

## 비마커기반 증강현실을 이용한 건설 구조물 유지관리 효율화 방안

문소영\* · 윤수영\*\* · 김현승\*\*\* · 강인석\*\*\*\*

Moon, So Yeong\* · Yun, Su Young\*\* · Kim, Hyeon Seung\*\*\* · Kang, Leen Seok\*\*\*\*

### Improved Method for Increasing Maintenance Efficiency of Construction Structure Using Augmented Reality by Marker-Less Method

#### ABSTRACT

As BIM has been increasingly applied to building project recently, its application to civil engineering project is also on the rise. As construction structures have been expanded and complicated in a size and type, the information for handling maintenance process has also increased. Thus, to actively utilize the BIM information created at the design stage, this study has been carried out to establish a maintenance system using a marker-less based augmented reality method, by presenting a maintenance system for the construction structures using augmented reality. A SURF algorithm is used to link the 3D objects in the design and construction phases to the maintenance phase. The presented method in this study can increase the utilization of 3D information created at the design stage, by offering an augmented reality technology at the maintenance stage. The method could also improve the efficiency of visual inspection on construction structures by augmenting 3D model of a bridge structure.

**Key words :** Augmented Reality (AR), Maintenance, BIM, SURF algorithm

#### 초 록

최근 토목공사의 설계, 시공, 유지관리를 포함한 모든 단계에 BIM을 적용하기 위한 시도가 늘어나고 있다. 또한, 설계기술의 발전과 함께 건설 구조물이 대형화, 복잡화 됨으로 인해 유지관리 업무수행을 위한 정보 또한 증가하면서, BIM기반의 유지관리를 위한 정보 활용의 중요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 설계단계에서 생성된 BIM정보를 유지관리단계에서 적극 활용하기 위해 증강현실기반 건설 구조물 유지관리 방법론을 제시하고, 이를 통해 비마커기반 증강현실을 이용한 건설 구조물 유지관리 시스템을 구축하고자 한다. 연구에서는 설계단계에서 생성된 3D 모델과 시공단계에서 생성된 정보를 유지관리단계에 제공할 수 있게 SURF 알고리즘 기반의 비마커 증강현실 기술을 이용하여 제공함으로써 정보의 활용성 및 운영성을 높여 유지관리의 효율성을 높일 수 있다. 또한, 교량구조물의 3D모델을 증강시켜 구조물의 시각적인 점검이 가능하도록 하였으며, 사례적용을 통해 시스템의 효율성을 확인하였다.

**검색어 :** 증강현실, 유지관리, BIM, SURF 알고리즘

\* (주)한길아이티 BIM사업부 대리 (HanGillIT · soyeong.moon@aroaduser.com)

\*\* 경상대학교 토목공학과 공학연구원 (Gyeongsang National University · hsmoon@kict.re.kr)

\*\*\* 정회원 · 경상대학교 토목공학과 박사과정 (Gyeongsang National University · wjdchs2003@gmail.com)

\*\*\*\* 정회원 · 교신저자 · 경상대학교 토목공학과 교수 (Corresponding Author · Gyeongsang National University · lskang@gnu.kr)

Received September 1, 2014/ revised April 28, 2015/ accepted May 20, 2015

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설 구조물 안전에 대한 관심이 증가하면서 유지관리의 중요성이 점점 부각되고 있다. 유지관리는 설계, 시공 업무에 비해 오랜 시간에 걸쳐 이루어지는 작업이다. 때문에 구조물의 유지관리는 누적되는 정보의 관리가 중요하며, 올바른 정보의 관리를 통해 시설물의 생애주기 동안 안전성을 확보할 수 있다. 유지관리 업무 수행 과정에서 다발적으로 이루어지는 정보의 습득과 활용은 현장 점검 수행 시 많은 불편함을 발생시켜 업무를 수행함에 있어서 능률을 떨어지게 하는 요인이 될 수 있다. 이러한 불편함을 줄이고, 정보 관리의 효율화를 위해 최근에는 Moon and Lim(2011)과 같이 BIM(Building Information Modeling)을 이용한 유지관리 연구들이 많이 시도되고 있다.

하지만 최근 건설 분야에서 연구하는 BIM기반의 건설관리 업무는 대다수 정보가 가상현실기반의 컴퓨터 그래픽으로만 표현됨으로써 실제 공사현장과의 괴리감을 지니고 있다. 최근 이러한 가상현실의 단점을 극복할 수 있는 증강현실(Augmented Reality, AR)기술이 대두되고 있다.

본 연구에서는 건설 구조물의 유지관리 효율성을 높이기 위해 현장 점검 시, 시각적인 정보와 신속하고 정확한 정보 제공을 통해 점검자가 빠르고 올바른 판단을 내릴 수 있도록 증강현실기반 건설 구조물 유지관리 방법론을 제시한다. 또한, 비마커기반 증강현실을 이용한 건설 구조물 유지관리 시스템을 구축하여 현장업무 수행시 마커의 제작, 설치, 보관 등의 불편함을 해소하고, Google 지도와 유지관리정보 연계를 통해 현장적용면에서의 편리성을 확보하고자 한다. 이로써 증강현실기술을 이용하여 구조물 외관의 이상여부 검사 등을 용이하게 하는 방법론과 설계단계의 3D 정보를 유지관리단계까지 적극적으로 활용하는 방법론을 제시한다.

