

스코어 정보를 이용한 농구 비디오의 자동요약

정희원 정철곤*, 김의진**, 이광국**, 김회율**

Automatic Summarization of Basketball Video Using the Score Information

Cheolkon Jung*, Eui-Jin Kim**, Gwang-Gook Lee**, Whoi-Yul Kim** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 농구 비디오의 내용기반 자동 요약 방법을 제안하였다. 의미 있는 요약을 위해, 농구 비디오에 포함되어 있는 스코어 정보를 이용하였다. 스코어 정보는 비디오에 포함된 스코어 자막의 숫자들을 인식한 후, 인식된 스코어의 변화를 분석함에 의해 획득된다. 일반적으로 농구경기의 중요한 이벤트는 3점 슈트, 일방적 리드, 역전 등이다. 제안된 요약방법은 스코어 정보를 활용해 이러한 이벤트들을 검출하였으며, 이를 기반으로 농구 비디오의 요약 및 하이라이트를 생성하였다.

Key Words : Automatic Video Summarization, Shot Classification, Digit Recognition

ABSTRACT

In this paper, we proposed a method for content based automatic summarization of basketball game videos. For meaningful summary, we used the score information in basketball videos. And the score information is obtained by recognizing the digits on the score caption and analyzing the variation of the score. Generally, important events of basketball are the 3-point shot, one-sided runs, the lead changes, and so on. We have detected these events using score information and made summaries and highlights of basketball video games.

I. 서론

멀티미디어 데이터의 사용의 급격한 증가에 따라 사용자가 많은 분량의 비디오 데이터의 내용을 빠르게 파악할 수 있도록 하는 기술에 대한 요구가 증가하고 있다. 이를 위하여 대용량 멀티미디어 데이터의 내용을 자동으로 요약하여 주요장면을 선별해주는 기술에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 스포츠 경기의 요약 및 하이라이트 생성은 MCM(multimedia contents management) 분야에서 중요한 분야에 속한다. 스포츠는 보통 한 경기가 2-4시간 정도되며, 요약 및 하이라이트의 필요성이

특히 큰 장르이다. 현재 스포츠의 요약에 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있다^{[1][3]}.

기존의 스포츠 비디오 요약 방법은 일반적으로 특정 이벤트를 검출하여 중요장면을 선택하는 이벤트 기반의 방법에 의존하였다.

Ekin^[1]은 스포츠 비디오에서 경기장의 색상을 이용하여 각 장면을 경기 장면과 경기 외 장면으로 구분하는 방법을 제안하였으며, 또 이를 이용하여 축구 비디오와 농구비디오를 요약하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 경기 외 장면 제외한 경기 장면만으로 이루어진 요약 비디오를 제공하였으나, 선택된 경기 장면 가운데 어떤 장면이 중요한 장면인지

* 삼성종합기술원 컴퓨팅랩 (ckjung91@hanmail.net)

** 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부 (ejkim, nohoho)@vision.hanyang.ac.kr, wykim@hanyang.ac.kr
논문번호 : KICS2007-02-084, 접수일자 : 2007년 2월 23일, 최종논문접수일자 : 2007년 6월 7일

에 대한 고려는 포함되어 있지 않았다.

Pan^[2]은 스포츠 영상에서 중요 장면은 슬로우 모션으로 반복하여 보여 진다는 점을 이용하여 슬로우 모션을 검출하고 주변의 경기 장면을 중요 장면으로 검출하는 방법을 제안하였다. 그러나, 이 방법은 중요한 이벤트의 검출에는 효과적이지만, 농구 비디오와 같이 이벤트가 빈번히 발생하는 스포츠 비디오에 있어서는 경기 내용을 잘 설명할 수 있는 요약물을 생성할 수 없다는 문제가 있다.

Zhou^[3]는 움직임 벡터, 색상, 경계 정보 등의 특징을 이용하여 농구경기의 장면을 왼쪽/오른쪽 코트에서의 공격, 덩크슛, 경기 외 장면 등의 9개 장면으로 구분하는 방법을 제시하였다. 그러나, 이 방법은 구분된 이벤트들 가운데 중요한 이벤트를 선택하여 요약비디오를 제공하는 방법을 제시하지는 못하였다.

