

증강현실 게임을 위한 경계선 기반 마커 이진화 방법*

윤요섭*, 김태영**

서경대학교 컴퓨터공학과

yyssddt@hanmail.net, tykim@skuniv.ac.kr

A Boundary-based Marker Binary Coding Method for Augmented Reality Games

Yo-Seop Yun*, Tae-Young Kim**

Dept. of Computer Engineering, Seokyeong University

요 약

본 논문에서는 증강현실 게임을 위하여 마커 영역을 이진화 할 수 있는 경계선 기반 마커 이진화 방법을 제안한다. 먼저, 경계선을 검출하기 위해 원 영상을 그레이 스케일 영상으로 변환한 뒤 경계선을 검출하고 마커영역의 경계선을 폐구간으로 만들기 위해 모든 경계선 화소에 대해서 4방향 확장 연산을 수행한다. 그리고 검출된 모든 경계선에 대해서 좌·우 화소의 명도를 비교하여 낮은 쪽에 검은색, 높은 쪽에 흰색을 할당하여 씨앗 영역 확장 기법을 통해 내부 영역을 채우면 마커영역의 이진화가 완료된다. 제안된 방법은 조명의 영향에 민감하지 않은 경계선 정보를 이용하여, 기존 단일 임계값을 사용한 이진화 방법에 비해 단계적 조명이나 그림자의 영향을 받은 영상에서도 마커 인식이 가능한 이진화 결과를 보였으며, VGA급 영상을 대상으로 평균 51fps의 처리속도를 보여 실시간 처리가 가능함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a boundary based marker binary coding method for augmented reality games, which enables the marker-area to be binary coded well in any lighting environments. First, it detects the boundary after transforming an original marker image to a gray scale image, and it executes 4 way pixel extensions for all boundary pixels in order to make the boundary to closed area. Next, for all boundary pixels it compares the brightness of right and left ones of each pixel and allocates black for the lower side and white for the higher side by filling inside area thru the seeded region growing. Experimental results showed that our proposed method produces a good binary marker image recognizable in various light environments. In addition, it showed the possibility of real-time calculation by considering the result of operation speed which is 51 fps for VGA image.

Keyword : Augmented Reality, Binary Coding, Image Processing

접수일자 : 2010년 06월 28일 심사완료 : 2010년 07월 19일

교신저자(Corresponding Author) : 김태영

* 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2010-0017206)

** 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 문화기술(CT)연구소 우수기술 활성화 사업의 연구결과로 수행되었음.

1. 서론

증강현실 기술이 발전되면서 게임, 교육, 원격의료진단, 방송, 건축설계 등 다양한 분야에서 증강현실 기술이 응용되고 있다. 특히 게임 분야에서는 증강현실 기술을 이용하여 기존의 입력 인터페이스인 조이스틱, 키보드가 필요 없이 일상생활의 도구나, 특정 형태의 카드를 사용하여 명령 및 제어를 할 수 있는 입력 인터페이스 연구가 활발히 진행되고 있다. Sony PlayStation에서 개발한 Eye of Judgements[1]는 카드를 이용한 대전 게임에 증강현실 기술을 적용한 것으로 카드를 꺼내면 괴물이 나타나고 카드의 움직임에 따라 괴물이 같이 움직이게 되어, 카드를 적절히 배치함으로써 괴물들끼리 싸움을 할 수 있다. 또한 Sony의 인비지몬[2]이라는 게임은 이 뿐만 아니라 손, 입바람, 그림자 등 다양한 주변 환경 요소들을 게임에 적용하여 가상의 괴물을 탐색 및 포획할 수 있다. 이와 같이 증강현실 기술을 게임에 적용하면 사용자가 접근하기에 더욱 직관적이며, 사용자에게 높은 현실감과 몰입감을 부여하여, 게임에 대한 지속적인 흥미를 유발할 수 있다는 장점이 있다[1,2,3].