### 1.2 연구동향

기존의 유지관리 업무절차는 점검관련 메뉴얼, 도면, 설계도서 등의 문서위주로 진행됨으로써, 설계 및 시공정보의 활용도와 점검의 연속성면에서 부족한 점들이 있을 수 있으며, 이를 개선하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. Lim(2011)는 건설프로젝트 초기단계에서부터 유지관리 정보를 수집하여 유지관리단계의 정보 시스템까지 효율적으로 전달할 수 있는 체계적인 유지관리 프로세스를 개발하였고, Kim(2013)은 RFID, 모바일 기술 등 첨단 정보통신 기술을 시스템에 적용하기 위한 첨단 건설현장정보시스템 개발 방안을 제시하였다. Moon et al.(2011)는 3D 그래픽 모델을 활용한 교량 구조물 유지관리 정보 시스템을 제시하여 필요한 설계정보를 실시간으로 검색하고 조회할 수 있는 환경을 구현하고자 하였다.

Ko(2009)는 RFID기술을 이용하여 건물 유지보수기능을 강화하고자 하였다.

건설 분야 증강현실 기술 적용과 관련된 국내외 연구사례는 다음과 같다. Kang et al.(2008)은 증강현실 기술을 이용하여 토목 시설물의 효율적인 현장 진도관리가 가능하도록 하는 AR-4D CAD의 구축 방법론을 제시 하였다. Park and Choi(2005)은 기존 건축물의 정보를 좀 더 체계적으로 관리하기 위한 건물 정보 데이터 베이스의 효과적인 가시화 방법을 연구하였다. Kim et al.(2012)은 QR코드를 증강현실 기술과 접목하여 스마트 디바이스기반 증강현실형 모니터링 기술을 제안하였다. Schall(2009)은 지하 사회기반 시설의 현장 유지, 계획, 조사현장 작업 근로자들을 위한 증강현실을 구현하고자 하였다.

이와 같이 건설 유지관리 관련 연구들을 살펴보면, BIM, 모바일, RFID 등의 최신 기술들을 유지관리에 접목시키기 위한 시도가 많이 이루어지고 있다. 하지만, 증강현실 기술을 이용하여 구조물의 유지관리를 위한 시각적인 정보 제공을 가능하도록 하는 연구나 정보 관리에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다. 건설 분야 증강현실 적용과 관련된 연구에서는 마커기반 증강현실을 건설 분야에 적용한 경우가 대부분이며, 증강현실 기술을 유지관리 분야에 적용하고자 하는 시도는 아직 부족한 것을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 비마커기반 증강현실 기술을 이용하여 건설 현장에 적합한 기술을 구현하고 유지관리를 위한 정보를 시각화하여 제공한다. 이를 통해 설계단계의 정보를 증강현실 기반으로 유지관리 단계에 적극 활용함으로써 BIM 기반의 유지관리 업무가 수행될 수 있는 도구로 활용성을 검증한다.

### 1.3 연구 수행 방법

본 연구에서는 건설 구조물의 유지관리를 위한 효율적인 현장 업무수행이 가능하도록 다음과 같은 방법을 시도하고 있다.

첫째, 본 연구에서는 Google 지도와 현장 DB(DataBase)를 경위도 좌표값으로 연계함으로써 기존의 현장 유지관리 이력조회를 위한 검색절차를 보다 간편하게 하였다. 또한 구조물의 3D모델과 Text정보를 연동하여 현장에서 정보 제공 시, 시각적인 정보와 함께 현장 점검에서 필요한 Text정보를 신속히 제공할 수 있도록 하였다.

둘째, 본 연구에서는 SURF(Speeded Up Robust Features)알고리즘을 활용한 비마커기반의 증강현실 유지관리 방법을 제시한다. 제시한 방법은 하나 또는 다수의 이미지를 Target 모델로 설정이 가능하기 때문에 구조물의 연속적인 점검을 수행할 수 있다. 구조물 점검을 위한 다중 Target 모델 설정을 통해 기존 2D, 3D기반 유지관리방법에서 개별 구조물에 대해 각각의 검색을 실시하여야 했던 불편함을 최소화시켜 구조물 점검의 연속성을 가지게 하였다.

또한, SURF 알고리즘을 이용하여 객체를 인식하여 증강기술에 적용함으로써, 기존의 마커기반 증강현실에 비해 마커제작, 마커설치 등과 같은 불편함을 최소화 하였다. 이는 대부분이 실내가 아닌 실외에 위치한 건설 구조물의 점검에서 마커기반 증강현실 적용의 한계를 극복할 수 있다.

셋째, 구조물의 교체가 필요할 때 해당 위치의 실시간 화면 위에 교체를 원하는 구조물의 3D 모델과 이력정보를 보여줌으로써 교체 여부 판단 및 현장관리의 휴대성을 증가시킬 수 있다. 또한, 현장 점검과 동시에 점검 내역을 휴대용 기기를 통해 기록함으로써, 실시간 업데이트를 통해 정보손실을 최소화할 수 있다.

이러한 증강현실 기반 건설 구조물 유지관리 방법은 설계단계에 생성된 구조물의 3D모델 및 모델의 정보를 유지관리 단계에서 적극 활용함으로써 BIM 기반의 유지관리 업무를 보다 효과적으로 수행할 수 있도록 한다. 본 기술을 통해 현장친화적인 BIM 정보를 제공하여 유지관리 업무 수행 시 현장 업무의 효율을 높일 것으로 기대된다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 증강현실

증강현실은 사용자가 눈으로 보는 현실세계에 가상 물체를 겹쳐서 보여주는 기술이다.

Fig. 1의 좌측과 같이 가상현실은 배경, 객체 모두가 가상인 상태에서 정보를 제공하는 기술이고, Fig. 1의 우측과 같이 증강현실은 실제상황을 배경으로 하여 가상의 객체를 통해 정보를 제공하는 기술을 말한다. 가상현실은 현실에서 존재하지 않는 정보를 디스플레이 및 렌더링 장비를 통해 사용자로 하여금 볼 수 있게 하는 것이다. 즉, 가상현실이 현실과 접촉되면서 변형된 형태로, 사용자가 실제 환경을 배경으로 가상의 정보 객체를 괴리감 없이 보다 현실적으로 받아들이는데 효과적이다.

