

실내외용 마커리스 트래킹 기반의 증강현실 시스템 구현

김희관[†]

(주) 제니텀

Implementation of Indoor/Outdoor Markerless Tracking-Based Augmented Reality

Albert Heekwan Kim[†]

Zenitum, Inc.

Abstract : Augmented Reality technologies offer new possibilities to the exploration of spatial distributed information. In this work we describe the main issues in the development of an Augmented Reality system that allows the annotation of objects or features in the real world captured by a camera. The general operation of this kind of systems is described, as well as the main problems that need to be solved. Finally, as an example of case of study, we present an application for the annotation of information relative to containers in a marine terminal.

Key Words : Tracking, Computer Vision, GIS Application, Markerless, Augmented Reality.

요약 : 증강현실 기술은 공간에서 사용자가 육안으로 확인 할 수 없는 디지털 정보를 실시간으로 검색 할 수 있도록 함으로써 여러 분야의 가시화 방법으로 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 카메라를 통해 입력되는 실제 물체의 영상을 인식하고 트래킹 함으로써 사용자가 원하는 디지털 주석을 삽입 할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다. 유사 시스템을 개발하기 위해 일반적으로 발생하는 문제와 실외 증강현실 구현을 위해 해결해야 하는 문제와 본 연구만의 해결방안을 제시하였다. 마지막으로 실외 항만 컨테이너를 인식하는 디지털 주석 삽입 증강현실 시스템의 프로토타입을 제시하였다.

1. 서론

디지털 주석(Digital Annotation)은 인간을 둘러싼 자연 및 인공 환경에서 육안(naked eye)로 인지할 수 없는 디지털 정보를 현장에서 작업자 또는 관찰자(이하 "사용자")에게 실시간 제공되어 공간이 갖는 다양한 맥락적 정보(contextual information)를 제공해 준다. 디지털 주석을 사용하면 Fig. 1과 같이 사용자가 관찰하

고 있는 특정 공간의 실시간 비디오 영상이 단말기의 카메라를 통해 입력되었을 경우, 사용자가 요구하는 맥락 정보를 영상의 특정 위치에 실시간 합성(super impose)하여 사용자에게 표시해줄 수 있다.

디지털 주석은 다양한 원격탐사의 상황, 특히 현장의 사용자와 원격지의 전문가가 동시에 입력된 영상을 관찰하고 특정 공간의 정보를 입력되는 비디오의 해당위치에 삽입함으로써 전반적인 작업의 효율을 높일 수 있다. 또

접수일(2009년 4월 14일), 수정일(1차 : 2009년 4월 23일, 2차 : 4월 27일), 게재확정일(2009년 4월 27일).

[†] 교신저자: 김희관(kokim@etri.re.kr)

1) 현재 위치의 위도 및 경도 값, 부동산 정보, 인구밀도, 건물의 높이, 특정 설비에 대한 설명



Fig. 1. Real-time imagery digital annotation.

현장의 전문가가 획득한 정보를 곧장 디지털 주석처리하여 데이터베이스화 한 후, 타 사용자가 동일한 장소에 방문 했을 경우에 공간이 갖는 다양한 정보를 추출 및 공유 할 수 있다는 점에서 향후 그 가치가 크다고 하겠다.

이러한 사용자-컴퓨터 인터랙션의 새로운 개념은 증강현실(Augmented Reality)기술 (Azuma, 2001)을 통해 건축, 토목 등 지리정보(GIS) 응용분야에 많이 응용되었다. 기존의 실내 증강현실은 비교적 협소한 공간에서 이루어지기 때문에 가상물체의 합성이 용이하도록 기준점 마커(Fiducial Marker) 등의 보조 장치를 설치할 수 있는 장점이 있다. 이에 비해 실외 증강현실은 비교적 넓은 지역에서의 사용을 목적으로 하기 때문에 실내 증강현실과는 다른 접근방법을 필요로 한다.

초창기의 증강현실 기술은 대부분 실내 적용을 목표로 하였으며 주요 응용 분야는 Fig. 2와 같이 실내 장치의 유지, 보수 및 관리(Feiner *et al.*, 1997), 로봇 운영 계획

(Milgram *et al.*, 1993)과 의료용 가상화(Bajura & Neumann, 1995; State *et al.*, 1996), 엔터테인먼트 (Maes, 1995; Ohshima, 1999) 그리고 실내 공간 주석 (Wanstall, 1989) 등이 있다. 90년대 이후에 주로 추진된 연구 분야는 실외 모바일 증강현실 시스템, 협업형 증강현실, 증강현실 시스템의 사용화(Azuma, 2001) 등이 있다.

최근 컴퓨터 시스템 기술 및 트래킹 알고리즘의 발전으로 Fig. 3과 같이 입력된 영상에 디지털 주석을 삽입 또는 관찰 할 수 있도록 함으로써(Rekimoto & Katashi, 1995) 다양한 분야에 정보의 삽입 및 검색 용도로 사용 할 수 있는 새로운 분야의 연구가 활발히 진행되고 있다(Feiner *et al.*, 1993).

