

# Pseudo-stereoscopic 영상 자동 판별 및 보정 방법

\*박영수 \*\*허남호

과학기술연합대학원대학교, 한국전자통신연구원

\*[nextstep@etri.re.kr](mailto:nextstep@etri.re.kr), \*\*[namho@etri.re.kr](mailto:namho@etri.re.kr)

## A method of Pseudo-stereoscopic image detection and correction

\*Park, Youngsoo \*\*Hur, Namho

University of Science and Technology (UST),

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

### 요약

입체 영상의 왼쪽과 오른쪽이 서로 바뀐 'pseudo-stereoscopic' 영상에서는 올바른 입체감을 느끼기 어려운데, 이를 해결하기 위해서는 직접 눈으로 보고 'pseudo-stereoscopic' 영상 여부를 판단하여 두 영상을 바꿔줘야 하는 불편함이 있었다. 따라서 본 논문에서는 입체 영상 사이에 갖고 있는 특성을 이용하여, pseudo-stereoscopic 영상을 자동으로 확인하고, 이를 바꿔주는 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 입체 영상으로부터 카메라의 종류를 확인하여, 교차축 카메라의 경우는 교정화 과정을 수행한다. 그리고 한 쪽 영상에서 선택한 비교 영역과 다른 쪽 영상의 대응 영역 사이의 변이 값을 비교함으로써 pseudo-stereoscopic 영상을 판단하고, 올바르게 바꿔줌으로써 시청자가 올바른 입체감을 느낄 수 있도록 하였다.

### 1. 서론

사람이 영상을 볼 때, 왼쪽과 오른쪽 눈은 서로 조금 다른 영상을 보게 되고, 이렇게 다르게 수용된 시각정보를 통하여, 물체까지의 거리를 인지하고, 입체감을 느끼게 된다. 스테레오스코픽 입체 영상은 이 원리를 이용하여, 스테레오 카메라나 컴퓨터 그래픽을 통하여 왼쪽과 오른쪽 눈에 보여줄 영상을 얻고, 이를 조합하여 보여줌으로써, 입체 영상을 감상할 수 있게 해준다. 그런데, 왼쪽 눈에 보여야 할 영상이 오른쪽 눈에 보이고, 오른쪽 눈에 보여야 할 영상이 왼쪽에 보인다면, 시청자는 올바른 입체감을 느끼기 어렵게 된다[1]. 이러한 현상은 1926년 Judge가 그의 책에서 처음으로 언급하였는데[2], 이런 현상이 나타나는 영상을 가리켜 'pseudo-stereoscopic' 또는 'pseudoscopic' 영상이라고 부른다[3]. Pseudo-stereoscopic 현상은 영상의 저장, 편집, 전송, 재생과정 중에 자주 발생하기 때문에 이에 대한 해결책으로 대부분의 입체 영상 플레이어나 디스플레이에서는 사용자의 선택에 따라 왼쪽과 오른쪽 영상을 일괄적으로 바꿔주는 기능을 포함하고 있다. 하지만 이를 사용하기 위해서는 직접 눈으로 입체 영상을 확인하면서 주관적으로 판단하고, 수동으로 바꿔야하는 불편함이 따른다. 특히 정지 영상이 아닌 동영상을 볼 때, 특정 부분에서만 pseudo-stereoscopic 현상이 나타날 경우에는 그 부분에서만 양쪽 영상을 바꾸는 기능을 활성화시켜 보는 것이 힘들기 때문에 입체 영상을 보는데 큰 방해요인이 되고, 입체 영상의 저장, 편집, 전송 과정에서도 많은 문제를 야기할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 입력된 입체 영상의 신호처리 과정에서 pseudo-stereoscopic 영상여부를 판단하고, 만일 pseudo-stereoscopic 영상일 경우는 이를 자동으로 바꿔, 시청자들이 올바른 입체 영상을 볼 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

### 2. 제안방법

본 논문에서는 입체 영상을 입력 받아, 왼쪽과 오른쪽 영상 사이의 특성을 이용하여, pseudo-stereoscopic 여부를 판별한 다음, pseudo-stereoscopic 영상일 경우에는 양쪽 영상을 서로 바꿔서, 시청자들에게 자연스런 입체감을 전달하는 방법을 제시하고자 한다. 제안 방법은 아래와 같은 과정으로 이루어진다.

