

실감형 360도 영상 특징점 기술 강인성 지표에 관한 연구

A Study on Fingerprinting Robustness Indicators for Immersive 360-degree Video

김 영 모*, 박 병 찬*, 장 세 영*, 유 인 재*, 이 재 칭*, 김 석 윤*

Youngmo Kim*, Byeongchan Park*, Seyoung Jang*, Injae Yoo**, Jaechung Lee**, Seok-Yoon Kim*

Abstract

In this paper, we propose a set of robustness indicators for immersive 360-degree video. With the full-fledged service of mobile carriers' 5G networks, it is possible to use large-capacity, immersive 360-degree videos at high speed anytime, anywhere. Since it can be illegally distributed in web-hard and torrents through DRM dismantling and various video modifications, however, evaluation indicators that can objectively evaluate the filtering performance for copyright protection are required. In this paper, a robustness indicators is proposed that applies the existing 2D Video robustness indicators and considers the projection method and reproduction method, which are the characteristics of Immersive 360-degree Video. The performance evaluation experiment has been carried out for a sample filtering system and it is verified that an excellent recognition rate of 95% or more has been achieved in about 3 second execution time.

요 약

본 논문에서는 실감형 360도 영상의 특징점 기술의 강인성 지표를 제안한다. 이동통신사의 5G 서비스가 본격적으로 서비스됨에 따라 언제 어디서든지 대용량의 실감형 360도 영상저작물을 빠른 속도로 이용할 수 있게 되었다. 그러나 DRM 해제 및 각종 영상 변형을 통해 웹하드, 토렌트 등에서 불법 유통되고 있어 저작권 보호를 위한 강인성이 지원되는 필터링 기술이 요구되고 있다. 본 논문에서는 기존 2D 영상의 강인성 지표를 응용하고 실감형 360도 영상저작물의 특징인 투영방법 및 재생 방법을 고려한 강인성 지표를 제안하였다. 본 제안을 샘플 필터링 시스템에 대하여 적용하여 성능평가를 실시하였고 약 3초대의 실행시간에서 95% 이상의 우수한 인식률을 확인하였다.

Key words : Immersive 360-degree Content, Copyright Protection, Filtering, Robustness Indicators, Performance Evaluation

* Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University

** Research Institute, Beyondtech Inc.

★ Corresponding author

E-mail : ksy@ssu.ac.kr, Tel : +82-2-813-0682

※ Acknowledgment

This research project supported by Ministry of Culture, Sport and Tourism(MCST) and Korea Copyright Commission in 2020(2018-360_DRM-9500).

Manuscript received Aug. 31, 2020; revised Sep. 10, 2020; accepted Sep. 11, 2020.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

최근 5G 서비스가 본격적으로 시작됨에 따라 실감형 콘텐츠가 이동통신사의 미디어 플랫폼을 통해 서비스되고 있다[1]. 실감형 기술은 4차산업의 주요 핵심 기술로 엔터테인먼트 분야뿐만 아니라 경제사회 전반의 혁신 도구로 활용되어 새로운 부가가치를 창출할 수 있는 기술로 평가 받고 있다. 공공서비스, 산업, 과학기술 분야 등 대규모 프로젝트 추진으로 콘텐츠의 생산액은 17년 1.2조원에서 23년에는 20조원이라는 높은 성장률을 예측되고 있다[2, 3]. 이러한 실감형 콘텐츠는 본격적으로 시

장에 유통됨에 따라 DRM 해체와 각종 영상 변형 등으로 웹하드, 토렌트 등에서 불법 유통되고 있다 [4, 5]. 이에 따라 저작권 보호를 위해 개인 저작자 또는 유통 사업자가 실감형 360도 영상저작물을 저작하거나 업로드할 때, 등록된 특징점 데이터를 기반으로 변형에 강인하고 질의 영상에 대한 권리관리정보의 저작권 침해 및 이용 여부를 검증하기 위한 기술이 필요하게 되었다. 기존 2D 영상저작물에 적용된 특징점 기반 인식기술에 대한 강인성 지표 [6]를 응용하여 실감형 360도 영상저작물의 특징점 기반 인식기술에 대한 강인성 지표를 도출한다. 실감형 360도 영상저작물의 특징점 기반 인식기술에 대한 강화 알고리즘으로 영상에 대한 회전(Rotation), 크기변환(Scaling), 평행이동(Translation) 등의 기하학적 변형과 영상 인코딩 방식 변경에도 강인한 실감형 360도 영상 필터링 기술을 위한 강인성 지표를 제안한다.

본 논문의 구성으로 2절에서는 한국저작권위원회의 2D 영상 강인성 지표를 기술한다. 3절에서는 2절의 2D 강인성 지표를 응용하여 실감형 360도 영상저작물의 강인성 지표를 도출하고 4절에서 실험 및 결과로 검증하며, 5절에서 결론으로 마무리한다.

II. 2D Video's Robustness Indicators

한국저작권위원회에서는 특징기반 필터링 기술 업체의 웹하드, P2P 등을 통해 유통되는 불법콘텐츠를 차단할 수 있도록 기술 수준을 평가하는 성능평가 서비스를 제공[7]하고 있다. 강인성 지표는 디지털 비디오 콘텐츠가 다양하게 변형된 후에서 원본과 유사한 특징정보를 추출할 수 있어야 하는데, 이러한 강인성을 평가하기 위한 비디오 콘텐츠의 왜곡(변형)의 종류는 Table 1과 같다.