농구 경기는 여타의 스포츠에 비해 경기의 진행이 빠르고 득점이 자주 발생하는 특징을 가지고 있다. 이로 인해 각각의 득점 장면이 갖는 중요도는 여타의 스포츠에 비해 매우 작다. 즉, 의미가 있는 득점 장면을 추출하여 요약하는 것이 농구 경기에서 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 숫자 인식을 통해 스코어를 인식하고 스코어의 변화에 따라서 역전, 추격 등 경기내용의 흐름상 중요한 장면을 검출하여 요약 비디오를 생성하는 방법을 제안한다. 이러한 방법은 득점 정보를 이용해 경기를 요약하기 때문에 득점과 상관없이 발생하는 주요 장면은 요약에 포함되지 않는다.

본 논문에서 제안된 방법은 그림 1과 같다. 입력 비디오 영상에 대하여 우선 스코어 영역을 자동으로 추출하기 위한 초기화 과정이 수행된다. 스코어 영역을 추출한 이후에는 장면분할과정으로서, 영상이 샷 단위로 분할되는 장면전환검출, 검출된 각 장면을 경기 장면과 경기 외 장면으로 분류하는 장면분류, 그리고 숫자 인식을 통해 스코어를 인식하는 스코어 인식단계가 수행된다. 비디오 전체에 대하여 장면 분할이 완료된 이후에는 추출된 정보를 통해 중요 장면을 선택하여 요약 비디오가 생성된다.

II. 초기화 단계

스코어 인식을 통한 자동화된 농구 비디오 요약을 위해 우선 비디오 프레임 내에서 스코어 영역을 결정하는 초기화 과정이 필요하다. 이 초기화 단계에서는 우선 문자가 있을 것으로 생각되는 영역을

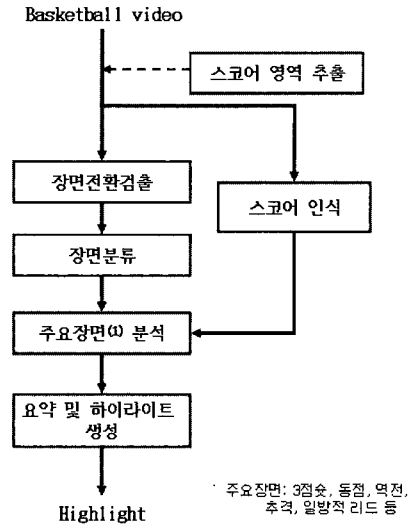


그림 1. 제안된 방법의 블록도

검출하여 스코어 후보 영역을 선택하고, 숫자 인식을 통해 후보 영역 가운데서 스코어 영역을 결정한다.

2.1 스코어 후보영역 검출

비디오 혹은 이미지 내에서 자동화된 문자 위치 결정은 그 다양한 응용 가능성으로 인해 많은 연구가 되어 왔다^{[4][5]}. 본 논문에서는 문자 후보 영역 결정을 위해 Wolf 등에 의해 사용된 방법을 이용하였다^[4]. 이 방법은 문자 영역은 많은 수직 에지를 포함하고 있다는 사실을 이용한다. 이 방법은 수식 (1)과 같이 표현된다. 수식 (1)에서 I 는 입력 영상이며, x 와 y 는 영상 내의 픽셀의 좌표이다. 이는 x 방향으로 누적된 그래디언트를 계산함으로써 수직 에지에서 높은 응답을 내는 필터로 동작한다.

$$A(x, y) = \sum_{i=-t}^t \frac{\partial I}{\partial x}(x+t, y) \quad (1)$$

수식 (1)에 의한 필터에 의해 얻어진 결과 영상이 그림 2에 나타나 있다. 그림 2의 (a)는 입력 영상이며, (b)는 수식 (1) 필터 결과 중 상위 10%의 값을 갖는 픽셀만을 이진화하여 표시한 것이다

