

실감형 360도 미디어의 RGB 벡터 및 객체 특징정보를 이용한 대표 프레임 선정 방법

A Reference Frame Selection Method Using RGB Vector and Object Feature Information of Immersive 360° Media

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

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

Abstract

Immersive 360-degree media has a problem of slowing down the video recognition speed when the video is processed by the conventional method using a variety of rendering methods, and the video size becomes larger with higher quality and extra-large volume than the existing video. In addition, in most cases, only one scene is captured by fixing the camera in a specific place due to the characteristics of the immersive 360-degree media, it is not necessary to extract feature information from all scenes. In this paper, we propose a reference frame selection method for immersive 360-degree media and describe its application process to copyright protection technology. In the proposed method, three pre-processing processes such as frame extraction of immersive 360 media, frame downsizing, and spherical form rendering are performed. In the rendering process, the video is divided into 16 frames and captured. In the central part where there is much object information, an object is extracted using an RGB vector per pixel and deep learning, and a reference frame is selected using object feature information.

요 약

실감형 360도 미디어는 기존 영상보다 고품질, 초대용량으로 영상의 크기가 크며, 다양한 렌더링 방식을 사용하여 기존 방식으로 이미지 처리할 경우 영상인식 속도가 느려지는 문제가 있다. 또한, 실감형 360도 미디어의 특성상 특정 장소에서 카메라를 고정시켜 한 장면만 촬영하는 경우가 대부분이기 때문에, 모든 영상에서 특징정보를 추출할 필요가 없다. 본 논문에서는 실감형 360 미디어의 프레임 추출과정, 프레임 다운사이징, 구형 형태의 렌더링 과정을 거치고, 렌더링 과정에서 영상을 16개 프레임으로 분할 캡처하여 캡처된 프레임에서 객체 정보가 많은 중앙 부분에서 픽셀당 RGB 벡터와 딥 러닝을 이용하여 객체를 추출한 뒤, 객체 특징정보를 이용하여 대표 프레임을 선정하는 방법을 제안한다.

Key words : Immersive 360° Media, Reference Frame, RGB Vector, Object Feature Information, Filtering

* Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University

** Research Institute, Beyondtech Inc.

★ Corresponding author

E-mail : ymkim828@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 Nov. 25, 2020; revised Dec. 22, 2020; accepted Dec. 23, 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.

I. 서론

최근 5G가 서비스됨에 따라 5G의 대표적인 서비스인 실감형 360 미디어가 각 이동통신사 미디어 플랫폼을 통해 제작 및 배포되고 있다[1]. 하지만 온라인 환경에서 대량으로 불법복제 및 유통되고 있어 저작권 침해가 발생 되고 있다[2-3]. 현재 불법복제를 판단하는 필터링 기술은 온라인에서 유통되는 동영상, 음악, 게임 등이 저작권자의 허락을 받지 않는 불법복제 여부를 판별함으로써 불법복제의 유통을 차단하는 기술이다[4]. 이러한 필터링 기술은 기본적으로 콘텐츠를 인식하기 위한 방법으로 고유의 특성이 될 수 있는 특징정보를 추출하고 불법 유통되는 콘텐츠의 특징정보와 비교하여 동일한 콘텐츠 여부를 판별하게 된다. 그러나 실감형 360 미디어는 전방위의 이미지를 렌더링하는 과정에서 한 개의 이미지에 저장된다[5]. 때문에 화질의 저하 및 사용자들의 멀미를 방지하기 위해 최소 4K 이상의 해상도와 초당 30 프레임 이상의 속도로 영상을 제작하여 사용자의 몰입도와 현실감을 제공해야 한다[5, 6]. 또한, 실감형 360 미디어는 전방위 영상을 인코딩하기 위하여 다양한 프로젝션 방식을 사용하여 영상을 압축하게 된다[7]. 이때, 구형 좌표계로 표현된 영상 프레임이 평면으로 전환되면서 프로젝션 방법에 따라 다양한 변형 왜곡이 발생하게 된다. 이러한 실감형 360 미디어의 특징은 기존에 이용되고 있는 필터링 기술을 적용할 수 없으므로 실감형 360 미디어에서 적용할 수 있는 필터링 기술이 필요하다[8]. 본 논문에서는 실감형 360 미디어의 빠른 인식과 검색을 위하여 실감형 360 미디어의 프레임에서 각각 RGB의 데이터를 추출하여 RGB 벡터를 추출하는 방법과 객체 정보를 추출하는 방법으로 실감형 360 미디어의 특징 중 하나인 카메라를 특정 장소에서 고정시켜 촬영하기 때문에 모든 데이터를 추출할 필요 없이 장면(Scene)에 대표되는 프레임인 대표 프레임 선정 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서 관련 연구로서 특징정보를 추출하기 위해 사용한 딥 러닝 알고리즘인 Faster R-CNN 및 K-NN 알고리즘에 대하여 기술한다. 3장에서는 RGB 벡터를 추출하기 위한 RGB 데이터 추출 및 객체 정보 추출 방법을 기술한다. 5장에서는 실험 및 결과로

