

가상 건축물 시뮬레이션을 위한 클라이언트 중심의 모바일 증강현실 시스템

김은미[†], 임순범^{**}

요 약

최근 증강현실 기술을 이용하여 시공 전의 건축물이나 복원 중인 문화재를 확인하기 위한 연구들이 진행되어 왔다. 기존의 연구들은 특수 장비를 사용하거나 실외의 장거리에서 사용이 어려운 마커를 사용하였으며, 때면 서버에서 가상 객체의 변환을 계산하므로 서버 부하가 우려되기도 한다. 본 논문에서 제안하는 모바일 증강현실 시스템은 휴대폰의 GPS와 가속도 센서를 이용하여 마커 없이도 사용자의 위치 및 방향을 판단하며, 최대한 서버의 부하가 적도록 설계하였다. 서버는 클라이언트로부터 얻은 GPS의 위치정보와 카메라의 영상정보를 미리 정의되어 있는 3D 객체와 비교를 하여 위치와 방향을 판단한다. 그리고 계산된 위치와 방향의 가상 건축물 정보와 정합정보를 클라이언트로 전송하면 이를 받아 카메라 영상 위에 정합한다. 이후에는 서버와 추가적인 접속 없이 클라이언트 내에서 가속도 센서로 감지한 사용자의 움직임에 따라 가상 건축물의 변환을 수행할 수 있다.

Client-Centered Mobile Augmented Reality System for Virtual Building Simulation

Eun-Mi Kim[†], Soon-Bum Lim^{**}

ABSTRACT

Recently augmented reality technology has been researched to view the virtual shape of buildings before construction or cultural heritages under recovery. Those researches used special devices or markers that are not applicable in long distanced outdoor environment. Also the server had to compute a lot of transformations for the location changes of virtual objects. This paper proposed a mobile augmented reality system that uses GPS and accelerometer sensors in order to compute the virtual object's locations without using markers. The server determines the position and orientation by comparing the GPS data obtained from the client with the predefined 3D object informations in the server. If the server sends the virtual object informations such as the position, orientation and matching information, then the client matches the virtual object on the screen of mobile camera phone. In addition, the client computes the transformations of location change detected by the accelerometer derived from the user's movement without additional connection to the server.

Key words: Mobile Device(모바일 기기), Augmented Reality(증강현실), Virtual Building(가상 건축물) GPS(Global Positioning System), Accelerometer(가속도 센서), Client Centered Computing(클라이언트 중심 컴퓨팅)

※ 교신저자(Corresponding Author): 임순범, 주소: 서울특별시 용산구 청파동2가 53-12(140-742), 전화: 02)710-9424, FAX: 02)710-9704, E-mail: sblim@sookmyung.ac.kr
접수일: 2007년 10월 5일, 완료일: 2007년 12월 7일
[†] 정회원, (주)한글과 컴퓨터

(E-mail: vies00@hanmail.net)
^{**} 중신회원, 숙명여자대학교 멀티미디어학과 교수
※ 본 연구는 숙명여자대학교 2006년도 교내 연구비 지원에 의해 수행되었음.

1. 서론

최근 컴퓨터 그래픽 기술을 이용하여 시공 전의 건축물이나 복원중인 문화재를 확인하기 위한 연구들이 진행되어 왔다. 이러한 연구는 모델하우스 제작이나 직접적인 복원에 들어가는 막대한 비용을 줄이고 시행착오나 설계오류 등을 줄일 수 있다는 점에서 매우 유용하다. 그러나 가상 건축물 뷰어를 위한 대부분의 연구들이 데스크탑에서 VRML 또는 X3D와 같은 인터넷 기반의 3D 그래픽 언어를 사용하는 방법을 이용하고 있다. 이러한 방법은 시공 중인 장소에서 바로 확인할 수 있는 것이 아니라 사용자가 따로 데스크탑에서 살펴보아야 하므로 현장감과 몰입감이 떨어진다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 사용자의 현실감과 몰입감을 더욱 증대시킬 수 있도록 모바일 기기에서 증강현실 기법을 적용하였다. 즉, 사용자가 눈으로 보는 현실 세계와 부가 정보를 표현하는 가상 세계를 겹쳐서 볼 수 있는 가상 건축물 뷰어를 구축하였다.

