

문서 영상 축소를 위한 적응형 코너 축소 알고리즘의 성능 분석

곽 노 윤

천안대학교 정보통신학부

요 약

본 논문은 중심 화소값과 인접 가해 성분값의 평균으로 축소 성분값을 산출함으로써 ZOD(Zero Order Decimation)와 FOD(First Order Decimation)의 장점을 적응적으로 반영한 디지털 문서 영상 축소 알고리즘의 성능을 분석함에 그 목적이 있다. 제안된 방법은, 슬라이딩 윈도우의 중앙에 위치되는 중심 화소를 축소 성분값의 주성분으로 선택하고, 1차 미분 연산자를 이용하여 중심 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 산출한다. 이렇게 구한 인접 가해 성분값과 중심 화소값을 평균하여 축소 성분값을 구하는 과정을 입력 영상의 모든 화소들에 반복적으로 수행함으로써 축소 영상을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 주관적인 성능과 하드웨어 복잡도 측면에서 제안된 방법과 기존의 각 방식에 대한 성능을 분석했고, 이러한 분석 결과를 토대로 개선된 디지털 문서 영상 축소 알고리즘을 개발하기 위한 바람직한 접근법에 대해 고찰했다.

Performance Analysis of Adaptive Corner Shrinking Algorithm for Decimating the Document Image

No-Yoon Kwak

ABSTRACT

The objective of this paper is performance analysis of the digital document image decimation algorithm which generates a value of decimated element by an average of a target pixel value and a value of neighbor intelligible element to adaptively reflect the merits of ZOD method and FOD method on the decimated image. First, a target pixel located at the center of sliding window is selected, 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 element is obtained 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. The decimated image can be acquired by applying the process repetitively to all pixels in input image which generates the value of decimated element by calculating the average of the target pixel value and the value of neighbor intelligible element. In this paper, the performance comparison of proposed method and conventional methods in terms of subjective performance and hardware complexity is analyzed and the preferable approach for developing the decimation algorithm of the digital document image on the basis of this analysis result has been reviewed.

1. 서론

영상 축소 기술은 크게 광학적 영상 축소와 디지털 영상 축소로 구분할 수 있다. 기본적으로 영상 축소는 원영상의 화소 분포특성과 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.

디지털 영상 축소 기술의 대표적인 응용분야들은 멀티미디어 코덱, 영상 디스플레이 장치, 영상 회의 시스템, 위성 및 기상 사진 판독, 디지털 라이브러리, 자동 항법 시스템, GIS, CSCW, 컴퓨터 그래픽, CAD, 인터넷 콘텐츠 제작, TV 방송, 비선형 영상 편집(NLE), PIP(Picture In Picture) 등과 같은 다양한 분야를 그 예로 들 수 있다.

축소를 수행하는 필터의 설계 영역 측면에서 디지털 영상 축소 기술을 살펴보면, 크게 공간 영역

처리와 주파수 영역 처리로 나누어 살펴볼 수 있다. 공간 영역 처리 방식에는 저주파 필터링을 수행하는 컨벌루션 연산자(convolution operator)를 통해 영상을 원하는 크기로 줄이는 방법이 있으며, 컨벌루션 연산자를 이용한 방법의 한계를 극복하기 위해 비선형 필터 또는 적응형 필터의 특성을 이용하는 방법 등이 있다.

전자의 예로는 ZOD(Zero Order Decimation) 방법(혹은 코너 축소 방법, Corner Shrinking Method)[1][2], FOD(First Order Decimation) 방법[1][2], Cubic B-Spline[3]을 이용한 축소 방법 등이 있고, 후자의 예로는 미디안 필터(Median Filter)를 이용한 방법[1][2], Pseudomedian 필터를 이용한 방법[4], ELA(Edge based Line Average)을 이용한 축소 방법[5] 등이 대표적이다. 후자는 전자에 비해 상대적으로 많은 연산량을 요구함에도 불구하고 뚜렷한 성능 향상 폭을 제공하지 못하는 것으로 평가되고 있다.

