온라인 콘텐츠의 부분 이미지 도용 탐지를 위한 특징점 기반의 효율적인 시스템

김다산[1]*, 황병오[1], 이호성[1], 강명주[2]

[1]서울대학교 공과대학 협동과정 인공지능전공, [2]서울대학교 자연과학대학 수리과학부
*dasan0409@snu.ac.kr

A Feature-based Efficient System for Detecting Partial Image Plagiarism of Online Contents

Dasan Kim[1]*, Byeoungoh Hwang [1], Hosung Lee[1] and Myungjoo Kang[2]
[1]Interdisciplinary Program in Artificial Intelligence, Seoul National University,
[2]Department of Mathematical Sciences, Seoul National University

요 약

본 논문은 현재 디지털 콘텐츠 시장에서 겪고 있는 불법 복제물을 탐지하기 위해 SIFT 와 FLANN 을 사용해서 웹툰이나 일러스트 등의 불법 복제물이 cropped 되어있거나 원본에 없던 watermark 가 붙어있어도 정확한 탐지가 가능하도록 모델을 만들었다. 웹툰과 일러스트 dataset 5000 장에 대해 실험을 한 결과, 제안한 모델이 부분적으로 잘려나가거나 watermark 가 붙은 이미지를 높은 정확도로 원본을 식별해내는 성능을 입증하였다.

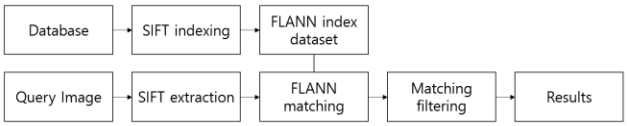
Ⅰ. 서 론

디지털 기술의 발전과 함께 웹툰, 전자책 등 디지털 콘텐츠 시장에서는 스크린 캡처나 원본 콘텐츠의 일부 영역만을 잘라내어(cropping) 해상도를 변경하거나 다른 사진 등을 추가하여 불법으로 유포하는 행위가 많아졌다. 이러한 부분 이미지 기반의 불법 복제물을 탐지하기 위한 기존의 접근법 중 하나인 딥러닝 기반의 이미지 비교 기술은 높은 정확도를 보일 수 있으나, 수만 장에 달하는 학습 데이터를 구축하는 과정이 필요하며, 고사양의 GPU 자원을 요구하고 추론 속도가 느려 실시간 대규모 탐지 시스템에 적용하기에는 한계가 존재한다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해, 고전적이지만 강력한 컴퓨터 비전 기술인 ***SIFT***(Scale-Invariant Feature Transform)[1]와 고속 근사 근접 이웃 탐색 라이브러리인 ***FLANN***(Fast Library for Approximate Nearest Neighbors)[2]을 활용하여 효율적인 불법 복제물 탐지 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 별도의 모델 학습 과정이 필요 없으며, 고사양의 하드웨어 없이도 오프라인&온라인 환경에서 빠르고 안정적으로 동작하는 것을 목표로 한다.

Ⅱ. 제안하는 시스템

본 연구에서 제안하는 부분 이미지 탐지 시스템은 크게 두 단계로 구성된다. 첫 번째는 원본 콘텐츠 데이터베이스의 모든 이미지에 대해 특징점 정보를 미리 추출하고 검색 가능한 구조로 만들어두는 오프라인 **'인덱싱 단계(Indexing Phase)'**이다. 두 번째는 의심되는 복제물 이미지가 입력되었을 때, 저장된 인덱스를 이용해 실시간으로 원본을 찾아내는 온라인 **'질의 및 매칭 단계(Query and Matching Phase)'**이다. 제안하는 시스템의 전체 구조는 [그림 1]과 같다.



[그림 1] SIFT 부분 이미지 탐지 시스템 pipeline

먼저, [그림 1]의 윗줄인 **인덱싱 단계**에서 모든 원본 이미지를 DB 에 넣고, SIFT 알고리즘을 사용해 이미지 내의 안정적인 특징점들과 각각에 해당하는 128 차원의 기술자 벡터를 추출한다. 그 다음 객체가 가진 핵심 속성(좌표, 크기, 각도 등)을 Tuple 형태로 변환한 후 FLANN 라이브러리를 이용해 k-d 트리 기반의 고속 검색 구조를 생성한다.

