

증강현실 기술을 이용한 터치기반 게임 시스템

이재영*, 권준식**

요약

본 연구에서는 증강현실 기술을 이용한 사용자 상호작용 기술을 이용하여 터치기반의 게임 시스템을 제안한다. 증강현실 기술은 실세계의 영상에 가상의 객체(이미지, 영상, 텍스트)를 합성하는 기술로서 사용자가 쉽게 인지할 수 있는 장점이 있다. 증강현실 기술은 다양한 분야에서 적용 활용하기 위해서 연구되고 있다. 마커기반과 자연마커 기반의 연구가 진행되고 있는데 자연마커 기반의 연구가 현실에 이질감이 없어서 많이 연구되고 있다. 본 논문에서도 자연마커 기반의 증강현실 기술을 이용하여 게임 시스템을 구현하였다. 또한 시스템에서는 사용자의 터치를 통한 상호작용 기술을 사용함으로써 게임에 몰입할 수 있는 장점이 있다. 터치 기반의 인터페이스는 일반 사용자 환경뿐만 아니라 터치패드나 스마트폰 등의 모바일 기기에서도 활용 가능하다.

키워드 : 증강현실, 게임, 상호작용, 터치, 시스템

Touch-based Gaming System using Augmented Reality Technology

Jae-Young Lee*, Jun-Sik Kwon**

Abstract

In this study, by using the control technique of the user using augmented reality technology, to provide a game system touch-based. The augmented reality technology, can be advantageously used vehicle is easily recognized as a technique for synthesizing (images, video, text) object of the virtual image of the real world. Augmented reality technology has been studied to make the application in various fields. Studies of natural marker-based marker and base are underway, but there is no sense of incongruity in reality research natural marker-based and has been studied much. By using the augmented reality technology natural marker-based In this paper, we implemented a game system. The system also has the advantage that can be absorbed in the game by using the techniques of the interaction through a user's touch. Touch interface-based, are available as well as user environments, even in mobile devices such as smart-phone and touch pad.

Keywords : Augmented Reality, Game, Interaction, Touch, System

1. 서론

유비쿼터스 환경 기술의 하나인 증강현실

(AR:Augmented Reality)은 가상세계와 실세계 사이의 영상들이 정합(registration)되어 사용자에게 보여주는 기술이다. 현실 세계의 정보를 가상 세계의 컴퓨터 그래픽 기술을 이용하여 보충하는 것이다. 하지만, 가상현실과 달리 실세계의 영상을 중심으로 가상의 물체를 정합하여 사용자에게 제공한다.

사용자는 실세계의 영상과 가상 물체가 하나의 영상으로 합쳐서 보게 되고, 사용자는 합성된 영상을 통해서 거대하고 다양한 정보의 확장을 경험하게 된다. 이러한 특징을 기반으로 사람과 컴퓨터의 상호작용 방법과, 참여자 중심의 응용 연구가 이루어지고 있다[1][2]. 이 중 게임에 적

※ 교신저자(Corresponding Author): Jun-Sik Kwon
접수일:2013년 12월 16일, 수정일:2014년 02월 10일
완료일:2014년 02월 26일

* 세명대학교 전기공학과
Tel: +82-43-649-1774, Fax: +82-43-649-1774
email: jaeyoung.smu@gmail.com

