

# STB 품질검사를 위한 개선된 지역 방향 패턴 기반 비디오 샷 경계 검출 및 자동 동기화

조영탁<sup>1</sup>, 채옥심<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 컴퓨터공학과 학생, <sup>2</sup>경희대학교 컴퓨터공학과 교수

## Enhanced Local Directional Pattern based video shot boundary detection and automatic synchronization for STB quality inspection

Youngtak Cho<sup>1</sup>, Oksam Chae<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Student, Dept. of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

**요약** 최근 STB 보급이 증가하면서 제품 출하 전 품질검사의 중요성이 부각되고 있다. 본 논문에서는 STB 영상 신호의 다채널 동시 입력을 통한 품질검사 자동화를 지원하기 위한 방법을 제안한다. 제안 방법은 먼저 색상 정보와 LDP 코드를 결합한 CeLDP를 이용하여 안정적인 비디오 샷 경계 검출 후 영상의 중앙 스캔라인을 이용한 핑거프린트를 추출하여 입력 비디오 채널 간 동기화를 수행한다. 제안하는 방법은 기존 샷 검출 방법과 비교를 통해 더욱 강한 샷 경계 검출 성능을 보이는 것을 확인하였으며, 실제 환경에 적용한 실험을 통해 STB 품질검사 시 필요한 다채널 입력 간 동기화를 위한 신뢰성 확보 및 실시간 품질검사가 가능함을 입증하였다. 또, 제안된 방법을 바탕으로 향후 대규모 품질검사 방법을 연구하여 보다 효과적인 품질검사 체계를 제안하고자 한다.

**주제어** : STB QC, Shot Detection, LDP, Video Fingerprint, Automatic Video Synchronization

**Abstract** Recently, the importance of pre-shipment quality inspection has been emphasized due to the increase of STB supply. In this paper, we propose a method to support automation of quality inspection through simultaneous multi-channel input of STB video signal. The proposed method extracts a fingerprint using the center scan line of the image after stable video shot boundary detection using CeLDP combining color information and LDP code and performs synchronization between input video channels. The proposed method shows stronger shot boundary detection performance than the conventional shot detection method. Through the experiments applied to the real environment, it is possible to secure reliability and real-time quality check for synchronization between multi-channel inputs required for STB quality inspection. Also, based on the proposed method, we intend to study a large-scale quality inspection method in the future and propose a more effective quality inspection system.

**Key Words** : STB QC, Shot Detection, LDP, Video Fingerprint, Automatic Video Synchronization

\*This research was supported by "Archives Presentation Technology R&D Program" funded by the National Archives of Korea (NAK)

\*Corresponding Author : Oksam Chae (oschae@khu.ac.kr)

Received January 30, 2019

Revised February 18, 2019

Accepted March 20, 2019

Published March 28, 2019

## 1. 서론

IPTV, OTT 등 다양한 형태의 방송통신 융합 서비스가 등장하면서 이를 지원하기 위한 셋톱박스(STB, Set-Top Boxes)의 보급 또한 활발해졌다. 이와 함께 비디오 서비스 사업자는 사후 관리 비용 절감 차원에서 영상 품질은 물론 내장 소프트웨어의 사용자 인터페이스 동작 등에 대한 무결성 검증 이후 양산을 진행하는 절차를 필수적으로 운용할 만큼 STB에 대한 품질관리의 중요성 또한 부각되고 있다. 품질관리는 제품 생산의 각 단계에 걸쳐 이루어진다. STB는 소프트웨어와 하드웨어의 융합 제품으로 각각의 개발 과정은 물론 생산 과정에서 품질 유지와 개선을 위한 품질관리 활동을 수반한다. 소프트웨어의 경우 다양한 품질관리 및 개선 방안이 연구되었으며[1-3], 특히 3D TV 및 IPTV의 성능품질 측정[4,5]은 물론 STB를 위한 탐색적 테스트[6]를 이용한 테스트 방법[7] 등 STB와 같은 방송융합 제품 및 서비스의 관점에서 품질 측정을 위한 다양한 방법이 제시되고 있다. 한편 대량의 제품에 대한 품질 검사를 보다 손쉽게 수행하기 위한 자동화 방법도 제시되고 있다. 이러한 STB 품질검사를 자동화하기 위한 노력으로 STB 제어 구성에 대한 스크린샷을 비교 평가하여 검사를 자동화 하는 시스템[8]이 제안되었으나, STB 제어에 대한 스크린샷을 관리자가 직접 구성해야 하고 특히 내장 소프트웨어의 변경 또는 시험 대상 제품의 추가 등의 상황에 대응하기 위해 반복적으로 상당한 사전 작업이 필요로 하는 문제점을 가지고 있다.