한편, 주파수 영역 처리 방식은 축소 함수에 대한 수학적 분석을 통해 푸리에 연산자(Fourier operator)에 기반한 축소 연산자를 정의하고 이를 통해 주파수 영역에서 영상을 축소하는 것을 일컫는다. 최근 들어, 이 방식의 일종으로, MPEG-1, MPEG-2, H.261, H.363 등과 같은 멀티미디어 코덱의 DCT(Discrete Cosine Transform) 영역에서 화면의 크기를 축소하는 기법이 다수 제안되고 있기도 하다[6][7][8][9]. 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 버리는 단계를 공히 포함하고 있기 때문에 정도의 차이는 있지만 이 과정에서 영상의 가해성에 영향을 미치는 유효 가해 정보가 함께 유실되거나 축소 성분값에 그 특성이 불충분하게 또는 다소 왜곡되게 반영되는 문제를 피할 수가 없다. 제안된 디지털 영상 축소 방법은 이러한 문제를 개선하기 위해 연구된 것으로, 디지털 영상 축소에 있어서, 중심 화소값과 인접 가해 성분값의 평균으로 축소 성분값을 산출함으로써 ZOD와 FOD의 장점을 적응적으로 반영하여 축소 성능을 개선함에 그 목적이 있다. 제안된 방법은 중심 화소의 국부 가해 가중치(Local Intelligible Weight)가 높을 경우에 좋은 성능을 제공하는 ZOD 방식의 장점을 취하면서 ZOD가 잃기 쉬운 인접 화소의 유효 가해 정보를 각 인접 화소의 국부 가해 가중치에 따라 축소 성분값에 적응적으로 반영함으로써 FOD의 단점인 뭉뚱화 현상을 효과적으로 억제시킴과 동시에 개선된 정보 보존성을 제공할 수 있다.

본 논문에서는 주관적인 성능과 하드웨어 복잡도 측면에서 제안된 방법과 기존의 각 방식에 대한 성능을 분석·평가하고, 이러한 평가와 분석 결과를 토대로 개선된 디지털 문서 영상 축소 알고리즘을 개발하기 위한 바람직한 접근법에 대해 고찰하고자 한다.

2. 제안된 디지털 영상 축소 방법

2.1 제안 배경 및 개요

자연 영상을 대상으로 기존의 디지털 영상 축소 방법들을 적용할 경우, 각 방식의 축소 영상들 간에는 현저한 성능차가 발견되지 않는다. 그 이유

는 일반적인 자연 영상은 공간적인 상관성이 매우 높기 때문이다. 이에 반해 디지털 문서 영상이나 디지털 설계도면 영상과 같이 유효 가해 정보라 인 예지 형태로 많이 존재하는 영상에서는 각 방식들 간의 성능차가 큰 폭으로 나타나게 된다. 유효 가해 정보를 유실하는 문제를 최소화시키기 위해서는 축소 연산 과정에서 채택하는 슬라이딩 윈도우(sliding window)의 크기와 이를 반복 적용할 시의 동작 특성을 정확하게 이해함과 동시에 중심 화소에 이웃한 인접 화소들과의 상관성과 공간적인 특성을 정확하게 파악하는 것이 매우 중요하다. 제안된 디지털 영상 축소 방법은 이점에 착안하여 개발된 것으로, 슬라이딩 윈도우의 중심 화소값과 그 인접 화소들로부터 구한 인접 가해 성분값을 평균함으로써 축소 성분값을 구하는 방법이다.

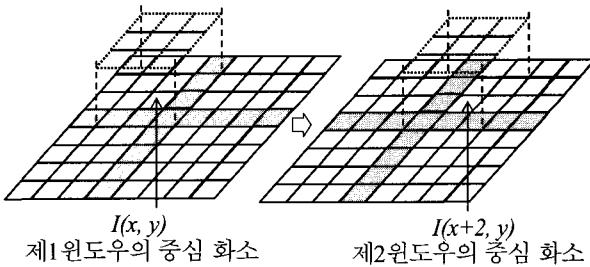
우선, 슬라이딩 윈도우의 중앙에 위치되는 중심 화소를 축소 성분값의 주성분으로 선택하고, 1차 미분 연산자를 이용하여 중심 화소의 우측 및 하측 인접 화소의 기울기의 크기를 계산한다. 이후, 두 기울기의 크기값을 합산한 결과로 각 기울기의 크기값을 나누어 우측 및 하측 인접 화소 각각의 국부 가해 가중치(Intelligible Weight)를 구한다. 다음으로, 각각의 국부 가해 가중치를 우측 및 하측 인접 화소값에 곱한 후에 그 결과를 합산함으로써 인접 가해 성분값을 산출한다. 이렇게 구한 중심 화소값과 인접 가해 성분값을 평균하여 축소 성분값을 구하는 과정을 전체 영역에 반복적으로 수행함으로써 축소 영상을 얻는다.

