

영상인식 기반의 위치기반서비스를 위한 실내위치인식 시스템[†]

Indoor Location Positioning System for Image Recognition based LBS

김종배* / JongBae Kim

요약

본 논문은 영상인식 기반의 위치기반서비스를 위한 실내위치인식 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 실내 환경에 적용 가능한 비전 기반의 위치 인식 시스템으로 위치 인식 결과를 사용자의 시야에 자연스럽게 중첩함으로써 증강 현실을 구현한다. 제안한 방법은 기존의 위치인식 방법과 달리 부가적인 위치 인식 하드웨어 사용없이 컴퓨터 비전 기술을 이용한 위치 인식 방법이다. 이를 위해 사용자에게 의해 착용된 모바일 PC와 함께 카메라를 통해 영상을 입력하고, 입력된 영상에서 패턴매칭과 위치모델을 참조하여 사용자의 위치를 판별한다. 제안한 시스템은 이미지 시퀀스 매칭 방법과 마크 검출을 통해 위치를 추정하고, 사전에 정의한 위치모델을 사용함으로써 최종 위치를 인식한다. 제안한 시스템은 마크 검출을 위해 적응적 임계치 방법을 제안하고, 위치 판별을 위해 위치모델을 사용함으로써 보다 정확하고 효율적인 위치 인식 결과를 얻을 수 있다. 실내 환경의 위치 인식을 위해 제안한 시스템을 적용한 결과, 실내 환경에 대해 익숙지 않은 사용자들에게 효과적으로 위치인식 서비스에 적용할 수 있다.

Abstract

This paper proposes an indoor location positioning system for the image recognition based LBS. The proposed system is a vision-based location positioning system that is implemented the augmented reality by overlaying the location results with the view of the user. For implementing, the proposed system uses the pattern matching and location model to recognize user location from images taken by a wearable mobile PC with camera. In the proposed system, the system uses the pattern matching and location model for recognizing a personal location in image sequences. The system is estimated user location by the image sequence matching and marker detection methods, and is recognized user location by using the pre-defined location model. To detect marker in image sequences, the proposed system apply to the adaptive thresholding method, and by using the location model to recognize a

† 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-331-D00715)

■ 논문접수 : 2008.3.3 ■ 심사완료 : 2008.6.2

* 서울디지털대학교 컴퓨터공학부 조교수(jbkim@sdu.ac.kr)

location, the system can be obtained more accurate and efficient results. Experimental results show that the proposed system has both quality and performance to be used as an indoor location-based services(LBS) for visitors in various environments.

주요어 : 위치 인식, 적응적 임계치, 이미지 시퀀스 매칭, 위치 모델, 위치기반서비스

Keyword : location positioning, adaptive thresholding, image sequence matching, location model, location based service

1. 서 론

오늘날 컴퓨터의 보급으로 인하여 일상생활의 많은 부분에서 컴퓨터가 널리 사용되고 있다. 이미 컴퓨터는 생활 속에서 가장 중요한 필수품이 되었고, 컴퓨터를 통해 우리는 적절한 정보를 즉각 얻고 이용하는 습관을 가지게 되었다. 심지어는 거의 매일 컴퓨터 앞에서 작업을 하거나, 작업환경에 맞도록 스스로 컴퓨터를 조립하기도 한다. 이와 함께 시간이 흐를수록 컴퓨터의 성능은 점점 더 향상되고 소형화되어감으로 인해 사용자의 필요에 따라 활용을 위한 컴퓨터의 사용 요구가 증대되었고, 이로 인해 일상생활 속에서 컴퓨터의 도움을 얻기 위한 사용자의 욕에 부착할 수 있는 형태의 웨어러블(wearable) 컴퓨터가 등장하게 되었다[1-3]. 그리고, 사람들은 자신의 감각 센서의 의해 직접 인지하지 못한 정보들을 자연스럽게 제공할 수 있는 웨어러블 혹은 포터블 컴퓨터를 이용하고자 한다. 이러한 맥락으로 웨어러블 컴퓨터로부터 생성된 정보를 자연스럽게 제공할 수 있는 방법이 있다면 사람들은 보다 편리하고 효율적인 삶을 가질 수 있을 것이다. 이를 위해 증강 현실(Augmented Reality)라는 분야가 대두되었고, 현재 많은 분야에서 응용되고 있다[3-5]. 증강 현실이란 실시간에 컴퓨터에 의해 생성된 가상의 물체를 실세계에 중첩시킴으로써 사용자에게 좀 더 효율적인 정보를 자연스럽게 제공하는 기술이다. 현재 이 기술은 의약, 군사, 디자인, 로봇, 제조 및 수리, 위치 인식 분야 등에서 응용되고 있다[4-6].

이들 분야들 중, 특히 위치 인식분야에서는 다양한 연구들이 활발히 진행되고 있는 분야로써, 현재

가장 널리 사용되고 있는 위치 인식 방법에는 GPS 기반 위치 인식 방법[7,8,19,20], 센서(Sensor) 기반의 위치 인식 방법[9,10], 그리고 RFID와 같은 태그 정보를 이용한 위치 인식 방법[11-13] 등이 있다. 하지만, GPS 기반 위치 인식 방법의 경우에는 건물 내부에서는 위성 신호의 수신 불가능으로 인해 위치 정보를 제공할 수 없는 문제가 있다. 또한, Sensor 기반의 위치 인식 방법과 RFID와 같은 태그 정보를 이용한 위치 인식 방법은 부가적인 장치를 사용하여야 함으로 경제적, 시간적인 면에서 다소 비효율적이다.

따라서, 본 논문에서는 별도의 GPS와 같이 부가적인 위치 인식 장비 없이 실내 환경에서 사용 가능한 영상인식 기반의 실내위치인식 시스템을 제안한다. 제안한 방법은 사용자 현재 위치 정보와 함께 입력된 목적지까지의 위치 정보를 제공해주는 증강 현실 기반의 위치 인식 시스템을 제안하는 것이다. 제안한 시스템은 실내 환경에서 위치 인식을 위하여 각 위치에 대한 마크를 식별하는 방법과 실내 환경에 대한 영상들을 미리 데이터베이스에 저장한 뒤, 사용자에게 의해 획득된 영상들과 비교하는 방법으로 이루어진다. 그리고, 정확한 위치 판별을 위해 사전에 정의된 각 실내에 대한 위치사전을 바탕으로 현재 위치를 인식하고, 사용자의 목적지까지 도달하기 위한 경로 정보를 제공하는 방법을 제안한다.