다음, [그림 1]의 아랫줄인 **질의 및 매칭 단계**에서 사용자가 탐지를 원하는 질의 이미지(예: 온라인 커뮤니티에 올라온 잘려진 이미지)를 입력으로 받는다. 질의 이미지에 대해서도 동일하게 SIFT 를 적용하여 키포인트와 기술자를 추출한다. 그 후, 사전에 생성된 FLANN 인덱스를 이용해, 질의 이미지의 각 기술자와 데이터베이스 전체의 기술자들 간의 k-Nearest Neighbors 탐색을 수행한다. 이때, 후속 필터링을 위해 k=2 로 설정하여 각 질의 기술자마다 가장 유사한 후보 2 개를 찾는다. 이제 찾은 매칭 후보 쌍들에 대해 Lowe 의 비율 테스트[3]를 적용한다. 즉, 가장 유사한 후보(1 순위)와의 거리와 두 번째로 유사한 후보(2 순위)와의 거리 비율을 계산하여, 이 비율이 설정된 임계값보다 낮을 경우에만 신뢰할 수 있는 '좋은 매칭(Good Match)'으로 판단하고 나머지는 폐기한다. 마지막으로 데이터베이스 내의 각 원본 이미지별로 '좋은 매칭'의 개수를 계산한다. 가장 많은 '좋은 매칭'을 기록한 원본 이미지를 질의 이미지의 출처로 최종 판정한다. 단, 신뢰도를 위해 최소 매칭점 개수 임계값을 두어, 이 기준을 넘지 못하면 '출처를 찾을 수 없음'으로 판단하여 오탐지를 방지한다.

Ⅲ. 실험 결과

데이터셋은 디지털 콘텐츠 시장에 초점을 맞춰 웹툰, 일러스트 합계 5000 장으로 만들었다. 한 번의 실험 당 총 100 번의 질의 이미지를 random 으로 만들어 물어보았고, 점수 체계는 억울한 피해자를 만드는 것보다는 원본을 못 찾는 것이 더 낫다고 생각해 100 점 만점으로 올바른 원본을 찾았을 경우 +1 점, 출처를 아예 못 찾았을 경우 0 점, 틀린 원본을 찾았을 경우 -0.5 점을 매겨 합산한 값을 최종 점수로 환산했다.

평균점수	0.7	0.75	0.8
10	97.3	98.7	98.1
15	98.5	**99.1**	98.4
20	96.6	97.3	95.2

[표 1] 10 번 테스트 평균점수. 가로축은 Lowe 의 비율 테스트의 임계값, 세로축은 최소 매칭점 개수 임계값.

[표 1]에서 보다시피 Lowe 의 비율 테스트의 임계값이 0.75, 최소 매칭점 개수 임계값이 15 개 일 때, 가장 좋은 performence 를 보였다.

Ⅳ. 결론

본 연구는 온라인 불법 복제 문제, 특히 원본의 일부를 잘라내어 유포하는 방식의 탐지 어려움에 주목하였다. 기존의 높은 자원을 요구하는 딥러닝 기반 기술의 한계를 극복하고자, 본 논문에서는 고전적이지만 성능이 검증된 컴퓨터 비전 기법인 SIFT 와 FLANN 을 활용하여 효율적이고 실용적인 불법 복제물 탐지 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 별도의 학습 과정 없이 오프라인 인덱싱과 실시간 질의 단계로 구성되어, 하드웨어 제약이 있는 환경에서도 안정적으로 동작할 수 있도록 설계되었다.

자체 구축한 대규모 온라인 콘텐츠 이미지 데이터셋을 대상으로 한 실험을 통해, 제안한 시스템이 부분적으로 잘려나가거나 원본에 없던 watermark 가 붙은 이미지를 높은 정확도로 원본을 식별해내는 성능을 입증하였다. 특히, 매칭 파라미터에 대한 민감도 실험을 통해, 해결하고자 하는 문제 영역에서 최적의 성능을 발휘하는 시스템 구성 요소를 체계적으로 도출하였다. 또한, 오답의 위험성을 반영한 '신뢰도 인지 가중 점수' 체계를 통해 단순 정확도를 넘어 시스템의 실용적 가치를 정량적으로 평가하였다. 최종적으로, 인덱스 파일 캐싱과 FLANN 기반 고속 매칭을 통해 제안 시스템이 실제 환경에 적용될 수 있는 충분한 잠재력을 가지고 있음을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

IITP grant funded by the Korea government(MSIT) [NO.RS-2021-II211343, Artificial Intelligence Graduate School Program (Seoul National University)]

참 고 문 헌

[1] Lowe, D. G. "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," International Journal of Computer Vision, vol. 60, no. 2, pp. 91-110, 2004.

[2] Muja, M., and Lowe, D. G. "Scalable Nearest Neighbor Algorithms for High Dimensional Data," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 36, no. 11, pp. 2227-2240, 2014.

[3] Babenko, A., Slesarev, A., Chigorin, A., and Lempitsky, V. "Neural-Codes for Image Retrieval," Proceedings of the 13th European Conference on Computer Vision, pp. 584-599, 2014.