2.2 국부 가해 가중치와 인접 가해 성분

수직 및 수평 방향에 대해 1/2배의 축소율을 적용하고자 할 경우, 제안된 방법은 3×3 슬라이딩 윈도우를 사용한다. 이때, 화면 가장자리의 2

화소 간격 내에 존재하는 화소들에는 3×3 슬라이딩 윈도우를 적용하는 것이 적절하지 않은 바, 이 영역은 FOD 방식으로 축소 성분값을 구한다. 3×3 슬라이딩 윈도우를 래스터 스캐닝(raster scanning) 방향을 따라 두 화소 간격 단위로 이동시키면서 슬라이딩 윈도우 영역에 포함된 화소값들을 이용하여 축소 성분값을 결정한다.

그림 1은 8×8 영상을 예시한 것으로서, 제1윈도우 및 제2윈도우의 중심 화소를 각각 $I(x,y)$ 및 $I(x+2,y)$ 로 표기한 것이다. 제1윈도우의 중심 화소 $I(x,y)$ 를 기준으로 할 때, 화소 $I(x+1,y+1)$ 에서 단일 화소 폭으로 교차되는 수평 라인과 수직 라인을 보여주고 있다.



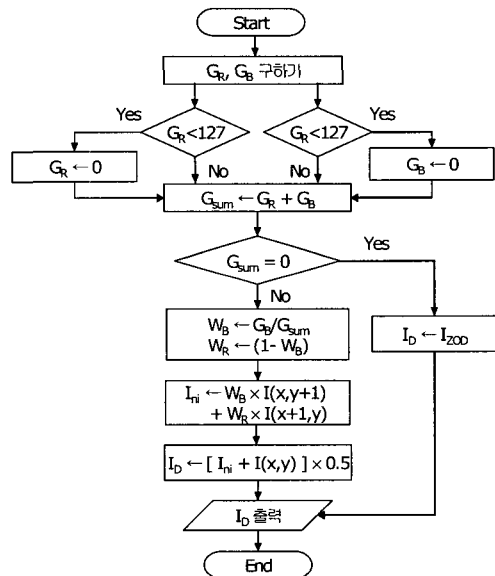
(그림 1) 각 윈도우의 중심화소와 유효 가해 정보

이 8×8 영상에서 가장 중요한 가해 정보는 흑색으로 표시된 수직 라인과 수평 라인 상에 존재한다. 그러나, ZOD 방식을 적용할 경우, 제1윈도우에서도 백색이 선택되고 제2윈도우에서도 백색이 선택되는 바, 축소 영상에는 수직 라인의 정보가 나타나지 않게 된다. 물론, 중심 화소가 라인 위에 위치되도록 윈도우가 설정되면 좋은 결과를 얻을 수 있지만, 확률적으로 볼 때, 이러한 경우가 항상 보장될 수는 없다. 한편, FOD를 적용할 경우, 전경과 배경의 평균을 취하기 때문에 뭉뚱화를 피할 수가 없다. 제안된 방법에서는 이

러한 난제를 해결하고자 중심 화소의 우측과 하측 인접 화소에 존재하는 유효 가해 정보의 양을 기울기의 크기값으로 정량화하고자 하는 것이다. 그림 2는 제안된 디지털 문서 영상 축소 방법의 순서도를 나타낸 것이다.

우선, 제안된 방법은 1차 미분 연산자를 이용하여 중심 화소의 우측 인접 화소의 기울기의 크기값 G_R 과 하측 인접 화소의 기울기의 크기값 G_B 을 계산한다.

영상을 2개의 변수를 갖는 함수 $I(x,y)$ 로 가정할 때, 기울기(gradient)는 크기와 방향을 갖는 바, 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 근사화시키는데, 가장 단순한 형태가 식(2)와 같은 1차 미분 연산자이다[10].



(그림 2) 제안된 디지털 문서 영상 축소 방법의 순서도

다양한 1차 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 $(x-1/2, y-1/2)$ 위치의 기울기를 구한 것이지만 여타의 미분 연산자 비해 노이즈에 민감함에도 불구하고 국부성이 뛰어나 상대적으로 좋은 결과를 제공한다. 식(3)을 통해 기울기의 크기값 G_{mag} 을 구할 수 있다.

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

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

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

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

이때, 식(4)와 같이 절대값 연산에 의해 기울기의 크기값 G_{mag} 을 산출하더라도 무방하다. 이는 성능에 유의미한 변화를 주지 않으면서 연산량의 감축을 도모할 수 있다.

$$G_{mag} = \left| \frac{\partial I}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial I}{\partial y} \right| \quad (4)$$

이렇게 구한 두 기울기의 크기값이 각각 기설정된 임계치보다 작을 경우, 0으로 설정하고 그렇지 않으면 그대로 그 값을 이용한다. 본 논문에서는 식(3)을 통해 기울기의 크기값을 계산하는 경우에 준할 때, 기설정된 임계치로서 127을 사용하고 있다.

