집적영상의 스펙트럼 특성을 이용한 왜곡 교정 방법

Distortion Correction Method Using Spectral Characteristics of Integral Images

김정구, 이병주, 강현수
충북대학교 정보통신공학과

Zhengju Jin(zhengju007@cbnu.ac.kr), Byung-Ju Lee(kakago12@hanmail.net),
Hyun-Soo Kang(hskang@cbnu.ac.kr)

요약

본 논문에서는 집적영상의 획득 과정에서 발생하는 기하학적 왜곡 중 투영 왜곡을 교정하는 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 집적영상의 스펙트럼 특성을 이용하여 왜곡 교정을 수행한다. 집적영상의 요소영상들이 대체로 주기적으로 반복됨에 따라 집적영상을 푸리에 변환하였을 경우 그 스펙트럼이 임펄스열로 나타난다. 반면, 왜곡이 존재하는 영상에서는 임펄스열이 뚜렷하게 나타나지 않는 특성이 있다. 따라서 집적영상의 푸리에 변환을 통해 얻어진 스펙트럼의 특성을 이용하여 투영 왜곡 파라미터를 찾아내고 이를 이용하여 교정하는 방법을 제안한다. 실험을 통하여 제안된 방법이 왜곡을 효과적으로 교정하는지 검증한다.

■ 중심어 : | 집적 영상 | 투영 왜곡 | 푸리에 변환 | 왜곡 교정 |

Abstract

In this paper, we propose a new method to correct the perspective distortion that occurs in the process of acquiring the integral images. In the proposed method, the distortion correction is based on the spectral characteristics of integral images. As element images of an integral image are repeated nearly periodically, its Fourier spectrum is given as an impulse train. On the contrary, the impulse train do not appear in the spectra of distorted images. In the proposed method, therefore, the perspective distortion parameters are detected by using the characteristics of the spectrum obtained through the Fourier transform, and then the distorted images are corrected by using the parameters. Through experiments, we verify that the proposed method effectively works for the perspective distortion correction.

■ keyword : | Integral Images | Perspective Distortion | Fourier Transform | Distortion Correction |

1. 서 론

3차원 디스플레이 기술의 발전과 더불어 우리의 생활에서도 3차원 디스플레이 제품들을 찾아 볼 수 있다. 그러나 기존의 3차원 디스플레이 제품들은 사용자가 특

수 안경을 착용해야 된다는 불편한 점이 있다. 때문에 무안경식 3차원 디스플레이 기술에 대한 기대가 높아지고 있다. 무안경식 기술 중에서 장점을 가지고 있는 기술 중 하나가 바로 집적영상[1]기술이다. 집적영상의 구조와 원리는 [그림 1]과 같다.

* 이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 한국연구재단에서 부여한 과제번호 : No. 2012R1A1A4A01012994)

접수일자 : 2013년 07월 01일

수정일자 : 2013년 08월 16일

심사완료일 : 2013년 08월 19일

교신저자 : 강현수, e-mail : hskang@cbnu.ac.kr

그림 1. 집적영상의 획득과 디스플레이 원리

그림 2. 집적영상의 획득 시 부정합

집적 영상의 획득 과정에 여러 가지 기하학적 왜곡이 존재한다. 이러한 왜곡은 3차원 영상 복원 및 영상 압축 성능에 영향을 끼친다[2]. 최근 이러한 문제를 해결하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. [3]에서는 기하학적 왜곡을 교정하기 위하여 렌즈 어레이에 마커를 부착하고 촬영한 집적영상에서 마커의 영상좌표와 실제좌표와의 상호 관계를 이용하여 변환 계수를 구하고 왜곡을 교정한다. 이는 마커를 부착함으로써 일부 요소영상을 사용할 수 없는 문제가 존재한다. [4]에서는 기하학적 왜곡을 어파인 변환(affine transform)과 사영 변환(projective transform) 및 유사 변환(similarity transform)으로 모델링하여 교정을 하지만 영상내부에 예지가 명확하게 존재하지 않는 경우에는 교정이 어려운 문제가 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 본 논문에서는 집적영상의 획득 과정에서 발생하는 기하학적 왜곡 중 투영 왜곡을 교정할 수 있는 방법인 집안한다. 이 방법은 집적 영상의 스펙트럼과정성널 이용하여 투영왜곡을 교정하는 방법이다. 투영 왜곡은 [그림 2]에 나타난 바와 같이 렌즈어레이와 CCD 카메라 사이의 회전(θ_y)뿐만 아니라 렌즈어레이 또는 카메라의 기

울어짐(θ_x)을 말한다. 즉 렌즈어레이와 CCD 카메라 영상평면 사이의 평행을 유지하지 못하여 나타나는 왜곡이다.

