

## 스마트폰을 이용한 증강현실 메모시스템

강창순\*, 이수균\*

An Augmented Reality Memo System for Attaching and Reading Notes with a Smartphone (*Look-it*)

Chang Soon Kang\*, Su-Gyun Lee\*

요약

본 논문에서는 스마트폰으로 메모를 작성하여 원하는 위치에 가상으로 부착한 후 이를 열람(확인)할 수 있는 증강현실 메모시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 종이와 같은 기존의 전통적인 메모지(포스트잇) 대신, 스마트폰으로 작성한 메모를 원하는 위치에 부착하고 부착 메모를 피사체 영상 정보와 함께 스마트폰의 메모리에 저장하며, 이후 사용자가 부착 메모를 확인하고자 할 경우, 스마트폰 카메라를 해당 위치의 피사체 근처로 향하면 부착된 메모와 피사체 영상이 화면에 중첩 표시되도록 개발되었다. 개발 시스템을 다양한 장소에서 시험한 결과 메모의 부착 및 열람 기능이 잘 동작하였으며 성능도 우수하여 일반 가정이나 사무실뿐만 아니라, 산업설비를 비롯한 동·식물 사육관리 현장 등 다양한 환경에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**키워드** : 증강현실(AR), AR 메모, 스마트폰, 메모 부착, 메모 열람, 포스트잇, 영상 정합, 특징점 검출 기법, 특징점 정합기법, 오차 행렬(Confusion Matrix)

**Key Words** : Augmented Reality(AR), AR Memo, Smartphone, Memo Attaching, Memo Reading, Post-it, Image Matching, Feature Detector, Feature Matcher, Confusion Matrix

## ABSTRACT

In this paper, we propose an augmented reality(AR) memo system using a smartphone, in which the system can write a memo with a smartphone, virtually attach it to a designated location, and display it. The proposed system stores the memo written with a smartphone together with an image information of the subject of the location where the memo will be attached, in the memory of the smartphone. When the user wants to check(read) the memo, the attached memo and the subject image are displayed as an overlay on the screen when the camera of the smartphone is pointed close to the subject at the corresponding location. The proposed system has been developed with a mobile stand-alone version. Through various tests of the development system it was confirmed that the system worked well and the performance was excellent, and thus it can be used in not only homes and offices, but also industrial facilities, animal, and plant breeding management sites.

※ “이 논문은 2021~2022년도 창원대학교 자율연구과제 연구비 지원으로 수행된 연구결과임.”

•° First and Corresponding Author : Department of Information & Communication Eng., Changwon National University(CNU), cskang@changwon.ac.kr, 중신회원

\* Department of Information & Communication Engineering, CNU, random\_lee@naver.com

논문번호 : 202204-054-C-RN, Received April 13, 2022; Revised May 12, 2022; Accepted May 21, 2022

## I. 서론

인간의 일상생활 속에서 메모(memo)를 떠나 생활하기는 어려울 정도로 메모는 현대인의 삶에 깊숙이 자리매김하고 있다. 일반적으로 이러한 메모는 주로 기억력에 의존해야 할 상황이나 주요 내용을 메모지에 기록하여 물체에 부착하여 사용하거나, 모바일 디바이스와 같은 정보통신기기와 메신저 등을 활용하여 메모 내용을 작성 및 저장하고 이를 공유하기도 한다.

그런데 메모지(예, 포스트잇, post-it 등)를 사용하여 메모를 작성하여 이를 특정 사물에 부착하는 방식이나, 펜과 같은 도구를 이용하여 플라스틱이나 사물에 직접 메모를 작성하는 기존의 메모 방식들은 여러 가지 문제점들을 지니고 있다. 즉, 메모를 작성한 메모지가 부착된 사물 일부가 가리거나 부착된 사물이 훼손되거나, 메모를 위해 메모지나 플라스틱 등을 사용함에 따라 나무 벌목 등에 의한 환경 훼손이나 오염이 우려되며, 작성한 메모지의 유실이나 훼손 등으로 인해 메모 내용을 정확하게 확인하거나 전달하지 못할 수 있을 뿐만 아니라, 작성한 메모 내용이 불특정 다수에게 공개되거나 노출될 수 있어 정보 유출의 위험이 존재하는 등 여러 가지 문제점들이 있다.

한편 미국 ASF(Acceleration Studies Foundation)의 연구보고서에 따르면, 메타버스(Metaverse)는 가상 공간과 현실세계가 공존하는 공간으로써, 증강현실(Augmented Reality, AR), 라이프로그(Lifelogging), 거울세계(Mirror Worlds), 가상세계(Virtual Worlds)와 같은 4가지 영역으로 메타버스의 개념이 정의된다<sup>1)</sup>.

증강현실(AR)은 현실 환경에 가상의 대상을 중첩(overlay) 시켜 원래의 환경에 존재하는 사물처럼 보이게 하는 기법으로써<sup>2)</sup>, 미국 보잉사 연구원들인 Caudell과 Mizell이 1992년 처음으로 AR 개념을 적용한 HUD(Head-Up Display), 씨쓰루 디스플레이(See-through Display) 및 HMD(Head-Mounted Display)를 개발하였다<sup>3)</sup>. 이 외에도 최근 증강현실 개념을 적용한 벤츠 S-Class의 HUD 시스템이 알려져 있는데, 이 시스템은 자동차의 전면 유리 하단부에 운전자에게 도움을 줄수 있는 네비게이션이나 속도 등의 정보를 표시해준다. 따라서 이 시스템은 운전자에게 HUD를 통하여 이러한 가상의 정보를 제공함으로써 현실적 경험을 강화시킬수 있다<sup>4)</sup>.

한편 모바일 디바이스를 이용한 메모시스템에 대한 여러 가지 선행 연구들도 알려져 있다. 먼저 모바일 사용자가 현 위치에서 메모 등의 정보를 저장할수 있는 가상 게시판 시스템이 있는데, 이 시스템에서 정보

는 공간 데이터로 저장되어 사용자에게 의해 검색할수 있도록 개발되었다<sup>5)</sup>. 이 외에도 특정 지역을 기준으로 메모를 작성하여 지오펜스(Geofence) 기술을 활용해 해당 메모가 부착된 장소를 특정하는 GPS 데이터를 활용한 위치기반 가상 메모시스템이 공개된 바도 있다, 그러나 GPS 특성상 실내 환경에서는 해당 데이터를 활용하기 어려울 뿐만 아니라 오차범위가 10m 내외로 메모가 부착된 사물을 특정하기 어려운 단점이 있다<sup>6)</sup>.

따라서 본 논문에서는 기존의 전통적인 메모 수단인 포스트잇과 같은 종이나 플라스틱 등을 이용한 메모 방법의 문제점과 기존의 GPS 센서 데이터 및 지오펜스 기술을 활용한 가상 메모시스템 등의 문제점을 해결하기 위하여, 스마트폰을 이용한 증강현실 메모시스템(Look-it)을 제안한다. 제안하는 증강현실 메모시스템은 스마트폰으로 작성한 메모를 가상으로 부착하고 이를 부착한 위치(장소)의 피사체 영상 정보와 함께 스마트폰의 메모리 또는 네트워크에 연결된 원격 서버에 저장하고, 이후 사용자가 메모를 확인(열람)하고자 할 때, 스마트폰의 카메라를 해당 위치의 피사체 가까이 지향하면 스마트폰의 화면에 부착 메모와 피사체 영상이 중첩(overlay)되어 표시되도록 스마트폰 애플리케이션으로 개발되었다.

개발한 증강현실 메모시스템은 스마트폰만으로 구성되는 개인용 Look-it과 함께 스마트폰 및 저장용 원격 서버로 구성되는 공용 Look-it으로 각각 설계되었으며, 이 중에서 개인용 Look-it을 스마트폰 애플리케이션(앱) 버전으로 개발하였다. 개발한 개인용 Look-it을 다양한 환경에서 시험한 결과 메모의 부착 및 열람 기능 등이 잘 동작함을 확인하였다. 그리고 동일 환경에서 널리 알려진 특징점 검출기법(feature detector)<sup>7-10)</sup>과 특징점 정합 기법(feature matcher)<sup>11,12)</sup>을 적용한 다양한 시험을 통하여 메모 부착 시 촬영한 영상과 메모 확인(열람) 시 카메라 프레임의 영상에 대한 정합 성공률과 함께 평균 연산시간들을 각각 평가하였다. 특히 Look-it의 메모 열람 성능(해당 위치에서 메모를 정확히 찾을 수 있는)을 평가하기 위하여 피사체 영상의 특징점 검출기법과 특징점 정합 기법 조합에 대하여 정합정확도를 고찰한 결과 Look-it의 성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

따라서 Look-it 사용자는 기존의 Head Mounted Display와 같은 웨어러블 디바이스의 도움 없이도 메모의 작성, 부착 및 단순 열람(확인) 기능뿐만 아니라 메모 내용의 수정 및 부착 위치의 이동 등도 가능하며, 일반 가정이나 사무실 및 동·식물 사육관리 현장

등에서 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 개발한 증강현실 메모시스템의 설계 내용에 관하여 기술하고, III장에서는 이러한 설계 내용을 토대로 구현한 시스템의 주요 결과에 대하여 설명한다. IV장에서는 개발 시스템의 주요 기능 및 성능시험 결과에 대하여 고찰하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 시스템 설계

### 2.1 시스템 개요

본 논문에서 제안하는 증강현실 메모시스템의 사용자 요구사항은 표 1과 같다. 제안하는 시스템은 종이나 플라스틱 등과 같은 기존의 전통적인 메모 수단을 대체(또는 보완)할 수 있도록, 작성한 메모의 부착장소나 위치에 구애 없이, 추가적인 웨어러블 디바이스의 도움 없이도 사용 가능해야 한다.