(1) 로고/자막 삽입

비디오 콘텐츠의 하단 부분에 자막이나 상단 부분에 로고가 삽입되어 원본 콘텐츠에 변형이 가해진 상태를 말하며, 구체적인 변형 방법과 강도는 다음과 같다.

- 비디오 화면 면적의 30%에 해당하는 부분에 자막/로고 삽입 : 강
- 비디오 화면 면적에 20%에 해당하는 부분에

자막/로고 삽입 : 중

- 비디오 화면 면적에 10%에 해당하는 부분에 자막/로고 삽입 : 하
- 명조체 폰트 기준으로 폰트 사이즈 20 삽입
- 명조체 폰트 기준으로 폰트 사이즈 16 삽입
- 명조체 폰트 기준으로 폰트 사이즈 12 삽입

(2) 압축 및 코덱 지원

비디오 콘텐츠를 저해상도, 고압축률로 변형하는 것을 의미하며 구체적인 변형 방법은 다음과 같다.

- MPEG-4/AVC, MPEG-2, Xvid, RM, WMV 코덱에 대하여 디코더 지원 여부를 확인
- 각 코덱에 대하여 Divx 700/512/256/128 Kbps 로 압축

(3) 해상도 변화

비디오 콘텐츠의 공간적 크기를 축소하는 변형을 의미하며, 구체적인 변형 방법은 다음과 같다.

- SD급 해상도에서 CIF급 해상도로 변환
- SD급 해상도에서 QCIF급 해상도로 변환

(4) 프레임률 변화

비디오 콘텐츠를 구상하는 프레임 수를 감소시키는 변형을 의미하며, 구체적인 변형 방법은 다음과 같다.

- 27fps 이상인 비디오를 5fps로 변환
- 27fps 이상인 비디오를 10fps로 변환
- 27fps 이상인 비디오를 20fps로 변환

(5) 카메라 캡처

LCD TV를 통해 나타나는 비디오 화면을 디지털 카메라(캠코더)로 녹화하는 변형을 의미하며, 구체적인 변형 방법은 다음과 같다. Full-HD 급 LCD TV의 화면에 출력되는 비디오를 디지털 카메라(캠코더)로 녹화한 후 CIF급 또는 VGA급으로 각각 저장한다.

- 캡처한 후 VGA급으로 저장
- 캡처한 후 CIF급으로 저장

(6) 회전

비디오 콘텐츠를 회전하여 변형하는 것을 의미하며, 구체적인 변형방법은 다음과 같다.

- 90도 회전

Table 1. 2D Video's Robustness Indicators.

표 1. 2D 영상의 강인성 지표

Evaluation Item	Parameta		
Logo Insert	100% Opacity		
Caption Insert	Font Size 12		
	Font Size 16		
	Font Size 20		
Severe Compression	Divx 512 Kbps		
	Divx 700 Kbps		
Codec Change	H.264/MPEG-4 AVC		
	Xvid		
	WMV		
Aspect Ratio Change	16:9 → 4:3(Top and Bottom Black and White Processing)		
	4:3 → 16:9(Right and Left Black and White Processing)		
Resolution Change	320*240(QVGA)		
	640*480(VGA)		
	800*480		
Frame-rate Reduction	20 fps		
Rotation	90° Rotation		
	180° Rotation		
	270°(-90°) Rotation		
Flip	Flip Horizontally		
	Flip Vertically		
Color to Monochrome Conversion	$I=0.299xR+0.587xG+0.114xB$		
Brighthness Change	+18		
	+9		
	-9		
	-18		
Contrast Change	Contrast(120%)		
	Contrast(80%)		
Multi-Transformation	Severe Compression (Divx, 512kbps)	Codec Change (H.264/MPEG-4 AVC)	
		Codec Change (Xvid)	
		Codec Change (WMV)	
	Severe Compression (Divx, 700kbps)	Codec Change (H.264/MPEG-4 AVC)	
		Codec Change (Xvid)	
		Codec Change (WMV)	
Etc	Zip Compression (Original 3-Minute Content)		
	Zip Compression (Double Compression)		
	EGG Compression		
	exe Compression		
	exe Compression + Zip Compression		

- 180도 회전
- 270(-90) 회전

(7) 반전

비디오 콘텐츠를 상·하, 좌·우 반전하여 변형하는 것을 의미하며, 구체적인 변형방법은 다음과 같다.

- 수평 반전
- 수직 반전

(8) 흑백 변환

컬러 비디오 콘텐츠를 흑백으로 바꾸는 변형을 의미하며, 구체적인 변형 방법은 다음 같은 무손실 컬러 변환 공식을 따른다.

$$I=0.299xR+0.587xG+0.114xB$$

(9) 밝기 변화

비디오 콘텐츠를 구성하는 각 픽셀의 밝기값을 변형하는 것을 의미하며, 구체적인 변형 방법과 강도는 다음과 같다.

- 각 픽셀의 밝기 값을 +36 변형 : 강
- 각 픽셀의 밝기 값을 +18 변형 : 중
- 각 픽셀의 밝기 값을 +9 변형 : 약
- 각 픽셀의 밝기 값을 -36 변형 : 강
- 각 픽셀의 밝기 값을 -18 변형 : 중
- 각 픽셀의 밝기 값을 -9 변형 : 약

(10) 대조

비디오 콘텐츠에서 물체와 배경을 구별할 수 있게 만들어 주는 시각적인 특성의 차이인 물체의 색과 밝기의 차이를 변형하는 것을 의미하며, 구체적인 변형 강도는 다음과 같다.