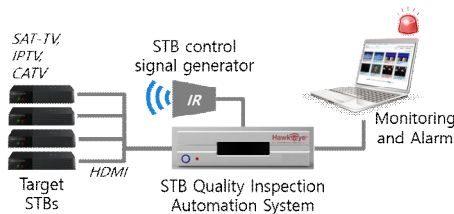


Fig. 1. Automated STB quality inspection system

이러한 단점을 극복하기 위해서는 Fig. 1과 같이 두 대 이상의 STB를 연결하여 사전 작업 없이 STB 제어 구성에 대한 HDMI 출력의 동일성 검사만으로 품질검사를 자동화 가능한 시스템이 필요하다. 그러나 STB는 네트워크 상태 등에 따라 동일한 하드웨어와 소프트웨어 조건이라 하여도 비디오의 동기가 일치하지 않는 상황이 발생하므로 STB 품질검사 자동화를 위해서는 각 입

력 비디오 신호의 동기화 문제를 해결해야 한다.

비디오 샷 경계 검출(SBD, Shot Boundary Detection) 방법은 비디오 분석 및 카탈로그 등 여러 분야에 활용되는데 STB가 FHD 해상도의 지원이 일반화되고 UHD로 전환되는 시점에서 연산을 위한 자원 확보에 유리한 조건을 제공함은 물론 STB 검사에 있어 사전 작업이 필요하지 않아 업무 효율성을 제고할 수 있는 이점이 있다.

비디오에서 샷은 단일 카메라에서 촬영된 끊어지지 않은 연속적인 영상 시퀀스를 일컫는다. 대부분의 비디오 매체는 영상 시퀀스가 모여 샷을 이루고, 샷이 모여 장면(Scene)을 이루으로써 하나의 비디오를 구성한다. 샷의 경계는 연속된 영상 사이의 차이를 비교하는 기본적인 연산으로 검출할 수 있다. 그중에서도 가장 간편한 방법은 각 영상 간 동일 위치의 화소들의 밝기 또는 색상 값을 비교하는 것이다. 이는 계산 복잡도가 낮고 빠르다는 장점이 있지만, 전체 화면 영역에서 비디오가 재생되는 경우에는 카메라 또는 물체의 움직임에 매우 민감하다. 반대로, Fig. 2와 같이 STB 조작 시 나타나는 메뉴에서 대부분 화면이 변화가 없고 미리보기와 같이 작은 영역에서만 비디오가 재생되는 경우 샷 경계 검출이 무너지는 단점이 있다.



Fig. 2. Example of STB EPG menu screen

이러한 문제점을 해결하기 위해 통계적 방법, 히스토그램, DCT 또는 Wavelet 등의 압축 기법, 에지 추적, 모션 벡터를 이용하는 등 다양한 연구가 이루어졌다[9]. 가장 일반적인 방법인 색상 히스토그램 기반의 샷 경계 검출 방법[10]의 경우 두 영상의 색상 히스토그램을 구하여 비교함으로써 영상 내의 색상 분포 차이를 계산하기 때문에 단순히 화소 값을 비교하는 것에 비해 카메라 및 물체의 움직임에 강인하지만 영상 내 형태정보를 포함하지 않기 때문에 같은 샷에서 영상의 색상 분포가 급격히 변화할 때는 샷 경계로 오검출하는 단점이 있다.

이 단점을 극복하기 위한 두 가지 이상의 특징 및 방법을 결합하는 방법들이 제안되었는데, 영상을 16개의 영역으로 나누어 각 영역에서의 히스토그램을 계산하고, 두 영상으로부터 같은 영역의 히스토그램을 비교해 차

이가 가장 큰 8개의 영역만을 사용함으로써 영상의 움직임과 잡음에 대한 영향을 최소화하고자 하는 방법[11]과 RGB 색상 중 채널마다 상위 2개의 비트를 사용해 총 6개의 비트를 특징으로 구성하고, 이를 지역 묘사자인 RILBP(Rotational Invariant Local Binary Pattern) 코드와 결합한 특징으로 히스토그램을 구성함으로써 영상 내의 색상 분포 변화 및 물리 객체의 상태 변화를 극복하는 방법[12] 등이 있다. 하지만, 이 두 방법 모두 같은 샷에서 색상이 급변한 경우에 여전히 샷 경계로 오검출할 가능성이 있고, LBP[13]는 전통적으로 잡음에 민감하고 평평한 지역에서 일관적이지 못한 코드를 생성하는 특징이 있어 안정적이지 못하다. LBP가 주변 화소와의 밝기 차이를 이용했다면, LDP[14]는 주변 화소의 예지 방향과 크기를 이용하여 잡음에 강인한 회전 불변의 특성을 갖고자 하였으나 LBP와 마찬가지로 평탄한 지역에 취약함을 보이는 문제가 있다. 결과적으로 기존의 방법들은 샷 경계 검출 성능을 저하시키는 문제가 있어 이로 인해 다채널 입력을 통한 STB 품질 검사에 있어 채널간 동기화에 대한 신뢰성 저하는 물론 그만큼 동기화에 필요한 시간이 증가하여 실시간 처리를 위한 성능 확보를 어렵게 하는 문제가 있다.