표 1. 제안하는 시스템의 사용자 요구사항  
Table 1. User requirements for proposed system

Requirements	Details
Alternative or complementary means of notes to paper or plastic	<ul style="list-style-type: none"> <li>Feasible to write, attach, and view memos with just a smartphone, as well as delete or move attached memos</li> </ul>
Easy usability	<ul style="list-style-type: none"> <li>Feasible use with a smartphone without any assistances of additional devices</li> </ul>
Versatility	<ul style="list-style-type: none"> <li>Means for private and multi-users</li> </ul>
High accuracy, low latency	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fast and accurate viewing of attached notes</li> </ul>

### 2.2 시스템 설계

사용자 요구사항을 고려하여 본 논문에서 제안하는 증강현실 메모시스템(Look-it)을 설계하였다. 특히, 스마트폰을 이용하여 메모(memo)를 작성하고 이를 원하는 장소의 피사체에 가상으로 부착하고, 부착한 메모와 피사체의 정보를 함께 저장공간에 저장한 후 부착한 메모 내용을 스마트폰의 화면에 표시할 수 있도록 개인용 Look-it과 공용 Look-it으로 각각 설계하였다.

#### 2.2.1 개인용 Look-it

##### 2.2.1.1 개인용 Look-it의 시스템 구성

그림 1은 제안하는 증강현실 메모시스템을 위한 개

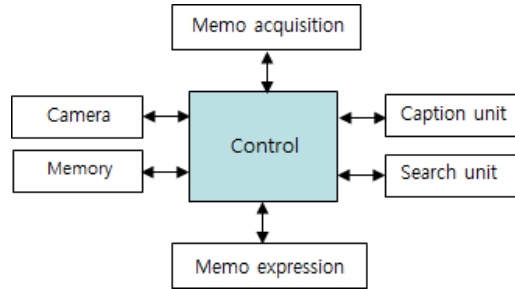


그림 1. 제안하는 개인용 Look-it의 전체 구성도  
Fig. 1. Configuration of the proposed personal Look-it

인용 Look-it의 전체 구성을 나타낸다. 모바일 디바이스만으로 구성되는 개인용 Look-it에서, 메모 취득부는 메모 작성과 함께 카메라에서 촬영한 영상(image)에서 특징점 검출기법을 이용하여 메모를 부착한 위치의 피사체를 특정하고, 그 특정한 피사체 정보와 작성된 메모를 메모리에 저장한다. 또한 메모 작성과 작성된 메모를 피사체에 가상으로 부착하는 기능은 모바일 디바이스의 애플리케이션(앱)을 통하여 수행된다.

메모 표현부는 메모를 가상으로 부착한 피사체를 사용자가 원하는 때에 카메라로 겨냥했을 때, 특징점 정합기법(feature matcher)을 통해 계산된 호모그래피 변환 특성을 이용하여 변환되어 저장된 원래의 메모를 피사체 영상과 함께 화면에 중첩(overlay) 표시한다. 여기서, 호모그래피는 한 평면을 다른 평면에 투영시켰을 때 성립하는 변환 관계를 말하는데, 이러한 관계를 나타내는 호모그래피 행렬은 항상 유일하게 존재한다<sup>13)</sup>.

##### 2.2.1.2 Look-it의 메모 작성, 부착 및 저장

그림 2와 같이 사용자는 제안하는 Look-it의 앱을 통하여 메모를 작성한 후, 메모를 부착할 장소(위치)의 피사체를 촬영한다. 이후 작성된 메모 내용, 피사체 영상 및 특징점 검출기법으로 영상에서 추출한 특징점 정보 등을 메모리에 저장하며, 피사체 영상을 이미지 캡처링 하여 관련 정보를 함께 저장한다.

##### 2.2.1.3 Look-it에서 부착한 메모의 열람

그림 3은 제안하는 개인용 Look-it으로 부착한 메모를 열람하기 위한 메모리스트의 갱신과정을 나타낸다. 사용자가 특정 위치에 부착한 메모를 확인할 수 있도록 메모리스트를 제공한다. 따라서 메모리스트 구성을 위해 사용자가 검색하고자 하는 검색어를 입력하면, 메모리에 저장된 메모 내용을 대상으로 형태소 분석<sup>15), 16)</sup>하여 그에 따른 메모 리스트를 갱신하여 재

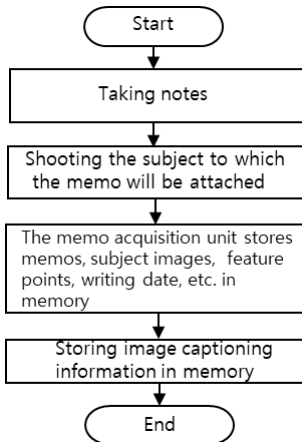


그림 2. 개인용 Look-it의 메모 작성 및 저장 과정  
 Fig. 2. The process of entering and storing notes for the proposed personal Look-it

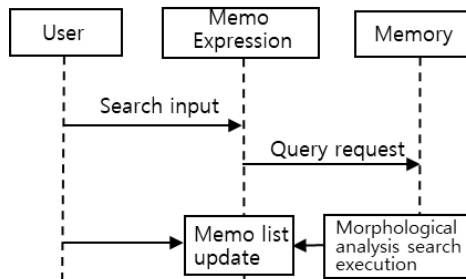


그림 3. 개인용 Look-it의 메모리스트 갱신과정  
 Fig. 3. Update process of memo list for the proposed personal Look-it

구성한다.

그림 4는 제안하는 개인용 Look-it에서 메모 부착 시 촬영된 피사체 영상의 특징점과 메모 확인 시 카메라 프레임에 해당하는 영상의 특징점을 정합시켜 스마트폰의 화면에 메모와 함께 메모가 부착된 피사체를 중첩 표시하는 과정이다. 사용자가 부착된 메모를 화면으로 확인하기 위하여 먼저 카메라를 피사체로 향하도록 조작하면 해당 지점에 메모의 존재 여부를 확인할 수 있는데, 이것은 카메라 프레임에 해당하는 영상의 특징점을 추출하여, 이를 특징점 정합기법으로 가능한 모든 후보 메모의 특징점과의 정합으로 확인할 수 있다.

특히 카메라 프레임의 특징점과 어느 하나의 후보 메모의 특징점이 정합 되어 미리 정해진 임계값 이상인 경우, 이 2개의 특징점 간의 호모그래피를 계산하고, 이를 이용하여 메모의 렌더링(rendering) 된 영상이 중첩되어 화면에 표시된다. 이때 렌더링 된 메모

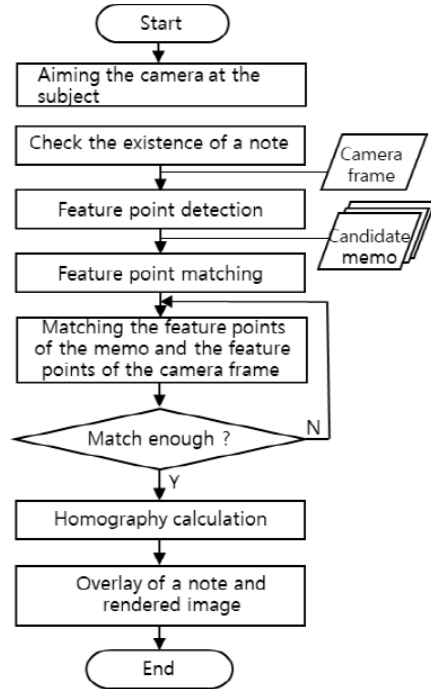


그림 4. 제안하는 개인용 Look-it에서 저장된 메모를 화면에 중첩 표시하는 과정  
 Fig. 4. Displaying the stored memo overlaid with the subject for the proposed personal Look-it

내용은 메모 작성 시 부착한 모습(위치와 각도 등)이 그대로 재현되어 화면에 표시되기 때문에 증강현실 방식으로 표시된다고 할 수 있다.

### 2.2.2 공용 Look-it

개인용 Look-it과 달리 다수 사용자를 위한 공용 Look-it의 구성은 그림 5와 같다.

