

이진화기반 영역분할을 이용한 3D입체영상의 밝기보정

김 상 현[†] · 김 정 엽[†]

요 약

본 논문에서는 이진화기반 영역분할을 이용한 3D입체영상의 밝기 보정방법을 제안한다. 제안된 방법은 입력된 좌우 3D입체영상 중 우 영상을 이진화를 통한 영역분할을 하고 크기가 작은 영역들은 제거한다. 다음 우 영상의 각 영역들에 대해 대응되는 좌 영상내의 영역을 상관계수(correlation coefficient)를 이용한 정합을 통해 추출한다. 영역단위의 매칭을 할 때 영역들 간의 겹침을 방지하기 위하여 모폴로지 필터로 영역 경계에 인접한 일정부분을 제거한다. 그리고 좌우 영상의 영역 간 히스토그램 명세화를 수행함으로써 우 영상의 밝기 보정을 한다. 실험에서 좌 영상으로부터 블록단위 움직임보상으로 우 영상을 생성했을 때 제안된 방법이 블록평균 정합오차가 가장 작은 것을 확인 할 수 있었다.

키워드 : 3D입체영상, 영역분할, 히스토그램 명세화, 밝기보정

Intensity Correction of 3D Stereoscopic Images Using Binarization-Based Region Segmentation

Kim Sang Hyun[†] · Kim Jeong Yeop[†]

ABSTRACT

In this paper, we propose a method for intensity correction using binarization-based region segmentation in 3D stereoscopic images. In the proposed method, 3D stereoscopic right image is segmented using binarization. Small regions in the segmented image are eliminated. For each region in right image, a corresponding region in left image is decided through region matching using correlation coefficient. When region-based matching, in order to prevent overlap between regions, we remove a portion of the area closed to the region boundary using morphological filter. The intensity correction in left and right image can be performed through histogram specification between the corresponding regions. Simulation results show the proposed method has the smallest matching error than the conventional method when we generate the right image from the left image using block based motion compensation.

Keywords : 3D Stereoscopic Images, Region Segmentation, Histogram Specification, Intensity Correction

1. 서 론

최근 3D입체영화 아바타의 흥행 성공이후 다수의 3D입체 영화들이 제작되고 있고 국내에서도 3D입체 영화관의 숫자가 증가되고 있다. 그리고 3D입체영화 및 영상의 활용은 영화관 상영에서 그치지 않고 3DTV, 모바일 등으로 서비스 형태가 점점 확장되고 있다.

이러한 추세에 따라 3D입체영상 콘텐츠의 수요도 급증하고 있다. 기존의 컴퓨터그래픽에 기반을 둔 애니메이션 영상은 제작기간, 고비용, 리얼리티의 부족 등의 문제로 대량 생산이 불가능하다. 따라서 실사중심의 고속, 저비용, 실감형

영상 콘텐츠의 양산 시스템 구축이 필요하다[1].

일반적으로 실사 3D입체영상은 두 대의 카메라를 이용한 양안방식, 즉 각각의 카메라가 좌우 영상을 동시에 획득하는 방식이 많이 사용된다. 양안방식의 3D입체영상은 스테레오(stereo) 영상을 각각 좌우 눈에 보이게 하여 인간의 뇌가 이를 합성하여 입체감을 느끼게 하는 방식이다. 따라서 이 방법은 획득되는 좌우 영상의 균일성이 보장되어야 안전하고 쾌적하게 시청이 가능한 3D입체영상을 생성할 수 있다.

기존 컴퓨터비전 분야의 스테레오 정합은 좌우 스테레오 영상에서 선택된 대응 쌍들의 대응관계를 추정하여 시차(disparity)를 계산하고 이로부터 깊이 정보를 계산한다. 다음 보간법을 적용하여 영상의 모든 점에 대한 깊이정보를 구해서 3차원 공간의 표면을 기술하는 방법이다[2].

