD는 그 열악함의 정도가 더 심각하다. (그림 4(b))는 FOD의 장점과 단점을 동시에 보여주고 있다. 유효 가해 정보를 원천적으로 잃어버리지는 않지만, 전경 화소와 배경 화소의 대비를 다소 떨어뜨리고 있다. 그러나, FOD는 연산량에 비해 매우 우수한 성능을 제공하는 것으로 평가할 수 있다. (그림 4(d))의 제안된 방법의 결과 영상은 FOD에 비해 대비도가 높고 유효 가해 정보에 대한 보존력이 우수하지만, FOD에 근거한 것인 바 뭉뚱화 현상을 근본적으로 피할 수는 없다.

그러나 기존의 방법들에 비해 시각적인 거부감이 적고 대비도가 양호함을 알 수 있다. 특히, (그림 4(d))의 '관계자', '자신했다', '데이터', '위해', '기업현장에서', '영어강습에' 등의 문구들에서 볼 수 있듯이, '케', '내', '네' 등과 같은 이중 모음의 경우, 기존의 방식에 비해 인접 획이 좀 더 명확하게 구분될 뿐만 아니라 상대적으로 선명함을 확인할 수 있다.

4.2 하드웨어 구성 및 연산량 비교

(그림 5)는 제안된 AFOD의 하드웨어 구조의 일례를 예시한 것이다. 설계 방법에 따라 다양한 구현이 가능하겠으나, (그림 5)의 하드웨어 구성도는 실제 동작 시의 타이밍을 고려하지 않은 것이며 최적화보다는 제안된 알고리즘의 전체적인 동작 흐름에 대한 이해를 돕기 위한 것이다.



(그림 5) 제안된 AFOD의 하드웨어 구조의 일례

<표 1>은 각 방법을 적용하여 하나의 화소를 축소할 시에 요구되는 연산량을 비교한 것이다.

<표 1> 각 방법의 연산량 비교

축소 방식	연산							
	가산	감산	승산	제산	비교연산	절대연산	자승연산	제곱근연산
ZOD	-	-	-	-	-	-	-	-
FOD	3	-	-	1	-	-	-	-
CUBIC BSPLINE	24	-	25	1	-	-	-	-
ELA	1	3	1	-	2	3	-	-
H-shaped PMED	1	-	1	-	11	-	-	-
제안된 AFOD	$G_{sum} \equiv 0$							
	Otherwise							
	+2	+1	+2	+2	-	-	-	-

구성 및 처리 방법 간에 다소 차이가 있기 때문에 각 방식을 완벽하게 동일한 조건에서 비교할 수는 없지만, <표 1>를 통해 사칙 연산, 비교 연산, 절대 연산, 자승 연산 및 제곱근 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, 레지스터 수)는 비교 대상에서 제외하기로 한다.

제안된 방법은 두 인접 화소의 기울기 합산값 G_{sum} 이 0인 경우, 6회 가산, 4회 감산, 1회 제산, 3회 비교 연산, 4회 자승 연산 및 2회 제곱근 연산이 소요된다. 한편, G_{sum} 이 0이 아닌 경우, 인접 가해 성분값을 계산한 후에 FOD 성분값과 인접 가해 성분값을 평균하기 위해, 2회 가산, 1회 감산, 2회 승산, 2회 제산이 추가적으로 소요된다. 이때 자승 연산과 제곱근 연산에 따른 연산 부담을 덜기 위해서는 식 (3)을 사용하는 대신에 식 (10)과 같이 절대값 연산에 의해 기울기의 크기 G'_{mag} 를 산출하더라도 무방하다. 이는 성능에 유의미한 변화를 주지 않으면서 연산량의 감축을 도모할 수 있다.

$$G'_{mag} = \left| \frac{\partial I}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial I}{\partial y} \right| \quad (10)$$

각 경우의 연산량에 대한 산출 방식의 기준을 변경하면 다소 다른 결과가 나올 수도 있다. 제안된 방법에 있어서, 각 경우의 발생 빈도는 각 시험 영상에 따라 다를 수 있지만, 평균적인 연산량을 통해 연산량 평가를 수행하더라도 큰 무리는 없을 것으로 판단된다.

