한국측량학회지, 제 23권 제 2호, pp. 165~175(2005년 6월 30일)

인터레이스드 스캔방식 디지털 카메라의 떨림에 의한 영상블러 제거

Deblurring of the Blurred Image Caused by the Vibration of the Interlaced Scan Type Digital Camera

전재춘[1)]
Chon, Jaechoon

Abstract

If the interlaced scan type camera moves while an image is filming from the camera, blur is often created from the misalignment of the two images of even and odd lines. This paper proposed an algorithm which removes the misalignment of the even and odd line images cased by the vibration of the interlaced scan type camera. The blurred original image is separated into the even and the odd line images as half size. Based on these two images, two full sized images are generated using interpolation technique. If a big difference between these two interpolated images is generated, the original image is taken while the camera is moving. In this case, a deblurred image is obtained with the alignment of these separated two images through feature point extraction, feature point matching, sub-pixel matching, outlier detection, and image mosaicking processes. This paper demonstrated that the proposed algorithm can create clear images from blurred images caused by various camera motions.

Keywords : interlaced scan type camera, blur, even or odd line images, feature point matching, outlier detection

요 지

인터레이스 방식의 카메라가로부터 사진을 촬영시, 카메라가 움직인다면, 짝수와 홀수라인의 두 영상의 불인치인 블러가 발생한다. 본 논문은 인터레이스 방식의 카메라의 떨림에 의한 짝수와 홀수라인 영상간의 불일치를 제거 하는 알고리즘을 제안 하였다. 블러된 원 영상을 짝수라인과 홀수라인 영상으로 분리한다. 분리된 각 영상을 보간법을 이용하여 원 영상 크기의 영상을 생성한다. 만약 보간된 영상간의 큰 차이가 발생하면, 사진 촬영시 카메라가 움직인 경우이다. 이 경우에는, 특징점 추출 및 정합, sub-pixel정합, 오류 정합된 광류제거, 영상모자이크를 통하여 불리된 두 영상으로부터 블러가 제거된 영상을 취득하는 것이다. 본 논문은 제안한 알고리즘이 카메라의 다양한 움직임의 영향으로 블러된 영상에서 선명한 영상을 생성 할 수 있음을 보였다.

핵심용어 : 인터레이스드 스캔방식 카메라, 영상블러, 짝수/홀수영상, 특징점 정합, 오류광류 제거

1. 서 론

영상 블러링은 카메라 초점의 불일치, 장 시간동안 CCD 노출, 인터레이스드 스캔 방식 카메라에서의 손 떨림 등에 의해 발생된다. 짧은 시간동안 CCD 노출을 할 경우라도 카메라에 근접한 물체가 매우 빠르게 움직일 때는 장시간 CCD 노출 경우처럼 블러가 발생할 수 있다. 이 블러 문제를 해결하기 위해 많은 방법들이 연구되었는데 (Jansson, 1997; Moshe and shree, 2004; Shekarfoush, 1999; Alex and Peleg, S., 2005), 주로 PSF(point spread function)을 이용하여 블러링된 여러 장의 영상으로부터 선명한 영상을 생성하였다. 특히, Moshe과 shree는 영상

1) 정회원 · 동경대학 토목공학과(E-mail:jjc7151@trip.t.u-tokyo.ac.jp)

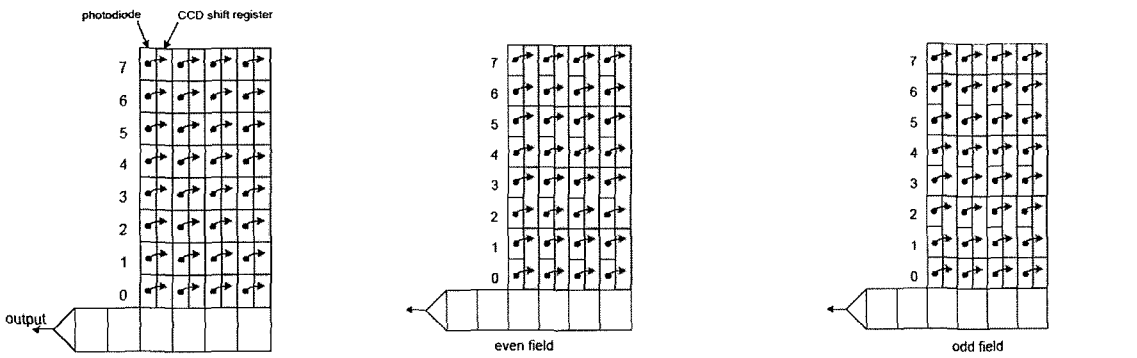
모션을 이용하여 연속된 PSF를 예측하여 선명한 영상을 생성하였는데, 고 분해능 카메라 외에 추가적으로 낮은 분해능을 가지는 비데오 카메라를 이용하여 효과적으로 영상모션을 계산방법을 제안하였다(Moshe and shree, 2004). 그러나, 이 알고리즘은 한 장의 영상만을 이용하므로 선명한 영상을 생성하는데는 한계가 있었다. 한 장의 영상만을 이용하는 방법으로 하드웨어적인 방법도 연구되었는데(Hamamoto and Aizawa, 2001; Liu and Gamal, 2001), CMOS 센서를 이용하여 영상 움직임을 인식하고 CMOS로 부터 영상 생성을 선택적으로 정지하는 것이다. 그러나, 이 방법은 카메라 움직임에 대한 영상 블러를 제거하지 못하는 단점이 있었다. 또 카메라 내부에 모션을 인식하는 2축 압전 레이트 자이로, 두개의 카메라 렌즈를 이송 할 수 있는 액추에이터로 구성된 장치를 이용하여 blur를 최소화 시키는 방법도 개발되었는데(Imada and Canon Inc., 2002; Imada, S. and Canon Inc., 2004; Terao and Nikon Co., 2002; Endo and Canon Inc., 2003), 2축 압전 레이트 자이로에서 인식된 카메라 움직임을 두개의 렌즈를 각각 상하좌우로 이동하여 실 시간적으로 카메라 모션을 보상하는 것이다. 이 방법은 인터레이스드 스캔 방식의 카메라에 대해서도 블러링을 제거 할 수 있으나, 카메라의 팬/틸트 움직임 외의 회전이나 줌 모션에 대한 보상을 할 수 없는 단점이 있다. 또한 카메라 설계시 추가적인 하드웨어가 필요하여 추가적인 경비가 소요된다.