** 세명대학교 전기공학과
▣ 본 연구는 세명대학교의 2012학년도 교내연구비 지원에 의해 수행되었음

용하기 위한 다양한 연구를 살펴보면 기존의 키보드나 마우스를 이용하는 방법에서 사용자의 움직임 중심의 상호작용 방법이 연구되고 있다 [3][4]. 테이블 상에서 카드를 이용한 보드게임에 적용한 방법[5][6], 실내·외 환경에서 사용자의 움직임을 추적하는 방법 등의 다양한 연구가 이루어지고 있다[7][8]. 특히 컴퓨터 기반의 연구에서부터 스마트폰 기반으로 연구가 확장 발전되고 있다. 스마트폰에는 전자 나침반(지자기 센서), GPS(Global Positioning System), 가속도 센서 등의 장치가 내장되어 이들 장치의 정보를 이용하여 실제세계의 영상의 위치 정보를 정확히 분석하여 가상의 물체를 정합하는 것이다[9][10]. 기존의 스마트폰에서 사용된 증강현실 어플리케이션들은 GPS를 이용하여 쉽게 원하는 위치에 합성을 하였지만, 이것은 카메라 입력 영상의 원하는 위치에 정합한 것이 아닌 단순한 합성이 대부분이다. 이러한 단순 합성은 사용자가 영상을 보는데 있어서 신기함은 줄 수 있지만, 어색하고 이질감을 느끼게 되는 문제가 발생한다. 이는 실제세계의 영상은 3차원 좌표계 기반의 객체 정합을 하는데 센서를 이용한 위치 추정기술은 이러한 3차원 좌표계 기반이 아니기 때문이다. 이에 반해서 카메라 입력 영상 기반의 정합 방법은 영상에서 3차원 기하학 정보를 취득하는 기술이 기반이 되고 있다. 이를 위해서 2차원 공간, 실제 좌표계 공간 및 3차원 공간 사이의 사영 관계를 계산하여 카메라 자세 정보를 취득한다. 이렇게 취득된 카메라 자세 정보를 이용해 3차원 물체를 정합시킴으로써 증강현실 시스템을 구성한다.

본 논문에서는 위의 연구들처럼 패턴을 이용한 문제점을 해결하고, 카메라 입력 영상에서 특징을 추출하고 자세를 계산하여 증강현실을 구현하여, 이를 기반으로 사용자 터치 기반의 증강현실 게임을 구현하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 컴퓨터 비전 기술을 이용한 정보 추정 기법에 대해서 설명한다. 그리고 3장에서 제안된 기법에 대한 실험 결과를 보이고, 4장에서 결론 및 향후 연구 계획을 논한다.

2. 제안된 방법

2.1 특징점 검출 및 추적

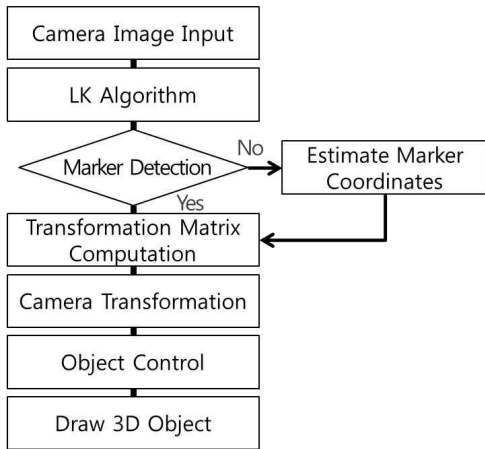
카메라 입력 영상에서 검출한 특징은 프레임마다 같은 환경내의 특징으로 검출하는 것이 정확하기 때문에, 일반적으로 영상의 밝기 값의 변화가 큰 미분 계수를 갖는 특징을 가지는 코너 점을 검출하는 것이 일반적이다. 제안하는 알고리즘에서는 추적하기 좋은 특징점을 검출하기 위해 Shi-Tomasi[11] 검출 방법을 사용한다. 자주 사용되는 해리스 코너 검출 방법(Harris corner detection)은 영상 밝기 값의 2차 미분 값을 이용한다. 영상 내 화소들에서 2차 미분으로 구성된 헤시안 행렬(hessian matrix)의 고유값(eigenvalue)이 모두 큰 값을 가질 경우 해당 화소를 코너라고 간주하는데, 2차 미분 영상은 균일한 기울기(gradient)에서 값을 가지지 않기 때문에 코너 검출에 유용하다. Shi-Tomasi 코너 검출 방법은 헤시안 행렬에서 2개의 고유 값을 작은 고유 값의 크기가 정해진 임계치보다 큰 경우 해당 화소를 추적하기 좋은 대상으로 판별한다. 검출한 특징점을 이용하여 기하학적 정보를 추정하기 위해서는 일반적인 화소 좌표를 나타내는 정수형 대신에 실수형의 좌표를 사용해야 한다. 영상에서 정점(peak)을 찾을 때, 이 점이 화소의 정중앙에 위치하는 경우는 드물기 때문에, 서브 픽셀 코너 검출방법(sub-pixel corner detection)[12]을 사용하는데, 포물선과 같은 모양의 곡선을 이용하여 화소들 사이에 존재하는 정점의 좌표값을 찾는다.