공용 Look-it은 다수의 모바일 디바이스와 네트워크에 연결된 원격 서버로 구성된다. 개인용 Look-it과 비교하여 공용 Look-it은 데이터베이스를 저장공간으

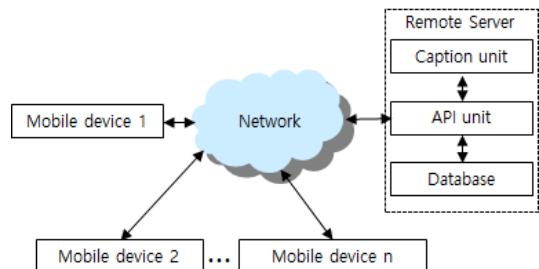


그림 5. 제안하는 공용 Look-it의 전체 구성도  
 Fig. 5. Configuration of the proposed Augmented Reality memo system for multiple users



로 이용하는 원격 서버가 더 추가된다. 따라서, Look-it 사용자1 (또는 사용자2)가 작성하여 부착한 메모를 원격 서버에 저장하고 다른 사용자(또는 사용자1)가 이 메모를 공유하면서 확인할 수 있다. 한편 원격 서버는 모바일 디바이스로 작성하여 부착한 메모 내용, 메모 작성자, 촬영한 피사체 영상, 추출한 특징점 정보 등의 메모 데이터를 전달받아 피사체 영상에 이미지 캡처링 하고, 다른 사용자들(2~n)의 검색 요청에 따라 텍스트 키워드를 추출하여 제공한다.

### III. 시스템 구현 및 주요 결과

#### 3.1 시스템 구현

설계한 개인용과 공용 Look-it 중에서, 개인용 Look-it을 안드로이드 기반의 스마트폰을 사용하여 앱 형태로 개발하였다. 즉 개인용 Look-it 사용자는 스마트폰 앱으로 메모를 작성하여 부착하고, 부착한 메모를 해당 위치의 피사체 영상과 함께 저장하고, 이후 사용자가 이 메모를 확인하고자 할 때 스마트폰의 화면에 표시하도록 구현하였다. 특히 부착 메모와 피사체 영상을 함께 저장하기 위하여 앱에 내장되어 데이터를 관리할 수 있게 하는 관계형 데이터베이스인 SQLite를 사용하였다. Look-it의 구현을 위해 사용한 구성요소별 주요 사양은 표 2와 같다.

표 2. 구성요소별 주요 내용  
Table 2. Specifications of components

Components	Details
Mobile device	Android phone (Exynos 10 Series)
Device specifications	858 MHz GPU
	256 GB memory
	12M pixel camera
Database	SQLite
Feature point detection schemes	SIFT, KAZE, AKAZE, ORB, BRISK
Feature point matching schemes	BF, FLANN
Morpheme analysis	KoNLpy
Memo search and selection	Search engine implementation

##### 3.1.1 특징점 검출 기법과 특징점 정합 기법

Look-it 사용자가 스마트폰으로 메모를 작성하여 이를 가상으로 부착한 피사체를 특정하기 위하여 피

사체 영상에서 특징점을 추출하는데, 이를 위하여 SIFT(Scale Invariant Feature Transform), KAZE, AKAZE(Accelerated-KAZE), ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF), BRISK(Binary Robust Invariant Scalable Keypoints)<sup>[7-10]</sup>와 같은 검출기법들을 고려하였으며, 이들에 대하여 OpenCL(Computing Language) 가속 지원 여부와 특허권 유효 여부를 함께 검토하였다. 여기서 OpenCL은 컴퓨터의 GPU(Graphic Processing Unit) 등으로 구성된 이중 플랫폼에서 실행되는 프로그램을 작성할 수 있도록 해주는 개방형 범용 병렬 컴퓨팅 프레임워크를 말한다<sup>[6]</sup>. OpenCL을 활용한 하드웨어 가속은 컴퓨터 비전 분야에서 영상 처리 등의 알고리즘을 매우 효율적으로 처리하는데, 최근 안드로이드 스마트폰에서도 대부분 OpenCL 2.0 Full profile 이상을 지원한다<sup>[7]</sup>.

그리고 OpenCV(Computer Vision Library)에서 제공하는 특징점 검출 구현체 중에서 SIFT, KAZE, AKAZE, BRISK 기법은 OpenCL을 활용한 병렬 가속화를 지원하지 않지만, 특허권이 만료되었다. 반면에 ORB 기법의 구현체는 OpenCL의 GPU 가속 기능을 지원하도록 설계되어 있어서 다른 기법들에 비해 훨씬 빠르게 특징점 검출이 가능하며<sup>[10]</sup>, 특허권이 만료되어 자유롭게 사용할 수 있는 특징이 있다.

한편 Look-it 사용자가 부착된 메모를 확인하기 위하여 카메라를 해당 피사체로 겨냥했을 때, 메모 부착 시 촬영된 영상의 특징점과 메모 확인 시 카메라 프레임 영상의 특징점을 정합시키기 위하여 BF(Brute-Force)와 FLANN(Fast Library for Approximate Nearest Neighbors)<sup>[11,12]</sup>과 같은 특징점 정합기법(feature matcher)을 고려하였다. 이러한 정합 기법은 두 개의 영상(A, B)으로부터 추출된 각각의 특징점들을 서로 비교하여 일치하는 쌍을 찾는 것으로, BF는 set A의 각 특징점을 set B와 각각 비교하여 가장 가까운 것을 찾지만, FLANN은 최근접 이웃을 서로 비교하여 근사화된 값을 도출한다.

##### 3.1.2 영상 정합을 위한 비교 메모의 선별 방법

그런데 메모 부착 시 촬영된 영상과 메모 확인 시 카메라가 지향하는 해당 프레임의 영상의 특징점 정합 과정을 실시간으로 처리하는 것이 매우 중요하다. 따라서 영상 정합의 처리 속도를 개선하기 위하여, 시스템이 메모 확인 시 카메라가 지향하는 해당 프레임의 피사체 영상과 메모 부착 시 촬영(저장)된 영상을 비교할 때, 사용자의 현재 상황(하고자 하는 일)에 맞는 메모만을 특징점 정합에 사용할 수 있도록, 저장된

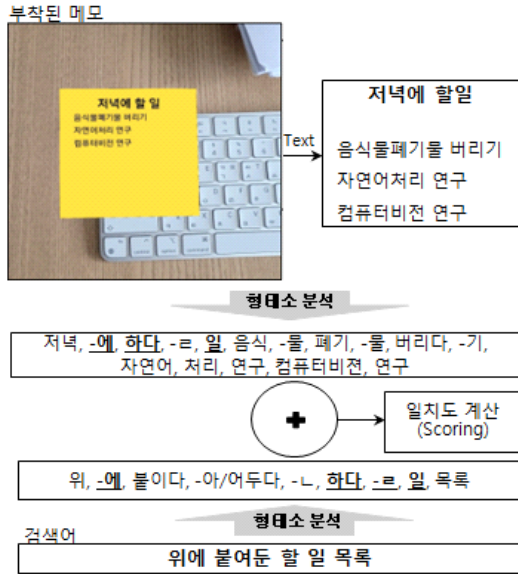


그림 6. 구현한 메모 검색엔진의 동작 개념도  
 Fig. 6. Operational conceptual diagram of the implemented memo search engine

메모의 텍스트와 검색 query에 대한 자연어 처리 분석 기술을 활용한 검색엔진을 구현하였다.

구현한 검색엔진은 그림 6과 같이 사용자에게 의해 작성, 부착된 메모의 텍스트 내용과 사용자의 현재 상황에 맞는 내용(검색)을 각각 KoNLPy<sup>[15]</sup>를 활용하여 형태소 분석을 실행한 후 두 분석결과의 일치도를 계산(scoring)한다. 특히 구현한 검색엔진은 주요 체언(proverbs)과 용언(verbs)을 형태소 단위로 비교하여 일치도를 계산(scoring)한다.

### 3.2 주요 구현 결과

구현한 개인용 Look-it의 앱에는 새로운 메모의 작성을 위한 'MAKE IT', 작성된 메모가 실제로 어떻게 부착될 것인지를 보여주는 '메모 붙이기', 사용자가 지정한 위치에 메모를 부착하기 위한 '이곳에 메모 붙이기', 부착(저장)된 메모를 열람(확인)하기 위한 'LOOK IT', '메모 내용 수정', '메모 옮기기' 및 '메모 삭제' 등의 여러 버튼이 있다. 주요 결과들은 아래와 같다.