그림 2의 (b)에서 앞서 설명된 필터의 결과로 스코어 영역 부분에서 필터의 응답이 높게 나오지만, 스코어 영역 이외의 다른 부분에서도 높은 응답이 많이 나오는 것을 볼 수 있다. 이러한 잡음 부분을 제거하기 위해서, 사용자에게 정보를 전달하기 위해 삽입된 객체의 경우 최소 2-3초 이상 제자리에서 움직이지 않는다는 사실 이용하였다. 즉, 강한 수직

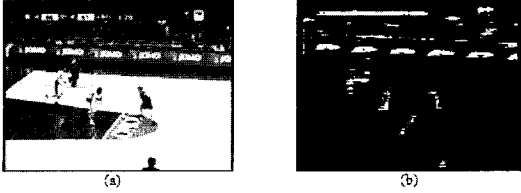


그림 2. 수직 에지 검출에 의한 후보영역 추출 결과.
(a) 입력 영상, (b) 수직 에지 검출 결과

에지가 1초 이상 계속 등장하는 영역을 스코어판 후보 영역으로 두고, 이 후보 영역들을 일정 시간 누적하여 누적된 결과 값이 누적된 최대값의 30% 이상의 값을 갖는 부분을 스코어판 영역으로 결정하였다. 그림 3은 이러한 방법에 의해 선택된 스코어판 영역을 보여 주고 있다. 그림 중하단의 분홍색으로 표시된 영역은 강한 수직 에지를 갖지만, 그것이 일정 시간이상 유지되지 않는 부분이며, 그림 상단의 연두색으로 표시된 영역은 일정 시간 동안 같은 위치에 발생하는 수직 에지로서 스코어판 영역이 잘 검출된 것을 확인할 수 있다. 그림에서 보는 바와 같이 광고판의 경우는 수직에지를 갖지만, 수직에지가 카메라의 움직임으로 인해 일정시간 유지되지 않기 때문에 분홍색으로 표시된다.

2.2 스코어 위치 결정

스코어판에는 양 팀의 스코어 뿐만 아니라 쿼터, 시간 및 팀 이름 등의 다양한 정보가 존재한다. 따라서, 이 중 스코어 영역만을 찾아내는 것이 필요하다. 이를 위해 스코어 후보 영역 내의 각 문자에 대해 숫자 인식이 수행하며, 일정 시간 동안 숫자 인식 결과를 분석하여 스코어판 내에서 스코어의 위치를 결정하게 된다. 화면에 나타난 여러 숫자 정보 중 시간은 주기적으로 1씩 감소하며 변화하고, 스코어의 경우는 1, 2 혹은 3의 불규칙적인 증가가 발생한다. 또, 쿼터 정보는 쿼터 내에서 계속 같은 숫자를 유지하게 된다. 이 외의 다른 숫자 또는 잡음은 변화가 없거나 불규칙적으로 변화한다. 이러한 숫자 정보의 규칙성을 이용하여 각 숫자 영역의 숫자가 2 또는 3씩 증가하는 경우가 가장 많은 2곳의 영역을 양 팀의 스코어 영역으로 결정한다.

III. 장면분할

3.1 장면전환검출

동영상을 장면 단위로 구분하는 장면 전환 검출은 대부분의 동영상 분석 및 요약에 위한 필수적인

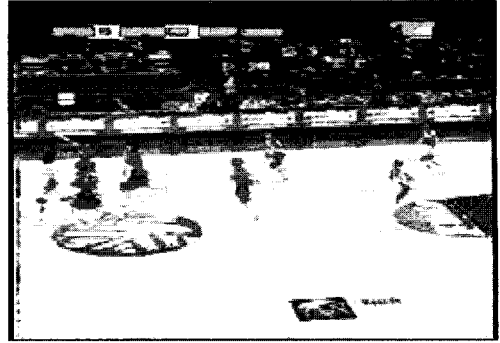


그림 3. 스코어 후보 영역 검출 결과

처리과정이다. 장면전환의 종류에는 장면과 장면 사이가 어떠한 특수효과도 없이 갑자기 바뀌는 급격한 장면전환과 장면전환 사이에 디졸브(dissolve) 혹은 와이프(wipe) 등이 발생하는 점진적인 장면전환이 있다.