II. 제안하는 방법

1. 초점 거리가 짧은 카메라로 촬영한 집적영상

[그림 3]은 초점의 짧은 경우(또는 물체가 카메라 멀리 있는 경우)에 투영 왜곡 없는 집적영상과 투영 왜곡이 있는 집적영상의 사례이다.

그림 3. 집적영상의 사례 (a) 왜곡 없는 집적영상 (b) 투영 왜곡이 있는 집적영상

[그림 4]는 [그림 3]에 나타난 집적영상의 스펙트럼을 나타낸다. 초점 거리가 짧은 카메라로 촬영하여 얻은 집적영상의 요소영상들이 대체로 주기적으로 반복됨에 따라 집적영상을 푸리에 변환 하였을 경우 그 스펙트럼이 임펄스열(impulse train)로 나타난다. 반면, 왜곡이 존재하는 영상에서는 임펄스가 뚜렷하게 나타나지 않는 특성이 있다. 이러한 특성은 [그림 4]에서 쉽게 관찰할 수 있다. 왜곡이 없는 영상의 스펙트럼([그림 4](a))은 임펄스열이 나타나게 되며 요소영상들 내에 존재하는 물체가 완전히 주기적이지 않으므로 고주파대역으로 갈수록 임펄스의 강도는 줄어들지만 DC 근처를 중심으로 임펄스열이 뚜렷이 나타남을 알 수 있다. 반면, 투영 왜곡이 존재하는 집적영상의 스펙트럼([그림 4](b))에는 임펄스열이 뚜렷하게 나타나지 않음을 알 수 있다.

본 논문에서는 이러한 집적영상의 스펙트럼 특성을 이용하여 투영 왜곡을 교정한다. 즉, 투영 왜곡이 있는

집적영상에 다양한 각도의 회전 변환을 적용한 후 이에 대한 스펙트럼들을 얻고, 이 스펙트럼들 중 임펄스열과 가장 유사한 스펙트럼을 찾아냄으로써 투영 왜곡 파라미터를 찾아내고 왜곡 교정이 가능하다.

그림 4. 집적영상의 스펙트럼 (a) 왜곡 없는 집적영상의 스펙트럼 (b) 왜곡 있는 집적영상의 스펙트럼

2. 초점 거리가 먼 카메라로 촬영한 집적영상

그림 5. 초점 값이 큰 집적 영상 사례

[그림 5]는 초점 거리가 큰 카메라(또는 물체가 카메라 가까이 있는 경우)로 촬영하였을 때의 영상이다. [그림 5]에서 볼 수 있듯이,)로 촬영이 상이하게 나타남으로써 앞 절에서 기술한 방식을 그대로 적용하기 힘들다. 그러나)로 영상 사이의 경계가 힘들다. 그녀는 특성이 있음에 따라)로 영상 사이의 경계정보를 이용함으로써 투영왜곡 교정이 가능하다. 즉,)로 영상 사이의 경계를 찾고, 이 경계를 이용하여)로 영상을 구별는 특직선들로 이루어진 영상영이 5]에서라는 특성을 이용한다. 결국 이 직선들로 이루어진 영상의 스펙트럼이 임펄스열로 그녀는 특성이 있다. 따라서 초점 거리가 먼 영상에 대해서)로 영상의 경계로 이루어진 직선을 찾으려선처리과정을 통해 앞 절에서 제안한

방법을 그대로 적용할 수 있다.