한편, 비디오 핑거프린트(Video Fingerprint)는 디지털 비디오의 특징적인 구성 요소를 식별하고 추출한 다음 요약하여 고유하게 식별할 수 있게 하는 기술이다 [15-18]. 이러한 핑거프린트 기법이 갖는 차원 축소 특징을 활용하여 비디오 동기화에 적용한 Twofold 방법 [19]이 제안되었지만 FHD/UHD 등의 고해상도 영상을 실시간으로 연산하기에는 여전히 복잡한 구조와 많은 연산량을 가진다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 전체 화면 영역에서 비디오가 재생되는 경우뿐만 아니라 STB 메뉴 화면과 같이 작은 영역에서 비디오가 재생되더라도 오검출률이 낮고, 안정적인 샷 경계 검출이 가능한 개선된 지역 방향 패턴 기반의 비디오 샷 경계 검출 방법을 제안한다. 기존 방법에서 발생했던 평평한 지역과 잡음에 민감한 LDP를 개선(eLDP)하여 카메라의 움직임이나 물체의 이동, 회전뿐만 아니라 평평한 지역, 그리고 잡음에도 더욱 강인한 샷 경계 검출 성능을 기대할 수 있으며, RGB 색상의 일정 비트와 eLDP 코드를 결합해 최종적인 샷 경계를 검출하는 방법을 제안한다.

또한, 이렇게 검출된 샷 경계를 기준으로 FHD/UHD

해상도에서도 실시간 연산이 가능하도록 간결한 구조의 차원 축소의 특성을 갖는 원 화소 값 기반 핑거프린트를 생성하고, 생성된 질의 및 참조 핑거프린트 간 PSNR을 계산하여 극대점 비교를 통해 비디오의 프레임 단위 동기를 일치시키는 방법을 제안한다.

## 2. 개선된 지역 방향 패턴(eLDP) 기반의 비디오 샷 경계 검출

본 논문에서는 개선된 지역 방향 패턴과 주요 RGB 색상 비트를 결합한 특징 히스토그램을 기반으로 하는 검출 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 기존의 LDP에서 평평한 지역에서 일관적이지 못한 코드를 발생시키는 문제를 디폴트(default) 코드를 적용함으로써 해결하고자 한다. 또한, 기존 연구에서 선별된 색상 비트 중 주요한 비트를 ITU-R 규격에 따라 새롭게 결정하였다.

### 2.1 개선된 지역 방향 패턴

개선된 지역 방향 패턴(eLDP, enhanced Local Directional Pattern) 코드는 영상의 형태 정보를 표현함과 동시에 평평한 지역에서는 디폴트 코드를 취함으로써 평평하거나 그렇지 않은 지역에 대한 텍스처 패턴의 구분이 가능하다. 우선 각 화소에 대한 형태 정보를 코드화하기 위해, Kirsch 에지 검출기를 이용하여 에지 반응 값을 구한다[14]. 계산된 Kirsch 에지 반응 값을 기반으로, 기본적인 eLDP 코드 생성은 아래 수식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$eLDP(x) = \begin{cases} 2^{3*}i_s(x) + i_t(x), & m_f(x) \geq T_m \\ 0, & m_f(x) < T_m \end{cases} \quad (1)$$

위 수식에서  $x$ 는 화소의 위치를,  $i_s$ 와  $i_t$ 는 현재 화소에 대한 Kirsch 에지 반응 값이 가장 큰 방향인  $m_f(x)$ 에 대하여 두 번째, 세 번째로 반응 값이 큰 방향 사이의 상대적인 인덱스를 1~7중 하나의 정수로 나타내며,  $T_m$ 은 평평한 지역을 구분하기 위한 임계치를 나타낸다.