$$\frac{\partial I}{\partial x} \left(\frac{\partial x}{\partial t} \right) + \frac{\partial I}{\partial y} \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right) + \frac{\partial I}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial I}{\partial x} = I_x, \quad \frac{\partial I}{\partial y} = I_y, \quad \frac{\partial I}{\partial t} = I_t, \quad \frac{\partial x}{\partial t} = u, \quad \frac{\partial y}{\partial t} = v$$

$$\begin{bmatrix} I_x(p_1) & I_y(p_1) \\ I_x(p_2) & I_y(p_2) \\ \dots & \dots \\ I_x(p_{25}) & I_y(p_{25}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \sum I_x I_t \\ \sum I_y I_t \end{bmatrix} \quad (2)$$

(그림 1) 제안된 방법의 블록도



(Figure 1) A Block diagram of the proposed system

대상되는 특징점을 추적하는 방법으로는 LKT(Lukas-Kanade Tracker)[13]를 사용하게 된다. 이 방법은 미리 정해진 화소들 위에 씌워진 작은 크기의 마스크들로부터 얻은 지역 정보만을 이용하고, 추적할 점도 미리 정하여 수행하는 희소 광류 방식(sparse optical flow)이다. LKT는 밝기 항상성(brightness constancy), 시간 지속성(temporal persistence), 공간 일관성(spatial coherence)의 3가지 가정에 기초를 둔다. 밝기 항상성은 연속된 특정 화소들의 밝기 값이 다른 시간의 프레임에도 일정하다는 가정이다. 따라서 식 (1)에서 시간축 t에 대한 편미분 값이 0이다. 이를 통해 동일한 밝기 값을 가진 영역을 추적함으로써 연속된 프레임 간의 속도의 양을 계산할 수 있다. I_x, I_y, I_t 는 각각 x, y, 시간축의 편미분 결과이고, u, v는 x, y축의 좌표 변화량을 의미한다. 공간 일관성은 시간에 따라 이동 변화량을 갖는 특정 화소의 주변 화소들이 일관된 좌표의 변화량을 가질 것이라는 가정이다. 식 (1)에서 하나의 함수로 두 개의 변수(u, v)를 계산할 수 없기에 근방 25개의 화소들이 동일한 변화량을 갖는다는 가정으로 식 (2)과 같이 변수 u, v의 값을 최소자승법을 통해 계산할 수 있다.

LKT는 시간 변화량에 비해서 좌표 변화량이 크지 않다는 시간 지속성을 가정하여 작은 지역 윈도우 영역을 사용하기 때문에 연산속도가 빠

르다. 하지만 작은 지역 윈도우 크기보다 큰 움직임이 발생하였을 경우에는 움직임을 계산하지 못하는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 가우시안 영상 피라미드(gaussian image pyramid)를 이용한 방법이 사용된다. 본 영상으로부터 가우시안 영상 피라미드를 구성하고, 크기가 작은 계층에서 추적을 시작하여 점점 크기가 큰 계층으로 갈수록 추적 변화량을 누적하여, 제한된 크기의 윈도우를 사용하여도 급격한 좌표의 변화량을 검출할 수 있다[14][15].