이것은 기울기의 크기값이 임계치보다 작을 경우에는 이를 국부 평탄 영역으로 간주함을 의미한

다. 제안된 방법은 기울기의 크기를 통해 시각적으로 명확하게 드러나는 유효 가해 정보의 양만을 추정하여 반영하고자 하는 것이다. 만일, 모든 기울기의 크기에 대해 국부 가해 가중치를 계산할 경우, 노이즈에 의한 악영향을 배제시키기 어렵고, 불명확하고 모호한 유효 가해 정보로 인해 FOD의 단점인 몽롱화 효과를 동반하는 문제를 야기시킬 수 있다. 이후, 두 기울기의 크기값을 합산하여 그 결과값 G_{sum} 이 0이면, 평탄 영역으로 간주하여 중심 화소값, 즉 ZOD 성분값 $I_{ZOD}(x, y)$ 을 축소 성분값으로 결정하고 그렇지 않을 경우, 식(5)와 같이 합산한 결과로 각 기울기의 크기값을 나누어 우측 인접 화소의 국부 가해 가중치 W_R 와 하측 인접 화소의 국부 가해 가중치 W_B (즉, $W_B = 1 - W_R$)를 각각 정의한다.

$$W_R = \frac{G_R}{G_R + G_B}, \quad W_B = \frac{G_B}{G_R + G_B} \quad (5)$$

여기서, G_R 과 G_B 는 각각 우측 인접 화소와 하측 인접 화소의 기울기의 크기값을 의미한다.

이후, 식(6)과 같이 각각의 국부 가해 가중치를 우측 및 하측 인접 화소값에 곱한 후에 그 결과를 합산함으로써 인접 가해 성분값 $I_m(x, y)$ 을 산출한다. 이렇게 산출한 인접 가해 성분값은 우측 및 하측 인접 화소들의 국부 가해성의 기여도를 반영하는 값이다.

$$I_m(x, y) = W_R \times I(x+1, y) + W_B \times I(x, y+1) \quad (6)$$

식(7)과 같이, 중심 화소값 $I(x, y)$ 과 인접 가해 성분값 $I_m(x, y)$ 을 평균하여 축소 성분값 $I_D(x, y)$ 을 구하는 과정을 전체 영역에 반복적으로 수행함

으로써 축소된 영상을 얻을 수 있다.

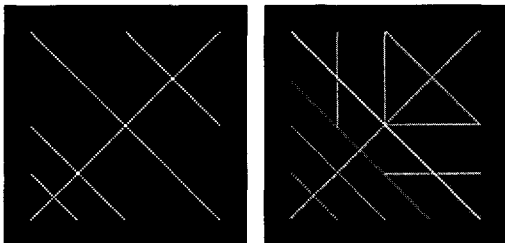
$$I_D(x, y) = \frac{I(x, y) + I_m(x, y)}{2} \quad (7)$$

3. 시뮬레이션 결과 및 성능 분석

본 논문에서는 제안된 방법의 성능과 적용의 보편성을 평가하기 위해 각기 서로 다른 분포 특성을 갖는 디지털 문서 영상을 대상으로 기존의 방법과 제안된 방법에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 시험 영상으로, 256×256의 LENA, 256×256의 CROSS 영상, 300×260의 KORCHAR(한글 문서 영상) 영상, 1687×2346의 CHART 영상을 이용하였다.

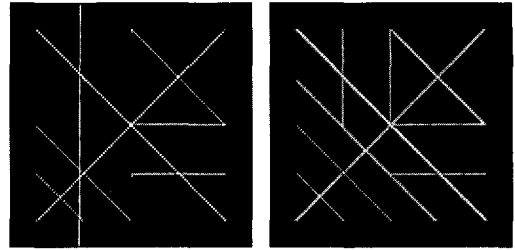
3.1 주관적인 성능 분석

컴퓨터 시뮬레이션을 통해 LENA와 같은 자연 영상을 대상으로 각 방식을 적용할 경우, 공간적인 상관성에 기인하여 각 방식의 축소 영상들 간에는 주관적 성능차가 현저하지 않음을 확인할 수 있었다. 그림 3과 그림 4는 각각 CROSS 영상과 KORCHAR 영상을 대상으로 각 방법을 적용한 결과 영상을 나타낸 것이다.



