

스마트 디바이스를 이용한 VPS 기반 도서 검색 시스템

손승현^o

박상훈^{*}

서강대학교 가상융합전문대학원

{sonsh0318, mshpark}@sogang.ac.kr

VPS-based Book Retrieval System Using Smart Devices

Seunghyun Son^o

Sanghun Park^{*}

Graduate School of Virtual Convergence, Sogang University

요 약

본 논문은 GPS 신호가 도달하지 않는 실내 도서관 환경에서 카메라 영상 기반 VPS(visual positioning system)를 활용한 스마트 디바이스 도서 검색 시스템을 제안한다. Wi-Fi, BLE 비콘, UWB 등 기존 전파 기반 실내 위치 추정 기술의 인프라 의존성과 전파 간섭 취약성 문제를 해결하기 위해, DINOv2 특징 추출, FAISS 이미지 검색, Reloc3r 포즈 추정을 통합한 딥러닝 파이프라인을 구축하였다. 서가 환경의 시각적 중의성(visual aliasing) 문제를 극복하기 위해 54개 클러스터와 98개 에지로 구성된 공간 그래프 기반 검색 제한 기법을 제안한다. 서강대학교 로욜라 도서관 서고를 대상으로 14,652장의 참조 이미지로 COLMAP 3D 맵을 구축하고 839장의 쿼리 이미지로 평가하였다. DINOv2는 NetVLAD 대비 특징 벡터 차원을 97.6% 절감하면서 Top-3 검색 정확도를 5%p 향상시켰으며, 클러스터 기반 검색은 3m 이내 95.7%의 정확도와 처리 시간 최대 46% 단축을 달성하였다. 11명 대상 사용성 테스트 결과 SUS 81.82점(grade A)과 도서 탐색 시간 25.2% 단축을 확인하였다.

Abstract

This paper proposes a smart device book retrieval system using VPS (visual positioning system) based on camera images in indoor library environments where GPS signals are unavailable. To overcome the infrastructure dependency and radio interference vulnerability of existing indoor positioning technologies such as Wi-Fi, BLE beacons, and UWB, we build a deep learning pipeline integrating DINOv2 feature extraction, FAISS image retrieval, and Reloc3r pose estimation. To address the visual aliasing problem in repetitive bookshelf environments, we propose a spatial graph-based search restriction with 54 clusters and 98 edges. We built a COLMAP 3D map from 14,652 reference images at Sogang University's Loyola Library and evaluated with 839 query images. DINOv2 reduces feature vector dimensions by 97.6% compared to NetVLAD while improving Top-3 accuracy by 5%p. Cluster-based search achieves 95.7% accuracy within 3m and up to 46% reduction in processing time. A usability study with 11 participants confirmed an SUS score of 81.82 (grade A) and a 25.2% reduction in book retrieval time.

키워드: VPS, 실내 위치추정, 도서 검색, 스마트 디바이스

Keywords: Visual Positioning System, Indoor Localization, Book Retrieval, Smart Devices

*corresponding author: Sanghun Park / Graduate School of Virtual Convergence, Sogang University (mshpark@sogang.ac.kr)

1 서론

현대 도서관은 디지털화된 OPAC(online public access catalog) 시스템을 통해 장서 정보를 제공하고 있으나, 실제 도서를 서고에서 찾는 과정에서는 여전히 비효율성이 존재한다. OPAC 검색 결과는 '1관 3층 인문학 자료실 850번 서가'와 같은 형태로 제공되어, 이용자가 이 정보만으로 실제 도서 위치를 직접 탐색해야 한다. 서고는 동일한 규격의 서가가 반복 배치되어 공간 파악이 어렵고, 대형 도서관의 경우 한 층의 면적이 수천 제곱미터에 달해 서가 탐색 단계에서의 혼란이 이용자 경험을 저해한다.

이 문제를 위치 추정 기술로 해결하려면 GPS가 필요하지만, GPS 신호는 건물 벽과 천장에 막혀 실내에서 사용이 사실상 불가능하다 [1]. 대안적 실내 위치 추정 기술이 개발되었으나 다음과 같은 한계가 존재한다.