우선 요소 영상의 경계를 찾기 위하여 영상을 캐니 에지 추출(Canny edge detection) 방법[5]을 적용하여 에지 영상을 찾는다. 그리고 에지 영상에서 직선을 검출하기 위하여 허프변환(hough transform)[6]을 적용한다. 허프변환은 선분을 구성하는 점들이 직선의 형태로 나타나게 될 때 그 점들의 집합에서 최적의 직선을 구한다. 정확한 직선의 검출을 위하여 허프변환 전에 정확한 에지 영상이 얻어져야 한다[7]. 때문에 허프변환 전에 영상에 수평과 수직 방향으로 각각 1차원 미디언 필터(median filter)를 적용하여 원하지 않은 에지 점들을 제거한다. 허프변환을 이용하여 구한 직선은 원 영상 영역 부분을 벗어난 점까지 포함하고 있어 추출된 직선위의 점을 이용하여 재구성하기 위해서 원 영상 영역에서만 존재하는 직선을 선택하는 직선 영역 구분 과정이 필요하다[8]. 그리하여 얻어진 직선정보로 에지 영상에 직선을 표시하면 [그림 6](a)와 같다. 허프변환 결과에서 [그림 6](a)에 나타난 바와 같이 영상 가운데 직선을 구성하는 점을 찾지 못하여 가운데 직선을 찾지 못하는 경우에는 없는 부분의 아래와 위의 직선에서 찾은 점의 좌표를 이용하여 [그림 6](b)와 같이 점을 연결하여 만든 두 개의 대각선의 교점을 구함으로써 직선을 찾지 못하는 부분의 직선을 구할 수 있으며 직선을 찾지 못한 부분에 다시 표시할 수 있다. 여기서 두 대각선의 교점을 이용하여 찾지 못한 직선을 재구성하는 것은 두 대각선의 교점이 회전 투영 변환 후에도 두 대각선의 교점이 된다는 특성을 이용한 것이다.

그림 6. 요소영상의 경계 추출 (a) 허프변환하여 추출한 점으로 얻은 직선 (b) 직선을 찾지 못한 부분의 해결 방법

허프변환으로 얻은 직선과 새로 만들어 넣은 직선으로 [그림 7](a)와 같이 새로 배열 격자선으로만 구성된 영상을 만들 수 있다.

그림 7. 요소영상의 경계 추출 결과 (a) 복원한 격자라인과 (b) 왜곡이 없을 때의 격자라인

그림 8. 요소영상의 경계에 대한 스펙트럼 (a) 투영 왜곡이 있는 격자선의 스펙트럼 (b) 왜곡 없는 격자선의 스펙트럼

앞에서 언급한 바와 같이 초점 거리가 큰 집적영상의 경우에도 이와 같은 방법으로 격자선 영상을 얻을 수 있고 격자선 영상도 패턴이 반복되므로 푸리에 변환하여 얻은 스펙트럼도 주기적으로 반복되는 특성을 가진다. [그림 8]은 [그림 7]에 나타난 영상의 스펙트럼으로서, 스펙트럼이 잘 보이도록 하기 위하여 DC를 중심으로 확대한 영상이다. [그림 8](a)에 나타난 바와 같이 왜곡이 존재하는 집적영상의 격자선 영상의 스펙트럼은 임펄스가 뚜렷하게 나타나지 않는 반면, 왜곡이 존재하지 않는 집적영상의 격자선 영상의 스펙트럼인 [그림 8](b)는 임펄스가 주기적으로 반복되는 특성을 보인다.

3. 투영 왜곡 교정 알고리즘

투영왜곡은 식(1)과 같이 모델링 될 수 있다[3].

$$\begin{bmatrix} uw \\ vw \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 $[x \ y \ 1]^T$ 는 왜곡이 없는 영상평면의 동차 좌표이며 $[uw \ vw \ w]^T$ 는 투영 왜곡이 있는 영상평면의 동차좌표이다.

앞 절에서 설명한 집적영상의 스펙트럼 특징을 이용하여 주어진 집적영상에 가능한 투영변환을 모두 수행하여 얻어진 영상 중, 스펙트럼에 가장 뚜렷한 임펄스열이 존재하는 투영변환을 찾음으로써 왜곡교정을 수행한다. 식(1)에 나타난 3x3 투영변환 행렬(P)은 x, y, z 축에 대한 회전 각도를 α, β, γ 로 표시하면 각 좌표축에 대한 회전 행렬은 다음 같다.

$$R_\alpha = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$R_\beta = \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$R_\gamma = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

식(2)~식(4)에 나타난 각 좌표축에 대한 회전 각도를 추출함으로써 각 좌표축에 대한 회전 행렬을 구할 수 있다. 식(5)는 앞의 각 좌표축에 대한 3가지 회전 행렬을 모두 적용시킨 회전행렬[9]로서 회전행렬의 첫 번째와 두 번째 열이 3x3 투영변환 행렬의 첫 번째와 두 번째 열에 해당된다.

