Journal of Korea Multimedia Society Vol. 16, No. 8, August 2013(pp. 934-942)
http://dx.doi.org/10.9717/kmms.2013.16.8.934

영상 크기 변환에서 화소들의 생략 및 추정 위치를 고려한 객관적 영상 화질 측정

김원희[†], 문광석[††], 김종남[†††]

요 약

영상 크기 변환은 응용 환경에서의 다양한 목적을 위하여 사용되며, 변환 함수의 성능을 평가하기 위하여 처리전과 후의 두 영상의 화질을 비교한다. 변환 함수의 객관적 성능 평가를 위하여 화질 비교의 정확한 지표가 요구되며, 실제 다양한 관점에서의 접근이 이루어졌다. 하지만 영상 크기 변환 과정에서 생략되거나 새롭게 생성되는 화소들의 위치를 고려한 화질 비교 척도에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 영상 크기 변환에서 발생하는 화소들의 생략 및 추정 위치를 고려한 객관적 영상 화질 측정 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 기존의 영상 화질 척도를 이용하여 위치 변화를 고려한 새로운 영상 화질 측정 방법을 만들고, 위치 변화에 대한 민감도를 평가하였다. 실험을 통해서 기존에 널리 사용되는 영상 화질 측정 방법이 화소들의 생략 및 추정 위치의 변화에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있었고, 제안하는 방법이 화소들의 생략 및 추정 위치 변화를 고려한 영상 화질 표현의 객관적 척도임을 확인하였다. 제안하는 방법은 영상 복원 및 개선 함수의 성능을 평가하는 척도로서 유용하게 사용될 수 있다.

An Objective Image Quality Measurement Considering Skipped & Estimated Positions of Pixels in Image Scaling

Won-Hee Kim[†], Kwang-Seok Moon[††], Jong-Nam Kim[†††]

ABSTRACT

Image scaling is used for a variety of real-life applications. In order to evaluate the performance of transform functions, the image quality are compared together before and after processing. For the objective evaluation of the transform functions, the exact criterion of image quality is required, and various aspects approaches are practically performed. However, few researches have been conducted on image quality measurement considering the position of pixels that are skipped or newly generated in the process of the image scaling. Therefore this paper focuses on the objective image quality measurement for positions of skipped or estimated pixels in the image scaling. The proposed method generated new image quality measure considering the positional changes using a conventional measure and evaluated sensitivity about positional changes. Through this experiments, it is observed that conventional image quality measurement is definitely affected by positional changes of a skipped and estimated pixels. It is also confirmed that the proposed method is an objective criterion to represent image quality for positional changes of skipped or estimated pixels. The proposed method can be used as a criterion to evaluate the performance of image restoration or enhancement functions.

Key words: Image Quality Measurement(영상 화질 측정), Skipped Position(생략 위치), Estimated Position(추정 위치)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김종남, 주소 : 부산광역시 남구 대연 3동 부경대학교 대연캠퍼스 2호관 2409호(608-737), 전화 : 051) 629-6259, FAX : 051) 629-6259, E-mail : jongnam@pknu.ac.kr
접수일 : 2013년 5월 7일, 수정일 : 2013년 7월 9일
완료일 : 2013년 7월 26일
[†] 준회원, 부경대학교 IT융합응용공학과
(E-mail : whkim@pknu.ac.kr)
[††] 종신회원, 부경대학교 전자공학과
(E-mail : ksmoon@pknu.ac.kr)
[†††] 정회원, 부경대학교 IT융합응용공학과
※ 본 논문은 2012년도 부경대학교 기성회 연구 지원 사업의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

1. 서 론

영상의 크기 변환은 영상의 가로 및 세로의 길이를 변화시켜서 변형된 결과 영상을 만들어 내는 방법으로 정의한다[1]. 영상 크기 변환은 영상 처리의 모든 분야에서 사용되는 기본적인 영상처리 방법 중에 하나다. 영상 처리 분야에서 사용되는 영상은 일정하게 규정된 화소들로 구성되며, 각각의 화소들은 영상 포맷에 부합하는 값을 가지게 된다. 따라서 영상 크기 변환이 발생하게 되면, 그 목적에 따라서 일부 화소가 생략되기도 하고 새롭게 생성되기도 한다. 그리고 생략 및 생성의 과정이 연속적으로 발생하기도 한다.

영상 크기 변환은 크게 축소와 확대로 구분할 수 있는데, 영상 축소의 경우 일반적으로 원본 영상에서 특정 위치의 화소를 생략하여 얻어진다. 특정 응용 환경에서는 산술적 기법이나 통계적 기법을 이용하여 축소하기도 한다. 영상 확대의 경우 원본 영상의 화소들 사이에 새로운 좌표의 화소들이 추가되어 생성된다. 이 과정에서 새롭게 발생하는 화소들의 값을 추정하는 기법으로 보간법이 주로 사용된다.