증강현실 기술을 여러 응용에 적용하기 위해서는 관측공간에서의 카메라 위치나 가상의 3D 모델에 대한 트래킹이 필요한데, 이러한 트래킹 기술은 크게 마커기반 트래킹[4] (Marker-based Tracking)과 마커리스 트래킹[5,6] (Markerless Tracking) 두 가지로 나누어진다. 먼저, 마커를 이용한 방법은 특정 형태를 가지는 마커 정보를 이용하여 3차원 공간상의 위치를 트래킹 하므로 사실감과 유연성이 다소 떨어지지만 트래킹 대상의 모델이 동적으로 구성될 필요가 있거나 모델의 개수가 많을 때에도 비교적 실시간 처리가 가능한 장점이 있다. 반면 마커리스 트래킹은 특정 형태의 마커를 두지 않고 영상 내에서 특징점을 추출하여, 특징점간의 관계를 계산하여 카메라의 위치와 자세를 추정하므로 처리량이 많아 동시에 여러 객체를 추적하기는 어렵지만, 마커를 사용하지 않아도 된

다는 장점이 있다.

일반적으로 게임과 같은 응용에서는 다양한 멀티미디어 데이터들을 동시에 실시간으로 다루어야 하므로 다른 응용에서보다 처리효율이 중요시 되어, 상대적으로 처리량이 많은 마커리스 트래킹 기술은 게임 분야에서는 아직까지 적용하기가 어려운 실정이다. 또한 본 연구에서 적용하고자 하는 음식점 서빙 상황훈련 게임[7]은 동시에 트래킹을 수행하여 영상정합(Image Registration)을 하여야 하는 3D 모델의 개수가 많고 사용자가 움직이면 모델도 따라서 실제환경에 맞게 트래킹되어 움직여 주어야 하므로 실시간 처리가 필수적이다.

본 연구에서는 앞서 언급한 요구사항에 맞게 실시간 트래킹이 가능한 마커 기반 트래킹 방법을 사용한다. 마커 기반 트래킹 방법은 특정 색상과 형태를 가진 마커를 이용하므로 주변 환경 요소, 특히 조명의 영향에 의해 마커의 영역이 올바르게 분할되지 않는 경우 마커 인식률이 현저하게 떨어져, 증강된 가상의 객체가 떨리거나 사라지는 문제점이 발생한다. 일반적으로 영상처리에서 조명의 영향을 받는 단계는 처리 대상 영역을 분할하는 이진화 단계에서 주로 나타나게 되는데, 이러한 이진화의 문제점은 증강현실 환경에서의 마커인식 뿐만 아니라, 문자 인식, 번호판 인식, 안면 인식 등 여러 분야에서 문제가 되었고, 이와 관련하여 다양한 이진화 방법이 연구 되었다.

Otsu[8]는 그레이 레벨 히스토그램을 분석하여 임계값(threshold)을 찾아내는 방법이다. 기본 임계값으로 나뉘어진 히스토그램의 두 그룹을 클래스로 정의하여, 클래스 사이의 분산을 최대화시키는 최적의 임계값을 찾는 방법을 제안하였다. 이 방법은 어떤 클래스에 화소 수가 집중 되어 있을 경우 비교적 좋은 결과를 보였으나, 여러 객체로 이루어진 영상에서 최적의 임계값을 찾기 위해 그레이레벨 전 구간에 대해 모든 가능한 분산 값을 반복적으로 계산해야 하는 문제가 있었다.

이철학[9]의 Otsu의 방법을 개선한 다중 임계값 방법은 Otsu의 방법을 개선하여 간단하지만 고속

으로 여러 단계의 임계값을 구할 수 있는 방법으로 맨 처음 대상 영상의 그레이 구간을 2부류로 나누고 이때 분할을 위한 임계값은 전 구간을 대상으로 Otsu 방법을 구한 후 전체 구간이 아닌 분할된 부분 구간을 대상으로 Otsu의 방법을 적용하여 원하는 임계값을 얻을 때까지 반복하는 방법이다. 이 방법은 Otsu의 방법보다 빠른 속도로 임계값을 찾아낼 수 있는 장점이 있으나 Otsu의 알고리즘에서 속도의 개선만 이루어진 형태로 고르지 못한 조명 분포에 취약하다는 단점이 있다.

오현화[10]의 Water flow model에 기반한 문서 영상 이진화 방법은 Water flow model의 방법을 개선하여 영상에서 관심 영역을 추출하고 3차원 영상지형에서 물이 채우는 영역을 관심 영역 이내로 제한하여 처리속도를 개선하였다. 기존 Water flow model 기반의 이진화 방법보다 성능과 결과가 좋았으나, 실시간 영상처리에 적용하기에는 아직까지 적합하지 않은 속도를 보였다.