$$R = R_\beta R_\alpha R_\gamma = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \quad (5)$$

제안하는 방법에서는 투영 왜곡이 존재하는 집적영상의 회전 각도를 측정하기 위해 x, y 좌표축에서의 회

전각도의 범위를 정하고 이 각도 범위를 충분히 촘촘히 등분한다. 그러면 2개 좌표축에서 가능한 회전각도 조합들이 존재한다. 여기서 z 축에 대한 회전각은 $\gamma = 0$ 으로 가정한다. 왜냐하면 γ 의 존재 유무에 관계없이 α, β 를 정확히 구하여 보정하면 임펄스열이 나타나기 때문이다. [그림 9](a)와 같이 z 축으로 회전된 집적영상은 [그림 9](b)처럼 그 스펙트럼 영상에서도 임펄스열이 일정한 각도로 회전된 형태로 나타나기 때문이다. 그리하여 이 임펄스열 평면이 회전된 각을 측정하거나 앞 소절에서 언급된 허프변환을 이용하여 그 각도 γ 를 측정할 수도 있다.

그림 9. z 축으로 회전된 집적영상 (a) z 축으로 회전된 집적영상 (b) (a) 영상의 스펙트럼

그림 10. 투영행렬의 역변환을 수행하여 왜곡 교정된 결과 (a) 왜곡 없는 집적영상의 스펙트럼 (b) 이진화하여 찾은 5개점((a)의 중심 부분을 확대)

x, y, z 축에 대한 회전 각도를 이용하여 투영변환 행렬 P 를 얻고, 왜곡된 영상에 P 의 역행렬(Inverse)을 적용하면 왜곡이 없는 상태로 되돌릴 수 있다. 이렇게 얻은 영상을 다시 푸리에변환(Fourier transform)을 수행한다.

[그림 10]은 왜곡 영상에 P 역행렬을 적용하여서 얻

은 영상을 푸리에 변환을 통해 얻어진 스펙트럼 영상이다. 임펄스열의 존재여부를 확인하기 위하여 스펙트럼 영상에서 중심점을 포함하여 주위의 큰 값을 가지는 5개의 점을 찾는다.

스펙트럼 영상에서 중심 DC점의 밝기 값이 제일 크기 때문에 중심 DC점을 제외한 나머지 4개의 밝은 밝기 값을 가진 점을 찾을 때까지 임계값을 255부터 차례대로 낮추면서 이진화(threshold) 처리한다. 만일 미리 정한 임계값까지 이진화했을 때 중심 DC점을 포함한 5개의 점을 찾을 수 없다면 이 영상에서 점을 찾을 수 없다고 본다. 즉 이 각도조합의 투영 변환이 해답이 아니라고 판단한다. 만일 이진화한 결과가 점으로 나타나지 않고 영역으로 나타날 경우에는 얻어진 이진화한 영상을 레이블링(labeling)하여 영역의 중심을 찾는 방법을 써서 좌표 값을 구할 수 있다.

규칙적인 임펄스 맞는지 판단하는 기준은 중심점에서 주위 표시된 점들까지의 벡터 [그림 10](b)와 같이 u, v 벡터사이의 각이 수직 되어야 하고 이 두 벡터의 크기가 비슷해야 한다. 다른 한 가지 기준은 주위의 작은 점들과 중심 DC점의 값 비율도 비슷해야 한다(상하좌우의 점들이 대칭으로 나타나기 때문에 상하, 좌우의 점들에서 하나만 선택하여 비교). 그리하여 여러 가지 각도조합으로 같은 실험을 하였을 때 어느 한 각도 조합을 적용하여 구한 P역행렬로 얻은 영상의 스펙트럼에서 이러한 기준으로 5개점을 찾을 수 있다면 적용한 이 각도 조합이 회전 왜곡된 각도임을 알 수 있고 이 각도를 이용하여 투영 왜곡을 교정할 수 있다.