이러한 증강현실기술은 객체를 인식, 증강시키는 방식에 따라 마커(Marker) 인식 방식과 마커리스(Marker-less) 인식 방식으로 분류된다.

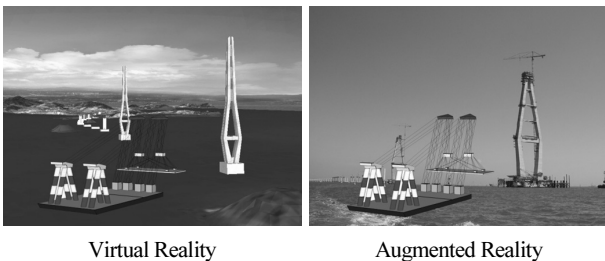


Fig. 1. Virtual Reality and Augmented Reality(Moon, 2014)

### 2.2 SURF 알고리즘

영상처리 분야에서는 영상인식이나 분석을 위해 영상의 고유 특징점을 추출하고 추출된 특징점을 표현하는 서술자를 생성하여 이를 다른 영상과 비교하는 방법을 많이 이용한다. 이와 같이 특징점과 서술자는 서로 다른 영상에서 공통되는 영역을 찾는 방법 중에 하나로 객체인식 및 추적, 파노라마 이미지 생성과 같은 분야에 많이 사용된다. 이러한 영상인식 분석 알고리즘 중 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)와 SURF는 객체의 모서리나 꼭지점 등에서 생성되는 특징점을 벡터로 추출하여, 영상의 크기, 회전, 조명, 시점 등의 환경변화에 의한 변형에 뛰어난 매칭 성능을 가지는 알고리즘이다. 이러한 장점 때문에 물체인식과 객체 추적, 텍스트처점합, 영상검색, 로봇 네비게이션, 영상 이해 등의 다양한 분야에 응용이 가능하다. 하지만 SIFT 알고리즘은 영상을 반복적으로 연산하는 과정이 많아서 처리속도가 좋지 않다. 반면에, SURF 알고리즘은 고속 헤이시안 탐지기(Fast Hessian Detector)를 사용하여 특징점을 도출하기 때문에 객체 인식과 정합에 우수한 성능을 가진 SIFT와 견줄만한 성능을 가지면서 SIFT 알고리즘 보다 속도를 더욱 향상시킨 알고리즘이다.

## 3. 건설 구조물 유지관리 효율화를 위한 증강현실 모형

### 3.1 증강현실기반 구조물 유지관리 효율화 모형 구축

본 연구에서 제시하는 증강현실 기반 건설 구조물 유지관리 방법론은 Fig. 2와 같다.

Fig. 2는 본 연구에서 제시하는 증강현실 기반 건설 구조물 유지관리 방법론의 흐름을 간단히 나타낸 것이다. 증강현실 기반 유지관리를 수행하기 위해 먼저, 정보를 수집한다. 이 정보는 이후 객체를 인식하기 위한 Target 모델과 증강되는 정보가 된다. 정보 수집 이후, 현장의 경위도 좌표값을 이용하여 현장의 정보를 불러들이고 실시간 현장 화면 인식 장비를 통해 현장의 구조물을 인식한다. 장비를 통해 인식된 현장 화면에서 SURF 알고리즘을 이용하여 점검하고자 하는 객체를 추적하고, 추적이 완료 되면 해당 구조물의 정보를 증강시킨다. 증강된 정보를 활용하여 구조물 점검을 수행한 후, 점검 내용을 Update시킨다. 연구에서는 위와 같은 과정을 통한 유지관리 업무수행 방법을 제시하고, 이를 통해 유지관리 업무를 보다 간편하고 효율적으로 수행 가능하도록 하고자 한다.

### 3.2 증강현실기반 유지관리 정보 생성

본 연구에서 제시하는 증강현실 기반 유지관리 방법을 수행하기 위해서는 먼저, 정보 생성 단계가 필요하다. 증강현실 기반 유지관리를 위해 생성하는 정보는 먼저 BIM 설계단계에서 생성하는 구조물의 3D 모델이다. 두 번째는 3D 모델과 연계된 구조물에 관한

Text 정보이다. 이 Text 정보는 해당 구조물의 점검 방법, 특이사항, 구조물의 제원, 시공일시, 제조회사 등을 말한다. 세 번째는 구조물의 이미지를 말한다. 이 이미지는 구조물의 초기점검 단계에서 점검자가 획득한 구조물의 사진 또는 3D 모델을 통해 획득한 이미지를 말한다. 생성된 3D 모델과 Text, 구조물의 이미지를 각 현장 단위로 정보를 분류하여 DB에 저장한다. 이때, 현장별 DB는 각 현장의 실제 경위도 좌표값과 연계된다.