실시간 위치 인식을 위해서는 입력된 이미지 시퀀스들에서 특징 정보가 실시간으로 추출되어야만 한다. 본 논문에서는 특징 정보로 색상 정보와 모양 정보를 사용한다. 즉, 실내에 부착된 흰색 바탕에 검은색 사각 테두리 내부에 서로 다른 비대칭 형태의 패턴으로 구성된 마크를 실시간으로 검출하

는 것이 필요한 것이다. 이를 위해 입력 이미지 시퀀스에서 이진화 과정을 수행되어야 한다. 하지만, 고정적 임계치인 단순한 이진화 방법으로는 실내 이미지에서 마크를 검출하기는 어려움이 있다. 이유는 실내 환경의 조명 변화와 영상의 디지털이징 과정에 발생하는 노이즈등에 의해 환경 변화에 적응적으로 대응하는 임계치 방법이 필요하다. 따라서, 제안한 시스템에서는 적응적 임계치 방법을 마크 검출을 위한 영상 이진화에 적용한다. 그리고, 획득된 영상에서 hue 정보를 분석하여 사전에 저장된 실내 데이터베이스 영상과의 매칭과정을 통해 현재 위치를 판별한다. 그러나, 이미지 시퀀스 매칭 방법을 통해서 얻어는 위치 인식 정보는 영상의 변화에 의해 오인식률이 가중될 수 있다. 따라서, 위치 인식 결과가 타당한지 검증하는 단계가 필요하다. 본 논문에서 위치모델을 참조하여 현 위치를 판별한다. 위치모델은 위치를 판별하기 위해 실내 환경의 구조적 위치를 구분해 놓은 모델이다. 실험 결과, 위치모델을 사용함으로써 위치사전에서 이미지 시퀀스 매칭을 위한 비교 범위도 줄어들 뿐만 아니라 위치 오인식률도 줄어들게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 기존의 실내 위치 탐색 시스템에 관련된 연구에 대해 살펴보고, 3장에서 제안하는 시스템에 대해 자세히 소개한다. 마지막으로, 4장에서 실험 결과를 보이고, 5장에서 결론으로 구성한다.

2. 관련 연구

지금까지 다양한 장치를 이용한 위치 인식 시스템들은 우리 일상생활에서 널리 이용되고 있다. 현재까지 개발된 위치 인식 시스템들을 <표 1>에 나열하였다.

<표 1>과 같은 실내 위치 인식 시스템들은 대부분 실내 환경의 천정이나 벽과 같은 곳에 위치 식별을 위한 디바이스를 설치함으로써 수행된다(<그림 1>). 하지만, 이 방법은 경제적, 시간적인 면에서 다소 비효율적이다.

<표 1> 위치 인식 시스템의 예

시스템명	적용 기술	사용범위
GPS[8]	RF	실외
Cricket[14,18]	RF + Ultrasound	실내
Bat[15]	RF	실내
Active Badge[16]	Infrared(IR)	실내
RADAR[17]	RF	실내
Easy Living[24]	Vision	실내



<그림 1> MIT의 Cricket 시스템의 설치된 센서[18]

이러한 위치 인식을 위해 위치 정보를 제공해 주는 수많은 위치 센싱 기술들이 개발되었다. 현재까지 개발되어 위치 인식에 응용되고 있는 기술들에는 다음과 같은 위치 인식 방법들이 있다.

2.1 GPS 기반의 위치 인식

GPS(Global Positioning System)은 시간이 동기화되어져 있는 위성들의 네트워크를 통해 위치에 관련된 신호를 주기적으로 방사함으로써 위치 정보를 제공하는 기술이다. 즉, GPS 센서는 4개 혹은 그 이상의 위성들로부터 동시에 위성 신호를 수신하고, 수신된 위성 신호를 통해 현재 위치와 속도 등을 계산 할 수 있다. 특히, GPS에 의해 제공된 정보는 실외 환경에서 수 미터내의 정확한 위치 정보는 제공한다. 따라서, GPS 기반의 위치 탐색 시스템은 자동차 항법 시스템[19]이나 항공기 항법 시스템[20]에 널리 활용되고 있다. 하지만, 이 방법은 실외의 위성 신호의 수신이 가능한 오픈 공

간에서만 사용이 가능하다는 단점을 가지고 있다. 즉, 실내 환경에의 위치 인식 불가능으로 인해 실내 위치 인식 시스템에 적용하기에는 충분치 못한 문제점을 가지고 있다.

2.2 Sensor 기반의 위치 인식

이 방법은 GPS를 사용한 위치 정보 제공 기술과 같이 다양한 센서들을 이용한 위치 인식 방법이다. 주로 사용되는 센서들에는 음파(Sonar), 적외선(Infrared light) 기반의 장치들이 사용되고 있다. 먼저, 음파를 이용한 센서는 초음파를 발산하고 반향되어 수신된 초음파와의 도달 시간을 통해 거리를 추정하고 위치에 대한 정보는 제공한다. 음파 센서는 저가이며, 신뢰할만하게 수 미터거리의 물체들을 검출할 수도 있다. 하지만, 이 방법 역시 여러 문제점을 가지고 있다. 음파의 속도가 대기의 조건 등에 영향을 받음으로 해서, 물체의 거리 추정에 오차가 발생할 수 있다. 또한, 위치 인식에 있어서 외부의 다양한 음파들에 의해 영향을 받기가 쉬운 문제점이 있다. 그리고, 적외선 기반의 위치 인식 방법은 적외선 emitter가 적외선을 방출하고, 물체들에 의해 반향된 적외선의 강도를 통해 해당 물체들과의 거리를 추정한다. 이 방법은 음파 신호보다 비교적 정확하게 위치 정보를 추정할 수 있으며 작은 전력 소비로 인해 많은 곳에서 응용되어 있다[10]. 하지만, 수신된 적외선의 강도가 물체의 서로 다른 질감과 모양에 의해 잘못된 정보를 제공할 수 있는 문제점이 있다.

2.3 RFID tag 기반의 위치 인식

RFID tag를 이용한 위치 인식 방법은 이전에 언급한 센서 기반의 방법들과 달리 RFID tag들을 위치 인식을 위한 특정 위치에 설치하여 위치 인식이 가능하도록 하는 방법이다. 먼저 RFID tag를 임의의 위치에 설치하고, RFID 리더기를 통해 해당 tag 정보를 읽음으로 해서 위치 정보를 제공한다[11]. Tag 리더기가 수신할 수 있는 RFID tag의

거리는 대략 2-5미터 내의 정도이다. 하지만, 이 방법은 위치 인식을 위한 추가적인 장비 소요와 설치 문제로 인해 실제 구현하는데 여러 어려움이 존재한다.