영상 보간법은 영상의 크기 변환에서 발생하는 새로운 좌표의 화소들의 값을 추정하는 기법이다[2]. 영상 확대에서 발생하는 열화 현상을 제거하기 위한 목적으로 사용되는데, 이런 관점에서 영상 해상도 향상 기법의 한 가지로 분류되기도 한다. 이런 보간 커널이나 함수의 성능을 판단하기 위하여 원본 영상과 보간된 결과 영상의 화질 비교를 수행한다. 여기에서 화질 비교는 두 영상의 유사한 정도를 측정하는 것으로, 보간 함수의 개발과정에서는 실험을 위한 원본 영상이 존재하기 때문에 이와 같은 성능 측정이 가능하다.

앞서 언급한 두 영상의 유사한 정도를 측정하는 것은 주관적 방법과 객관적 방법으로 구분할 수 있다[3]. 주관적인 방법은 인간 시각에 의존하는 방법으로 평가자의 성향에 따라서 동일한 결과 현상에 대해서 상이한 평가가 나타날 수도 있다. 이런 이유에서 일반적으로 정량적 표현이 가능한 객관적 방법의 성능 평가를 선호한다. 실제로 앞서 언급한 객관적인 화질 비교 척도는 다양한 관점에서 연구되어 왔는데, 현재는 MSE(mean squared error)나 PSNR(peak signal to noise ratio)과 같은 척도들이 주로 사용된다[4-9]. MSE나 PSNR은 비교 영상들 간의 동일 좌표의 화소값의 차이에 기반을 둔 화질 측정 방법이다. 주관적 방법과 객관적 방법의 평가 결과가 항상 일치하는 것은 아니지만, 두 측정 방법에 일정한 상관관계가 존재하는 것은 명백하며, 다수의 연구 결과를 비교하는데 있어서는 반드시 객관적 화질 비교 척도가 요구된다.

이런 객관적 화질 비교에 있어서 PSNR과 같은 척도가 빈번하게 사용되는데, 동일한 영상을 이용한 동일한 환경의 실험들에서 서로 상이한 PSNR값이 발생하는 경우를 종종 확인할 수 있다. 예를 들면, 영상처리에서 일반적으로 사용되는 lena 영상에 양선형 보간법을 적용한 경우의 결과들을 비교해도 연구자들에 따라서 상이한 결과를 나타내는 경우가 있다. 구현과정에서의 예외처리, 사용한 프로그래밍 툴의 특성, 사용한 원본 영상의 포맷 등의 다양한 변수를 고려할 수 있지만, 그 오차의 크기가 무시할 수 있는 소수점 단위의 오차를 넘어서는 동일한 실험 결과로 생각하기 힘든 수준의 오차가 발생하는 경우도 있다. 이와 같은 실험 결과의 불일치성은 연구 결과의 신뢰성을 떨어뜨리는 요인으로 작용한다.

앞서 언급한 변수들 외에 화질 측정 결과에 영향을 주는 다른 요인으로 영상의 크기 변환에서 발생하는 생략되거나 새롭게 생성되는 화소의 위치의 변화를 들 수 있다. 대부분의 영상 화질 측정에서는 이런 사항을 고려되지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 영상의 크기 변환에서 발생하는 생략 및 추정 위치를 고려한 화질 측정 방법을 제안하고, 제안한 척도의 위치 변화에 대한 민감도를 측정하는 방법을 제안한다. 실험을 통해서 PSNR과 같은 기존의 척도들이 화소의 생략 및 추정 위치의 영향을 많이 받는다는 것을 확인하였고, 제안한 방법을 통해서 객관적인 화질 표현이 가능한 것을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 영상 크기 변환에서의 화소의 생략과 추정 위치에 관한 내용을 기술하였고, 3장에서는 화소의 생략과 추정 위치에 따른 영상 화질의 차이에 관하여 설명하고 있다. 4장에서는 제안하는 객관적 화질 측정 방법을 서술하고, 5장에서는 실험 결과 및 분석, 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

2. 영상 크기 변환에서의 화소의 생략과 추정 위치

본 논문에서의 주된 접근은 영상 크기 변환에서 발생하는 생략되거나 새롭게 생성되는 화소들의 위

치 변화에 관한 것으로, 이를 위하여 제한적 환경에서의 가정을 통하여 기술하였다. 가정된 환경은 원본 영상이 존재하고, 그 원본 영상을 가로와 세로로 각각 1/2씩 축소하여 얻어진 저해상도 영상을 양선형 보간법을 사용하여 원래 크기의 영상으로 만들어 내는 것이다.