- **Wi-Fi 기반:** 기존 AP 인프라를 활용하나 정확도 5~15m, 금속 서가 환경에서 다중 경로 효과로 성능 저하
- **BLE 비콘:** 3~5m 수준의 정확도이나 수백 개 비콘 설치 및 지속적 배터리 교체 필요
- **UWB:** 센티미터급 정밀도이나 고가의 앵커를 건물 곳곳에 설치해야 하며 일반 스마트폰 사용 불가

Visual Positioning System(VPS)는 카메라 영상만으로 6DoF(3차원 위치 및 3축 자세) 위치를 추정하는 기술로, 별도의 인프라 없이 동작하므로 설치·유지보수 비용이 없고 전파 간섭에도 영향을 받지 않는다. 딥러닝 기반 특징 추출 모델의 발전으로 VPS의 정확도와 강건성이 크게 향상되었으며, 도서관 서고와 같이 반복 패턴이 많은 환경에서도 적용 가능성이 높아지고 있다. 본 연구에서는 Meta Project Aria1 스마트 글래스, Meta Quest 3, 스마트폰 등 다양한 스마트 디바이스를 지원하는 VPS 기반 실내 도서 검색 시스템을 제안한다.

본 논문의 핵심 기여는 다음과 같다.

- DINOv2 특징 추출, FAISS GPU 가속 검색, Reloc3r 포즈 추정을 통합한 실시간 VPS 파이프라인 구축
- 서가 환경의 시각적 중의성 문제 해결을 위한 54 클러스터 공간 그래프 기반 검색 제한 기법 제안
- 실제 도서관(서강대 로열라도서관) 환경에서의 정량적·정성적 성능 검증 및 사용성 평가

2 관련 연구

2.1 실내 위치 추정 기술

실내 위치 추정 기술은 크게 전파 기반 방식과 비전 기반 방식으로 나뉜다 [1]. Wi-Fi 기반 방식은 기존 AP 인프라를 활용하여

RSSI(received signal strength indicator) 신호를 측정해 위치를 추정하나, 금속 서가나 보행자에 의한 다중 경로(multipath) 효과로 정확도가 5~15m에 머문다. BLE 비콘 방식은 3~5m 수준의 정확도를 제공하지만 넓은 공간 커버리지를 위해 수백 개의 비콘과 배터리 교체 등 유지보수가 필요하다. UWB(ultra-wideband)는 센티미터급 정밀도를 가지나 고가의 앵커를 건물 곳곳에 설치해야 하므로 초기 구축 비용이 크고 일반 스마트폰에서 사용이 어렵다. 이러한 전파 기반 방식들은 인프라 설치 비용, 유지보수 부담, 전파 간섭 취약성이라는 공통 한계를 지닌다.

2.2 Visual Positioning System

VPS 기술은 크게 특징점 매칭 기반 방식과 딥러닝 기반 포즈 회귀 방식으로 나뉜다. HLoc [2]은 계층적 위치 추정 파이프라인으로 SuperPoint 특징점과 PnP 알고리즘을 결합하여 높은 정확도를 달성하지만 쿼리당 5~10초의 처리 시간이 소요되어 실시간 응용에 한계가 있다. PoseNet [3]은 CNN이 이미지에서 6DoF 포즈를 직접 회귀하여 빠른 추론이 가능하나 대규모 공간에서 정확도가 크게 저하된다. NetVLAD [4]는 딥러닝 기반 이미지 검색으로 장소 인식 성능을 높였으나 32,768차원의 고차원 특징 벡터로 인해 대규모 데이터베이스에서 메모리 사용량과 검색 시간이 증가하는 한계가 있다.

기존 도서관 내비게이션 연구가 Wi-Fi/BLE·QR 코드 기반 포인트 안내에 집중한 것과 달리, 본 연구는 별도 인프라 없이 카메라 영상만으로 6DoF 포즈를 추정하여 연속 경로 안내를 제공한다는 점에서 차별화된다.