본 논문에서 급격한 장면 전환을 검출하기 위해서는 Yusoff 등에 의해 제안된 적응 임계값을 사용하였다⁵⁾. 이 방법은 연속한 두 장의 영상의 차이를 임계값과 비교하여 장면전환 검출을 판단하는 방법인데, 임계값을 적응적으로 설정하여 주기 위하여 지역적 통계치가 사용되므로 영상의 변화에 따라 임계값이 적절히 변하는 장점이 있다.

점진적 장면 전환을 검출하기 위해서는 Bescos 등에 의해 제안된 방법이 사용되었다⁶⁾. 이 방법은 현재 프레임과 k 프레임만큼 떨어진 이전 프레임과의 거리를 비교하는 방법으로, 점진적 장면전환 발생시 이 거리의 변화가 고원 모양을 형성한다는 관찰에 기반한다. 이러한 프레임간 거리의 변화가 나타내는 대칭성 및 증가성 등의 특징을 검출하여 점진적 장면전환을 검출한다

3.2 장면분류

농구 비디오는 경기 장면과 경기 외 장면이 반복적으로 이루어져 있다. 경기 장면에서는 경기장의 한쪽 부분에 설치된 메인 카메라로 필드를 전체적으로 비추며 경기의 전체적인 모습을 보여 준다. 득점이나 반칙, 작전 타임 등으로 인해 경기가 잠시 멈추어 있을 경우에는 경기 외 장면이 선수의 클로즈업이나 관중석 등 경기 외 장면이 나타나게 된다. 이 중 경기 외 장면은 경기의 진행과는 관계없는 내용을 담고 있는 경우가 대부분이므로 요약 비디오에는 포함되지 않는 것이 바람직하다.

그림 4는 경기 장면과 경기 외 장면의 예를 보여

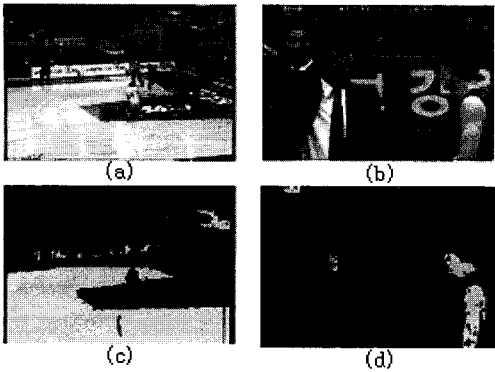


그림 4. 장면 분류의 예: (a) 경기 장면, (b) 경기 외 장면, (c) 경기 장면 내의 경기장 색상 비율, (d) 경기 외 장면 내의 경기장 색상 비율

준다. 그림 4의 (a)는 경기 장면의 예이며, (b)는 경기 외 장면의 예이다. 그림 4의 (c)는 (a)내에서 경기장 색상을 가진 픽셀만을 표시한 것이며, (d)는 비경기 장면에서 경기장 색상을 가진 픽셀을 표시한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, 경기 장면은 경기 외 장면과 달리 경기장 색상을 가진 픽셀이 나타나며, 또 응집해 있는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 경기 장면을 구분하기 위하여 이러한 특징을 이용하였다. 이 과정은 다음의 그림 5에 설명되어 있다. 여기서 R_r 는 영상 전체에서 경기장 색상을 갖는 픽셀의 비율이며, R_b 는 경기장 색상을 갖는 부분의 바운딩 박스 내에서 경기장 색상을 갖는 픽셀의 비율이다. 실험에 의해 설정된 임계값과 R_r , R_b 를 비교하여 경기 장면과 경기 외 장면을 구분하게 된다.

이렇게 훈련된 신경망을 이용하여 비디오 영상 내에서 매 15 프레임마다 스코어 인식을 수행하였다. 또, 잘못된 스코어 인식으로 인한 오류를 피하기 위하여 농구 경기에서 스코어는 감소할 수 없다는 사실을 이용하였다. 즉, 스코어 인식 결과로 얻어진 스코어가 이전 프레임의 결과보다 이전 프레임의 인식 결과를 이용하였다. 실제 농구 비디오에서 추출된 약 3,000장의 숫자 영상을 이용하여 훈련된 신경망을 이용하여 숫자 인식 성능을 실험한 결과 약 96%의 정확도를 나타내었다.

