

클라우드 기반 디지털 콘텐츠 불법 복제 및 변형 유형 판별 방법

이자은¹, 이종호¹, 김지훈¹, 신용태²

¹송실대학교 컴퓨터학과

²송실대학교 컴퓨터학부

lhsgsse10@soongsil.ac.kr, leejongho@soongsil.ac.kr, jihunthank@soongsil.ac.kr, shin@ssu.ac.kr

A Cloud-Based Method for Digital Content Piracy Determination and Transformation Type Identification

Ji-Eun Lee¹, Jong-Ho Lee¹, Ji-Hun Kim¹, Yong-Tae Shin²

¹Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University

²School of Computer Science and Engineering, Soongsil University

요약

최근 영상 콘텐츠 플랫폼 산업은 코로나 19(Convid-19)로 인한 비대면 소비 환경 변화에 힘입어 영화, 드라마, 방송프로그램 등이 인터넷망을 기반으로 송출되는 OTT 중심의 시대로 발전하고 있다. 이에 따른 스트리밍 서비스 확산은 다양한 저작권 보호 문제를 야기하고 있으며, 특히 콘텐츠 불법 복제 문제는 온라인 콘텐츠 서비스 제공에 있어 심각한 문제로 대두되고 있다. 이에 본 논문에서 제안하는 클라우드 기반 디지털 콘텐츠 불법 복제 및 변형 유형 판별 방법을 통해 불법 복제 판별 정확도 및 저작권 관리의 효율성을 높이고자 한다.

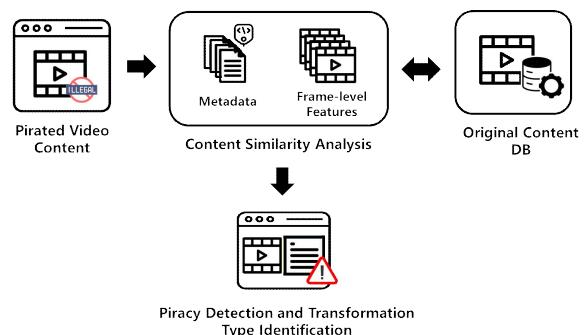
1. 서론

최근 영상 콘텐츠 플랫폼 산업은 코로나 19(Convid-19)로 인한 비대면 소비 환경 변화에 힘입어 영화, 드라마, 방송프로그램 등이 기존 전파 방식이 아닌 인터넷망을 기반으로 다양한 디바이스를 통해 송출되는 OTT(Over The Top) 중심의 시대로 발전하고 있다[1-2]. 삼정 KPMG의 보고서에 따르면 글로벌 시장 조사기관 MarketsandMarkets의 글로벌 영상 플랫폼 시장은 2024년 132억 달러 규모에서 2028년 256억 달러에 이를 것으로 예측했다[2]. 이러한 영상 콘텐츠 플랫폼 성장에 따른 스트리밍 서비스 확산은 여러 저작권 보호 문제를 야기하고 있으며, 특히 콘텐츠의 불법 복제는 온라인 콘텐츠 서비스 제공에 있어 심각한 문제로 대두되고 있다. 문화체육관광부는 콘텐츠의 불법 유통으로 인한 피해액을 2021년 기준으로 연간 약 27조원으로 추정하였다[3]. OTT 제공자들은 디지털 저작권 관리(DRM)와 워터마킹 기술과 같은 저작권 보호 기술을 통해 콘텐츠 보호를 강화하고 있으나, 불법 복제자들은 AI 기술을 활용하여 콘텐츠를 변형하여 업로드하는 방식으로 보호 시스템을 우회하고 있다. 이처럼 AI를 이용한 정교한 변형은 저작권자나 플랫폼 입장에서 식별하기 어렵고, 기존의 단순 해시

비교 방식만으로는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 변형된 영상을 포함한 디지털 콘텐츠 불법 복제 및 변형 유형 자동 판별 방법을 제안하고, 클라우드 웹 대시보드 연동을 통한 실시간 접근 용이성 및 저작권 관리의 효율성을 높이고자 한다.

2. 디지털 콘텐츠 불법 복제 및 변형 유형 판별 방법

본 논문에서 제안하는 디지털 콘텐츠 불법 복제 및 변형 유형 판별 방법은 메타데이터와 프레임 고유 특징 정보를 통해 다양한 형태로 변형된 영상이 원본과 동일 콘텐츠인지 여부를 판별하고, 변형 유형을 식별하도록 구성되며 다음 그림 1과 같다.