2.4 비전 기반의 위치 인식

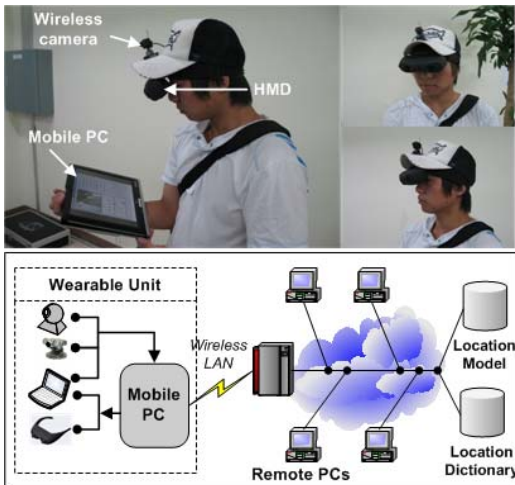
비전 기반의 위치 인식 방법은 시각 센서와 영상 디지털화 장비를 통해 영상에서 제공하는 정보를 위치 인식에 이용함으로써 이전의 센서 기반의 위치 연구와 다르게 별도의 하드웨어 사용 없이 위치를 인식하는 방법이다[24,25]. 따라서 비전 기반의 위치인식을 위해서는 획득한 영상 내에서 식별자를 두는데 이 식별자에는 인공표식과 자연표식으로 나눌 수 있다. 인공표식이란 컴퓨터 비전 센서를 통해 입력된 영상 신호로부터 감지하기 최적인 표식을 인공적으로 제작하여 미리 정의된 환경정보와 인공 표식 정보를 통해 위치를 인식하는 것이다. 위치 추정을 위해 컬러 표식을 부착하여 구별하거나 영상 내의 컬러 정보를 이용하여 위치를 인식하는 시각 센서를 이용한 인공표식 기반 위치인식 방법이다. 그리고, 자연표식은 실내 환경에 주요한 특징 정보를 기반으로 하여 위치를 인식하는 방법이다. 인공 표식을 통한 위치 인식 방법의 경우는 사전에 실내 환경에서 위치 추정을 위한 표식을 정의해야 한다. 그리고, 자연표식을 통한 위치 인식인 경우는 영상 내의 특징 정보에 대한 형태나 위치를 인식하기 위한 복잡한 알고리즘이 요구되며 시간이 다소 소모되는 단점이 있다. 최근 연구인 MS사의 Easy Living[24] 프로젝트의 경우 실내 환경에서 비전 기술을 통해 사람의 위치를 인식하여 위치에 따른 정보 제공과 생활환경의 편안함과 독립된 환경을 제공하는 역할을 한다.

3. 전체 시스템 개요

3.1 시스템 디자인

실내 위치 인식을 위한 애플리케이션 시스템을

디자인 시 고려해야할 사항이 우선 시스템의 경량화를 추구하면서 성능에는 변화가 없도록 디자인해야 한다. 제안하는 시스템은 모바일 태블릿(Tablet) PC와 무선 카메라, 위치 정보 출력을 위한 HMD, 그리고, 무선 LAN 환경을 갖춘 데스크 탑 PC들로 구성된다. <그림 2>는 제안하는 시스템의 디자인을 나타낸다. 사용자가 모바일 PC에 탐색하고자 하는 목적지를 입력하고, 탐색된 위치 정보는 HMD(Head Mounted Display)에 출력한다. 사용한 HMD는 video see-through HMD로써 입력 영상에 위치정보를 출력하도록 하였다. 무선 카메라는 그림과 같이 사용자의 모자에 부착한다. 시스템은 입력 영상을 캡처하고, 무선 네트워크를 통해 원격지 PC로 전송한다. 원격지 PC는 수신된 영상들로부터 위치 추정 및 판별하고, 최종 위치 판별 결과를 모바일 PC로 전송하여 사용자의 HMD에 디스플레이 한다.

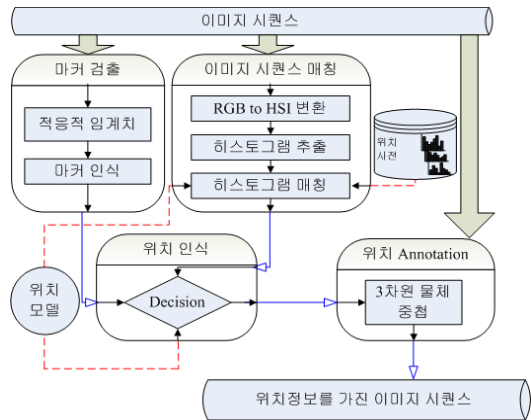


<그림 2> 시스템 디자인과 블록 다이어그램

3.2 시스템 개요

본 논문에서 제안한 시스템의 구성은 <그림 3>과 같으며 시스템의 입력은 이미지 시퀀스이고, 출력은 위치 정보를 나타내는 3D 방향 표시자를 중첩한 이미지 시퀀스와 현재 위치가 인식된 지도를

화면에 출력한다. 시스템은 전체 4단계로 구성한다. 첫 번째 단계는 마크 검출 단계로 획득한 이미지 시퀀스에서 마크를 검출하고, 해당 마크와 대응되는 위치 정보를 출력한다. 두 번째 단계는 이미지 시퀀스 매칭 단계로 획득한 이미지 시퀀스와 사전에 데이터베이스에 저장된 이미지 시퀀스들과의 비교를 통하여 해당 위치 정보를 출력한다. 세 번째 단계는 위치 판별 단계로 이전 두 단계의 출력 값인 위치 정보들을 사전에 정의한 위치모델과 비교하여 현재의 위치 정보를 판별한다. 마지막 단계는 위치 정보 표시 단계로 입력 이미지 시퀀스에 현재 인식된 위치 정보와 목적지까지의 이동 경로는 나타내는 방향 표시자를 HMD에 출력한다.



<그림 3> 제안한 시스템의 다이어그램

4. 실내 위치 인식 시스템

4.1 마크 검출

본 단계는 카메라를 통하여 획득한 이미지 시퀀스에서 마크를 검출한다. 마크는 흰색 바탕에 검은색 사각 테두리 내부에 서로 다른 비대칭 형태의 패턴으로 구성되어 있다. 각 마크들은 실내 건물의 벽, 도어, 계단 등 위치 판별을 위한 특정 위치에 마크를 부착하고, 크기는 20cm x 30cm로 설정하였다. 이러한 마크를 검출하기 위해 입력 이미지 시퀀스에서 영상 이진화 과정이 수행되어야 한다. 일

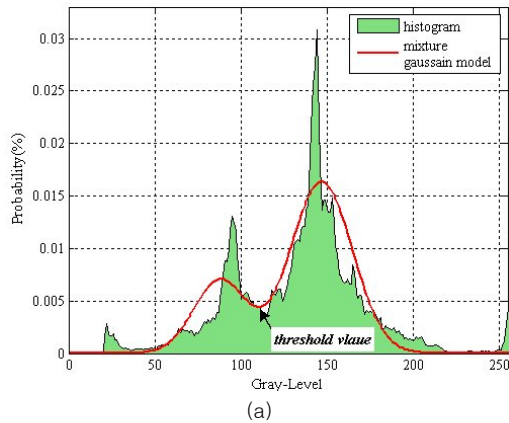
반적인 이진화 방법은 고정된 임계값을 이용하여 영상을 이진화한다. 하지만, 조명이나 빛의 음영에 따른 밝기의 변화로 인해 마크를 검출하지 못하는 문제가 발생한다. 따라서, 제안한 시스템에서는 적응적 임계치 방법 [21]을 마크 검출을 위한 영상 이진화에 적용한다. 적응적 임계치 방법은 획득된 이미지 시퀀스의 밝기 변화에 따라 임계값을 변화시키는 것을 말한다. <그림 4>는 고정 임계값과 적응적 임계값을 적용하여 영상을 이진화한 결과 그림이다. 실험 결과 그림과 같이 다양한 조명 변화에 따라 변하는 적응적 임계치 방법을 마크 검출을 위한 이진화 방법으로 사용함으로써 보다 쉽게 마크를 검출할 수 있음을 알 수 있다. 본 시스템에서는 매 영상마다 적응적 임계치 방법을 사용하는 것이 아니라 영상의 조명 변화가 갑자기 발생하지 않는다는 가정하에 매 40프레임마다 적응적 임계치 방법을 사용하여 임계값을 계산한다. 이로써 제안한