IV. 스코어 인식

스코어 분석을 통한 비디오 요약에 위해 초기화 단계에서 얻어진 스코어 영역 내의 글자에 대하여 숫자 인식이 수행된다. 숫자 인식을 위해서는 신경

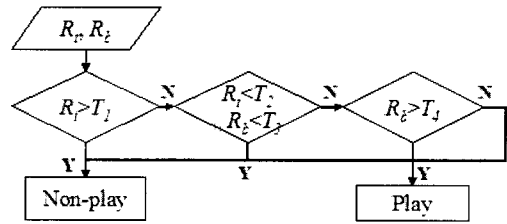


그림 5. 경기 장면과 경기 외 장면의 분류 방법

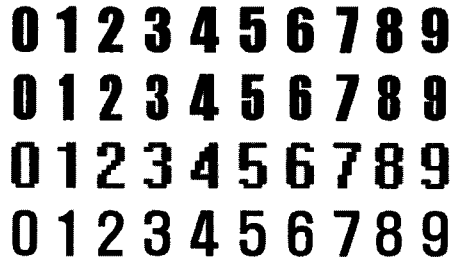


그림 6. 신경망 훈련 데이터 셋의 예

망이 사용되었으며, 신경망을 훈련시키기 위한 데이터 셋으로는 그림 6에 나타난 것과 같이 마이크로소프트 윈도우즈에서 사용되는 글자체 가운데 일반적인 스포츠 비디오의 스코어 표시에 쓰이는 글자체와 비슷한 형태를 가진 글자체들을 이용하였다. 이 글자 이미지 각각을 192개(16x12)의 입력 노드로 하고 10개의 출력 노드(숫자 0~9)를 갖는 신경망을 설정하여 숫자 인식을 위한 신경망을 훈련하였다.

이렇게 훈련된 신경망을 이용하여 비디오 영상 내에서 매 15 프레임마다 스코어 인식을 수행하였다. 또, 잘못된 스코어 인식으로 인한 오류를 피하기 위하여 농구 경기에서 스코어는 감소할 수 없다는 사실을 이용하였다. 실제 농구 비디오에서 추출된 약 3,000장의 숫자 영상을 이용하여 훈련된 신경망을 이용하여 숫자 인식 성능을 실험한 결과 약 96%의 정확도를 나타내었다. 인식되지 못한 4%의 오류는 대부분이 동영상의 압축 시, 정보 손실에 의해 발생된다. 그리고 인식에 걸린 시간은 자당 약 30ms이었다.

V. 요약 비디오 생성

3장에서 설명된 방법에 의해 장면 분할 후에는 스코어 변화 분석을 통해 경기의 내용상 중요한 장면을 선택하여 요약 비디오를 생성한다. 요약에 포함되어야 하는 경기의 내용 상 흥미로운 중요 장면

표 1. 요약 비디오에 포함되는 주요장면

이벤트	발생 조건	요약 내용
일방적 리드	동일 팀이 3회 이상의 연속된 득점	구간 내의 모든 득점 장면
점전	스코어를 리드하는 팀이 2분내에 2회 이상 변동	점전 구간 내의 득점 장면
추격	7이상의 스코어 차이 발생 이후 이 스코어 차가 7이하로 떨어짐	최대 스코어 격차 득점, 추격 득점, 마지막 득점 장면
역전	리드 변동 발생 이후 3분간 리드 유지	역전 순간의 득점 장면
3점슛	3점 득점 발생	3점 득점 장면

은 일방적인 리드, 점전, 추격, 역전, 3점 득점과 같이 정의되었으며, 이는 다음 표 1에 잘 나타나 있다.