기존의 증강현실 연구들은, 사용자의 움직임에 따른 가상 객체의 변환을 수행하기 위하여 매번 서버에서 영상을 분석하기 때문에 계산량이 많아 서버에 부하가 많다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 서버에서의 지속적인 영상 분석 없이도 가상 객체의 변환을 수행할 수 있도록 모바일 기기에 부착된 GPS(Global Positioning System)와 가속도 센서를 이용하여 증강현실 시스템을 구현하는 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 가상 건축물 뷰어를 위해 증강현실을 이용한 연구들을 살펴본다. 3장에서는 본 시스템의 목표와 시스템 구조를 제안한다. 4장에서는 제안한 시스템 구조를 기반으로 한 시스템 설계와 구현방법에 대해 설명하고, 5장에서는 구현 결과를 살펴본다.

2. 관련 연구

증강현실이란 실세계와 가상세계를 실시간으로 혼합하여 보다 나은 현실감이나 몰입감을 제공함으로써 현실세계를 보완하는 기술이다[1]. 본 장에서는 가상 건축물 뷰어를 위해, 장비기반의 증강현실 및 비전기술을 기반으로 하는 증강현실 연구들과 모바

일 기기를 이용하여 증강현실을 구축하는 연구들을 살펴보았다. 그리고 실외에서 증강현실을 구축할 때 고려해야 할 점이 무엇인지 알아보았다.

2.1 장비 기반의 증강현실 시스템

장비 기반 증강현실 시스템에서는 GPS, 자이로스코프, 지자기센서, 경사센서 등 각종 센서를 이용하여 가상 객체의 혼합될 위치 및 방향을 판단하고, 이를 HMD(Head Mounted Display)와 같은 특수 장비를 통하여 확인한다.

그림 1의 'Touring Machine'은 사용자에게 건물들에 대한 안내 정보를 제공하는 장비 기반의 증강현실 시스템이다[2]. 사용자는 각종 센서를 부착한 트래커와 배터리 및 컴퓨터를 들고 있다. HMD를 통해 각 빌딩 위에 디스플레이 된 메뉴를 선택하면 자신의 위치와 해당 건물이나 건물 내의 각 부서에 대한 설명을 얻을 수 있다.

이러한 장비 기반의 증강현실 시스템은 각종 센서를 사용하여 사용자의 움직임을 빠르게 측정할 수 있다. 그러나 센서의 오차로 인해 정확한 정합을 수행할 수 없다는 문제점이 있다. 또한 각종 센서와 기기를 몸에 부착하는 방식으로 구현되었기 때문에 휴대가 불편하며 시스템을 구축하는데 많은 비용이 들어간다는 단점이 있다.

2.2 비전 기반의 증강현실 시스템

비전 기반 증강현실 시스템에서는 사용자 시야 내 실세계의 영상을 분석하기 위하여 각종 센서 대신에 컴퓨터에서 비전기법을 이용하여 가상 객체의 혼합시킬 위치 및 방향을 판단한다. 그림 2(a)의 'SignPost'



그림 1. 장비기반 증강현실 시스템 'Touring Machine'



(a) 'SignPost' 시스템 (b) 'VICNAS' 시스템

그림 2. 비전기반 증강현실 시스템의 예

는 낮은 건물 내의 사용자에게 가이드를 제공하기 위한 비전 기반의 증강현실 시스템이다[3]. HMD를 통하여 건물 벽에 부착되어 있는 특수한 마커로부터 사용자의 위치를 파악하여 길 안내를 받을 수 있다.

이 시스템은 미리 정의된 특별한 마커를 이용하여 건물 내에 표기함으로써 가상 객체가 혼합될 위치 및 방향을 정확히 판단할 수 있다. 그러나 사용자의 움직임에 따라 매번 영상 분석을 수행하게 되어 계산량이 많아진다. 또한 증강될 실세계에 마커를 일일이 원하는 위치에 표식을 한다는 것은 효율적이지 못하며, 실외의 장거리에서 인식할 수 있는 마커의 크기에도 한계가 있다는 단점이 있다.

한편, 마커를 이용하지 않고 실영상 자체를 분석하여 정합에 필요한 정보를 추출하는 연구도 진행되고 있다. 그림 2(b)의 'VICNAS'는 실제 영상에 가상 안내 정보를 정합하여 지리 정보를 사용자에게 제공하는 시스템이다. 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 도로의 경계선을 찾은 후에 다양한 정보를 방향에 맞추어 도로 위에 제시하고, 건물과 도로에 관한 부가 정보를 영상에 정합시키는 시스템이다[4].