스테레오 정합에서도 좌우 영상의 불균형은 많은 오차를 생성하기 때문에 좌우 영상의 균일성을 확보하기 위하여 노력하고 있다. 이러한 방법 중 밝기 보정에 대한 가장 대표

* 이 논문은 한국콘텐츠진흥원 2010년 선정 문화기술 공동연구센터 2차년도 사업의 연구결과로 수행되었음.

† 정 회 원 : 영산대학교 게임·콘텐츠학과 부교수
논문접수: 2011년 2월 14일
수 정 일 : 1차 2011년 7월 8일
심사완료: 2011년 7월 10일

적인 방법들로 영상의 정규화(normalization)와 히스토그램 명세화(histogram specification)이다[3]. 영상의 정규화는 타겟영상과 입력영상 사이의 밝기평균과 표준편차를 이용하여 선형 변환(linear transform)하는 방식이다. 히스토그램 명세화는 영상정규화에서 다중 평균의 개념을 일반화하여 입력영상의 히스토그램 분포를 타겟영상의 히스토그램에 근사화시키는 방법이다. 히스토그램 명세화는 영상정규화보다 근사화 오차와 양자화 오차를 줄일 수 있지만 여전히 직선적인 일대일 대응 방법이기 때문에 오차가 발생한다. 이러한 오차를 개선하기 위하여 GML(group mapping law)방법 [4,5]들이 연구되고 있다. 3D입체영상은 동일한 장면을 좌우 두 대의 카메라가 각도와 위치의 차이를 두고 촬영을 한다. 따라서 좌우 영상에서 각 객체(object)의 3차원 위치나 깊이 에 따라 객체별로 조명의 효과 등이 차이가 나기 때문에 영상전체의 밝기보상 보다는 객체나 영역단위의 밝기 보상방법이 필요하다.

본 논문에서는 이진화기반 영역분할을 이용한 3D입체영상의 밝기 보정방법을 제안한다. 제안된 방법은 기존의 영역분할처럼 동질성과 연결성을 만족하는 세부적인 분할을 하는 것이 아니라 서로 다른 카메라에서 얻어진 각도가 다른 2개의 좌우 영상에서 원래는 동일한 영역인데 그림자나 조명에 의해 다르게 인식이 되는 경우를 줄이고자 한다. 즉 3차원 깊이 정보가 객체단위로 달라서 발생하는 차이점을 줄이기 위하여 영역단위로 동일한 조명과 배경효과에 있는 것처럼 인식되도록 영역분할을 하고 영역단위로 히스토그램 명세화를 하는 방법이다. 제안된 방법의 구조는 다음과 같다. 입력된 좌우 3D입체영상 중 우 영상을 이진화를 통한 영역분할을 하고 크기가 작은 영역들은 제거한다. 다음 우 영상의 각 영역들에 대해 대응되는 좌 영상내의 영역을 상관계수(correlation coefficient)를 이용한 정합을 통해 추출한다. 영역단위의 매칭을 할 때 영역들 간의 겹침을 방지하기 위하여 모폴로지 필터로 영역경계에 인접한 일정부분을 제거한다. 그리고 좌우 영상의 영역 간 히스토그램 명세화를 수행함으로써 우 영상의 밝기 보정을 한다. 실험에서 좌 영상으로부터 블록단위 움직임보상으로 우 영상을 생성했을 때 제안한 방법이 블록평균 정합오차가 가장 작은 것을 확인 할 수 있었다.

2. 기존의 밝기 보정 방법들

3D입체영상의 좌우영상, 즉 스테레오 영상의 균일성을 보장하기 위하여 일반적으로 두 영상의 밝기를 기반으로 하여 보정하는 방법[6]들이 많이 제안되었다. 이 중 가장 대표적인 방법들이 밝기평균과 표준편차를 이용한 영상정규화와 히스토그램 명세화이다.