뿐만 아니라 최근 실외 증강현실의 높아진 관심이 높아지면서 다양한 하드웨어 트래킹 장치(디지털 컴퍼스, 각속도계, D-GPS 등)가 사용되고 있으며 착용하고 있는 HMD (Head Mounted Display)를 통해 입력 영상

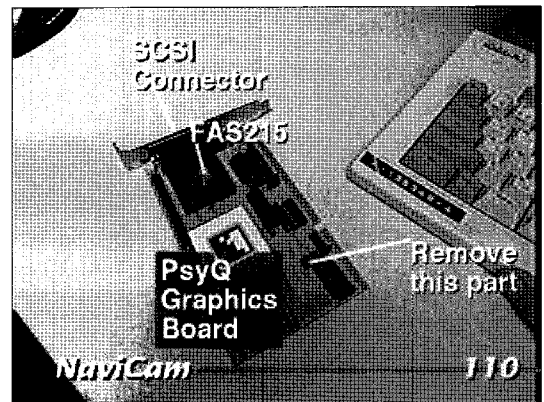


Fig. 3. Marker-based Digital Annotation in Indoor.

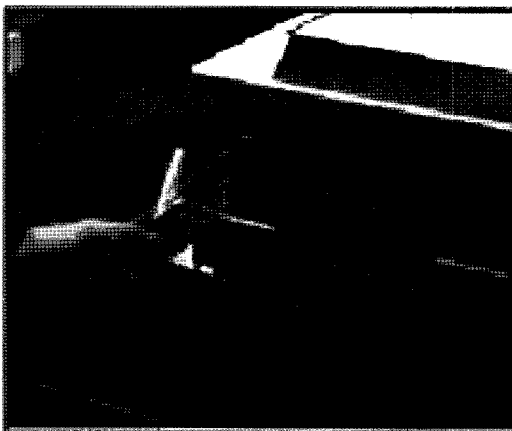
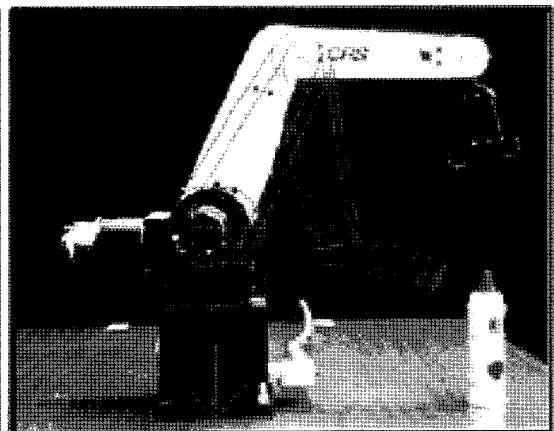


Fig. 2. Indoor AR applications.



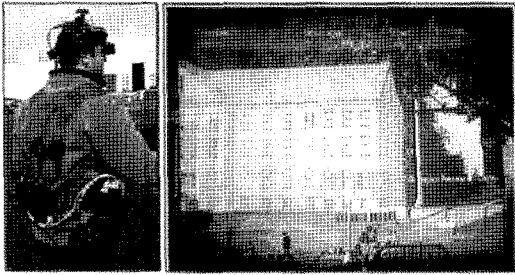


Fig. 4. Outdoor AR applications.

을 3D 디지털 정보로 실시간 합성하는 등의 연구도 활발히 진행되고 있다. 이러한 시스템은 착용한 사용자가 실제 현장에서 이동할 때, 바라보고 있는 현장 비디오에 육안으로 검색할 수 없는 정보(건물의 이름, 주소, 지하 매설물 형태, 앞으로 이동해야 할 방향 등)를 실시간 사용자에게 가시화 할 수 있다(Höllerer *et al.*, 1999). 또, 노트북 컴퓨터에 실외 시설물 유지 관리 정보를 저장하고 현장에 도착한 사용자가 관리 대상 시설물을 바라보는 것만으로도 디지털 정보를 가시화하는 연구도 진행된 바 있다. 하지만 대부분의 연구는 실제 상용화를 할 수 있을 만큼의 트래킹 정보를 제시 하지 못하였다(Azuma, 2001).

2. 개발 시스템의 목표

본 연구에서 목표로 하는 증강현실 시스템은 공간에 대한 지식이 없는 실내외 환경에서 모두 제약 없이 활용할 수 있는 시스템이다. 특히 실외 환경에서 자연 물체(Natural Object)의 특징(Feature)을 추출 및 인식하고 사용자가 원하는 주석을 즉시 비디오 화면에 삽입 할 수 있도록 함으로써 현장상황에서 GIS정보를 수집하거나 검색이 가능 하도록 하는 것을 목표로 하였다.

시스템은 다음의 장치 구성을 기반으로 한다.

- 영상 획득용 카메라
- 영상표시 장치 (스크린)
- 위치 추적용 트래킹 장치
- 무선 네트워크
- 휴대형 시스템

본 연구에서는 위의 하드웨어 장치를 사용하여 현장에서 특정 물체를 찾은 후, 사용자가 관련 정보를 질의

(query)할 때 데이터베이스에 저장되어 있는 현장의 정보를 디지털 주석 기능을 통해 가시화 하는 것을 목표로 하고 시스템 흐름은 Fig. 5와 같다.