- Contrast 120%
- Contrast 80%

III. Immersive 360-degree Video Filtering Robustness Indicators

1. Utilizing Legacy Robustness Indicators for Immersive 360-degree Video Roustness Indicators

기존 2D 영상의 강인성 지표를 응용하여 실감형 360도 영상의 강인성 지표를 적용하기 위한 기준을 제안하며 Table 2의 1번에서 14번의 내용과 같다.

(1) 로고 삽입

360도 영상저작물에서는 영상의 스티칭 되면서 상·하단 지점에 왜곡이 발생하므로 로고를 삽입하여 왜곡된 부분을 숨기는 형태를 가진다. 데이터셋으로 수집한 대부분의 영상에서 영상의 상·하단에 로고가 삽입되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 영상 상·하단의 로고 삽입을 강인성 항목으로 선정하였다.

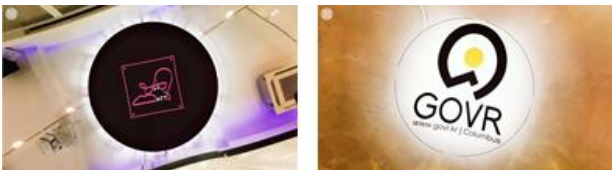


Fig. 1. Logo Insert Example.
그림 1. 로고 삽입의 예

(2) 자막 삽입

360도 영상저작물에서는 전방위에 텍스트를 삽입하여 자막효과를 볼 수 있으나 사용자의 시야각을 벗어난 자막은 크게 효과가 없을 것으로 판단된다. 하지만 사용자의 시야각을 따라 다니는 자막의 생성 등은 OMAF(Omnidirectional Media Format)에서 표준화를 진행하고 있기 때문에 사용자의 시야를 침범하지 않는 범위 내에서 자막이 삽입될 것으로 예상된다. 이에 따라 자막 삽입을 강인성 항목으로 선정하였다.

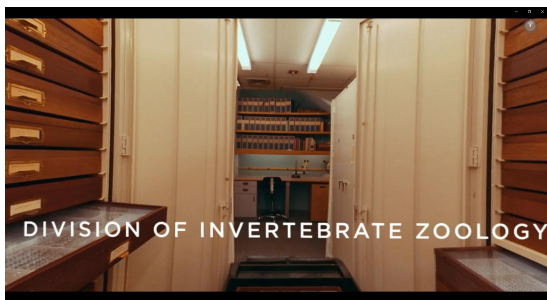


Fig. 2. Subtitle Conversion.
그림 2. 자막 변형

(3) 영상 압축

기본적인 공격 패턴으로 영상의 압축률을 저장하여 공격하는 패턴으로 강인성 항목으로 선정하였다.

(4) 코덱 변환

현재 이용되고 있는 360도 영상저작물의 코덱은

H.264, H.265(HEVC)가 일반적이다. 상호 간의 변형에 따라 프레임이 변형되는 형태가 있기 때문에 주목해야 할 변형으로 강인성 항목으로 선정하였다.

(5) 화면비율 변환

360도 영상저작물은 데이터셋 수집과정에서 확인한 결과로 16:9의 비율과 2:1의 비율로 제작된다. 기본적인 공격 패턴으로 영상의 화면 비율을 변환하여 공격하는 패턴으로 강인성 항목으로 선정하였다.

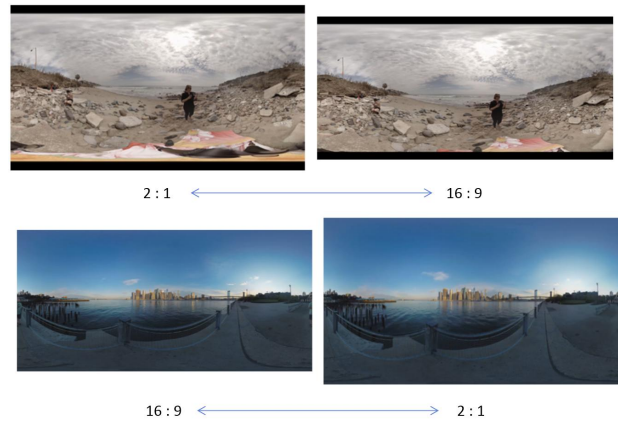


Fig. 3. Aspect Ratio Conversion.
그림 3. 화면비율 전환

(6) 해상도 변환

영상의 해상도를 변환하여 공격하는 기본적인 공격 패턴으로 강인성 항목으로 선정하였다.



Fig. 4. Resolution Conversion.
그림 4. 해상도 변환

(7) 프레임 비율 감소

360도 영상저작물 제작 시 멀미 현상이나 비현실감을 줄이기 위하여 프레임 비율은 30~60프레임의 고 프레임으로 제작된다. 고 프레임으로 제작된 영상을 프레임을 저하하더라도 재생에는 문제가 없기 때문에 프레임 감소를 강인성 항목으로 선정하였다.

Table 2. 360-degree Video Robustness Indicators.