2.1 영상정규화

영상정규화는 타겟영상 $I_t(x,y)$ 의 밝기평균 m_t 과 표준편차 σ_t , 입력영상 $I(x,y)$ 의 밝기평균 m 과 표준편차 σ

를 이용하여 입력영상을 타겟영상에 최대한 유사하게 선형 변환 하는 방법이다.

$$I_t(x,y) = \frac{\sigma_t}{\sigma_r}(I_r(x,y) - m_r) + m_t \quad (1)$$

영상정규화는 타겟영상의 포화된 픽셀이나 잡음에 의한 오차가 포함되어 변환된 영상에 영향을 미칠 수 있다[2].

2.2 히스토그램 명세화

영상정규화는 다중평균의 개념을 도입하여 성능을 향상시킬 수 있다. 영상정규화에서 다중 평균의 개념을 확장하면 히스토그램 명세화가 된다. 히스토그램 명세화의 개념은 다음과 같다.

확률분포함수(pdf) $p_u(u)$ 를 가진 랜덤변수 $u \geq 0$ 가 확률분포함수 $p_v(v)$ 를 가진 랜덤변수 $v \geq 0$ 로 변환된다고 가정할 때 다음과 같이 균등 랜덤변수(uniform random variable)정의 할 수 있다.

$$w \equiv \int_0^u p_u(x)dx = F_u(u) \quad (2)$$

여기서, $F_u(u)$ 는 누적 확률분포(cdf)이다. 또한 이 균등 랜덤변수는 다음과 같은 관계를 만족한다.

$$w \equiv \int_0^v p_v(x)dx = F_v(v) \quad (3)$$

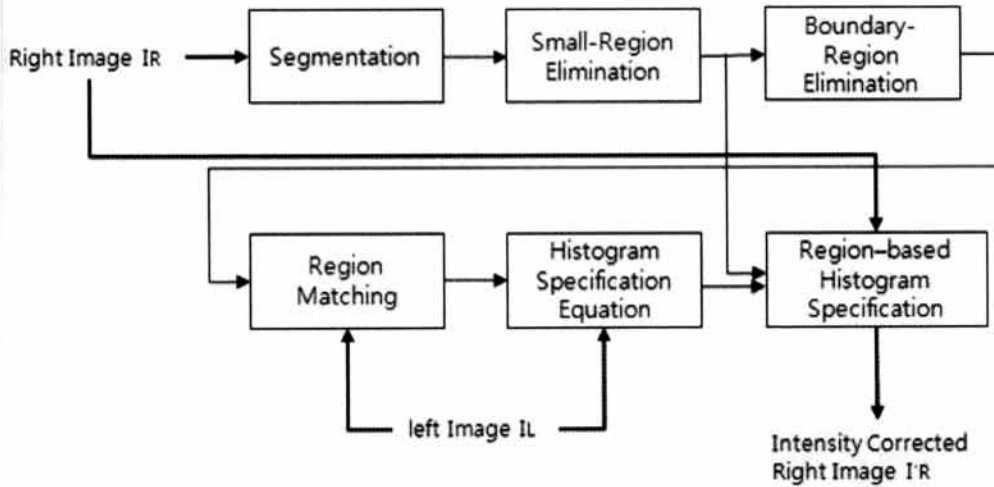
(2)식과 (3)식에서 w 를 제거하면 랜덤변수 $u \geq 0$ 를 랜덤변수 $v \geq 0$ 로 변환하는 다음과 같은 수식을 구할 수 있다.

$$v = F_v^{-1}(F_u(u)) \quad (4)$$

히스토그램 명세화는 영상정규화에 오차를 줄일 수 있지만 여전히 직선적인 일대일 대응 방법이기 때문에 근사화 오차와 양자화 오차가 발생한다. 이러한 오차를 개선하기 위하여 다대일 대응이 가능한 GML방법들이 시도되고 있다.

3. 제안한 방법

제안한 방법의 블록다이어그램은 다음과 같다. (그림 1)에서 제안된 방법은 입력된 좌우 3D입체영상 중 우 영상을 먼저 영역분할하고 크기가 작은 영역들은 제거한다. 그리고 영역단위의 매칭을 할 때 영역들 간의 겹침을 방지하기 위하여 모폴로지 필터로 영역경계에 인접한 일정부분을 제거한다. 우 영상의 각 영역들에 대해 대응되는 좌 영상내의 영역을 추출하고 좌우 영상의 영역 간 히스토그램 명세화를 수행함으로써 우 영상의 밝기 보정을 한다.