(그림 1) 디지털 콘텐츠 불법 복제 및 변형 유형 판별 방법

2.1 전처리 및 프레임 추출

원본 영상과 불법 복제 및 변형 의심 영상에서 초단위의 프레임을 추출한다. 이렇게 추출된 프레임은 HSV 히스토그램 비교를 통해 유사한 경우 중복된 프레임을 제거함으로써 처리 부하를 줄인다.

2.2 특징점 추출 및 매칭

위 과정을 통해 추출된 각 프레임에 대해 특징점 추출 알고리즘을 적용하여 특징점(Feature Point)과 디스크립터(Descriptors)를 추출한 뒤, BFMatcher을 활용하여 두 프레임 간의 특징점 매칭을 수행한다. 이후 특징점 매칭 결과를 후처리하는 과정으로 SIFT[4]에서 제안한 Good Match 방식을 적용하여, 가장 좋은 매칭과 두 번째로 좋은 매칭 간 거리 비율의 임계값을 통해 필터링한다.

2.3 유사도 계산 및 불법 복제 여부 판별

본 논문에서는 제안하는 방법에서는 메타데이터 비교와 원본 프레임과 불법 복제 및 변형 의심 프레임 간의 유사도를 세 가지 지표를 통해 정량적으로 평가하고, 불법 복제 여부를 종합 판별한다.

2.3.1 메타데이터 비교

웹 서버에서 제공하는 API를 통해 영상의 메타데이터를 추출하고, 추출된 메타데이터는 JSON 형태로 변환하여 이를 DB(예: MongoDB 등)에 저장하고, 비교한다. 메타데이터는 다음 표 1과 같은 항목들을 포함한다.

<표 1> 메타데이터 항목

항목명	설명
Video ID	영상 식별자
Title	제목
Days	방송 날짜
Description	설명
Category ID	장르
Codec	코덱 유형
Resolution	해상도
Duration	영상 길이
etc.	추가 메타데이터

2.3.2 프레임 간 유사도 평가

원본 프레임과 불법 복제 및 변형 의심 프레임 간의 유사도를 평가하기 위해 Original Feature Point

Recall, Match Precision, Structural Similarity Index Measure (SSIM)[5] 세 가지 지표를 활용한다.

Original Feature Point Recall은 원본 프레임의 특정점이 불법 복제 및 변형 의심 프레임에서 어느 정도 재현되었는지 평가하는 지표이며, 식 1과 같이 정의한다.

$$\text{Original Feature Point Recall} = \frac{\text{circleCount}}{\text{OrgcircleCount}} \times 100.0 \quad (\text{식 } 1)$$

*OrgcircleCount*는 원본 프레임의 전체 특징점 수를 의미하고, *circleCount*는 원본 프레임에서 추출된 특징점들 중 실제로 매칭 후보로 연결된 점들의 수를 의미한다. Orginal Feature Point Recall 값이 클수록 두 영상이 유사함을 의미한다.

Match Precision은 원본 프레임과 불법 복제 및 변형 의심 프레임 간의 매칭 정확도를 측정하기 위한 지표이며, 식 2와 같이 정의한다.

$$\text{Match Precision} = \frac{\text{len(good matches)}}{\text{len(knn matches)}} \times 100.0 \quad (\text{식 } 2)$$

*len(knn matches)*는 특징점 매칭으로 얻은 전체 매칭 후보 쌍의 개수를 의미하고, *len(good matches)*는 필터링을 통과한 유효 매칭의 개수를 의미한다. Match Precision 값이 클수록 두 영상이 유사함을 의미한다.

SSIM은 원본 프레임과 불법 복제 및 변형 의심 프레임 간의 구조적 유사도를 평가하기 위한 지표이며, 식 3과 같다.

$$\text{SSIM}(I_o, I_p) = \frac{(2\mu_{I_o}\mu_{I_p} + C_1)(2\sigma_{I_o, I_p} + C_2)}{(\mu_{I_o}^2 + \mu_{I_p}^2 + C_1)(\sigma_{I_o}^2 + \sigma_{I_p}^2 + C_2)} \quad (\text{식 } 3)$$

I_o 는 원본 프레임, I_p 는 불법 복제 의심 프레임을 의미하며, μ_{I_o} 와 μ_{I_p} 는 각 프레임의 평균 밝기, $\sigma_{I_o}^2$ 와 $\sigma_{I_p}^2$ 은 각 프레임의 분산, σ_{I_o, I_p} 는 두 프레임 간 공분산을 나타내고, C_1 , C_2 는 분모가 0이 되는 것을 방지하기 위한 작은 상수를 의미한다. SSIM 값이 1에 가까울수록 두 영상이 유사함을 나타낸다.