본 논문에서는 실시간 처리가 가능하면서 조명 요소에 강인한 경계선 기반의 마커영역 이진화 방법을 제안한다. 먼저 경계선을 검출하기 위해 원 영상을 그레이스케일 영상으로 변환하여 해당 영상에서 경계선을 검출해 낸다. 그리고 마커영역의 경계선을 폐구간으로 만들기 위해 모든 경계선 화소에 대해 4방향 확장 연산을 수행하고, 마지막으로 모든 경계선 화소를 기준으로 좌·우 화소의 명도를 비교하여 명도 값이 낮은 영역을 검은색, 높은 영역을 흰색으로 할당하여 씨앗 영역 확장 기법(SRG : Seeded Region Growing)으로 해당 영역을 모두 채우면 전체 영상 영역에 대해 이진화가 완료된다.

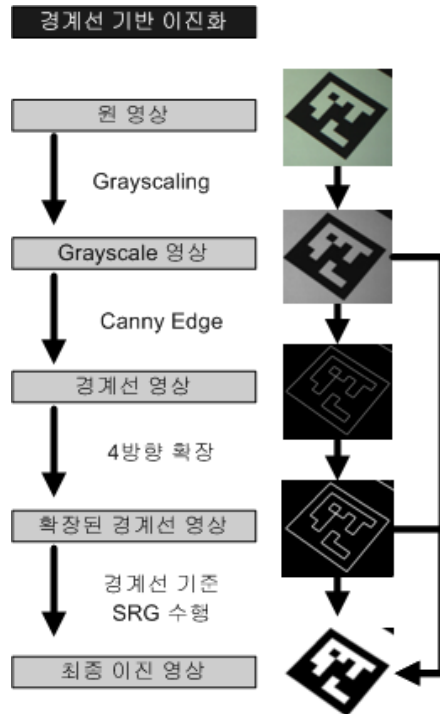
제안된 방법은 그래데이션 조명이나 그림자와 같이 조명의 영향이 고르지 못한 영상에 대해서 Otsu 방법보다 나은 이진화 결과를 보였으며, 900 frame의 VGA급 영상을 대상으로 평균 51fps의 처리속도를 보여 실시간 처리가 가능함을 알 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논

문에서 제안하는 경계선 기반 마커 이진화 방법에 대해서 설명한다. 3장에서는 실험 결과 및 응용에 대하여 기술하고, 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 경계선 기반 영상 이진화 방법

본 논문에서는 마커가 포함된 영상의 이진화를 위해 밝기의 변화에 민감하지 않은 경계선 정보를 영상 이진화에 이용하였다. [그림 1]은 본 논문에서 제안하는 방법의 전체 과정을 보여준다.



[그림 1] 제안하는 방법의 전체 과정

일반적으로 영상정합에 쓰이는 마커의 형태가 검은색과 흰색의 극명한 대비를 이루는 색상조합으로 되어 있고, 이로 인해 마커 영역의 경계선이 폐구간으로 검출된다는 특징을 이용하여, 마커의 경계선을 기준으로 주변 픽셀의 명도를 비교, 마커 영역의 이진화시 적용될 색상을 결정한다. 그리고

씨앗 영역 확장 기법을 사용하여 마커영역에 대한 채우기를 수행하여 이진화를 완료 한다.

2.1 그레이스케일 변환

마커 영역의 경계선을 검출하기 위해, 먼저 컬러 영상을 그레이스케일 영상으로 변환할 필요가 있다. 컬러 영상에서도 경계선 검출이 가능하지만, 경계선 주변의 화소를 참조하여 이진화 색상을 결정하는 단계에서도 화소의 명도 값이 필요하므로 별도의 사본으로 그레이스케일 영상을 생성해 낸다. 다음 (식 1)을 이용해 컬러 영상을 그레이스케일 영상으로 변환 하였다.

$$Y = (R \times 0.299) + (G \times 0.587) + (B \times 0.114) \dots \text{(식 1)}$$

R, G, B는 컬러 영상에서 각각 화소의 적색, 녹색, 청색 채널의 값을 나타내고, Y는 최종 변환된 화소의 명도 값이다. 영상의 모든 화소에 대해 (식 1)를 적용하면, 영상의 그레이스케일 변환이 완료 된다.