이 시스템은 실영상 내의 실 객체를 분석하여 위치 및 방향을 판단하므로 정확한 정합을 수행할 수 있으며, 마커를 사용하면서 발생하는 문제점들을 피할 수 있다. 그러나 'SignPost'와 마찬가지로 사용자의 움직임에 따라 매번 영상을 분석해야 하므로 계산량이 많아진다는 문제점이 있다.

2.3 모바일 기기를 이용한 증강현실

이전까지 증강현실 시스템은 HMD나 각종 센서를 부착한 트래커, 노트북과 배터리 등으로 구현되어 왔다. 따라서 사용자가 실외에는 휴대하기 힘들고 높



그림 3. 모바일 증강현실의 'Invisible Train'

은 비용으로 보급이 어렵다는 문제점이 있었다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서, 비교적 저렴하고 휴대가 간편한 모바일 기기를 사용하여 증강현실을 구축하고자 하는 연구들이 진행되고 있다[5,6].

그림 3의 'Invisible Train'은 휴대 단말기와 특수 마커를 이용하여 증강현실을 구축하는 방법에 관한 연구이다[5]. 'Invisible Train'은 미니어처로 제작된 트랙 위에 놓인 특수 마커로부터 가상 열차의 위치를 감지하고, 사용자들은 PDA로 가상 열차의 움직임을 제어할 수 있다.

일반적으로 모바일 증강현실 시스템은 가상 객체의 위치계산을 위해 매번 서버에서 영상 분석을 수행한다. 따라서 계산량이 많아 서버 부하의 우려가 있으며, 그에 따른 지연시간이 발생하여 사용자의 움직임에 효과적으로 대응하지 못한다는 문제점이 있다. 또한 마커를 이용하였기 때문에, 가상 객체가 나타날 곳에 항상 마커를 위치시켜야 하고 실외의 장거리에서 인식하기에는 한계가 있다는 마커의 문제점을 그대로 안고 있다.

3. 시스템 목표 및 구성

3.1 시스템 목표

본 논문에서는 모바일 기기와 그에 부착된 센서를 활용하여 가상 건축물 뷰어를 위한 모바일 증강현실 시스템을 구축하였다. 제안된 시스템은 사용자의 움직임에 따라 매번 같은 과정을 반복하여 영상정합을 수행하는 기존 시스템과는 달리, 클라이언트의 모바일 기기 내에 부착된 가속도 센서를 이용하여 사용자의 움직임을 감지할 수 있도록 설계하였다. 따라서 서버와의 잦은 접속 없이도 가상 객체의 변환을 수행할 수 있는 클라이언트 중심의 모바일 증강현실 시스

템을 구현하고자 하였다.

또한 전문적인 장비대신 모바일 기기에 부착되어 있는 GPS(Global Positioning System)와 가속도 센서를 활용하여 객체의 위치 및 방향을 판단하였다. GPS는 이미 많은 모바일 기기에서 사용되고 있으며, 가속도 센서를 부착한 단말기가 증가 추세에 있다. 이렇게 이미 활용되고 있는 모바일 기기의 센서를 사용하여, 따로 장비가 필요하거나 추가적인 비용이 들어야 하는 문제점들을 피하고자 하였다.

3.2 시스템 구성

본 시스템은 카메라, GPS, 가속도 센서를 갖춘 모바일 기기의 클라이언트와 정합시키고자 하는 가상 건축물 데이터를 저장한 서버로 이루어져 있다. 그림 4는 본 논문에서 제안하는 가상 건축물 뷰어의 시스템 구성도를 보여준다.

클라이언트의 구성은 사용자의 위치를 얻는 GPS 센서 처리부, 사용자의 움직임을 감지하고 계산하는 가속도 센서 처리부, 정합에 쓰일 영상을 받아 처리하는 카메라 영상 처리부로 이루어져 있다. 또한 가상 건축물 정보를 전송받아서 카메라 영상 이미지에 정합시키는 3D 렌더링 및 정합 부분으로 구성된다.

서버는 실세계의 모습을 구현한 3D GIS, 사용자로부터 위치데이터와 영상 정보를 받아 3D GIS와의 비교를 통해 정확한 정합 위치를 계산하는 위치 선정 및 보정 부분, 그리고 가상 건축물을 검색하여 전송

하는 부분으로 구성되어 있다.