RGB 벡터 및 객체 정보를 바탕으로 대표 프레임을 추출하는 결과를 보이고 5장에서 결론으로 마무리한다.

II. 관련 연구

1. Faster R-CNN 알고리즘

Faster R-CNN[9]은 R-CNN 기반의 객체 검출 기법을 확장한 구조로 Fig. 1과 같다.

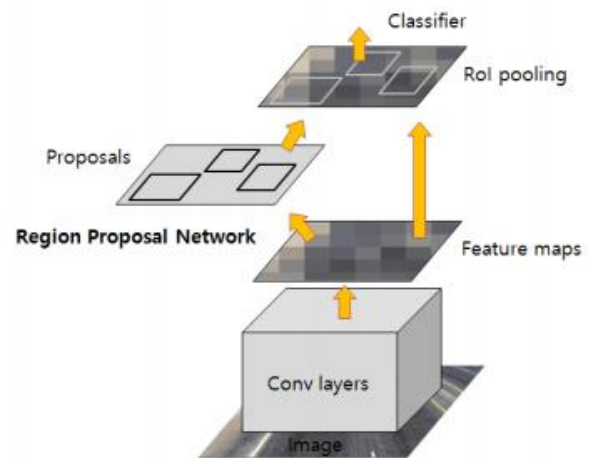


Fig. 1. Faster R-CNN Architecture.

그림 1. Faster R-CNN 구조

Faster R-CNN에서는 기존 기법인 Selective Search 기법과는 다르게, Region Proposal Network를 사용하여 CNN을 통해 생성된 Feature Map을 통해 $n \times n$ 크기의 sliding Window로 256차원 또는 512차원의 feature vector를 생성한다. 이를 기반으로 후보영역에 대한 4개의 box 좌표 값을 산출하여 관심영역을 만들어 내고 마지막으로 Fully Connection Layer를 적용하여 객체를 검출한다.

2. K-NN 알고리즘

1968년 Cover, Hertz에 의해 제안된 K-NN 알고리즘[10, 11]은 최근접 이웃 알고리즘으로써 k개의 가장 가까운 이웃을 이용하여 데이터 집합에 있는 표본 간의 유사도에 따라 라벨이 붙지 않는 표본들을 직관적으로 분류하는 방법이다. 데이터의 흐름과 분포와 어떤 측정법에 사용하는지에 따라 결과값이 매우 달라지며, 대부분 유클리드거리 측정을 사용하여 유사도를 측정한다.

III. RGB 벡터 및 객체 특징정보를 이용한 대표 프레임 추출 방법

1. RGB 벡터 추출

본 논문에서 제안하는 실감형 360 미디어의 RGB 벡터 추출 방법은 총 세 가지의 전처리 방법으로 RGB 벡터 추출을 위한 데이터셋을 만든다.

가. 전처리 과정

첫 번째 과정은 프레임 추출이다. 실감형 360 미디어에서 OpenCV FFmpeg lib를 이용하여 프레임을 I-frame 방식으로 1초 단위로 추출한다. 1초 단위로 영상을 추출하여 특징정보를 저장하게 되면 객체가 이동하는 경로를 색상의 변화 값으로 추정할 수 있다.