### 3.3 구조물 위치정보 획득 및 인식

준비된 정보들을 이용하여 증강현실 기반 유지관리를 수행하기 위해서는 관리 대상구조물을 추적하기 위한 Target 모델과 유지관리를 위해 증강시킬 정보를 DB에서 불러들이는 준비단계가 필요하다. 여기서, Target 모델은 현장의 실시간화면에서 점검하고자 하는 대상 구조물을 인식하기 위한 기준이 되는 이미지로써, 정보

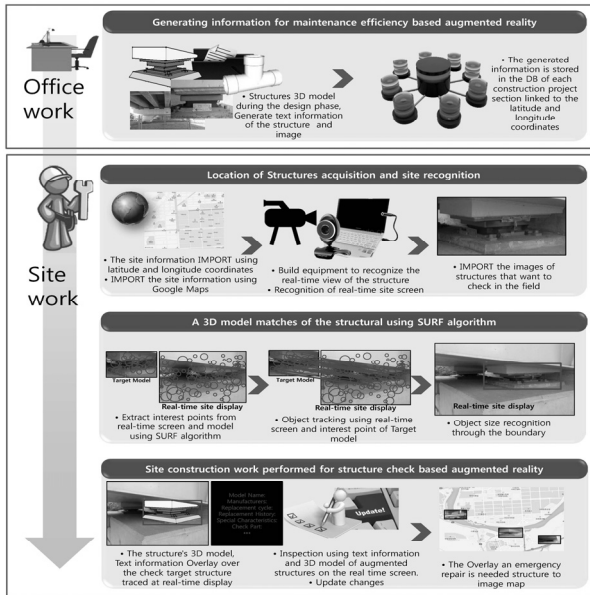


Fig. 2. Construction Structure Maintenance Method based on Augmented Reality

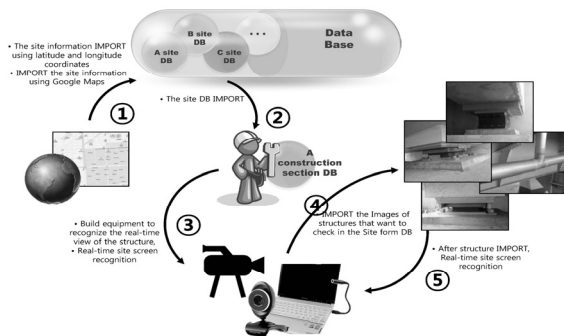


Fig. 3. Preparation Phase for Site Inspection

생성단계에서 획득한 구조물의 이미지가 된다.

Fig. 3은 정보 생성 이후, 증강현실 기반 유지관리를 위한 준비 단계를 나타낸 것이다. 준비단계에서는 Google과 연계된 지도를 통해 현장의 경위도 좌표값을 입력하고 이를 통해 현장의 DB를 불러들인다. 현장의 정보를 불러들인 이후, 실시간 화면을 인식하기 위한 장비를 설치한다. 실시간 현장을 인식하기 위한 장비는 카메라 기능이 장착된 태블릿 PC, 노트북이 된다. 이후 점검하고자 하는 구조물의 Target 모델들을 해당 현장 DB에서 불러들이고 카메라를 통해 현장을 인식한다.

### 3.4 SURF 알고리즘을 활용한 3D모델 매칭

카메라를 통해 인식되는 현장의 실시간 화면에서 Target 모델과 일치하는 객체를 추적하기 위해서 SURF 알고리즘을 사용한다. SURF 알고리즘은 적분 영상을 기반으로 한 고속 헤이시안 검출기를 사용하여 특징점을 도출하기 때문에 다른 특징점 도출 알고리즘에 비해 속도 면에서 높은 성능을 가지고 있다. Fig. 4는 SURF 알고리즘을 이용하여 Target 모델과 현장의 실시간 화면에서 일치하는 객체를 추적하는 과정을 나타내는 것이다.

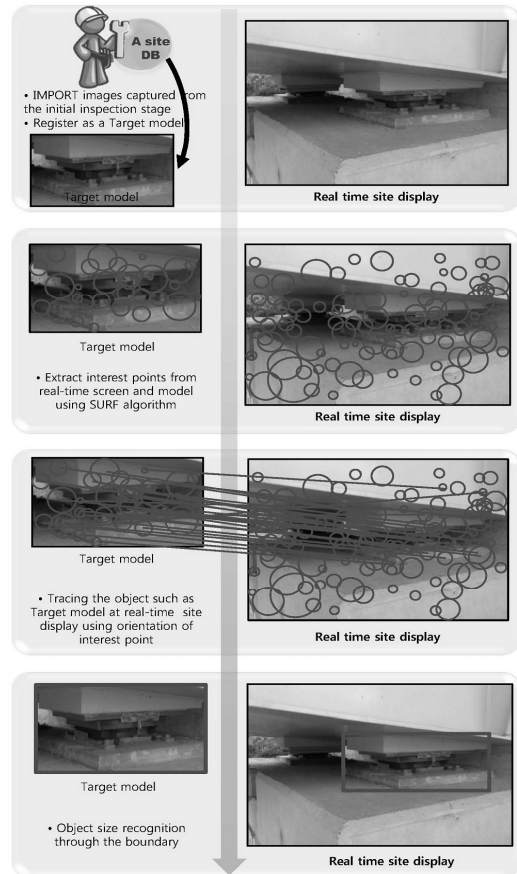


Fig. 4. Object Recognition Phase

SURF 알고리즘을 통해 Target 모델과 일치하는 객체를 실시간 화면에서 찾는 과정은 먼저, Target 모델과 실시간 화면 영상에 각각 특징점을 생성한다. 이후 생성된 각 특징점의 주 방향을 생성하고 Target 모델에 생성된 특징점의 주 방향을 이용하여 기술자리를 추출한다. 실시간화면과 Target 모델에서 추출한 기술자들의 방향을 비교하여 Target 모델과 일치하는 객체를 실시간 화면에서 찾는다. 또한 실시간 화면에서 Target 모델이 차지하는 영역만큼 바운더리를 설정한다. 이와 같은 SURF 알고리즘을 이용한 비마커 기반 증강현실 구현 내용은 다음 절에서부터 자세히 기술한다.