위 세 가지 지표를 모두 측정한 후 특정 임계값에 만족하면 원본과 유사하다고 최종 판별한다.

<표 2> 변형 유형에 따른 식별 방식 및 지표 요약

CASE	변형 유형	색상/흑백	주요 식별 방식 및 지표
1	변형 없음	색상	RGB Histogram, HSV Histogram
2	흑백 변환	흑백	RGB Histogram
3	각도 회전	색상/흑백	Homography
4	반전	색상/흑백	Homography
5	밝기 변화	색상/흑백	HSV Histogram
6	해상도 변환	색상/흑백	Homography
7	로고 삽입	색상/흑백	ROI
etc.			

2.4 변형 유형 식별

2.3 과정을 통해 원본 콘텐츠와 유사하다고 판별되면 변형 유형에 대해 각종 특성치를 비교 분석하여 어떤 형태로 변형되었는지 추론 및 식별한다. 변형 유형 항목에 따른 식별 방식 및 지표 요약 예시는 표 2와 같다.

2.5 클라우드 기반 웹 대시보드 연동

2.1~2.4 과정을 거쳐 산출된 모든 지표와 불법 복제 및 변형 유형 판별 결과는 JSON 파일 형식으로 DB(예: MongoDB 등)에 저장 및 관리한다. 이렇게 저장된 데이터는 클라우드 환경 웹 서버를 통해 접근 가능하며, 사용자는 해당 웹 대시보드를 통해 실시간으로 확인하여 관리할 수 있다.

3. 결론

최근 영상 콘텐츠 플랫폼 산업 성장에 따른 스트리밍 서비스 확산은 다양한 저작권 보호 문제를 야기하고 있으며, 특히 콘텐츠 불법 복제는 온라인 콘텐츠 서비스 제공에 있어 심각한 문제로 대두되고 있다. 이에 다양한 저작권 보호 기술을 통해 콘텐츠 보호를 강화하고 있으나, 이를 회피하기 위해 불법 복제자들은 AI 기술을 활용한 변형된 콘텐츠 영상을 업로드하는 사례가 증가하고 있다. 이러한 정교한 변형은 기존의 단순 해시 비교 방식만으로는 탐지하는데 한계가 존재한다. 이에 본 논문에서는 변형된 영상을 포함한 디지털 콘텐츠 불법 복제 영상을 효율적인 판별 및 변형 유형 식별을 위한 방법을 제안하였다. 본 논문에서는 메타데이터 비교뿐만 아니라 프레임 고유 특징 정보 비교를 통해 판별 정확도를 높이고, 프레임 추출 및 중복 제거 과정을 통한 처리 부하 최소화, 다양한 식별 방식 및 지표를

통한 변형 유형 식별 방법을 구체적으로 제시하였다. 또한 해당 과정의 결과를 클라우드 기반 웹 대시보드와 연동하여 제공함으로써 실시간 접근 용이성 및 저작권 관리의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

“이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-대학ICT연구센터(ITRC)의 지원을 받아 수행된 연구임 (IITP-2025-RS-2020-II201602)”

참고문헌

- [1] C. S. Kim, Copyright Infringement Issue Report: Status of YouTube Fast Movie Channels and Copyright Infringement, Korea, Korea Copyright Protection Agency, 2023.
- [2] KPMG, A New Change in OTT-Driven Video Platform Industry, Korea, KPMG, 2024.
- [3] Up to 3 billion compensation will be given to internal reporters of ‘illegal videos and webtoons’. (2023, October 17). Retrieved from <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148921433>. [Accessed: April. 10, 2025]
- [4] D. G. Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant keypoints”, International Journal of Computer Vision, 60(2), 91–110, 2004.
- [5] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, and E. P. Simoncelli, “Image quality assessment: from error visibility to structural similarity”, IEEE Transactions on Image Processing, 13(4), 600–612, 2004.