Fig. 3은  $i_s$ 와  $i_t$ 를 구하는 예를 보여준다. (a)는 원본 영상을, (b)는 Kirsch 마스크를 통해 구한 (a) 영상의 Kirsch 에지 반응 값을, (c)는 에지 반응 값이 가장 큰

화소를 기준(0)으로 하여 반시계방향으로 인덱싱을 한 결과를 보여준다. eLDP는 전통적인 LDP와는 다르게 8bit 대신 6bit로 표현할 수 있다. 기존 방법에서는 예지 반응 값이 가장 큰 세 개의 방향에 대해 코드를 1로 할당하여 총 8bit로 표현했다면, 제안하는 방법에서는 예지 반응 값이 두 번째, 세 번째로 큰 방향의 인덱스를 예지 반응 값이 첫 번째로 큰 방향을 기준으로 설정하여 각각  $i_s$ 와  $i_t$ 에 할당한다. 이는  $i_f$ 를 기준으로 나머지 두 방향에 대한 상대적인 방향의 위치 차이를 코드화함으로써 회전 불변의 특성을 갖게 한다. 또한,  $m_f(x)$ 의 크기를 임계값  $T_m$ 과 비교함으로써 만약  $m_f(x)$ 이  $T_m$ 보다 작다면 해당 화소  $x$ 에 대하여 디폴트 코드로 0을 할당한다. 이는 평평한 지역에 대한 구분 능력을 부여하여 더욱 안정적인 코드 생성을 가능하게 한다. 임계치  $T_m$ 보다  $m_f(x)$ 가 크면 상대적인 방향의 차이가 0이 나올 수 없으므로, 비트 수를 늘리지 않고도 디폴트 코드를 부여할 수 있다.

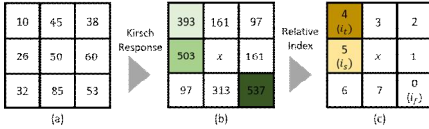


Fig. 3. Example of assigning relative index  $i_s$  and  $i_t$

### 2.2 RGB 색상 및 eLDP 코드를 결합한 특징 생성

특징 생성을 위한 기존 방법에서는 24 bits의 RGB 중 각 채널 당 상위 4 bits를 사용해 총 12 bits만을 사용하거나[10], 이를 반으로 줄인 뒤 LBP와 결합하여 특징 벡터를 생성하였다[12]. 하지만 위 방법들은 각 R, G, B 채널의 가중치를 고려하지 않고 균일하게 비트를 취하였다. 이에 제안하는 방법에서는 ITU-R 규격에 따라 각 채널에서 선정되는 비트 수를 다르게 결정한다. 먼저, ITU-R BT.601-7 권고안[20]에 따르면 RGB 영상을 휘도 신호로 변환하는 것은 아래 수식 (2)와 같다.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (2)$$

이는 사람의 눈에 더 민감한 색상에 큰 가중치를 주는, 과장의 비시감도(relative visibility)에 따라 계산된 수식이다. 이에 따라 제안하는 방법에서는 Fig. 4와 같이 가중치를 고려하여 G 채널에서는 세 개, R 채널에서는

두 개, B 채널에서는 한 개씩 총 6 bits를 선정하였다.

$R_7$	$R_6$	$R_5$	$R_4$	$R_3$	$R_2$	$R_1$	$R_0$
$G_7$	$G_6$	$G_5$	$G_4$	$G_3$	$G_2$	$G_1$	$G_0$
$B_7$	$B_6$	$B_5$	$B_4$	$B_3$	$B_2$	$B_1$	$B_0$

Fig. 4. Color bits considered in the proposed method

색상 정보와 eLDP 코드를 결합하면 Fig. 5와 같은 총 12 bits의 특징이 생성된다. 즉 최종적으로 추출된 특징은  $2^{12} = 4096$ 개의 종류로 구성되며, 이는 영상을 4,096개 빈(Bin)으로 구성된 히스토그램으로 재구성할 수 있음을 의미한다.

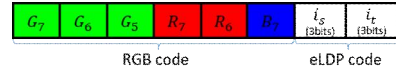


Fig. 5. Final feature combined color information with eLDP code

### 2.3 히스토그램 비교를 통한 샷 경계 검출

제안하는 방법에서는 색상 정보와 eLDP 코드가 결합된 특징(CeLDP)의 빈도를 누적함으로써 히스토그램을 구성하며 이는 다음 수식 (3)과 같다.

$$H_k(\tau) = \sum_{x=1}^X f(CeLDP(x), \tau) \quad (3)$$

$$f(a, \tau) = \begin{cases} 1, & a = \tau \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (4)$$

수식 (3)과 수식 (4)에서  $\tau$ 는 CeLDP 코드를 나타내며, 수식 (3)은 모든 화소  $x$ 에 대해 CeLDP를 계산하여 구해진 각 프레임, 즉  $k$ 번째 영상의 히스토그램  $H_k(\tau)$ 를 나타낸다. 여기서 생성된 CeLDP 코드에 대한 히스토그램 할당 함수  $f$ 는 수식 (4)와 같으며, 입력된  $k$ 번째 영상으로부터 생성한 CeLDP 코드  $a$ 에 대하여 총 4096개의 빈에서 일치하는 CeLDP코드  $\tau$ 의 빈도를 증가시킨다. 이와 같이 구해진 히스토그램을 이용하여 인접한 영상 사이의 각 히스토그램 간의 차이 값을 특정 임계치와 비교하여 임계치보다 높으면 샷 경계로서 검출하게 된다. 아래 수식 (5)는 현재 영상과 이전 영상 사이의 히스토그램 차이를 구하는 방법을 나타낸다.