### 3.4.1 영상으로부터 특징점 추출

#### 3.4.1.1 적분 영상 생성

SURF 알고리즘은 적분 이미지를 이용해 박스 필터(Box Filter) 연산을 수행하고, 박스 필터 연산을 통한 고속 헤이시안 검출기를 이용하여 특징점을 추출한다. SURF 알고리즘은 특징점을 추출하기 위해 박스 필터를 이용한 회전 연산을 반복적으로 수행한다. 박스 필터의 회전 연산은 필터 내부에 존재하는 화소 값의 합을 구하는 작업을 수행하는 것이다. 이때, 적분영상을 생성하면 박스 필터의 크기와 상관없이 빠른 속도로 회전 연산을 수행 할 수 있다. 여기서 적분영상은 영상의 원점으로부터 각 픽셀의 위치까지 사각형 영역의 모든 픽셀값을 더한 영상이다.

Fig. 5는 적분 영상을 이용하여 영상의 원점으로부터 각 픽셀까지 사각형 영역의 모든 합을 구하는 것을 나타낸 것이다.

$$I_{\Sigma(x)} = A - B - C + D \tag{1}$$

$$I_{\Sigma(x)} = \sum_{i=0}^x \sum_{j=0}^y I(i, j) \tag{2}$$

Eq. (1)은 Fig. 5에서 사각형 ABCD가 나타내는 영역에 속하는 화소들의 합을 산출하는 식이다. Eq. (1)의 A는 Fig. 5의 원점 O에서 점 A까지의 영역에 속하는 화소들의 합을 나타낸다. 또한, Eqs. (1) and (2) (Bay et al., 2008)에서  $I_{\Sigma(x)}$ 는  $X=(x, y)^T$ 의

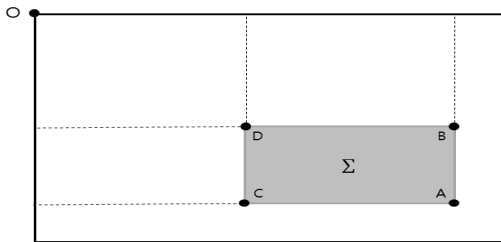


Fig. 5. The Calculation Example of the Pixel Function Using the Integral Image(Bay, H 2008)

위치에 대한 적분 영상,  $I(i, j)$ 는 영상에서  $i, j$ 위치의 픽셀 값이다. 적분영상을 한번 생성하게 되면, 어떤 크기의 사각 영역이든 4번의 연산을 통해 지정한 사각형 내의 모든 픽셀 값의 합을 구할 수 있다.

#### 3.4.1.2 고속 헤이시안 검출기를 이용한 특징점 추출

SURF 알고리즘은 고속 헤이시안 검출기를 통해 특징점을 추출한다. 여기서 특징점은 흑백영상을 기반으로 한 명암 대비를 통해 추출한 점을 말한다. 고속 헤이시안 검출기는 헤이시안 행렬식을 사용하되 가우시안 필터를 사용하지 않고  $x, y, xy$ 방향의 박스 필터를 사용한다.

$$H(X, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(X, \sigma) & L_{xy}(X, \sigma) \\ L_{xy}(X, \sigma) & L_{yy}(X, \sigma) \end{bmatrix} \tag{3}$$

헤이시안 검출기는 Eq. (3) (Bay et al., 2008)과 같은 헤이시안 행렬을 기반으로 특징점을 추출한다. 이때,  $L_{xx}(x, \sigma)$ 는 X위치의 입력영상 화소값과  $\sigma$ 의 분산을 가지는 가우시안의  $x$ 방향 2차 미분값  $\frac{\sigma^2}{\sigma x^2} g(\sigma)$ 과의 컨볼루션(convolution) 값을 의미하고,  $L_{yy}(x, \sigma), L_{xy}(x, \sigma)$ 는  $y$ 방향으로의 2차미분,  $xy$ 방향으로 미분된 가우시안 필터와의 컨볼루션 값을 의미한다. 헤이시안 행렬식의 값이 임계값 보다 크고 인접한 영역의 이웃 픽셀보다 클 경우 특징점으로 추출한다.

### 3.4.2 특징점 추출을 활용한 영상 내 구조물 형상의 인식

#### 3.4.2.1 특징점의 주방향 추출

SURF 알고리즘은 적분 영상에 기반 한 고속 헤이시안 검출기를 통해 특징점을 생성하고 특징점의 주 방향을 설정한다. 특징점의 주 방향을 설정하기 전에 방향이 결정된 특징점들이 회전에 불변하는 특성을 가지게 하기 위해 특징점에서 방향 정규화를 수행한다. 주 방향을 찾기 위해 6s원 인의 각 픽셀들에 대해  $x$ 방향과  $y$ 방향으로 Haar 웨이블릿 응답을 계산한다. 's'는 특징점의 강약 정도를 나타내는 스케일 정보 이다. 흑색 영역은 1, 그리고 백색 영역은 -1의 가중치가 적용되며 스케일은  $2 \times 2$ 로 고정된다.

Fig. 6은 Haar 웨이블릿 응답을 통해 나온 값  $dx$ 와  $dy$ 들을 특징점 크기 6s원을 중심으로 위치시키고 60° 범위를 가진 슬라이딩 원도위를 사용하여 360° 방향으로 검색하는 것을 나타낸다.

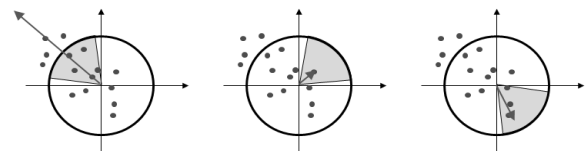


Fig. 6. Determination of Master Direction Using 60° Sliding Window(Bay, H 2008)

360° 방향으로 검색하면서, 60° 범위 슬라이딩 윈도우 내에  $x$  축,  $y$  축 응답의 벡터값의 합을 계산한다. 60° 범위 슬라이딩 윈도우 내에 수직, 수평 성분 벡터들의 합이 가장 클 때, 그 벡터를 해당 특징점의 방향벡터로 설정한다. 설정된 방향벡터는 한 특징점의 주방향이 된다.

