

## HEVC 비트 스트림 상에서의 장면전환 검출 기법 연구

\*엄유미 \*\*유성근 \*\*\*윤소정

서울과학기술대학교

\*youmi1003@nate.com \*\*orcogre@gmail.com \*\*\*jamie88y@gmail.com

## A study of scene change detection in HEVC bit stream

\*Eom, Yumie \*\*Yoo, Sung-Geun \*\*\*Yoon, So-Jeong

Seoul National University of Science and Technology

## 요약

UHD 디스플레이의 보급과 UHD 케이블 시험방송이 송출되면서 HD를 넘어선 고화질 실감방송의 시대가 다가오고 있다. 하지만 방송 송출과 제작 시스템에서는 UHD의 많은 요구 대역폭과 용량으로 인하여 원활한 UHD 방송에 차질을 빚고 있는 실정이다. 위의 문제를 해결하기 위하여 2배 이상 압축율이 좋은 HEVC(High Efficiency Video Codec)이 등장과 클라우드 기반 편집 시스템의 등장으로 인해 문제가 해결될 전망이다. 또한 원활한 UHD영상, 색인 및 검색을 위해서는 영상의 장면전환 정보를 빠르게 검출하는 것이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 고효율 코덱으로 압축된 UHD 대용량 영상 색인과 검색을 위한 장면전환 정보를 빠르게 얻을 수 있는 방법을 제시한다. 제시한 이 알고리즘을 사용하여 다양한 UHD영상에서 빠른 장면전환 정보 검출을 하여 편집등 다양한 어플리케이션에 관한 응용에 대해서 고찰해 보고자 한다.

## Abstract

The era of realistic broadcast with high fidelity has come after the wide-spread distribution of UHD display and the transmission of UHD experimental broadcast in CATV. However, UHD broadcast now has constraint because it requires much amount of bandwidth and data in broadcasting transmission and production system. Not only HEVC(High Efficiency Video Codec) which has more than two times higher compression rate but also cloud-based editing system would be the key to solve the problems above. Also, fast scene change detection of videos is needed to index and search UHD videos smoothly. In this paper, therefore, a method is proposed to index and search the scene change information of large volume UHD videos compressed with high-efficiency codec. Application usages of fast detection of scene change information in various UHD video environments are considered by using this algorithm.

## 1. 서론

2012년 말 아날로그 TV에서 디지털 TV로 지상파 디지털 TV가 전환됨과 동시에 전 세계 방송시스템은 UHD 방송의 시대로 점차 도래하고 있다. 고화질 방송서비스 뿐 아니라 고화질의 멀티미디어 서비스를 다룰 수 있게 된 요즘, 좀더 좋은 화질의 영상을 위해 방송국에서는 이미 4K 촬영장비를 사용하고 있으며 머지않아 송출을 제외한 UHD제작 시스템이 마련될 것으로 보인다. 그러나, 점점 더 높은 화질의 영상을 제공할수록 데이터 양이 늘어나기 때문에 고화질 콘텐츠의 획득, 저장, 압축, 전송 등 관련 기술의 발전이 필요한 것이 사실이다. 특히, 지상파에서 기존의 6Mhz 대역폭을 이용하여 UHD TV를 전송하기 위해서는 기존의 코덱을 사용하기 보다 두 배 이상 압축률이 높은 HEVC 코덱을 사용해야 하는 일이 불가피하게 되었다. 또한, HD화질 영상 서비스가 빠르게 상용화 된 것처럼 UHD 영상 서비

스를 상용화시키기 위해서는 HEVC코덱을 이용하여 실시간으로 UHD 콘텐츠를 관리, 저장, 전송하는 기술 또한 개발되어야 한다 [1].

차세대 방송시스템에서의 고화질 동영상을 효율적으로 관리하기 위해서는 고속으로 장면전환을 검출하여 편집할 수 있는 기술이 요구된다 [2]. 또한 고화질 동영상 편집 시에는 방대한 양의 데이터를 불러오고 저장해야 하기 때문에 많은 시간과 대역폭이 요구되므로 보다 빠른 편집과 자원 절약을 위해 장면전환 정보가 필수적이다.