4. 시스템 설계 및 구현

시스템이 작동하는 과정을 살펴보면, 우선 서버는 클라이언트의 GPS로 획득한 위치 정보와 카메라로 받아들인 실영상으로 사용자의 위치 및 방향을 판단한다. 그리고 사용자 시야 내의 가상 객체를 찾아내어 정합 정보와 함께 클라이언트로 전송한다. 클라이언트에서는 서버로부터 전송받은 가상 객체를 카메라의 실영상에 정합시킨 후, 가속도 센서로 감지한 모바일 기기의 움직임에 따라 가상 객체의 회전 및 변환을 수행한다.

4.1 서버에서의 영상정합

4.1.1 GPS를 이용한 초기 위치 및 방향 판단

가상 객체를 실영상 위에 정합하기 위해서는 클라이언트의 3차원 공간의 위치 뿐 아니라 방향을 나타내는 데이터도 필요하다. 이를 위해 본 시스템에서는 GPS를 이용하여 이동하는 사용자의 위치 정보를 계산한 후 공간상의 위치와 방향 정보를 판단하고자 하였다.

GPS를 이용하여 초기 방향을 판단하는 방법은 차량 네비게이션의 GPS에서와 같은 방법으로 사용자의 움직임을 이용하여 계산하였다. 클라이언트는 GPS 수신기를 장착한 모바일 기기를 든 채 서버로 위치 값을 전송하고, 시야 방향으로 한 걸음 이동한

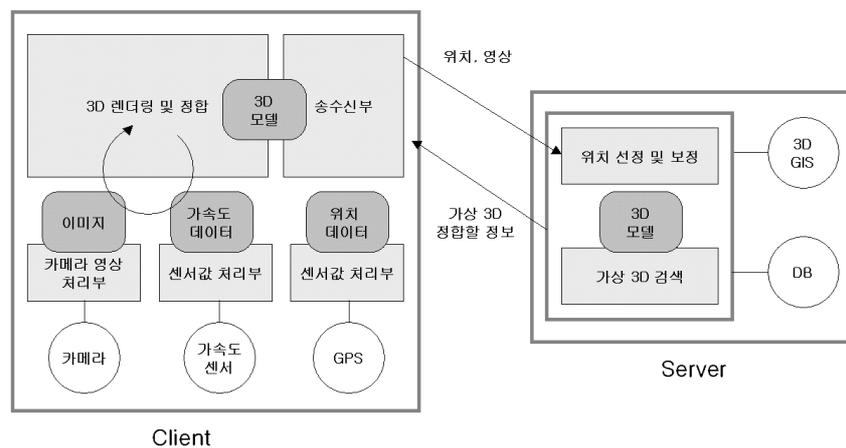


그림 4. 제안된 모바일 증강현실 시스템 구성도

후에 한 번 더 서버로 위치 값을 전송한다. 이렇게 클라이언트에게서 받아들인 두 개의 위치 값으로 서버는 클라이언트의 초기 위치와 방향을 판단하게 된다.

그러나 이렇게 GPS를 이용하여 사용자의 위치 및 방향을 판단하는 방법은 센서 자체의 오차로 인해 정확하지 못하다는 단점이 있다. 따라서 가상 객체의 정확한 정합을 수행하기 위해서 클라이언트 카메라로부터 받아들인 실영상을 분석하여 위치를 보정하는 과정이 필요하다.

4.1.2 영상처리를 이용한 위치 보정

실영상의 하늘 영역을 추출하기 위한 방안으로 본 논문에서는 건물의 윤곽선을 찾아 하늘 부분을 추출해 내고자 한다. 윤곽선을 찾는 방법에는 Sobel 에지 검출, Prewitt 에지 검출, Robert 에지 검출 방법이 있으나 여기에서는 모바일 기기의 카메라의 성능을 고려하여 잡음에 강한 Sobel 에지 검출을 이용하였다[7].

그림 5는 에지 검출을 수행한 결과로, 왼쪽은 클라이언트의 카메라로부터 얻은 실영상을 나타낸 화면이며, 오른쪽은 에지 검출 후 각 점에서의 에지 값을 경계(threshold)값에 따라 흑백으로 나누어 불필요한 부분을 삭제한 결과이다.