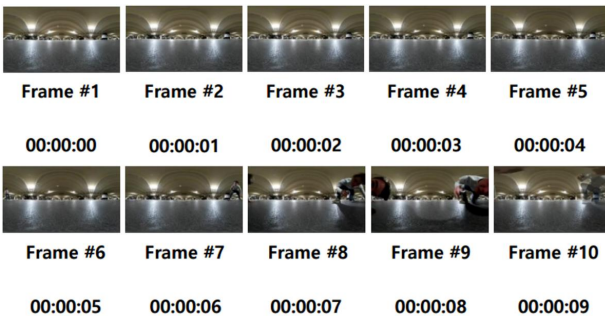


Fig. 2. Frame Extraction Process per Second.

그림 2. 초당 프레임 추출 과정

두 번째 과정은 추출된 프레임을 다운사이징하는 과정이다. 해상도를 변형하거나 화면 비율을 변형하는 경우 영상의 색상 정보가 변경되는 현상이 발생할 수 있다. 때문에 추출된 프레임에 대하여 원본과 동일한 비율의 크기로 프레임을 다운사이징한다.

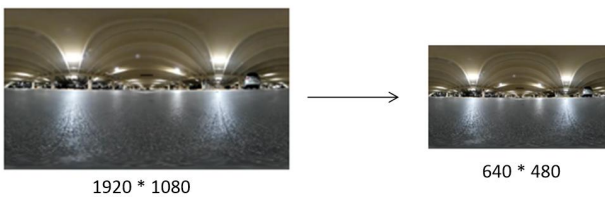


Fig. 3. Frame Downsizing.

그림 3. 프레임 다운 사이징

마지막으로 다운사이징된 프레임에 대한 왜곡을 보정하여, 인식률을 향상시키기 위한 과정이다. 평

면의 실감형 360 미디어 프레임을 구형으로 3D 렌더링한 후 각 각도에 따라 캡처를 진행한다. 캡처된 프레임들을 조합하여 하나의 프레임으로 변환하여 영상의 프로젝션 왜곡을 동일하게 보정하고 구형 좌표계에서 발생한 왜곡을 최소화 시킨다.

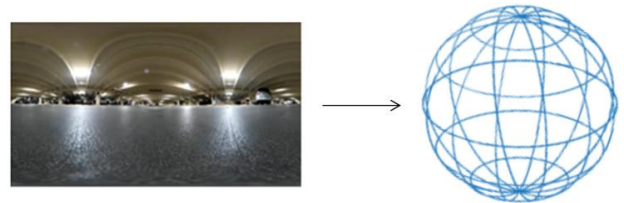


Fig. 4. Immersive 360 Media Image Rendering.

그림 4. 실감형 360 미디어 이미지 렌더링

Fig. 3과 같이 영상을 구형으로 렌더링 하고 시야각에 따라 아래, 중간, 위 부분으로 분할하여 캡처한다. 캡처 방법은 x축을 90° y축을 60°로 캡처하며, Fig. 5의 각 시야각에 따라 캡처되는 좌표는 Table 1과 같다.

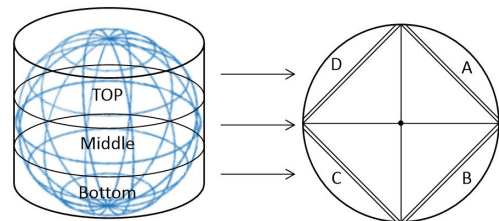


Fig. 5. Image Capture According to the Viewing Angle.

그림 5. 시야각에 따른 영상 캡처

Table 1. Coordinates According to the Viewing Angle.

표 1. 시야각에 따른 좌표

	A	B	C	D
Top	x : 0°~90° y : 0°~60°	x : 91°~180° y : 0°~60°	x : 181°~270° y : 0°~60°	x : 271°~0° y : 0°~60°
Middle	x : 0°~90° y : 61°~120°	x : 91°~180° y : 61°~120°	x : 181°~270° y : 61°~120°	x : 271°~0° y : 61°~120°
Bottom	x : 0°~90° y : 121°~180°	x : 91°~180° y : 121°~180°	x : 181°~270° y : 121°~180°	x : 271°~0° y : 121°~180°

이렇게 시야각에 따라 캡처되는 좌표를 픽셀로 표시하면 Table 2와 같다.