[제안 알고리즘]

1. 왼쪽 영상 (L), 오른쪽 영상 (R) 입력
2. 카메라 종류 파악
  - > 교차축 카메라일 경우, 교정화 과정 수행
3. 오른쪽 영상 (R)에서 비교 영역 (A) 설정
4. 스테레오 정합을 통해 왼쪽 영상 (L)에서 대응 영역 (A')을 찾음
5. A와 A' 사이의 변이 값 D 계산
6. D의 부호로 pseudo-stereoscopic 영상 여부 판단
  - > stereoscopic : L' = L, R' = R
  - > pseudoscopic : L' = R, R' = L
7. 왼쪽 영상 (L'), 오른쪽 영상 (R') 출력

#### 가. 스테레오 카메라의 종류 확인

스테레오 카메라는 주시각의 조절 여부와 방법에 따라 평행축, 교차축 카메라 등으로 나눌 수 있으며, 영상을 얻은 카메라의 종류에 따라 입체 영상의 특성이 달라진다. 본 논문에서는 평행축 카메라를 통해 얻은 양쪽 영상 사이의 특성을 기준으로 한 pseudo-stereoscopic 영상 판별 방법을 사용하였고, 이 알고리즘을 적용시키기 전에 입력된 입체

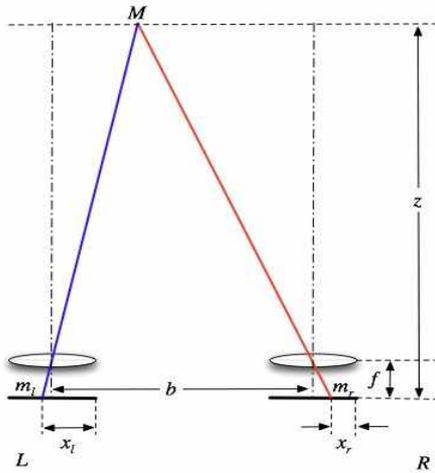


그림 1. 기준적인 평행축 스테레오 카메라 시스템

영상을 얻은 스테레오 카메라의 종류를 확인하여, 교차축 카메라인 경우에는 평행축 카메라로 얻은 영상과 비슷한 특성을 갖도록 하는 교정화 과정을 먼저 수행하도록 하였다.

### (1) 평행축 카메라로 얻은 입체 영상의 특성

그림 1은 기준적인 평행축 스테레오 카메라 시스템을 나타낸다.  $M$ 은 3차원 공간의 점이고, 이 점이 왼쪽과 오른쪽 2차원 영상에 대응되는 점의 확장벡터를  $m_l = [x_l, y_l, 1]^T$ ,  $m_r = [x_r, y_r, 1]^T$  라고 할 때, 두 카메라는 수평 상으로만 이동하였으므로  $m_l$ 과  $m_r$ 의 관계는 다음과 같다.

$$m_r^T \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} m_l = 0 \quad (1)$$

식 (1)을 계산하면,  $y_l = y_r$  임을 알 수 있다[4]. 또한 그림 1에서  $b$ 는 두 카메라 간의 거리,  $f$ 는 렌즈의 초점 거리,  $z$ 는 물체까지의 거리라고 할 때, 두 영상 간의 수평 변이 값,  $d_h$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$d_h = x_l - x_r = \frac{bf}{z} \quad (2)$$

여기에서  $bf/z$ 의 값은 항상 양수가 되고, 따라서 식 (2)의  $d_h$  값도 항상 양수가 된다[5].

### (2) 교차축 카메라로 얻은 입체 영상의 특성 및 판별

교차축 카메라는 주시각의 조절을 통해 입체감을 조절할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 이 카메라를 이용해 얻은 영상에서는 물체와 주시점의 상대적 위치에 따라 그 특성이 변하기 때문에 제한하는 알고리즘을 바로 적용할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 교차축 카메라로 찍은 영상인 경우에는 이를 평행축 카메라와 비슷한 특성을 갖도록 교정화 과정을 거친 결과 영상을 사용하기로 하였다. 교차축 카메라로 찍은 입체 영상은 수평 시차 외에 키스톤 왜곡에 의한 수직 시차가 존재한다는 점에 착안해서[6], 두 영상 사이의 수직 시차 여부를 계산하여, 교차축 카메라에 의한 영상인지 확인하도록 하였다. 수직시차를 구하는