III. 투영 왜곡 교정 실험 결과

1. 실험과정

제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 [그림 11]과 같이 5가지 요소 영상으로 각각 집적 영상을 만들고 영상 평면의 원점을 중심으로 x, y, z 축 방향으로 미리 설정한 각도로 회전시켜서 실험할 샘플을 만들고 실험에 적용 하였다. [그림 12]는 각각의 5가지 요소 영상으로 두 개씩 만든 샘플영상 및 초점거리가 큰 집적

그림 11. 집적 영상을 만들 때 사용한 요소 영상들

영상이다. 알고리즘을 구현함에 있어서 실제 집적영상의 획득 과정에 영상 평면과 렌즈 배열 사이의 오차가 크지 않는 점을 고려하여 x, y 축에 대해 오차 각도 범위를 $[-10, 10]$ 로 정하였다. 이 각도 범위에 대해 계층적 탐색(pyramid search) 방법을 적용하였다. 즉, 1단계

에서 1.0도의 간격으로 등분하여 임펄스열에 가깝게 나오는 최적의 각도를 결정하고, 2단계에서 최적의 각도를 중심으로 1단계의 반인 0.5도 간격으로 탐색을 수행한다. 이 과정을 3단계까지 수행룩색을써 최종적인 오차 각도를 추출하였다.

스펙트럼 영상을 얻을 때 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform)[10]방법을 사용하고 스펙트럼 영상의 히스토그램으로 이진화 처리하여 시작 임계값을 선택하고 임계값을 점차적으로 감소시키면서 이진화하였을 때 점을 찾을 수 없다고 판정하는 값을 128로 정하였다. [그림 12](a)에 보인 $\alpha = 3.4^\circ, \beta = 4.2^\circ, \gamma = 1.0^\circ$ 의 왜곡영상에 대해 얻어진 최적의 결과 10개를 [표 1]에 나타내었다. [표 1]에서의 u, v 는 [그림 9](b)에서 설명한 x, y 축 방향 벡터이고 angle은 $u,$

그림 12. 실험에 사용한 각 방향의 회전 왜곡에 따른 집적 영상

v벡터사이 각도, ratio_u, ratio_v는 각각 중심에 있는 임펄스와 의 비율 값이다. [표 1]에서 순위의 값이 작을 수록 임펄스열에 가까운 특성을 가짐을 의미하며 결과적으로 $\alpha = 3.4^\circ, \beta = 4.3^\circ$ 의 회전 왜곡이 있음을 검출한 것을 말한다. 이 결과로부터 $\alpha = 3.4^\circ, \beta = 4.3^\circ$ 의 회전 왜곡을 상당히 잘 찾아줌을 알 수 있다. $\gamma = 1.0^\circ$ 은 앞에서 언급한 대로 z축의 회전 각도를 따로 허프변환을 통하여 얻은 결과이다. [표 2]는 [그림 12](b)~[그림 12](l)에 해당하는 미리 설정한 각도로 회전시킨 다양한 샘플 집적영상의 회전 각도를 찾은 최적의 결과만 나타낸 것이다.

제안된 방법은 기존의 방법과 비교하여 다음과 같은 장점을 갖는다. [2]의 방법은 마커에 의해 요소영상이 가려지는 단점을 가지며, [3]의 방법은 에지 추출이 가능한 집적영상에 대해 유효한 방법인 반면 제안된 방법은 집적영상의 스펙트럼의 특성을 이용함으로써 에지 추출이 어려운 집적영상에서도 적용이 가능한 방법이다.

표 1. $\alpha = 3.4^\circ, \beta = 4.2^\circ, \gamma = 1.0^\circ$ 왜곡영상(사과)에 대한 실험결과

순위	α, β, γ	u	v	angle	ratio_u	ratio_v
0	3.4, 4.3, 1.0	19, 0	0, 19	90	0.839216	0.831373
1	3.3, 4.3, 1.0	19, 0	0, 19	90	0.839216	0.827451
2	3.3, 4.4, 1.0	19, 0	0, 19	90	0.839216	0.827451
3	3.4, 4.4, 1.0	19, 0	0, 19	90	0.839216	0.827451
4	3.2, 4.2, 1.0	19, 0	0, 19	90	0.835294	0.827451
5	3.2, 4.2, 1.0	19, 0	0, 19	90	0.835294	0.827451
6	3.2, 4.2, 1.0	19, 0	0, 19	90	0.835294	0.827451
7	3.2, 4.2, 1.0	19, 0	0, 19	90	0.835294	0.827451
8	3.2, 4.2, 1.0	19, 0	0, 19	90	0.835294	0.827451
9	3.2, 4.2, 1.0	19, 0	0, 19	90	0.835294	0.827451

