

# 편광 기반 태그 시스템

박서현, 김민혁, 김효수  
중앙대학교

maxmictic@cau.ac.kr, alsgur7859@cau.ac.kr,

hskimhello@cau.ac.kr

## Polarization-based Invisible Tag System

Seohyeon Park, Minhyeok Kim, Hyosu Kim  
Chung-Ang Univ.

### 요약

태그는 정보 저장과 물체 식별 등 많은 분야에 활용되므로 보안성의 문제로 보이지 않는 태그를 만들기 위한 다양한 연구가 지난 수십 년간 진행되어 왔다. 하지만 기존 시스템에는 하드웨어 의존성과 사용성이 낮으며 경제적인 부담이라는 단점이 존재한다. 본 논문에서는 투명 테이프 재질이 편광 물질로 사용될 수 있다는 사실을 활용하여 투명 스티커를 태그로 사용하며, 편광 방향에 따른 태그의 밝기 변화를 통해 태그를 감지하며 분류는 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 하드웨어에 의존하지 않고 사용자의 눈에는 잘 보이지 않으므로 높은 보안성과 사용성, 확장성을 지녀 다양한 분야에서 활용될 수 있을 것이라 기대된다.

### I. 서론

태그는 배달, 정보의 저장, 물체 식별 등 많은 분야에 활용되므로 태그에 관한 연구는 지난 수십 년간 진행되어 왔다. 특히나 보안성의 문제로 보이지 않는 태그를 만들기 위한 다양한 기법도 제안되었다[1,2]. 본 연구에서는 태그의 가시성을 없앨 방법으로 편광 현상을 이용하여 스마트폰 카메라를 통해서 잘 보이지만 사용자의 눈에는 잘 보이지 않는 편광 태그 시스템을 제안하고자 한다.

기존의 시스템은 대부분 높은 정확도로 정보를 저장할 수 있지만 특정 하드웨어가 있어야만 사용할 수 있고, 위치에 민감하고, 크기가 크며 고비용이라는 한계가 있다. 따라서 정확도를 보장하며 저비용과 사용성까지 만족하는 시스템에 대한 필요가 존재한다.

따라서 본 논문에서는 투명 테이프 재질의 물질이 편광 물질로 쓰일 수 있다는 사실을 활용하여[3] 투명 스티커를 태그로 사용하고, 추가적인 하드웨어 없이 태그와 스마트폰 카메라, 편광 필름만으로 사용할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다.

### II. 본론

#### 1. 기존 시스템 분석

EchoTag[4]는 추가적인 센서나 미리 설치된 인프라 없이 전화기가 실내 위치를 태그하고 기억할 수 있는 시스템이지만 민감하여 정확도가 낮다는 단점이 있다.

G-ID[1]는 3D 프린팅을 통해 남겨진 미묘한 패턴을 활용하여 상용 카메라로 사람의 눈에 보이지 않는 물체를 구별하고 식별할 수 있으며, Infrared Tag[2]는 시각적으로는 감지할 수 없지만 적외선 카메라에서 볼 수 있는 태그를 내장한다. 하지만 이들의 경우 3D printer 가 필수적으로 필요하며 Infrared Tag 의 경우 적외선 카메라도 필요하다는 하드웨어 의존적인 문제가 존재한다.

Soundpen[5]은 아동용 동화책을 대상으로 동화책에 펜을 가져다 대면 자동으로 그에 맞는 소리가 출력되지만, 비용적으로 부담이 된다는 단점이 존재한다.

PolarTag[3]는 편광을 기반으로 저비용과 높은 정확도로 정보를 저장할 수 있다는 장점이 있지만, 12.8cm X 12.8cm 의 크기로 사용성이 떨어진다.

#### 2. 데이터 수집 환경

본 논문에서는 먼저 Soundpen[5]을 대체하기 위해 아동용 동화책을 사용하여 데이터를 수집한다. 제안하는 편광 태그 시스템은 태그 등록과 태그 식별의 단계로 이루어지는데, 태그 등록을 위한 실험 환경은 다음과 같다. 편광 필름 두 개를 사용하며 각각 휴대폰 카메라와 독서용 스탠드에 부착한다. 편광 필름 두 개의 방향이 일치할 때와 수직일 때 두 경우에 대해 분석해야 하므로 3d printer 로 카메라 크기에 맞추어 필름을 회전시킬 수 있는 액세서리를 제작한다. 스탠드와 동화책의 거리는 25cm, 휴대폰과 동화책의 거리는 20cm 로 설정하여 편광 필름이 180도 회전할 때까지 동영상 촬영한다.

### 3. 데이터 분석

촬영한 동영상을 입력으로 사용하며 MATLAB 으로 분석한다. 동영상을 Sub-window 단위로 나누고 해당 윈도우 안에서 가장 밝은 프레임과 가장 어두운 프레임의 밝기 변화 값을 구한다. 그 결과 태그가 많은 영향이 미치는 윈도우가 있음을 확인할 수 있었으며, 후에 sub-window 별로 이진화, 모폴로지 연산을 통한 노이즈 제거, 태그 크기에 맞는 마스크 생성으로 태그를 감지한다. 발견한 태그는 SIFT 연산을 통해 분류한다.

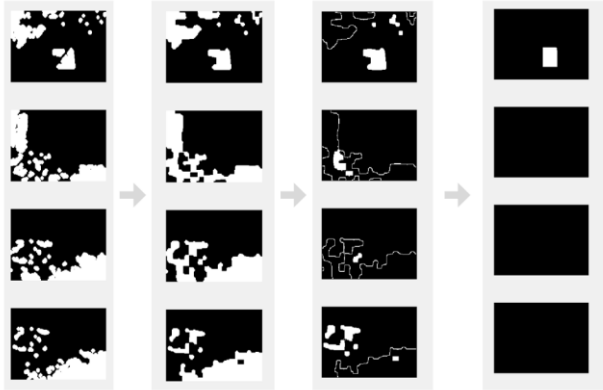


그림 1. MATLAB 을 통한 태그 분석

### III. 결론

본 논문에서는 투명 테이프가 편광 물질로 활용될 수 있다는 사실을 활용하여 투명 스티커와 편광 필름, 스마트폰 카메라를 활용한 편광 태그 시스템을 제안한다. 이 태그 시스템은 사용자의 눈에는 잘 보이지 않지만 스마트폰으로는 감지할 수 있는 시스템으로 높은 사용성을 가지며 보안성도 추가로 지닌다. 사용하는 과정에서 추가적인 하드웨어가 필요 없으며 언제 어디서나 스마트폰 카메라와 태그만 있으면 사용할 수 있어 높은 확장성을 가진다. 따라서 추후에 일반화를 한다면 사운드 펜을 대체하고 스마트 홈 환경에서 태그 시스템으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원과 2023 년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2022R1C1C1012664, P0020632, 2023 년 산업혁신인재성장지원사업)

### 참 고 문 헌

[1] Dogan, Mustafa Doga, et al. "G-ID: identifying 3D prints using slicing parameters." Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2020.

[2] Dogan, Mustafa Doga, et al. "InfraredTags: Embedding Invisible AR Markers and Barcodes Using Low-Cost, Infrared-Based 3D Printing and Imaging Tools." Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2022.

[3] Tian, Zhao, et al. "Polartag: Invisible data with light polarization." Proceedings of the 21st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications. 2020.

[4] Tung, Yu-Chih, and Kang G. Shin. "EchoTag: Accurate infrastructure-free indoor location tagging with smartphones." Proceedings of the 21st Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. 2015.

[5] Soundpen, <http://soundpen.co.kr/>