인터레이스드 스캔 방식의 디지털 카메라에서는 짝수선 영상화 싯점과 홀수선 영상화 싯점 간의 미소한 시간적 차이가 있으며, 이 때문에 카메라가 흔들린 영상에서는 짝수선 영상과 홀수선 영상 간의 영상 차이가 발생하게 된다. 따라서, 블러 영상으로부터 짝수선 및 홀수선 영상을 따로 분리 추출하며 분리된 이들 영상 정보들로부터 보간을 통해 원 영상을 복구하면, 복구로 얻어진 영상들 간의 차이를 이용하여 촬영 카메라의 흔들림 여부를 결정할 수 있게 된다. 본 논문은 이와 같이 카메라의 블러 여부를 자동 판단하며, 영상 모자이크 알고리즘을 통해 짝수선과 홀수선이 잘 정렬된 영상을 구성하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 인터레이스드 스캔 방식의 카메라 영상의 수평적 흔들림 여부 뿐 아니라, 회전이나 줌 모션 여부의 확인도 가능하고 이들에 적용하여 블러를 제거할 수 있는 소프트웨어적 방법이다.

본 논문의 2절에서는 인터레이스 스캔 방식에서 발생하는 영상 블러에 대해 기술하였고, 3 절에서는 인터레이스 스캔 방식에서의 블러 제거 알고리즘을 소개하였다. 그리고, 제 4절은 실험결과이고 5절은 결론이다.

2. 인터레이스 방식에서 발생하는 영상 블러

CCD에서 영상 데이터를 읽는 방식은 프로그래시브 스캔(progressive scan)과 인터레이스드 스캔이 있다. 프로그래시브 스캔은 그림 1(a)와 같이 모든 셀에서 영상 데이터를 한 번에 취득한 후, 순차적으로 읽어내는 방식이다. 이와는 달리, 인터레이스드 스캔은 짝수 선 영상과 홀수 선 영상을 교대로 읽어내는 방법인데, 두개의 영상소자로 부터의 합산된 전압값을 화소화 하여 안정적인 화소값을 만들어 내는 것을 기본 원리로 하고 있다. 이를 위해서, 영상 소자의 조합방법에 따라 셀에서 그림 1(b) 및 그림 1(c)과 같이 두개의 방법이 있다. 즉, 그 하나가 그



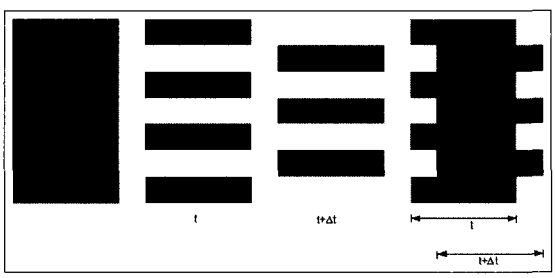
(a) 프로그래시브 스캔 (b) 인터레이스드 스캔(짝 수선 영상획득) (c) 인터레이스드스캔(홀수 선 영상 획득)

그림 1. 디지털 카메라의 영상 획득 방법

림 1(b)와 같이 영상소자 0과 1, 2와 3, 및 4 와 5,.. 등을 조합하여 각 각 화소를 만든다면, 다른 방법은 그림 1(c)와 같이 영상소자 1과 2, 3과 4,.. 등을 조합하여 화소를 만들게 되므로 그림 1(b)에서 만든 화소들의 사이 사이의 영상 값을 얻을 수 있게 된다. 이렇게 얻은 영상 중 전자를 짝수 선 영상이라 하면, 후자는 홀 수선 영상이라 부른다. 이 interlaced방법은 프로그래시브 스캔방법에 비하여 다소 복잡하지만, 다음과 같은 이유 때문에 많이 채택하고 있다.

첫번째 이유로는 TV 송신방식이 주로 인터레이스드 스캔방식을 채택하고 있기 때문이다. 향후 상용화 될 HDTV 또한 이 방식을 채택할 예정이므로 인터레이스드 스캔 방식이 계속 사용되어 확산될 것이다. 두 번째 이유는 인터레이스드 스캔 방식이 보다 고감도의 선명한 화소를 얻을 수 있기 때문이다. 반도체 제조기술의 발달로 인해 화소의 밀도가 갈수록 높아지고 있는데, 화소의 밀도가 높아지면, 1개의 화소가 빛을 받는 면적이 줄어들기 때문에 감도가 줄어드는 문제가 있다. 그런데, 인터레이스드 스캔 방식에서는 복수의 화상소자 신호를 합산하여 사용하므로 빛에 대한 감도를 높일 수 있다. 실제로 상용화된 카메라 중에서 35만 이하의 밀도를 갖는 카메라는 프로그래시브 스캔 방식을 사용하고 있는 반면, 그 이상 급 밀도의 카메라는 인터레이스드 스캔방법을 채택하고 있다.

그러나, 인터레이스드 스캔방식에서는 카메라가 움직일 때 짝수선 영상과 홀수선 영상의 획득싯점 차이로 인하여 물체나 카메라가 움직일 때 블러 현상이 발생한다는 문제점이 있었다. 본 논문은 이와 같이 인터레이스드 스캔 방식의 카메라가 움직일 때 발생하는 모션블러를 제거하기 위한 연구이다. 그림 2는 인터레이스드 스캔 방식의 카메라에서 블러가 발생하는 원인을 설명하는 그림인데, 물체가 움직이고 있을 때, 짝수 선 영상과 홀 수선 영상 차이로 인해서 블러가 발생하는 예를 보여준다. 그림 2에서 만약 그림 2(a)가 오른쪽으로 움직이는 물체라 하고, 그림 2(b)와 같이 시간 t에 짝 수선 영상을 획득하고, 시간 $t+\Delta t$에 그림 2(c)와 같이 홀수 선 영상을 획득했다고 가정하면, 이 짝수 선 영상과 홀수 선 영상을 그대로 조합하게 되면, 그림 2(d)와 같은 어긋남 현상이 발생하게 된다. 결과적으로 인터레이스드 스캔으로 움직이는 영상 데이터를 취득할 때는, 짝수선 영상과 홀 수선 영상의 획득 시차로 인하여, 두 영상이 조합된 영상에서는 그림 2(c)와 같이 두 영상의 어긋남 현상이 발생하여 시각적으로는 블러로 보이게 된다.