시스템 상태는 사용자의 인터랙션에 따라 변하며 주요 상태는 다음과 같다

준비(Stand by): 시스템 power off

가동(On): 시스템은 카메라를 통해 현장의 영상정보를 계속 입력 받음

트래킹(Tracking): 사용자의 요청에 따라 시스템은 가상좌표계와 현실좌표계를 구성하고 양 좌표계가 상호 부합하는지 검색하여 특정 물체를 트래킹 함

인터랙션(Interaction): 입력되는 비디오 상의 특정 물체를 선택하고, 관련 정보를 검색하는 상태

디지털 주석(Digital Annotation): 검색된 정보를 입력 비디오의 선택한 물체에 합성하여 표시하는 상태

사용자는 시스템에 부착되어 있는 카메라를 통해 현장을 바라보고, 현장의 특정 물체에 대한 정보를 얻고자 할 한다면, 영상에서 특정 물체를 선택(터치스크린 등을 통해)하면, 관련 정보가 입력 영상에 합성된 후 최종 표시된다.

본 시스템의 잠재 응용분야는 다음과 같다.

- 개인용 내비게이션: 도로 또는 현장에 있는 사용자에게 이동 관련 정보(도로정보, 교통 현황 등)를 제공하는 증강현실 시스템
- 관광용 단말: 특정관광지의 문화 및 역사 정보를 실시간 합성 및 가시화

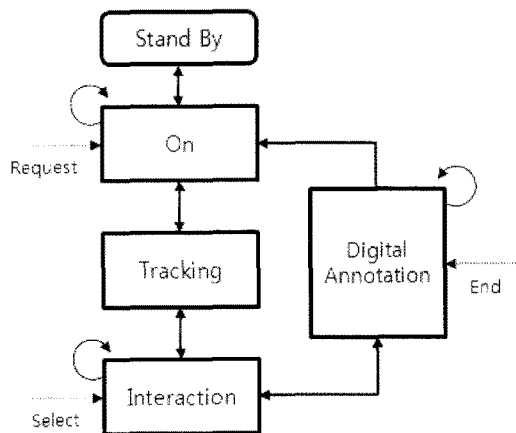


Fig. 5. Flowchart of the system.

- 유지보수 시스템: 현장의 다양한 지상 / 지하 시설물 (배수관, 배전현황 등)의 정보 가시화
- 산업공정 감시: 특정 공정을 실제의 작업 순서에 따라 디지털 정보를 표시하고 작업자가 표시된 공정에 맞춰 작업을 진행할 수 있도록 지원함.

3. 시스템 설계

제안 시스템은 Fig. 6의 블록 다이어그램으로 묘사할 수 있다. 시스템에 탑재된 카메라는 현장의 실제 영상을 획득한 후, 비교적 낮은 해상도(640×480 또는 800×600 화소)의 분리 영상(Discreet image)을 생성한다. 트래킹 시스템은 영상이 촬영 될 때, 사용자의 현재 3D 위치(x, y, z) 좌표와 시스템 카메라의 가시 방향(α , β , γ) 값을 찾아낸다. 이 정보는 향후에 매칭 단계에서 현장의 CAD 모델과 현장의 위치에서 바라 본 현장 좌표를 합성 시킬 때 사용 된다. 이 연산을 통해 가상 정보와 현실의 입력 비디오 영상의 위치가 동일 공간으로 일치되며 시스템은 해당 공간의 디지털 정보 (텍스트 또는 그래픽)를 화면에 실시간 표시 하게 된다.

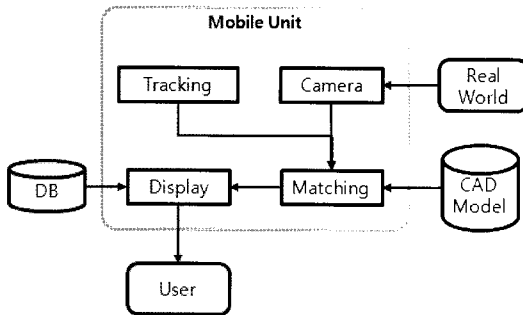


Fig. 6. Block diagram of the system.

4. 트래킹

실외 증강현실 환경에서의 사용자의 위치 추적은 실내 환경과 다른 제약 조건이 존재한다. 실내의 경우 제한된 공간 구조로써 트래킹을 위한 가시적 마커를 부착함으로써 트래킹의 정확도를 상당히 높은 수준까지 달성 할 수 있다(Bajura and Neumann, 1995). 이러한 시도는 현재 널리 사용되고 있는 ARToolkit 등의 소프트웨어를 통해서도 훌륭히 구성될 수 있다.

하지만, 실외환경에서 가시적인 마커를 사용하는 것은 많은 문제점이 있기 때문에 현재 제시된 연구들에서는 GPS와 자이로스코프 및 가속검출기 등의 관성장치(Inertial System)을 통해 사용자의 위치를 파악하고 기타 디지털 컴파스를 활용하거나 컴퓨터 비전을 통해 보다 높은 트래킹 정확성을 높이는 방법으로 연구가 진행되고 있다(Azuma, 2001).