표 2. 360도 영상 강인성 지표

No	Evaluation Item	Apply	Parameter	Remark
1	Logo Insert	Change	Top, Bottom	360-degree Video Apply Logo Insert Pattern
2	Caption Insert	Available	-	-
3	Severe Compression	Change	-	-
4	Codec Compression	Change	H.264 (MPEG-4 AVC)	Apply 360-degree Codec
			H.265(HEVC)	
5	Aspect Ratio Change	Change	16:9 <-> 2:1	-
6	Resolution Change	Change	SD (640*360)	Apply 360-degree Resolution (YouTube, Vimeo, Upload Based)
			720P HD (1280*720)	
			1080P HD (1920*1080)	
			4K UHD (3840*1920)	
			4K Monoscopic (4096*2048)	
7	Frame-rate Reduction	Available	20 fps	-
8	Rotation	Change	180° Rotation	90°, 270° Video Cannot Be Played
9	Flip	Available	-	-
10	Color to Monochrome Conversion	Available	-	-
11	Brightness Change	Available	-	-
12	Contrast Change	Available	-	-
13	Multi-transformation	Available	-	-
14	Etc	Available	-	-
15	Projection Conversion	New	Cube Map -> ERP	Projection Conversion
			ERP -> Cube Map	
16	Monoscopic Cropping	New	Location: 0°, Viewing Angle:120°*90°	Partial Video
			Location: 90°, Viewing Angle:120°*90°	
			Location: 180°, Viewing Angle:120°*90°	
			Location: 270°, Viewing Angle:120°*90°	
17	Stereoscopic Cropping	New	Location: 0°, Viewing Angle:120°*90°	Partial Video
			Location: 90°, Viewing Angle:120°*90°	
			Location: 180°, Viewing Angle:120°*90°	
			Location: 270°, Viewing Angle:120°*90°	
18	Move The Base Point	New		Move The Base Point

(8) 회전

360도 영상저작물은 재생 시 구형으로 렌더링 되어 재생된다. 이 때문에 90도, 270도의 회전은 영상을 재생할 수 없으며, 180도의 회전은 디바이스의 설정 변경으로 재생이 가능하기 때문에 180도 회전에 대하여 강인성 항목으로 선정하였다.

(9) 반전

상하/좌우 반전은 영상의 비율이나 회전을 하는 것이 아닌 반전의 효과만을 제공한다. 앞에서 설명한 180도 회결과 마찬가지로 간단한 디바이스 설정 변경으로 정상적인 영상 재생이 가능하기 때문에 상하/좌우 반전에 대하여 강인성 항목으로 선정하였다.

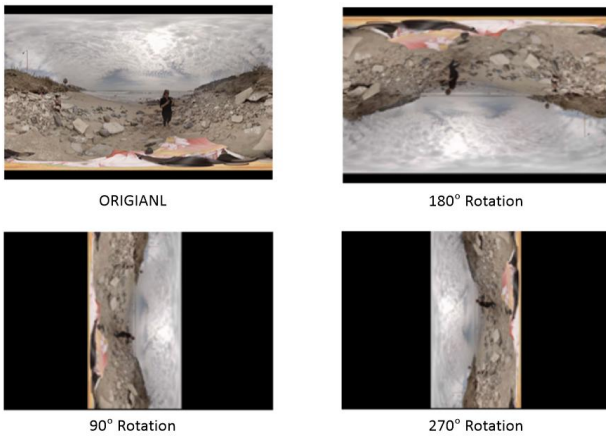


Fig. 5. Rotation Conversion.

그림 5. 회전 변환

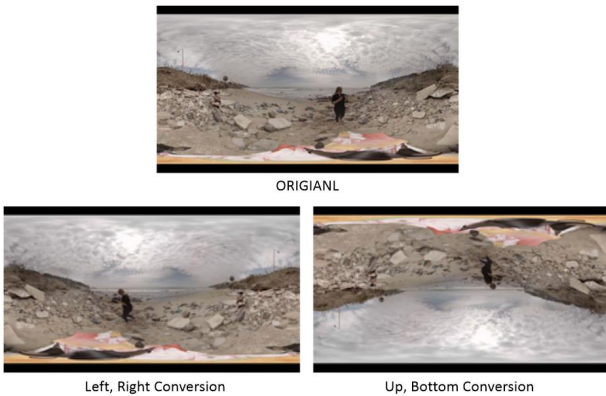


Fig. 6. Reverse Conversion.

그림 6. 회전 변환

(10) 흑백 변환

영상을 흑백으로 변환하여 공격하는 기본적인 공격 패턴으로 강인성 항목으로 선정하였다.



Fig. 7. Black and White Conversion.

그림 7. 흑백 변환

(11) 밝기 변환

영상의 밝기를 변환하여 공격하는 기본적인 공격

패턴으로 강인성 항목으로 선정하였다.

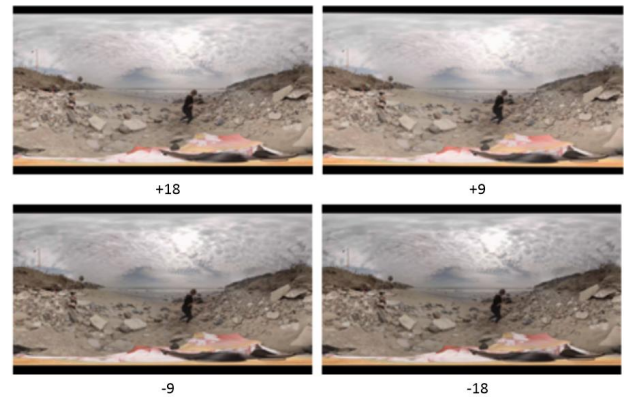


Fig. 8. Brightness Conversion.