#### 3.2.1 작성한 메모의 부착 기능

먼저 사용자가 'MAKE IT' 버튼을 이용해 메모를 작성한 후 '메모 붙이기' 버튼을 클릭하면, 작성된 메모의 내용을 비트맵으로 변환하여 사용자의 메모가 실제로 어떻게 부착될 것인지를 보여준다. 그리고 '이

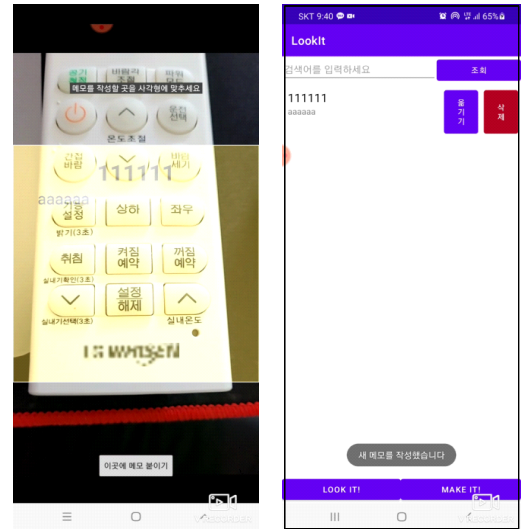


그림 7. 메모를 작성하여 피사체에 부착한 모습(좌)  
 Fig. 7. Illustrations of a memo written and attached with the Look-it

곳에 메모 붙이기' 버튼을 통해, 사용자가 지정한 위치의 피사체에 메모를 부착할 수 있다(그림 7). 이때, 앱은 해당 피사체 영상을 JSON(JavaScript Object Notation) 형식으로 변환하여 메모 내용과 함께 데이터베이스에 저장하게 된다. 성공적으로 메모가 작성된 이후에는 새롭게 리스트뷰(Listview)가 갱신되어 현재까지 작성한 메모의 정보가 보이게 된다.

#### 3.2.2 부착한 메모의 확인(열람) 기능

사용자가 부착된 메모를 확인하기 위하여 카메라를 해당 위치로 지향하면서 'LOOK IT' 버튼을 누르면, 카메라가 피사체를 비추면서 가상으로 부착(저장)된 메모가 스마트폰의 화면에 중첩 표시된다. 그림 8은 리모컨(중앙)과 모바일 기기(우)에 부착된 2개의 메모가 각각의 피사체에 정상적으로 중첩 표시되는 것을 보여준다.

#### 3.2.3 작성 메모의 공유 기능

개인용 Look-it 사용자도 모바일 디바이스를 다른 사용자와 공유할 경우, 메모를 공유하거나 공유 메모의 열람도 가능하다. 사용자는 리스트뷰에서 각 메모 item을 클릭하면 메모를 수정할 수 있으며, 공유받은 사용자의 ID를 입력할 수 있다. 이때, 공유받은 사용자는 자신의 리스트뷰에서 해당 메모를 확인할 수 있게 되며, 'LOOK IT' 버튼을 통해 열람할 수도 있다. 단, 공유받은 사용자는 메모의 소유자가 아니므로, 그 메모를 삭제하거나 수정할 수는 없다(그림 9).

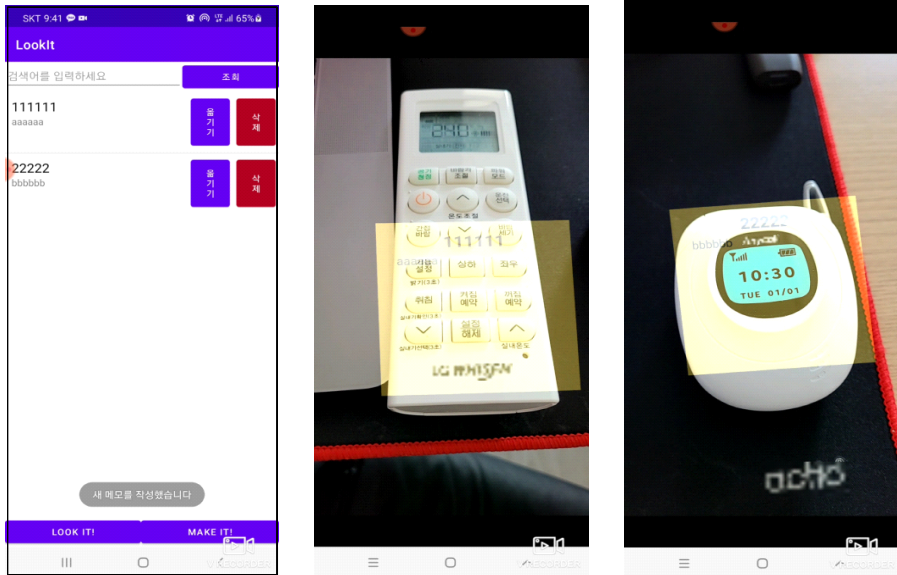


그림 8. 'LOOK IT' 버튼으로 부착된 메모를 화면에 표시하는 모습  
 Fig. 8. Displaying the attached memo with the 'LOOK IT' button

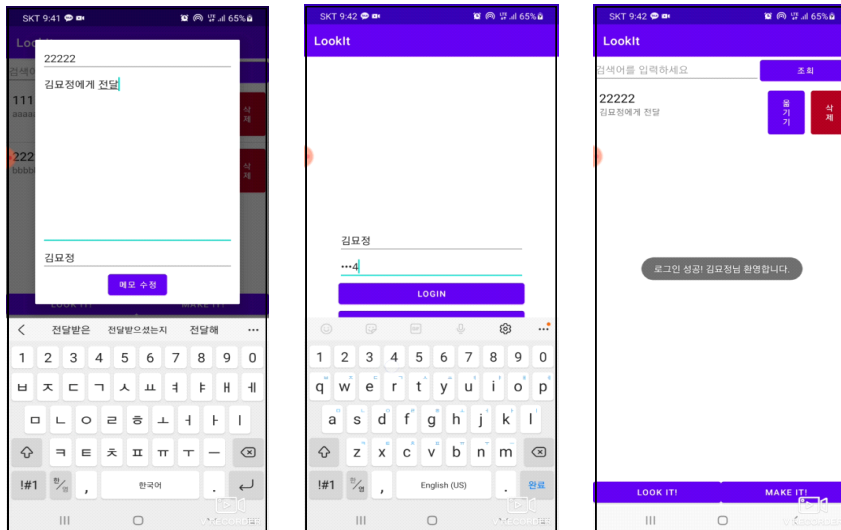


그림 9. 메모를 공유받은 사용자의 화면  
 Fig. 9. Illustrations of the screen of the user shared the memo

#### IV. 시험 및 결과 고찰

개발한 증강현실 메모시스템의 기능 및 성능을 검증하기 위하여, Look-it(앱)으로 작성한 메모를 부착할 위치를 선정하여 기능 및 성능시험을 수행한 결과에 대하여 고찰하였다.

##### 4.1 기능시험 및 주요 결과

기존 종이 메모지의 문제점들과 각 문제점에 부합

하는 상황을 고려하여, 가상으로 메모를 부착할 장소로 배선 작업장, 냉장고 내부, 사무실 책상 등 3곳을 선정하였다(그림 10). 그리고 Look-it으로 작성된 메모를 부착한 해당 위치의 피사체 영상과 함께 내부 메모리에 저장한 후, 부착된 메모의 열람 기능이 잘 작동하는지 확인하였다. 이를 위하여 SIFT 검출 기법과 FLANN 정합 기법을 각각 사용하였다.

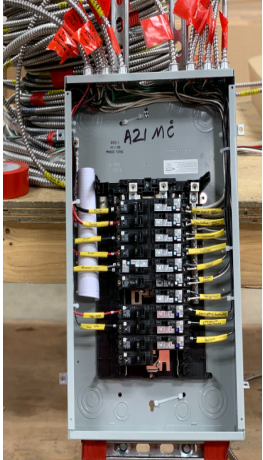
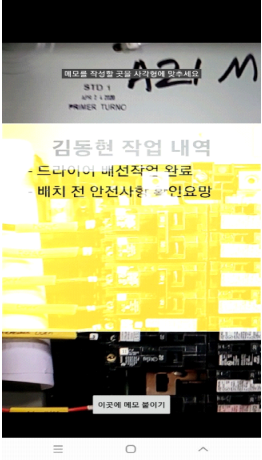


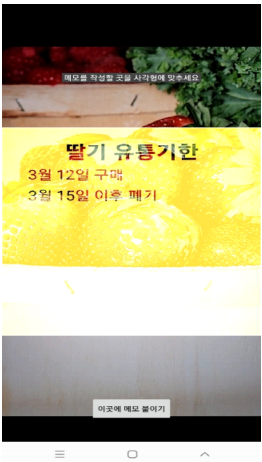

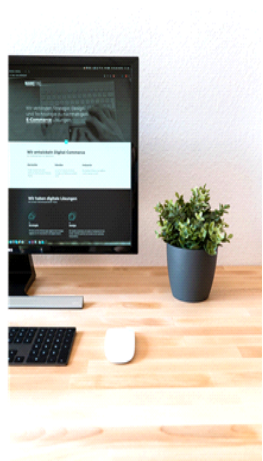
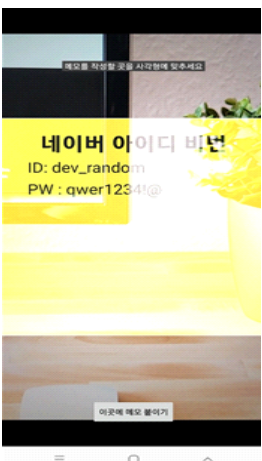
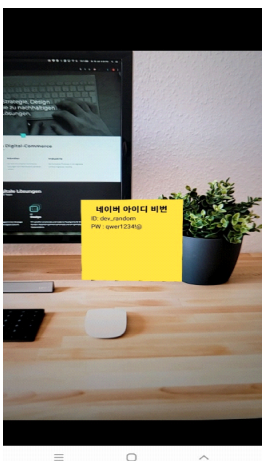
환경	메모 부착 장소 및 피사체	Look-it 메모 부착	Look-it 메모 열람
i) 작업장			
ii) 냉장고			
iii) 책상			