Reloc3r [5]는 CVPR 2025에서 발표된 딥러닝 기반 상대 카메라 포즈 추정 모델로, DUST3R 아키텍처를 기반으로 한 공유 가중치의 2분기(two-branch) Vision Transformer 구조를 사용한다. 약 800만 개의 이미지 쌍으로 학습되어 반복 패턴 환경에서 강건한 성능을 보이며, 이미지 쌍 간 상대 포즈를 직접 회귀하여 특징점 매칭의 모호성 문제를 극복한다. DINOv2 [6]는 Meta AI에서 개발한 자기지도 학습(self-supervised learning) 기반 Vision Transformer로 1.42억 장의 이미지로 사전 학습되어 768차원의 전역 특징 벡터를 추출한다. FAISS [7]는 Meta AI의 GPU 가속 벡터 검색 라이브러리로 L2 Distance 기반으로 수십억 개 규모의 벡터에서도 5ms 이내에 최근접 이웃을 검색할 수 있다.

Table 1: Comparison of processing time for major VPS methods

Method	Approach	Processing Time (s)	Accuracy
HLoc [2]	Feature matching	5-10	High
COLMAP+PnP [8]	Feature matching	10-30	High
PoseNet [3]	Pose regression	0.005	Low
NetVLAD+PnP [4]	Retrieval+matching	3-5	Medium
Reloc3r (proposed) [5]	Retrieval+regression	~1	Medium

HyperIQA[9]는 CVPR 2020에서 제안된 무참조(no-

3.2.3 도서 데이터베이스 구축

서강대학교 로올라 도서관 OPAC 홈페이지를 크롤링하여 청구기호, 서명, 저자, 소장위치 등의 서지정보를 자동으로 수집하고 도서 데이터베이스를 구축하였다. 각 참조 이미지는 COLMAP SfM으로 산출된 3D 절대 좌표를 가지며, 도서관 평면도 기반으로 서가 번호와 청구기호 위치를 COLMAP 좌표계에 수작업으로 등록하여 서가 단위 매핑 테이블을 구축하였다. 이를 통해 VPS로 추정된 현재 위치에서 목표 도서까지의 경로 안내가 가능하도록 연동하였다.

3.3 온라인 위치추정 파이프라인

실시간 위치 추정 파이프라인은 총 6단계로 구성된다: (1) 프레임 수신(input stream), (2) HyperIQA 품질 평가, (3) 클러스터 기반 검색 범위 제한, (4) DINOv2+FAISS 특징 추출 및 유사 이미지 검색, (5) Reloc3r 6DoF 포즈 추정, (6) 경로 안내 서비스 제공. Figure 3은 각 단계의 구성 요소를 시각화한 것이다.

품질 평가: HyperIQA [9]를 활용하여 3초마다 캡처되는 프레임 중 품질 점수가 임계값(40) 미만인 프레임을 사전 필터링한다. 이는 일반적 화질 저하가 아닌 과도한 카메라 흔들림이나 완전 암부와 같이 후속 DINOv2 특징 추출 및 Reloc3r 포즈 추정에서 극단적 오류를 유발할 수 있는 비정상 프레임을 제거하기 위한 안전 필터이다.

특징 추출 및 검색: 수신된 쿼리 이미지 I_q 를 DINOv2 ViT-B/14 모델로 768차원 전역 특징 벡터 $f_q \in \mathbb{R}^{768}$ 로 변환하고, FAISS 인덱스에서 클러스터 C_k 내 L2 거리 기반으로 Top-K 참조 이미지를 검색한다.

포즈 추정: Reloc3r [5] 모델이 쿼리 이미지와 Top-K 참조 이미지 쌍 각각의 상대 카메라 포즈를 추정한다. 추정된 K개의 상대 포즈와 COLMAP 좌표계의 참조 이미지 절대 좌표를 결합하여 K개의 후보 절대 위치를 도출하고, 각 추정의 Reloc3r confidence 점수를 가중치로 적용한 motion averaging으로 최종 6DoF 위치를 확정한다.

3.4 클러스터 기반 그래프 검색

3.4.1 공간 클러스터링

도서관 서고는 시각적으로 유사한 서가가 반복되는 환경으로, 전역 검색(global search) 시 물리적으로 멀리 떨어진 유사 서가 이미지가 검색되는 시각적 중의성(visual aliasing) 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 도서관 전체 공간을 54개 클러스터로 분할하였다. 서가 영역은 16행 $\times$ 3열(S01L~S16R)의 48개 클러스터로 세분화되고, 로비(L01~L03)와 복도(B01~B03) 영역이 6개 클러스터를 구성한다. 각 클러스터는 공간적으로 인접한 참조 이미지들의 집합이며, 실제 도서관 평면도를 기반으로 물리적 이동 동선에 따라 인접 관계를 정의하였다.