(그림 1) 제안된 방법의 블록다이어그램

그림에서 각 블록별로 기능을 설명하면 다음과 같다.

3.1 영역분할(segmentation)

이진화를 이용한 영역분할을 한다. 이진화 역치는 화소 수 50%를 기준으로 설정하였다. 이진화 영상을 보면 대략적으로 객체부분과 배경부분이 분리가 된다. 그리고 수많은 고립된 소 영역들이 발생을 한다. 이러한 이진화 영상에서 각 영역들에 대해 영역번호를 부여하는 라벨링(labeling)을 한다. 영역기반 히스토그램 명세화를 하기 위해서는 각 영역의 크기가 일정범위 이상이면서 영역의 경계가 잘 보존이 되어 있어야 한다. 그리고 이러한 밝기 보정은 전처리 과정이기 때문에 간단하면서도 신속한 처리가 필요하다. 이진화는 잡음의 영향을 많이 받아서 많은 소 영역을 생성하지만 간단하면서도 각 영역의 경계는 잘 보존을 하는 특성이 있다.

3.2 소 영역 제거(small-region elimination)

이진화 영상에서 영역번호가 부여된 각 영역들에 대해 크기가 일정 범위 이상인 영역들을 일단 초기 시드(seed) 영역으로 설정을 한다. 그리고 각 소 영역들 중 시드 영역에 인접해 있는 소 영역부터 영역 성장(region growing)방식으로 점진적으로 병합을 수행한다. 이미 영상이 이진화 되어 있기 때문에 영역의 동질성보다는 연결성을 기준으로 가까운 영역끼리 병합을 한다.

3.3 경계영역 제거(boundary-region elimination)

모폴로지 필터 중 majority 필터를 응용하여 필터의 원도우 안에 서로 다른 영역이 포함되어 있으면 그 화소를 영역에서 제거한다.

3.4 영역정합(region matching)

3D입체영상의 우 영상에 대해 각각의 분할된 영역 R_i^r 에

가장 잘 정합이 되는 영역을 좌 영상에서 탐색한다. 이 때 정합을 판단하는 기준을 아직 밝기 보정 등이 되어 있지 않기 때문에 정합되는 영역을 영역 간 상관계수가 가장 큰 영역 R_i^l 으로 설정한다.

3.5 히스토그램 명세화 수식(histogram specification equation)

상관계수를 활용한 정합으로 찾아진 영역들에 대해 (4)식을 다음과 같은 영역단위 관계식으로 변환하여 히스토그램 명세화 수식을 정의한다.

$$v_{R_i^l} = F_v^{-1}(F_u(u_{R_i^r})) \tag{5}$$

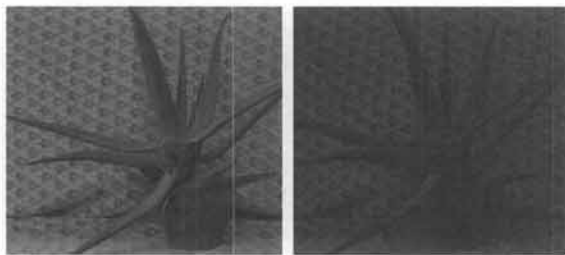
3.6 영역기반 히스토그램 명세화(region-based histogram specification)

(5)식과 경계영역을 제거하기 우 영상의 각 영역들을 이용하여 우 영상을 좌 영상에 가깝게 영역기반 히스토그램 명세화를 수행한다.