그림 10. 세 장소에서 Look-it의 메모 부착 및 열람 기능의 작동 예시

Fig. 10. Illustrations of the operation of attaching and displaying each memo written with the Look-it in three places



4.1.1 기존 종이 메모지의 문제점

- i) 메모지의 유실이나 훼손으로 인해 피사체의 중요한 위치 정보를 상실할 우려가 있는 경우
- ii) 온습도 등으로 인하여 부착한 메모지가 훼손될 수 있어 종이 메모지를 사용하기 어려운 경우
- iii) 공개된 장소에서 중요한 메모 내용이 타인에게 노출될 우려가 있는 경우

4.1.2 주어진 문제 상황

- i) 작업자가 작업장에서 후임 작업자에게 업무를 인계하기 위해 메모 기능을 사용하는 상황
- ii) 냉장고 안에 보관 중인 식료품의 유효 기한을 기록하기 위해 메모 기능을 사용하는 상황
- iii) 사무실의 컴퓨터 책상에 비밀번호를 기록하기 위해 메모 기능을 사용하는 상황

그림 10에서 보는 바와 같이, 종이 메모지를 직접 부착하기 어려운 3곳의 피사체에 Look-it(앱)으로 작성하여 부착한 메모 내용이 스마트폰의 화면에 중첩되어 표시되는 것을 확인할 수 있다. 한편 작업장 환경은 작업자들이 부착된 메모 내용을 공유하는 상황에 적합할 수 있지만, 이러한 현장에서도 개인용 Look-it의 메모 부착 및 열람 기능이 제대로 동작하는 지를 확인하기 하기 위해 선정하였다.

4.2 성능시험 및 주요 결과

기능시험 환경과 마찬가지로 성능시험을 위하여 사무실 책상, 배선 작업장, 냉장고 내부와 같은 3 장소에서 다음과 같은 스마트폰(Look-it) 카메라 위치(회전각, 거리, 가림)에 따른 변화요소를 고려하였다. 즉, 메모 부착 시 촬영(저장)된 피사체 영상과 메모 확인 시 해당 피사체를 지향하는 카메라 프레임의 영상 간에 ‘변동사항 없음(동일)’ 경우를 기준으로, ‘회전각’ 변화(45도, 90도, 180도), 피사체와의 ‘거리’ 변화(10cm, 20cm, 30cm) 및 해당 피사체의 메모 부착 시 대비 메모

확인 시 ‘가림’ 정도(25%, 50%, 75%)와 같은 3종의 총 10개 항목을 각각 고려하였다. 여기서 ‘변동사항 없음’은 메모 부착 시 촬영된 영상과 메모 확인 시 카메라 프레임의 영상이 서로 같음을 의미한다. 즉, 두 영상 간의 회전각 변화 0도, 거리 변화 0cm 및 가림이 전혀 없는 것을 말한다.

이를 토대로, 2종(BF와 FLANN)의 특징점 정합기법과 6종의 특징점 검출기법(detector) 각각의 조합에 대하여 30회씩(3 장소에서 각각 10개 항목)의 시험을 통하여 표 3 및 표 4와 같은 평균 연산시간(average operation time)과 (식 1)을 이용하여 표 5 및 표 6과 같은 정합성공률(match rate)을 각각 얻었다.

$$\text{정합성공률} = \frac{(M - O)}{N_Q}$$

단,  $M$ 은 정상정합수(number of good matches),  $O$ 는 이상정합수(number of RANSAC outliers),  $N$ 은 검출한 특징점 수(number of detected features),  $Q$ 는 메모 부착된 과거 피사체 영상(Query),  $N_Q$ 는 과거 피사체 영상에서 검출한 특징점 수를 각각 나타낸다.

4.2.1 평균 연산시간 (average operation time)

BF 기법과 FLANN 기법을 각각 적용한 검출기법 별 평균 연산시간은 표 3 및 표 4와 같으며, 정합성공률은 표 5 및 표 6과 같다.

BF와 FLANN 기법을 적용했을 경우 모두 ORB(1K)과 ORB(5K)의 평균 연산시간이 가장 적게 소요되었다(표 3, 표 4). 그리고 메모 부착 시 촬영된 영상과 메모 확인 시 카메라 프레임의 영상 간에 변동이 전혀 없는 경우를 제외하면, 대부분의 검출기법에서 180도 회전각, 10cm 거리, 25% 가림의 카메라 위치 변화일 때 가장 높은 정합성공률을 보여준다(표 5, 표 6). 또한, 카메라의 위치변화 시 정합성공률은

표 3. BF 기법을 적용한 특징점 검출기법별 평균 연산시간(msec)  
Table 3. Average operation time for each detector with BF

검출기	SIFT	KAZE	AKAZE	ORB(1K)	ORB(5K)	BRISK
연산시간	1843.50	2415.73	753.67	73.40	181.50	1174.50

표 4. FLANN 기법을 적용한 특징점 검출기법별 평균 연산시간(msec)  
Table 4. Average operation time for each detector with FLANN

검출기	SIFT	KAZE	AKAZE	ORB(1K)	ORB(5K)	BRISK
연산시간	909.90	2099.93	1259.67	114.73	315.13	2097.56

표 5. 세 장소에서 BF 기법을 적용한 검출기별별 정합성공률  
Table 5. Match rates for each detector with BF in 3 places

[책상(사무실)]

검출기법		SIFT	KAZE	AKAZE	ORB(1K)	ORB(5K)	BRISK
정합성공률		(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>
변동 없음		0.336879	0.597902	0.693182	0.285141	0.200724	0.283105
회전	45°	0.269504	0.328671	0.539773	0.087014	0.125678	0.164384
	90°	0.276596	0.374126	0.482955	0.016064	0.095840	0.251142
	180°	0.287234	0.524476	0.585227	0.186078	0.166365	0.200913
거리	10cm	0.166667	0.171329	0.250000	0.032128	0.061482	0.127854
	20cm	0.085106	0.097902	0.187500	0.000000	0.014466	0.059360
	30cm	0.000000	0.045454	0.056818	0.000000	0.000000	0.000000
가림	25%	0.177305	0.388112	0.590909	0.199465	0.154611	0.178082
	50%	0.113475	0.206294	0.346591	0.116466	0.091320	0.146119
	75%	0.042553	0.024475	0.051136	0.048192	0.037070	0.000000

[작업장(전기배선)]

검출기법		SIFT	KAZE	AKAZE	ORB(1K)	ORB(5K)	BRISK
정합성공률		(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>
변동 없음		0.571907	0.820166	0.798555	0.383000	0.381400	0.438965
회전	45°	0.387608	0.611645	0.585436	0.241000	0.234000	0.216442
	90°	0.503743	0.700734	0.602223	0.224000	0.251600	0.321146
	180°	0.527876	0.777321	0.754086	0.321000	0.300400	0.337632
거리	10cm	0.317868	0.305211	0.269928	0.143000	0.120400	0.175703
	20cm	0.168444	0.080346	0.138077	0.052000	0.046400	0.101480
	30cm	0.047675	0.015824	0.028571	0.016000	0.016800	0.028061
가림	25%	0.374804	0.556916	0.573763	0.340000	0.370000	0.315358
	50%	0.229807	0.278720	0.306837	0.285000	0.196600	0.166032
	75%	0.111308	0.095121	0.111117	0.098000	0.080800	0.061181

[냉장고 내부]

검출기법		SIFT	KAZE	AKAZE	ORB(1K)	ORB(5K)	BRISK
정합성공률		(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>
변동 없음		0.350693	0.755491	0.755954	0.449000	0.406200	0.310371
회전	45°	0.225409	0.499879	0.519023	0.274000	0.214800	0.217335
	90°	0.287741	0.564084	0.510980	0.357000	0.281000	0.277706
	180°	0.282978	0.705769	0.705846	0.363000	0.317400	0.271669
거리	10cm	0.060364	0.207579	0.203217	0.110000	0.121600	0.081285
	20cm	0.060157	0.104031	0.152799	0.129000	0.103200	0.067593
	30cm	0.030441	0.070480	0.049798	0.072000	0.058600	0.038564
가림	25%	0.224166	0.393676	0.425611	0.172000	0.270400	0.165589
	50%	0.122386	0.212406	0.238788	0.067000	0.125400	0.094329
	75%	0.057568	0.071928	0.100526	0.023000	0.053200	0.052393

AKAZE-BF 조합과 AKAZE-FLANN 조합이 거의 같음을 볼수 있다.