3.4.2 그래프 구조 및 탐색

54개 클러스터를 노드로, 클러스터 간 물리적 인접 관계를 에지로 표현하는 그래프를 구성하였다. 전체 98개 에지로 구성되며, Figure 4와 같이 서가 좌측(L), 중앙(C), 우측(R), 로비, 복도 영역이 연결된다.

위치 추정 과정에서 BFS(breadth-first search) 방식으로 이전 위치 추정 결과가 속한 클러스터와 그래프 상 1-hop 거리의 인접 클러스터만을 검색 대상으로 선정한다. 첫 번째 쿼리의 경우 도서관 입구 클러스터(L01, L02)와 인접 클러스터(L03, B01, B02)를 초기 탐색 범위로 설정한다. 사용자가 도서관 중간 지점에서 시스템을 실행하는 경우에도 초기 전역 검색으로 현재 클러스터를 결정한 후 이후 탐색부터 그래프 기반 검색으로 전환된다. LRU(least recently used) 캐시를 도입하여 현재 위치 주변 클러스터의 FAISS 인덱스만 GPU 메모리에 상주시키고, 새 클러스터 진입 시 온디맨드로 로딩함으로써 메모리 효율을 확보하였다.

3.5 도서 검색 서비스 연동

Web UI 서버는 추정된 위치를 실시간 2D 지도에 표시하고, Google Gemini API를 연동한 음성 기반 도서 검색 어시스턴트를 제공한다. 사용자가 음성(STT) 또는 텍스트로 도서를 검색하면 도서 데이터베이스에서 해당 서가 위치를 조회하고, 현재 VPS 추정 위치에서 목표 서가까지의 이동 경로를 화살표와 거리 정보로 안내한다. 목적지 도달 시 TTS(text-to-speech)로 음성 안내를 제공하며, Meta Project Aria1 스마트 글래스 [10], Quest 3 MR 헤드셋, 스마트폰 등 다양한 클라이언트 기기를 지원한다. Figure 5는 음성 검색부터 경로 안내까지의 서비스 흐름을 보여준다.

본 시스템의 주요 타겟 디바이스 중 하나인 Meta Project Aria1은 RGB, SLAM, ET 카메라를 비롯해 IMU, GPS, Wi-Fi 등의 센서를 내장한 연구용 스마트 글래스로, 핸즈프리 환경에서 연속적인 쿼리 이미지를 자동으로 캡처하여 VPS 서버에 전송하기에 적합하다.

4 실험 및 결과

4.1 실험 환경

VPS 서버는 Table 2와 같이 Google Cloud Platform(GCP) n1-standard-8 인스턴스에 구축되었으며, PyTorch 2.0과 CUDA 11.8 환경에서 Flask REST API로 구현되었다.

실험 데이터셋은 Insta360 360도 카메라로 촬영한 14,652장의 참조 이미지(COLMAP SfM 기반 GT 좌표 포함)와 iPhone 15 Pro로 촬영한 839장의 쿼리 이미지로 구성된다. 쿼리 이미지는 서가 입구→끝(동선 1)과 서가 끝→입구(동선 2)의 두 동선을 따라 수집하였으며, 참조 데이터베이스와 독립적으로 사용되었다.

Table 9: Success rate by distance threshold: global vs. cluster search (Route 2, K=2)

Distance Threshold	Global (%)	Cluster (%)	Improvement
Within 1.0m	1.5	39.2	+37.7%p
Within 3.0m	59.4	95.7	+36.3%p
Within 5.0m	89.2	98.2	+9.0%p

4.7 확장성 분석

시스템 확장 시 메모리 관리 전략을 검증하였다. DINOv2 특징 벡터(768차원)는 현재 14,652장에 43MB이며, 5개 층 확장 시 214MB, 캠퍼스 규모(276,000장) 시 808MB로 선형 확장된다.