스코어 인식 결과 분석을 통해 표 1에 나타난 주요 장면이 검출이 되면 각각의 이벤트에서 요약되어야 하는 장면에 중요도가 할당된다(그림 7). 요약에 포함되는 장면은 일반적으로 이벤트 내의 득점 장면이며, 득점 발생 시점 이전에 가장 가깝게 위치한 경기 장면을 득점 장면으로 가정하였다. 검출된 중요 장면에 중요도를 할당하는 것은 한 득점 장면에 여러 이벤트가 발생할 수 있기 때문이다. 예를 들면, 3점 득점으로 역전을 하는 경우에는 두 이벤트가 하나의 장면에 모두 나타나게 된다.

스코어 분석을 통해 앞에서 설명된 주요 장면이 모두 검출되면 이를 이용해 요약 비디오를 생성한다. 이 때 사용자의 입력에 따라 가변적인 길이의 요약 비디오를 생성할 수 있으며, 비디오의 길이는 스코어 분석을 통해 각 장면에 부여된 중요도가 높은 장면부터 선택함으로써 조절된다. 또, 각각의 중요 장면에 대한 웨이트를 다르게 설정해 줌으로써 사용자의 기호에 맞는 요약 비디오를 생성하는 것도 가능하다. 예를 들면, 3점 슛 장면에 대한 중요도를 높게 설정하여 주면 3점 슛 장면이 많이 포함되어 있는 요약 비디오를 생성할 수 있다. 요약 비디오에 포함되는 장면은 득점 발생 직전의 경기 장면 중 마지막 15초만을 이용하였다. 이는 농구의 경우, 20초의 공격 제한 시간이 있어서 공격 장면이 길더라도 공격 장면의 마지막 부분만이 의미가 있는 경우가 많기 때문이다.

VI. 실험결과

제안된 방법을 검증하기 위하여 실제 농구 비디오를 이용하여 중요 장면 요약이 수행되었다. 사용된 비디오 영상은 각각 두 시간 분량의 KBS의 여

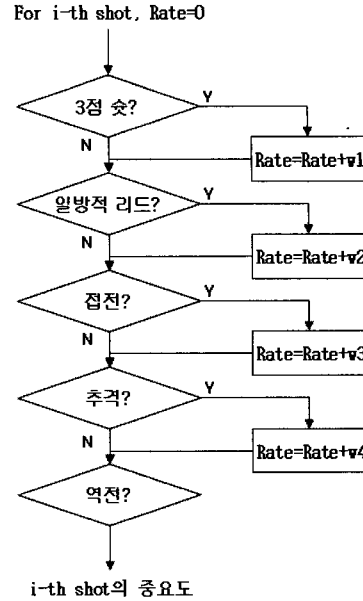


그림 7. 주요장면 분석

자 국가대표 경기와 SBS의 남자 프로 농구 영상으로 720x480의 MPEG2 비디오로 인코딩 되었다. 그림 8은 본 논문에서 개발된 농구 자동 요약 시스템의 인터페이스이다. 그림의 좌측 상단 부분이 플레이 창이며, 좌측 하단이 스코어 인식결과이며, 우측이 장면 분할과 분류결과이다.

본 연구에서 사용된 방법에 의한 장면 분류 성능 평가 결과가 아래의 표 2에 나타나 있다. 장면 분류 성능 평가를 위해서는 수식 (2)의 recall, precision measure가 이용되었다. 여기서 Recall은 재현율을, precision은 정확율을 의미한다. 수식 (2)에서 N_c 는 올바른 검출 결과의 개수, N_m 은 검출하지 못한 결과의 개수, N_f 는 잘못 검출된 결과의 개수를 나타낸다. 실험 결과 사용된 방법은 평균적으로 85%의 재현율과 정확율을 나타냄이 확인되었다. 이 결과는 Zhou 등에 의해 발표된 논문^[3]의 결과와 비슷한 성능을 나타낸다.

$$recall = \frac{N_c}{N_c + N_m} \times 100\% \tag{2}$$

$$precision = \frac{N_c}{N_c + N_f} \times 100\%$$

하지만 제안된 방법에 의해 생성된 요약 비디오는 일방적인 리드, 역전 등 경기의 주요 장면을 정확하게 포함하고 있다. 생성된 요약 비디오의 정확도를 측정하기 위해서 요약 비디오 내에서 주요 이