방법이 실시간에 적용될 수 있도록 하였다. 본 단계를 통해 입력 영상에서 마크 형태의 영상이 검출되면 검출된 마크 패턴 템플릿과 대응되는 해당 위치 정보를 출력한다.

적응적 임계치 방법은 히스토그램 기반의 임계치 결정 방법으로 영상의 그레이(gray) 히스토그램이 두 개의 가우시안 혼합확률분포를 따른다는 가정을 한다. 먼저 칼라 영상을 그레이 영상(g)으로 변환한다. 그레이 영상의 히스토그램은 식 (1)과 같은데 $m(d)$ 는 그레이 영상 g 에서 그레이 값 d 를 가지는 픽셀의 개수이며 n 은 영상의 전체 픽셀 개수이다.

$$H(d) = \frac{m(d)}{n} \tag{1}$$

그리고, 가우시안 혼합확률분포는 식(2)와 같다.



<그림 4> 고정 및 적응적 임계치 방법을 사용한 이진화 영상들. (a) 영상(a)의 히스토그램과 혼합가우시안확률분포, (b)원 영상, (c)-(e) 고정 및 적응적 임계치 방법에 의한 이진화 영상($\theta=70, 150, 112$)

$$P(d) = p_1(d) + p_2(d) \tag{2}$$

$$p_i(d) = \frac{\omega_i}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} e^{-\frac{(d-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}}, i = 1, 2$$

$$\begin{cases} w_1 = \sum_{j=0}^{t-1} f(c_j) \\ w_2 = \sum_{j=t}^{255} f(c_j) \end{cases}, f(c_d) = \frac{D_d}{n}, d = 0, \dots, 255$$

식 (2)에서 ω_i, μ_i 는 모집단의 비율과 평균, σ_i 는 그 평균에 대한 표준편차이다. 그리고, t 는 찾고자 하는 임계치 값이고, D_d 는 그레이 값이 d 인 픽셀의 개수이다. 식 (2)에서 그레이 값은 0에서 255의 값을 가지는데, 두 가우시안분포의 각 파라미터들은 그레이 영상의 히스토그램에서 가장 최적으로 만날 수 있는 분포의 파라미터 값을 선택한다. <그림 4>는 영상의 그레이값의 히스토그램과 두 개의 가우시안분포를 나타낸 것이다. 그림 4에 나타나듯이 두 분포가 만나는 골 부분의 d 값을 최적의 임계값 θ 로 결정한다. 즉, 식 (3)에서 정의된 적합 기준 함수 F 를 최소화하는 가우시안분포를 선택하여 그 분포의 만나는 점을 임계값으로 결정한다.

$$F = \frac{1}{n} \sum_{i=\min(d)}^{\max(d)} [P(i) - H(i)]^2 \tag{3}$$

식 (3)에서 n 은 영상의 픽셀 개수를 나타낸다. 이 진화한 영상 T 는 다음과 같이 계산한다.

$$T(x,y) = \begin{cases} 255, & \text{if } d(x,y) \geq \theta \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{4}$$

이 단계의 마지막으로 추출한 T 영상은 연결 성분 검사(connected component analysis)와 모폴로지 연산(morphological operations)을 통해 잡음 및 노이즈와 같은 부분들을 제거한 후 최종 이진화된 영상을 출력한다. <그림 4(a)>는 입력 영상의 그레이 히스토그램과 적응적 임계치를 찾기 위한 두 개의 가우시안분포를 나타낸다. 그리고, <그림 4(c)-(e)>는 이진화 영상을 생성하기 위해 고정된

임계치와 적응적 임계치를 사용한 결과이다. 실현 그림과 같이 모든 입력 영상의 히스토그램이 구분 가능한 두 개의 가우시안분포를 가질 수는 없지만 대체적으로 본 방법을 적용하였을 때 실내 건물의 구조적인 형태를 비교적 전체적으로 잘 나타낼 수 있다.

4.2 이미지 시퀀스 매칭

본 단계에서는 입력 이미지 시퀀스와 위치사전에 저장된 이미지 시퀀스들과의 색상 비교를 통해 현 위치를 추정한다. 위치사전은 해당 실내 건물에 대한 인덱스로 구분되어져 있고, 해당 인덱스는 입력 영상으로부터 실내 환경을 구분 짓는 고유한 번호로써, 이 번호를 입력 영상의 처음 나타나는 마크를 통해 현 위치에 대응하는 위치사전을 제공한다.

위치사전은 실내 환경 위치 정보를 나타내는 이미지 시퀀스들을 저장한 데이터베이스이며, 이미지 시퀀스는 사용자의 행동 범위 내에서 일정한 방향으로 획득한 40개의 프레임들로 이루어져 있다. 이는 다양한 개수의 프레임으로 매칭을 수행한 결과 40 프레임일 때 매칭에러 및 수행시간이 최소였다. 이미지 시퀀스를 구성한 영상들은 색상뿐만 아니라 명암까지 표현되는 RGB 영상 데이터로 구성되어 있다. 이를 이용할 경우 동일한 위치에서 찍은 영상이라도 빛의 밝기의 차이로 같은 위치라고 판별하지 못하는 문제가 발생한다. 따라서, 빛의 밝기 변화에 덜 민감한 hue 정보를 이미지 매칭을 위한 특징 정보로 사용한다. <그림 5>는 <그림 4(b)>의 영상을 밝기와 대비 값을 각각 +50과 -50씩 전체 영상에 인위적으로 증감시킨 영상이고, <그림 5(c)>와 <그림 5(d)>는 변화된 영상과 원 영상 사이의 색상 정보와 hue 정보 변화량을 히스토그램으로 나타낸 그림이다. 그림과 같이 hue 정보가 영상의 밝기와 대비 변화에 덜 민감함을 알 수 있다.