그림 8. 밝기 변환

(12) 대조 효과 변환

영상에 대조 효과를 변환하여 공격하는 기본적인 공격 패턴으로 강인성 항목으로 선정하였다.



Fig. 9. Contract Conversion.

그림 9. 대조 변환

(13) 복합 변환

360도 영상저작물에 압축변경과 코덱 변경 자막 삽입을 통하여 복합적인 변형이 가능하다. 변형을 가하여 정상적인 재생 및 시청이 가능하기 때문에 강인성 항목으로 선정하였다.

(14) 기타

기본적인 압축에 관한 부분으로 강인성 항목으로 선정하였다.

2. Robustness Indicators for Immersive 360-degree Video

실감형 360도 영상의 특징[8-11] 중 하나인 투영 법과 실감형 360도 영상의 재생 방법 중 모노스코 픽과 스테레오스코픽을 고려한 신규 강인성 지표를 제안하며 Table 2의 15번에서 18번의 내용과 같다.

(1) 투영법 변환

360도 영상저작물의 대표적인 투영 방식인 Equi-rectangular Projection과 Cube Map Projection의 상호변환 과정에서 발생할 수 있는 공격을 필터링 하기 위한 지표이며, 실감형 360도 영상의 특징에 따라 강인성 지표로 선정하였다.

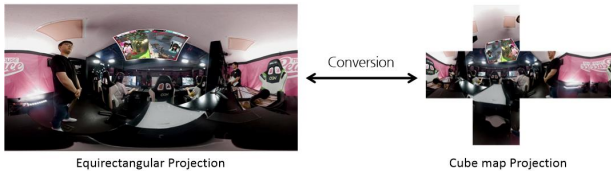


Fig. 10. Projection Conversion.
그림 10. 투영법 변환

(2) Monoscopic Cropping(360도 부분 영상)

360도 영상의 일부분을 녹화하여 2D 형태로 가공하는 공격에 대하여 필터링하기 위한 지표이다. 예를 들어 360도 영상 중 아이돌 뮤직비디오와 같은 영상에서 한 방향에 시점을 고정하여 촬영하였을 때의 원본 진위 여부를 판별하기 위한 강인성 지표로 설정하였다. 360도 영상에서 비교적 왜곡이 적은 중앙 부분을 시야각 120°*90°로 설정하고 360°에 대하여 강인하게 적용하였다.

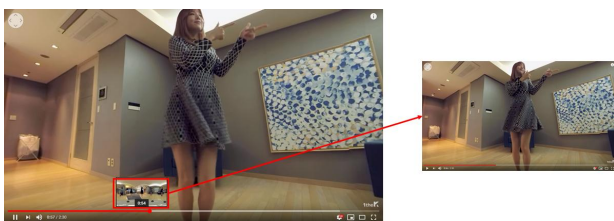


Fig. 11. Monoscopic Cropping.
그림 11. 모노스코픽 크로핑

(3) Stereoscopic Cropping(360도 부분 영상)

360도 영상의 일부분을 녹화하여 360도 영상의 형태로 가공하는 공격에 대하여 필터링하기 위한 지표이다. 360도 영상 중 아이돌 뮤직비디오와 같은 영상에서 한 방향에 시점을 고정해 놓고 촬영하였을 때의 원본 진위 여부를 판별하기 위한 지표로 설정하였다. 360도 영상에서 비교적 왜곡이 적은 중앙 부분은 시야각 120°*90°로 설정하고 360°에 대하여 강인하게 적용하였다.



Fig. 12. Stereoscopic Cropping.
그림 12. 스테레오 크로핑

(4) 기본 시점 이동

360도 영상에서 영상의 기준이 되는 시점 정보를 변경하는 공격에 대하여 필터링하기 위한 지표이다. 기준 시점을 변경하였을 경우 원본 영상에서 추출된 프레임과 다른 시점에서의 프레임이 추출되기 때문에 추출된 특징정보의 좌표가 달라지게 되어 오인식될 확률이 높아지게 된다. 이렇게 영상에 변형 공격을 가하게 되더라도 실제 영상 시청에서는 동이란 형태로 재생되기 때문에 강인성 지표로 설정하였다.



Fig. 13. Move The Base Point.
그림 13. 기본 시점 이동

IV. Experimentation and Evaluation

본 논문에서 제시한 실감형 360도 영상저작물 특징점 기술에 대한 강인성 평가 항목에 대한 실험 및 평가를 위한 방법으로 원본 영상(Fig. 14)과 식별 영상(Fig. 15)의 각 특징점 추출 알고리즘[12]을 통해 특징점을 추출하여 식별 알고리즘(Fig. 16) [13]을 이용하여 동일한 영상으로 인식하는지에 대한 인식률을 도출한다.