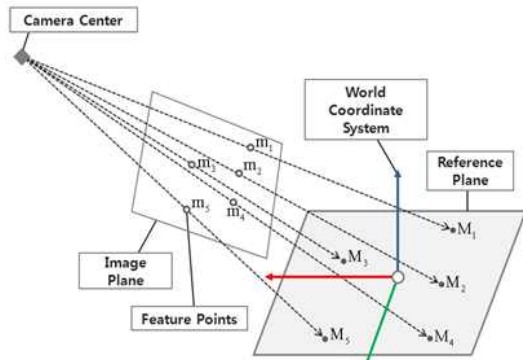
2.2 카메라 자세 정보 계산

3차원 객체 정합은 2차원 좌표 값에 대한 3차원 공간으로의 역사영(back-projection)을 통하여 계산된다. 제안된 시스템은 취득한 영상에서 검출한 특징점의 2차원 좌표를 3차원 공간의 좌표로 변환하는 초기화 단계가 선행된다. 카메라 입력영상에서 검출한 좌표 값은 2차원이기에, 이를 3차원 공간으로 변환할 때 깊이 값(z축)이 모두 0이라는 가정을 한다. 만약 검출된 특징 화소들이 동일 평면에 위치하지 않을 경우 오차가 생길 수 있다는 문제점을 갖는다. 이러한 이유 때문에 제안하는 방법에서는 책상 위와 같이 비교적 평평한 배경영상에서 수행된다는 전제가 필요하다. 이후 연속된 프레임에서 취득한 특징점의 2차원 좌표와 초기화 단계에서 취득한 3차원 공간의 좌표의 관계를 통해서 카메라의 자세 정보를 계산한다. (그림 2)와 같이 3차원 좌표인 $\mathbf{M} = (X, Y, Z)$ 와 2차원 영상의 좌표인 $\mathbf{m} = (x, y)$ 의 동차좌표계를 $\tilde{\mathbf{M}} = [X\ Y\ Z\ 1]^T$ 과 $\tilde{\mathbf{m}} = [x\ y\ 1]^T$ 이라고 할 때, 이들 사이의 사영 관계는 3×4 카메라 행렬 $\tilde{\mathbf{P}}$ 에 의해서 식 (3)과 같이 정의 된다.

$$\tilde{\mathbf{m}} = \lambda \tilde{\mathbf{P}} \tilde{\mathbf{M}} = \lambda \mathbf{K} [\mathbf{R} | \mathbf{t}] \tilde{\mathbf{M}} = \lambda \mathbf{K} [\mathbf{r}_1 \mathbf{r}_2 \mathbf{r}_3 | \mathbf{t}] \tilde{\mathbf{M}} \quad (3)$$

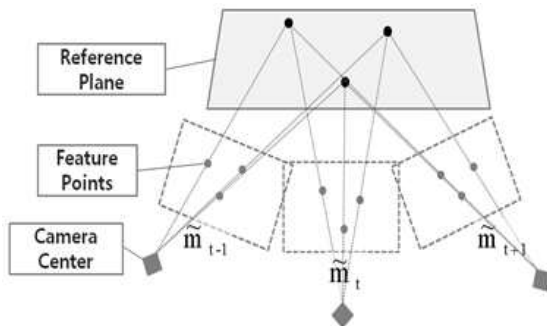
$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} f_x & s & x_0 \\ 0 & f_y & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

(그림 2) 배경과 카메라 영상 사이의 기하학적 관계



(Figure 2) Geometric relationship between features and an image taken by camera

(그림 3) 연속된 배경 영상 사이의 사영관계



(Figure 3) Projective geometry of input image sequences

λ 는 사영 행렬 \tilde{P} 에 대한 스케일 변수이며, R 은 카메라의 회전 변위에 의한 3×3 행렬이다. 또한 \tilde{P} 는 행렬의 i 번째 열(column)을 나타내며, t 는 카메라의 이동을 의미하는 3×1 이동 벡터(translation vector)이다. 또한 3×3 행렬 K 는 카메라의 내부 파라미터(intrinsic parameter)를 원소로 갖는 카메라 교정 행렬을 나타내는 정칙 행렬(non-singular matrix)이며, 일반적으로 다음과 같이 정의된다. 식 (4)의 행렬에서 f_x, f_y 는 영상의 각 좌표 축 방향으로의 스케일 값을 의미하며, s 는 영상에 대한 비틀림 파라미터(skew parameter)이다. 그리고 (x_0, y_0) 는 영상의 주점(principal point)을 나타낸다. 식 (4)의 카메라 행렬을 구하기 위해서는 일반적으로 별도의 카