이러한 트래킹 문제를 해결하기 위해 본 시스템에서는 템플릿 기반(Template-based)과 특징점 인식(Feature-based) 방법을 동시에 사용하였다. 도출된 방식을 결정하기 위해 본 연구에서는 다양한 트래킹 방법을 시뮬레이션 및 시험했으며, 몇 가지 시험결과도 본고의 후반부에 제시될 것이다. 시험을 통해 다양한 현장의 문제를 해결할 수 있는 한 가지의 최선책은 실제 존재하지 않는다는 것이 판단되었으며, 상기 사용된 두 가지 방법도 상호 약점을 보완하는 방식으로 사용 되었다. 따라서 두 방식을 효율적으로 연동시킴으로써 보다 강인(robust)하고 정확한 트래킹 결과를 유도 할 수 있었다. 본 절에서는 우선 트래킹 시스템 설계에 대해 설명하고 각 세부 요소를 설명하도록 하겠다.

1) 트래킹 시스템 설계

우선 SIFT 서술자(Lowe, 2004: Lepetit et al., 2005)를 사용하여 입력된 현재 영상에서 특정 물체의 자세(pose)를 인식하는 초기화 모듈이 기동되면, 본 연구의 알고리즘은 대상 물체의 참조 이미지와 현재 이미지의 물체 형태간의 Normalized Cross Correlation (NCC) 값에 따라 템플릿기반 또는 특징점 인식 기반 트래킹 방식을 사용하도록 되어 있다.

템플릿기반의 트래킹을 사용하는 동안 NCC값이 낮은 경우는 보통 영상 속의 물체가 가려져 있거나 전후 프레임 입간 물체의 이동이 최소화 알고리즘상의 수렴 반경(convergence radius)을 벗어 나 있는 경우이다. 이 두 경우, 특징점 인식 기반의 트래킹방식이 보다 높은 품질을 보장한다. 따라서 제시된 알고리즘은 상기한 두 가지 트래킹 방식을 자동으로 선택하도록 설계되었다. NCC값이 충분히 커지면 템플릿 기반의 트래킹으로 복원되며, 다시 낮아지면 특징점 인식 기반의 트래킹을 사용하는데, 이때 물체의 자세 추정을 위한 inlier 특징점이 충분하게 획득되어야 한다. 만약 이러한 경우도 아니라면 알고리즘

은 전역 초기화(global initialization)를 시도 하게 된다.

2) 초기화

트래킹 모듈의 SIFT 서술자를 통해 시작된다. SIFT 서술자는 초기에 입력영상을 학습해야하는 단계가 불필요하고 이미지의 다양한 변형 및 크기변화에도 비교적 강인하다는 장점이 있다. 하지만 SIFT 자체의 연산 요구량으로 실시간 연산은 불가능 하지만 초기화에 따른 시간 지연은 30초미만으로 실제 사용에는 문제가 없다

3) 템플릿 기반 트래킹

템플릿 기반 트래킹을 수행하기 위해 ESM (Efficient Second-order Minimization) 알고리즘(E. Malis, 2004)을 사용하였는데, 이 알고리즘은 일차 도함수를 사용하여 이차원의 에러율을 계산할 수 있기 때문에 실시간 트래킹 하기위한 계산량을 상당히 감소시킬 수 있다는 장점이 있다. 현재 이미지 I 와 참조 이미지 I^* 가 있다면 원영상과 원영상이 이동한 위치를 추적하기 위한 참조영상을 이용하여 두 영상의 호모그래피(homography)를 찾는다. ESM 알고리즘은 증가하는 호모그래피 $H(x)$ 에 대해 변화된 호모그래피 값 \hat{H} 를 파라미터 값 x 를 사용하여 지속적으로 갱신시킨다. 또 증가하는 gain 값 α 와 현재 gain 값 $\hat{\alpha}$, 증가하는 bias 값 β 와 현재의 bias 값 $\hat{\beta}$ 를 평가함으로써 광도측정 에러(photometric error)를 줄였다. 이 방법을 이용하면 조명변화에 따른 오차를 조정할 수 있다. gain은 시간적으로 변화하는 위치와 방위를 표현하는 방식인 자코비안(Jacobian)를 지수함수를 통하여 매개변수화 한다.

$$\sum_p [\exp(\hat{\alpha} + \alpha)I(w\hat{H}(x)p) + (\hat{\beta} + \beta) - I^*(p)]^2$$

이 값들을 가지고 위와 같이 순간적인 이미지의 정합을 위해 시간적 일치를 측정하는 값인 SSD(Sum of Squared Difference)을 최소화하는 하는 평가함수를 만들었다. 여기서 p 는 픽셀의 좌표를 나타내고 w 는 이것들을 동차좌표로 분할해 준다.

4) 물체인식 기반 트래킹

물체인식 기반 트래킹은 매칭 작업을 위해 Harris 코너 검출 (Harris Corner Detector) 알고리즘과 NCC를 사용한다. Harris 특징점은 트래킹을 위해 사용되는 동일한 레퍼런스 템플릿에서 추출되며, 현재 영상에서 찾아진 Harris 특징점과 매칭이 된다. 하지만 NCC는 스케일과 회전 변화를 인식할 수 없으므로 레퍼런스 템플릿과 현재 영상에서의 물체 자세변화가 크지 않음을 보증하기 위해 새로운 단계를 추가 하였다. 이전 프레임에서 찾은 역 호모그래피(inverse homography) \hat{H} 를 사용하여 현재 이미지에 워핑(warp)하여 NCC를 통해 유사성을 검출 할 수 있도록 했다. 따라서 특징점은 워핑된 영상에서 추출할 수 있으며, 자세 추정은 RANSAC (RANDOM SAMPLE CONSENSUS) 연산을 사용하였다.