$$D(i) = \sum_{b=0}^{B-1} |H_k(b) - H_{k-1}(b)| \quad (5)$$

여기서  $B$ 는 히스토그램 빈의 개수를 의미하며 4,096이 된다.  $D(i)$ 는 하나의 1차원 신호로 표현할 수 있다. 이 신호는 스무딩을 통해 히스토그램 차이 계산으로 인해 발생한 작은 변화를 제거할 수 있다. 스무딩된 신호를  $D_{smooth}(i)$ 라 하면, 해당 신호를 통해 같은 샷 내에서는 작은 값을, 샷의 경계에서는 값이 커지게 되어 잡음과 구분된다. 샷 경계를 구분하는 임계치는  $D_{smooth}(i)$  신호의 최댓값의 일정 비율을 취함으로써 설정한다. 이러한 방식을 통해 비디오 샷은 영상 시퀀스에서 CeLDP 히스토그램 상에서 갑작스런 변화가 일어났을 때만 검출하는 것이 가능하다.

### 3. 프레임 단위 비디오 동기화

제안된 프레임 단위 동기화 방법은 다음과 같다. 우선 각 입력 비디오에 대하여 앞서 기술한 샷 단위 분할을 실시하고, 비디오 핑거프린트를 생성한다. 질의 비디오 및 참조 비디오에서 각각 생성된 핑거프린트를 기준점에 대하여 한 프레임 단위로 시프트하며 PSNR을 계산하고, 극대화 순간에 대한 시간차를 산출함으로써 두 비디오의 최종 동기화를 이룬다.

$$S_k \ni \{I_t(x, y), I_{t+1}(x, y), \dots, I_{t+T}(x, y)\} \quad (6)$$

수식 (6)은  $k$ 번째 샷  $S_k$ 를 나타내며, 제안된 샷 검출 방법에 의하여  $I_t$  및  $I_{t+T+1}$  프레임에서 샷 경계가 검출될 때, 각 프레임은 새로운 샷 경계가 검출되기 전까지 직전 검출된 샷  $S_k$ 의 소속 프레임으로 결정 된다.

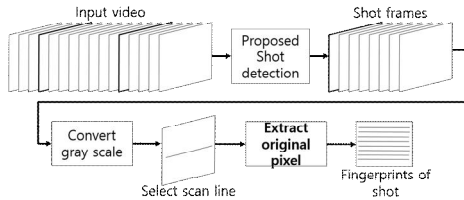


Fig. 6. Shot-based fingerprint generation process

Fig. 6은 핑거프린트 생성 과정으로, 이를 나타낸 수

식 (7)은 샷  $S_k$ 의 핑거프린트  $F_k$ 를 생성하는 방법을 나타낸다. 여기서  $I_j$ 는  $t$ 에서  $t+N$  사이의 프레임을 나타내고, 프레임의 세로 해상도에 대하여  $Y/2$ 열 위치의 각 화소  $x$ 를 취함으로써 중앙 스캔라인을 결정한다.

$$F_k(x, j) = I_j\left(x, \frac{Y}{2}\right), \text{ where } t \leq j < (t+N) \quad (7)$$

입력 비디오 프레임에서 세로 해상도의 중앙 스캔라인을 유지하는 이러한 단순한 구조는 고해상도 비디오에서 빠르게 연산하기 위해 주요한 요소이다. 스캔라인을 이용한 핑거프린트를 추출한 후에는 수식 (8)과 같이 각 입력 비디오를 참조 비디오와 질의 비디오로 하여 핑거프린트간 PSNR을 이용하여 동기화를 위한 연산을 수행한다.

$$MSE = \frac{1}{XJ} \sum_{j=0}^J \sum_{x=0}^X [F_{k_{ref}}(x, j) - F_{k_{req}}(x, j+l)]^2, \text{ where } 0 \leq j < J$$

$$PSNR = 10 \cdot \log\left(\frac{MAX_F^2}{MSE}\right) \quad (8)$$

여기서,  $F_{k_{ref}}$ 는 참조 비디오의 핑거프린트를,  $F_{k_{req}}$ 는 질의 비디오로부터 추출한 핑거프린트를 나타내며 PSNR을 산출하고  $MAX(PSNR)$ 상태의  $l$  값은 질의 비디오와 참조 비디오의 동기화를 위한 시간차로 나타난다.