실감형 360 미디어는 중앙 부분이 왜곡이 적고 중요한 장면이 위, 아래보다 집중되는 형태를 보인다. 이에 따라 중앙 부분을 별도로 지정할 수 있는

90°*60°의 시야각을 선정하였으며 결과는 Fig. 6과 같다.

Table 2. Coordinates According to the Viewing Angle.

표 2. 시야각에 따른 좌표

	A	B	C	D
Top	1~160	161~320	321~480	481~640
	1~160	1~160	1~160	1~160
Middle	1~160	161~320	321~480	481~640
	161~320	161~320	161~320	161~320
Bottom	1~160	161~320	321~480	481~640
	321~480	321~480	321~480	321~480

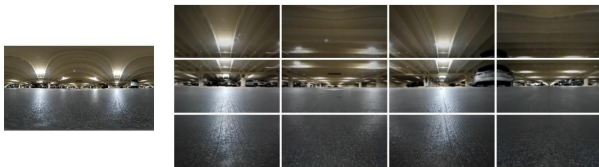


Fig. 6. 90°*60° Field-of-view Capture.
그림 6. 90°*60°의 시야각에 따른 캡처

나. RGB 벡터 추출 과정

전처리 과정에서 캡처된 프레임에서 RGB 데이터를 추출하기 위한 영역으로 중앙 부분 4개를 이용하여 데이터를 추출한다. 각 RGB값을 추출하는 과정은 Fig. 7과 같다.

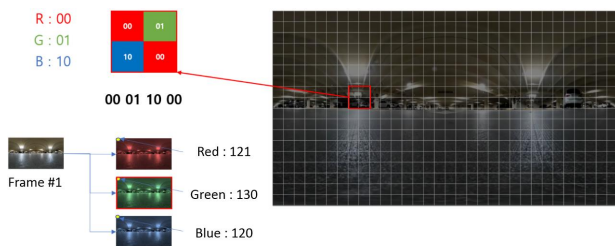


Fig. 7. RGB Data Extraction Process.
그림 7. RGB 데이터 추출과정

프레임에서 추출한 각 RGB 데이터에서 가장 큰 값만 각 픽셀의 대표값으로 선정한다. 대표값에 따라 R : 00, G : 01, B : 10으로 2bit의 데이터로 표시하며 4개의 픽셀을 하나로 묶어 1Byte의 값으로 표시한다. 하나의 큰 픽셀로 다시 생성된 4개의 픽셀은 2차원 배열의 형태로 좌표를 설정한다. 각 배열에서는 추출된 RGB 데이터의 대표값으로 선정하며, 과정은 Fig. 8과 같다.

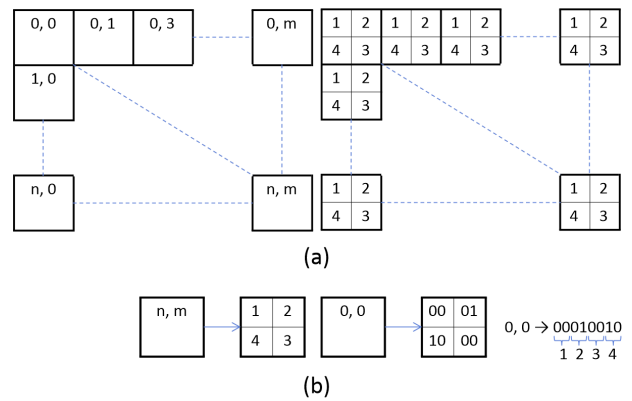


Fig. 8. (a) A Set Method for 2D Coordinates of Each Pixels.
(b) A Extraction Method of RGB Vector.
그림 8. (a) 픽셀에 대한 2차원 좌표 설정 방법
(b) RGB 벡터 추출 방법

예를들어 4개의 픽셀에서 대표되는 값이 순서대로 R, G, R, B이면 00010010으로 1Byte의 값으로 표시할 수 있다. 이렇게 각각 RGB 벡터를 추출하며, 하나의 프레임에서 25.6Kbyte의 값이 추출된다.