제안된 방법은 주파수 영역 기반 방식에 비해서는 적은 연산량이 소요되지만 적응형 방식이기 때문에 비적응형 공간 영역 기반 방식에 비해서는 상대적으로 많은 연산 부담이 초래된다. 그러나 FOD 성분값을 축소 성분값의 주성분으로 채택함으로 인해 적정한 범위 내에서 연산량의 증가가 억제되었다고 평가할 수 있다. 오늘날 하드웨어 및 소프트웨어 처리 속도의 비약적인 발전 추세와 제안된 방법의 화질 개선 폭을 감안할 때, 다수의 응용 분야들에서 이러한 정도의 연산량 증가는 능히 감내할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 논문에서는 기준 화소의 인접 가해 성분값과 FOD 성분값의 평균으로 축소 성분값을 구하는 AFOD를 제안하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 방법과 기존의 방법들의 주관적 성능을 비교·분석함으로써 제안된 방법의 우수성

을 평가하였다. 제안된 방법에 따르면, FOD의 단점인 뭉롱화 현상을 효과적으로 억제시킬 수 있었고, 상대적으로 적은 연산량을 요하면서도 평균적으로 양호한 결과를 제공하는 FOD의 장점을 취할 수 있는 이점이 있었다.

본 연구 과정에서 좋은 축소 결과를 얻기 위해서는 다음과 같은 두 가지 접근법에 유념해야 한다는 사실을 알 수 있었다. 첫 번째로, 슬라이딩 윈도우의 크기를 어느 정도로 정하는 것이 바람직할 것인가이다. 슬라이딩 윈도우의 크기는 적어도 $n \times m$ 축소 영역보다는 크거나 같고 $2n \times 2m$ 보다는 작거나 같은 범위 내에서 결정되는 것이 바람직하다.

슬라이딩 윈도우의 크기가 너무 클 경우, 유효 가해 정보의 국부성을 확보하기 어렵고 특히, FOD의 경우 슬라이딩 윈도우의 크기가 커질 경우, 뭉롱화 현상이 심화되는 역효과를 발생한다.

두 번째로, 축소 성분값을 결정하는 방법이다. 256 계조 영상의 경우, 슬라이딩 윈도우 영역을 가장 잘 대표할 수 있는 단일 화소값을 선정한다 할지라도 이것만으로는 만족스러운 결과를 얻을 수 없다. 그렇다고 FOD처럼 슬라이딩 윈도우에 포함된 모든 화소값을 선별 없이 동일한 가중치로 평균하거나 H-shaped PMED처럼 화소 분포의 방향성 등을 고려하는 방법으로는 그 성능 개선에 한계가 있음에 알 수 있었다. 따라서 제안된 방법과 같이 국부 가해 가중치에 기반한 인접 가해 성분을 정의하는 방안은 기존의 축소 방법들의 단점을 극복하는 새로운 접근법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

제안된 AFOD는 적응형 알고리즘에 기초한 것이기 때문에 FOD에 비해 연산량과 하드웨어 복잡도가 높지만, 성능 향상에 비해 복잡도가 타당한 정도로 증가함에 따라 하드웨어적 구현 측면에서도 실용성이 있다고 평가할 수 있다. 본 논문에서는 일차 미분 연산자에 기반한 국부 가해 가중치를 통해 부분적으로 축소 화질의 개선을 기할 수 있었으나 또한 그 성능 개선 폭에 한계가 있음을 알 수 있었다. 따라서 이 방법 외에도 기존 화소의 인접 가해 성분을 정의하는 다양한 방법이 있을 수 있음에 따라 이에 대한 좀 더 폭넓고 심도 깊은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

한편, 제안된 방법의 인접 가해 성분은 기존의

축소 방법들에 용이하게 적용할 수 있는 확장성이 있다. 다시 말해서 본 논문과 같이 적응적 방식으로, 기존의 축소 방법들의 출력값과 제안된 인접 가해 성분값의 평균을 새로운 축소 성분값으로 삼을 경우, 기존의 축소 방법의 축소 화질을 부분적으로 개선할 수 있다.