먼저 화소가 생략되는 경우에 대하여 알아보면, 일반적으로 화소가 생략되는 경우는 영상의 축소과정에서 발생한다. 원본 영상의 화소의 개수를 $M \times N$이라고 한다면, 앞서 언급한 실험 환경과 같이 가로와 세로로 각각 1/2씩 축소하게 되면, 축소된 영상의 화소의 개수는 $(M \times N)/4$가 된다. 즉, 단순화하여 생각하게 되면 4개의 화소 중에서 1개만 남기고 나머지 3개는 생략되는 것이다. 이 과정을 부표본화(sub-sampling) 라고도 하는데, 이런 부표본화 과정은 아래의 그림 1과 같이 4가지 경우로 구분할 수 있다. 영상 축소 과정에서 그림 1의 4가지 경우로 남길 화소 또는 생략할 화소를 결정할 수 있다. 여기에서 DR(down&right)은 하단우측, DL(down&left)은 하단좌측, UR(up&right)은 상단우측, UL(up&left)은 상단좌측의 화소들을 각각 의미한다. 일반적인 경우 그림 1의 (a)~(d)의 4가지 경우 중에 하나의 방법으로 전체 영상을 부표본화 한다.

다음으로, 영상의 크기 변환에서 새로운 화소가 생성되는 경우는 영상을 확대하는 과정에서 주로 발생한다. 일반적으로 역방향 사상법을 이용하여 영상을 확대하는데, 실제로는 해당되는 좌표에 화소값이 존재하는 경우에는 그대로 사용하고 존재하지 않는 경우에는 추정법을 통해서 값을 생성한다. 이런 추정법으로 보간법이 많이 사용되며, 많은 응용 환경에서 양선형 보간법을 사용한다.

양선형 보간법은 널리 사용되는 보간 기법중의 하나로, 추정할 화소 주변의 원 화소들의 가중치 합으로 정의된다. 실제로는 인접한 두 화소의 선형 보간을 이중으로 적용하여 구현하게 되며, 주변의 원 화소가 1개인 경우에 대한 정의는 없다. 원 화소가 1개만 존재하는 경우는 보간된 결과 영상의 크기와 원본 영상의 크기를 동일하게 만들어 주기 위한 과정에서 주로 발생한다. 실제로 가로와 세로의 길이가 $M \times N$인 영상에 보간법을 적용하면, 그 결과 영상의 크기는 $(M-1) \times (N-1)$이 된다. 따라서 행과 열에 각각 1라인을 추가해야 하는데, 일반적으로는 인접한 화소의 값을 그대로 사용한다. 이 과정을 패딩(padding)이라고도 하는데, 이런 패딩의 과정은 아래의 그림 2와 같이 4가지로 구분할 수 있다.

그림 2의 방법으로 패딩을 함으로써 보간된 영상은 원본 영상과 동일한 크기가 된다. 주관적인 관점에서 영상을 평가할 때, 그림 2의 (a)~(d)의 경우 중

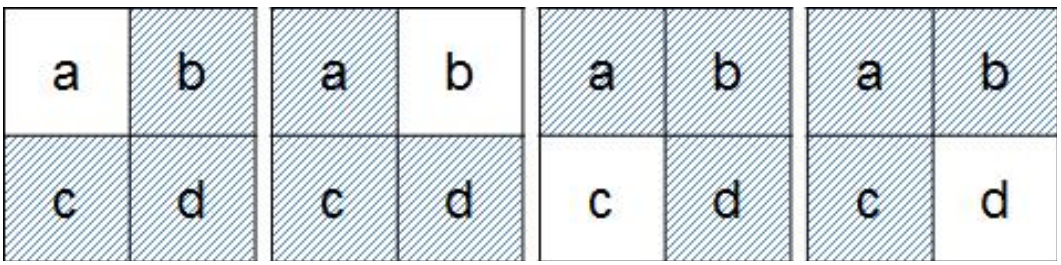


그림 1. 화소생략의 4가지 경우(a:DR-skip, b:DL-skip, c:UR-skip d:UL-skip)

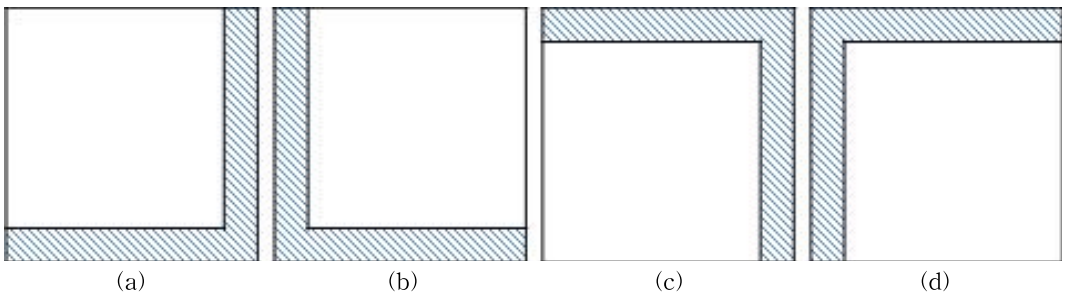


그림 2. 화소 추정의 4가지 경우(a:DR-pad, b:DL-pad, c:UR-pad d:UL-pad)