5) 매칭(Matching)

매칭 단계는 현실의 물체와 가상의 물체 (3D CAD 등)를 일치 시키는 과정으로 Fig. 7은 간단한 CAD 모델을 실제 건물의 영상에 일치시켜 육안으로 볼 수 없는 건물의 내부 등을 가시화 한 예이다(Julier *et al.*, 2000).

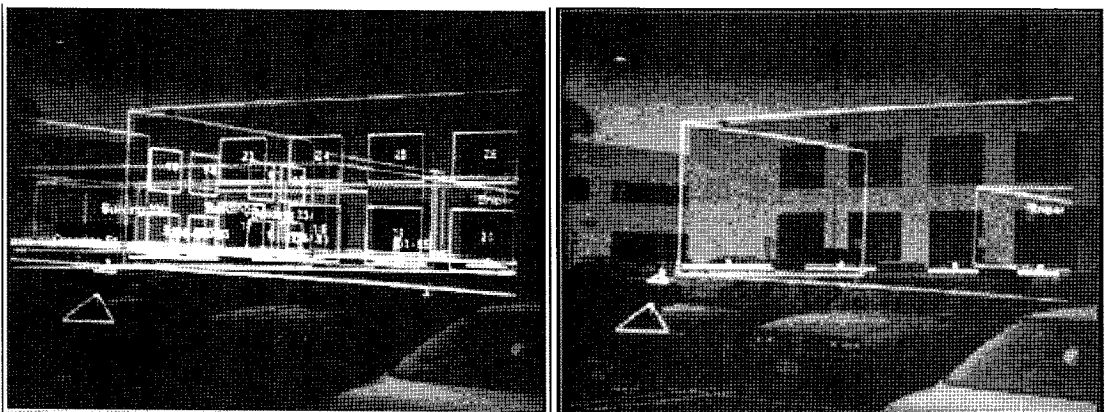


Fig. 7. CAD model superimposed over real imagery.

현실 공간의 물체 영상 시퀀스는 카메라를 통해 획득되며 동일한 영상으로 매칭 오류를 보정하는 데 사용한다(Azuma, 1999; State, 1996). 최근 몇 년간 관련된 레지스트레이션(Registration) 즉, 입력 영상에서의 특징점 추출 및 정확한 위치 확인 기술의 연구가 상당히 진행되었지만 아직 다양한 환경에서 범용적으로 사용할 수 있는 기술은 전무한 상태이다. 대부분의 연구에서 사용자는 자유롭게 걸어 다니거나 환경을 검색할 수 없으며 보통 제어된 실외 환경에서 특정 물체만을 제한된 각도에서만 검색할 수 있도록 개발되었다. 이러한 제약으로 특히 실외 환경에서의 증강현실 상용화가 용이하지 않다(Azuma, 1999).

대부분의 증강현실 어플리케이션에서 레지스트레이션은 고정된 위치에서의 마커를 기설치 한 후 입력 영상에서 마커를 강제적으로 확인 하도록 하는 방법을 사용하고 있다. 고정위치의 마커는 발광소자(LED)를 사용하기도 하고 (Bajura and Neumann, 1995) 색, 형태 등의 특이한 형태의 마커를 활용하기도 한다(Neumann and You, 1999).

본 연구에서는 입력된 영상 그 자체를 고정위치의 마커로 활용하여 레지스트레이션 문제를 해결하고자 했다. 입력된 영상의 한 개 이상의 특징점이 단계 전체에 걸쳐 가시적으로 확인 할 수 있다는 가정을 했다. 만약 가시적으로 확인 되지 않으면 레지스트레이션 자체가 불가능 하지만, 가시적 확인이 되면 정확한 매칭이 가능하도록 했다. 입력에서 4절의 트래킹 방식을 통해 관심 물체의 형태 및 모서리를 추출하고 모서리와 모서리가 연결되는 선분을 찾도록 했으며, 최종적으로 이미 저장되어 있는 가상 3D CAD 모델과 비교하여 정확한 위치의 확인 및 트래킹이 진행 될 수 있도록 하였다.

이 단계는 실제의 물체와 비디오 카메라로 촬영된 물체 사이의 사영관계(Projective Relation)를 통해 결정될 수 있도록 하였다. 실제 본 단계는 실시간으로 진행되어야 하기 때문에 약간의 하드웨어 지원이 필요하다. 일단 사영 관계가 결정되면 visual servoing 기법을 통해 현실 영상 물체의 실시간 트래킹 할 수 있다(Comport et al., 2003).

5. 디지털 주석 어플리케이션

4절에서 제시된 트래킹 알고리즘과 매칭 기능을 기반

으로 본 연구에서는 특정한 물체를 찾고, 찾아낸 물체에 디지털 주석을 실시간으로 삽입할 수 있도록 하는 간단한 어플리케이션을 구현 하였다. 전체적인 어플리케이션의 흐름은 다음과 같다.