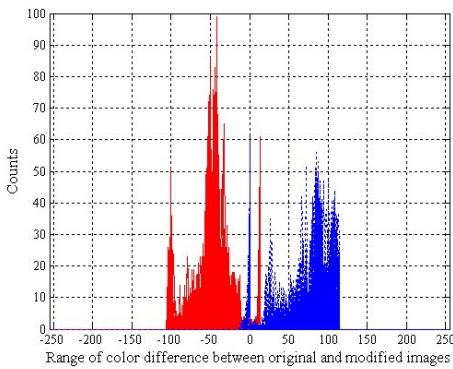
따라서, 이미지 시퀀스 매칭을 위해 먼저 위치사전에 저장된 이미지 시퀀스들과 입력 이미지 시퀀스를 구성한 모든 프레임의 RGB 공간을 HSI 공간으로 변환한다. 그리고, 각 프레임은 64개의 hue



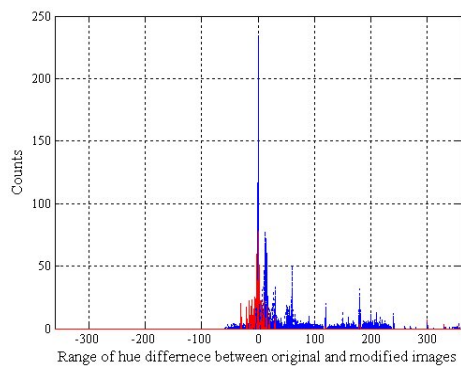
(a)



(b)



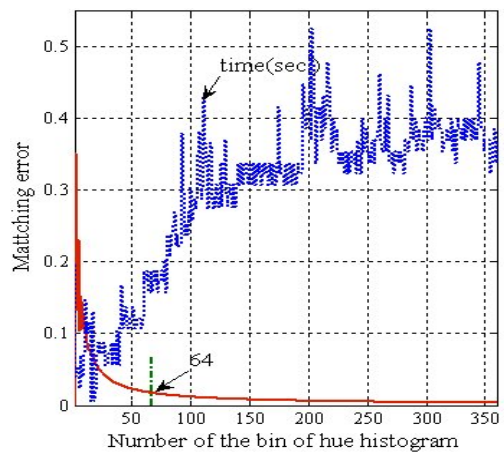
(c)



(d)

<그림 5> 그림 4(b) 영상과 밝기 및 대비 변화를 시킨 영상과 색상과 hue 값의 차이 히스토그램. (a)-(b) 밝기 및 대비 값 변화 영상(+50, -50), (c) 원 영상과 값을 변화 시킨 영상간의 색상 차이 히스토그램, (d) 원 영상과 값을 변화 시킨 영상간의 hue 차이 히스토그램

히스토그램 bin을 가지도록 정규화한다. Hue 히스토그램의 bin의 수는 다양하게 bin의 수를 변화 시켜서 이미지 시퀀스 매칭을 수행시간과 매칭에러가 최적이 되는 점으로 결정하였다. 그림 6에서 y 축은 매칭 에러를 0과 1로 정규화축이고, 또한 시간 축이다. 그리고, x 축은 히스토그램의 bin 수이다. 제안한 시스템에서는 <그림 6>과 같이 이미지 시퀀스 매칭 과정을 통해 히스토그램 bin수의 증가에 따른 매칭에러와 수행시간을 비교하였다. 히스토그램 bin 수가 증가할수록 매칭에러는 감소하였지만 매칭을 위한 수행시간은 증가됨을 알 수 있다. 또한, bin의 수 64개 이상에서는 매칭에러의 감소폭이 둔화할 수 있다. 따라서, 이미지 시퀀스 매칭을 위한 hue 히스토그램의 bin수는 64로 결정하였다.



<그림 6> hue 히스토그램의 bin 수에 따른 이미지 시퀀스 매칭 에러와 수행 시간 그래프

입력 이미지 시퀀스로부터 위치 정보를 추정하기 위하여 미리 저장된 위치사전의 이미지 시퀀스(y^n)들과의 유사성(D_{xy^n})을 계산한다. 이를 위한 계산은 식 (5)와 같으며, 유사성 요소의 값들은 색상 히스토그램의 차이 값($d(x, y^n) = |x - y^n|^2$)으로 구성된다[22]. 식 (5)에서 x 는 이미지 시퀀스의 프레임 번호를 나타내고, n 은 위치 사전의 이미지 시퀀스의 위치 번호를 나타낸다.

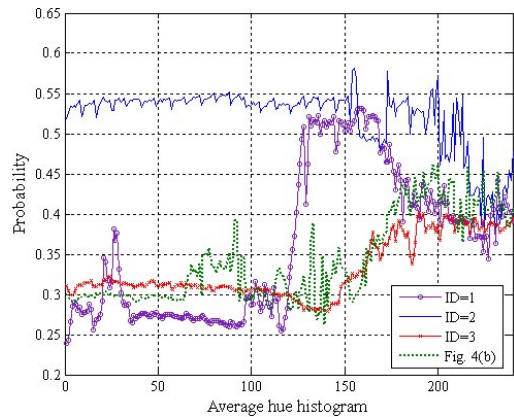
$$D_{xy^n} = \begin{pmatrix} d(x_1, y_1^n) & d(x_2, y_1^n) & \dots & d(x_i, y_1^n) \\ d(x_1, y_2^n) & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots \\ d(x_1, y_i^n) & d(x_2, y_i^n) & \dots & d(x_i, y_i^n) \end{pmatrix} \quad (5)$$

사용자에 의해 입력된 이미지 시퀀스(x)와 위치 사전에 저장된 한 이미지 시퀀스(y^n)가 동일하다면 유사성(D_{xy^n})의 대각선 값들이 0이다. 하지만, 위치 사전을 구성한 이미지 시퀀스들과 사용자에 의해 획득된 이미지 시퀀스는 획득 시각, 방법, 속도와 같은 변수로 인하여 다른 값을 가진다. 따라서, 동적 프로그래밍 방법 [29]을 이용하여 다음과 같은 순서로 현 위치 이미지와 가장 유사한 이미지 시퀀스 검색하고 이에 대응하는 위치 정보를 출력한다.

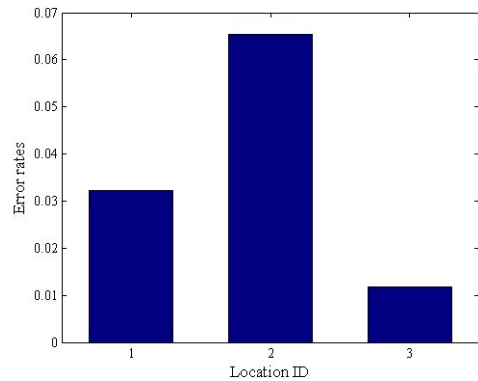
- (1) 각각의 유사성(D_{xy^n})의 요소($d(x_1, y_1^n)$)부터 요소($d(x_i, y_i^n)$)까지의 유사성 행렬 원소의 합이 최소값을 가지는 최단거리를 계산한다.
 예를 들면, $D_{xy} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 \\ 3 & 5 & 4 \\ 6 & 9 & 0 \end{pmatrix}$ (0,0)에서부터 (2,2)까지의 최단 거리는 (0,0)-(1,1)-(2,2)이다.
- (2) 위와 방법으로 $D_{xy^1}, \dots, D_{xy^n}$ 의 최단거리를 계산한다.
- (3) 구한 값들 중 가장 작은 값을 가지는 위치 사전의 이미지 시퀀스가 사용자의 현 위치 이미지 시퀀스의 해당 위치이다.