에 어떤 것을 사용하더라도 차이를 느끼기는 어렵다. 이것은 패딩 부분이 차지하는 비율이 미미하며 외부 경계의 위치에 있기 때문인데, 영상의 전체 화소의 수를 $M \times N$개로 가정했을 때, 패딩 부분이 차지하는 비율은 $\frac{M+N-1}{M \times N}$이 된다. 하지만 원본 영상과의 비교를 통한 객관적 화질 측정에 있어서는 패딩 방법에 따라서 결과값의 차이가 크게 나타난다. 이런 결과값의 차이는 부표본화-패딩 방향의 일치 및 불일치에서 발생하는데 다음 장에서 이와 관련된 사항을 자세히 기술하였다.

3. 화소의 생략과 추정 위치에 따른 영상 화질의 차이

실제 응용 환경에서는 보간법이나 영상 복원 등의 성능을 비교할 수 있는 원본 영상이 존재할 수 없는 경우가 대부분이다. 하지만 실험 환경에서는 원본 영상이 확보되어 있으며, 처리 함수의 성능 평가는 결과 영상과 원본 영상의 비교를 통해서 이루어진다. 성능을 평가하는 것은 원본 영상과 결과 영상이 얼마나 유사한지를 측정하는 것이고 이런 평가를 위한 척도로 PSNR이 주로 사용된다. PSNR은 최대 신호대 잡음비를 의미하는데 영상이나 동영상의 화질 손실 정보를 평가할 때 사용된다. PSNR은 아래의 식 (1)로 정의된다. 식 (1)에서 $F(i,j)$는 원 영상, $F'(i,j)$은 변환된 영상, M과 N은 영상의 가로와 세로의 크기를 각각 의미한다.

$$PSNR = 10 \times log_{10}\left(\frac{255^2 \times (M \times N)}{\sum_{\forall i}\sum_{\forall j}(F(i,j) - F'(i,j))^2}\right) \quad (1)$$

앞서 2장에서 부표본화-패딩 방향의 일치 및 불일치, 즉 화소의 생략 및 추정 위치가 PSNR에 많은 영향을 준다고 언급하였다. 본 장에서는 아래의 3가지 실험을 통해서 그 차이의 정도를 알아본다. 먼저 실험 1은 512×512 크기의 lena 영상을 가로와 세로로 1/2씩 부표본화하여 얻은 실험 영상을 양선형 보간법을 통해서 다시 원본 영상의 크기로 확대하는 것이다. 이 과정에서 부표본화의 4가지 방법, 패딩의 4가지 방법을 모두 사용하여 모든 경우에 수에 대한 PSNR을 계산하였다.

위의 표 1에서 나타낸 결과와 같이 생략과 추정의 각 경우로부터 전체 16가지의 경우의 수가 발생하게 된다. 최대값은 UL-UL 쌍에서 나타나는 33.53, 최소값은 UL-DR 쌍에서 나타나는 26.25, 최대값과 최소값의 차이는 약 7.28이다. PSNR의 계산식에 로그가 사용되는 것을 고려하면 7dB 이상의 차이는 영상 화질을 나타내는데에는 아주 큰 차이를 의미한다. 또한 실험 결과에서 알 수 있듯이 생략-추정 방향이 일치하는 모든 경우에서 다른 순서쌍 보다 현저히 높은 PSNR 값을 가진다. 이것은 보간법이 원 화소값을 사용하기 때문에 원본 영상과 보간된 영상 사이의 일치하는 좌표의 화소들이 가장 많기 때문인 것으로 분석된다.

다음의 실험 2는 실험 1의 환경에서 원본 영상에 저역통과필터링을 추가하여 실험하였다. 아래의 표 2에서 그 결과를 나타내고 있다. 표 2에서와 같이 실험 2의 결과도 실험 1의 패턴과 유사하게 나타나는 것을 알 수 있다. 여전히 화소의 생략-추정 방향이 일치하는 경우에 현저히 높은 PSNR 값을 가진다. 그리고 최대값과 최소값의 차이가 약 5.5 정도로 여전히 큰 값을 가진다.