방법으로는 입력된 스테레오 영상을 세로축 상에 투영한 후, 그 투영 값에 1차원 Cepstral 필터를 적용하여 계산하는 방법을 사용하였다[7]. 왼쪽 영상의 투영 값을  $l(y)$ , 오른쪽 영상의 투영 값을  $r(y)$ 라 할 때, 두 영상을 나란히 배치한 영상의 신호는 다음과 같다.

$$p(y) = l(y) + r(y - V) \quad (3)$$

여기에서  $V$ 는 영상의 수직 크기 값이고, 이 신호에서 오른쪽 영상은 왼쪽 영상에서 수직 시차,  $d_v$ 만큼 옮겨진 신호와 유사하다고 가정하면, 다음과 같이 근사화하여 표현할 수 있다.

$$p(y) \simeq l(y) + l(y - V - d_v) \quad (4)$$

식 (4)를 주파수 공간으로 옮기면 다음과 같으며,

$$P(\omega) \simeq L(\omega) \{1 + e^{-j2\pi(V + d_v)\omega}\} \quad (5)$$

식 (5)에  $\log$  함수를 취하고, 역 푸리에 변환을 수행한 다음에 이 식의 두 번째 항을 정리하면, 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} C(y) &= F^{-1}\{\log P(\omega)\} \\ &= F^{-1}\{\log L(\omega)\} + F^{-1}\{\log\{1 + e^{-j2\pi(V + d_v)\omega}\}\} \\ &= F^{-1}\{\log L(\omega)\} \\ &\quad + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{\delta\{y - n(V + d_v)\}}{n} \end{aligned} \quad (6)$$

윗 식 (6)의 두 번째 항에 의하여 cepstrum 그래프 상에 꼭지점들이 나타나게 되는데, 통상 영상의 수직 시차는 그리 크지 않고, 7mm 이상일 경우에는 입체 영상을 보기 어렵기 때문에[6], 20 화소 이내의 영역에서의 최고점을 찾아, 수직시차 값  $d_v$ 를 구하였다. 만약 수직시차 값이 0이 아닌 경우에는 교차축 카메라로 얻은 입체 영상이라고 판단 할 수 있다. 그림 2의 (a)는 cepstrum 그래프의 한 예를 보여주고 있으며, (b)는 (a)의 그래프에서 수직 시차 값을 알아보기 쉽도록 가운데 부분을 확대하여 보여주고 있다.

### 나. 교정화 과정

입력된 입체 영상이 교차축 카메라에 의해 얻어진 경우, 이를 교정화하는 과정이 필요하다. 이 때, 카메라의 매개변수 없이 입력된 영상만을 사용하여, 교정화 과정을 수행하여야 하기 때문에 기본행렬(fundamental matrix)을 이용한 교정화 과정을 택했고[8], 이 과정에서 필요한 특징 점을 찾기 위해서 FAST-ER corner detection 알고리즘

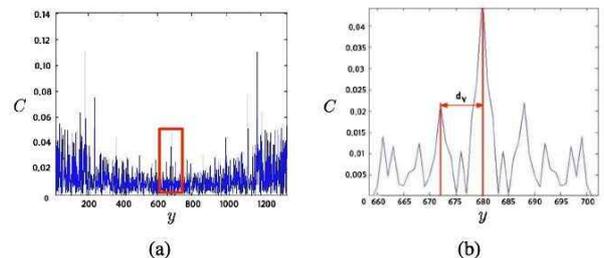


그림 2. '축구' 영상의 수직투영 cepstrum 그래프: (a) cepstrum 그래프; (b) 가운데 부분을 확대한 그래프.

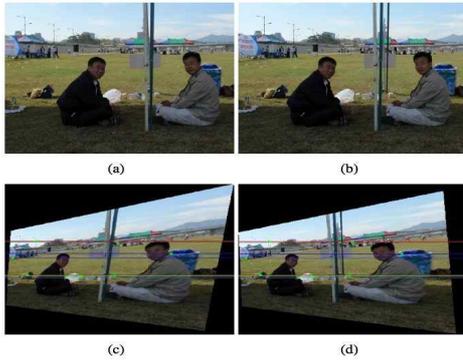


그림 3. 교정화 과정: (a) 원본 왼쪽 영상; (b) 원본 오른쪽 영상; (c) 교정화된 왼쪽 영상; (d) 교정화된 오른쪽 영상

증[9]을 적용하였다. 그림 3은 교차축 카메라로 찍은 영상과 교정화 과정을 한 후의 결과 영상을 보여주고 있다.