표 5와 표 6의 정합성공률을 각각 평균한 후, 표준 편차, 최솟값 및 최댓값, 1사분위 값 및 3사분위 값, 중간값들을 구하여 그림 11과 같이 Box-plot으로 도시하였다.

정합성공률은 대체로 AKAZE-BF 조합(그림 11(a))이 AKAZE-FLANN 조합(그림 11(b)) 보다 다소 높게 나타난다. 그리고 ORB(5K)-BF 조합과

ORB(5K)-FLANN 조합에서 정합성공률의 최댓값과 최솟값의 차이와 3 사분위 값과 1사분위 값의 편차가 가장 작음을 볼수 있다.

즉 ORB(5K)의 최대 정합성공률은 비록 다른 검출기들에 비하여 낮지만, ORB(5K) 기법이 카메라의 위치 변화 요소에 덜 민감하여 안정적이라고 볼수 있다. 그리고 전반적으로 BF 기법이 FLANN 기법보다 근소하게나마 나은 성능을 보이며, AKAZE와 ORB(5K) 검출기법이 우수한 성능을 보여준다. 따라

표 6. 세 장소에서 FLANN 기법을 적용한 검출기별별 정합성공률  
Table 6. Match rates for each detector with FLANN in 3 places

[책상(사무실)]

검출기법		SIFT	KAZE	AKAZE	ORB(1K)	ORB(5K)	BRISK
정합성공률		(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>
변동 없음		0.347518	0.618881	0.681818	0.271754	0.193490	0.228310
회전	45°	0.230496	0.328671	0.539773	0.077643	0.133816	0.196347
	90°	0.301418	0.437063	0.494318	0.017402	0.071428	0.251142
	180°	0.297872	0.503497	0.562500	0.208835	0.158228	0.223744
거리	10cm	0.166667	0.181818	0.284091	0.044176	0.068716	0.141553
	20cm	0.085106	0.101399	0.187500	0.006693	0.015370	0.068493
	30cm	0.000000	0.038461	0.062500	0.000000	0.000000	0.000000
가림	25%	0.184397	0.468531	0.528409	0.179384	0.132007	0.178082
	50%	0.127660	0.241259	0.386364	0.111111	0.099457	0.141553
	75%	0.042553	0.020979	0.051136	0.048192	0.036166	0.000000

[작업장(전기배선)]

검출기법		SIFT	KAZE	AKAZE	ORB(1K)	ORB(5K)	BRISK
정합성공률		(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>
변동 없음		0.347518	0.618881	0.681818	0.271754	0.193490	0.228310
회전	45°	0.230496	0.328671	0.539773	0.077643	0.133816	0.196347
	90°	0.301418	0.437063	0.494318	0.017402	0.071428	0.251142
	180°	0.297872	0.503497	0.562500	0.208835	0.158228	0.223744
거리	10cm	0.166667	0.181818	0.284091	0.044176	0.068716	0.141553
	20cm	0.085106	0.101399	0.187500	0.006693	0.015370	0.068493
	30cm	0.000000	0.038461	0.062500	0.000000	0.000000	0.000000
가림	25%	0.184397	0.468531	0.528409	0.179384	0.132007	0.178082
	50%	0.127660	0.241259	0.386364	0.111111	0.099457	0.141553
	75%	0.042553	0.020979	0.051136	0.048192	0.036166	0.000000

[냉장고 내부]

검출기법		SIFT	KAZE	AKAZE	ORB(1K)	ORB(5K)	BRISK
정합성공률		(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>	(M - O)/N <sub>Q</sub>
변동 없음		0.347483	0.759836	0.757501	0.469000	0.448000	0.306598
회전	45°	0.225927	0.496742	0.448809	0.299000	0.202600	0.225636
	90°	0.284531	0.538499	0.523662	0.337000	0.304600	0.279646
	180°	0.271899	0.709871	0.707083	0.419000	0.384800	0.292906
거리	10cm	0.064713	0.241612	0.210950	0.124000	0.098800	0.089154
	20cm	0.059846	0.109582	0.150634	0.146000	0.094600	0.069534
	30cm	0.029819	0.068066	0.056294	0.085000	0.063400	0.038702
가림	25%	0.215365	0.400676	0.427467	0.205000	0.212200	0.181759
	50%	0.118555	0.206855	0.226724	0.069000	0.133800	0.097887
	75%	0.055912	0.094376	0.100526	0.026000	0.055800	0.051746

서 AKAZE-BF 조합과 ORB(5K)-BF 조합을 Look-it의 피사체 영상정합 방안으로 선정하여 ‘정합정확도’를 평가하는데 적용하였다.

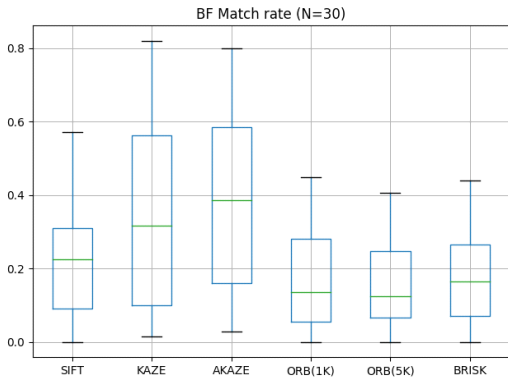
4.2.2 정합정확도 (match accuracy)

비록 특정 피사체의 메모 부착 시 촬영된 영상과 메모 확인(열람) 시 카메라 프레임의 영상을 서로 ‘정합 성공’으로 판단하더라도, Look-it이 해당 위치의 피사체에서 ‘영똥한’ 메모가 아닌 찾고자 하는 메모만

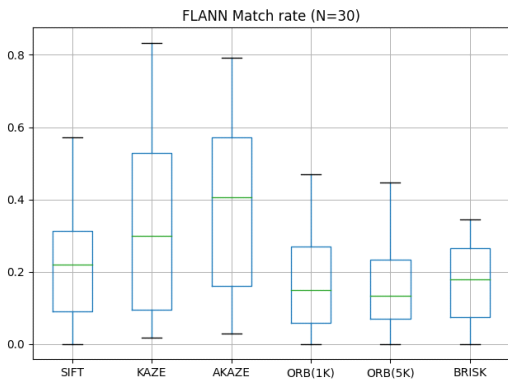
을 정확히 찾은 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 찾고자 하는 메모만을 열람할수 있는 성능의 척도로써 정합정확도(match accuracy)를 평가하였다.

이를 위하여[1080 x 1080] 크기의 메모 부착 시 촬영된 영상(Q<sub>i</sub>)과[1920 x 1080] 크기의 해당 피사체의 메모 확인(열람) 시 카메라 프레임의 영상(T<sub>i</sub>)을 각각 50개씩 촬영하여 그림 12와 같이 Q<sub>i</sub>와 T<sub>i</sub>가 서로 1:1 대응하도록 하였다. 그리고 특징점 검출기와 정합 알





(a) BF 기법



(b) FLANN 기법

그림 11. 특징점 정합기법을 적용한 검출기방법별 정합성공률  
Fig. 11. Match rates for each detector with feature matchers

고리즘의 조합을 적용하여 모든  $T_i$  각각에 대하여 50개의  $Q$ (즉  $Q_i$ 와 나머지 49개의  $Q$  사용하여)와 각각 정합을 시행하였으며, (식 2)와 같이 정합성공률

(match rate)과 미리 정의한 정합임계값(match threshold)을 서로 비교하여 정합 성공 여부를 판단하였다.

$$\begin{cases} \Gamma_{ij} \geq \Gamma_0 (i \neq j) \text{ 이면, } T_i \text{와 } Q_j \text{는 서로 정합 성공,} \\ \Gamma_{ij} \leq \Gamma_0 (i \neq j) \text{ 이면, } T_i \text{와 } Q_j \text{는 서로 정합 실패.} \end{cases} \quad (2)$$

여기서,  $\Gamma_{ij}$ 는  $T_i$ 와  $Q_j$ 의 정합성공률,  $\Gamma_0$ 는 미리 설정한 정합임계값을 각각 의미한다.

한편 정합정확도(match accuracy)를 평가하기 위하여 오차행렬(confusion matrix)을 활용하여 정합민감도(match sensitivity)와 정합특이도(match specificity)를 분석하였다. (식 2)와 같은 방법으로,  $T_i$ 에 대한 50개의  $Q$ 와 정합 시도 중에서 단 하나의  $Q$ 만 정합 되고 나머지는 정합 되지 않았을 때 (즉,  $T_i = Q_i; T_i \neq Q_j; i \neq j$ ) 가장 이상적인 정합정확도를 얻게 된다. 즉, 해당 위치의 피사체에서 찾고자 하는 메모만을 정확하게 열람함으로써 정합민감도와 정합특이도 모두 100%가 된다.