**3.4.2.2 특징점의 주 방향을 이용한 기술자 도출**

특징점의 주방향을 설정한 후, 이를 통해 기술자를 도출한다. 기술자 도출을 위해 특징점의 주방향을 기준으로 스케일 정보 ‘s’를 이용하여 특징점을 중심으로 20s 범위의 윈도우를 구성한다. 이때 정사각형의 윈도우는 주방향에 따라서 방향이 달라진다. 20s 범위로 정규화된 영상을 다시 4×4로 나눈다. 4×4로 나누어진 각 각의 영상을 다시 5×5크기로 분리하고, 이 각 영역에 대해 Haar 웨이블릿 필터를 다시 적용하여 계산한다.

이때,  $v = (\sum d_x, \sum |d_x|, \sum d_y, \sum |d_y|)$  (Bay et al., 2008)와 같이 4개의 특징벡터를 사용하면 총 64차원 (4×4×4) 기술자를 획득할 수 있다. 실시간 화면에 생성된 기술자와 Target 모델에 생성된 기술자 대응을 통해 실시간 화면에서 Target 모델과 같은 부분을 찾는다.

실시간 화면에서 Target 모델과 같은 객체를 찾은 후, 실시간 화면에서 Target 모델과 일치하는 부분에 바운더리로 표시한다. 이러한 바운더리 설정을 통해 카메라의 위치에 관계없이 실시간 화면에서 Target 모델이 차지하는 영역만큼 같은 크기의 모델을 증강시킬 수 있다.

**3.4.3 3D모델 Text정보의 증강**

SURF알고리즘을 통해 Target 모델과 일치하는 객체를 추적한 이후 Target 모델의 3D 모델과 Text 정보를 해당 현장 DB에서 불러들인다. 불러들인 정보는 3D 모델을 바운더리 안에, 구조물에 관한 Text 정보는 바운더리 옆에 증강시킨다.

**3.5 증강현실기반 건설 구조물 점검을 위한 현장업무 수행**

앞선 과정을 통해 실시간 화면에 3D 모델과 Text 파일이 증강되면, 이를 이용하여 점검을 수행한다. 실시간 화면위에 증강된 3D 모델은 설계단계에서 생성한 구조물의 3D 모델로써, 이를 이용하여 현장에서 시각적인 구조물의 점검을 수행할 수 있다. 또한, 3D 모델 옆에 증강된 구조물에 관한 Text 정보를 참고하여 구조물에 대해 세심한 점검을 수행할 수 있다. 또한, 구조물의 교체가 필요한 상황에서 교체하고자 하는 새로운 구조물의 3D 모델을 해당 위치에 증강시켜 적합함을 판단할 수 있다. 다음으로 실시간 화면에 증강된 정보를 참고하여 점검 내용을 작성하고 점검 내용을 갱신한다. 갱신된 정보는 자동적으로 다음 점검에서 증강될 Text 정보가 되어,

다음 점검에서는 이전 점검단계에서 갱신한 내용까지 증강된다. 또한 점검 후 긴급보수가 필요한 구조물에 대해서는 지도에 그 구조물의 이미지를 덮음(Overlay)으로써 유지관리를 위한 현장 업무가 끝난 후 신속한 처리를 도울 수 있도록 한다.

**4. 비마커기반 증강현실 기술을 이용한 건설구조물 점검 사례 적용**

본 연구에서는 앞서 제시한 증강현실 적용 방법론을 이용하여 비마커 증강현실 기반 유지관리 시스템을 개발하였다.

**4.1 시스템 기능 구성**

아래의 Fig. 7은 본 연구에서 제시하는 시스템의 구성을 도식화한 것이다.

Fig. 7은 본 연구에서 구축하는 비마커 증강현실 기반 유지관리 시스템의 상세 기능 구성을 도식화 한 것이다. 시스템 기능 구성은 유지관리 업무 수행을 위한 3D 모델, Text 정보 증강 기능적 모듈, 데이터베이스의 정보 연동을 상호 입출력 관계 정보를 통해 체계적인 시스템 구축이 가능하도록 한다.

**4.2 유효성 평가**

본 연구에서 구축한 비마커 증강현실 기반 유지관리 시스템의 현장 적용성을 판단하고, 문제점을 찾기 위해 사례적용을 통한 분석을 실시한다. 또한, 마커기반 증강현실 기술을 이용하여 유지관리 업무수행에 적용하고 이를 본 연구에서 제시한 비마커 증강현실 기반 유지관리 시스템을 이용한 유지관리 업무수행과 비교하여 본 연구에서 개발한 시스템의 활용성을 확보하고자 하였다.

사례적용을 실시할 대상은 00교량 RA1의 교좌장치 이다.

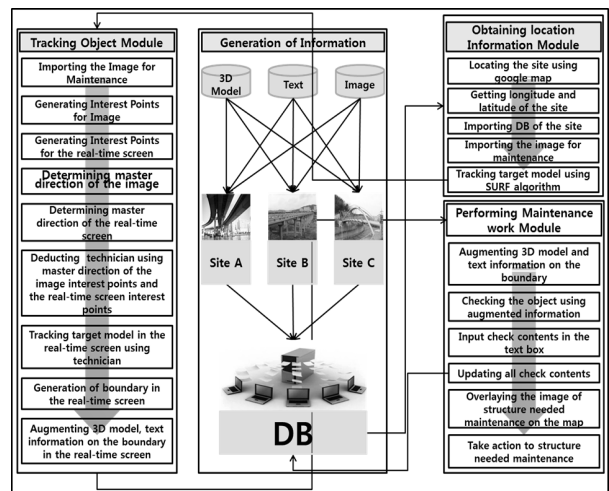


Fig. 7. System Configuration

#### 4.2.1 비마커 증강현실 기반 구조물 점검 시스템을 통한 업무수행

##### 4.2.1.1 정보 불러오기

본 연구에서 제시하는 시스템을 통해 유지관리 업무를 수행하기 위해서는 먼저, 정보(3D 모델, Text 정보, 이미지)생성 과정이 필요하다. 정보 생성 이후, 시스템을 통한 유지관리 업무 수행에서 해당 현장의 정보를 불러들인다. 다음 Fig. 8은 시스템 상에서 유지관리 업무수행을 위해 준비된 정보를 불러들이는 과정을 나타낸다.