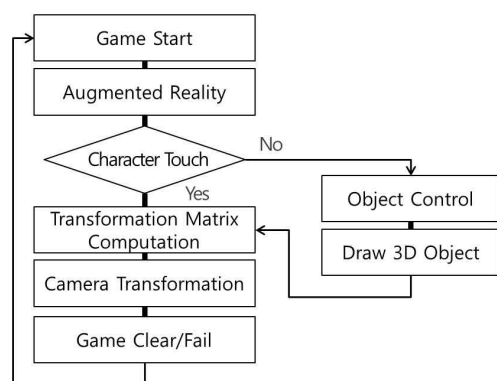
메라 교정이 필요하다. 본 논문에서는 Zhang[16]이 제안한 카메라 교정 기법을 이용하여 카메라 행렬을 구한다.

Zhang의 카메라 교정 기법은 무한 평면상의 절대점(absolute points)이 갖는 특징 중 하나인 등거리 변환(isometric transformation)에 대한 불변성(invariance)을 이용하여 영상으로 사영되는 IAC(Image of Absolute Conic) ω 를 계산한 다음, $\omega^{-1} = KKT$ 의 관계로부터 카메라의 내부 파라미터 행렬을 구한다. 따라서 Zhang의 기법의 구현을 위해서는 서로 다른 방향 및 위치를 갖는 동일 평면에 대한 3장 이상의 영상이 필요하다[17][18].

2.3 터치 기반의 상호작용

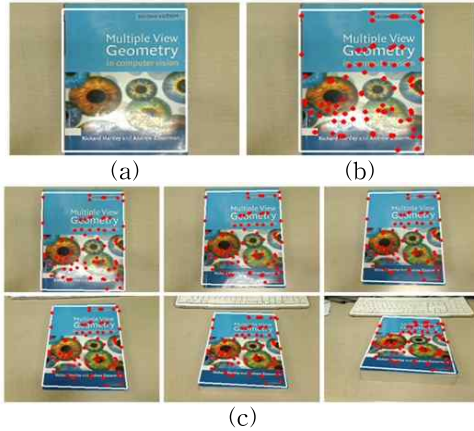
사용자의 입력을 이용한 상호작용을 위해서 일정좌표의 클릭 이벤트를 사용하고자 한다. 이는 일반적인 디스플레이 장치에서는 마우스를 이용한 클릭으로 사용할 수 있고, 스마트폰이 등의 터치 기반의 디스플레이 장치에서는 손가락이나 펜을 이용한 터치로 유용하게 활용할 수 있다. 이러한 터치 기반의 상호작용을 위해서 화면에서 움직임의 좌표를 추적하는 작업이 필요하게 되는데, 장치에서 좌표를 쉽게 얻을 수 있는 마우스의 이동 및 클릭 정보와 화면에 터치를 가했을 때 얻게되는 화면상의 좌표를 기반으로 사용한다. 이를 활용하여 제안하는 증강현실 게임 시스템에서는 움직이는 가상의 객체(캐릭터)를 클릭이나 터치를 이용하여 선택을 하게 된다.