- 1) 사용자는 단말기의 카메라를 통해 공간의 영상을 비디오 스트림으로 받아들인다.
- 2) 사용자가 특정 물체에 디지털 주석을 삽입하고자 할 때, 사용자는 영상 속의 해당 물체를 선택한 후, 텍스트, 음성 또는 이미지 등의 디지털 주석을 바로 삽입 한다.
- 3) 타 사용자는 동일한 물체를 동일한 단말기를 통해 관찰 하면, 시스템은 기 생성된 레퍼런스 영상 (디지털 주석이 삽입된 영상)과 비교하면서 전체 공간을 트래킹 한다.
- 4) 각 프레임은 트래킹을 위해 사용되며 레퍼런스 영상의 물체와 동일한 물체가 입력되는 비디오 스트림상에 출현 하면, 물체를 인식하고 미리 준비된 디지털 주석을 실시간 표시 한다.

1) 실내 공간에서의 트래킹 및 주석처리

트래킹과 디지털 주석 어플리케이션을 평가하기 위해서 트래킹 알고리즘의 정확성과 강인성(robustness) 시험을 통해 평가 하였다(Fig. 8). 트래킹 알고리즘의 강인성을 시험하기 위해서 몇 가지의 시뮬레이션 진행 하였다(그래프 1 참조). 각 시뮬레이션 시험에서 EMS 알고리즘과 특징점 인식 기반의 트래킹 방법 그리고 연동된 방법을 비교하였다. 최적화 이후의 실제 위치에서 템플릿의 코너 특징점의 위치 변화 계산을 통해 오류도 측정해 보았다. 상기한 가상의 시뮬레이션 이외에, 실제 물리공간에서의 합성 테스트도 진행했으며, 연구된 알고리즘이 물체의 다양한 스케일변화, 회전변화 및 부분 가려짐 등에도 상당히 강인하다는 것을 확인 하였다.

디지털 주석 어플리케이션은 상기한 시나리오로 구현되었으며 Fig. 9에서와 같이 인식된 물체에 대한 디지털 주석 처리를 실시간으로 할 수 있었다.

6. 실외 공간에서의 트래킹 및 주석처리

실외 환경에서의 트래킹 및 주석처리 실험은 향만에

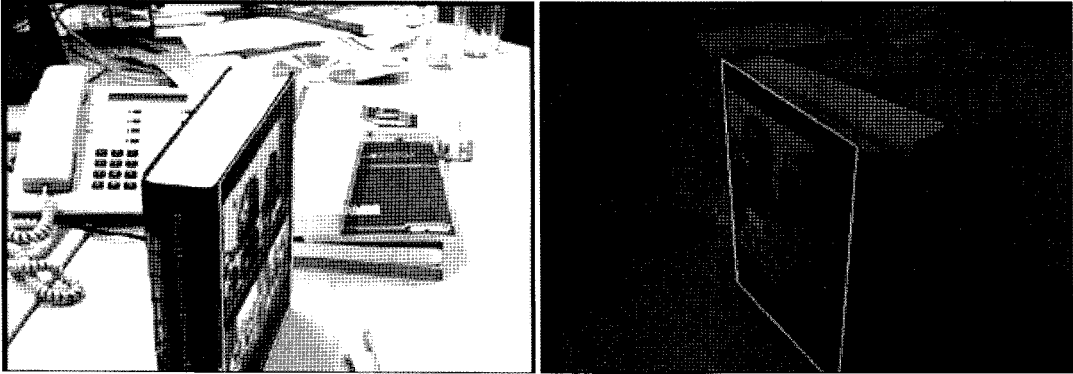


Fig. 8. Tracking results on a real-world sequence.

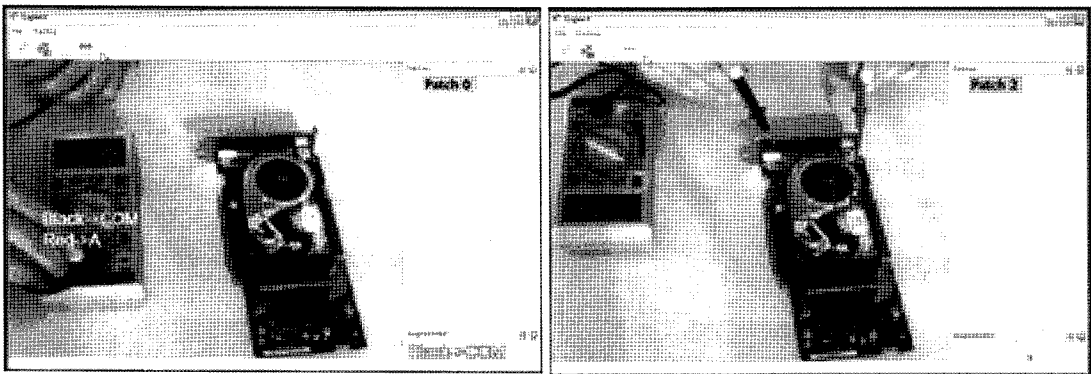
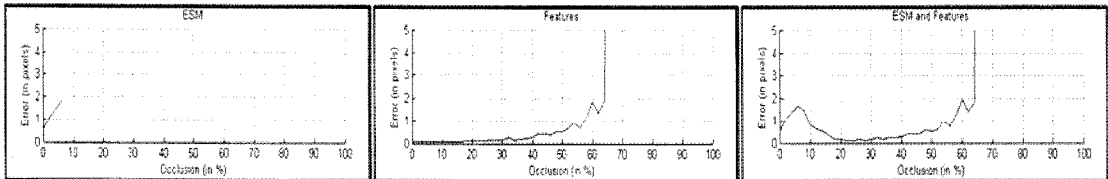
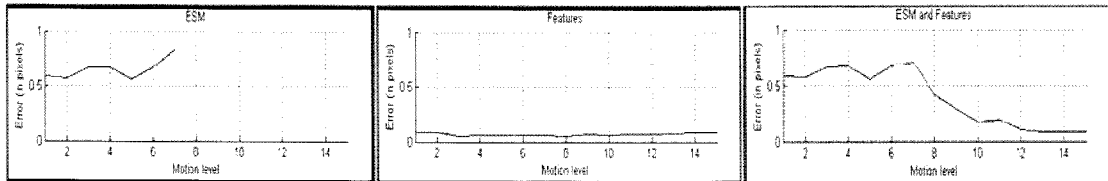