### 4. 실험 결과

제안하는 샷 경계 검출 방법의 성능평가를 위해 RGB 히스토그램 기반[10], RGB+RILBP 히스토그램 기반[12], 그리고 제안하는 방법을 이용한 비디오 샷 경계 검출을 수행하였다. 실험을 위한 환경으로는 Intel i7 CPU, 16GByte RAM, Quadro K2200d GPGPU와 KT Skylife STB를 활용하였으며, 24 시간동안 비디오 샷 경계 검출을 수행하여 그 결과를 분석하였다. Fig. 7은 전체 비디오 중 세로축의 시간  $[t_0 \sim t_1]$ 의 흐름에 따라 각 방법에서 검출한 영상들(#1~#8)을 나타낸다. 먼저 RGB[10]는 네 개의 샷 경계(#1~#4)를 검출하였는데, Fig. 7의 영상 #1과 #2를 비교해 보면 메뉴 화면에서 암전에 의한 Fade

In 효과가 일어난 것을 볼 수 있다. 어두운 화면에서 점 점 밝아지면서 영상의 색상 분포에 큰 변화가 일어나, 이를 샷 경계로 오검출하는 결과를 보였다. RGB+RILBP[12]는 한 개의 샷 경계(#5)만을 검출하였다. 영상 내에 또 다른 샷 경계가 존재하지만 이를 검출하지 못했다. 마지막으로 제안하는 방법은 세 개의 샷 경계(#6~#8)를 검출하였는데, 색상의 변화에도 오검출하지 않으면서 요구하는 샷 경계를 적절히 검출했음을 보인다.

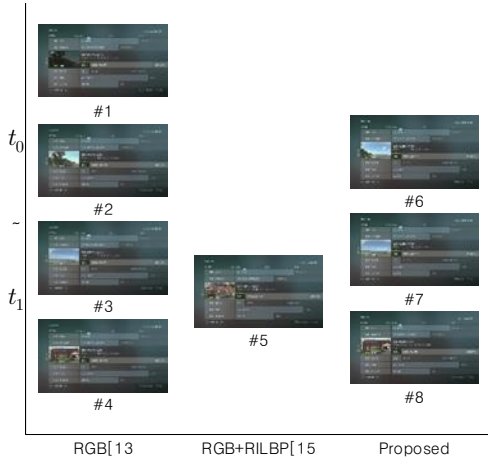


Fig. 7. Shot boundary detection result

각 방법을 통해 검출한 샷 경계 검출 성능의 정량적인 평가를 위해 본 논문에서는 False Discovery Rate(FDR)[21]를 이용하였다.

$$FDR = \frac{TP}{(TP+FP)} * 100 \quad (9)$$

FDR은 수식 (9)와 같이 계산되며, TP(True Positive)는 검출한 샷 경계 중 올바르게 검출한 샷 경계의 수를, FP(False Positive)는 오검출한 샷 경계의 수를 의미한다. Table 1은 각 샷 경계 검출 방법에 대한 TP, FP, FDR을 나타낸다.

Table 1. FDR comparison of proposed shot boundary detection method

	RGB[10]	RGB+RILBP[12]	Proposed
TP	2894	1842	2589
FP	623	249	287
FDR	17.71%	11.91%	9.98%

FDR은 그 값이 작을수록 샷 경계 검출 성능이 뛰어나다. RGB[10]는 검출한 영상이 가장 많으면서도 FDR이 가장 높아 다른 방법들에 비해 검출 성능이 낮고, RGB+RILBP[12]는 다른 방법과의 TP 수를 비교했을 때 올바른 샷 경계를 검출하는 빈도가 낮음을 알 수 있다. 제안하는 방법은 FDR 값을 통해 검출한 샷 중 잘못된 샷 경계를 검출하는 비율이 9.98%로, 오검출률이 가장 낮은 것을 알 수 있다. 즉, 제안하는 방법은 기존 방법들보다 샷 경계 검출 성능이 우수함을 확인하였다.

