

AR환경에서 정확하고 효율적인 장애물 인지를 위한 DB기반의 특징점 매칭

박정우^o, 김종현^{*}

^o강남대학교 소프트웨어응용학부,

^{*}강남대학교 소프트웨어응용학부

e-mail: jonghyunkim@kangnam.ac.kr

DB-based Feature Point Matching for Accurate and Efficient Obstacle Recognition in AR Environment

Jungwoo Park^o, Jong-Hyun Kim^{*}

^oSchool of Software Application, Kangnam University,

^{*}School of Software Application, Kangnam University

● 요약 ●

본 논문에서는 모바일 기반 AR 환경에서 RGB카메라로부터 얻은 영상 분석과 DB 기반의 특징점 (Feature point) 매칭을 통하여 보다 정확하게 위험 상황을 알려줄 수 있는 프레임워크를 제안한다. 본 논문에서는 RANSAC(Random sample consensus)기반의 다중 평면 방식을 이용한 특징점을 추출하고 분석하여 영상에 존재하는 장애물을 감지한다. RGB카메라로 얻은 영상을 기반으로 장애물을 검출하는 접근법은 영상에 의존하기 때문에 조명에 따른 특징점 검출이 부정확하고, 조명이나 자연광 또는 날씨에 영향을 많이 받기 때문에 어둡거나 흐린 날씨에서는 장애물 검출이 어려워진다. 이 문제를 완화하기 위해 본 논문에서는 DB기반의 특징점 매칭을 통해 조명에 관계없이 장애물을 효율적이고 정확하게 감지한다. 특징점 매칭을 이용하려면 우선 영상에서 특징점이 안정적으로 추출될 수 있는 환경인, 조명이나 자연광이 충분한 환경에서 감지된 장애물 정보를 데이터베이스화 하여 저장한다. 조명이 충분하지 않은 환경에서 사용자가 사전에 저장된 지역에 근접할 경우 특징점 분석이 아닌 DB 기반 특징점 매칭을 통해 위험 요소를 감지한다. 우리의 방법은 조명의 여부의 관계없이 효과적으로 위험을 감지할 수 있기 때문에 다양한 분야에 활용될 수 있다.

키워드: HCI(Human-computer interaction), 모바일 AR(Mobile augmented reality), 장애물 검출(Obstacle detection), DB 검색(Database search), 특징점 매칭(Feature point matching)

I. Introduction

기술의 성장에 따라 혼합현실(Mixed reality, MR) 시장은 지속적으로 성장세를 보이고 있고, 그에 따라 다양한 콘텐츠 산업들이 증가하고 있다. 특히 모바일 디바이스의 발전에 따라 개인 맞춤형 혼합현실은 앞으로 시장의 규모가 커질 것이라고 기대된다. 다양한 혼합현실 플랫폼 중에서도 모바일 AR은 대부분의 사람들이 모바일 디바이스를 휴대하고 있기 때문에 접근성이 좋고, 공간의 제약이 받지 않기 때문에 최근에 가장 활발하게 발전하고 있다[1](Fig 1 참조). 모바일 AR은 공간의 제약이 다른 플랫폼보다 적기 때문에 어디서든 이용할 수 있다는 장점이 있지만, 그에 따라 사용자의 안전성 확보가 중요한 부분으로 평가받고 있다.

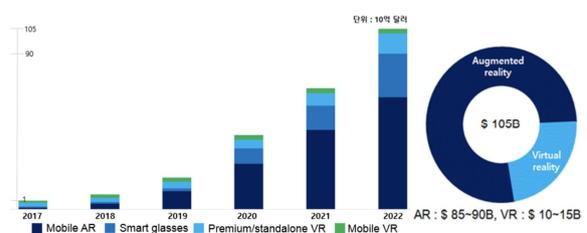


Fig. 1. MR(AR & VR) market size[1].