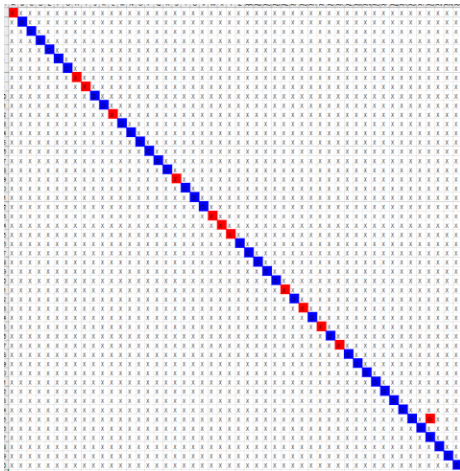
반면에  $T_i$ 에 대한 50개의  $Q$ 와 정합 시도 중에서  $Q_i$ 만 정합 되지 않고 나머지는 모두 정합 (일치 판정)될 경우(즉,  $T_i \neq Q_i; T_i = Q_j; i \neq j$ ) 가장 나쁜 결과로 정합민감도와 정합특이도 모두 0%가 된다.

그리고 그림 11로부터 도출한 AKAZE-BF와 ORB(5K)-BF 조합을 각각 적용한 오차행렬을 얻어 정합민감도와 정합특이도를 함께 살펴보았다.

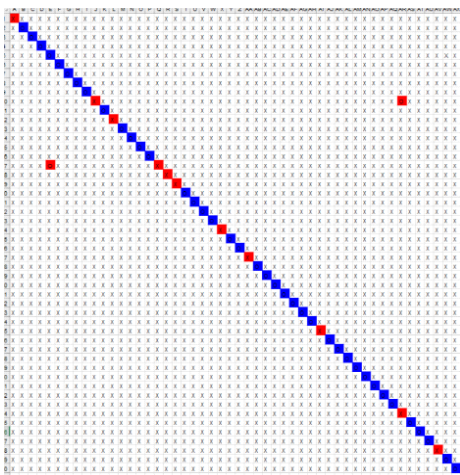
그림 13(a)는 AKAZE-BF 조합을 적용한 오차행렬로 그림 12와 같은  $Q_i$ 와  $T_i$ 에 대하여 특징점 정합(비교) 시행한 결과를 보여준다. 그림에서 대각선(50개)

$i$	0	1	2	3	4	5	6	...	46	47	48	49
$T_i$								...				
$Q_i$								...				

그림 12. 메모 부착 시 피사체 영상( $Q_i$ )과 메모 확인 시 피사체 영상( $T_i$ )의 모습  
Fig. 12. Subject images when attaching( $Q_i$ ) and reading( $T_i$ ) a memo respectively



(a) AKAZE-BF( $\Gamma_0 = 0.015824$ )



(b) ORB(5K)-BF( $\Gamma_0 = 0.0039$ )

그림 13. ‘검출기법-정합기법’을 적용한 오차행렬 (가로축 :  $Q_i$ , 세로축 :  $T_i$ , 대각선: 청색은 ‘정합을 정합’으로 바른 판단, 적색은 ‘정합을 미정합’으로 오판)

Fig. 13. Confusion matrix applied with feature detector and feature matcher

성분은 어느 하나의 피사체 영상  $T$ 와 동일 피사체의 영상  $Q$ 가 서로 정합( $T_i = Q_i$ )되었다고 판단한 결과를 나타낸 것이다. 특히 청색(38건)은 ‘바른 정합’ (True Positive)으로써 실제로 정합된 것을 ‘정합 성공’으로 바르게 판단한 것이며, 적색(12건)은 ‘거짓 미정합’(False Negative)으로 ‘실제로’는 ‘정합 되었음’에도 ‘정합되지 않았다’고 잘못 판단한 것에 해당한다. 그리고 대각선 외의 오류(1건)인 ‘거짓 정합’(False Positive)은 실제로는 ‘정합되지 않았음에도’ ‘정합 되었다’고 잘못 판단한 것이다. 이러한 ‘거짓 정합’ 오류가 발생할 경우 하나의 메모 확인 시 해당 피

사체를 지향하는 카메라 프레임의 영상이 다른 피사체의 메모 부착 시 촬영(저장)된 영상과 ‘정합되었다’고 오판( $T_i = Q_j; i \neq j$ )하여 다른 피사체에 부착(저장)된 ‘영똥한’ 메모를 화면에 디스플레이 하게 된다.

따라서 그림 13(a)로부터 76% (38/50)의 정합민감도와 99.96% (2449/2450)의 정합특이도 성능을 각각 얻었다. 그런데 ‘거짓 정합’ 1건은 ‘ $T_{45}$ 와  $Q_{47}$ ’을 서로 정합되었다고 오판한 것으로, 두 영상 내에 일치하는 특징점들이 존재하기 때문으로 추정된다. 정합민감도가 다소 낮은 이유로는 메모 부착 시 피사체를 촬영(저장)했을 때보다 메모 확인 시 다소 먼 거리에서 해당 피사체를 지향하는 카메라 프레임의 영상에 대하여 오판한 것으로 짐작된다.

그림 13(b)는 ORB(5K)-BF 조합을 적용한 오차행렬을 나타낸다. ‘바른 정합’ 판단 39건, ‘거짓 미정합’ 오판 11건, ‘거짓 정합’ 오판 2건이 각각 발생하여 78% (39/50)의 정합민감도와 99.92% (2448/2450)의 정합특이도를 각각 보였다. ‘거짓 정합’ 2건의 오판이 발생했지만 대부분 AKAZE-BF 조합의 시험결과와 거의 일치함을 볼수 있다.

이 2건의 오판은 각각 50개의 영상 중에서 ‘ $T_{17}$ 과  $Q_5$ ’ 및 ‘ $T_{10}$ 과  $Q_4$ ’가 각각 정합되었다고 ‘거짓 정합’으로 오판한 것으로, 이들 두 영상 내에 일치하는 특징점들이 존재하기 때문으로 추정된다.

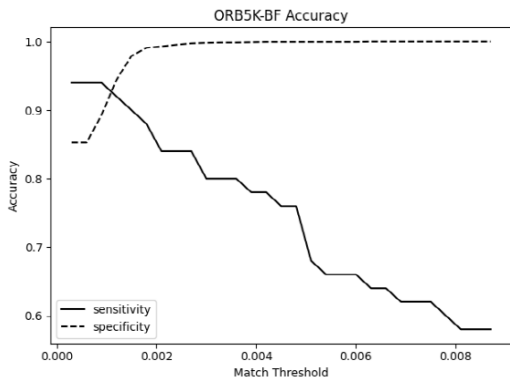
메모 부착 시 영상  $Q$ 와 메모 확인 시 해당 피사체의 영상  $T$ 간에 정합이 ‘바르게’ 이루어지면 해당 위치에 부착한 메모를 정확하게 찾을 수 있다. 그런데 위 결과에서 이를 의미하는 정합민감도가 다소 낮게 나오는 이유로는 화면에 표시되는 메모가 ‘영똥한’ 메모로 나올 가능성을 최소화하는, 즉 ‘정확성’(정합특이도)을 가장 중요한 성능 지표로 고려하였기 때문이다. 그리고 메모를 부착할 당시 해당 위치의 피사체가 메모 확인 시 일부 또는 많이 가려져 있을 경우에도 정합민감도 성능이 저하될 수 있다.

따라서 (식 2)에서 사용하는 정합임계값( $\Gamma_0$ )과 정합정확도(정합민감도와 정합특이도)의 상관성에 대하여 살펴보았다. 그림 14(a)는 ORB(5K)-BF 조합을 적용했을 때 정합임계값에 따른 정합민감도와 정합특이도의 관계를 보여준다. 정합임계값을 높게 설정할수록 정합민감도는 100%로 되지만, 낮게 설정하면 정합민감도는 90% 이하로 떨어짐을 볼수 있다. 예를 들면,  $\Gamma_0 = 0.0018$ 일 경우 정합특이도와 정합민감도는 각각 0.99와 0.88,  $\Gamma_0 = 0.0063$ 일 경우 정합특이도와 정합민감도는 각각 1과 0.64로 서로 상반 관계에 있음을

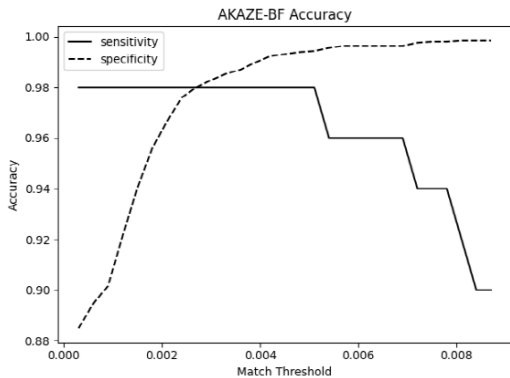
알수 있다.