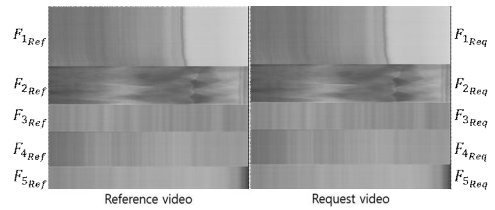


Fig. 8. Fingerprints of reference and query video

Fig. 8은 실제 STB를 사용하여, 60fps의 UHD-HDMI STB 입력 신호를 갖는 서로 다른 채널에서 시간차를 두고 입력된 비디오에 대한 실험 결과이다. 제안된 샷 경계 검출 방법에 의해 참조 및 질의 비디오 각각의 핑거프린트  $F_{1\_Ref} \sim F_{5\_Ref}$  및  $F_{1\_Req} \sim F_{5\_Req}$ 가 분류되었다. Fig. 9는 Fig. 8의 핑거프린트간 PSNR 산출 결과 중 참조 핑거프린트의 10번, 즉 참조 비디오의 열한 번째 프레임의 스캔라인부터의 질의 핑거프린트의 각 스캔라인에 대한 평가 결과를 나타낸다. 실험으로부터 확인된 핑거프린트간 PSNR 값이 극대화되는 순간, 즉  $MAX(PSNR)$ 은 수식 (10)과 같다. 즉, 질의 비디오의 0번, 즉 첫 번째 프레임이 참조 비디오의 10번, 즉 열한 번째 프레임과 일치하며, 이를 시간으로 환산하면 11/60, 즉 0.183초의 시간차로 동기화됨을 알 수 있다.

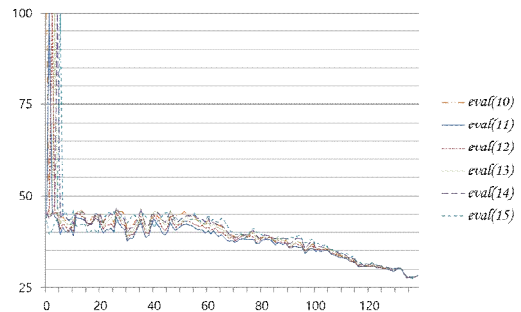


Fig. 9. PSNR calculation result using fingerprint

$$\begin{aligned}
 &PSNR_{MAX}(F_{1_{Ref}}(x,10), F_{1_{Req}}(x,0)) & (10) \\
 &PSNR_{MAX}(F_{1_{Ref}}(x,11), F_{1_{Req}}(x,1)) \\
 &PSNR_{MAX}(F_{1_{Ref}}(x,12), F_{1_{Req}}(x,2)) \\
 &PSNR_{MAX}(F_{1_{Ref}}(x,13), F_{1_{Req}}(x,3)) \\
 &\dots
 \end{aligned}$$

Fig. 10은 제안하는 샷 경계 검출 및 동기화 방법을 적용한 STB 품질검사 시스템의 사용자 인터페이스를 나타낸다. 제안된 시스템은 동시 4채널 UHD-HDMI 입력에 대하여 별도의 수작업에 의한 기준 영상 설정 또는 준비가 필요 없고, 입력 채널간 비디오 프레임의 동기화 처리를 바탕으로 STB를 위한 실시간 품질 검사 자동화가 가능하며, 동기화된 비디오 프레임과 품질검사 진행 정보를 시각화함으로써 품질관리 인력의 품질관리 업무를 효과적으로 보조할 수 있음을 확인하였다. 또, 향후 연구를 통해 제안된 방법을 바탕으로 STB를 위한 대규모 품질검사 방법을 연구하여 현장 실무를 위한 보다 효과적인 품질검사 체계를 제안하고자 한다. 이를 통해 품질검사 업무의 생산성을 극대화하고 정량적 품질검사 결과를 바탕으로 제품 개선을 위한 의사결정을 보다 체계적으로 보조할 수 있을 것으로 기대한다.



Fig. 10. Monitoring UI of automated STB quality inspection system applying proposed method

## 5. 결론

본 논문에서는 STB 품질검사를 위한 개선된 지역 방향 패턴(eLDP) 기반의 비디오 샷 경계 검출 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 카메라의 움직임이나 물체의 이동, 회전뿐만 아니라 평평한 지역 및 잡음에도 더욱 강인한 검출 성능을 보였다. RGB 색상의 일정 bit와 eLDP 코드를 결합함으로써 특징을 더욱 강인하게 하였고, 이를 이용해 전체 화면 영역에서 비디오가 재생되는

경우뿐만 아니라 STB 내장 UI의 메뉴 화면과 같이 작은 영역에서 비디오가 재생되더라도 오검출률이 낮은 안정적인 샷 경계 검출이 가능했다. 또한, 제안된 샷 경계 검출 방법을 STB 자동 품질 검사 시스템에 적용하여 채널 간 동기화에 대한 신뢰성을 높였고, 실시간 처리가 가능한 안정적인 샷 경계 검출률을 확보하였다.

제안된 동기화 방법 역시 핑거프린트가 가지는 차원 축소의 특징을 유지함과 동시에 간결한 구조로 원 데이터를 보존하여 UHD/60fps 환경에서도 한 프레임의 오차가 없이 검출 가능하여 STB 품질검사에 적용할 수 있음을 확인 하였다. 또 후속 연구를 통해 제안 방법을 바탕으로 대규모 품질검사 지원체계를 제안하고자 하며, 이를 통해 품질관리 업무의 생산성 제고 및 품질개선을 위한 보다 체계적인 의사결정 보조가 가능할 것으로 기대한다.