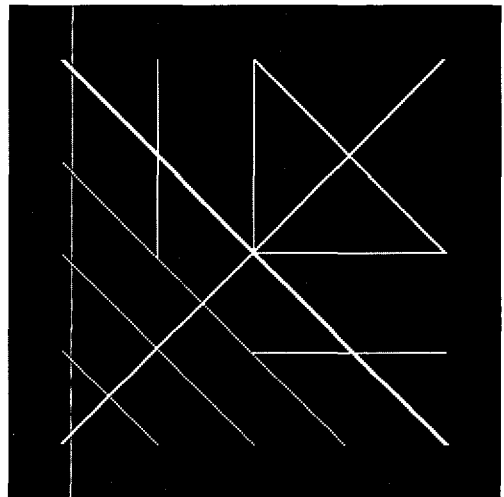
(a)ZOD

(b)FOD



(c)H-shaped PMED

(d)제안된 방법

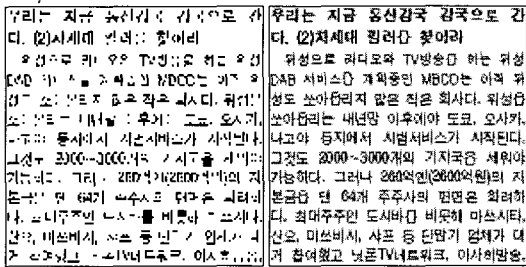


(e)원영상

(그림 3) CROSS 영상을 대상으로 각 방법을 적용한 결과 영상

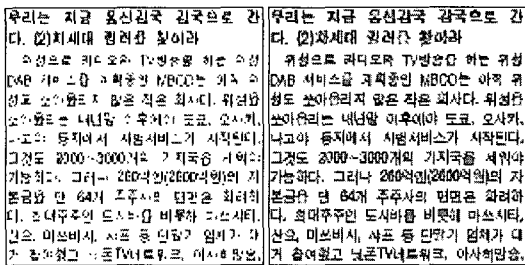
CROSS 영상은 수직 라인과 수평 라인 및 대각선 라인을 인위적으로 생성시켜 만든 시험 영상이다. ZOD와 H-shaped PMED[11][12]의 경우, 유효 가해 정보가 많이 손실당하고 있다. 이에 반해 FOD와 제안된 방법은 완벽하지는 않지만, 원영상에 포함된 라인 에지 정보를 대부분 보존하고 있는 것을 알 수 있다. 한편, 해상도가 높은 모니터를 통해 확인할 경우, 제안된 방법은 FOD 방법보다 전경 화소와 배경 화소간의 대비도가 좋고 원영상에 좀 더 근접된 정보 보존성을

찾고 있음을 확인할 수 있다. 그러나, 제안된 방법은 그림 3(d)와 같이 많은 부분에서 원래의 밝기값을 잃고 있으며 라인의 두께를 과장시키는 결점이 있음을 발견할 수 있다.



(a)ZOD

(b)FOD



(c)H-shaped PMED

(d)제안된 방법

우리는 지금 통신강국 강국으로 간다. (2)차세대 킬러를 찾아라

위성으로 라디오와 TV방송을 하는 위성 DAB 서비스를 계획중인 MBCO는 아직 위성도 쏘아올리지 않은 작은 회사다. 위성을 쏘아올리는 내년말 이후에야 도쿄, 오사카, 나고야 등지에서 시범서비스가 시작된다. 그것도 2000~3000개의 기지국을 세워야 가능하다. 그러나 260억엔(2600억원)의 자본금을 댄 64개 주주사의 면면은 화려하다. 최대주주인 도시바를 비롯해 마쓰시타, 산요, 미쓰비시, 샤프 등 단말기 업체가 대거 참여했고 넷폰TV네트워크, 아사히방송,