##### 4.2.1.2 정보 증강

Target 모델을 설정한 후, 실시간 화면을 카메라 장치를 통해 인식한다. 이후 카메라 장치를 통해 인식되는 실시간 화면과 Target 모델의 특징점을 추출하고, 이들의 비교를 통해 실시간 화면에서 Target 모델과 같은 객체를 찾는다.

Fig. 9에서 왼쪽은 실시간 화면에서 특징점을 추출하고, 이를 Target 모델의 특징점과 비교하여 실시간화면에서 Target 모델과 같은 객체를 찾는 과정을 나타낸 것이다. 위의 과정을 통해 실시간 화면의 객체 위에 증강된 정보들을 활용하여 점검을 수행한다.

Fig. 9에서 오른쪽은 시스템 화면에 증강된 정보들을 이용하여 유지관리를 위한 점검 업무를 수행하고, 점검 내역을 Text 정보에 갱신하는 것을 나타낸 것이다. Target 모델은 다중으로 선택하여 한 화면에 인식되는 여러 개의 객체를 동시에 인식하고, 정보를 증강할 수 있다. Fig. 10은 실시간 화면에 Target 모델을 가지는 객체가 동시에 인식 되었을 때 해당 객체들에 대해 동시에 인식하고, 정보를 증강하는 것을 나타낸다.

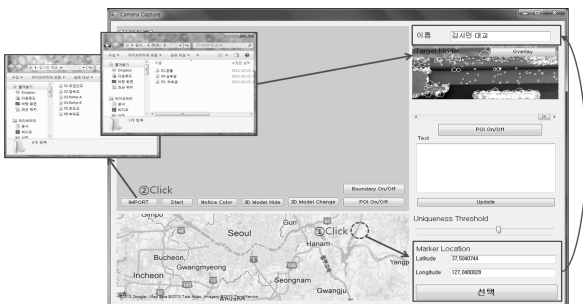


Fig. 8. Importing of Structure's Information



Fig. 9. Structure Tracking Through Interest Points and Augment of Structure's Information

#### 4.2.2 마커기반 증강현실 기술을 이용한 현장 업무수행

마커 기반의 증강현실은 오픈소스를 제공하는 “AR Toolkit”을 이용하였다. 마커기반 증강현실 유지관리 사례적용은 비마커 증강현실 기반 유지관리 시스템을 통한 업무 수행 절차와 정보 생성 단계까지는 같은 작업 순서를 따른다. 그 이후, 마커기반 증강현실은 비마커기반 증강현실과는 달리, 마커를 사전에 제작하고 현장에서 마커를 설치하는 작업이 필요하다. 또한, 서로 다른 구조물을 인식하기 위한 각기 다른 마커가 필요하다. 마커의 크기는 규모가 큰 건설 현장에서 인식하기 쉽게 A4 사이즈로 제작하였다. 제작한 마커를 현장에 설치하여 마커를 통해 구조물을 인식하고 정보를 증강할 수 있도록 하였다.

Fig. 11에서 왼쪽의 두 그림은 현장에서 구조물의 3D 모델 증강을 위한 마커를 설치한 것이다. 서로 다른 크기의 마커를 부착하여 마커크기에 따라 증강되는 모델의 크기를 확인하고자 하였다. Fig. 11에서 오른쪽의 두 그림은 마커를 통해 해당 구조물의 3D 모델을 증강하는 모습을 나타낸 것이다. 마커인식은 마커의 크기가 다른 두 마커에 대해 모두 같은 거리에서 수행되었다.

#### 4.2.3 사례적용 결과

사례적용 결과, 마커기반 증강현실 업무수행은 인식률이 좋은 반면에, 마커 제작을 위한 추가 시간과 비용이 소모되었다. 또한

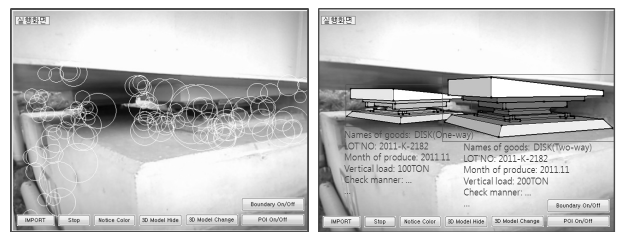


Fig. 10. Multi Target Model

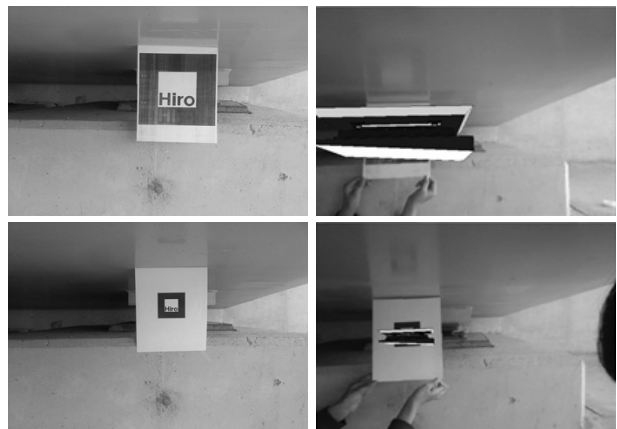


Fig. 11. Performance of Maintenance Work Using Augmented Information

각 구조물마다 다른 마커가 제작되어야 되기 때문에 점점 대상 구조물이 많을수록 마커 제작으로 인한 시간, 비용의 소모가 적지 않을 것으로 판단된다. 그리고 마커 인식을 위한 마커의 현장 설치에서 현장의 위치, 마커의 크기, 날씨 등의 영향으로 마커의 현장 설치가 불편할 것으로 판단된다. 또한, 오랜 시간에 걸쳐 수행되는 유지관리 업무를 위해서 각 구조물마다 제작된 마커를 오랜 시간동안 손상 없이 보관하는 일이 쉽지 않을 것으로 예상된다.

