에러 추정을 이용한 감시 카메라 영상의 해상도 향상

김원희*, 박성모*, 김종남*
*부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부
e-mail:whkim07@pknu.ac.kr

Resolution Enhancement of Surveillance Camera Image Using Error Estimation

Won-Hee Kim*, Sung-Mo Park*, and Jong-Nam Kim*
*Dept. of Computer Multimedia Engineering, PuKyong Nat'l Univ.

요 약

영상 해상도 향상 기술은 영상 처리의 많은 분야에서 사용되는 전처리 기술로서, 최근들어 감시 카메라 시스템에서의 영상 해상도 향상을 위한 연구가 진행되고 있다. 보간 과정에서의 블러링으로 인한 화질 저하를 해결하기 위해서, 본 논문에서는 하위 레벨 보간을 이용한 에러 추정과 영상 해상도 향상 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 하위 레벨 보간을 통해서 보간 과정에서 발생하는 손실 정보를 추정하고, 추정한 손실 정보를 보간 결과에 적용하여 영상 복원의 결과를 향상시킨다. 동일한 영상을 이용한 실험을 통해서 기존의 방법들보다 0.38~1.75dB의 객관적 화질의 개선을 확인하였고 주관적 화질 비교에서도 향상되었음을 확인하였다. 제안하는 방법은 감시 카메라 시스템을 비롯한 영상 확대를 위한 응용 환경에서 활용될 수 있다.

1. 서론

영상 해상도 향상은 저해상도의 영상을 고해상도의 영상으로 변화하는 기술을 의미한다[1]. 영상 해상도 향상 기술은 다양한 영상처리 분야의 기반기술로 사용되어 왔으며 컴퓨터 비전 시스템 전반에 걸쳐 연구되어 왔다[2]. 최근에는 감시 카메라 영상의 해상도를 높이기 위한 연구가 널리 진행되고 있다.

영상 해상도를 향상시키기 위한 보간의 대표적인 방법으로는 0차보간(zero order interpolation), 선형보간(linear interpolation), 3차회선보간(cubic convolution interpolation), 스플라인보간(spline interpolation) 등이 있다. 비교적 계산복잡도가 낮아서 많은 응용 분야에서 사용되지만 보간된 영상의 화질 개선 정도가 낮고 흐려짐 현상을 유발한다. 이런 단점을 보완하기 위해서 최근 들어 적응적인 보간법들이 연구되고 있다.

본 논문에서는 위에서 언급한 문제를 해결하여 감시 카메라 시스템에 적용하기 위한 영상 복원 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 영상 보간 과정에서의 손실 정보를 추정하고, 이 손실 정보를 보간된 영상에 적용하여 화질이 개선된 복원 영상을 얻을 수 있다. 손실 정보를 추정하기 위하여, 획득한 저해상도 영상의 하위 레벨 보간 과정에서 손실 정보를 계산하고 이 손실 정보를 보간하여 저해상도 영상을 보간한 영상에 적용한다. 손실 정보를 적용하는 과정에서 손실 정보가 잡음으로 사용되지 않기 위하여 가중치를 적용한다. 실험을 통해서 제안한 방법이 기존의 방법보다 주관적 및 객관적으로 화질의 향상이 발생한 것을 확인하였다.

2. 제안하는 에러 추정 및 영상 복원 방법

기존의 영상 해상도 향상 방법에서는 흐려짐 현상으로 인한 화질 열화가 대표적인 문제로 지적되었다. 이런 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 하위 레벨 보간을 이용한 에러 추정 및 영상 해상도 향상 방법을 제안한다.

손실 정보 계산 과정에서는 하위 레벨 보간을 이용해서 획득한 저해상도 영상의 손실 정보를 계산한다. 아래의 식 (1)과 같이 원본 고해상도 영상을 정의할 수 있다. 사전 확보된 고해상도 영상으로부터 임의로 훼손시킨 저해상도 영상을 아래의 식 (2)와 같이 생성할 수 있다.

$$I_H : high\ resolution\ image \quad (1)$$

$$I_L = S_X I_H + N \quad (2)$$

고해상도 영상이 서브샘플링 함수 S가 적용되면서 저해상도 영상으로 만들어질 때 손실되는 영상 정보들이 존재한다. 이런 손실되는 영상 정보들을 추정하기 위한 과정으로 아래의 식 (3)과 같이 한 단계의 서브샘플링을 실시한다. 그 다음 과정으로 특정 복원 함수를 사용하여 I_L과 같은 크기의 영상으로 보간을 실시한다. 그리고 최종적으로 식 (5)와 같이 저해상도 영상과 복원된 저해상도 영상의 에러를 계산할 수 있다.

$$I_{LL} = S_2 I_L \quad (3)$$

$$I_{RL} = R_2 I_{LL} \quad (4)$$

$$I_{EL} = I_L - I_{RL} \quad (5)$$

식 (3)에서 (5)를 통해서 얻어진 에러 I_{EL}은 정확하게 주어진 저해상도 영상으로부터 정확하게 계산할 수 있는 정보이다. 즉, 주어진 저해상도 영상의 한 단계 서브샘플링과 다시 보간을 통해서 얻어진 복원된 저해상도 영상과 저해상도 영상의 차이를 통해서 손실 정보 계산을 할 수 있다. 다음으로는 계산된 손실 정보를 토대로 실제 복원해야 할 영상의 손실 정보를 추정하는 과정이다. 계산된 손실 정보 I_{EL}은 식 (6)과 같은 보간 과정을 통해서 고해상도 영상 복원 과정의 손실 정보로 추정할 수 있다.