<그림 7>은 <그림 4(b)>가 속한 이미지 시퀀스

의 평균 hue 히스토그램으로 나타난 그림과 위치 사전에 저장된 각 위치별 영상의 hue 히스토그램 평균 그림이다. 그리고, <그림 8>은 <그림 7>의 각 위치 정보에 대하여 <그림 4(b)> 영상이 속한 위치를 찾기 위해 위치 사전에 저장된 위치와 입력 영상 사이의 매칭 에러를 나타낸 그림이다. 그림과 같이 <그림 4(b)> 영상을 위치 사전 3번째 위치와 유사함을 할 수 있다.



<그림 7> 입력 영상과 사전에 저장된 영상들의 평균 hue 히스토그램



<그림 8> <그림 4(b)>의 위치 정보 결과

4.3 위치 판별

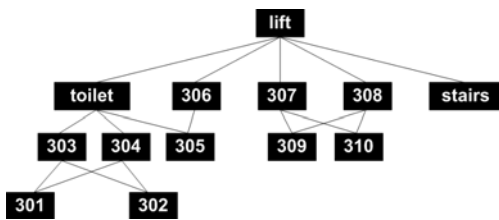
본 단계에서는 이전 두 단계에서 출력된 위치 정보를 <그림 9(b)>의 위치 모델을 참조하여 현 위치

를 판별한다. 먼저 위치를 판별하기 위해 실내 환경의 구조적 위치가 구분되어야 한다. 예를 들어 출입구와 연관되어 있는 위치, 계단과 인접해 있는 위치 등 이러한 연관된 정보들이 사전에 체계화 되어 있어야 한다. 각 실내 건물에 해당하는 위치모델들은 사전에 정의되어져 있고, 이 정보는 원격지 PC로부터 제공받는다. 이는 입력 이미지 시퀀스로부터 마크 검출을 통해 실내 위치를 파악하며 또한 해당 위치모델을 제공한다.

제안한 시스템을 적용하기 위해 실험실의 실내 구조는 <그림 9(a)>와 같고, 이를 위한 위치모델은 <그림 9(b)>와 같이 도식화한다. 위치모델의 노드들은 각 위치를 나타내며 각 노드의 간선은 사용자의 이동 가능성을 나타낸다. 간선이 없는 노드들 간의 이동은 불가능하다고 가정한다.



(a)



(b)

<그림 9> Lab의 평면 구조도와 위치 모델

해당 위치 정보 판별을 위해 2가지 경우를 고려한다. 첫 번째는 마크 검출 단계와 이미지 시퀀스 매칭 단계에서 위치 정보가 모두 출력되었을 경우이다. 먼저 위 두 단계에서 얻은 위치 정보가 같은지 비교한다. 만약 일치하지 않을 경우에는 우선 위치모델을 이용하여 이동 가능 위치에 대한 위치 정

보를 판별한다. 그리고 마크 검출 단계의 결과 값이 찾아낸 위치 모델의 이동 가능한 위치에 포함되어 있다면 이 결과 값을 획득한 이미지 시퀀스의 위치 정보로 판별한다. 두 번째 경우는 이미지 시퀀스 매칭 단계에서만 위치 정보가 출력되었을 경우이다. 이 경우에는 이미지 시퀀스 매칭 단계 결과 값인 위치 정보를 위치 모델을 이용하여 사용자의 현 위치 이미지 시퀀스의 위치 정보로 결정한다. 이처럼 위치 판별을 사전에 정의된 위치모델을 사용함으로써 비교 범위도 줄어들 뿐만 아니라 위치 오인식률도 줄어들게 된다.

4.4 위치 정보 표시

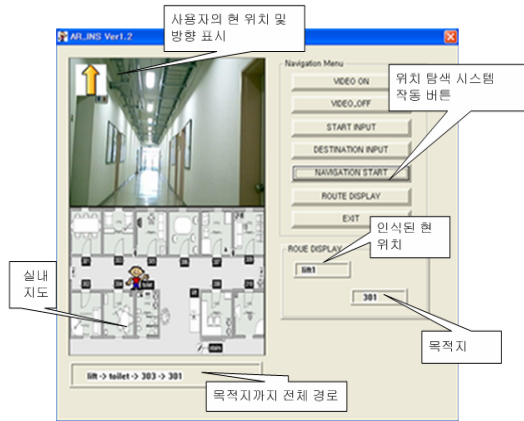
본 단계는 입력 영상으로부터 인식된 위치 정보를 제공하는 단계이다. 위치 정보 제공을 위해 본 시스템에서는 HMD를 사용하였다. 이전 단계에서 인식된 현재 위치 정보와 해당 목적지 경로까지 도달을 위해 이동 방향을 지시하는 표시자를 입력 영상에 중첩하여 HMD에서 출력한다. 중첩을 위한 위치는 영상 왼쪽 상단과 오른쪽 하단 부분에 위치 정보는 표시하였다. 그리고 사용자의 모바일 PC 화면에 현재 위치를 나타내는 건물 지도와 현재 사용자의 위치, 목적지까지의 이동경로, 해당 거리를 출력한다. 사용한 모바일 PC는 태블릿 PC로써 사용자가 손쉽게 명령을 입력하거나 명령의 결과를 확인할 수 있는 장점을 가지고 있다.

5. 실험 결과

제안한 시스템에서는 모바일 태블릿 PC(LG Xnote LT20-488K, P-M 1.8GHz, 1GB RAM)와 무선 카메라(프라벨 Camera: CM22NS, 수신기: RX2400S, 2.4GHz Wireless Camera), 2대의 데스크 탑 PC (P-3.2GHz, 1GB RAM), Access Point (Linksys 2.4GHz Wireless-G), 그리고, HMD (Trivision사, ARVision-3D HMD)를 실험 장비로 사용하였고, 실험 장소는 학교 건물의 실내이며 17곳에 대한 위치 판별을 하였다. 따

라서 이미지 시퀀스 매칭을 위한 위치 사진의 이미지 시퀀스 개수는 17이다($n=17$). 실험에 사용한 입력과 출력 이미지 사이즈는 320×240 픽셀이며 평균적으로 초당 평균 9프레임을 획득하였고, 이미지 시퀀스 매칭을 위해 사용한 시퀀스는 각각 40개의 프레임들로 구성하였다.

<그림 10>은 제안한 시스템의 인터페이스를 나타낸다. 좌측 상단의 그림은 판별된 위치 정보를 해당 맵에 표시한 그림이며 좌측 하단의 영상은 입력 영상이다. 그리고 우측 상단의 영상은 위치 정보를 표현하는 영상이고 우측 하단의 영상은 위치 사진의 영상이다.