첫 번째로 원본의 실감형 360도 영상저작물의 데이터셋을 생성하는 단계이다. 실감형 360도 영상저작물에서 원본으로 저장할 프레임을 추출한다. 추출된 실감형 360도 영상 프레임의 투영방법을 ERP로 하되 다른 방식으로 되어 있다면 ERP로 바꾼다. 이러한 프레임에서 객체 식별 영역을 선정하고 추출된 영역에 대한 왜곡을 보정한다. 이후 객체를

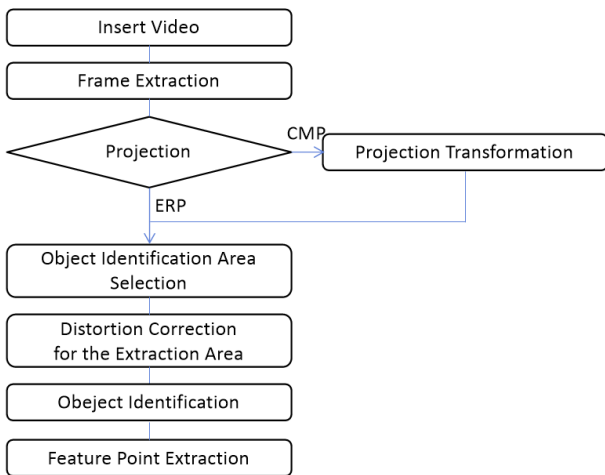


Fig. 14. Original Video Feature Extraction Algorithm.

그림 14. 원본 영상 특징점 추출 알고리즘

추출하고 특징점을 추출하여 특징정보를 저장한다.

두 번째로 변형된 실감형 360도 영상저작물의 데이터셋을 생성하는 단계이다. 변형된 실감형 360도 영상저작물에서 질의 데이터로 저장할 프레임을 추출한다. 영상을 렌더링하여 뷰포트 형태의 프레임으로 추출한다. 객체를 추출하고 특징점을 추출하여 특징정보를 저장하고, 특징정보는 신뢰성 향상을 위하여 5회 반복하여 추출하여 질의 데이터셋을 생성한다. 추출된 데이터셋을 이용하여 영상 판별을 요청한다.

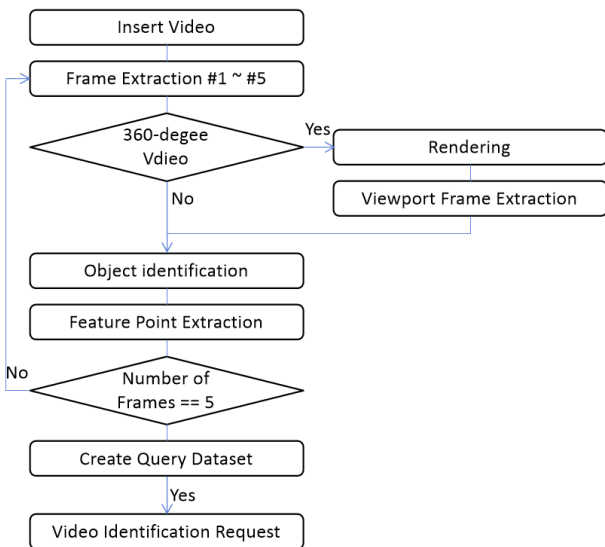


Fig. 15. Identification Video Feature Extraction Algorithm.

그림 15. 질의 영상 특징점 추출 알고리즘

세 번째로 원본 데이터셋과 변형된 데이터셋의 인식을 판단하는 단계이다. 원본 영상과 변형된 질

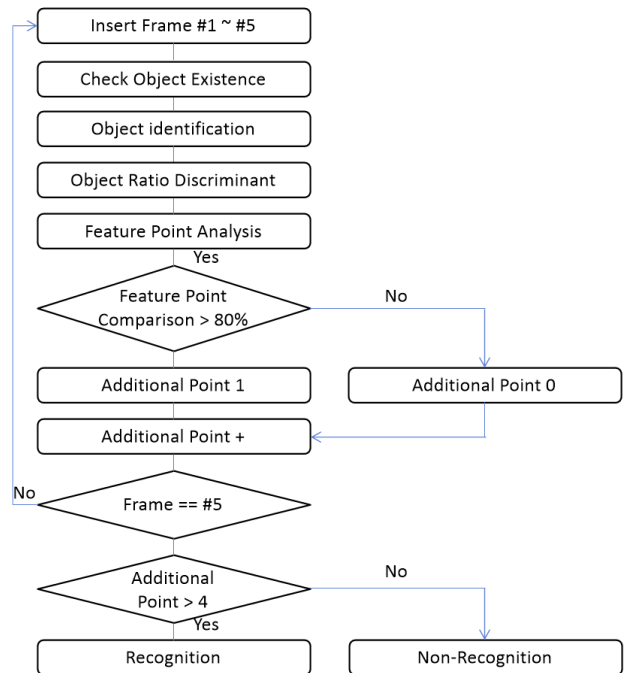


Fig. 16. Video Recognition Algorithm.

그림 16. 영상 인식 알고리즘

의 영상의 동일한 영상인지 판별하기 위해 각 추출된 데이터셋을 입력받아 객체 존재 여부를 판단하여 필터링을 한다. 객체가 존재할 시에 객체 비율을 판별하여 필터링한다.

특징정보를 추출하고 특징점을 비교하여 유사도 검사를 실시한다. 유사도는 원본 프레임의 특징점과 질의 프레임의 특징점을 비교하는 것으로 동일한 프레임으로 인식하는지 확인하기 위해 가장 알맞은 특징점 유사도 비율을 결정하여야 한다. 유사도 비율은 50%부터 100%까지 모두 비교를 하여, 동일한 프레임으로 인식하는 비율을 결정하였으며, 총 500개의 프레임을 생성하여 실험하였다. 결과는 Fig. 17과 같다.