실험 3에서는 실험 1의 환경에서 부표본화 후에 저역통과필터링을 추가하여 실험하였다. 아래의 표 3이 그 결과를 보여주는데, 이 경우에서도 여전히 PSNR의 최대값은 생략-추정 방향의 일치성과 상관관계가 높다는 것을 알 수 있다. 실험 2와 실험 3에서 알 수 있듯이 필터링이 적용된 환경에서도 영상간 화소들의 좌표의 일치성이 화질 측정에 많은 영향을 주는 것으로 분석된다.

이상의 일련의 실험들에서 영상 크기 변환에서의

표 1. 실험 1의 결과 (단위: dB)

skip&padding	DR-skip	DL-skip	UR-skip	UL-skip
DR-pad	**33.4535**	27.8235	29.8317	26.2549
DL-pad	27.8125	**33.5269**	27.3193	29.8550
UR-pad	29.8214	27.2997	**33.4519**	27.8019
UL-pad	26.2734	29.8470	27.8530	**33.5347**

표 2. 실험 2의 결과 (단위: dB)

skip&padding	DR-skip	DL-skip	UR-skip	UL-skip
DR-pad	**32.4189**	28.2775	29.9759	26.8689
DL-pad	28.2890	**32.4518**	27.8222	29.9933
UR-pad	29.9629	27.8124	**32.4183**	28.2822
UL-pad	26.8735	29.9843	28.2868	**32.4545**

표 3. 실험 3의 결과 (단위: dB)

skip&padding	DR-skip	DL-skip	UR-skip	UL-skip
DR-pad	**29.0559**	27.4890	28.2776	26.6733
DL-pad	27.4631	**29.0890**	27.2506	28.2964
UR-pad	28.2649	27.2564	**29.0580**	27.4723
UL-pad	26.6665	28.2931	27.4801	**29.0872**

화소의 생략과 추정 위치가 영상 화질 측정 결과에 확실한 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. 기존의 영상 화질과 관련된 연구들에서 크게 고려되지 않았던 사항들이지만 객관적 화질의 표현에 있어서 무시할 수 없는 요인임을 확인할 수 있었다. 주관적 관점의 평가에서 거의 동일한 결과 영상이 나타내는 객관적 수치가 넓은 범위에 분포하는 것은 객관적 성능비교의 신뢰도를 저해한다. 이런 문제점은 실험 환경에서의 화소들의 생략과 추정 위치의 미묘한 차이로 인해서 발생하는 것이다. 다음 장에서는 위에서 언급한 문제점 해결을 위한 새로운 객관적 화질 측정 방법들을 제시하고 있다.

4. 제안하는 객관적 화질 측정 방법

본 논문에서는 영상 크기 변환에서 발생하는 화소들의 생략 및 추정 위치를 고려한 객관적 화질 측정 방법을 제안하고 있다. 처리 함수의 성능과는 독립적으로 전처리 및 후처리 과정에서 발생하는 문제에 초점을 맞추고 있다. 본 장에서는 앞서 언급한 문제점 해결을 위한 새로운 영상 화질 측정 방법을 설명하고 있다.

일반적으로 부표본화 패턴을 모른다고 가정했을 때 패딩 위치를 달리하여 모든 경우에 대해서 보간된 영상을 생성하고 PSNR을 계산하여야 한다. 따라서 이 경우에 모두 4개의 PSNR 값이 얻어지는데 최종적으로 해당 보간법을 통한 영상의 객관적 화질 측정값의 표현은 고려되어져야 하는 사항이다. 제안하는 방법은 4가지로 구분할 수 있는데, 각각 생략-추정 방향의 일치성 관점에서의 접근, 수치의 확률적 관점에서의 접근, 결과 영상 측면에서의 접근, 그리고 민감도 측정이다.

먼저 생략-추정 방향의 일치성 관점에서의 접근은 부표본화 과정에서의 생략 위치와 패딩 과정에서의 추정 위치의 일치 여부를 판단한다. 앞선 실험들의 결과에서 생략-추정 위치가 일치하는 경우와 불일치하는 경우의 PSNR 값의 차이가 현저하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 실제 4개의 값을 두 그룹으로 분류한 결과와 부표본화-패딩 위치의 일치/불일치 결과가 일치한다. 따라서 불일치하는 경우의 3개의 값을 허위값으로 가정하면 해당 영상의 객관적 화질 측정값은 생략-추정 위치가 일치하는 경우의 값이 된다. 실험 영상을 생성하는 과정의 의도에 맞게 재구성된 영상이라는 의미에서 가장 정확한 PSNR 표현으로 규정할 수 있다. 따라서 생략-추정 방향의 일치성 관점에서 해당 영상의 객관적 화질 측정값은 모든 경우의 측정값의 최대값으로 규정할 수 있다. 이 값을 M-PSNR(Max PSNR)로 정의한다.