건물의 윤곽선을 추출한 이후에는 위쪽의 하늘 영역을 추출하는 과정을 거쳐야 한다. 이를 위해서는 라벨링(Labeling)이 필요한데, 라벨링이란 주어진 영상에서 이웃하고 있는 연결 성분들을 찾는 작업이다. 연결 성분에 속한 화소들은 어떤 한 물체를 나타낼 가능성이 크기 때문에 라벨링은 영상에서 필요한 부분을 인식하는데 필수적이다. 본 논문에서는 라벨링을 이용하여 건물의 윤곽선을 검출하였으며, 일반적으로 널리 사용되는 Glassfire 알고리즘을 사용하였다[8].

Glassfire 알고리즘은 재귀 함수를 이용하여 모든



그림 5. Sobel 마스크를 이용한 에지 검출 수행 결과

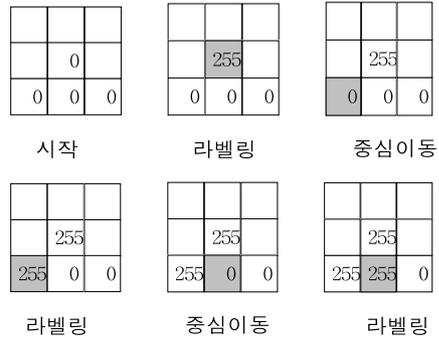


그림 6. Glassfire 알고리즘

인접 요소가 라벨링 될 때까지 현재 화소와 주변의 인접한 화소들을 차례로 검사하면서 라벨링을 수행한다. 그림 6에서와 같이 영상의 상단에서부터 탐색하다가 밝기가 0인 화소를 만나면 라벨링을 실행하고 이 라벨링 점을 인접한 8화소 중심으로 이동한 후 다시 인접 화소의 미방문 지점의 0 화소값을 라벨링하는 방식으로 영상 전체를 탐색할 때까지 반복한다.

그림 7은 Glassfire 알고리즘을 수행하여 하늘 영역을 추출한 결과이다. 오른쪽은 앞서 언급한 것과 같이 클라이언트로부터 얻은 카메라의 실영상을 나타낸 그림이며, 오른쪽은 에지 검출한 영상을 대상으로 라벨링을 수행하여 하늘 영역을 찾아내어 출력한 모습이다.

실영상의 하늘 영역 추출이 끝나면, 3D GIS 내에서 실영상의 하늘 부분과 부합하는 위치와 방향 값을 찾아서 뷰포인트를 수정함으로써 정확한 정합 위치를 찾는 과정을 수행한다. 이를 위해 본 논문에서는 3D GIS의 하늘 영역과 실영상의 하늘 영역을 템플릿 매칭으로 비교하여 정합할 위치와 방향을 찾는 방법을 사용하였다.

먼저 사용자의 초기 위치 및 방향에서 설정된 뷰포인트에 따라 3D GIS를 렌더링한 영상으로부터 하늘 영역을 추출해낸다. 그리고 클라이언트에게서 받



그림 7. 하늘 영역 추출

은 실영상의 하늘 영역과의 패턴 매칭을 통해 3D GIS 내의 카메라 뷰포인트의 위치 및 방향을 보정한다. 템플릿 매칭을 위해서는 아래와 같은 방법이 사용된다[8].

$$MAD = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N T(x_i, y_i) - I(x_j, y_j)$$

클라이언트의 하늘 영역을 M×N크기로 추출한 실영상 템플릿 T와, 3D GIS의 하늘 영역을 추출할 영상 I를 겹쳐놓고 서로 대응되는 화소의 밝기 값을 빼서 차이의 절대 값을 더한다. 만약 템플릿과 겹쳐진 부분의 영상 밝기 값이 서로 비슷하다면 MAD(Mean Absolute Difference)의 값이 0에 가깝게 될 것이고, 서로 다르다면 이 값은 커질 것이다. 이러한 계산을 통해 겹침이 발생했을 때 각각의 비교치를 계산하여 3D GIS 내에서 실영상의 위치를 찾아 낼 수 있다.

그림 8은 3D GIS와 실영상의 템플릿 매칭으로 뷰포인트를 보정하는 과정의 모습이다. 왼쪽의 3D GIS의 하늘영역과 오른쪽의 실영상의 하늘영역을 템플릿 매칭으로 비교하여 3D GIS 내의 카메라 뷰포인트의 위치와 방향을 수정하게 된다.