### 다. 비교 영역 설정

Pseudo-stereoscopic 영상 여부를 판단하기 위하여, 오른쪽 영상으로 입력된 영상에서 비교 영역을 설정하고, 왼쪽 영상으로 입력된 영상에서 이 비교 영역과 대응되는 영역을 스테레오 정합을 이용하여 찾고, 그 둘 사이의 변이 값을 계산하는 방법을 사용하였다. 비교 영역의 위치는 한 쪽 영상에서만 보이는 이른바 'floating window' 부분[1]과 교차축 카메라로 찍은 영상의 경우에 교정화 과정에서 생기는 영상 정보가 없는 부분을 피하기 위하여, 수평 크기의 1/4이 되는 부분을 중심으로 택하였다. 비교 영역의 크기도 영역 기반의 스테레오 정합을 하는 과정에서 매우 중요한데, 크기가 너무 작을 경우는 강도 변화 범위를 충분히 포함하지 못할 수 있어, 결과를 신뢰할 수 없게 되고, 너무 클 경우에는 투영왜곡 효과를 피하기 어렵기 때문에[10],  $9 \times 9$  크기를 초기 창 값으로 설정하고, 스테레오 정합 결과가 잘 나오지 않는 경우에는 이를 키우는 방법을 사용하였다.

### 라. 변이 값 계산과 pseudo-stereoscopic 영상 판별

영역 기반으로 스테레오 정합을 하는 방법은 비교적 간단한 계산 과정과 빠른 처리 시간을 가지고 있어, 이에 속하는 SSD (Sum of Squared Differences) 방법 등이 많이 사용되고 있다. 하지만 SSD의 경우에는 가우시안 잡음 등에 취약하고, 카메라에 따라 양쪽 영상의 밝기 등이 다를 경우에는 잘못된 정합 결과가 나올 수도 있기 때문에, 이를 개선한 ZSSD (Zero-mean SSD) 정합 방법을 사용하였다. 또 평행축으로 얻은 영상과 교정화된 교차축 카메라 영상을 사용하였기 때문에 수평 변이 값을 고려하여 계산하였다.

$$\mu_L(x, y) = \frac{1}{w^2} \sum_{i,j} \{L(x+i, y+j)\}$$

$$\mu_R(x, y) = \frac{1}{w^2} \sum_{i,j} \{R(x+i, y+j)\} \quad (7)$$

라고 하면, 다음과 같이 계산하여 ZSSD를 계산할 수 있다.

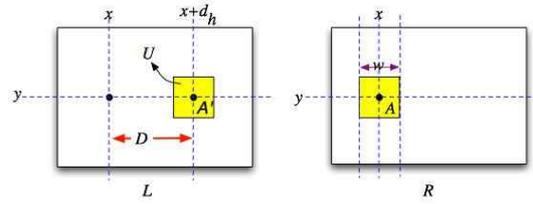


그림 4. 비교 영역 선택과 변이 값 계산

| 변이 값의 크기 | 판단                     |
|----------|------------------------|
| $D < 0$  | pseudo-stereoscopic 영상 |
| $D > 0$  | stereoscopic 영상        |

표 1. Pseudo-stereoscopic 판별

$$ZSSD(x, y, d_h) = \sum_{(i,j) \in U} [\{L(x+i+d_h, y+j) - \mu_L\} - \{R(x+i, y+j) - \mu_R\}]^2 \quad (8)$$

윗 식에서  $L$ 과  $R$ 은 입력된 왼쪽 영상과 오른쪽 영상이며,  $x, y$ 는 영상의 수평과 수직 좌표,  $U$ 는 창,  $w$ 는 창의 크기를 나타내며, 정수  $(i, j)$ 는  $i < |w/2|, j < |w/2|$ 의 범위를 갖는다. 값이 최소가 될 때의  $d_h$ 가 수평 변이 값이 되며, 수직 변이 값이 없기 때문에  $D = d_h$ 가 된다. 변이 값을 이용하여, pseudo-stereoscopic 영상 여부를 판별하기 위하여, 변이 값의 부호를 기준으로 분류를 하였다. 표 1은 변이 값  $D$ 의 부호를 통한 pseudo-stereoscopic 영상 판단 기준을 보여주고 있는데, 양수 값은 정상적인 stereoscopic 영상이라고 판단하고, 음수 값이 나올 경우에는 pseudo-stereoscopic 영상이라고 판단하여 두 영상을 서로 바꾸어 올바른 입체 영상이 출력되도록 하였다.