두 번째 제안하는 방법은 확률적 관점에서의 접근이다. 4개의 패딩 위치로부터 4개의 결과 영상이 생성되는데, 각 결과 영상이 가지는 기댓값은 모두 동일하다. 즉, 한 번의 실험을 통해서 4개 중의 어떤 하나의 결과 영상이 선택될 확률이 모두 같음을 의미한다. 따라서 4개의 PSNR 값들의 산술 평균을 해당 영상의 객관적 PSNR 표현으로 규정할 수 있다. 하지만 PSNR의 분포가 생략-추정 일치 경우 외에는 상

대적으로 낮은 값을 나타내므로 각각의 값에 가중치 합을 이용하는 것이 더 객관적인 방법으로 판단된다. 따라서 확률적 관점에서 해당 영상의 객관적 화질 측정값은 모든 경우의 측정값의 가중치합인 A-PSNR (Adjust PSNR)로 규정할 수 있다. 아래의 식 (2)에서는 가중치를 계산하는 방법을 정의하였다.

$$a_i = \frac{P_i}{\sum_{j=1}^{4} P_j},\ (i=1,2,3,4),\ (\sum_{j=1}^{4} a_j = 1) \qquad (2)$$

여기에서 a는 가중치, P는 PSNR 결과값을 각각 의미한다. 즉, 가중치는 4개의 PSNR 결과값을 합한 것으로 해당 PSNR 결과값을 나누어주는 것을 의미한다. 그리고 모든 가중치의 합은 1이 된다. 식 (2)에서 계산한 가중치와 각각의 PSNR 결과값을 곱해주고 합을 구하면 A-PSNR을 얻을 수 있는데, 이 과정을 아래의 식 (3)에 나타내었다.

$$\mathrm{A} = \sum(a_i \times P_i) = \frac{\sum P_i^2}{\sum P_i} = \frac{P_1^2+P_2^2+P_3^2+P_4^2}{P_1+P_2+P_3+P_4},$$
$$(i=1,2,3,4) \qquad (3)$$

여기에서 A는 A-PSNR을 의미한다. 가중치와 PSNR의 곱을 모두 합한 값은 각각의 PSNR을 제곱하여 합한 값을 PSNR의 합으로 나누어 준 것과 동일한 결과를 가지게 된다. 그리고 조정 PSNR을 중심으로 약 ±10%의 범위에 최대 PSNR과 최소 PSNR이 존재하는 것을 알 수 있었다.

또 다른 관점의 접근으로는 4개의 결과 영상을 평균을 이용하는 방법이 있다. 이 방법은 4개의 결과 영상을 모두 겹쳐서 각각의 좌표의 값들을 평균하여 얻은 값을 이용하여 새로운 결과 영상을 만들어 낸다. 앞서의 두 번째 방법이 수치적 관점에서의 평균이라고 한다면, 이 방법은 영상의 결과물 측면에서의 평균이다. 4장의 결과 영상이 주관적 관점에서는 거의 동일함을 앞서 설명하였는데, 이 4장의 결과 영상을 평균하여 새로운 결과 영상을 생성하고 새로운 결과 영상의 PSNR을 해당 영상의 객관적 표현으로 약속하고, 이것을 N-PSNR (New PSNR)로 정의한다.

마지막으로 고려되어야 하는 사항은 해당 영상이 가지는 생략-추정 위치에 대한 민감도(sensitivity)이다. 민감도는 해당 영상이 부표본화와 패딩의 위치 변화에 따라서 그 결과 영상이 가지는 객관적 화질 측정값들의 차이 정도를 평가하는 것이다. 이 민감도를 통해서 해당 영상의 생략-추정 위치 변화에 얼마만큼 반응하는지를 가늠할 수 있다. 제안하는 방법에서는 민감도를 아래의 식 (4)로 정의하였다. 수식에서 S는 민감도, P_k는 PSNR 집합, P_p는 대표 PSNR 값을 각각 의미한다. 대표 PSNR은 제안한 3가지 방법 모두 적용가능하다. 민감도는 대표 PSNR 값에 대한 PSNR 집합의 원소들의 차이값의 비를 측정한 것이다. 값이 클수록 해당 영상이 생략-추정 위치 변화에 민감하게 작용하는 것이다. 이것은 해당 영상이 생략-추정 위치 변화에 따른 화질 측정값의 차이가 심하게 나타남을 의미한다.