4.1.3 가상 객체 검색 및 전송

정합을 위한 클라이언트의 위치와 방향을 판단하면, 보정된 위치와 방향으로 3D GIS 내에 뷰포인트를 설정한다. 3D 공간에서 사용자의 시야는 원근투영의 뷰프러스텀으로 결정하였다. 비전 기법을 이용하여 구한 뷰포인트와 시스템의 설정 값에 의해 뷰프러스텀의 속성 값이 결정된다. 이 들 설정 값에 따라서 3차원 모델 내에서의 가시화되는 공간이 결정되고, 영역 내에 포함되는 가상 객체를 추출할 수 있다.

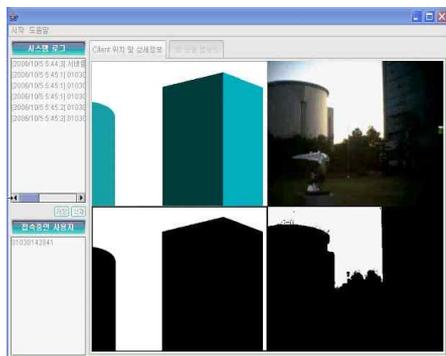


그림 8. 3D GIS와의 비교수행

이러한 방법으로 추출된 가상 객체와 정합을 위한 뷰포인트 정보가 클라이언트에게 전송된다.

4.2 클라이언트에서의 뷰포인트 변환

4.2.1 가속도 센서를 이용한 변환

클라이언트는 서버에게서 전송받은 가상 객체와 뷰포인트를 포함한 정합 정보를 받아서 카메라로부터 받아들인 실영상 위에 렌더링을 한다. 그리고 사용자의 움직임에 따라 가상 객체를 변환하는 과정을 거쳐야 하는데, 이를 위해서는 매번 실영상을 분석하여 가상 객체의 위치를 찾아야 한다.

사용자가 부드러운 영상을 얻기 위해서는 최소 초당 10~15프레임이 필요하므로 서버는 매 0.1초 이내에 영상을 분석하여 정합정보를 제공해야 한다. 이 경우 서버의 부하 뿐 아니라, 영상정합에 걸리는 시간과 네트워크 지연시간을 고려해 볼 때 자연스런 재생이 어렵다는 우려가 있다. 따라서, 본 논문에서는 모바일 기기에 부착된 가속도 센서를 이용하여 클라이언트 내에서 객체의 위치 변환을 수행함으로써 서버의 부하를 줄이면서도 자연스러운 결과 화면을 얻고자 하였다.

가속도 센서란 가속도, 진동, 충격 등의 동적 힘을 감지하기 위한 기기이다. 본 논문에서 사용한 것은 3축 가속도 센서로 그림 9에서와 같이 X, Y, Z 방향으로 중력가속도를 얻을 수 있다[9].

각 중력 가속도에 대한 회전 값은 축에 대해 직각을 이루고 있을 때 최대 중력 가속도 값인 1g, 축과 평행을 이룰 때 0g가 된다. 이러한 원리에 따라 가속도 센서로부터 얻은 Yg 값에 대해 얻고자하는 회전 값 X°는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$90^\circ : 1g = X^\circ : Yg$$

위와 같이 가속도 센서로 얻은 회전 값으로 방향

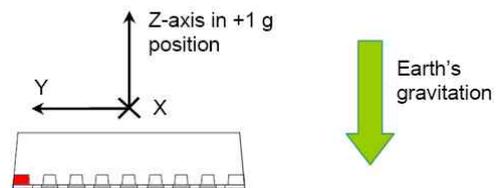


그림 9. 가속도 측정

의 변화값을 계산하여 정합을 수행함으로써, 서버에서의 영상 분석 이후 추가적인 접속이 없이도 클라이언트 내에서 가상 객체의 변환이 가능하도록 할 수 있다.

4.2.2 누적된 오차 보정

가속도 센서를 이용하여 가상 객체를 변환하면, 시간이 지남에 따라 오차가 누적되게 된다. 따라서 본 논문에서는 일정 주기마다 서버로 실영상을 전송한 후, 정합정보를 재전송 받아 오차를 보정함으로써 이와 같은 문제를 해결하고자 하였다.

오차를 보정하는 주기를 결정하는 과정은 다음과 같다. 클라이언트에서 정합을 마치고 가속도 센서로 변환을 수행하는 동안, 처음으로 눈에 띄게 오차가 발생하는 시간을 측정하였다. 그리고 이를 반복적으로 수행하여 안정적인 결과를 제공할 수 있는 오차 보정 주기를 결정하였다.