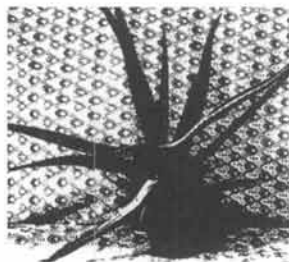
3D입체영상의 좌우 영상에서 객체나 영역단위로 조명의 효과가 표현되기 때문에 영역단위의 밝기 보상을 하는 제안된 방법이 효과적으로 적용될 수 있다. 그러나 제안된 방법은 기본적으로 안정적인 영역분할이 전제되어야 한다. 제안한 방법의 가장 중요한 부분이 영역분할인데 영역단위 히스토그램 명세화를 위해서는 정밀한 영역분할이 아니라 최대한 경계를 보존하면서 일정크기 이상의 영역들을 대략적(rough)으로 추출하기 때문에 대부분의 경우 안정적으로 영역분할이 된다. 일반적으로 영상을 다해상도 분해하고 이중 저해상도 영상에서 영역들을 대략적으로 추출하는 방법이 많이 있지만 추출된 경계가 정확하지 않다. 본 논문에서는 간단한 이진화를 이용하여 영역을 대략적으로 분할하고 소 영역들을 인접영역으로 병합하는 방법으로 영역들을 추출한다.

4. 실험결과 및 고찰

실험에서는 참고문헌[7]에 있는 3D입체영상들 중 Aloe 데이터 영상을 사용하였다. [7]에서 3D입체영상들은 인덱스 0,1,2로 표시된 3단계의 조명과 노출을 활용하여 총 9종의 555×641 크기 영상들로 구성되어 있다. 밝기 보정의 효과를 확인하기 위하여 본 실험에서는 (그림 2)와 같이 조명이 1이고 노출이 1인 좌 영상과 조명이 1이고 노출이 0인 우 영상을 선택하였고 원래 Aloe 3D입체영상은 칼라영상인데 그레이영상(gray image)로 변환하여 실험하였다.



(그림 2) 3D입체영상: (a) 좌 영상(조명=1, 노출=1)
(b) 우 영상(조명=1, 노출=0)



(a)

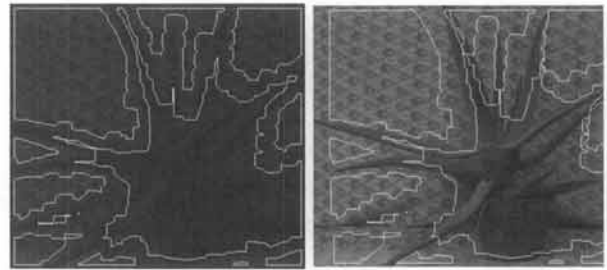


(b) (c)

(그림 3) 3D입체영상의 영역분할 결과: (a) 이진화 영상
(b) 윤곽영상 (c) 라벨링 영상



(그림 4) 영역 간 경계부분 제거 영상

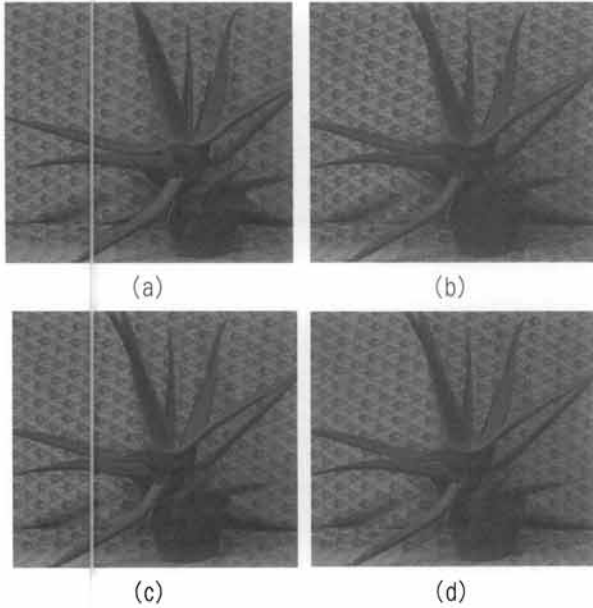


(a) (b)