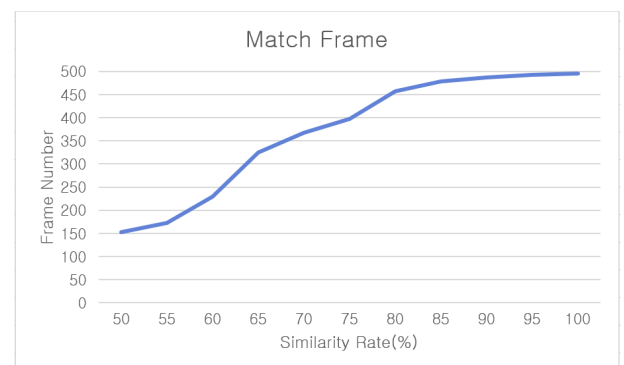


Fig. 17. Similarity Rate.

그림 17. 유사도 비율에 따른 프레임 인식 개수

유사도 비율의 실험 결과 500개의 프레임 중 80%에서 100%까지 400개 이상 동일한 프레임으로 인식 하였으며, 강인성의 실험에 대한 유사도 비율은 80%에서 100% 사이의 최소값인 80%으로 정하였다.

또한, 동일한 프레임으로 인식할 경우 1점의 스코어 점수를 부여하고 스코어 점수가 4점 이상인 항목에 대하여 원본 영상과 변형된 질의 영상이 동일한 영상이라고 판별한다. 스코어의 기준은 5개의 질의 프레임을 원본 영상과 비교하였을 때, 동일한 영상(프레임)인지를 찾는 기준으로써, 동일하다고 판단되는 영상과 동일하지 않다고 판단되는 영상을 비교하여 가장 알맞은 스코어를 찾는 과정으로 실험 결과는 Table 3와 같다.

Table 3. Frame Counter Reference.

표 3. 프레임 카운터 기준

	1	2	3	4	5
Num	0	4	10	60	26

실험 결과 4개 이상 프레임이 일치하여 동일한 영상으로 판단되는 영상은 86개로 대부분 4개 이상일 때 동일한 영상이라고 판단하여 최종적으로 스코어 점수가 4점 이상일 때 동일한 영상이라고 하였다.

이러한 각 단계별로 강인성 항목에 대한 실험을 하였으며 실험에 대한 평가방법 및 결과산출방법은 다음과 같다.

- 평가방법 : 데이터셋(원본 100 * (변형항목 * 10개)) 1,000개를 대상으로 인식률을 테스트하여 90%이상 인식
- 결과산출방법 : Σ 인식, 오인식, 불인식 각 개수 / Σ 총 테스트 개수 * 100

강인성 항목에 대한 실험을 위해 유튜브에 있는 실감형 360도 영상을 사용하였으며, 총 100개의 실감형 영상을 사용하였고, Table 4과 같은 PC를 구비하여 실험하였다.

강인성에 대한 실험으로 데이터셋(원본 영상 100 * (변형항목*10개)) 1,000개를 대상으로 실감형 360도 영상 필터링 기술에 대한 강인성 지표 총 18개 중 10개의 변형항목 선택하고 원본 동영상과 비교

Table 4. Experimental Environment.

표 4. 실험 환경

	Specification
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-6700 3.40GHz
RAM	16GB
VGA	NVIDA Geforce GTX 1080*2 SLI
SSD	256GB
HDD	2TB
OS	Windows 10 Pro 64bit

시 동일한 영상으로 인식하는 인식률을 테스트하여 90% 이상을 인식하는 것을 확인하였다. 실험은 두 가지로 첫 번째 실험(A)은 기존 2D의 강인성 항목을 그대로 적용하여 실험하였고 두 번째 실험(B)은 본 논문에서 제안한 강인성 지표에 대한 실험으로 두 실험 모두 동일한 변형항목 10가지에 대해서 실험하였으며, 10가지는 압축률, 코덱, 화면 비율, 해상도, 프레임 비율, 회전, 반전, 흑백 변환, 사용자 시점 크로핑, HMD 시점 크로핑으로 각각 변형 하였으며, 인식률의 결과는 Table 5와 같다.

강인성 지표에 대한 적정성을 확인하기 위하여 원본 실감형 360도 영상 100개에 대해서 총 10가지

Table 5. Immersive 360-degree Robustness Result.

표 5. 실감형 360-degree 강인성 결과

Item	Recognition Rate%(A)	Recognition Rate%(B)	Search Speed(s)(B)
Severe Compression	30	97	3.086
Codec Change	84	99	3.978
Aspect Ratio Change	85	96	3.245
Resolution Change	31	97	3.153
Frame-rate Reduction	50	92	3.067
Rotation	62	97	3.157
Flip	35	97	3.150
Color to monochrome Conversion	60	95	3.135
Monoscopic Cropping	23	98	3.090
Stereoscopic Cropping	35	86	3.388
Average	49.5	95.4	3.245

의 변형항목을 선택하여 변형하여 데이터셋을 구축하고, 특징점 기술을 통해 확인한 결과 2D의 강인성 항목의 결과는 인식률 평균 49.5%의 인식률로 매우 좋지 않았으며, 실감형 360도 강인성 항목에 대한 결과는 인식률이 평균적으로 3초대 초반에서 95% 이상 인식하는 것을 확인하여 2D의 강인성 항목보다 우수한 인식률을 확인할 수 있었다.