(a) (b) (c) (d)

그림 2. 인터레이스드 스캔 방식에서 짝수선 영상과 홀수선 영상 획득 시차로 발생하는 모션블러 현상 예시 그림 (a) 움직이는 물체의 원 영상 (b) 시간 t에서 획득한 짝수 선 영상 (c) 시간 $t+\Delta t$에서 획득한 홀수선 영상 (d) 시차가 있는 짝 수선 영상과 홀수선 영상을 조합했을 때 생성되는 영상의 어긋남으로 인한 모션블러

3. 제안한 인터레이스드 스캔 방식의 카메라 영상에서 시차 블러 제거 알고리즘

본 논문에서는 위에서 설명한 인터레이스드 스캔 방식의 카메라 영상의 짝수 및 홀수 영상 조합 시 어긋남 문제점을 해결 하기 위해, 영상 모자이크 방법을 적용 하였다. 그림 3은 이 알고리즘의 순서도로서, 취득 된 영상에서 짝수라인 영상과 홀수라인 영상으로 분리한 다음, 영상 움직임 여부를 인식, 특징점 추출 및 정합, outlier 제거, sub-pixel 정합, 영상변환 모델 계산, 영상 모자이크 생성등을 수행한다.

3.1 짝수 선 및 홀수 선 영상의 분리와 영상 움직임 인식

제안한 알고리즘의 핵심은 위치적으로 어긋나있는 짝수 영상과 홀수 영상의 원래 위치를 찾아 정렬함으로써 블러를 제거시키는 데있다. 이를 위해서 짝수 및 홀수 영상간의 어긋남 여부를 판단하는 일이 선행되어야 한다.

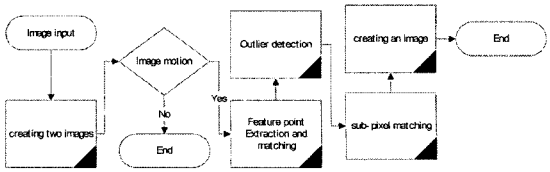
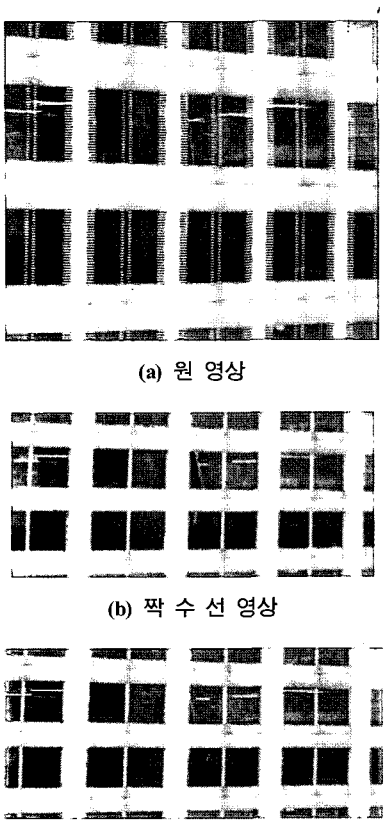


그림 3. 제안한 알고리즘 순서도

이 판단을 위해서 본 논문에서 제안하는 방법은 짝수 선 혹은 홀수 선으로 구성된 영상을 이용하여, 각 각 결여된 선의 영상들을 보간을 통하여 원 영상의 크기로 재현한 후, 두 영상 간의 차이 정도를 검출하여 영상의 차이 여부를 판단한다. 이를 위해서, 우선 취득된 영상을 짝수 선과 홀수 선 영상으로 각각 분리하게 한다. 이 두 영상의 세로 길이는 원 영상의 절반이므로, 원 영상의 크기로 만들기 위해서 각 영상 선 사이에 기존의 영상 선의 화소들 간의 보간을 통하여 새로운 영상선을 생성시킨다. 즉 중간 영상 선의 화소는 다음과 같은 선형 보간을 사용하여 생성한다.

$$I1_{x,y} = \frac{I_{x,y-1} + I_{x,y+1}}{2} \quad (1)$$

여기서, (x,y)는 영상좌표이며, y는 홀수 값이다. 식 (1)에 의해 생성된 영상 들 중 짝 수 영상을 $I1$, 홀수라인 영상을 $I2$로 부르기로 한다. 그림 4는 인터레이스드 스캔 방식의 카메라가 이동 중에 획득한 영상의 예를 보여준다. 그림 4(a)에서 수직의 창틀이나 벽면의 모서리들이 이중으로 보이는 영상이 인터레이스드 스캔 방식에서의 나타나는 시차에 의한 영상의 블러 현상이다. 이 영상에서 짝수 영상을 분리하면 그림 4(b)와 같고, 홀수 영상은 그림 4(c)와 같다.



(a) 원 영상

(b) 짝 수 선 영상

(c) 홀 수 선 영상

그림 4. 인터레이스드 스캔 방식에서의 영상의 어긋남 현상 및 짝 수 및 홀 수 영상의 분리

제안한 알고리즘을 적용 여부를 판단하기 위해서는 영상의 움직임 여부에 대한 인식이 필요하다. 영상 움직임 여부 판단을 위해서는 두 영상 간의 차이를 검출하는 것이 효과적이지만, 두 영상은 각 각 짝 수 선과 홀 수선의 영상으로서 다른 위치의 영상이므로, 직접 비교가 어렵다. 따라서, 각 각의 영상 정보를 활용하여 원 영상을 복원하고, 복원된 영상들의 차이를 추출하는 것이다. 그림 5는 짝 수 및 홀 수 영상으로부터 복원된 영상 I'과 I''을 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이, 복원된 두 영상들은 유사하지만 위치적 차이가 존재하므로 두 영상 간의 차이를 추출하면 그림 5(b)와 같은 영상이 된다.

3.2 특징점 추출 및 정합

앞에 기술한 알고리즘에 의해 모션 블러 존재 여부를 확인하면 블러 영상들에 대해서는 원래의 위치로 이동하여 교정하는 과정이 필요하다. 본 알고리즘에서는 짝수영상과 홀수 영상 간의 정합을 통하여 영상의 이동 벡터를 추출하

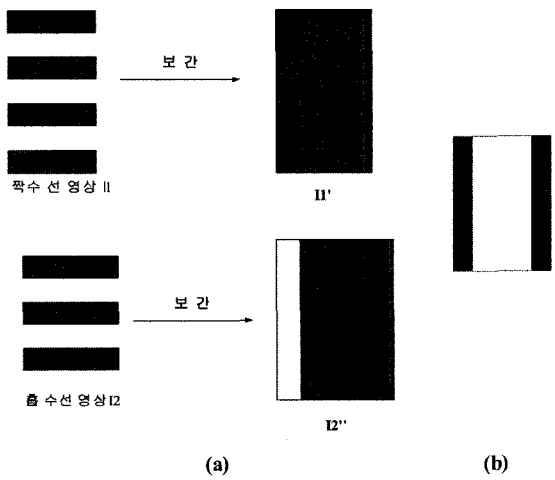


그림 5. 짝 수 선 및 홀 수 선 영상을 이용한 모션블러 여부 결정 방법 (a) 짝수 선 및 홀 수선 영상에 의한 원 영상 복원 (b) 짝 수선 및 홀 수선 영상에 의해 복원된 영상들 간의 차이 영상