표 2. 그림 12에서의 샘플 영상들에 대한 각도 추출 결과

결과	α, β	u	v	angle	ratio_u	ratio_v
b	2.2, 2.1	19, 0	0, 19	90	0.835294	0.827451
c	5.1, 4.9	17, 0	0, 17	90	0.764706	0.890196
d	2.9, 2.9	17, 0	0, 17	90	0.756863	0.886275
e	3.0, 4.0	17, 0	0, 17	90	0.803922	0.929412
f	4.9, 3.9	17, 0	0, 17	90	0.800000	0.929412
g	3.9, 3.0	17, 0	0, 17	90	0.803922	0.925490
h	5.4, 5.5	17, 0	0, 17	90	0.807843	0.925490
i	1.8, 2.9	17, 0	0, 17	90	0.847059	0.886275
g	3.1, 3.0	17, 0	0, 17	90	0.847059	0.886275
k	2.3, 4.3	17, 0	0, 17	90	0.494118	0.470588
l	-4.2, -4.2	17, 0	0, 17	90	0.478431	0.486275

IV. 결론

집적영상의 픽업과정에서 필연적으로 기하학적 왜곡이 발생한다. 집적영상의 요소영상들이 대체로 주기적으로 반복되기 때문에 스펙트럼 공간에서는 임펄스열로 나타난다. 이러한 스펙트럼 특성을 이용하여서 정해진 각도 범위 내에서 세밀하게 등분하여 얻은 각도 조합으로 얻은 투영변환에서 임펄스열이 제일 뚜렷하게 나타나는 투영변환을 찾는 방법으로 각 좌표축에서 회전된 각도를 알 수 있으며 나가서 투영 왜곡을 교정할 수 있었다. 실험결과에서 오차는 있었지만 왜곡교정이 성공적으로 이루어질 수 있음을 입증하였다.

참 고 문 헌

- [1] G. Lippmann, "La photographie intégrale," C.R. Acad. Sci. Ser. IIC: Chim. Vol.146, pp.446-451, 1908.
- [2] 전주일, 강현수, "3D-DCT 기반 집적영상 압축 방법의 율-왜곡 최적화를 통한 부호화 효율 향상 방법", 한국콘텐츠학회논문지, 제12권, 제9호, pp.1-8, 2012.
- [3] J. J. Lee, D. H. Shin, and B. G. Lee, "Simple correction method of distorted elemental images using surface markers on lenslet array for computational integral imaging reconstruction," Optics Express, Vol.17, No.20, pp.18026-18037, 2009(9).
- [4] K. H. Hong, J. S. Hong, J. H. Jung and J. H. Park, "Rectification of elemental image set and extraction of lens lattice by projective image transformation in integral imaging," Optics Express, Vol.18, Issue 11, pp.12002-12016, 2010.
- [5] R. Deriche, "Using Canny's criteria to derive a recursively implemented optimal edge detector," Int. J. Computer Vision, Vol.1, Issue2, pp.167-187, 1987(4).

- [6] R. O. Duda and P. E. Hart, "Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures," Comm. ACM, Vol.15, Issue1, pp.11-15, 1972(1).
- [7] N. P. Sgouros, S. S. Athineos, M. S. Sangriotis, P. G. Papageorgas, and N. G. Theofanous, "Accurate lattice extraction in integral images," Optics Express, Vol.14, No.22, pp.10403-10409, 2006(10).
- [8] B. R. Seok, *A Projective Reconstruction based on Line Segments*, chapter2, 2005.
- [9] Hartley, *Multiple View Geometry in Computer Vision*, 2/E, 2004.
- [10] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital image processing(3rd Edition)*, Prentice Hall, NJ, 2007.

강 현 수(Hyun-Soo Kang)

중신회원

- 1999년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 졸업(공학박사)
 - 1999년 : 하이닉스반도체 과장
 - 2001년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
 - 2002년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 조교수
 - 2005년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 정보통신학부 교수 & 컴퓨터정보통신연구소 연구원
- <관심분야> : 영상신호처리, 영상부호화, 등.

저 자 소 개

김 정 구(Zhengju Jin)

준회원

- 2006년 9월 : 중국 하얼빈상업대학 전자정보공학과(공학사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과(석사과정)

<관심분야> : 영상처리, 멀티미디어

이 병 주(Byeong-Ju Lee)

준회원

- 2012년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자정보컴퓨터학부 석사과정

<관심분야> : 영상신호처리, 영상부호화