본 논문에서는 모바일 AR 환경에서 사용자의 안전성 확보를 위한 장애물 탐지 시스템을 제안한다. 모바일 AR 환경에서 사용자의 위치

분석과 객체를 판단하기 위해서는 SLAM(Simultaneous localization and mapping)기반의 공간지도 탐색 기술이 적용된다. SLAM 기반 공간지도 탐색 기술은 다음과 같다: VIO(Visual inertial odometry)와 이미지 특징 분석. VIO를 통해 공간지도를 탐색하고 디바이스 위치와 방향을 활용하여 공간을 분석한다. 이미지 특징 분석을 이용하여 RGB카메라 영상으로부터 물체를 인식한다[2].

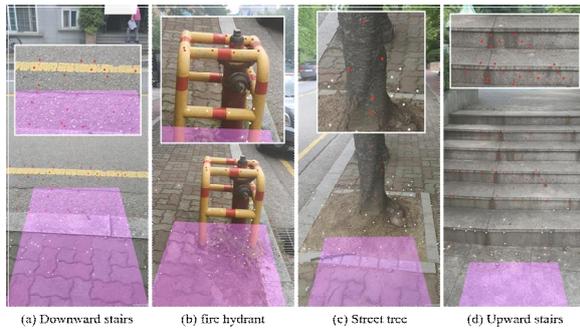


Fig. 2. Previous outdoor environment test with out method (pink : reference plane, red dot : obstacle' s feature points, white dot : reference' s feature points).

Fig. 2에서 보듯이 기준평면(분홍색 평면)을 기준으로 장애물이라고 인식되는 특징점을 분류하였고, 해당 특징점의 개수를 비교하여 현재 프레임에서 장애물 객체의 유무를 판단한다. 이전 연구[2]에서는 RGB카메라의 영상을 기반으로 장애물의 유무를 판단하기 때문에 조명이 충분하지 않은 경우 특징점 파악이 되지 않아 실제로 장애물이 있음에도 파악되지 않는 문제점이 있다 (Fig. 3 참조).

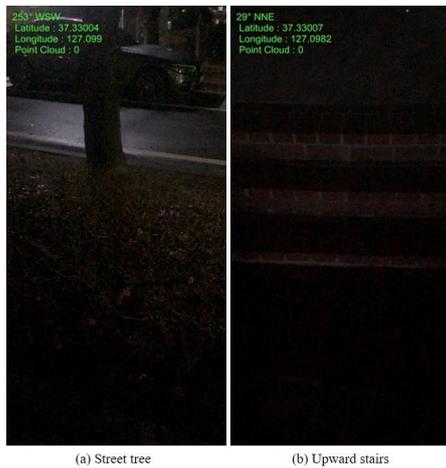


Fig. 3. Unstable feature point detection

본 연구에서는 사용자의 위치와 시야를 고려하여 조명의 영향을 받지 않고 장애물을 효과적으로 탐지할 수 있는 방법을 제시한다. 이를 구현하기 위해 다음과 같은 하위 문제를 해결하여 장애물 탐지 정확도를 개선한다.

- 사용자의 GPS 위치와 시점 추출 및 저장. 현재 영상에서 물체가 감지됐다면 그 때 사용자의 GPS 위치와 시점을 추출하여 데이터베이스에 저장

- 사용자 패턴 분석과 DB 검색 가속화. 사용자의 이동 경로를 예측하여 DB 쿼리 최적화를 통해 빠르고 정확하게 장애물을 찾는 방법

II. The Proposed Scheme

본 논문에서는 조명이 부족한 환경에서 영상의 특징점 분석이 불가능한 경우 DB를 활용하여 장애물을 탐지하는 기법을 제시하며, 장애물 데이터를 추출하고 활용하는 방법은 아래와 같은 순서로 실행된다.