였으며, 정합을 위해 특징점을 추출한 다음 특징점 간의 정합 방법을 이용하였다. 특징점 추출을 위해서 코너점 추출에 성능이 좋은 SUSAN(Smallest Univalue Segment Assimilating Nucleus) 알고리즘을 이용하였다(Smith and Brady, 1997). SUSAN에서 사용한 에지 강도 계산은 원형 마스크 중심(그림 6에서 +) 점에서의 영상 값의 원형 마스크 영역 내에 있는 각 영상 값과 차이를 합산한 결과 값을 가우시안 함수를 적용하여 나타낸 것이다.

$$S' = 1 - \frac{\sum e^{-\left\{\frac{I(x,y)-I(x+dx,y+dy)}{T}\right\}^6}}{G} \qquad (2)$$

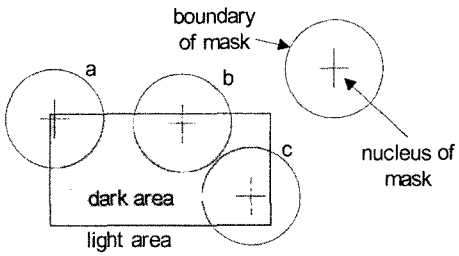
여기서, I는 화소(gray) 값이고 T는 화소 값의 차에 대한 문턱치(threshold) 값이다. 식 (2)에서 T가 크면 화소 그레이 변화가 큰 곳만 특징 점으로 추출되고, T가 작으면 화소 변화가 작은 곳에서도 특징점이 추출된다. 여기서 G는 추출될 특징점의 수를 결정해 주는 파라미터이다.

$$S = \begin{cases} S'; \ \text{if} \sum e^{-\left\{\frac{I(x,y)-I(x+dx,y+dy)}{T}\right\}^6} < G \\ 0; \ Otherwise \end{cases} \qquad (3)$$

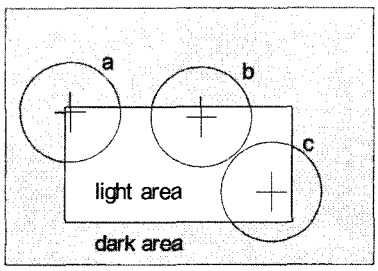
본 논문에서는 원형 마스크 지름의 크기를 7 화소, T는 30, G는 가변 하도록 설정 하였다. 그림 6(a)는 3가지의 원형 마스크를 보여주고 있다. 3가지 형태에서 코너 점를 뜻하는 a형의 Smallest Univalue Segment Assimilating Nucleus(SUSAN) 값이 가장 작다. 그림 6(b)는 원형 마스크의 중심(USAN)이 흰색인 경우이다. 에지 강도에서 특징점을 추출하기 위하여 지역최대(Local Max)를 사용했으며, 추출된 특징점의 수에 따라 G값이 변하게 된다.

식 (2)에서는 지수함수를 영상의 각 화소에 적용하기 때문에 많은 계산 시간을 필요로하게 되므로, 빠른 계산을 위해서 일반적으로 SUSAN상수의 T를 고정하며 지수함수 부분을 look-up테이블화 한다. 하나의 밴드를 가지는 영상에 대해서는 이 지수함수 부분은 256개의 배열인 look-up테이블이 된다. 그림 7은 SUSAN 알고리즘을 적용 했을 때 결과를 보여주고 있다.

특징 점 정합방법으로는 주로 상관정합을 이용하는데, 빠른 정합을 위하여 식 (4)와 같이 Sum of Squared Differences(SSD)를 사용한다.

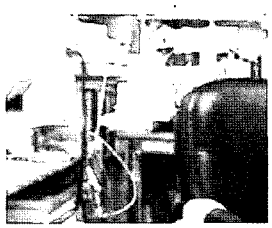


(a) 영상에서 각 다른 위치에서의 원형 마스크

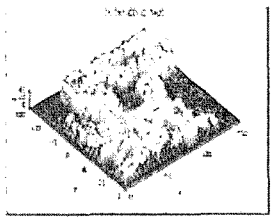


(b) 흰색에서의 USAN

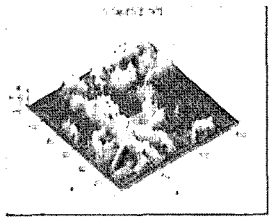
그림 6. SUSAN 원리



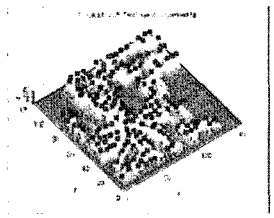
(a) 원 영상



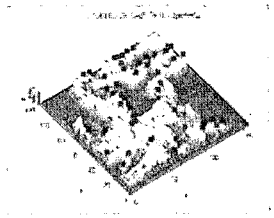
(b) *T*가 20일때 SUSAN 에지 강도



(c) *T*가 70일때 SUSAN 에지 강도



(d) *T,G*가 각각 30, 30일때 174개의 특징점



(e) *T,G*가 각각 30, 45일때 52개의 특징점

그림 7. SUSAN의 상수변환에 의한 에지강도와 특징점

$$SSD = \sum_{i=-N/2}^{N/2} \sum_{j=-N/2}^{N/2} (I1'(x+i, y+j) - I2'(x+i+dx, y+j+dy))^2 \quad (4)$$

여기서, *I1'*, *I2'* 짝 수 영상과 홀 수 영상으로부터 복원된 영상이며, N은 마스크 크기이다.

3.3 오 정합 화소 제거와 Sub-Pixel 정합

영상의 정확한 교정을 위해서는 정확히 정합된 화소들만을 대상으로 카메라나 물체의 움직임을 계산해야 한다. 본 논문은 오 정합을 강건하게 제거 할 수 있는 "2차원 히스토그램" 방법을 사용 하였다(전재춘, 2005). 오 정합 화소를 제거 후, 추출된 화소는 화소단위로 정합이 된 것이다. 이 정합 화소를 이용하여 영상모자이크를 생성하면 선명한 영상을 생성할 수 없는 경우가 있다. 더욱 선명한 영상을 생성 하기 위해서 sub-pixel 정합을 하였다. 그림 8(a)에서 원은 짝수 영상의 CCD를 의미하고 사각형은 홀수 영상에서 정합된 화소의 위치를 의미 한다. sub-pixel 정합은 3단계과정으로 구성되어 있다. 첫번째 단계로 그림 8(b)와 같이 가로축으로 3화소, 세로축으로 3화소 내에서 몇 개의 셀로 나눈다. 두번째 단계는 각 셀의 영상 값을 짝수라인의 6개 영상을 기반으로 거리 선형 보간하여 생성한다. 마지막 단계로 광류의 홀수선 영상과 셀의 영상 값들 중에서 가장 비슷한 셀을 찾는다.