첫 오차 발생시간의 측정을 위해 총 52회의 실험을 거쳐 그림 10과 같은 결과를 얻었다. 실험 결과 5초 이내에서는 안정적인 결과를 제공하므로 5초마다 누적된 오차를 보정하는 것으로 설정하였다.

5. 구현 결과 및 결과 분석

5.1 구현 결과

본 연구는 1.83GHz의 Intel Core2 CPU, 1GB RAM, Windows XP Professional 환경을 갖춘 노트북에서 구현되었다. 클라이언트의 모바일 환경을 구축하기 위해서 Java Wireless Toolkit 2.3 에뮬레이터와 로알텍 미니블루 GPS, VTI사의 SCA 3000 3축 가속도 센서를 이용하였다[9]. 모바일 환경의 3D는 JSR-184

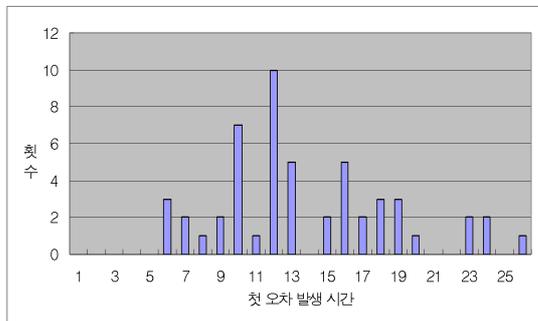


그림 10. 첫 오차 발생 시간 별 횟수

를 이용하여 표현하였다[10].

그림 11은 시스템을 실행시킨 결과 화면이다. 카메라로 받아들인 영상 위에 시공 중인 건물이 위치와 방향 보정을 거쳐 원하는 곳에 정합 되었다. 또한 가속도 센서로 감지한 사용자의 움직임에 따라서 3D 객체의 위치와 방향이 부드럽게 변환되었음을 확인할 수 있었다.

5.2 결과 분석

기존의 모바일 증강현실의 경우 서버에서의 영상 분석으로 인해 서버의 부하가 우려되었다. 그러나 본 논문에서는 클라이언트 내의 가속도 센서를 이용하여 자체적으로 가상 객체의 변환을 수행하는 과정을 추가함으로써 이와 같은 문제점을 해결할 수 있었다.

표 1은 본 논문의 시스템 환경에서 측정된 영상정합에 소요되는 시간을 보여준다. 영상정합을 위하여 실영상의 스카이라인을 추출하는데 평균 약 0.022초, 3D GIS의 스카이라인을 추출하는데 약 0.112초, 두



그림 11. 시스템 구현결과

표 1. 영상정합에 걸리는 시간 (단위: 초)

	실영상 스카이라인 추출	3D GIS 스카이라인 추출	템플릿 매칭	영상정합에 소요되는 전체시간
1	0.063	0.313	0.015	0.391
2	0.032	0.156	0.016	0.204
3	0.016	0.094	0.015	0.125
... (중략) ...				
99	0.016	0.125	0.015	0.156
100	0.031	0.125	0.001	0.157
평균	0.0219	0.1124	0.0094	0.1438

스카이라인을 템플릿 매칭으로 비교하는데 약 0.009초가 소요되었다. 결과적으로 실영상을 분석하여 정합할 위치를 판단하는 데는 총 0.144초가 필요하였다.

기존 서버 중심의 시스템의 경우 영상 정합을 위해 매번 영상 분석을 거치므로 영상 정합에 소요되는 시간이 0.144초라 할 때, 초당 6~7프레임의 화면을 제공할 수 있다. 이는 자연스러운 화면을 위한 초당 프레임 수 10~15프레임에 못 미치는 성능이다. 이와 같은 경우 영상 분석에 소요되는 시간을 줄이거나 서버의 성능을 향상시킴으로서 문제를 해결할 수 있으나, 서버에서의 계산량이 많은 서버부하의 단점이 그대로 남는다.

본 논문에서 제안하는 클라이언트 중심의 시스템의 경우 매번 영상정합을 거치는 대신 가속도 센서를 이용하여 변환을 수행한다. 가속도 센서로부터 데이터를 받아오는 과정은 실시간에 가까우므로 모바일 기기의 영상에서 최대 초당 프레임 수인 15프레임을 충분히 만족하여 자연스러운 결과를 제공할 수 있다. 또한 오차 보정 주기인 5초마다 영상분석이 이루어지도록 하여 계산량이 줄어들어 서버의 부하를 크게 줄일 수 있다.