2.2 Canny Edge 검출 알고리즘을 이용한 경계선 검출

대부분의 경계선 검출 마스크는 잡음에 대해 매우 민감한 특성을 가지고 있어서 작은 잡음도 경계선으로 검출되는 경우가 많이 있다. 따라서 잡음에 대한 민감도를 줄이기 위해, Canny Edge 검출 알고리즘을 이용하여 경계선 검출을 수행 하였다.

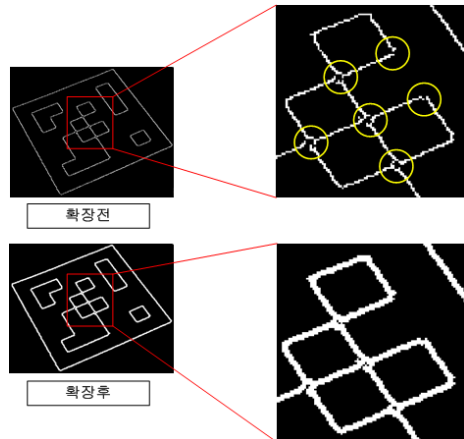
[그림 2] 는 Canny Edge 검출 알고리즘의 과정이다. 먼저 잡음 요소를 제거하기 위해, 그레이스케일 영상에 5 * 5 크기를 가지는 가우시안 마스크를 적용하고, 잡음이 제거된 영상에 3 * 3 크기를 가지는 소벨 마스크를 적용하여 경계선 영상을 검출해 낸다.



[그림 2] Canny Edge 알고리즘

2.3 경계선 확장

마커 영역을 대상으로 경계선 검출을 수행하면, 이상적으로는 모든 마커 영역의 경계선이 폐구간으로 검출이 되어야 한다. 하지만 다수의 경계선이 겹치는 구간에서 경계선이 개구간으로 검출이 되어 영상 이진화의 오류가 발생하는 문제가 있다. 실험 결과, 불과 1~2개의 화소에 의해 폐구간이 개방된다는 것을 알 수 있었고, 따라서 이러한 경계선을 폐구간으로 만들기 위하여 검출된 모든 경계선 화소에 대해서 상·하·좌·우 4방향 확장 연산을 수행하였다.



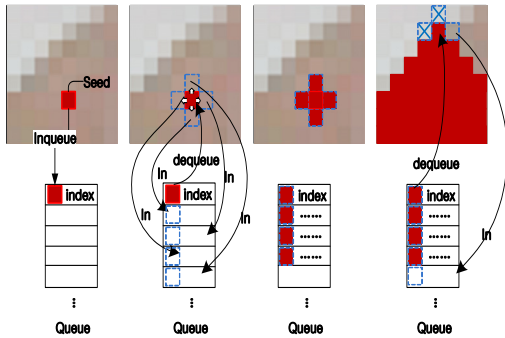
[그림 3] 경계선 4방향 확장 결과 비교

2.4 씨앗 영역 확장 기법을 통한 영역 이진화

씨앗 영역 확장 기법(SRG : Seeded Region Growing)은 영상 분할 기법의 하나로, 시작화소에 해당하는 화소들을 선택한 후 이를 특정 영역의

시작점으로 간주하고, 주변화소와 시작 화소의 유사성 측정방법에 의하여 해당 영역을 확장시켜 나가는 방법이다.

일반적인 씨앗 영역 확장 기법은 [그림 4]과 같이 영역 내부의 임의 화소들을 씨앗(Seed)으로 지정하여 큐(Queue)에 삽입하고, 큐에 삽입된 화소를 기준으로 4방향 인접 화소들의 유사성을 판단하여 해당되는 픽셀을 큐에 삽입한다. 큐에 삽입된 모든 씨앗이 없어질 때까지 이와 같은 과정을 반복하여 영역을 확장한다.