(그림 4) 증강현실 게임 알고리즘



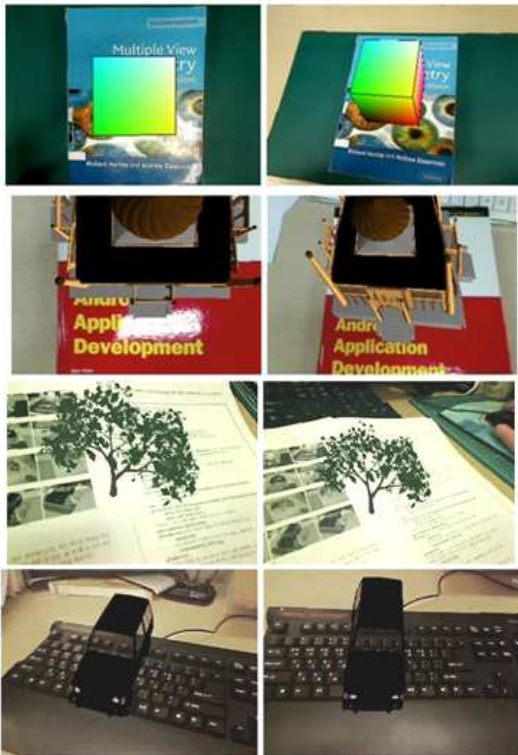
(Figure 4) AR game Algorithm

(그림 5) 특징점 검출 및 추적 (a) 검출영역 (b) 특징점 검출 (c) 특징점 추적



(Figure 5) Result of feature detection and tracking (a) detection area (b) feature detection (c) feature tracking

(그림 6) 다른 평면에서 3차원 객체 정합 결과



(Figure 6) Rendering results of 3D objects on the other planes

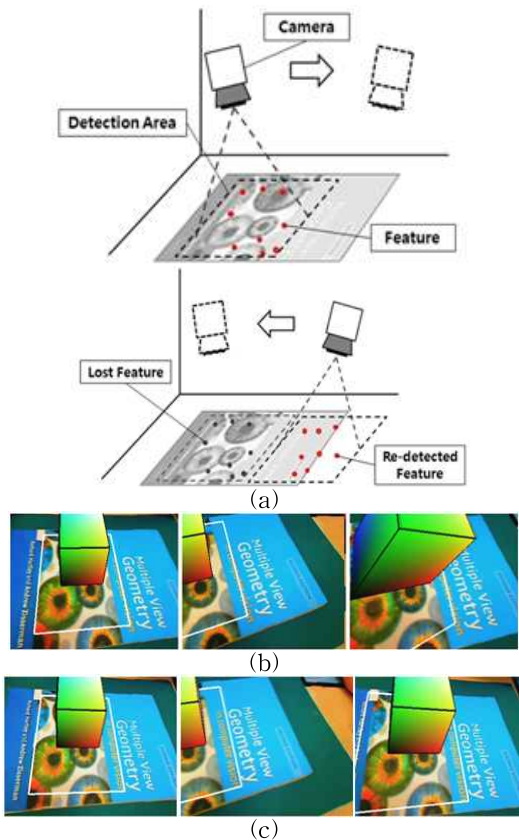
2. 실험 및 평가

모든 실험은 Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU 2.93GHz, 4GB이고, 320×240 해상도와 초당 30프레임으로 작동되는 USB 카메라를 이용하여 수행되었다.

카메라 입력 영상에서 특징영역을 사용하기 위해 (그림 5(a))와 같이 흰색의 가이드라인을 이용하여 해당 영역의 특징점을 검출한다. 검출된 특징점을 이용하여 3차원 공간상의 좌표를 추정할 때, 해당 좌표의 깊이 값(z축)을 0으로 지정하면 특징점이 검출된 평면은 카메라가 바라보는 방향과 수직으로 나타난다. 따라서 가상의 3차원 객체는 배경 영상에 수직방향으로 정합된다. (그림 5(b))의 흰색 선은 선택영역이고, 점은 검출된 특징점으로, 첫 프레임에서 검출한 특징점을 이후 프레임에서 추적한 결과는 (그림 5(c))이다. 특징점은 LKT 방법을 통해 추적된 특징점들의 결과이고, 흰색 선은 추적된 특징점 좌표 결과에 따라 최초 특징점이 검출된 프레임에서의 선택영역이 변화된 것이다.