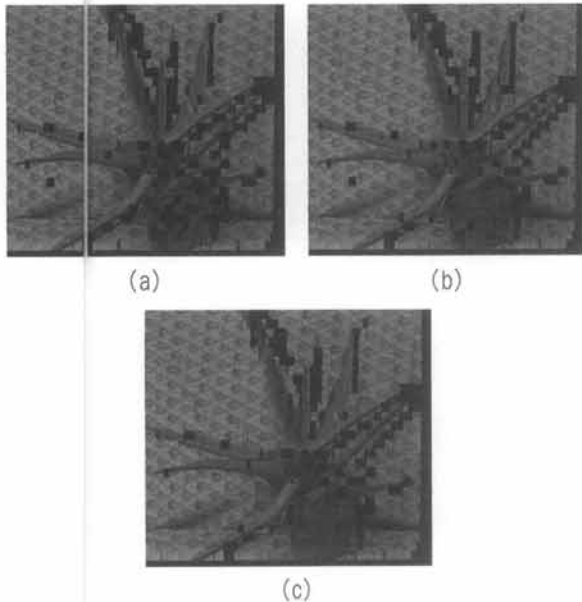
(그림 5) 좌우 영상에서 정합되는 영역들 : (a) 우 영상에서 분할된 영역들 (b) 좌 영상에서 영역단위로 정합된 결과영상

(그림 3(a))는 우 영상을 이진화한 영상이고 (b)는 소 영역을 제거하고 영역 분할한 윤곽영상이고, (c)는 라벨링한 영상이다. 소 영역제거는 크기가 3000화소 미만인 영상들을 모두 제거하였다. (그림 4)는 크기가 10×10 Majority 필터를 사용하여 영역 간 경계부분을 제거한 영상이다. (그림 5(a))는 우 영상에 분할된 영역들의 윤곽을 겹쳐서 표현하고 있고 (그림 5(b))는 우 영상의 각 분할된 영역에 가장 잘 정합이 되는 영역을 좌 영상에서 탐색하여 표시한 그림이다. 그림에서 알로에와 화분이 하나의 영역으로 분할되어 정합이 되어 있고 배경들도 무늬, 위치, 조명효과 등에 의해 각각의 영역으로 분할되어 정합이 되는 것을 확인할 수 있다. 그리고 경계부분을 제거함으로써 좌 영상에서 영역 상호간 중첩이 줄어들었다. (그림 6)은 밝기 보상된 결과영상들이다. (b)영상 정규화, (c)히스토그램 명세화, (d)는 제안된 방법인데 후측상단의 배경, 화분 등에서 (a)에 있는 좌 영상에 주관적으로 가장 가까운 밝기 분포를 가진 것으로 판단이 된다.

(그림 7)은 밝기 보상된 우 영상과 좌 영상 사이의 밝기 값 유사도를 측정하기 위하여 좌 영상으로부터 우 영상을 블록(20×20)단위로 MAD(mean of absolute difference)를 사용하여 움직임 매핑을 한 결과이다. 알로에와 화분 그리고 배경 사이에 부정확한 매핑으로 정합되지 않는 영역들이 많이 있는데 제안된 방법이 부정확한 매핑이 적은 것을 알 수 있다. 그리고 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 참고문헌[7]에 있는 다양한 3D입체영상들을 대상으로 실험을 진행하였다. <표 1>에서는 좌 영상으로부터 MAD를 이용하여 매핑한 우 영상의 블록 당 평균 오차를 보여준다. 표1에서 대부분의 경우 제안된 방법이 기존의 방법보다 성능이 우수함을 알 수 있다. 제안한 방법의 가장 중요한 부분이 영역 분할인데 영역단위 히스토그램 명세화를 위해서는 정밀한 영역분할이 아니라 최대한 경계를 보존하면서 일정한 크기의 영역들을 대략적(rough)으로 추출하기 때문에 대부분의 경우 안정적으로 영역분할이 된다. 그러나 입력영상 중 Flower-pots는 화분들이 연속해서 있는 다소 복잡한 영상인데 이러한 경우 히스토그램 명세화 자체가 영상정규화 보다 성능이 떨어지고 있고 제안한 방법도 성능이 상대적으로 낮게 나오고 있다.