(e)원영상

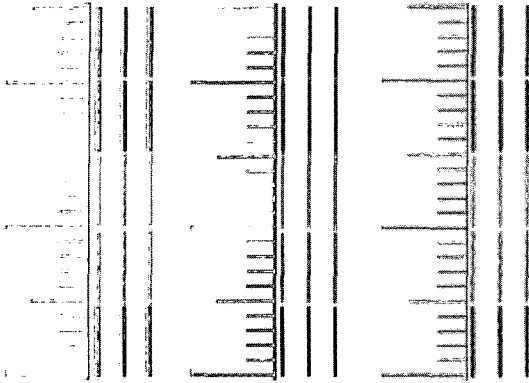
(그림 4) KORCHAR 영상을 대상으로 각 방법을 적용한 결과 영상

KORCHAR 영상은 인터넷 신문의 기사를 소프트웨어적으로 캡춰하여 만든 시험 영상이다. 그림 4(a) 및 그림 4(c)를 참고할 때, ZOD와 H-shaped PMED는 해당 기사 내용의 대부분을 판독하기에 불가능할 정도로 저급한 성능을 제공하고 있으며 특히, ZOD는 그 열악함의 정도가 더 심각함을 직관적으로 확인할 수 있다. 제안된 방법과 FOD 방법은 ZOD나 H-shaped PMED에 비해 가해성이 높지만, 독자가 집중도를 높여야만 그 내용을 파악할 수 있는 정도이다.

그림 4(b)는 FOD의 장점과 단점을 동시에 보여주고 있다. 유효 가해 정보를 원천적으로 잃어버리지는 않지만, 전경 화소와 배경 화소의 대비를 다소 떨어뜨리고 있음을 알 수 있다. 그러나, FOD는 연산량에 비해 매우 우수한 성능을 제공하는 것으로 평가할 수 있다.

그림 4(d)의 제안된 방법의 결과 영상은 FOD에 비해 대비도가 높지만, 그림 문자 상에 불연속성과 블로킹 현상이 존재하여 다소의 시각적인 거부감을 야기시키고 있다. 그러나, 시각적인 거부감이 크지 않으며 비교적 자연스럽게 선명하기 때문에 기존의 방법들에 비해 상대적으로 높은 가해성을 제공하고 있다.

인쇄 화질 상에서는 현저한 성능차가 나타나지 않지만, 고해상도 모니터를 통해 확인할 때, FOD에 비해 배경과 전경의 대비도가 상대적으로 높음을 용이하게 확인할 수 있다. 그림 5는 CHART 영상을 대상으로 각 방식을 적용하여 축소 후, 인쇄 화질 상에서도 성능차를 비교할 수 있는 부분을 국부적으로 확대하여 편집한 영상이다.



(a)FOD (b)제안된 방법 (c)원영상
(그림 5) CHART 영상을 대상으로 각 방식을 적용한 국부 확대 편집 영상

그림 5(a)는 전체적으로 몽롱화된 축소 결과를 제공하고 있는 FOD의 단점을 보여주고 있다. 특히, 전경과 배경의 대비도가 큰 수직 라인에서 몽롱화에 의해 고스트(ghost)를 만드는 것을 발견할 수 있지만, 원영상을 참조할 때, 비교적 우수한 정보 보존성을 제공하고 있다. 한편, 그림 5(b)에서 살펴 볼 수 있듯이, 제안된 방법은 모든 영역에 걸쳐 바람직한 결과를 제공하지는 못하지만, 전반적으로 FOD보다는 좋은 대비도와 정보 보존력을 제공하고 있다. 특히, 그 동작 특성 상, 전경과 배경의 대비도가 큰 수직 라인의 경우, 원영상의 몽롱화된 부분조차 명확한 대비도가 나타나도록 변형하는 형태학적(morphological) 동작 특성을 제공하고 있다.

그러나, 슬라이딩 윈도우가 라인 에지 상에 위치하면서 중심 화소의 위치가 전경이 아닐 경우, 오히려 FOD보다 열악한 결과를 제공하는 부분이 다소 있음을 알 수 있다. 이러한 악조건 하에서 정보 보존성이 저하되는 현상을 효과적으로 회피할 수 있는 방안의 강구가 필요함을 알 수 있다.

3.2 연산량 비교

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

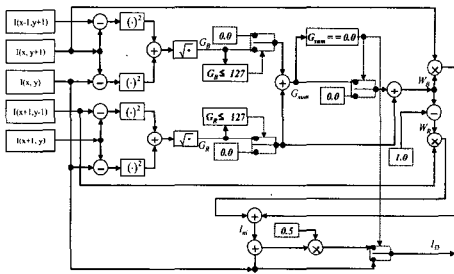
(표 1) 각 방법의 연산량 비교

축소 방식	연산					절대 연산	
	가산	감산	승산	제산	비교 연산		
ZOD	-	-	-	-	-	-	
FOD	3	-	-	1	-	-	
CUBIC B-SPLINE	24	-	25	1	-	-	
ELA	1	3	1	-	2	3	
H-shaped PMED	1		1	-	11	-	
Proposed Method	$G_{sum} = 0$	3	4	-	-	3	4
	$G_{sum} \neq 0$	5	5	3	1	3	4