3.4 영상 변환 모델과 선형보간

선명한 영상을 생성하기 위해서는 sub-pixel 정합된 광류를 이용하여 카메라 모델을 계산이 필요로 한다. 본 논문은 파노라믹 영상모자이크 방법에서 일반적으로 사용하는 affine 변환을 사용 하였다. Affine 변환은 공간상의 평면이 회전, 전이, 크기 변화와 이들의 조합으로 이루어진 선형기반 변환이다.

두개의 영상에서 짝수선 영상을 좌표기준으로 하고 홀수선 영상이 (X_L, Y_L, Z_L)에 위치하면 두 영상관계의 관계는 다음과 같이 표현 된다.

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -f \end{bmatrix} = \lambda m \begin{pmatrix} -\frac{Zx_1}{f} - X_L \\ -\frac{Zy_1}{f} - Y_L \\ Z - Z_L \end{pmatrix} \quad (5)$$

여기서, (x_1, y_1)과 (x_2, y_2)는 공간상의 한점이 각각 짝수선 영상과 홀수선 영상에 투영되어 나타난 영상좌표, f는 카메라 초점이고, λ는 스케일 벡터이며, m은 카메라 회전 행렬이다. 식 (7)에서 세번째 행을 각각 첫번째, 두번째 행을 나누면 일반적인 공선조건식이 된다.

$$x_2 = -f \frac{m_{11}\left(-\frac{Zx_1}{f} - X_L\right) + m_{12}\left(-\frac{Zy_1}{f} - Y_L\right) + m_{13}(Z - Z_L)}{m_{31}\left(-\frac{Zx_1}{f} - X_L\right) + m_{32}\left(-\frac{Zy_1}{f} - Y_L\right) + m_{33}\left(-\frac{Zx_1}{f} - Z_L\right)}$$

$$y_2 = -f \frac{m_{21}\left(-\frac{Zx_1}{f} - X_L\right) + m_{22}\left(-\frac{Zy_1}{f} - Y_L\right) + m_{23}(Z - Z_L)}{m_{31}\left(-\frac{Zx_1}{f} - X_L\right) + m_{32}\left(-\frac{Zy_1}{f} - Y_L\right) + m_{33}(Z - Z_L)} \quad (6)$$

식 (6)에서 공간상의 점이 평면상에 존재한다면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$x_2 = \frac{a_1 x_1 + a_2 y_1 + a_3}{a_7 x_1 + a_8 y_1 + 1}$$

$$y_2 = \frac{a_4 x_1 + a_5 y_1 + a_6}{a_7 x_1 + a_8 y_1 + 1} \quad (7)$$

Affine 변환 은 식 (7)에서 a_7, a_8을 0으로 설정하여 얻어진다(日本写真測量學會, 2003).

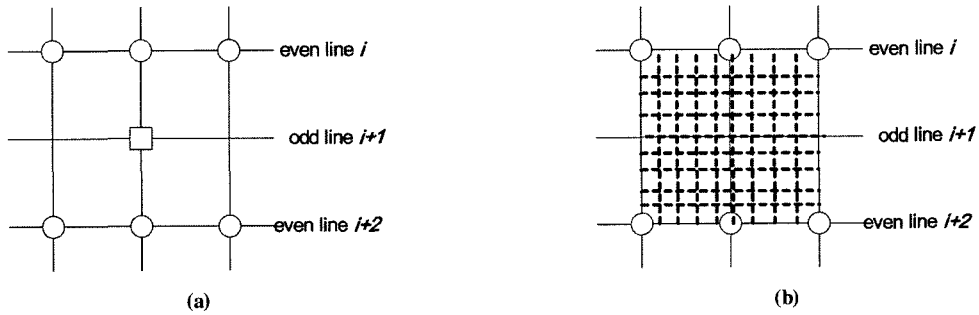


그림 8. Sub-pixel 정합; ○: 짝수라인 영상에서 화소가 존재하는 노드, □: 보간될 노드.

$$x_2 = a_1 x_1 + a_2 y_1 + a_3$$
$$y_2 = a_4 x_1 + a_5 y_1 + a_6 \quad (8)$$

Affine 변환식은 미지수가 6개(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6)이므로, 두 영상간의 동일점이 최소 3개가 있어야 이 미지수를 구할 수 있다. 식 (8)을 행렬로 표현하면 다음과 같다.

$$B = Ap \quad (9)$$

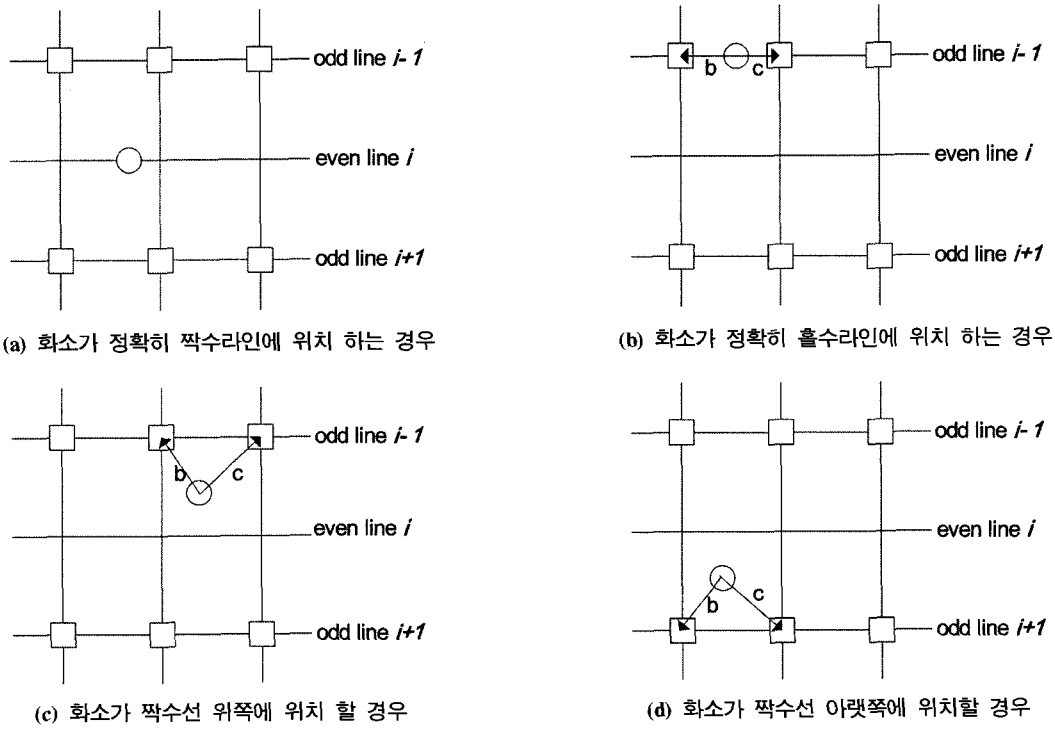
여기서, $B = \begin{bmatrix} x_{2,i} \\ x_{2,i} \\ \vdots \\ x_{2,i+n} \\ x_{2,i+n} \end{bmatrix}$, $A = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,j} & y_{1,j} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_{1,j} & y_{1,j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{1,j} & y_{1,j} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_{1,j} & y_{1,j} \end{bmatrix}$, $p = \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_6 \\ a_5 \\ a_4 \end{bmatrix}$