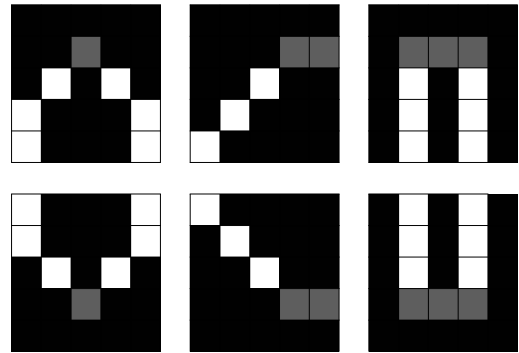
[그림 4] 씨앗 픽셀의 영역 확장

본 논문에서 제안하는 방법을 적용하기 위해 [그림 4] 과 같은 방법을 이용하였고, 화소 간 유사성 판단을 위한 기준으로 경계선 정보를 이용하여, 경계선이 아닌 모든 화소는 유사성이 있다고 판단하였다.

폐구간 영역을 이진화 하기 위해 먼저, 최초의 씨앗이 될 화소와 폐구간 영역이 채워질 색상을 정한다. 폐구간을 이루는 경계선의 좌·우 화소를 참조하여 명도 값을 비교하고 참조된 화소의 위치를 기억, 높은 명도를 가지는 화소를 씨앗으로 하여 상·하·좌·우 4방향으로 확장하면서, 확장되는 영역을 모두 흰색(명도 255)으로 할당한다. 밝은 영역에 대해 확장 및 채우기가 완료되면, 어두운 영역에 대해서도 같은 연산을 수행하고, 색상은 검은색(명도 0)으로 할당한다. 모든 경계선에 대해서 위의 처리가 수행되는데, 그 중 부적정 경계선

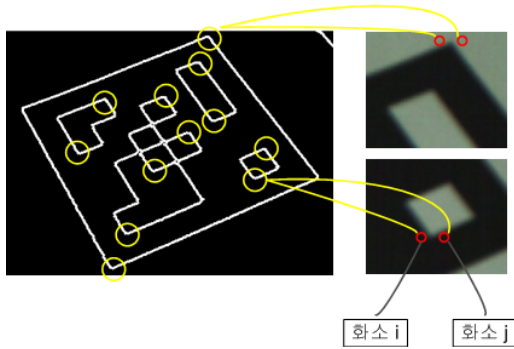
을 검사하여 명도 비교 및 채우기 처리에서 제외한다.

[그림 5]와 같은 부적정 경계선에 대해서 명도비교를 수행할 경우 [그림 6]-b 의 화소 i, j 와 같이 유사한 명도 영역에 대해서 명도 비교가 이루어지므로, 폐구간 내부의 색상을 결정함에 있어서 올바르게 되지 않은 색상으로 할당될 수 있다. 따라서 이러한 부적정 경계선을 제외한 모든 경계선에 대해서 명도 비교 후 채우기를 수행하면 영상의 이진화가 완료된다.



[그림 5] 부적정 경계선의 예

- (a) 폐구간의 최상단 또는 최하단 화소에서 두 경계선이 만나는 경우
- (b) 경계선이 수평으로 연장되어 화면 끝에 다다른 경우
- (c) 경계선이 수평으로 연장되고, 경계선의 시작과 끝에 연결된 화소의 방향이 같은 경우



(a) 경계선 영상 (b) 그레이 영상

[그림 6] 잘못된 명도 비교의 예

3. 실험

3.1 실험 환경

본 논문에서 제안하는 경계선 기반 마커 이진화 방법을 구현하기 위해, Windows XP sp3 환경에서 Visual studio 2005 sp1 컴파일러를 사용하였고, 실험 결과 비교를 위해 OpenCV 1.1 라이브러리를 사용하였다. 그리고 정확도 및 속도 실험을 위해 CPU : AMD Phenom(tm) II X4 920 Processor 와 Memory : 2GB의 하드웨어가 탑재된 컴퓨터를 사용하였고, 영상 획득용 카메라로 하이비전사의 HVR-2300R을 사용하였다.

3.2 정확도

기존의 ARToolkit에서 사용하는 고정 임계값 이진화 방법과 Otsu의 방법, 그리고 본 논문에서 제안하는 방법을 적용하여 이진화의 결과를 [그림 7] 과 같이 비교 하였다.

	영상 1	영상 2	영상 3
원영상			
고정 임계값 (A)			
Otsu 이진화 (B)			
경계선 기반 이진화 (C)			

[그림 7] 이진화 비교

(방법 A : 고정 임계값 사용, 방법 B : Otsu 이진화 방법 사용, 방법 C : 제안된 방법

영상 1 : 그라데이션 조명, 영상 2 : 그림자, 영상 3 : 적은 노출)

영상 1은 그라데이션 조명의 영향을 받은 경우로 방법 A 와 방법 B는 잘못된 이진화 결과로 인해 4개의 마커를 잃어버렸지만, 방법 C는 6개 모두 마커 인식에 성공하였다.