장애물 데이터 추출 및 저장

- 모바일 디바이스의 현재 GPS정보와, 사용자가 바라보는 시점을 저장
- DB 검색 가속화
 - DB 검색을 가속화하기 위해 해시 테이블(Hash table) 형식으로 공간을 분할하고, GPS좌표 기준으로 데이터를 검색
 - 사용자의 이동방향과 바라보는 시점을 고려하여 DB 쿼리를 최적화

1. 사용자의 GPS 위치와 시점 저장

사용자의 GPS 위치와 시점은 모바일 디바이스의 자자기센서(Geomagnetic sensor)를 통해 얻어온다. GPS의 경도와 위도는 소수점 5자리 단위로 표현하여 실제 거리 1~2m의 단위로 나타내도록 하였고, 사용자의 시점은 각도(Degree)형태로 표현한다. Fig. 4보듯이 현재 영상에서 장애물을 탐지하였을 때 현재 사용자의 GPS위치와 시야각을 DB에 저장한다.

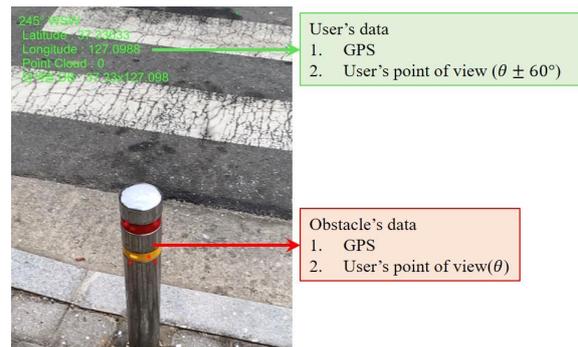


Fig. 4. Dataset of user and obstacle.

2. 사용자의 행동패턴 분석 및 DB검색 가속화

장애물 탐지는 실시간 특징점 분석을 통해 우선적으로 계산되며, 영상 분석이 어려운 경우에는 DB기반 장애물 탐지 방법을 진행한다. 본 논문에서는 파이어베이스(Firebase)의 Firestore함수를 통해 실시간으로 장애물 데이터 전달한다. DB기반 장애물 탐지에 사용되는 GPS 위치는 일정한 주기(1초)로 진행되며 그 때마다 사용자의 GPS 위치와 DB 상의 GPS 위치를 비교한다. 동일한 GPS에서 DB 내에

데이터가 존재한다면 사용자의 시점을 고려하여 진행방향과 동일한 선상에 있는 장애물 데이터를 확인하고 장애물의 유무를 파악한다. 장애물 데이터의 시점은 단일 값이지만 사용자의 시야각을 고려하여 범위를 지정해주어야 한다. 사용자의 시야각은 장애물의 데이터의 시야각과 동일하게 탐색 되는 것이 아닌 현재 사용자의 시야각 θ 가 $\theta \pm 60^\circ$ 범위 안에 장애물 데이터가 있을 경우 탐지되도록 설정하였다 (Fig. 4 참조).

DB 쿼리(Query)는 GPS 위치를 기반으로 요청되며 전체 GPS 범위에서 DB 조건에 맞는 데이터를 찾는 것은 매우 비효율적이기 때문에 해시 테이블처럼 다수의 DB를 세분화하여 데이터를 저장한다 (Fig. 5 참조).

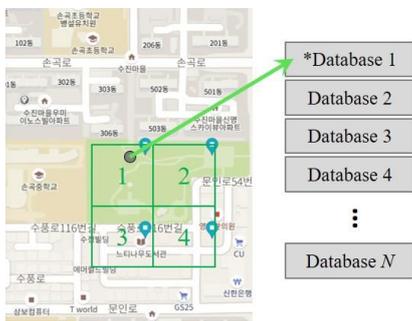


Fig. 5. Database hashing.

하나의 DB를 나타내는 GPS 범위는 GPS 소수점 세자리로 정의했으며, 실제 거리로 약 90m 범위로 각각의 DB가 세분화된다. 즉, 장애물의 GPS 위치가 (37.12323, 127.58585)인 경우, 저장될 DB는 (37.12~37.129, 127.58~127.589)를 모두 포함하는 DB가 된다. 이러한 DB 해싱(Hashing)을 통해 지정된 범위내의 DB만 탐색하도록 하여 쿼리 속도를 최적화한다.