이며, I와 j는 각각 짝수선 영상과 홀수선 영상서 추출되어 정합된 특징점의 번호이다. 식 (9)는 최소제곱법을 사용하여 6개의 미지수를 구할 수 있다.

계산된 영상 변환 모델을 이용하여 영상 모자이크를 생성할 때, 영상의 보간이 필요하다. 이 연구에서는 짝수라인 영상에서 영상데이터가 존재하지 않는 홀수선 화소 복원은 짝수라인 영상과 홀수라인 영상에서 양 선형 보간법을 적용하였다. 짝수라인영상 상에서 복원될 홀수선 화소는 상하 짝수라인 화소 값의 평균과 홀수선 영상의 양 선형보간으로 취득된 값을 융합하여 계산된다.

$$I1_{x_1,y_1} = \frac{(L-a)I1_{x_1,y_1-1} + (L-a)I1_{x_1,y_1+1} + (L-b)I2_{x_2,y_2} + (L-c)I2_{x_2+1,y_2}}{4L-(2a+b+c)} \quad (10)$$

여기서, (x_1, y_1)은 짝수선 영상 $I1$에서 좌표, y_1은 홀수 값, 홀수선 영상 $I2$의 좌표로서 (x_2, y_2)은 식 (8)에 (x_1, y_1)을 입력하여 얻어지는 값이며, L은 $\sqrt{2}$ 이다. a는 짝수라인 영상에서 화소가 존재하는 노드들과의 거리로서 1을 의미한다. b, c는 그림 9에서 보듯이 (x_2, y_2)과 주변 CCD와 거리이다. 홀수선 영상에서 양 선형 보간법을 사용할 때, 그림 9과 같이 4가지 경우가 있다. 그림 9(a)는 화소가 정확히 짝수라인에 위치 하는 경우로서, 식 (2)에서 짝 수 영상만을 이용하여 홀수라인 영상을 생성한다. 그림 9(b)



(a) 화소가 정확히 짝수라인에 위치 하는 경우

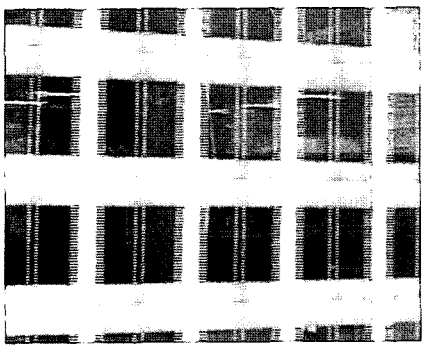
(b) 화소가 정확히 홀수라인에 위치 하는 경우

(c) 화소가 짝수선 위쪽에 위치 할 경우

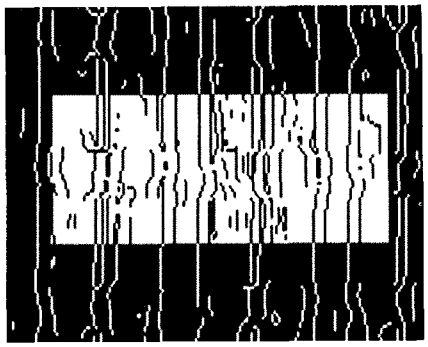
(d) 화소가 짝수선 아랫쪽에 위치할 경우

그림 9. 인접 화소 간의 선형 보간 방법; ○ 짝수라인 영상에서 화소가 존재하지 않는 노드로써 식 (8)에 의해 홀수라인 영상에 투영된 것, □ 홀수라인 영상에서 화소가 존재하는 노드

는 화소가 정확히 홀수라인에 위치 하는 경우로서 식 (2)에서 홀수 영상만을 이용하여 홀수라인 영상을 생성한다. 그림 9(c)는 짝수라인 위쪽에 위치 할 경우인데, 짝수라인 위에 위치하는 홀수라인 두 화소를 거리 보간하여 식 (2)에 입력하여 홀수라인 영상을 생성한다. 그림 9(d)는 9(c)와 반대의 경우로써, 짝수라인 아래에 위치하는 홀수라인 두 화소를 거리 보간한 후 식 (2)에 입력하여 홀수라인 영상을 생성한다.

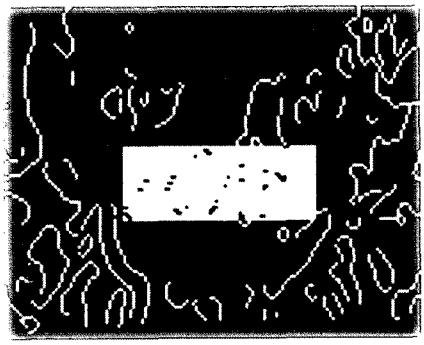


(a) 모션블러를 포함한 원 영상

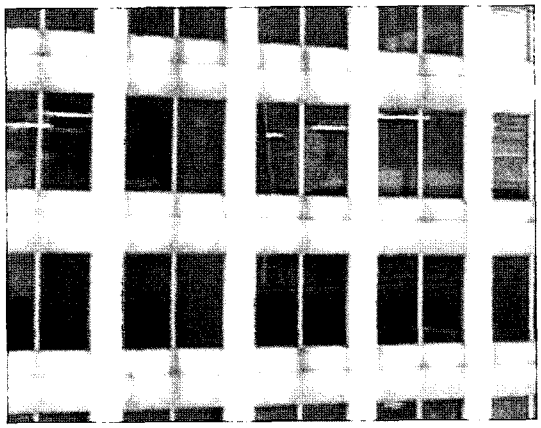


(b) 모션블러가 있는 그림 8(a) 영상에서 짝수선 영상과 홀수선 영상 간의 에지 차이(중앙의 흰 부분)