본 논문에서는 고효율 코덱으로 압축된 UHD 대용량 영상 색인과 검색을 위한 장면전환 정보를 빠르게 얻을 수 있는 방법을 제시한다. 우선 기존에 장면전환 검출 방법을 정리하고 HEVC 비트 스트림 상에서의 장면전환 정보를 검출하는 것을 I프레임과 P. B프레임에 따라 나누어 분석하였다. 분석한 방법을 가지고 HEVC 비트 스트림상에서 빠르게 장면전환 검출이 가능한 새로운 알고리즘을 도출하고 그 알고리즘을 실험하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 기존의 장면전환 검출 기법 정리하고 3절에서는 HEVC에 적용 가능한 장면전환 검출 연구, 4절에서는 알고리즘 제안 및 실험 환경, 5절에서는 실험 결과, 마지막으로 6절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

## 2. 기존의 장면전환 검출 기법

장면전환은 다음 장면으로 바로 넘어가는 컷을 말하는 급진적인 장면전환과, 선형적으로 장면이 바뀌는 디졸브, 와이프, 페이드 인/아웃을 말하는 점진적인 장면전환으로 나눌 수 있다. 장면전환 검출기법 또한 비 압축 도메인에서와 압축 도메인에서의 장면전환 검출로 나눌 수 있다. 비 압축 도메인에서는 픽셀단위, 블록단위, 히스토그램 비교를 통해 장면전환 검출이 가능한 방법들이 있고, 압축 도메인에서는 DCT 계수, DC Terms, MB coding mode, Motion Vectors, Bitrate 등을 이용한 장면전환 검출방법들이 있다 [3].

## 3. HEVC에 적용가능한 장면전환 검출 연구

MPEG2 이후의 코덱에서는 코딩 효율을 높이기 위한 새로운 기능들이 추가되면서 기존에 쓰이던 프레임간 차의 절대값 합을 이용한 방법, DC terms를 이용한 방법 등을 바로 적용하기 어려워졌다[4]. HEVC에서는 쿼드 트리 기반의 가변크기 부호화 유닛을 사용하고, MB(Macro Block) coding mode가 Intra/Inter mode로 바뀌었고, 벡터 예측도 AMVP(Adaptive Motion Vector Prediction), Motion Merge 모드로 발전했다[5]. 따라서 HEVC의 특징을 반영한 장면전환 검출 방식이 필요한데, 장면전환 상황이 일어나면 대부분의 PU(Prediction Unit)는 Intra mode로 부호화되고, 모션벡터의 합도 이전 프레임보다 작게 되므로 이러한 특징들을 이용한다면, HEVC 부호화 기반의 장면전환 검출기법을 개발할 수 있을 것으로 기대된다 [6].

### 3.1. 프레임 단위 장면전환 검출

일반적으로 영상 압축 시에는 중복요소를 정확하게 구분하여 제거하는 것이 압축성능에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 프레임이 가진 정보별로 구분하는 것이 중요한 부분이 될 수 있다. 프레임은 I, P, B프레임으로 나누어질 수 있는데 I프레임(Intra-coded picture)은 전후의 화면과는 관계없이 그 화면 내에서 독립적으로 부호화하여 얻어지는 프레임이다. 시간적으로 앞, 뒤의 프레임을 참조하지 않으므로 움직임 예측을 적용하지 않으며 화면 내 정보만을 사용해서 부호화하므로 픽셀간의 상관관계가 중요한 정보로 이용된다. P 프레임(Predicted picture)은 시간적으로 과거의 I프레임, P프레임을 참조하여 화면을 구성한다. I프레임과 다르게 참조 프레임이 있으므로 정지된 부분을 제외한 움직임이 있는 부분만 부호화되며, 현재 프레임과 과거 프레임간의 상관관계가 중요한 정보로 이용된다. B프레임(Bi-predictive picture)은 시간적으로 과거와 미래의 I프레임, P프레임을 참조프레임으로 이용한다. B프레임의 경우 중복요소를 가장 많이 제거할 수 있으므로 압축률이 가장 높지만 화질이 떨어지므로 참조프레임으로는 이용될 수 없다 [7, 8].

부호화를 할 때에는 가장 먼저 각 파라미터들을 초기화 한 후 프

레이밍 코딩으로 넘어가는데 프레임 코딩 중에서도 I프레임의 주기를 설정한 후에는 부호화 하려는 프레임이 I프레임 또는 P프레임 중 어느 프레임에 해당하는지를 결정하는 것이 우선으로 처리된다. I프레임은 화면내 부호화만을 필요로 하고, P 또는 B프레임은 화면간 부호화, 화면내 부호화 또는 스킵 모드 등을 이용 할 수 있다. 즉, I프레임일 경우 화면간 예측모드를 사용할 필요 없이 화면내 예측모드에 대한 부호화과정만 거치게 된다.