## 3. 실험

실험 입체 영상은 카메라의 종류를 모르는 6개의 스테레오 영상 - 컴퓨터 ( $665 \times 555$ ), 소풍 ( $720 \times 480$ ), 나무( $653 \times 555$ ), 축구( $720 \times 480$ ), 비너스( $434 \times 383$ ), 구경꾼( $712 \times 686$ )을 사용하였다.

### 가. 스테레오 카메라의 종류를 확인하는 실험

실험 영상을 만든 카메라의 종류를 확인하기 위하여, cepstral 필

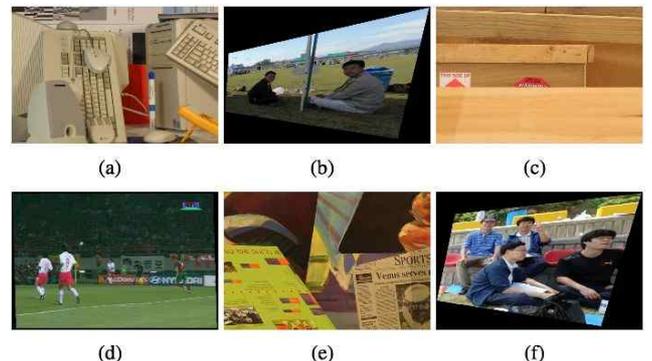


그림 5. 실험영상: (a) 컴퓨터; (b)소풍; (c)나무; (d)축구; (e)비너스; (f)구경꾼.

터를 사용하여 수직 시차를 구하였다. 그림 6은 컴퓨터와 소풍 영상에 cepstral 필터를 적용한 그래프이며, 표 2는 실험 영상의 수직 시차와 카메라 종류의 판별을 보여준다.

#### 나. pseudo-stereoscopic 영상을 판별하는 실험

본 논문에서 제안하는 알고리즘으로 pseudo-stereoscopic 영상을 판별한 결과가 정확한 지 알아보기 위하여, 직접 눈으로 확인한 왼쪽과 오른쪽 영상을 바르게 또는 거꾸로 입력한 후, 제안한 알고리즘에 의한 결과와 비교해 보았으며, 표 3은 그 결과를 보여주고 있다.

#### 다. 실험결과

그림 6은 cepstrum 그래프를 이용해 소풍과 컴퓨터 영상의 수직 시차를 나타낸 것이고, 표 2는 모든 실험 영상에 대하여 그 결과를 정리한 것이다. 이를 통해 카메라의 종류를 추정할 수 있음을 알 수 있고, 표 3의 결과는 제안된 알고리즘을 통하여, pseudo-stereoscopic 영상을 판별할 수 있음을 보여주고 있다. 하지만 스테레오 정합을 기반으로 하는 만큼, 스테레오 정합이 잘 되지 않는 경우는 비교 영역을 재설정하여 계산을 여러 번 반복해야 한다. 아울러 현재 많이 쓰이고 있지는 않지만, 수평이동식 카메라의 경우에는 변이 값의 부호가 활상 소자의 수평 이동 간격에 따라 달라질 수도 있고, 영상만으로는 수평 이동 간격을 알 수 없기 때문에, 본 논문에서 제안한 pseudo-stereoscopic 영상 판별 및 보정 알고리즘으로는 정확히 판별이 불가능하다. 따라서 차후 연구를 통하여 수평이동식 카메라를 이용해 얻은 입체영상에서도 pseudo-stereoscopic 영상을 판별할 수 있는 보다 발전된 방법들의 알고리즘을 도출하는 과정이 필요하다.