본 연구에서 제시하는 비마커 증강현실 기반 유지관리 시스템을 통한 업무수행에서는 마커제작을 통한 추가적 시간, 비용 소모가 없고, 현장에서 마커의 설치과정 없이 객체를 인식할 수 있어 현장적 용면에서 편리성을 확보 하였다. 하지만, SURF 알고리즘을 통한 비마커기반 객체 인식 방법은 마커기반보다 객체 인식 속도가 떨어지며, 실시간 화면 영상의 변화가 심한 뒤에는 다시 객체를 찾아가는 데에 시간이 필요한 것을 확인할 수 있었다.

## 5. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 연구에서는 비마커기반 증강현실 기술을 이용하여 유지관리를 위한 현장 업무 수행 방법론을 제시 하였다. 이로써 설계단계에서 생성된 구조물의 3D 모델, Text 정보 등을 비마커기반 증강현실 기술을 이용하여 유지관리 단계에 적극 활용할 수 있도록 하였다. 이를 통해 설계단계에서 생성된 정보를 연속성을 가지고 유지관리 단계에까지 적극 활용하여 BIM 기반의 유지관리가 가능하도록 하였다.

둘째, 마커 기반의 증강현실은 인식률 면에서는 높은 활용성을 보이나, 마커의 제작, 마커의 설치 등에 관한 문제로 건설 현장에서 활용하기에는 다소 무리가 있다. 본 연구에서는 건설구조물 증강현실 적용을 위해 SURF 알고리즘 활용성을 검증하였으며, 이로써 SURF 기법에 의한 비마커 기반 증강현실 기술의 건설구조물 유지관리 적용성을 확인하였다.

셋째, 증강현실 기반 3D 유지관리 방법론을 검증하기 위해 비마커 증강현실 기반 유지관리 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 사용자 요구사항을 최소화 하였으며, 본 연구에서 제시한 알고리즘이 화면을 통해 시각적으로 표현될 수 있도록 하였다. 이를 통해 현장에서 여러 문서의 참고 없이 시스템을 이용한 유지관리 업무가 수행될 수 있도록 하였다.

넷째, Multi Target 모델 설정이 가능하도록 하였다. 이는 기존에 각 구조물에 대하여 개별 검색을 실시해야 했던 불편함을 줄이고, 구조물의 점검을 연속성 있게 이어주는 정보를 제공함으로써 효율적인 업무수행이 이루어 질 수 있다.

본 연구에서 제시하는 증강현실 기반 3D 유지관리 방법론 및

시스템은 유지관리 업무를 수행하는 점검자에게 유지관리 단계에서 BIM 정보의 활용성을 높여서 개선된 유지관리환경을 구축할 수 있을 것이라 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0016064).

## References

- Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T. and Gool, L. V. (2008). "Speeded-Up Robust Features (SURF)." *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 110, No. 3, pp. 346-359.
- Kang, L. S., Moon, H. S., Kim, H. S., Choi, H. L. and Kim, C. H. (2008). "Fundamental study of 4D CAD application by using augmented reality for civil engineering project." *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*, Vol. 8, No. 18, pp. 659-662.
- Kim, B. K. (2013). *Development of the advanced construction site information system for road construction and maintenance*, Ph.D. Dissertation, University of Hanyang, Seoul, Korea.
- Kim, C., Shin, J. W. and Cha, J. S. (2012). "A study on the AR type monitoring technique using QR-code and environment monitoring sensor based on smart device." *Journal of The Institute of webcasting, Internet and Telecommunication*, Vol. 12, No. 5, pp. 261-265.
- Ko, C. H. (2009). "RFID-based building maintenance system." *Journal of Automation in Construction*, Vol. 18, No. 3, pp. 275-284.
- Lim, H. S. (2011). *BIM-based mobile system for facility operation improvement*, Master Thesis, University of Yonsei, Seoul, Korea.
- Mok, S. J., Jung, K. B. and Choi, B. U. (2012). "Clustering and matching repetitive pattern of feature points for Building-AR." *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol. 39, No. 11, pp. 902-911.
- Moon, S. W., Kim, S. D. and Park, M. K. (2011). "Application of a 3D graphic model for bridge maintenance." *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*, Vol. 12, No. 2, pp. 64-71.
- Moon, S. Y. (2014). *Application of historical image data based on augmented reality object for improving construction structure maintenance*, Master Thesis, University of Gyeongsang National University, Jinju, Korea.
- Park, S. Y. and Choi, J. W. (2005). "A study on the applications of the augmented reality technology for effective information management in existing buildings." *Journal of The Architectural Institute of Korea*, Vol. 21, No. 8, pp. 37-44.
- Schall, G., Méndez, E., Kruijff, E., Veas, E., Junghanns, S., Reitingner, B. and Schmalstieg, D. (2009). "Handheld augmented reality for underground infrastructure visualization." *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 13, No. 4, pp. 281-291.