구성 및 처리 방법 간에 다소 차이가 있기 때문에 각 방식을 완벽하게 동일한 조건에서 비교할 수는 없지만, 표 1을 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 방법은 두 인접 화소의 기울기 합산값 G_{sum} 이 0인 경우, 3회 가산, 4회 감산, 3회 비교 연산 및 4회 절대값 연산이 소요된다. 한편, G_{sum} 이 0이 아닌 경우, 인접 가해 성분값을 계산한 후에 중심 화소값과 인접 가해 성분값을 평균하기 위해, 2회 가산, 1회 감산, 3회 승산 및 1회 제산이 추가로 소요된다. 각 경우의 연산량에 대한 산출 방식의 기준을 변경하면 다소 다른 결과가 나올 수 있다. 제안된 방법에 있어

서, 각 경우의 발생 빈도는 각 시험 영상에 따라 다를 수 있지만, 평균적인 연산량을 통해 연산량 평가를 수행하더라도 큰 무리는 없을 것으로 판단된다.

그림 6은 제안된 방법의 하드웨어 구성도를 예시한 것이다. 설계 방법에 따라 다양한 구현이 가능하겠으나, 그림 6의 하드웨어 구성도는 실제 동작 시의 타이밍을 고려하지 않은 것이며 최적화보다는 제안된 알고리즘의 전체적인 동작 흐름에 대한 이해를 돕기 위한 것이다.



(그림 6) 제안된 방법의 하드웨어 구성도

4. 결 론

본 논문에서는 중심 화소값과 인접 가해 성분값을 평균하여 축소 성분값을 구함으로써 ZOD와 FOD의 장점을 적응적으로 반영한 디지털 문서 영상 축소 알고리즘을 제안하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 방법과 기존의 방법들의 주관적 성능을 비교·분석함으로써 제안된 방법의 우수성을 평가하였다. 제안된 방법에 따르면, 디지털 영상 축소에 있어서, 중심 화소의 국부 가해 가중치가 높을 경우에 좋은 성능을 제공하는 ZOD 방식의 장점을 취하면서 ZOD가 잃기 쉬운 인접 화소의 유효 가해 정보를 각각의 국부 가해 가중치에 따라 축소 성분값에 적응적으로 반영함

으로써 FOD의 단점인 뭉뚱화 현상을 효과적으로 억제시킴과 동시에 개선된 정보 보존성을 제공할 수 있다.

본 연구 과정에서 얻은 결론은, 좋은 축소 결과를 얻기 위해서는 다음과 같은 두 가지 접근법에 유념해야 한다는 것이다.

첫 번째로, 슬라이딩 윈도우의 크기를 어느 정도로 설정하는 것이 바람직한가하는 점이다. 슬라이딩 윈도우의 크기는 적어도 $n \times m$ 축소 영역보다는 크거나 같아야 하는데, 2배의 축소 영역 ($2n \times 2m$ 축소 영역)보다는 작은 것이 바람직하다. 슬라이딩 윈도우의 크기가 너무 클 경우, 가해 정보의 국부성을 확보하기가 어려운 문제가 있다. 특히, FOD의 경우, 슬라이딩 윈도우의 크기가 커질 경우, 뭉뚱화 현상이 심화되는 역효과가 발생한다.

두 번째로, 축소 성분값을 결정하는 방법이다. 제조 영상의 경우, 각종 방법론을 동원하여 슬라이딩 윈도우에 포함된 화소값들 중에서 해당 영역을 가장 잘 대표할 수 있는 하나의 화소값(즉, ZOD의 최고의 결과)을 선정한다 할지라도 이것만으로는 만족스러운 결과를 얻을 수 없다. 그렇다고 FOD처럼 슬라이딩 윈도우에 포함된 모든 화소값을 선별 없이 동일한 가중치로 평균하는 것도 마찬가지다. 좋은 결과를 얻기 위해서는 유효 가해 정보에 대한 기여도에 따라 슬라이딩 윈도우에 들어오는 모든 화소들의 국부 가해 가중치를 명확하게 정의하고 이를 통해 각 화소값들의 가중 평균을 구하는 것이다. 이 경우, 슬라이딩 윈도우의 크기가 매우 중요하다. 물론, 이상적인 가중치가 선정될 수 있다면, 적정 슬라이딩 윈도우의 외부는 그 가중치를 0으로 간주하면 되기 때문에 슬라이딩 윈도우의 크기는 중요하지 않을 수도 있다. 그러나, 통상의 경우, 이상적인 국부 가해 가

중치를 찾는 문제는 매우 난해한 작업이다. 제안된 방법은 이러한 이론적 정립에 근거한 것이다.