(그림 6)에서는 여러 가지 평면에 특징영역을 정하고 3차원 객체를 정합시킨 결과이다. (그림 10(a))와 같이 검출한 특징점이 입력되는 영상의 영역을 넘어설 때, LKT 방법은 해당 특징점을 더 이상 추적할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 특징점을 재검출하여 객체 정합을 유지할 수 있다. (그림 7(b))는 기존 방법의 객체 정합 결과이다. 잃어버린 특징점으로 인해 객체 정합이 불완전한 결과를 확인할 수 있다. (그림 7(c))는 제안된 방법의 객체 정합 결과이다. 기존의 방법보다 안정적인 객체 정합의 결과를 확인할 수 있다.

(그림 7) 특징점 재검출을 통한 객체 정합 (a) 카메라 이동 및 특징점 검출 (b) 기존 방법의 정합 결과 (c) 제안된 방법의 정합 결과



(Figure 7) Rendering results using with features re-detection (a) camera movements and feature detection (b) Results of the previous method (c) Result of the proposed method

<표 1> 시스템 수행 속도

Process	initialization	Process(Frame/Sec.)		
	Feature Detection	Feature Tracking	Camera pose	Rendering
ms	77.15 (70 points)	6.58 (70 points)	0.63	1.01

<Table 1> System Pocessing Speed(ms)

<표 1> 에서는 제안된 시스템의 수행속도를 나타내고 있다. 수행 속도 측정은 300프레임을 가지고 과정에서 측정된 결과의 평균을 나타낸다. 특징점 검출과 특징점 추적의 수행 속도는 사용되는 특징점 개수에 따라 민감하게 영향을 받기 때문에, 70개의 특징점을 기준으로 측정하였다. 초기화 단계의 특징점 검출 시간은 시스템이 시작되는 최초 한번만 수행되고, 이후 연속된 프레임에서 수행되는 다른 과정인 특징점 추적, 카메라 자세정보 연산과 렌더링 수행 시간은 10ms 넘지 않는다. 이는 시스템에서 초당 30프레임 이상의 속도가 나올 수 있음을 나타내게 되고 실시간 적용이 가능하다는 것을 보여준다.

(그림 8) 게임에 적용된 자연마커 기반의 증강현실 시스템



(Figure 8) Augmented reality system of markerless-based that have been applied to the game

3. 결론 및 추후연구

본 논문에서는 약속되어진 패턴 형태인 마커를 이용하지 않고 입력 영상에서 기준이 되는 평면을 이용한 증강현실 게임 시스템을 제안하였다. 시스템을 구성하기 위해 입력 영상에서 특징점들을 추출하였고, 이 점들을 이용하여 3차원 좌표계를 추정하였다. 이후 특징점의 좌표계와 3차원 좌표계와의 관계를 통하여 가상의 객체를

정합하였다. 이 경우 특징점을 찾지 못하거나 잃어버리는 경우 재검출을 통하여 증강현실 시스템을 유지하였다. 이를 통하여 사용자 상호작용이 적용된 증강현실 게임시스템을 적용하였다. 사용자가 가상의 객체에 클릭이나 터치등의 입력이 적용되었을 때 이를 활용하여 하나의 게임을 완성하였다. 제안된 방법은 기존에 마커를 이용한 증강현실 시스템보다 사용자에게 자연스럽게 다가갈 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 게임알고리즘에 적용을 하는데 있어서도 빠른 연산속도로 수행되어 적용이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이와 같은 장점이 있기 때문에 모바일 장치에서도 유용하게 사용될 수 있을 것으로 예상된다. 추후 연구로 이러한 기법들의 모바일 적용과 더욱 강건한 특징을 검출하는 방법을 적용하여 시스템의 정확도와 안정성을 높일 수 있는 연구를 진행할 것이다.