$$I_{EH} = R_X I_{EL} \tag{6}$$

즉 추정된 에러 I_{EH} 는 계산된 손실 정보 I_{EL}을 보간하여 계산된 정보로 정의할 수 있다. 마지막으로는 추정된 에러를 복원 영상에 적용하는 과정으로 저해상도 영상으로부터 복원된 고해상도 영상은 식 (7)과 같이 정의된다.

$$I_{RH} = R_X I_L \tag{7}$$

이때 I_{RH}는 식 (4)의 I_{RL}과 같이 보간으로 인한 정보 손실이 발생한 복원 영상이다. 따라서 이 복원 영상에 앞서 추정한 에러 I_{EH}를 적용하게 되면 보다 더 정확한 복원 영상을 얻을 수 있게 된다. 이 과정을 아래의 식 (8)에 나타내었다.

$$I_{HH} = I_{RH} + I_{EH} \tag{8}$$

여기에서 I_{HH}는 복원된 고해상도 영상에 손실 정보를 적용한 최종적인 복원영상이다. 이와 같은 손실 정보 적용을 통해서 일반적인 복원 보다 더 정확한 복원 영상을 얻을 수 있다. 대부분의 손실 정보는 고주파수 영역으로 영상에서 윤곽선 정보를 많이 포함하고 있다. 따라서 에러를 더해줌으로써 복원된 영상의 윤곽선 정보가 명확하게 되어 전체적인 영상 해상도가 향상되게 된다.

하지만 추정한 손실 정보 I_{EH}를 그대로 적용하게 되면 저주파수 대역의 정보들이 그대로 더해지게 되어 전체적인 영상 밝기가 상승하게 되어 화질의 열화가 발생하게 된다. 이런 단점을 해결하기 위해서 추정된 손실 정보에 적정의 가중치를 적용한다. 이 과정을 아래의 식 (9)에 나타내었다.

$$I_{HH} = I_{RH} + \alpha I_{EH} \quad (0 < \alpha < 1) \tag{9}$$

수식에서 α는 가중치를 의미하며 가중치가 0인 경우는 손실 정보를 적용하지 않은 상태를 의미하며, 1인 경우는 식 (8)과 동일한 상태를 의미한다. 이와 같은 가중치 적용을 통해서 윤곽선 부분을 살리면서도 저주파 대역의 정보들의 잡음화를 최소화 할 수 있다.

3. 실험 결과 및 분석

제안한 방법의 성능평가는 세 가지 실험에 의해서 이루어졌다. 실험 1에서는 8개의 감시 카메라 영상을 이용해서 해상도 향상 결과를 비교하였다. 제안한 방법이 PSNR에서 평균 0.75dB의 개선이 있었음을 확인할 수 있다. 실험 2에서는 8개의 일반적인 영상처리용 정지영상에 대해서 해상도 향상 결과를 비교하였다. 제안한 방법이 평균 1.15dB의 PSNR 향상이 발생하였음을 알 수 있다. 실험 3에서는 주관적인 화질 비교를 나타내었다. 제안한 방법이 윤곽선 영역에서 명확한 인지가 가능한 것을 알 수 있다. 이상의 세 가지 실험을 통해서 제안한 방법이 기존의 방법보다 해상도 향상에 효과적임을 알 수 있다.

<표 1> 객관적 화질비교 결과(단위 : dB)

구분	BIL	PRO1	PRO2	개선
test1	30.1819	30.5677	30.5795	**0.3976**
test2	31.7496	32.4990	32.5930	**0.8434**
test3	29.0845	30.0152	30.0658	**0.9813**
test4	28.1573	29.0836	29.0922	**0.9349**
test5	29.9716	30.4963	30.5303	**0.5587**
test6	32.2982	32.6370	32.6403	**0.3421**
test7	35.3725	36.1954	36.2824	**0.9099**
test8	29.6666	30.5724	30.7218	**1.0552**
average	**30.8103**	**31.5083**	**31.5632**	**0.7529**

4. 결론

본 논문에서는 영상을 확대하는 과정에서 발생하는 영상의 흐려짐을 개선할 수 있는 기술을 제안하였다. 제안한 방법은 하위 레벨 보간을 이용해서 보간 과정에서 발생할 수 있는 손실 정보를 추정하였고, 추정된 손실 정보를 보간 영상에 적용하여 해상도를 향상시켰다. 제안한 방법을 감시 카메라 영상에 적용시켜 기존 방법들보다 해상도 향상 정도가 높은 것을 검증하였다. 제안한 방법은 감시 카메라 시스템을 비롯한 영상 확대를 이용하는 다양한 멀티미디어 시스템에서 유용하게 사용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업, 중소기업청의 산학연공동기술개발지원사업(선도형)으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

[1] S. C. Park, M. K. Park, and M. G. Kang, "Super-Resolution Image Reconstruction: A Technical Overview," Signal Processing Magazine IEEE, Vol. 20, Issue 3, pp. 21-36, May, 2003.

[2] R. Hardie, "A Fast Image Super-Resolution Algorithm Using an Adaptive Wiener Filter," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 16, Issue 12, pp. 2953-2964. Dec. 2007.