Fig. 9. Digital annotation application screenshot.



(a) 부분/전체 가려짐 상황에서의 트래킹 (가려짐 현상이 상당히 진행되면 “특징점 기반 트래킹”으로 자동 전환됨)



(b) 빠른 이동중의 트래킹 정확도 (알고리즘이 움직임에 따라 템플릿기반과 특징점 인식 기반으로 자동 적응변화)

Graph 1. Experiment result of tracking simulation.

선적되어 있는 화물 컨테이너를 대상으로 하였다. 먼저 항만에 선적되어 있는 화물 컨테이너에 숫자정보로 주석을 할 수 있도록 하고 화물 컨테이너가 이동하더라도 동일한 정보를 지속적으로 보존할 수 있도록 하였다. 항만에 적재되어 있는 화물 컨테이너의 실외 영상에서 다

양한 특징을 검출하기 위해 본 연구에서는 Harris Corner Detection (Harris and Stephens, 1988), SUSAN 방법 (Smith and Brady)을 사용 하였고 추가적으로 실외와 같이 자연조명의 변화가 심한 환경에서 신뢰도 높은 인식을 위해 Geusebroek 및 van den

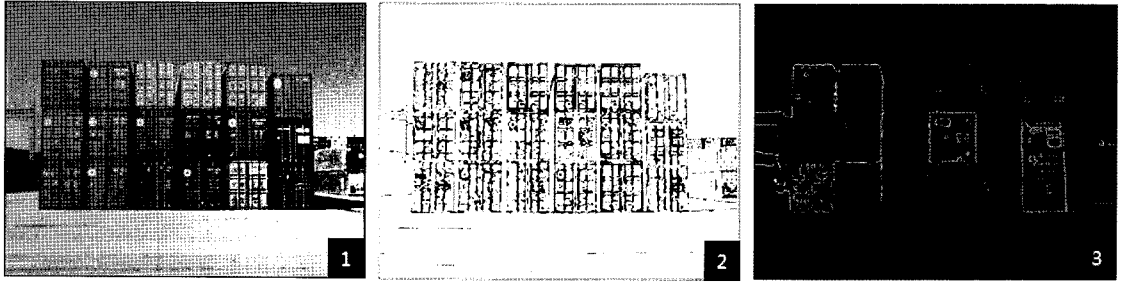


Fig. 10. 1)Original image, 2) SUSAN, 3) Geusebroek.

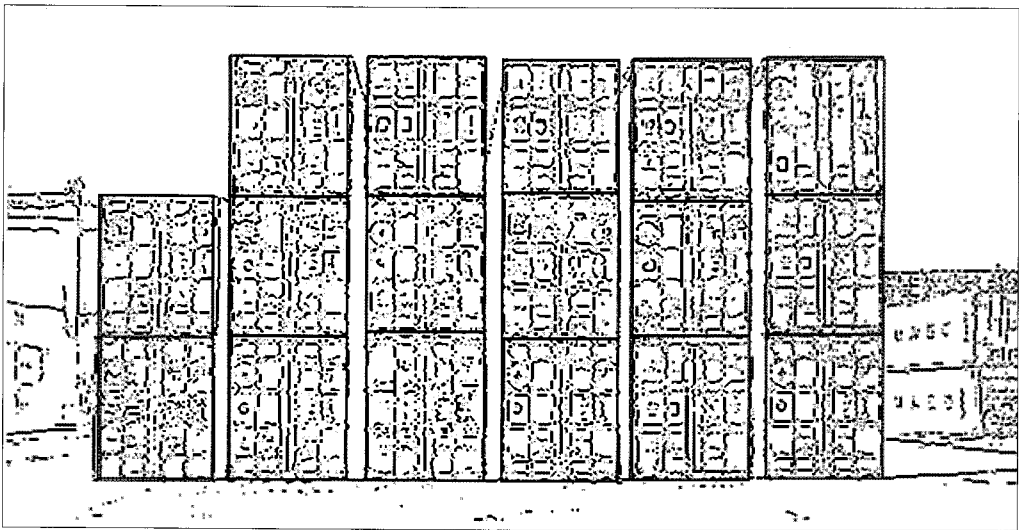


Fig. 11. Final matching (Red lines show detected containers).