Table 10: LRU cache size performance (5 independent runs, mean ± std dev)

Cache Size	Hit Rate (%)	Memory (MB)	Reduction (%)
3	40.8 ± 2.8	2.62	94
5	54.2 ± 4.2	4.44	90
10	72.4 ± 6.7	8.40	80
15	81.3 ± 5.3	12.62	71
20	86.4 ± 6.4	16.65	61

Table 10에서 캐시 크기 10개 설정 시 72.4%의 히트율을 유지하면서 80%의 메모리 절감을 달성하였다. LRU 기반 동적 캐싱은 공간 규모와 무관하게 일정한 메모리 사용량을 유지할 수 있어 대규모 확장 시에도 효율적인 서버 운용이 가능하다.

4.8 사용성 평가

11명의 참가자를 대상으로 실제 도서관에서 도서 탐색 과제를 수행하였다. 참가자는 전원 대학원생으로 남성 7명, 여성 4명이었으며 연령대는 20대 8명, 30대 3명이었다. 전공 계열은 인문·사회 5명, 공학·자연과학 5명, 예체능 1명으로 구성되었다. 도서관 이용 빈도는 9명(81.8%)이 월 1~2회로 저빈도 이용자가 대다수였으며, 서고 구조 익숙도(1~5점)의 평균은 2.36점으로 낮은 수준이었다. 도서관 내 위치 안내 앱 사용 경험은 10명(90.9%)이 없었다. 각 참가자는 시스템 사용 조건(2회)과 미사용 조건(청구기호 기반 직접 탐색, 2회)을 무작위 순서로 수행하여 총 44회의 탐색 시도가 진행되었으며, 탐색 시간 5분 초과 시 실패로 처리하였다. SUS 점수는 참가자별 최고 100점, 최저 67.5점, 중앙값 82.5점이었으며, 80점(grade A) 이상을 기록한 참가자는 6명(54.5

Table 11에서 시스템 사용 시 평균 탐색 시간이 145.4초로 미사용(194.5초) 대비 25.2% 단축되었으며, 미사용 조건에서 4건 발생한 탐색 실패가 시스템 사용 시 100% 성공률로 개선되었다. SUS(system usability scale) 점수 81.82점은 상위 10% 수준의 grade A에 해당하며 일반 평균(68점)을 크게 상회한다. 특히 스마트 글래스 사용 의향(4.82점)에서 전체 문항 중 최고 점수를 기록하여 핸드프리 방식 도서 탐색에 대한 높은 기대를 확인하였다.

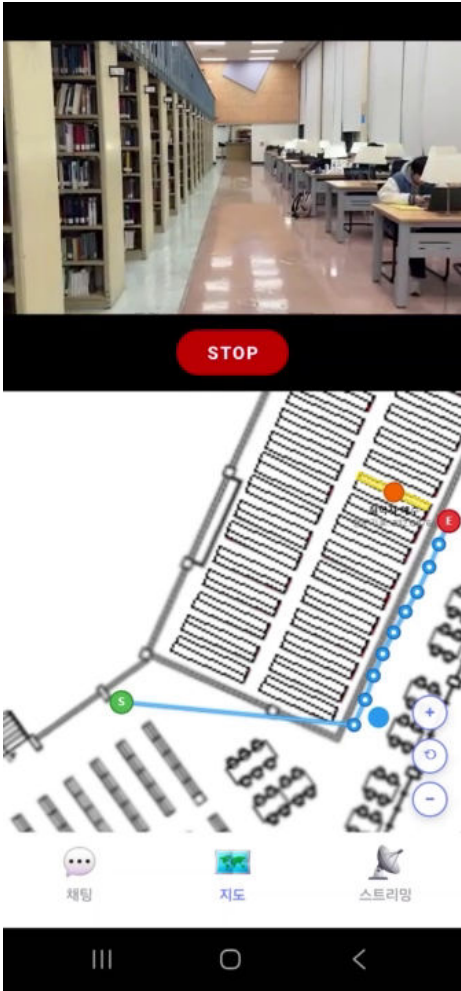


Figure 13: Indoor book navigation service screen. Provides route guidance to the target bookshelf and book information based on real-time VPS positioning.