### 4. 결론

본 논문에서는 pseudo-stereoscopic 영상을 판별하고, 보정해 줄 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 이 방법은 입체 영상을 위한 하드웨어 나 소프트웨어에 적용시켜 자동으로 판별하고, 보정토록 하여, 시청자들이 수동으로 바꾸는 불편함을 덜어줄 수 있다. 또 칩으로 제작하여 스테레오 카메라를 통한 제작 단계부터 다중화/역다중화기나 코덱 단계 등에 적용시켜 이 과정에서 생기는 오류나 손실을 줄여줄 수 있고, 3DTV 등에 탑재하여 시청자들이 pseudo-stereoscopic 현상에 대한 걱정 없이 제대로 된 입체감을 느낄 수 있도록 도와줄 수 있다. 또한 소프트웨어 모듈로 제작하여 편집 툴이나 입체 영상 플레이어에 적용시켜 입체 영상의 편집이나 재생에 편리함을 제공할 수 있다.

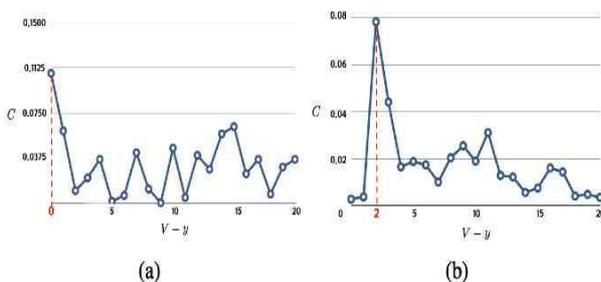


그림 6. Cepstrum 그래프에 의한 수직 시차 값: (a) 컴퓨터; (b) 소풍.

### [Acknowledgements]

본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI001932, 차세대 DTV 핵심기술 개발]

| 영상  | 수직 시차 | 카메라 종류 |
|-----|-------|--------|
| 컴퓨터 | 0     | 평행축    |
| 소풍  | 2     | 교차축    |
| 나무  | 0     | 평행축    |
| 축구  | 6     | 교차축    |
| 비너스 | 0     | 평행축    |
| 구경꾼 | 2     | 교차축    |

표 2. 실험 영상의 수직 시차와 카메라 종류

| 영상  | 원본 | 변이 값 | 제안방법 |
|-----|----|------|------|
| 컴퓨터 | 정상 | 19   | 정상   |
|     | 바뀔 | -73  | 바뀔   |
| 소풍  | 정상 | 50   | 정상   |
|     | 바뀔 | -21  | 바뀔   |
| 나무  | 정상 | 69   | 정상   |
|     | 바뀔 | -78  | 바뀔   |
| 축구  | 정상 | 28   | 정상   |
|     | 바뀔 | -11  | 바뀔   |
| 비너스 | 정상 | 8    | 정상   |
|     | 바뀔 | -16  | 바뀔   |
| 구경꾼 | 정상 | 36   | 정상   |
|     | 바뀔 | -51  | 바뀔   |

표 3. pseudo-stereoscopic 판별 실험 결과

### 5. 참고 문헌

- [1] B. Mendiburu, '3D movie making', Elsevier, USA, 2009.
- [2] A. W. Judge, 'Stereoscopic Photography: Its Application to Science, Industry, and Education', Chapman and Hall, UK, 1926.
- [3] M. Sigel *et al.*, 'Kinder gentler stereo', Stereoscopic Displays and Virtual Reality systems VI, Vol.3649, 18 ~ 27, USA, 1999.
- [4] R. Hartley *et al.*, 'Multiple View Geometry in Computer Vision', Cambridge Univ. Press, UK, 2nd, 2003.
- [5] B. Cyganek *et al.*, 'An Introduction to 3D Computer Vision Techniques and Algorithms', John Wiley and Son, USA, 2009.
- [6] A. J. Woods *et al.*, 'Image distortions in Stereoscopic video system', In Stereoscopic Displays and Application IV, Vol.1915, 36 ~ 48, USA, 2005.
- [7] G. S. Lee *et al.*, 'Parallel-axis stereoscopic camera with vergence control and multiplexing functions', Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems X, 390 ~ 398, USA, 2003.
- [8] J. Mallon *et al.*, 'Projective rectification from the fundamental matrix', Image and Vision Computing, 23(7), 643 ~ 650, 2005
- [9] E. Rosten *et al.*, 'Faster and better: A machine learning approach to corner detection', IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence [online], 2009
- [10] T. Kanade *et al.*, 'A Stereo Matching Algorithm with a Adaptive Window: Theory and Experiment', IEEE Trans. Pattern Analysis and Maching Intelligence, 920 ~ 932, 1994