영상 2는 그림자의 영향을 받은 경우로 방법 A 는 마커영역이 전부 검은색으로 이진화 되었고, 방법 B는 방법 A와 비교하여 양호한 이진화 결과를 보이나, 마찬가지로 마커 인식이 불가능한 결과를 보여주고 있다. 하지만 방법 C를 적용하였을 경우 마커 인식이 가능한 이진화 결과를 확인할 수 있다.

영상 3은 노출이 적은 영상으로 방법 B가 더 나은 결과를 보여주고 있다. 방법 A와 방법 C는 마커 인식이 불가능 하였으나, 방법 B는 마커 인식이 가능하였다. 이 외에도 영상에 블러, 초점 불일치 등 경계선 검출이 어려운 영상에 대해서는 제안된 방법의 결과가 올바르지 않았다. 하지만 적은 노출, 초점 불일치와 같은 경우는 그 발생의 빈도수가 적으며, 블러 영상은 방법 A와 방법 B 역시 이진화 결과 자체는 방법 C 보다 우수하나, 마커

인식에 실패하였음을 고려하였을 때, 제안된 방법이 비교적 좋은 결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

3.3 속도

제안된 방법이 실시간 처리에 적합한지 판단하기 위해 실험용 카메라를 사용하여 동적으로 변화하는 화면을 얻어와 그 중 900 frame 의 영상을 대상으로 3가지 방법을 적용하여 [표 1,2]와 같은 결과를 얻어낼 수 있었다. 이미지의 크기는 VGA 급이고, 본 논문에서 제안된 방법은 경계선 정보를 이용하므로 영상에서 경계선이 차지하는 비율의 변화폭이 크도록 영상들을 구성하였다.

[표 1] 처리시간 비교 <단위 ms>

	고정 임계값	Otsu 방법	제안된 방법
평균	1.32	1.79	19.58
최대	1.47	2.21	27.34
최소	1.30	1.73	16.66

[표 2] 세부 단계별 처리시간 <단위 ms>

	그레이 스케일 변환	경계선 검출	경계선 확장	내부 채움
평균	1.00	8.76	3.76	6.04
최대	1.29	10.45	10.84	7.09
최소	0.95	7.99	1.55	5.03

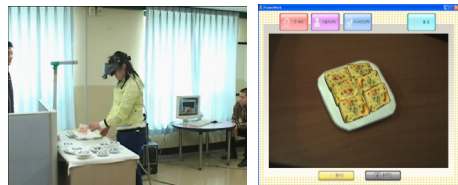
고정 임계값 사용이나 Otsu의 방법과 비교하여 약 11배 정도 느린 성능을 보였으나, 평균 51fps의 성능을 보여 실시간 처리가 가능함을 보였다.

제안된 방법의 경우 처리시간이 가변적으로 변하는 것을 확인 할 수 있는데, 경계선이 전체 영상을 차지하는 비율이 변화함에 따라, 경계선 검출, 경계선 확장, 내부 채움 단계의 처리 시간이 변하기 때문이다.

[표 2]는 제안된 방법의 세부 처리시간을 나타낸 것으로 특히, 경계선 확장 단계가 전체 처리시간의 지대한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

3.4 적용 결과

제안된 방법을 실험하기 위해 “음식점 서빙 상황훈련 게임”에 제안된 방법을 적용하여 그 결과를 확인하였다.



[그림 8] 음식점 서빙 상황훈련 게임

본 게임은 가상의 음식점 환경에서 종업원이 되어 서빙 훈련을 체험할 수 있는 게임으로 실제 음식이 담긴 그릇에 마커를 부착하여, 가상의 음식을 표현하고, 종업원이 된 훈련자는 HMD에 부착된 카메라를 통해 가상의 음식을 보고 판단하여, 지정된 시나리오대로 적절한 서빙 훈련을 수행하게 된다. 가상의 객체를 출력하기 위해서는 다수의 음식 그릇을 동시에 트래킹 할 필요가 있기 때문에, 약 20개 이상의 서로 다른 마커를 할당하여 사용하였고, 마커 트래킹을 위해 HMD에 부착된 카메라를 포함하여 총 3대의 카메라를 사용하여 마커의 인식범위를 확대하였다.