시뮬레이션 결과에서 볼 수 있듯이, 제안된 방법에는 아직 미진한 부분이 남아 있기 있으므로 향후 시각적인 거부감의 초래를 최대한 억제할 수 있을 뿐만 아니라 원영상의 특성과 형상을 가능한 한 보존할 수 있는 좀 더 진보된 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Randy Crane, *A Simplified Approach to Image Processing*, Prentice Hall, pp. 112-135, 1997.
- [2] D. Phillips, *Image Processing in C*, R&D Publications, Inc., pp. 288-294, 1994.
- [3] M. A. Sid-Ahmed, *Image Processing-Theory, Algorithms, and Architectures*, McGraw-Hill, pp. 167-177, 1995.
- [4] 유훈, "디지털 영상 통신 시스템에서 웨이블릿 변환 기반 저역 필터와 보간 필터", 멀티미디어학회논문지, 제9권, 제4호, pp. 443-450, 2006. 4.
- [5] 권병현, 장광수, 황병원, "De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian Filter의 특성", 한국통신학회논문지, 제21권, 제1호, pp. 1151-1171, 1996. 1.
- [6] 채종석, 조화현, 최철호, 박진성, 권병현, 최명렬, "고해상도 FPD에서 Image Decimation을 위한 T-형 축소 알고리즘", 제13회 산학연 멀티미디어 산학기술 학술대회 학술논문집, 제13권, pp. 36-39, 1999. 3.
- [7] K. Oistamo, Y. Neuvo, "A Motion Intensive Method for Scan Rate Converter and Cross Error Cancellation", *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 37, no. 3, pp. 296-301, Aug. 1991.
- [8] H. Johansson and O. Gustafsson, "Linear Phase FIR Interpolation, Decimation, and Mth-band Filters Utilizing the Farrow Structure," *IEEE Trans. Circuits and Systems-I:Regular Papers*, vol. 52, no. 10, pp. 2197-2207, Oct. 2005.
- [9] Y. C. Lim and R. Yang, "On the Synthesis of Very Sharp Decimators and Interpolators Using the Frequency-response Masking Technique," *IEEE*

Trans. Signal Processing, vol. 53, no. 4, pp. 1387-1397, Apr. 2005.

[10] N. Merhav and V. Bhaskaran, "Fast Algorithms for DCT-domain Image Down-sampling and for Inverse Motion Compensation," *IEEE Trans. on CSVT*, vol. 7, no. 3, Jun. 1997.

[11] R. Dugad and N. Ahuja, "A Fast Scheme for Image Size Change in the Compressed Domain," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 11, no. 4, pp. 461-474, Apr. 2001.

[12] J. Mukherjee and S. K. Mitra, "Image Resizing in the Compressed Domain Using Subband DCT," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 12, no. 7, pp. 620-627, Jul. 2002.

[13] H. Park, Y. Park, and S. Oh, "L/M-fold Image Resizing in Block-DCT Domain Using Symmetrical Convolution," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 12, no. 9, pp. 1016-1034, Sep. 2003.

[14] 서정주, 이명희, 오상욱, 설상훈, "변경된 IDCT를 이용한 압축 영역에서의 영상 축소 및 확대 기법", 방송공학회논문지, 제8권, 제1호, pp. 30-36, 2003. 8.

[15] Y. Park and H. Park, "Arbitrary-ratio Image Resizing Using Fast DCT of Composite Length for DCT-based Transcoder," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 15, no. 2, pp. 494-500, Feb. 2006.

[16] 김용재, 이창우, "DCT 영역에서 영상의 임의 비율 크기 변환을 위한 새로운 알고리즘", 한국통신학회논문지, 제32권, 제2호, pp. 113-123, 2007. 2.



곽 노 운

1994년 : 한국항공대학교 항공전자
공학과(공학사)

1996년 : 한국항공대학교 대학원
항공전자공학과(공학석사)

2000년 : 한국항공대학교 대학원
항공전자공학과(공학박사)

2000년~현재 : 백석대학교 정보통신학부 부교수

2002년~현재 : 멀티미디어 기술사

관심분야 : 영상 신호 처리, 가상 착의 시스템, 가상
성형 시스템, 영상 워핑 및 모핑, 객체 기반
비디오 코덱, 컴퓨터 그래픽스 응용 등