2. 객체 정보 추출

본 논문에서는 RGB 벡터 외에 하나의 방법을 더 이용하여 대표 프레임을 선정한다. RGB 벡터의 정보는 사람의 눈으로 볼 때 같은 색상이라고 하더라도 실제 추출되는 벡터값은 다를 수 있기 때문에 객체 정보를 이용하여 이중으로 판단한다. 객체 정보는 딥 러닝을 기술인 Faster R-CNN 알고리즘을 통해 객체 정보를 추출한다.

가. 데이터셋 수집 및 학습 방법

딥 러닝 기반으로 객체 특징정보를 추출하기 위해 사전에 객체 정보를 학습하였다. 학습 자료는 Image-Net에서 제공하는 데이터셋을 이용하여 학습하였으며, 동물, 식물, 사람 등을 포함한 1,000개의 카테고리 데이터셋을 수집하였다. 추출되는 객체에 대해 Table 3의 메타데이터 항목을 기준으로 객체 정보를 추출한다.

나. 객체 정보 추출

실감형 360도 미디어에서 대표 프레임을 선정하기 위해 1초당 하나씩 추출되는 모든 프레임에서 딥 러닝 기술인 Faster R-CNN 알고리즘을 이용하여 추출되는 객체 정보를 추출한다. 추출되는 데이터는 Table 3과 같다.

Table 3. Object Information Metadata.

표 3. 객체 정보 메타데이터

Item	Explanation
Object Code	Unique Number of the Object
Category	Category of the Object
Keyword	Object Keyword
Location(x,y)	Object Coordinate Data x : Object's Upper-left Coordinate y : Object's Lower-right Coordinate
Feature Point	Feature Point Using K-NN Algorithm

각 프레임에서 추출되는 모든 객체에 고유의 객체 번호를 부여한다. 객체는 두 가지 키워드를 부여하는데 카테고리 키워드이다. 카테고리는 식물, 동물, 과일 등과 같은 항목이며, 키워드는 카테고리 키워드가 과일일 경우 바나나, 딸기 등과 같은 항목이다. 좌표 데이터는 픽셀을 기준으로 x좌표와 y좌표를 추출한다. Faster R-CNN 알고리즘을 이용하여 객체 정보를 추출할 때 바운딩 박스로 추출되는데, 바운딩 박스의 왼쪽 상단을 x좌표, 오른쪽 하단을 y좌표로 추출하고 K-Nearest Neighbor 알고리즘을 이용한 특징정보를 추출하며, 특징정보의 단위는 숫자로 추출한다.

IV. 실험 및 결과

실감형 360 미디어의 RGB 벡터 및 객체 특징정보를 이용한 대표 프레임 선정방법은 2장에서 기술한 바와 같이 크게 두 가지로 이전 프레임과 현재 프레임의 RGB 벡터 비교와 객체 정보 비교가 있으

며, Fig. 9와 같다.

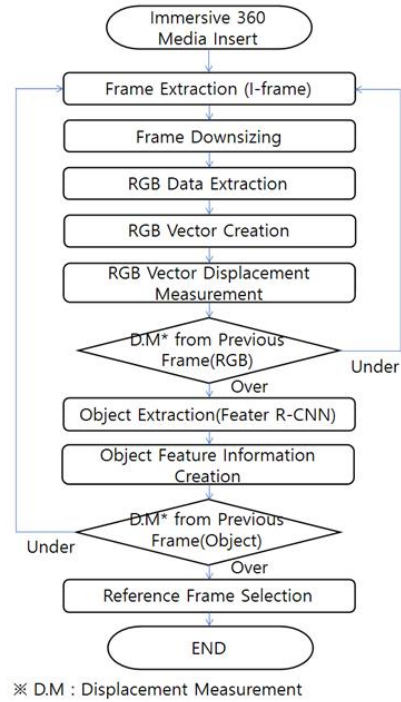


Fig. 9. Immersive 360 Media Reference Frame Selection Process.