$$\mathrm{S} = \frac{\max(P_k) - \min(P_k)}{P_p}, \qquad k=1,2,3,4 \qquad (4)$$

5. 실험 결과 및 분석

본 장에서는 앞서 설명한 제안한 방법을 이용하여 영상의 객관적 화질을 측정한 실험의 결과를 나타내고 그 결과를 분석하였다. 제안한 방법은 MATLAB을 이용하여 실험하였고, 테스트 영상으로는 일반적으로 영상 처리 분야에서 사용되는 영상 7장을 이용하였다. 아래의 그림 3에 실험 영상을 나타내었다. 실험은 2장에서의 가정과 동일하게 원본 영상을 가로와 세로로 각각 1/2씩 축소하여 생성한 저해상도 영상을 양선형 보간법을 적용하여 원본 영상의 크기와 동일하게 되도록 확대하였다. 부표본화는 'DR생략' 위치를 이용하였고 패딩은 4경우에 대해서 모두 수행한 결과를 구하였다.

아래의 표 4에는 실험 영상 7장에 대한 각 패딩 위치별 PSNR을 나타내었다. 표에서 나타난 것과 같

그림 3. 실험 영상(좌측부터 baboon, barbara, boat, goldhill, lena, oldmill, peppers)

표 4. 실험 영상의 패딩 위치에 따른 PSNR 결과 (단위: dB)

image	DR-skip	DL-skip	UR-skip	UL-skip	max-min
baboon	**22.68**	21.01	20.29	19.63	3.05
barbara	**25.15**	22.16	23.53	21.50	3.65
boat	**30.53**	25.99	26.92	24.36	6.17
goldhill	**30.69**	27.60	27.52	25.84	4.85
lena	**33.45**	27.81	29.82	26.27	7.18
oldmill	**24.89**	21.21	21.00	19.31	5.58
peppers	**31.72**	27.05	27.82	25.31	6.40

이 DR생략 위치와 일치하는 DR추정 위치의 조합에서 가장 높은 PSNR 값을 가진다. 그리고 다른 불일치 조합에서의 값들과는 차이가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

아래의 표 5에서는 제안한 3가지의 객관적 화질 측정 방법들의 결과를 나타내었다. 제안한 방법에서처럼 M-PSNR은 최대 PSNR을 이용하는 방법, A-PSNR은 PSNR에 가중치된 선형 결합인 조정 PSNR, N-PSNR은 새롭게 생성된 평균 영상의 PSNR을 각각 의미한다. 표 5에서와 같이, 동일한 영상에 대한 PSNR 값의 표현이 방법별로 상이하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 각각의 방법들이 가지는 접근 방식이 상이하기 때문에 발생하는 결과다. 일반적으로 M-PSNR에서 값이 가장 높은 값을 나타내고, A-PSNR에서 가장 낮은 수치를 가진다.

표 6에서는 실험 영상들의 민감도를 나타내었다. 민감도는 oldmill 영상에서 최대값, baboon 영상에서 최소값을 가지는 것을 알 수 있다. 민감도는 해당 영상이 생략-추정 위치 변화에 따른 PSNR 결과들(표 4)의 변화를 측정한 것으로, 대표 PSNR에 대한 차이값들의 크기와 관련된다. 먼저 거의 유사한 민감도 값을 가지는 boat 영상과 peppers 영상의 경우, A-PSNR과 최대오차값이 유사하게 분포하는 것을 알 수 있다. A-PSNR이 거의 유사한 goldhill 영상과

표 5. 제안한 방법들의 결과

image	M-PSNR(dB)	A-PSNR(dB)	N-PSNR(dB)
baboon	22.68	20.97	21.68
barbara	25.15	23.17	23.87
boat	30.53	27.14	27.93
goldhill	30.69	28.02	28.88
lena	33.45	29.59	30.20
oldmill	24.89	21.79	22.57
peppers	31.72	28.17	28.83

표 6. 실험 영상의 민감도 결과

image	PSNR1	PSNR2	PSNR3	PSNR4	max-min	A-PSNR	Sensitivity
baboon	22.68	21.01	20.29	19.63	3.05	20.97	0.1456
barbara	25.15	22.16	23.53	21.50	3.65	23.17	0.1574
boat	30.53	25.99	26.92	24.36	6.17	27.14	0.2272
goldhill	30.69	27.60	27.52	25.84	4.85	28.02	0.1730
lena	33.45	27.81	29.82	26.27	7.18	29.59	0.2427
oldmill	24.89	21.21	21.00	19.31	5.58	21.79	0.2562
peppers	31.72	27.05	27.82	25.31	6.40	28.17	0.2274

peppers 영상은 최대 오차값에서 큰 차이는 보이는데 이것이 민감도에도 작용한 것을 알 수 있다. 이외에도 lena 영상과 oldmill 영상을 비교하면 lena 영상이 최대오차는 더욱 크지만 민감도는 더 낮게 나타나는데, 이것은 A-PSNR이 lena 영상에서 훨씬 높기 때문이다. 이상과 같이 민감도는 최대오차와 A-PSNR의 두가지 값에 모두 영향을 받는 것을 알 수 있고, 제안한 민감도 척도가 해당 영상이 화소의 생략-추정 위치 변화에 받는 영향을 잘 표현하는 것을 확인하였다.