기존 방식과의 기능의 장단점을 분석한 결과는 표 2와 같다. 본 논문에서는 모바일 기기를 사용함으로써 기존 장비기반의 증강현실 시스템보다 적은 비용으로 증강현실을 구축할 수 있었으며, 센서를 사용함과 동시에 클라이언트의 실영상을 분석함으로써 보다 정확도를 높일 수 있었다. 또한 비전 기반의 객체 인식 방법에 비교해 볼 때, 환경 변화에 크게 영향을 받지 않는 하늘 영역을 추출하여 영상분석을 수행함으로써 환경 변화에 따른 적응성을 높일 수 있었다.

표 2. 기존 방식과의 기능 분석표 (*: 제안된 방식)

	HMD 증강현실		모바일 증강현실	
	장비기반	서버기반 (비전)	서버기반 (비전)	클라이언트 기반* (센서+비전)
비용	높다	높다	낮다	낮다
정합의 정확성	낮다	높다	높다	높다
휴대성	나쁘다	나쁘다	중간/좋다	좋다
환경변화에 따른 적응성	높다	낮다	낮다	높다

6. 결 론

본 논문에서는 모바일 기기와 그에 부착된 센서를 활용하여 가상 건축물 뷰어를 위한 모바일 증강현실 시스템을 구축하였다. 제안된 시스템은 사용자의 움직임에 따라 매번 서버에서 영상 분석을 수행하는 기존 시스템과는 달리, 클라이언트를 중심으로 가상 객체의 변환을 수행하여 서버에서의 계산량을 줄여 부하를 감소시키도록 설계되었다. 이를 위해 모바일 기기의 가속도 센서를 활용하여 사용자의 움직임을 감지함으로써 클라이언트 자체 내에서 가상 객체의 변환을 수행하고자 하였다.

앞으로 가상 건축물의 시뮬레이션을 위해 모바일 기기를 기반으로 하는 많은 연구들이 이루어질 것이라 예상되며, 이는 건축물 시공관리와 문화재 복원 등 다양한 콘텐츠 개발에 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre, "Recent Advances in Augmented Reality," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, No. 6, pp. 34-47, 2001.
- [2] S. Feiner, B. MacIntyre, T. Höllerer, and A. Webster, "A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment," *Proc. of International Symposium on Wearable Computers*, pp. 74-81, 1997.
- [3] M. Kalkusch, T. Lidy, M. Knapp, G. Reitmayr, H. Kaufmann and D. Schmalstieg, "Structured Visual Markers for Indoor Pathfinding," *Proc. of IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop*, pp. 1-8, 2002.
- [4] Z. Hu and K. Uchimura, "Real-time Data Fusion on Tracking Camera Pose for Direct Visual Guidance," *Proc. IEEE Intelligent Vehicle Conference*, pp. 842-847, 2004.
- [5] W. Daniel and S. Dieter, "Handheld Augmented Reality Displays," *Proc. of IEEE Virtual Reality Conference*, pp. 67-68, 2006.

[6] A. Henrysson, M. Billinghurst, and M. Ollila, "AR Tennis," *Proc. of SIGGRAPH '06*, pp. 34-45, 2006.

[7] 하영호, 남재열, 이웅주, 이철희, 디지털 영상처리, 그린 출판사, 2003.

[8] 김계영, 자바로 구현한 영상처리, 홍릉과학 출판사, 2004.

[9] VTI Technologies, <http://www.vti.fi/>.

[10] JSR 184: Mobile 3D Graphics API for J2ME, <http://www.jcp.org/>.



김 은 미

2005년 숙명여자대학교 멀티미디어학과 학사
 2007년 숙명여자대학교 멀티미디어학과 석사
 2007년~현재 (주)한글과 컴퓨터 근무
 관심분야: 모바일 멀티미디어, 증강현실, 웹 문서처리



임 순 범

1982년 서울대학교 계산통계학과 (학사)
 1983년 한국과학기술원 전산학과 (석사)
 1992년 한국과학기술원 전산학과 (박사)
 1989~1992년 (주)휴먼컴퓨터 창업 (연구소장)
 1992~1997년 (주)삼보컴퓨터 프린터개발부 부장
 1997~2001년 건국대학교 컴퓨터과학과 교수
 2001년~현재 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 교수
 2006년 University of Colorado 방문교수
 관심분야: 컴퓨터 그래픽스, 웹/모바일 멀티미디어 응용, 디지털 방송, 전자출판(폰트, 전자책, XML 문서)