(c) 모션 블러를 포함하지 않은 영상의 예



(d) 모션블러가 없는 그림 8(c) 영상에서 짝수선 영상과 홀수선 영상 간의 에지 차이(중앙의 흰 부분)



(e) 모션 블러를 포함한 그림 8(a) 영상에 제안한 알고리즘을 적용한 결과 영상

그림 10. 카메라의 좌우 움직임 시 생성된 모션 블러 제거 실험

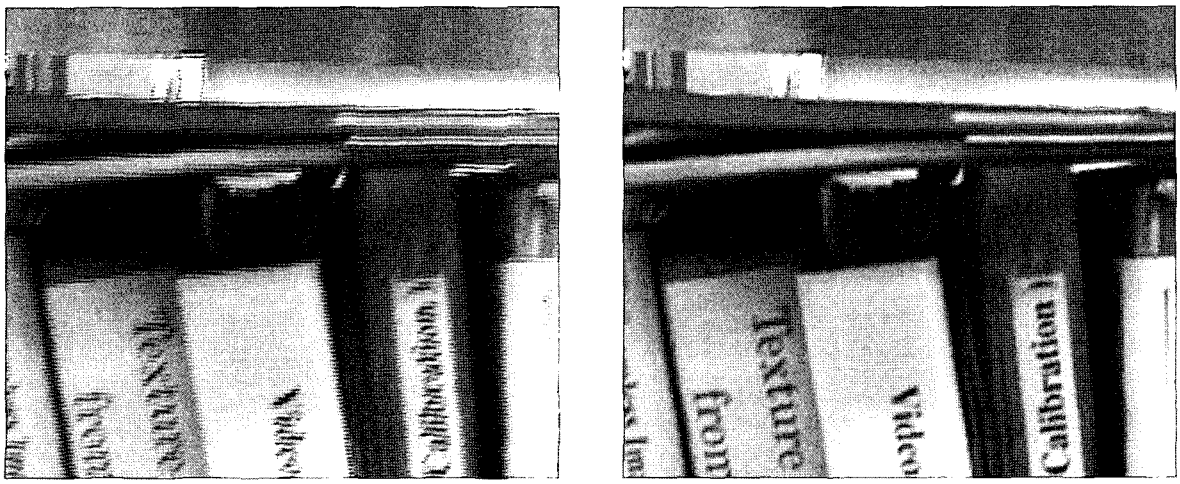
4. 실험 결과

본 실험에서는 제안한 알고리즘의 효과를 검증하기 위해 디지털 비디오 카메라를 좌우, 상하, 대각선 이동, 그리고 회전할 때 촬영한 블러 영상을 대상으로 적용 실험하였다.

그림 10은 카메라의 좌우 움직임이 있을 때, 취득된 영상에 제안한 알고리즘을 적용한 실험이다. 그림 10(a)는 인터레이스드 스캔 카메라가 움직이는 경우 나타나는 전형적인 블러 영상으로서, 수직으로 나타난 창틀의 선이 두개씩으로 보이고 있음은 앞에서 기술한 바와 같이, 짝수 영상과 홀 수 영상간의 불일치의 결과이다. 이와 같은 블러 영상에 본 알고리즘을 적용하기 위해서 선행되어야 할 과정은 영상에 이동성 블러의 존재여부 판단이다. 이를 위해서 블러 영상으로부터 반 크기의 짝수선과 홀수선 영상을 분리해내며, 각 각의 짝수선 영상 정보와 홀수선 영상정보로부터 보간을 통해 각 각 원래 크기의 영상을 복원한다. 원래의 크기로 복원된 짝수선 영상과 홀수선 영상의 비교를 위해, 본 논문에서는 에지를 추출하여 비교하는 방법을 사용했다. 그림 10(b)는 블러가 포함된 그림 10(a) 영상으로부터 에지를 추출하여 그 차이를 보여주는 영상이다(중앙의 흰 부분내의 검은 선들이 에지의 차이임). 그림 10(c)는 카메라가 흔들리지 않고 촬영한 영상으로서 그림 10(a)와의 차이점을 보여주기 위한 영상인데, 카메라의 이동여부 판단을 위한 알고리즘을 그림 10(c)에 적용했을 때 그림 10(d)와 같이 홀수선 영상과 짝수선 영상 간의 차이가 거의 없음을 알 수 있다. 결국 카메라 움직임이 없을 때는 에지 차이가 거의 없지만, 카메라 움직임이 있을 때는 에지 차이가 크게 나타난 다는 것을 알 수 있다. 그림 8(a)의 블러영상에 제안한 알고리즘을 적용한 결과는 그림 10(e)처럼 영상의 어긋남이 사라지고 선명한 영상을 얻을 수 있었다.

위에서와 동일한 알고리즘을 상하로 움직인 카메라 영상에 대해서도 적용하였다. 그림 9는 디지털 카메라를 상하로 움직일 때 나타나는 블러 영상(그림 11(a))에 본 알고리즘을 적용한 결과이다. 상하 움직임이 있을 때, 획득된 영상에 제안한 알고리즘의 적용한 결과는 그림 9(b)과 같다. 이 영상에서도 화질이 월등히 개선되었음을 알 수 있다.

보다 복잡한 이동 형태인 대각선 이동(수평 및 상하의 복합이동)과 회전이동 등에 대해서도 본 알고리즘을 적용 실험하였다. 그림 12(a)는 대각선 이동 시 나타나는 블러인데, 본 알고리즘 적용으로 그림 12(b)와 같이 개선된 화질의 영상을 얻을 수 있었다. 블러 제거가 보다 어려운 영상은 카메라가 회전하는 경우로서 선형적인 상하 좌우 이동영상에 비해 복원이 훨씬 어려워진다. 이와 같은 영상의 경우에는 화소들의 이동 벡터와 함께 카메라의 영상 변환 모델을 이용해야만, 영상을 정확한 위치로 정렬하여 모션블러를 제거할 수 있다. 그림 13은 카메라의 회전 시 촬영한 영상이 본 알고리즘 적용으로 개선을 보여주는 실