## REFERENCES

- [1] S. Y. Min, S. H. Park & N. H. Lee. (2011). SW Quality of Convergence Product: Characteristics, Improvement Strategies and Alternatives. *Journal of Convergence for Information Technology*, 1(1), 19-28.
- [2] D. H. Kim, Y. J. Jung & J. E. Hong. (2016). Analysis of Refactoring Techniques and Tools for Source Code Quality Improvement. *Journal of Convergence for Information Technology*, 6(4), 137-150.
- [3] H. J. Jung. (2017). The Quantity Data Estimation for Software Quality Testing. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(10), 37-43.
- [4] D. H. Byun. (2012). Methodology for Measuring the Quality of Three-Dimensional Television. *Journal of Digital Convergence*, 10(4), 1-9.
- [5] Tae-Kyung Cho. (2015). The Study on the Performance Evaluation of IPTV according to the increase of network traffic on the Internet Environment. *Journal of Digital Convergence*, 13(11), 179-185.
- [6] J. Bach. (2004). Exploratory testing. *The testing practitioner*, 253-265.
- [7] D. H. Kim & Y. Kim. (2018, Feb). A New Exploratory Testing Method for Improving the Effective IP Set-Top Box Test. *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 23(2), 9-16.
- [8] stb-tester. *Automated Testing for Set-Top Boxes and Smart TVs*, <http://Stb-tester.com> [Accessed 18 Jan. 2019].
- [9] J. S. Boreczky & L. A. Rowe. (1996). Comparison of video

- shot boundary detection techniques. *Journal of Electronic Imaging*, 5(2), 122-128.
- [10] J. Mas & G. Fernandez. (2003). Video shot boundary detection based on color histogram. *Notebook Papers TRECVID2003*, Gaithersburg, Maryland, NIST.
- [11] A. Nagasaka & Y. Tanaka. (1992). Automatic video indexing and full-video search for object appearances. *Journal of Information Processing*, 15(2), 316.
- [12] K. O. Ahn, et al. (2015). Video Shot Boundary Detection based on Color and LBP code for Remote Smart Collaboration. *IEEK summer conference*, pp. 593-596.
- [13] T. Ahonen, A. Hadid & M. Pietikainen. (2006). Face description with local binary patterns: Application to face recognition. *IEEE transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 28(12), 2037-2041.
- [14] T. Jabid, M. H. Kabir & O. S. Chae. (2010, Aug). Local directional pattern (LDP) - A robust image descriptor for object recognition. *In Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), 2010 Seventh IEEE International Conference on*, 482-487.
- [15] S. I. Lee & C. D. Yoo. (2008). Robust video fingerprinting for content-based video identification. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 18(7), 983-988.
- [16] J. Song, Y. Yang, Z. Huang, H. Shen & J. Luo. (2013). Effective multiple feature hashing for largescale near-duplicate video retrieval. *IEEE Transactions on Multimedia*, 15(8), 1997-2008.
- [17] X. Lv & Z. J. Wang. (2013). Compressed binary image hashes based on semisupervised spectral embedding. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 8(11), 1838-1849.
- [18] S. C. Hwang. (2014). Development of Video Watermark System for Low-specification System as Android Platforms. *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 19(7), 141-149.
- [19] M. Li & V. Monga. (2014). Twofold video hashing with automatic synchronization. *2014 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 5362-5366.
- [20] ITU. (2011). *Recommendation ITU-R BT.601-7*, Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide-screen 16:9 aspect ratios.
- [21] Y. Benjamini, & Y. Hochberg. (1995). Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal statistical society: series B (Methodological)*, 57(1), 289-300.

## 조 영 탁(Youngtak Cho)

[정회원]



- 2003년 2월 : 경희대학교 전자계산공학(학사)
- 2005년 2월 : 경희대학교 컴퓨터공학과(석사)
- 현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과(박사 과정 수료)

- 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 머신러닝
- E-Mail : youngtak.cho@gmail.com

## 채 옥 삼(Oksam Chae)

[정회원]



- 1982년 : 오클라호마 주립대학교 전기 및 컴퓨터공학(석사)
- 1986년 : 오클라호마 주립대학교 전기 및 컴퓨터공학(박사)
- 1986년 ~ 1988년 : Texas Instrument Image Processing Lab

- 1988년 ~ 현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 멀티미디어 데이터 처리 환경, 침입자 감지 시스템, 센서 네트워크, 치과 의료 영상 처리
- E-Mail : oschae@khu.ac.kr