References

- [1] Nilsen, T., Looser, J., "Tankwar tabletop war gaming in augmented reality," Proceedings of 2nd International Workshop on Pervasive Gaming Applications, 2005.
- [2] G.Y. Seo, "A study on the utilization methods of educational content based on the analysis of mobile games," Journal of Digital Contents Society, Vol.14 No.2 pp.125-134 Jun. 2013.
- [3] Cheok, A.D., Fong, S.W., Goh, K.H., Yang, X., Liu, w., Farzbiz, F., Li, Y., "Human Pacman : A mobile entertainment system with ubiquitous computing and tangible interaction over a wide outdoor area," Mobile HCI 2003, pp.,209-224, 2003.
- [4] Dong, Q., Sun, Z., Namee, B.M., "Physic-based tabletop mixed reality game", Conference of the International Simulation & Gaming Association, 2008.
- [5] S.H. Lee, S.K. Lee and J.S. Choi, "Real-time camera tracking using a particle filter and multiple feature trackers," Games Innovations Conference, 2009. ICE-GIC 2009. International IEEE Consumer Electronics Society's, pp. 29-36, Aug. 2009.
- [6] Peter Keitler, "Mobile Augmented Reality based 3D Snapshots," in Proc. IEEE and ACM International Symposium Mixed and Augmented Reality, pp. 199-200, 2009.
- [7] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julie r and B. Macintyre, "Recent Advances in Augmented Reality," IEEE Computer Graphic and Application s, pp. 34-47, 2001.
- [8] Hyung-Min Park, Jae-Young Lee, Seok-Han Lee, Jong-Soo Choi, "Gaze Interaction Using Half Blink Selection and The Wearable AR System," Journal of the institute of electronics engineers of Korea, Vol. 46, No.5, pp. 91-100, 2009.
- [9] A. Davison, I. Reid, N. Morton and O. Stasse, "Monoslam: Real-time single camera slam," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 29, no.6, pp. 1052-1067, Jun. 2007.
- [10] D. Wanger, T. Langlotz and D. Schmalstieg, "Robust and Unobtrusive Marker Tracking on Mobile Phones," in Proc. IEEE and ACM International Symposium Mixed and Augmented Reality, pp. 225-234, Sep. 2008.
- [11] J. Shi and C. Tomasi, "Good features to track," IEEE Proc. Conf Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 293-300, Jun. 1994.
- [12] Dazhi Chen, Guangjun Zhang, "A New Sub-Pixel Detector for X-Corners in Camera Calibration Targets," International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, 2005.
- [13] J-Y. Bouguet, "Pyramidal Implementation of the Lucas Kanade Feature Tracker," Intel Corporation, Microprocessor Research Labs, 2000.
- [14] J. Barron, N. Thacker, "Computing 2D and 3D Optic

al Flow," Tina-Vision, 2005.

- [15] G. Bradski, A. Kaehler, "Learning Opencv: Computer Vision with the Opencv Library," O'REILLY, 2008.
- [16] Z. Zhang, "Flexible New Technique for Camera Calibration," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 7, pp. 1330-1334, Nov. 2000.
- [17] R. Hartley and A. Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision," Cambridge Univ. Press, 2003.
- [18] O. Faugeras, "Three-Dimensional Computer Vision," The MIT Press, 1993.



권준식

1986년 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 1995년 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학박사)

1986년 ~ 1987년: 현대전자
 1987년 ~ 1991년: 금성통신
 1995년 ~ 현재: 세명대학교 전기공학과 교수
 관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터비전, 수리형태학, 영상정보은닉 등



이재영

2007년: 중앙대학교 첨단영상대학원(공학석사)
 2013년: 중앙대학교 첨단영상대학원(공학박사)

2007년 ~ 현재: 세명대학교 전기공학과 강사
 2010년 ~ 현재: 남서울대학교 멀티미디어학과 강사
 2013년 ~ 현재: 강남대학교 컴퓨터미디어정보공학부 강사
 관심분야: 영상처리, 증강현실, 상호작용, 모바일증강현실 등