### 3.2. HEVC

HEVC 표준 기술에서는 쿼드 트리 기반의 부호화 유닛(Coding Unit), Wavefront Parallel Processing (WPP), 다양한 인트라 예측 모드, 움직임 정보 병합, Sample Adaptive Offset (SAO), Adaptive Loop Filtering (ALF) 등 새로운 기술들이 제안되었다 [5].

표 1. 과 같이 부호화 단위가 H.264/AVC에 비해 가변적이고 범위가 넓어져 부호화 효율이 높아졌다. 병렬 부호화/복호화를 위해서는 tile 기술과 WPP를 추가하여 복잡성은 낮지만 오류 복원력은 더 나아지게 되었다. 또한, 35가지의 화면내 예측 모드가 있으며 화면간 예측 모드에서는 Advanced Motion Vector Prediction (AMVP), Motion merge 모드를 추가하여 비트 수가 줄고 복잡도를 낮아졌다. 엔트로피 코딩은 CABAC과 CAVLC의 장점을 극대화 할 수 있게 두 가지 모드로 나뉘었으며, 루프필터링 과정에서 SAO, ALF기술이 추가되어 왜곡 보정성능이 높아지게 되었다 [5].

	HEVC	H.264/AVC
<b>Coding Unit</b>	4*4~64*64	4*4~16*16
<b>Paarallel coding</b>	Slice, tile, WPP	Slice
<b>Luma Intraprediction</b>	Motion parameters encoding, Motion merge mode	Motion vectors encoding
<b>Entropy Coding</b>	CABAC, CAVLC (residual)	CAVLC, CABAC (optional)
<b>Loop filtering</b>	Deblocking filter, SAO, ALF	Deblocking filter

표 1. HEVC와 H.264/AVC의 차이점

### 3.3. HEVC 로 코딩 된 I프레임 간에서의 장면전환 검출

장면전환이 되지 않은 I프레임 간에서는 PU(Prediction Unit)의 구성이 서로 비슷할 가능성이 높다. 물론 HEVC에서는 쿼드 트리 기반의 가변크기 부호화 유닛을 사용하므로 CU뿐만 아니라 TU, PU까지 쿼드트리 기반으로 다양하게 분할 될 수 있다 [9]. 따라서, 다양한 PU 사이즈를 도입하여 프레임 간 PU의 구성이 완전히 같을 수는 없으나 그 유사도는 높을 것이다. 그러므로, 크기에 따른 PU 개수의 차를 이

용한다면 장면전환 검출이 가능할 것으로 보인다 [10].

김성민 등의 논문 [10]에 따르면 H.264/AVC 도메인에서 I프레임의 장면전환 검출을 위해서는 현재 I프레임과 다음 I프레임 매크로 블록들을 종류별로 구분하여 개수를 세어 차를 구한 뒤 모두 더한 값을 현재 I프레임의 총 매크로블럭 수로 나누어 값을 구한다. 그리고 이 값이 어떤 임계값보다 크면 장면전환으로 판정하였다. 따라서, HEVC에서도 비슷한 방법을 사용하여 PU의 차를 구하고 그 값을 모두 더한 값이 임계값보다 크면 장면전환 이라고 판정할 수 있을 것으로 보인다. 또한, HEVC에서는 화면내 부호화에서 33개의 방향모드가 있으므로, PU의 방향 모드를 고려한 히스토그램을 비교하면 더 정확한 PU의 특성을 찾아내어 훨씬 더 정밀하게 장면전환 검출이 가능할 것으로 보인다.

### 3.4. HEVC로 코딩 된 P, B프레임에서의 장면전환 검출

시간적으로 다른 프레임들을 참조프레임으로 사용할 수 있는 P, B 프레임의 경우 블록들은 각각 인트라 예측, 인터 예측 또는 스킵 모드로 구분 될 수 있다. P 또는 B프레임에서의 장면전환 검출에 있어서는 현재 프레임 내에서 블록들의 예측모드 선택 비율이 중요하게 된다. 즉, 인트라 예측모드를 사용한 블록 개수가 인터 모드 또는 스킵 모드를 사용한 블록 개수보다 많을수록 장면전환 가능성이 높다고 볼 수 있다.