즉 '엉뚱한' 메모가 아니라 해당 위치에서 사용자가 열람하고자 하는 '그 메모'를 정확하게 화면에 표시하는 정합특이도 성능이 높아지면, 카메라 위치 변화 등으로 인해 해당 위치에서 찾고자 하는 메모를 찾지 못하는 경우도 발생할수(정합민감도 저하) 있음을 알수 있다. 반면에  $T_0$ 가 0.002 이하일 경우 정합민감도는 0.9 이상으로 증가하지만, 정합특이도는 0.9 이하로 떨어진다, 이것은 해당 위치에서 메모를 찾을 확률은 증가하지만, '엉뚱한' 메모를 오판하여 표시할 확률도 증가함을 의미한다.

그림 14(b)는 AKAZE-BF 조합을 적용했을 때  $T_0$ 에 따른 정합민감도와 정합특이도의 관계를 보여준다.  $T_0 = 0.0027$  일 때 정합특이도와 정합민감도가 0.98에서 서로 교차하며,  $T_0 = 0.0165$  일 때 정합특이도와 정합민감도는 각각 1과 0.76이 됨을 확인하였다.



(a) ORB(5K)-BF



(b) AKAZE-BF

그림 14. 정합임계값( $T_0$ )에 따른 정합민감도와 정합특이도 성능  
Fig. 14. Match sensitivity and match specificity according to match threshold

그림 14(a)와 그림 14(b)로부터, ORB(5K)-BF 조합의 정합특이도는  $T_0$ 에 덜 민감하지만 정합민감도는  $T_0$ 의 증가에 급격히 감소함을 보여준다.

반면에, AKAZE-BF 조합의 정합민감도는  $T_0$ 에 덜 민감하며 대체로 안정적인 결과를 보여준다. 한편 부착된 메모를 확인하고자 하는 해당 위치의 피사체 앞에서 카메라의 회전각이나 피사체와의 거리를 조금씩 조정하면 메모를 찾을 가능성(정합민감도)이 증가할 것으로 기대된다.

## V. 결론

본 논문에서는 기존의 종이 메모지나 플라스틱 등을 사용하는 메모 방법의 문제점을 개선하기 위하여, 스마트폰으로 작성한 메모를 원하는 위치의 피사체에 가상으로 부착하고 이후 부착 메모를 스마트폰의 화면으로 열람하는 증강현실 메모시스템(Look-it)을 제안하고, 이를 스마트폰 앱의 stand-alone 버전으로 개발하였다.

개발한 Look-it을 사무실 컴퓨터, 냉장고 내부 및 배선 작업장 등의 환경에서 시험한 결과 작성한 메모의 부착 및 열람 기능들이 잘 동작함을 확인하였다. 또한, SIFT 등 6종의 특징점 검출기법과 BF와 FLANN 등 2종의 특징점 정합 알고리즘을 다양한 환경의 피사체 영상들에 적용한 성능시험 결과, Look-it으로 부착한 메모를 찾아내는 능력이 우수함을 확인할 수 있었다.

개발한 증강현실 메모시스템은 기존의 HMD와 같은 웨어러블 디바이스의 도움 없이도, 스마트폰만으로 부착한 메모 내용을 단순 열람할 뿐만 아니라, 메모 내용의 수정이나 부착 위치의 이동 및 삭제도 가능하다. 따라서 Look-it을 일반 가정이나 사무실뿐만 아니라, 종이나 플라스틱 메모를 부착하기 곤란한 산업현장을 비롯한 동·식물 관리 시설 등 다양한 환경에서 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 이를 통하여, 사용자의 기억력에 의존해야 할 상황이나 내용 등을 효과적으로 제공하거나, 부착한 메모지의 유실이나 훼손을 방지할 수 있을 뿐만 아니라, 메모 내용이 타인에게 공개되는 것을 방지할 수 있어, 기존의 메모용 종이나 플라스틱 등의 사용빈도를 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 본 연구에서 부착한 메모의 수가 대단히 많아질 경우 비교해야 할 영상 수가 증가하여 영상 정합의 소요 시간이 증가하는 등의 문제점이 예상된다. 이러

한 문제를 해결하기 위하여 개발한 텍스트 검색엔진의 시스템 성능개선 효과는, 향후 추가적인 메모 데이터의 확보 등을 통하여 검증할 예정이다.

## References

- [1] J. M. Smart, J. Cascio, and J. Paffendorf, "Metaverse roadmap overview. Pathways to the 3D web. A cross-industry public foresight project," Retrieved, from Dec. 2021, <http://www.metaverseroadmap.org/overview/index.html>.
- [2] H. W. Nam, "Metaverse environmental changes and technology trends," *KICS Inf. and Commun. Mag.*, vol. 38, no. 9, pp. 24-31, 2021.
- [3] P. C. Thomas and W. M. David, "Augmented reality: Application of heads-up display technology to manual manufacturing processes," in *Proc. 25th Hawaii Int. Conf.*, vol. 2, pp. 659-669, 1992. (<https://doi.org/10.1109/hicss.1992.183317>).
- [4] Stephen W. Song and D.-H. Chung, "Explication and rational conceptualization of metaverse," *Inf. Policy*, vol. 28, no. 3, pp. 03-22, 2021. (<https://doi.org/10.22693/NIAIP.2021.28.3.003>)
- [5] K. Lee, et al., "Virtual board based on location information for mobile environments," in *Proc. KIPS Spring Conf.*, vol. 15, no. 1, pp. 818-821, May 2008.
- [6] J. T. Choi, E. J. Choi, and S. Y. Sung, "Location-based virtual memo system and method," Reg.No:10-12604830000, Apr. 2013.
- [7] S. A. K. Tareen and Z. Saleem, "A comparative analysis of SHIFT, SURF, KAZE, AKAZE ORB, and BRISK," in *IEEE iCoMET*, pp. 1-10, 2018. (<https://doi.org/10.1109/ICOMET.2018.8346440>)
- [8] D. G. Lowe, "Object recognition from local scale-invariant features," in *Proc. 7th ICCV'99*, pp. 1150-1157, Corfu, Greece, 1999. (<https://doi.org/10.1109/iccv.1999.790410>)
- [9] E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige, and G. Bradski, "ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF," in *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vision*, pp. 2564-2571, Barcelona, Spain, Nov. 2011. (<https://doi.org/10.1109/iccv.2011.6126544>)
- [10] E. Karami, S. Prasad, and M. Shehata, "Image matching using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance comparison for distorted images," *ArXiv preprint arXiv:1710.02726*, 2017. (<https://doi.org/10.48550/ARXIV.1710.02726>)
- [11] F. K. Noble, "Comparison of OpenCV's feature detectors and feature matchers," in *23rd Int. Conf. M2VIP*, pp. 1-6, 2016. (<https://doi.org/10.1109/m2vip.2016.7827292>)
- [12] M. Muja and D. G. Lowe, "Fast approximate nearest neighbors with automatic algorithm configuration," in *VISSAPP*, pp. 331-340, 2009.
- [13] M. W. Kim, Y.-C. Lim, and S.-K. Kim, "Moving picture stitching method using homography matrix & sensor data," in *Proc. Kibme Summer Conf.*, pp. 111-114, Jun. 2017.
- [14] J. Jung and M. Yoo, "Tag search system using the keyword extraction and similarity evaluation," *J. KICS*, vol. 40, no. 2, pp. 2485-2487, 2015. (<https://doi.org/10.7840/kics.2015.40.12.2485>)
- [15] E. L. Park and S. Cho, "KoNLPy: Korean natural language processing in Python," *Annu. Conf. Human and Lang. Technol.*, pp. 133-136, Oct. 2014.
- [16] *OpenCL(Open Computing Language)*, Retrieved Feb. 2022, from <https://ko.wiki.pedia.org/wiki/OpenCL>.
- [17] A. Acosta, C. Merino, and J. Totz, "Analysis of OpenCL support for mobile GPUs on android," *IWOCL'18*, pp. 1-6, 2018. (<https://doi.org/10.1145/3204919.3207893>)

강 창 순 (Chang Soon Kang)



1984년 2월 : 경북대학교 전자공  
학과 공학사

1986년 8월 : 연세대학교 전자공  
학과 공학석사

2001년 2월 : KAIST 전자전산  
학과 공학박사

1989년 10월~2003년 2월 : 한국

전자통신연구원 이동통신연구소 책임연구원

2003년 3월~현재 : 창원대학교 정보통신공학과 교수  
<관심분야> 이동통신, IoT 설계 및 개발, 메타버스(증  
강현실 & Lifelogging)

이 수 균 (Su-Gyun Lee)



2016년 3월~현재 : 창원대학교  
정보통신공학과 학부 4학년

<관심분야> 컴퓨터 비전, 모바  
일 컴퓨팅, 임베디드 시스템

[ORCID:0000-0003-2271-0313]