훈련 환경은 다양한 광원이 존재하고, 주변 환경을 구성하는 구조물들이 있으며, 훈련자는 음식을 집거나 이동함으로써 음식에 부착된 마커영역은 다양한 그림자 및 조명에 노출이 되어, 단일 고정값을 사용한 이진화를 적용하였을 경우, 마커에 증강된 음식이 사라지거나 떨리는 경우가 발생하였으나, 본 논문에서 제안하는 방법을 적용하였을 경우, 불규칙한 조명이나 그림자의 영향에도 마커 영역이 올바르게 이진화가 되어 인식률이 향상됨을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 증강현실 응용을 위하여 조명요소에 강인하게 안정된 마커검출이 가능한 경계선 기반 마커영역 이진화 방법을 제안한다. 먼저 원영상을 그레이스케일 영상으로 변환하고 해당 영상에서 Canny Edge 알고리즘을 사용하여 경계선을 검출한다. 그리고 경계선 화소에 대해 4방향 확장연산을 수행하여 마커영역을 폐구간화 하고, 모든 경계선 화소에 대해서 주변 명도를 비교하여 이진화 색상을 결정, 씨앗 영역 확장 기법으로 해당 영역을 모두 채우면 전체 영상에 대해 이진화가 완료된다.

제안된 방법은 그래데이션 조명의 영향이나 그림자의 영향을 받는 등 조명의 영향이 고르지 못한 영상에 대해서 Otsu 방법과 비교하여, 마커의 경계와 내부 패턴이 명확히 구분되는 이진화 결과를 보여 마커의 인식률을 높이는데 성공하였고, 900 frame의 이미지를 대상으로 평균 51fps의 처리속도를 보여 실시간 처리가 가능함을 알 수 있었다. 하지만 블러, 낮은 노출, 초점 불일치 등 경계선 검출이 어려운 영상에 대해서는 올바르게 못한 이진화 결과를 보였으며, 실시간 처리가 가능한 처리속도 이지만 기존 이진화 방법들에 비해 상대적으로 느린 처리 속도를 보여, 향후 경계선 검출 알고리즘과 처리속도의 개선에 대한 연구가 필요함을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] <http://us.playstation.com/eyeofjudgment/>
- [2] <http://www.invizimals.com/>
- [3] <http://selectparks.net/~julian/levelhead/install.html>
- [4] Kato, H., Billinghurst, M. "Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System", IWAR'99, 2nd IEEE and ACM International Workshop on (1999), p. 85-94. 1999
- [5] G. Klein and D. Murray, "Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces", Proc. Int'l Symp. Mixed and Augmented Reality (ISMAR '07), 2007.
- [6] David G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", Inter-national Journal of Computer Vision, 60, 2, pp.91-110, 2004
- [7] 정광일, 김성진, 김부년, 김태영, 임철수, "증강현실 기반 음식점 서빙 상황훈련 시스템", 한국게임학회, v.9 no.1 pp.135-142, 2009
- [8] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histogram", IEEE Trans. on System Man Cybernetic, vol. SMC-9, no. 1, pp. 62-66, 1979
- [9] 이철학, "Otsu의 방법을 개선한 멀티 스톱워킹 방법", 전자공학회 논문지, 제43권, 제5호, 29-37, 2006
- [10] 오현화, "Water flow model에 기반한 문서영상 이진화 방법의 속도 개선", 전자공학회 논문지, 제41권, 제4호, 75-86, 2004



윤 요 섭 (Yo-Seop Yun)

2009년 2월 서경대학교 컴퓨터공학과 학사
2010년 현재 서경대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정

관심분야 : 증강현실, 컴퓨터 그래픽스



김 태 영 (Tae-Young Kim)

1991년 2월 이화여자대학교 전자계산학과 학사
1993년 2월 이화여자대학교 전자계산학과 석사
1993년 3월-2002년 2월 한국통신 멀티미디어 연구소
선임 연구원
2001년 8월 서울대학교 컴퓨터공학부 박사
2002년 3월-현재 서경대학교 컴퓨터공학과 조교수

관심분야 : 실시간 렌더링, 모바일3D, 증강현실, 볼륨
그래픽스