HEVC에서는 부호화 유닛의 세분화로 인해 연산 복잡도가 높아진 단점을 보완할 수 있는 새로운 기술 중 하나로 움직임 정보 병합 모드(Motion merge mode)를 꼽을 수 있다. 병합모드는 부호화하려는 현재 블록의 움직임 벡터를 결정하기 위해 먼저 복호화 되어있는, 공간적, 시간적으로 인접한 블록들의 움직임 벡터를 후보로 둔다. 또한 결합 양방향 후보와 움직임이 없는 후보를 추가하여 움직임 병합 후보리스트를 생성하고, 그 안의 율-왜곡 비용 값으로 병합의 여부를 결정하게 된다 [11]. H.264/AVC에서는 다양한 매크로블럭 크기로 인해 작은 블록의 큰 움직임과 큰 블록의 작은 움직임에 대한 움직임 벡터가 비슷한 크기로 나타나서 움직임 벡터로 장면전환 검출을 할시에는 가중치를 두어야 하는 번거로움이 있었다. 그러나 HEVC에서는 앞서 말했던 움직임 정보 병합모드로 작은 블록의 큰 움직임과 큰 블록의 작은 움직임이 서로 다른 움직임 벡터로 나타내지므로 움직임 정보 병합 모드를 이용한 장면전환 검출 방법이 높은 성능을 가질 것으로 보인다.

Feng Jie 등의 논문 [4]에 따르면 장면전환이 일어나면 움직임 정보는 거의 없고 대부분의 블록들은 인트라 모드로 부호화 된다. 따라서 인트라 모드로 부호화된 블록에 사용되는 비트 수는 높고, 인터 모드나 스킵 모드로 부호화된 블록에 사용되는 비트 수는 낮을 것이다. 또한 장면전환 검출 시 블록 개수의 비율 대신에 비트 수의 비율을 이용한다면 장면전환 검출의 정확도는 훨씬 더 높아질 것이다. 따라서 본 논문 4절에서는 HEVC에서 Bit Allocation을 이용한 P 또는 B프레임의 장면전환 검출 알고리즘을 제안하였다.

## 4. 알고리즘 제안 및 실험

### 4.1. I프레임 간에서의 장면전환 검출 알고리즘 제안

식 (1)에서 현재 I 프레임을 i번째 프레임이라고 하고 바로 전 I프레임을 j번째 프레임이라고 한다면,  $H_{in}$ 과  $H_{jn}$ 은 각 프레임의 PU의 사이즈에 따른 planar모드 히스토그램 bin이다. PU의 크기는 symmetric으로  $4*4 \sim 64*64$ 를 사용하였다.  $Cnt(PU_i)$ 는 i번째 프레임안의 총 planar 모드 PU수,  $Cnt(PU_j)$ 는 j번째 프레임안의 총 planar 모드 PU수를 의미한다. 장면전환을 판단하는 임계값 T는 실험해본 결과 200이 가장 적당하였다.

$$T \leq \sum_{n=0}^k \frac{(H_{jn} - H_{in})^2}{cnt(PU_i) + cnt(PU_j)} \quad (1)$$

### 4.2. P, B프레임에서의 장면전환 검출 알고리즘 제안

어떤 한 프레임을 기준으로 인트라 모드 Bit Allocation을 BIM이라고 하며, 인터 모드 Bit Allocation을 BPM이라고 한다. 또한, BIM과 BPM의 비를 IPR이라고 한다.

$$IPR_i = \frac{BIM_i}{BPM_i + \epsilon} \quad (2)$$

식(2)에서  $\epsilon$  은 분모가 0으로 나뉘지 않게 하는 상수이고 이번 실험에서는  $\epsilon$  를 2로 정하였다. 급격한 장면전환 검출을 위해 Sliding Window 크기를  $(2*M+1)$ 로 잡고 이번 실험에서는 M의 크기를 6, 그리고 장면전환 검출을 위한 조건은 식(3)에 나타나 있다 [3].

$$IPR_i \geq \left( \sum_{k=1}^M IPR_{i-k} + \sum_{k=1}^M IPR_{i+k} + \alpha \right) \quad (3)$$

현재 프레임의 IPR이 슬라이딩 윈도우 크기만큼의 전 후 프레임을 더한 값보다 크거나 같으면 장면전환으로 판정한다. 그리고  $\alpha$  값은 슬라이딩 윈도우를 2로 나눈 값으로 정하였다.

### 4.3. 실험환경

실험을 위해 Elecard사에서 제공하는 HEVC로 인코딩된 BigBuckBunny\_h265\_1080p영상을 이용하였다. 이 영상은 1920X1080 해상도에 초당 25프레임, GOP(Group Of Picture)는 32로 인코딩 되었다. 본 실험에서는 영상의 0번째 프레임부터 999번째 프레임을 가지고 장면전환을 검출하였다. 분석에 사용된 PC는 Intel I7 4770 에 32GB ram을 장착한 PC이고 영상을 분석한 소프트웨어는 Elecard사의 HEVC Analyzer이다.