<그림 10> 제안한 시스템의 인터페이스

마크 검출 방법에 따른 위치 인식률을 실험하기 위해 낮과 야간 시간에 획득한 이미지 시퀀스를 대상으로 실험하였다. 이 이미지 시퀀스는 <그림 9(a)>의 실내 평면도에서 305호실부터 301호실까지 총 6개의 위치 정보가 포함되어 있고, 낮과 야간 시간 총 30분씩 해당 위치 범위를 이동하면 이미지 시퀀스를 획득하였다. 실험을 위한 위치 인식률(R)은 식 (6)과 같이 계산하였다.

$$R = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{c_i}{T_i} \times 100 \right) \quad (6)$$

n 는 영상 획득을 위해 이동한 범위에 포함된 해

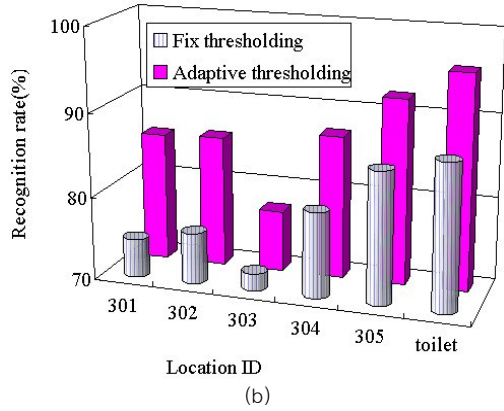
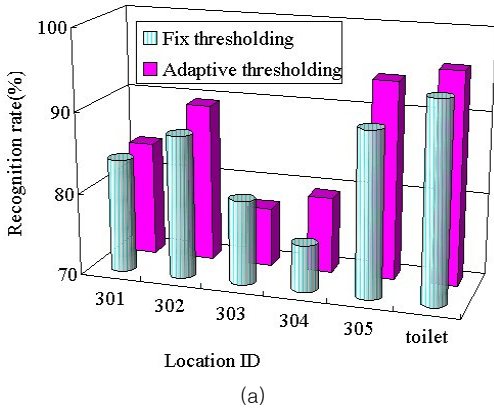
당 위치 총 수(여기서 $n=6$), T_i 는 i 번째 위치가 이미지 시퀀스에 나타난 총 횟수, 그리고 c_i 는 i 번째 위치가 시스템의 의해 인식된 총 횟수이다. 영상에 마크 검출을 위해 적응적 임계치를 사용한 결과와 고정 임계치를 사용하였고, 그 인식 결과는 <그림 11>과 같다. 그림과 같이 적응적 임계치 방법을 마크 검출에 적용한 결과 낮 시간대에는 영상의 밝기 변화가 크지 않아 두 실험 과정 모두 만족할 만한 결과는 제시하였으나, 야간 시간대에서는 실내조명의 영향에 의해 고정적 임계치 방법을 적용한 결과가 적응적 임계치 방법을 적용한 결과보다 위치 인식이 저조함을 알 수 있다.

제안한 방법에서 위치 판별을 위해 사용한 위치 모델을 적용한 결과와 사용치 않은 위치 인식 결과를 <표 2>에서 나타낸다. 실험을 위해 <그림 11>에서 사용한 낮 시간대에 획득한 이미지 시퀀스를 사용하였고, 이미지에 포함된 위치가 인식되는 평균 확률과 평균 수행시간을 각각 비교하였다. 표 2와 같이 위치 모델을 사용함으로써 오인식률이 감소됨을 알 수 있고, 비록 근소한 차이지만 수행시간이 줄어들 또한 알 수 있다.

<표 2> 위치모델 사용/비사용에 따른 평균 위치 인식률과 평균 수행 시간

위치 ID	위치 모델에 의한 평균 위치 인식률(%) 및 수행 시간(sec.)			
	비사용	수행시간	사용	수행시간
301	84.2	0.21	85.4	0.20
302	85.2	0.20	85.7	0.20
303	73.6	0.25	77.3	0.23
304	84.1	0.19	87.1	0.20
305	90.5	0.17	92.1	0.16
toilet	94.0	0.17	95.6	0.15
total	85.3	0.20	87.2	0.19

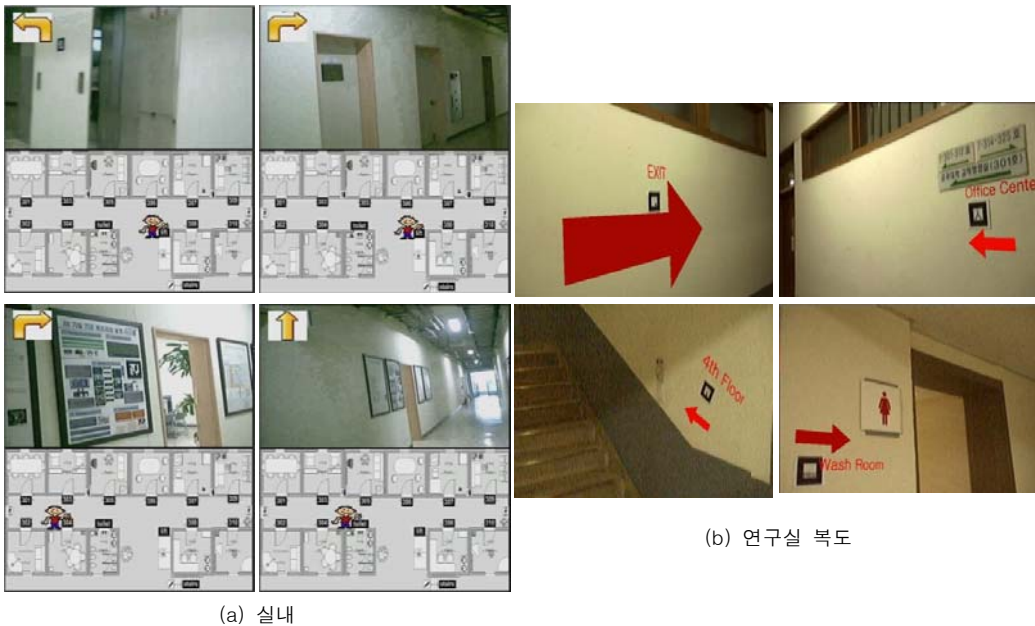
<그림 12>는 이미지 시퀀스에 목적지 경로까지 이동을 위한 방향 지시자를 중첩한 결과와 위치 정보와 맵을 표시한 그림이다. 실내 위치 인식을 위한



<그림 11> 고정 및 적응적 임계치를 통한 위치 인식 결과, (a)-(b) 낮과 야간 시간대에 획득한 영상의 위치 인식결과

제안한 시스템을 적용한 한 결과 전체 위치 인식을 위한 인식률은 82%를 나타내었고 각 위치를 인식하기 위해 소요된 시간은 2.3초가 걸렸다. 위치 인식에서 오류를 발생하는 곳은 건물 내에서 실외로 연결되는 연결 통로 복도 위치에 대부분 발생하였다. 이곳의 밝기 변화가 급격하여 적응적 임계치를 사용함에 있어서도 영상 인식의 한계를 나타내었다.