그림 9. 실감형 360 미디어 대표 프레임 선정과정

첫 번째로 이전 프레임과 현재 프레임의 RGB 벡터값을 비교하여 변위량을 확인한다. 변위량 계산식은 식(1)와 같다.

$$DM_{i-1,i}(x,y) = \sum_{b,x=1}^n \sum_{b,y=1}^m |BP_{i-1}(x,y) - BP_i(x,y)| \quad \text{식(1)}$$

DM은 변위량, i 는 현재 프레임, $i-1$ 은 이전 프레임, BP 는 Bundle Pixel의 약자로 4개의 픽셀을

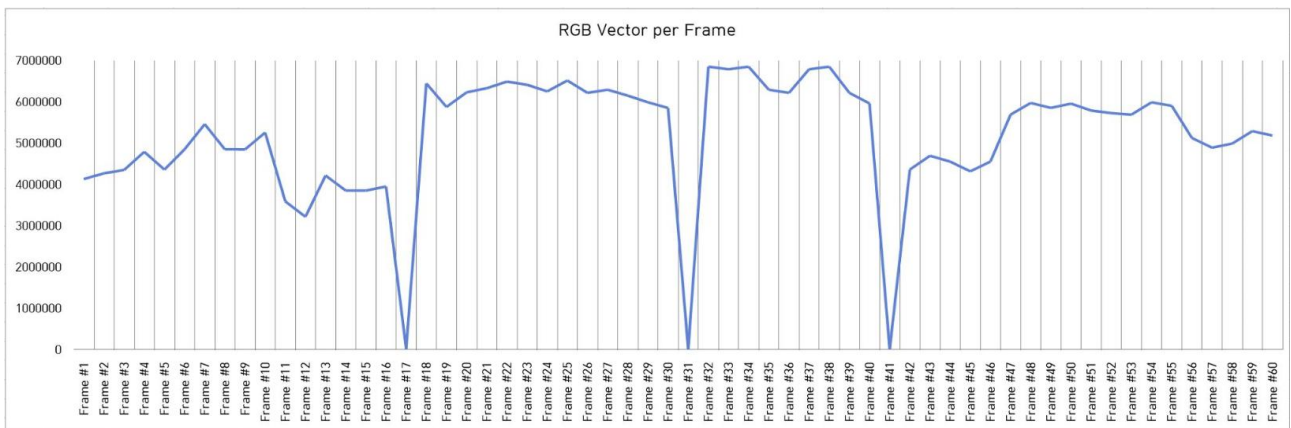


Fig. 10. RGB Vector per Frame.

그림 10. 프레임당 추출된 RGB 벡터

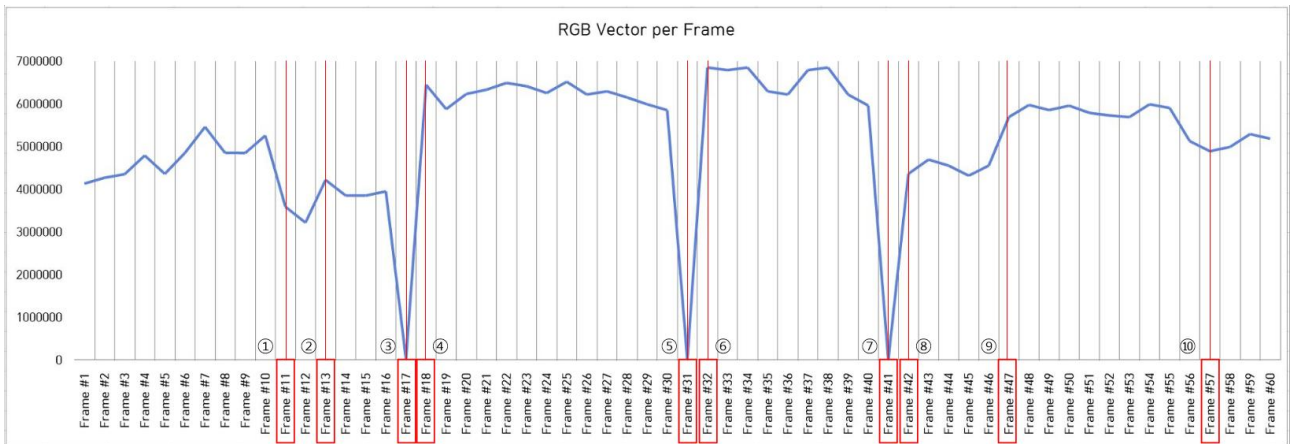


Fig. 11. Classify Frame with a Critical Value of 25% or More.
그림 11. 임계값이 25% 이상인 프레임 구분