## 5. 실험결과

### 5.1. I프레임 간에서의 장면전환 검출 실험 결과

1000프레임 내의 I프레임은 총 31개이고, 1000프레임 내의 I프레임에서 장면전환 횟수는 1번이다. 식(1)을 이용하여 장면전환 검출을 하였을 때 장면전환 검출결과와 다음과 같다.

stream interval	frame	장면전환	검출
0~29	I	gradual(fade in)	O
253~285	I	abrupt	O
381~349	I	abrupt	O
573~541	I	abrupt	O
765~733	I	gradual(dissove)	O

표. 2 I 프레임 안에서 장면전환 검출 실험 결과

### 5.2. P, B프레임에서의 장면전환 검출 실험 결과

1000프레임 내의 P, B프레임은 총 969개이고 1000프레임내의 P, B 프레임에서 장면전환 횟수는 4번이다. 실험결과를 표3을 이용하여 나타내었다.

stream No	frame	장면전환	검출
17	P	gradual(fade in)	X
377	P	abrupt	O
553	P	abrupt	O
754	B	gradual(dissove)	X

표. 2 P, B프레임에서 장면전환 검출 실험 결과

## 6. 결론

본 논문에서는 HEVC로 인코딩된 Bit Stream에서 장면전환 검출을 위한 방법을 위해 I프레임과, P 또는 B프레임으로 나누어 각각 다른 알고리즘을 적용하여 장면전환 검출을 기존의 H.264/AVC의 장면전환 검출 방법을 시도하여 보았다. 기존의 HEVC에서의 장면전환 검출은 P프레임에서의 검출기법에 적용 가능하였으나, I프레임과 B프레임에서는 적용할 수 없었다. 그러나 제안된 알고리즘을 통해 모든 프레임에서 장면을 검출 할 수 있는 방안을 검토하였다. 따라서, 본 논문의 방법을 향상 시킨다면 앞으로의 대용량 UHD영상을 관리하고 편집하는 데에 있어서 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부가 지원한 2014년 정보통신·방송 (ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음

## 참고문헌

[1] 호요성, 최정아, 『UHD 고화질 영상 압축 기술』, 진샘미디어, 2013

[2] 송한춘, and 김진용. "방송영상 편집을 위한 고속 자동장면 전환검출 방식의 설계 및 구현." 한국통신학회논문지 33.12 (2008): 447-453.

[3] Koprinska, Irena, and Sergio Carrato. "Temporal video segmentation: A survey." Signal processing: Image communication 16.5 (2001): 477-500.

[4] Jie, Feng, Huang Aiai, and Chen Yaowu. "A novel scene change detection algorithm for H. 264/AVC bitstreams." Computational Intelligence and Industrial Application, 2008. PACIIA'08. Pacific-Asia Workshop on. Vol. 1. IEEE, 2008.

[5] Sullivan, Gary J., et al. "Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard." Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on 22.12 (2012): 1649-1668.

[6] 유성근, 박상일, 박구만, "대용량 UHD 영상 편집을 위한 장면전환 검출기법 비교분석," 제 26 회 신호처리합동학술대회 제 26 권, 제 1 호, pp. 26-27, 2013

[7] Wikipedia, "Video compression picture types," ([http://en.wikipedia.org/wiki/Video\\_compression\\_picture\\_types](http://en.wikipedia.org/wiki/Video_compression_picture_types))

[8] 카도노 신야, 키쿠치 요시히로, 스즈키 테루히코, 『H.264 AVC 비디오 압축 표준』, 홍릉과학출판사, 2005

[9] 이하현, et al. "고해상도 영상에 대한 MPEG-2/H. 264/HEVC 비디오 코덱의 성능 비교 분석." 한국방송공학회 학술발표대회 논문집 (2011): 192-195.

[10] Kim, Sung Min, Ju Wan Byun, and Chee Sun Won. "A scene change detection in H. 264/AVC compression domain." Advances in Multimedia Information Processing-PCM 2005. Springer Berlin Heidelberg, 2005. 1072-1082.

[11] 박찬섭, et al. "HEVC 인코더 고속화를 위한 병합 검색 조기 종료 결정 알고리즘." 방송공학회논문지 18.5 (2013): 691-701.