또한, 위치 인식을 위한 처리 프로세서를 가진 원격지 PC와의 거리에 따라서 정보 전송 속도가 변함으로 인해 처리 시간이 일정하지 못한 문제점이 발생되었다. 그리고, 사용자가 서로 마주보는 위치에 부착된 마크의 사이에서 전방향을 주시하여 영상을 획득했을 경우 해당 위치의 오인식을 역시 증가하였다. 따라서 향후 연구에서 있어서 이러한 부분이



(a) 실내

(b) 연구실 복도

<그림 12> 실내 위치 인식 결과

보완되어야 하고 전체 건물에 대해 제한한 시스템을 적용할 계획이다.

6. 결 론

본 논문에서는 영상인식 기반의 위치기반서비스를 위한 실내위치인식 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 비전 기술을 이용하여 각 위치에 대한 심볼마크를 검출하고 인식함으로써, 사용자의 현 위치를 판별할 뿐만 아니라 사용자가 쉽게 목적지까지 갈 수 있도록 3D 이미지를 화면에 표시할 수 있는 증강 현실 기술을 사용하였다. 제안한 시스템에서 사용자의 위치를 인식하기 위해 패턴 매칭과 이미지 시퀀스 매칭방법을 사용하였다. 그리고, 위치 추정을 위치 모델을 생성하여 위치 판별에 발생할 수 있는 오인식률을 크게 감소되어졌다. 그러므로, 제안한 시스템은 실내 안내 시스템에 효과적으로 적용 가능할 것이다. 하지만, 본 연구에서는 해당 위치마다 특정한 마크를 부착함에 있어서 부가적인 비용이 발생되고, 새로운 위치가 신규로 생성될 때마다 위치 모델을 갱신하는 어려움이 존재하였다. 따라서, 이를 해결하기 위해 특정 패턴이 인쇄된 종이 마크를 이용하는 것 보다 요즘 널리 사용되고 있는 RFID 칩을 위치 판별을 위해 사용함으로써 보다 효율적일 것이고, 이 RFID 간의 신호 전파의 세기를 통해 위치 모델을 자동적으로 갱신할 수 있는 연구를 향후 수행할 할 것이다.

참고문헌

- Jacobsen, A., Wearable computers: developments and possibilities, Norwegian University of Science and Tech., PhD. Thesis, 2000.
- Lehikoinen, J. and Suomela, R., "Accessing context in wearable computers", Personal and Ubiquitous Computing, Vol.6, No.1, 2002, pp. 64-74.
- Stamer, T., *et al.*, "Augmented reality through wearable computer", Teleoperators and virtual Environments, Vol.6, No.4, 1997, pp. 386-398.
- Azuma, R. T., "A survey of augmented reality", Presence, Vol.6, No.4, pp. 355-385, 1997.
- Feiner, S., *et al.*, "Knowledge-based augmented reality", Communication of the ACM, Vol.7, 1993, pp. 53-61.
- Boulanger, P., "Application of augmented reality to industrial tele-training", Proc. in Computer and Robot Vision, 2004, pp. 320-328.
- Barnard, M. E., "The global positioning system", IEE Review, Vol. 38, No. 3, 1992, pp. 99-102.
- Panzieri, S., Pascicci, F., Ulivi, G., "An outdoor navigation system using GPS and inertial platform", IEEE trans. on Mechatronics, Vol.7, No.2, 2002, pp. 134-142.
- Clarkson, B., *et al.*, "Recognizing user context via wearable sensors", Int. Symp. Wearable Computers, 2000, pp. 69-75.
- Colding, R., Lesh, N., "Indoor navigation using a diverse set of cheap, wearable sensors", Int. Symp. on Wearable Computers, 1999, pp. 29-26.
- philipose, M., *et al.*, "Mapping and localization with RFID technology", Intel Research, IRS-TR-03-014, 2003.
- Chon, H. D., "Using RFID for accurate positioning", Int. Symp. on GNSS, 2004.
- Kulyukin, V. *et al.*, "RFID in robot-assisted indoor navigation for the visually impaired", Proc. int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, 2004, pp. 1979-1984.
- Nissanka, B. *et al.*, "The cricket location-

- support system”, Proc. ACM Mobicom, pp. 32-43, 2000.
15. Harter, A., Hopper, A., “A new location technique for the active office”, IEEE Personal communications, Vol.4, No.5, 1997, pp. 42-47.
 16. Want, R., *et al.*, “The active badge location system”, ACM trans. on Information systems, Vol.10, No.1, 1992, pp. 91-102.
 17. Bahl, P., and Padmanabhan, V., “RADAR: an inBuilding RF-based user location and tracking system”, In Proc. IEEE INFOCOM, Vol.2, 2000, pp. 26-30.
 18. <http://nms.lcs.mit.edu/projects/cricket/>
 19. Simonsen, K., *et al.*, “Land-vehicle navigation using GPS”, Proceedings of the IEEE, Vol.87, No.1, 1999, pp. 145-162.
 20. Wang, A., Li, X., Huang, Y., “Navigation system of polotless aircraft via GPS”, IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, Vol.11, No.8, 1996, pp. 16-20.
 21. Kim, J. B., Kim, H. J., “Efficient region-based motion segmentation for a video monitoring system”, Pattern Recognition Letter, Vol.24, No.1, 2003, pp. 113-128.
 22. Aoki, H., Schiele, B., Pentland, A., “Realtime Personal Positioning System for a Wearable Computers”, The third Int. Symp. on Wearable Computer, 1999, pp. 37-43.
 23. Sakoe, H., Chiba, S., “Dynamic programming algorithm for spoken word recognition”, Readings in Speech Recognition, 1990, pp. 159-165.
 24. Krumm et al., “Multi-camera multi-person tracking for easy living”, Proc. 3rd IEEE Int. workshop visual surveillance, 2000, pp. 3-10.
 25. Yuen, D. C. K., Macdonald, B. A., “Vision-based localization algorithm based on landmark matching, triangulation, reconstruction, and comparison”, IEEE Trans. on Robotics, Vol.21, No.2, 2005, pp. 217-226.

김종배

2002년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 2004년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 2004년 Georgia Institute of Technology, Visiting Scholar
 2005년 울산대학교 전기전자컴퓨터공학부 전임연구원
 2006년 세종대학교 컴퓨터공학부 초빙교수
 2006년~현재 서울디지털대학교 컴퓨터공학부 조교수
 2007년~현재 서울디지털대학교 정보관리실 실장
 관심분야 : GIS, 멀티미디어, 인공지능 등
 e-mail : jbkim@sdu.ac.kr