하나로 묶었다는 뜻이며, Fig. 8 (a) 부분이다. 이렇게 계산된 변위량에서 이전 프레임과 현재 프레임을 비교하여 유사한 프레임인지 다른 프레임인지 판단하기 위한 임계값 계산식은 식(2)와 같다.

$$CV_i = \sum_{i=1}^{lf} |DM_{i-1} - DM_i| \quad \text{식(2)}$$

CV는 Critical Value의 약자로 임계값을 말하며, lf는 마지막 프레임을 뜻하며, 임계값은 이전 프레임 변위량에서 현재 프레임 변위량을 뺀 절댓값이다.

두 번째로 객체 정보 비교이다. 첫 번째 과정에서 일정 이상의 임계값을 통과한 프레임을 대상으로 객체 정보를 비교한다. Table 3의 메타데이터에서 비교하는 특징정보는 먼저 Location(x, y)를 비교하여 일치하면 Feature Point를 비교한다.

본 논문에서 제안한 대표 프레임 선정을 위한 실험을 위하여 Table 4와 같은 PC를 구비하여 실험하였다.

Table 4. PC Specification.
표 4. PC 사양

	Specifaciton
CPU	AMD RYZEN 5 5600X 6 Core 12 Thread
RAM	32 GB
GPU	Geforce GTX 1080ti * 2 SLI
OS	Windows 10 Pro

입력한 실감형 360 미디어는 60초 길이의 영상이며, 실감형 360 미디어에서 RGB 벡터를 추출한 결

과는 Fig. 9와 같으며 1초에 1 프레임씩 60개의 프레임이 추출되었다. 임계값은 각 2진수로 되어 있는 모든 데이터를 10진수로 변환하여 계산한다.

프레임 추출을 위한 RGB 벡터의 임계값은 이전 프레임과 현재 프레임에서 식(2)로 추출한 임계값을 뺀 결과가 이전 대비 25% 이상일 경우 1차로 다른 프레임으로 선정한다. Fig. 10에서 이전 대비 25% 이상 다른 프레임은 총 10개가 추출 되었으며, 1차 선별되었다.

이렇게 1차로 선정된 프레임으로 객체 특징정보를 통하여 최종 대표 프레임으로 선정한다. 1차로 추출된 프레임의 패턴을 보면 Fig. 11과 같이 임계값에서 이전 대비 25% 이상 값으로 다른 프레임으로 선정되었으나, 육안으로 확인해 볼 때 같은 프레임으로 확인할 수 있다. Fig. 11에서 ①, ②와 ⑧, ⑨, ⑩이 각각 같은 프레임이라는 것을 확인할 수 있다.

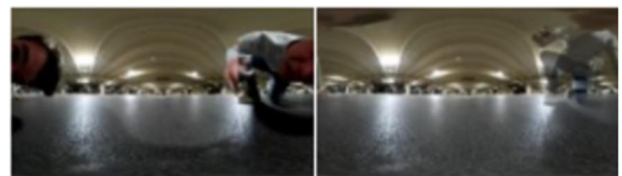


Fig. 12. Frame Judged to be Another Frame due to RGB Vector.
그림 12. RGB Vector로 인해 다른 프레임으로 판단된 프레임

또한, 다른 패턴으로 장면 전환 되면서 화면이 검게 되었다가 다른 장면으로 전환되는 것을 확인할 수 있다. Fig. 11에서 ③, ⑤, ⑦의 프레임이다. ③,

⑤, ⑦의 프레임과 같이 아무 특징정보도 추출할 수 없는 프레임은 삭제하며 다음 프레임에서 객체 특징정보를 통해 대표 프레임을 선정한다.

객체 특징정보 비교는 1차 RGB Vector 프레임 선정과정에서 임계값이 25% 이상인 프레임에서 다른 프레임으로 결정하기 하고 최종 대표 프레임으로 선정하기 위해 사용한다.