Boomgaard 방법 (Geusebroek and van den Boomgaard, 2001)의 전처리 과정을 통해 자연조명 상태의 문제점을 해결 하였다.

트래킹 작업이 완료 된 후, edge thinning과 suppression of non-maximums을 통해 최종 영상을 추출한다. 이러한 방법을 통해 비교적 안정된 외각선을 추출할 수 있다. Fig. 11은 처리된 최종 영상이다. 붉은 선은 컨테이너로 판단된 영역이다.

7. 결론 및 향후 연구방향

본 연구는 현실 공간의 물체를 인식하고, 인식된 물체를 가상공간에의 CAD 영상과 매칭 시킴으로써 비디오상에 육안으로 확인 할 수 없는 다양한 디지털 주석 삽입이 가능 하기 때문에 증강현실 실외용 내비게이션, 영상 가이드, GIS관련 어플리케이션 등의 다양한 응용

분야에 적용 가능하다.

프로토타입으로 제시된 화물 컨테이너 인식 및 레지스트레이션 등의 일련의 트래킹 작업은 실제 복잡한 항만 환경에서도 초기 수 초간의 트래킹 작업을 끝내면 바로 다양한 증강현실 정보의 가시화가 가능 할 것으로 판단된다.

앞으로의 연구는 다양한 저사양 모바일 단말기에서 비교적 안정적으로 구동할 수 있는 트래킹 알고리즘을 개발하는 것이며 동시에 프로토타입과 같이 실외환경에 적절한 어플리케이션을 선택하여 구체화 및 고도화 하는 방향에 집중 할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07 국토정

보 C05)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Azuma, Ronald T., 1997. A Survey of Augmented Reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Aug.4, 1997. Vol.6,355-385.
- Azuma, Ronald T., 1999. The Challenge of Making Augmented Reality Work Outdoors In Mixed Reality: Merging Real and Virtual Worlds, Springer-Verlag, 1999. Chp21,379-390.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., and MacIntyre, B., Recent Advances in Augmented Reality, 2001. *IEEE Computer Graphics and Applications* Nov. 21-Dec.6, 2001. 34-47.
- Bajura, Michael and Ulrich Neumann, 1995, Dynamic Registration Correction in Video-Based Augmented Reality Systems, *IEEE Computer Graphics and Applications* Sep.5, 1995. 52-60.
- Butz A. *et al.*, 1999. Enveloping Users and Computers in a Collaborative 3D Augmented Reality Proc. of 1999 2nd Int.l Workshop Augmented Reality. San Francisco, Oct.20-21, 1999. 35-44.
- Comport A., Marchand E. and Chaumette F, 2003. A real-time tracker for markerless augmented reality, In *ACM/IEEE Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, ISMAR'03*, Tokyo, Oct. Japan, 2003. 36-45
- E. Malis, 2004. Improving vision-based control using efficient secondorder minimization techniques, *IEEE ICRA*, 2004. 1843-1848.
- Feiner, Steven, Blair MacIntyre, Marcus Haupt. and Eliot Solomon., 1993. Windows on the World: 2D Windows for 3D Augmented Reality. Proc of 1993 UIST Atlanta, GA, Nov. 3-5, 1993. 145-155.
- Feiner, Steven, Blair MacIntyre, and Tobias Höllerer. 1997. A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment. Proc of 1997 First International Symposium on Wearable Computers, Cambridge, MA, Oct 13-14, 1997. 74-81.
- Jan-Mark Geusebroek and Rein van den Boomgaard, 2001. Color Invariance, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 23(12): 1338-1350.
- Harris C. and Stephens M., 1988. A Combined Corner and Edge Detector. Proc. of 1988 4th Alvey Vision Conference, 189-192.
- Höllerer, T. *et al.*, 1999. Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System, *Computers and Graphics*, 23(6): 779-785.
- Lepetit, V., Lagger, P., and Fua, P., 2005. Randomized trees for real-time keypoint recognition, In *CVPR*. 775-781.
- Lowe, D., 2004. Distinctive image features from scaleinvariant keypoints, *IJCV*, 60(2): 91-110.
- Maes, Pattie, 1995. Artificial Life Meets Entertainment: Lifelike Autonomous Agents. *CACM*, 38(11): 108-114.
- Milgram, Paul, Shumin Zhai, David Drascic, and Julius J. Grodski. 1993. Applications of Augmented Reality for Human-Robot Communication. Proc. of 1993 International Conference on Intelligent Robotics and Systems Yokohama, Japan, July 1993, 1467-1472.
- M. Ribo, P. Lang, H. Ganster, M. Bradner, G. Stock, and A. Pinz, 2002. ybrid Tracking for Outdoor Augmented Reality Applications, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Nov/Dec. 2002, vol.22, 54-63.
- Neumann U., and You S., 1999. Natural Feature Tracking for Augmented Reality, *IEEE Trans. Multimedia*. Mar 1999. vol.1, 53-64.