V. Conclusion

본 논문에서 한국저작권위원회에서 제시한 2D 영상의 필터링 성능평가를 위한 강인성 지표를 응용하여 실감형 360도 영상에 맞춘 새로운 강인성 지표를 제안하였다. 기존의 2D 영상의 강인성 지표에서 실감형 360도 영상저작물의 특징에 맞춰 가감성을 제시하였고, 추가로 실감형 360도 영상저작물의 고유 특징에 맞춘 투영방법, 재생 방법에 대한 강인성 지표를 추가하여 실감형 360도 영상저작물의 강인성 지표를 제안하였다.

5G가 본격적으로 서비스됨에 따라 빠른 속도로 대용량으로 처리해야 할 실감형 360도 영상저작물이 유통되고 있는 환경에서, 실감형 360도 영상저작물의 불법 유통을 원천적으로 막아 저작권 보호를 가능하게 하는 필터링 기술이 사용될 때 본 논문에서 제안한 필터링의 성능평가를 위한 강인성 지표가 필요하다.

차후 연구로써, 강인성 지표뿐만 아니라 실감형 360도 영상저작물 필터링의 신뢰성 지표와 성능 지표를 추가로 연구할 필요가 있다.

References

- [1] J. S. Lee, "Changes in realistic media content distribution environment and production technology in the 5G era," *National IT Industry Promotion Agency Issue Report*, No.22, 2019.
- [2] J. H. Park, "5G Era, Content Industry Changes and Implications," *KIET Industrial Economy*, 2019.
- [3] K. Y. Choi "Strategies for Activating Realistic Content Industry for Leading the 5G Era('19~'23)," *Korea VR·AR Industry Association*, 2019.
- [4] VideoPlus "5G Era, Single Media Copyright Issues and Trends," *VidoePlus*, 2019.11.06.
- [5] M. G. Kim, "韓 5G 기반 VR·AR 육성 급한데... '법·정책' 없어 '막막'," *EYENEWS* 24, 2019.
- [6] Y. M. Kim, W. G. Kim, J. J. Lee, S. H. Jho and D. M. Shin, "Performance Evaluation of Video Contents Filtering," *Telecommunication Technology Association Standard*, 2013. TTA.KO-12.0161/R1.
- [7] Korea Copyright Commission, Performance Evaluation of Feature-based Filtering, <https://www.copyright.or.kr/kcc/tmis/performance/filtering/init.do>
- [8] S. J. Oh, "MPEG Omnidirectional Media Format (OMAF) for 360 Media," *Journal of Broadcast Engineering*, Vol.22, No.5, pp.600-607, 2017. DOI: 10.5909/JBE.2017.22.5.600
- [9] J. W. Lee, "Immersive Media Format Standardization Trend," *Broadcast and Media Magazine*, Vol.24, No.4, pp.343-352. 2017. DOI: 10.22648/ETRI.2019.J.340614
- [10] G. S. Lee, J. Y. Jeong, H. C. Shin and J. I. Seo, "Standardization Trend of 3DoF+ Video for Immersive Media," *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol.34, No.6, pp.156-163, 2019. DOI: 10.22648/ETRI.2019.J.340614
- [11] ISO/IEC 23090-2:2019, "Information technology - Coded representation of immersive media-Part 2: Omnidirectional media format," MPEG
- [12] B. C. Park, S. Y. Jang, I. J. Yoo, J. C. Lee, S. Y. Kim and Y. M. Kim, "A Feature Point Extraction and Identification Technique for Immersive Contents Using Deep Learning," *j.inst.Korean.electr.electron.eng*, Vol.24, No.2, pp.529-535, 2020. DOI: 10.7471/ikeee.2020.24.2.529
- [13] B. C. Park, S. Y. Jang, I. J. Yoo, J. C. Lee, S. Y. Kim and Y. M. Kim, "A Feature Point Recognition Ratio Improvement Method for Immersive Contents Using Deep Learning," *j.inst.Korean.electr.electron.eng*, Vol.24, No.2, pp.419-425, 2020. DOI: 10.7471/ikeee.2020.24.2.419

BIOGRAPHY

Youngmo Kim (Member)

2002 : BS degree in Dept. of Computer Engineering, Daejeon University.
 2004 : MS degree in Dept. of Computer Engineering, Daejeon University.
 2011 : PhD degree in Dept. of Computer Engineering, Daejeon University.

2013~current : Professor, Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University

Byeongchan Park (Member)

2015 : BS degree in Dept. of Computer Engineering, The Academic Credit Bank System
 2018 : MS degree in Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University.

2018~current : PhD degree in Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University.

Seyoung Jang (Member)

2018 : BS degree in Dept. of Computer Engineering, The Academic Credit Bank System
 2019~current : MS degree in Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University.

Injae Yoo (Member)

2017 : BS degree in Dept. of Software Engineering, The Cyber University of Korea
 2019~current : MS degree in Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University
 2015~current : Senior Researcher of Research Institute, Beyondtech Inc.

Jaechung Lee (Member)

1996 : BS degree in Dept. of Computer Science and Engineering, Seoul National University of Science and Technology
 2017~current : Head of Research Institute, Beyondtech Inc.

Seok-Yoon Kim (Member)

1980 : BS degree in Dept. of Electrical engineering, Seoul National University
 1990 : MS degree in Dept. of ECE, University of Texas at Austin.
 1993 : PhD degree in Dept. of ECE, University of Texas at Austin.

1982~1987 : Research Member, ETRI

1993~1995 : Senior Staff Engineer, Motorola Inc, TX

1995~current : Professor, Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University