Table 5. Frame Determination using Object Feature Information.
표 5. 객체 특징정보를 이용한 프레임 판단

Frame	Feature Point	Comparison Target
1	195	O
2	192	X
10	193	X
11	198	O
12	197	X
13	196	O
14	198	X
15	194	X
16	194	X
17	0	O
18	280	O
19	284	X
20	286	X

Table 5의 결과로 같은 프레임으로 판단되는 각 프레임의 객체 정보를 봤을 때 비슷한 특징정보와 특징점 수를 확인할 수 있으며, 최초 프레임인 Frame #1을 #2부터 #10까지는 1차에서 임계값이 25% 이하이기 때문에 객체 특징정보 비교 대상이 아니며 #11과 #13은 1차에서 임계값이 25%가 넘기 때문에 객체 특징정보 비교 대상이나 #1과 비슷한 특징정보를 가지므로 동일한 프레임으로 판단한다. 또한, #17은 장면이 전환되는 시점에서 화면이 검게 변화하는 시점이었고, #18에서부터 새로운 장면이 나오는 것을 확인할 수 있으며, 최종적으로 추출된 대표 프레임은 Fig. 13과 같다.



Fig. 13. Final Reference Frame Selection.
그림 13. 최종 대표 프레임 선정

V. 결론

실감형 360도 미디어는 사용자가 감상할 때 발생할 수 있는 멀미 현상 등을 이유로 4K 이상의 초고화질 및 초당 30프레임 이상의 고 프레임으로 제작되는 특성이 있다. 본 논문에서는 실감형 360도 미디어의 고 프레임 특성과 제작 시 특정 장소에 카메라를 고정하여 촬영하는 환경을 고려하여 추출되는 특징정보의 수를 줄이기 위해서 RGB 벡터 및 객체 특징정보를 이용한 대표 프레임 선정방법을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 대표 프레임 선정방법을 이용할 경우, 저작권 보호를 위한 필터링 기술 적용 시 중복되는 특징정보로 인하여 필터링 속도가 느려지는 현상을 방지할 수 있으며, 동영상 비교 검색 시에도 모든 프레임을 비교하지 않고 대표 프레임만을 사용하여 빠르게 비교 검색을 할 수 있는 효과가 있다. 추후 연구로 대표 프레임을 이용하여 저작권 보호 기술을 적용하기 위한 연구가 필요하다.

References

[1] J. S. Lee, "Changes in realistic media content distribution environment and production technology in the 5G era," *NIPA Issue Report*, Vol.22, 2019.

[2] S. W. Son, "5G era, single media copyright issues and trends," *VideoPlus*, 2019.

[3] M. G. Kim, "Korean 5G-based VR·AR development urgent There is no "law/policy," *EYENEWS 24*, 2019.

[4] Y. Kim and D. Sin, "Feature-based filtering technology performance evaluation trend," *Korean Institute of Information Technology*, Vol.11, No.2, pp.1-7, 2013.

[5] Y. S. Ho, "VR/AR content creation using 360-degree video," *The Magazine of the IEEE*, Vol.45, No.8, pp. 33-40, 2018.

[6] S. Mun, M. Whang, S. Park, D. W. Lee and H. I. Kim, "Overview of VR Media Technology and Methods to Reduce Cybersickness," *Journal of Broadcast Engineering*, Vol.23. No.6, pp.800-812, 2018.

[7] 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

[8] Y. Kim, B. Park, S. Jang, I. Yoo, J. Lee and S. Y. Kim, "A Study on Fingerprinting Robustness Indicators for Immersive 360-degree Video," *Journal of IKEEE*, Vol.24, No.3, pp.743-753, 2020.

DOI: 10.7471/ikeee.2020.24.3.743

[9] S. Ren, K. He, R. Girshick and J. Sun "Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.39, No.6, pp.1137-1149, 2017.

[10] D. Belur V, "Nearest neighbor (NN) norms: NN pattern classification technique," *EEE Computer Society Press*, 1991.

[11] J. Lee, "An Efficient kNN Algorithm," *KIPS Transactions on Software and Data Engineering (KTSDE)*, Vol.11, No.7, pp.849-854, 2004.

BIOGRAPHY

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.

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.

Sayoung 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.

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

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