이상의 실험 결과를 통해서 제안한 방법이 영상의 크기 변환에서 발생하는 화소들의 생략 및 추정 위치를 고려한 객관적 화질 측정 방법임을 확인할 수 있었다. 또한 각 영상이 위치 변화에 따라서 가지게 되는 오차를 민감도로 측정한 것이 적절한 것을 알 수 있었다.

6. 결 론

영상 크기 변환에 있어서 부표본화나 패딩과 같은 화소들의 생략이나 추정이 이루어진다. 이런 화소들의 생략이나 추정 위치의 불일치는 영상의 객관적 화질 측정에 많은 영향을 준다. 따라서 본 논문에서는 영상의 크기 변환에서 발생하는 화소들의 생략이나 추정 위치를 고려한 객관적 화질 측정 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 4가지로 구분할 수 있는데, 각각 생략-추정 방향의 일치성 관점에서의 접근, 수치의 확률적 관점에서의 접근, 결과 영상 측면에서의 접근, 그리고 민감도 측정이다. 다양한 영상을 이용한 실험을 통해서 제안한 방법의 접근법으로 표현한 영상의 화질이 객관성을 가지는 것을 알 수 있었고, 민감도가 영상이 가지는 생략-추정 위치 변화로 인한 결과의 변화를 측정하는 객관적 척도임을 확인할 수 있었다. 제안한 방법은 영상의 크기 변환이 사용되는 응용 환경에서의 객관적 화질 척도로서 유용하게 사용될 수 있다. 또한 향후에는 영상의 질감과 윤곽선 및 평탄 영역들을 고려하거나 완전히 배제된 개선된 민감도 측정 방법이 연구되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] C.H. Kim, S.M. Seong, J.A. Lee, and L.S. Kim, “Winscale: An Image-Scaling Algorithm using an Area Pixel Model,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 13, Issue 6, pp. 549-553, 2003.

[2] 유훈, “적응적인 선형 보간을 이용한 부화소 기반 영상 확대,” 멀티미디어학회논문지, 제9권, 제8호, pp. 1000-1009, 2006.

[3] 김요한, 성덕구, 한정현, 신지태, “휘도, 색차의 분포도 분석을 이용한 인지적 무기준법 영상 화질 평가방법,” 한국방송공학회논문지, 제14권, 제2호, 2009.

[4] H.J. Park and D.H. Har, “Subjective Image Quality Assessment Based on Objective Image Quality Measurement Factors,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 57, Issue 3, pp. 1176-1184, 2011.

[5] ITU-T Recommendation P.910, *Subjective Video Quality Assessment Methods For Multimedia Applications*, E33690, 2008.

[6] VQEG, *Hybrid Perceptual/Bitstream Group TEST PLAN*, Draft Version 2.11, 2012.

[7] ITU-T Recommendation J.144, *Objective Perceptual Video Quality Measurement Techniques for Digital Cable Television in the Presence of a Full Reference*, E34157, 2004.

[8] 김현오, 이선오, 심동규, 남궁재찬, “디지털 비디오에 대한 객관적 화질측정 방법에 대한 연구,” 한국방송공학회학술대회, pp. 3-6, 2006.

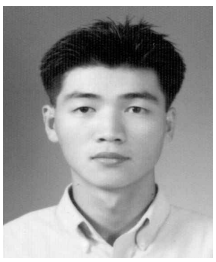
[9] 이우섭, 김형교, “방향성 에지 윤곽선 가중치를 이용한 영상 보간,” 한국신호처리시스템학회논문지, 제11권, 제1호, pp. 26-31, 2010.

김 원 희

2007년 2월 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 졸업(공학사)
2009년 2월 부경대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
2009년 3월~현재 부경대학교 대학원 정보공학과 박사과정 재학
관심분야 : 영상복원, 영상개선, 영상처리 등

문 광 석

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1989년 2월 경북대학교 대학원 공학과 졸업(공학박사)
1988년 1월~12월 일본 동경대학교 학부 연구원
1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수
1990년 3월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
관심분야 : 영상신호처리, 적응신호처리등



김 종 남

1995년 2월 금오공과대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1997년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 석사(공학석사)
2001년 8월 광주과학기술원 기전공학과 박사(공학박사)
2001년 8월~2004년 2월 KBS 기술연구소 선임연구원
2004년 4월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
2003년 3월~현재 (주)홈캐스트 사외이사
관심분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 보안 등