사용자는 고정된 위치가 아니라, 지속적으로 움직이기 때문에 사용자의 이동 방향을 예측하여 DB 탐색을 진행한다. 사용자의 이동 속도를 고려하여 DB에서 쿼리를 탐색할 위치는 다음과 같이 계산된다 (수식 1 참조).

$$p_q = p_t + \frac{p_t - p_{t-\Delta t}}{\Delta t} \quad (1)$$

여기서 p_t 는 GPS의 현재 위치이고, $p_{t-\Delta t}$ 는 GPS의 이전 위치이고 시간간격으로 미분하여 사용자의 속도를 예측한다. 현재 위치인 p_t 와 예측된 속도를 이용하여 쿼리 위치인 p_q 를 통해 DB 검색을 진행한다.

III. Conclusions

본 논문에서는 장애물 탐지의 정확성을 높이기 위해서 DB 기반의 특징점 매칭을 통한 장애물 감지 시스템을 제안하였다.

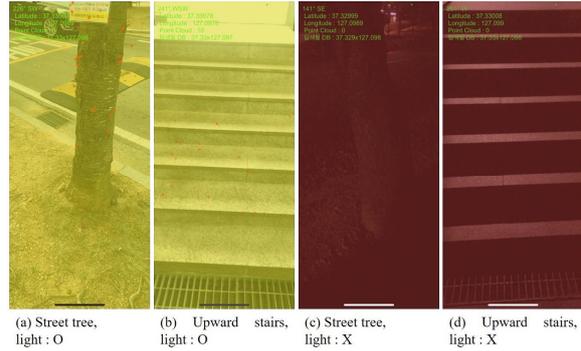


Fig. 6. Outdoor environment test with out method.

Fig. 6a와 6b에서 보듯이 좌측 노란색 영역은 조명이 충분한 경우에서 사전에 장애물을 감지하여 사용자에게 노란색 화면을 통하여 위험 여부를 전달하였다. 오른쪽 빨간색 영역은 조명이 부족하여 특징점이 검출되지 않는 환경에서도 DB기반 장애물 탐지를 통하여 장애물 여부를 사용자에게 인식시킬 수 있는 것을 확인할 수 있다 (Fig. 6c와 6d 참조).

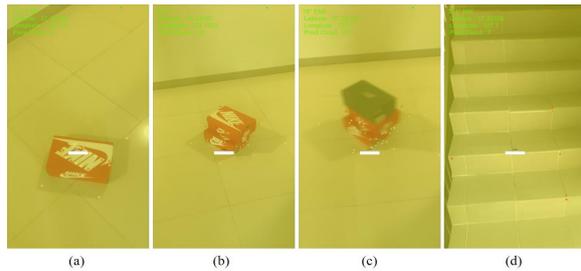


Fig. 7. Box-shaped obstacle detection with our method.

Fig. 7은 아파트 실내에서 박스형태의 장애물을 인지한 결과이다. Fig. 6처럼 온전한 외부가 아닌, 실내에서도 어느 정도 조명만 있다면 안정적으로 장애물을 인지하는 결과를 보였다.

우리의 방법을 적용하더라도 모바일 디바이스에 탑재되어 있는 GPS 센서의 정확도의 문제 때문에, 장소에 따라 오차가 발생하는 경우가 있었다. 향후, DB 매칭이 아닌, 장애물의 형태를 네트워크를 통해 학습시켜, 효율적이고 정확하게 장애물을 탐지하도록 알고리즘을 확장할 예정이다.

REFERENCES

[1] 장영찬, 임종석, 김재현 장영찬, 임종석, 김재현, “가상증강현실(VR/AR) 산업 동향”. 한국통신학회지, Vol. 36, No. 1, 2018.

[2] Jungwoo Park, Hong Ju Yang, Seong Hyeok Moon, Narahim lee, Jong-Hyun Kim. “Mobile AR-based

Obstacle Detection System using RANSAC-based Multi-Planar Method". Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference Vol. 29, No. 2, pp. 601-604, 2021.