(a) 상하 모션 블러를 포함한 원 영상

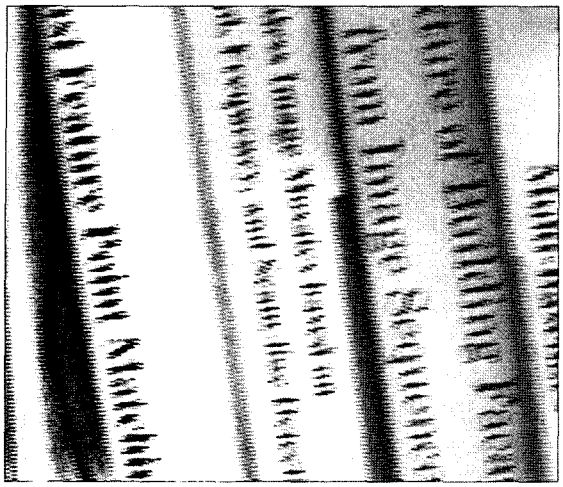
(b) 제안한 알고리즘을 적용한 결과 영상

그림 11. 카메라의 상하 움직임 시 생성된 모션 블러 제거 시험

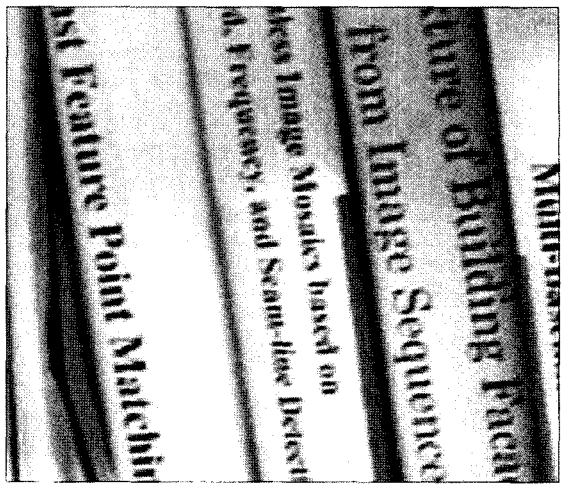
험으로서 그림 13(a)는 블러를 포함하는 원 영상이고 그림 13(b)는 제안한 알고리즘에 의해 화질이 개선된 영상이다.

5. 결 론

인터레이스드 스캔 기술은 고 해상도의 디지털 카메라



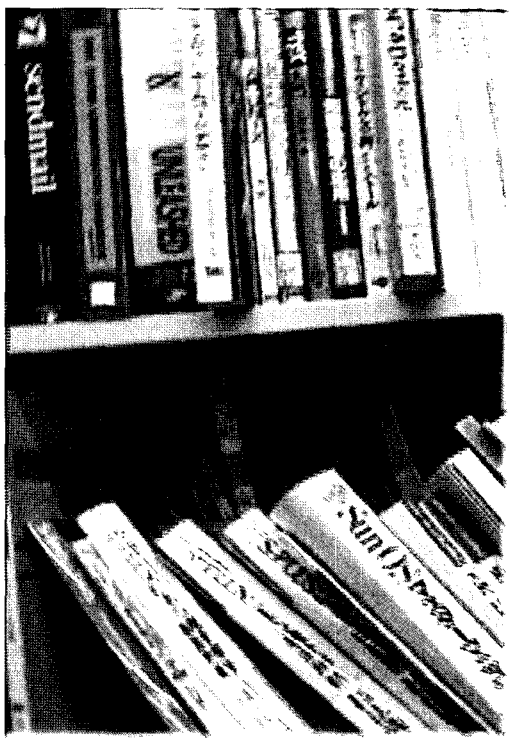
(a) 대각선 모션 블러를 포함한 원 영상



(b) 제안한 알고리즘을 적용한 결과 영상

그림 12. 카메라의 대각선 움직임 시 생성된 블러 제거 시험

(a) 회전 모션 블러를 포함한 원 영상



(b) 제안한 알고리즘을 적용한 결과 영상

그림 13. 카메라의 회전 모션 시 생성된 블러 제거 시험

에서 광 감도를 높이기 위해서 많이 채용되는 영상획득 방식이다. 이 방식의 특성은 짝수선 영상화 싯점과 홀수선 영상화 싯점 간의 미소한 시간적 차이가 있으며, 이 때문에 촬영시 카메라가 흔들린 영상에서는 짝수선 영상과 홀수선 영상 간의 화소 값 차이가 발생하게 된다. 이와 같은 특성에 착안하여, 본 연구는 카메라 흔들림 여부를 자동 판단하며, 이를 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해서 짝수선 및 홀수선 영상 정보로부터 보간을 통해 원 영상을 복원하며, 복원된 원 영상들을 비교함으로써 카메라의 흔들림 여부를 결정한다. 카메라가 흔들려서 촬영된 영상에 대해서는 영상 모자이크 기술을 이용하여 짝수선과 홀수선이 잘 정렬된 영상을 구성하였다.

제안한 알고리즘의 효과를 확인하기 위해 카메라의 좌우 이동, 상하 이동 및 대각선 방향의 떨림 영상과 회전 영상에서 대해서 적용한 결과 블러가 대부분 제거되어 알고리즘 적용 전의 영상에 비해 훨씬 선명한 영상을 얻을 수 있었다.

제안한 알고리즘을 사용하면, 카메라 떨림을 줄이는 stabilizer와 같은 하드웨어를 사용하지 않고도 소프트웨어적으로 처리함으로써 고해상도의 영상장치인 디지털 카메라, 핸드폰 카메라의 영상에서 나타나는 영상의 어긋남 블러를 효과적으로 제거할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

전재춘 (2005), 가변 분해능을 가진 2차원 히스토그램을 이용한 강건한 광류, **한국측량학회지**, 2005년 3월호.

日本写真測量學會 (2003), 解析写真測量, p.33.

Alex and Peleg, S. .(2005), Two motion-blurred images are better than One, *Pattern Recognition Letters*, Vol. 26, No. 3, pp. 311-317.

Moshe, B. and Shree K. (2004), Motion-Based Motion Deblurring, *IEEE Tr. On PAMI*, Vol. 26, No. 6.

Endo, T. and Canon Inc. (2003), Optical apparatus, United States Patent:6,628,898, Sept. 2003.

Imada S. and Canon Inc. (2002), Image blur correction apparatus and image pickup apparatus with the image blur correction apparatus, United States Patent:6,470,147, Oct. 2002.

Terao, K. and Nikon Co. (2004), Blur correcting device and lens barrel, United States Patent:6,816,674, Nov. 2004.

Imada, S. and Canon Inc. (2004), Control device for image blur correction, United States Patent:6,408,135, June 2002.

Hamamoto, T. and Aizawa, K. (2002), A computational Image Sensor with Adaptive Pixel-Based Integration Time, *IEEE J. Solid-State Circuits*, Vol. 36, pp. 580-585.

Liu, X. and Gamal, A. E. (2001), Simultaneous Image Formation and Motion Blur Restoration via Multiple Capture, *Proc. 2001 IEEE Int'l Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, p.1841.

Smith, S.M., and J.M. Brady (1997), SUSAN - a new approach to low level image processing. In IJCV, 23(1), pp. 45-78.

(접수일 2005. 5. 14, 심사일 2005. 5. 27, 심사완료일 2005. 6. 1)