구조적인 가해 정보를 포함하는 영상에 적응성을 부여하기 위해 그림 7과 같이 중심 화소의 가중치에 1을 부여하고, 1차 미분 연산자를 통해 국부 가해 가중치를 추산하여 우측 인접 화소에 W_R 을, 하측 인접 화소에 W_B 를 부여한 것으로 분석할 수 있다.

$$\frac{1}{2} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 1 & W_R \\ \hline 0 & W_B & 0 \\ \hline \end{array}$$

(그림 7) 제안된 방법의 국부 가해 가중치

여기서, 우측 인접 화소와 하측 인접 화소에만 국부 가해 가중치를 부여한 이유는 유클리드 거리 (Euclidean Distance)에 근거한 것이다. 이 두 화소는 유클리드 거리가 1이고, 좌하단 인접 화소의 유클리드 거리는 $\sqrt{2}$ 이기 때문이다. 슬라이딩 윈도우가 래스터 스캐닝 순으로 이동함에 따라 나머지 인접 화소들은 상측 및 좌측 슬라이딩 윈도우에서 이미 국부 가해 가중치가 부여된 부분이기 때문에 배제한 것이다. 다만, 제안된 방법의 국부 가해 가중치 설정 방법은 타당할 수는 있으나 이상적인 것이라고는 단정할 수 없기 때문에 이에 대한 정확한 분석과 연구가 추가적으로 이루어져야 한다.

제안된 방법은 적응형 알고리즘에 기초한 것이기 때문에 FOD에 비해 연산량과 하드웨어 복잡도가 높지만, 성능향상에 비해 복잡도가 소폭 증가하는 바, 하드웨어적 구현 측면에서도 실용성에

의미를 부여할 수 있다. 한편, 1차 미분 연산자를 이용하는 방법 외에도 인접 화소의 국부 가해 가중치를 정의하는, 좀 더 개선된 방법이 있을 수 있음에 따라 이에 대한 부가적인 연구도 필요할 것으로 판단된다. 제안된 방법에는 아직 미진한 부분이 남아 있는 바, 향후, 축소 영역을 하나의 화소값으로 좀 더 효과적으로 대체함으로써, 시각적인 거부감의 초래를 최대한 억제할 수 있을 뿐만 아니라 원영상의 특성과 형상을 가능한 한 보존할 수 있는 좀 더 진보된 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [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] 채종석, 조화현, 최철호, 박진성, 권병헌, 최명렬, "고해상도 FPD에서 Image Decimation을 위한 T-형 축소 알고리즘", 제13회 산학연 멀티미디어 산학기술 학술대회 학술논문집, 제13권, pp. 36-39, Mar. 1999.
- [5] 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.

[6] B. K. Natarajan and V. Bhaskaran, "A Fast Approximate Algorithm for Scaling Down Digital Images in the DCT Domain", *Proc. ICIP 95*, 1995.

[7] 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.

[8] 서광덕, 이상희, 김재균, 고종석, "MPEG 영상을 위한 DCT 영역에서의 화면 축소 기법", *JCCI '99*, pp.3-7, 1999. 4.

[9] 서광덕, 김재균, "다중점 영상회의를 위한 DCT 영역에서의 효율적인 영상 해상도 축소 및 합성 기법," *Telecommunications Review*, 제12권, 제4호, 2002. 8.

[10] J. R. Parker, *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*, Wiley Computer Publishing John Wilye & Sons, Inc., pp. 10-16, 1997.

[11] 권병현, 장광수, 황병원, "De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian Filter의 특성", *한국 통신 학회 논문지*, 제 21권, 제1호, pp. 1151-1171, 1996.

[12] 광노윤, 황병원, "디지털 영상 확대를 위한 적응형 Pseudomedian 필터의 설계 및 성능 분석", *정보처리학회논문지*, 제7권, 제4호, pp. 833-843, 2000. 4.



광 노 윤

1994년 한국항공대학교 항공 전자공학과(공학사)

1996년 한국항공대학교 대학 원 항공전자공학과(공학석사)

2000년 한국항공대학교 대학

원 항공전자공학과(공학박사)

2000년 - 현재 천안대학교 정보통신학부 교수

2002년 - 현재 멀티미디어 기술사

관심분야 : 객체 기반 영상 부호화, 컴퓨터 비전 및 패턴 인식, JPEG-2000, MPEG-4/7/21, 칼라 영상 처리 및 검색, 영상 디스플레이 등