위치 추정 정확도(1m 이내 39.2%)가 제한적임에도 사용성이 높게 나타난 것은, 2D 경로 안내가 정밀 좌표가 아닌 서가 영역(3m 이내 95.7%) 수준으로 사용자를 유도하여 실질적 탐색 효율으로 이어졌기 때문으로 분석된다.

참가자 피드백에서 주요 긍정 의견으로 “책 찾기가 매우 수월해졌다”, “도서관을 처음 이용하거나 서가 구조에 익숙하지 않은 이용자에게 매우 큰 도움이 될 것 같다”는 내용이 수집되었다. 개선 요청으로는 서가 도착 시 몇 번째 칸인지 알려주는 세부 안내, 위치 추정 안정성 향상, AR 오버레이 형태의 화면 표시 등이 제안되었다. 스마트 글래스 형태에 대한 사용 의향(4.82점)이

Table 11: Summary of usability test evaluation results

Metric	With System	Without System	Improvement
Avg. search time (s)	145.4	194.5	25.2% reduction
Task success rate (%)	100	90.9	+9.1%p
Task failures	0	4	-
SUS score	81.82 (grade A)		-
Navigation ease	4.36 / 5.0		-
Disorientation prevention	4.55 / 5.0		-
Smart glasses preference	4.82 / 5.0		-

가장 높은 점수를 기록하여, 핸드프리 방식 도서 탐색에 대한 기대가 매우 높음을 확인하였다. Figure 13는 스마트폰 기반 실내 내비게이션 서비스 화면으로, 실시간 위치와 목표 서가까지의 경로가 지도 위에 표시된다.

5 결론 및 한계점

5.1 결론

본 연구는 GPS 신호가 도달하지 않는 실내 도서관 환경에서 별도의 인프라 없이 카메라 영상과 딥러닝 기술만으로 정밀한 위치 추정이 가능한 VPS 기반 도서 검색 시스템을 제안하고, 그 실용성을 실증적으로 검증하였다.

첫째, 인프라 없는 VPS의 실용성을 제시하였다. DINOv2 특징 추출, FAISS 이미지 검색, Reloc3r 6DoF 포즈 추정을 통합한 딥러닝 파이프라인을 구축하여 카메라만으로 정밀 위치 추정이 가능함을 입증하였다.

둘째, 대규모 실내 공간에서의 실시간 성능을 검증하였다. 54 클러스터 그래프 기반 검색 제한을 적용하여 1m 이내 정확도를 1.5%에서 39.5%로(동선 2 기준), 3m 이내 정확도를 59.4%에서 95.7%로 향상시켰으며, 처리 시간을 최대 46% 단축하였다.

셋째, 사용자 평가를 통해 시스템 효용성을 입증하였다. 11명 대상 사용자성 테스트에서 SUS 81.82점(grade A), 탐색 시간 25.2% 단축, 탐색 실패 0건(미사용 시 4건)을 달성하였다.

넷째, 멀티 플랫폼 확장성을 확보하였다. Meta Project Aria1 스마트 글래스, Quest 3 MR 헤드셋, 스마트폰 등 다양한 클라이언트 기기를 지원하는 클라우드 기반 시스템 아키텍처를 구축하여, 향후 다양한 실내 환경으로의 확장 가능성을 제시하였다. 본 연구는 단일 도서관 환경에서의 검증을 통해, 반복 패턴이 많은 실내 공간에서 인프라 구축 없이 비전 기반 위치 추정 기술의 실용성을 성공적으로 검증한 데 학술적 의의가 있다. 유사한 시각적 반복 패턴을 가진 실내 공간에서의 VPS 기반 내비게이션 플랫폼으로의 활용 가능성을 제시하였으며, 상이한 환경 유형으로의 일반화를 위해서는 추가 검증이 필요하다.

5.2 연구의 한계

본 연구는 VPS 기반 도서 검색 시스템의 실용성을 검증하였으나, 다음과 같은 한계점이 존재한다.