(그림 6) 밝기 보상된 결과영상 비교: (a) 좌 영상 (b)(c)(d) 영상 정규화, 히스토그램 명세화, 제안된 방법에 의해 밝기 보상된 우 영상



(그림 7) 좌 영상으로부터 우 영상을 블록단위로 움직임을 추정하고 매핑을 한 결과: (a) 영상 정규화 (b) 히스토그램 명세화 (c) 제안된 방법

<표 1> 좌 영상으로부터 MAD를 이용하여 움직임을 보정한 우 영상의 블록(20X20) 당 평균 오차

입력영상	영상정규화	히스토그램 명세화	제안된 방법
Aloe	7.78	6.98	6.61
Baby	3.18	3.72	3.15
Bowl	5.11	4.96	4.01
Flower-spot	2.83	2.95	3.00
Midl	3.37	3.92	2.84

5. 결 론

본 논문에서는 영역분할을 이용한 3D입체영상의 밝기 보정 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 입력된 3D입체영상을 이진화를 통한 영역분할을 하고 크기가 작은 영역들은 제거한다. 그리고 모폴로지 필터의 일종인 Majority 필터를 활용하여 영역경계 부근의 일부분 제거한다. 분할된 각 영역들에 대해 대응되는 영역을 상관계수를 이용한 정합을 통해 추출한다. 그리고 좌우 영상의 영역 간 히스토그램 명세화를 수행함으로써 영상의 밝기 보정을 한다.

실험에서 제안된 방법에 의해 밝기 보상된 우 영상이 우측상단의 배경, 화분 등에서 좌 영상에 주관적으로 가장 가깝게 보인다. 그리고 좌 영상으로부터 블록단위 움직임보상으로 우 영상을 생성했을 때 제안된 방법이 블록평균 정합 오차가 가장 작은 것을 확인 할 수 있었다. 향후 제안된 방법은 기본적으로 안정적인 영역분할이 전제되어야 하기 때문에 보다 효율적인 영역분할에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] <http://www.v3i.co.kr/>
- [2] 김종수, "스테레오 영상의 불균형 제거 및 정합에 관한 연구," 중앙대학교 박사학위논문, 2009.
- [3] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital Image Processing, 2nd ed. Reading, MA: Addison-Wesley 1992.
- [4] Y. J. Zhang, "Improving the Accuracy of Direct Histogram Specification," Electronics Letters, Vol.28, issue.3, pp.213-214, 1992.
- [5] H. Tuo, L. Zhang, and Y. Liu, "Multisensor Aerial Image Registration Using Direct Histogram specification," IEEE International Conference networking, Sensing and Control, Vol.2, pp.807-812, 2004.
- [6] A. Mancini, "Disparity Estimation and Intermediate View Reconstruction for Noble Application in Stereoscopic Video," Master Thesis, McGill University, 1998.
- [7] <http://vision.middlebury.edu/vision/>
- [8] 김상현, 소길자, 김정엽, "영역분할을 이용한 3D 입체영상의 밝기 보정" 한국정보처리학회 제34회 추계학술대회, 2010.



김 상 현

e-mail : ksh50@ysu.ac.kr

1991년 경북대학교 전자공학과(학사)
 1993년 경북대학교 전자공학과(공학석사)
 1998년 경북대학교 전자공학과(공학박사)
 1998년~2001년 (주)메디슨 선임연구원
 2001년~현 재 영산대학교 게임·콘텐츠
 학과 부교수

관심분야: 영상처리, 영상압축, 컴퓨터비전 등



김 정 업

e-mail : neocopy@ysu.ac.kr

1990년 경북대학교 전자공학과(학사)

1992년 경북대학교 전자공학과(공학석사)

2001년 경북대학교 전자공학과(공학박사)

1994년~2000년 삼성종합기술원 전문연구원

2001년~현 재 영산대학교 게임·콘텐츠
학과 부교수

관심분야: 칼라영상처리, 프린팅, 컴퓨터비전 등