- **고정밀 위치 추정의 한계:** 클러스터 기반 검색을 적용한 결과 3m 이내 정확도 95.7%를 달성하여 서가 영역 수준의 안내는 가능하나, 1m 이내 정확도는 약 39%로 특정 책장의 정확한 위치까지 안내하기에는 개선이 필요하다. 특히 도서관 서가 내부와 같이 시각적으로 매우 유사한 환경(visual aliasing)에서는 DINOv2가 물리적으로 먼 위치의 이미지를 유사도가 높다고 판단하는 오검색 문제가 발생하였다.

- **HyperIQA 기반 품질 필터링의 한계:** 초기 가설과 달리, 이미지 품질(블러, 노이즈 등)과 VPS 성능 간 양의 상관관계($r = +0.318$)가 나타나 품질 필터링 적용 시 오히려 성공률이 감소하는 역설적 결과를 확인하였다. 이는 저품질 이미지(어두운 조명, 모션 블러)가 오히려 해당 위치의 고유한 특징을 담고 있어 매칭에 유리할 수 있음을 시사한다.

- **정적 맵 의존성의 한계:** 현재 시스템은 사전 구축된 COLMAP 기반 3D 맵과 참조 이미지 데이터베이스에 의존하므로, 서가 이동, 도서 재배치, 조명 변화 등 환경 변화에 취약하다. 환경이 변경될 경우 전체 데이터셋을 재구축해야 하는 비용이 발생한다.

5.3 향후 연구 방향

본 연구의 한계를 극복하고 시스템의 실용성을 높이기 위한 향후 연구 방향은 다음과 같다.

- **모델 경량화 및 온디바이스 추론:** 양자화·가지치기 등 경량화 기법을 적용하여 스마트 글래스·스마트폰에서 직접 추론이 가능한 온디바이스 처리를 구현해야 한다.
- **자동 맵 업데이트:** 환경 변화를 자동으로 감지하고 lifelong SLAM 기반 증분적 3D 맵 재구성을 도입하여 주기적인 전체 재학습 비용을 절감해야 한다.
- **시각적 중의성 문제 해결:** 지역·전역 특징 결합 하이브리드 접근법이나 시퀀스 기반 위치 추정 기법으로 반복 패턴 환경에서의 오검색 문제를 근본적으로 해결해야 한다.
- **다중 센서 융합:** IMU 등 다중 센서 데이터를 융합하는 VIO 기반 접근법으로 위치 추정 강건성을 향상시켜야 한다.

본 연구에서 제안한 VPS 기반 도서 검색 시스템은 단일 도서관 환경에서 인프라 없이 카메라 영상만으로 실내 위치 추정이 가능함을 실증적으로 검증하였으며, 유사한 반복 패턴 구조를 가진 실내 공간으로의 확장 가능성을 시사한다. 다양한 환경 유형으로의 일반화를 위해서는 환경별 추가 검증이 요구된다. 향후 온디바이스 모델 경량화, lifelong SLAM 기반 자동 맵 업데이트, 다중 센서 융합을 통한 시각적 중의성 근본 해결이 이루어진다면 보다 광범위한 실내 환경에서의 범용적 적용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이고(RS-2023-00251681), 정보통신기획평가원-대학ICT연구센터(ITRC)의 지원(IITP-2026-RS-2023-00259099)과 메타버스융합대학원(RS-2022-00156318)의 지원으로 수행되었음.

〈 저 자 소 개 〉



손 승 현

- 2018 한국공학대학교 미디어디자인공학 공학사
- 2026 서강대학교 메타버스전문대학원
메타버스테크놀로지 전공 공학석사
- 관심분야: 인공지능, 확장현실, 디지털트윈, 로봇
- <https://orcid.org/0009-0009-8691-3479>



박 상 훈

- 1993 서강대학교 수학과 학사
- 1995 서강대학교 컴퓨터학과 석사
- 2000 서강대학교 컴퓨터학과 박사
- 2000 ~ 2002 University of Texas at Austin,
Postdoctoral Research Fellow
- 2002 ~ 2005 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보
통신공학부 조교수
- 2005 ~ 2023 동국대학교 멀티미디어학과 교수
- 2011 University of California, Davis 방문
연구원
- 2023 ~ 현재 서강대학교 가상융합전문대학원
교수
- 관심분야: 실시간 렌더링, 사실적 렌더링, 과학적
가시화, 고성능 컴퓨팅
- <https://orcid.org/0000-0001-5383-7005>