표 2. 장면분류 성능평가결과

	Precision	Recall
Play	85.70%	70.60%
Non-Play	82.70%	92.30%

벤트를 포함하는 주요 장면이 차지하는 비율을 측정한 결과, 약 93%의 정확도를 보였다. 여기서 7%의 오류는 부정확한 장면분할과 분류 때문에 발생하였다. 처리 시간은 스코어 영역 추출 단계는 한 프레임 당 약 180~300ms 이며, 스코어 인식 단계에서는 한 프레임 당 60ms이다.

VII. 결론

본 논문에서는 스코어 정보를 이용하여 농구 경기를 자동으로 요약하는 방법을 제안하였다. 스코어 정보는 경기 자막영역의 숫자를 인식하고, 스코어의 변화를 분석함으로써 얻어진다. 제안된 농구 요약 방법은 슬로우 모션과 같은 특정 이벤트를 검출하여 요약하는 이벤트 기반의 기존 알고리즘과는 달리 스코어 분석을 통해 중요 장면을 선택하고 하이라이트를 생성하였다. 이로 인해 경기내용 중 3점 슈트, 접전, 역전 등의 의미 있는 장면을 정확하게 선택할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 이 방법은 중요 장면임에도 특징을 얻지 못한 장면은 요약에서 제외되는 단점을 가지고 있다. 따라서 모션 정보, 오디오 정보 등을 함께 이용함에 의해 이러한 단점을 보완할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 제안된 방법은 특징이 많이 일어나는 구기종목인 배구, 핸드볼, 테니스 등에 확장하여 적용할 수 있다.

참고 문헌

[1] A. Ekin, A.M. Tekalp, "Shot Type Classification by Dominant Color for Sports Video Segmentation and Summarization," *IEEE Conf. on Acoustics, Speech, Signal Processing*, Vol. 3, pp. 173-176, 2003.

[2] H. Pan, P. Beek, M.I. Sezan, "Detection of Slow-Motion Replay Segments in Sports Video for Highlights Generation," *IEEE Conf. on Acoustics, Speech, Signal Processing*, Vol. 3, pp. 1649-1652, 2001.

[3] W. Zhou, A. Vellaikal, C.J. Kuo, "Rule-based Video Classification System for Basketball

Video Indexing," *ACM Multimedia*, pp. 213-216, 2000.

[4] C. Wolf, J.M. Jolion, F. Chassaing, "Text Localization, Enhancement and Binarization in Multimedia Document," *International Conf. on Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 11-15, 2002.

[5] Y. Yusoff, W. Christmas, J. Kittler, "Video Shot Cut Detection Using Adaptive Thresholding," *British Machine Vision Conf.*, pp. 362-372, 2000.

[6] J. Bescos, J.M. Menedez, G. Cisneros, J. Cabrera, J.M. Martinez, "A Unified Approach to Gradual Shot Transition Detection," *International Conf. on Image Processing*, Vol. 3, pp. 949-952, 2000.

[7] G. Xu, Y. Ma, H. Zhang, S. Yang, "Motion Based Event Recognition Using HMM," *International Conf. on Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 831-834, 2002.

[8] V. Kobla, D. DeMenthon, D. Doermann, "Identifying Sports Videos Using Replay, Text, and Camera Motion Features," *SPIE Conf. on Storage and Retrieval for Media Databases*, pp. 332-343, Jan. 2000.

[9] D. Zhang, D. Ellis, "Detecting Sound Events in Basketball Video Archive," *Technical Report*, Columbia University, 2001.

[10] H. Lu, Y. Ta, "Sports Video Analysis and Structuring," *IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing*, pp. 45-50, 2001.

[11] Y. Rui, A. Gupta, A. Acero, "Automatically Extracting Highlights for TV Baseball Programs," *ACM multimedia*, pp. 105-115, 2000.

[12] M. Sugano, Y. Nakajima, H. Yanagihara, "Automated MPEG audio-video Summarization and Description," *IEEE Conf. on Image Processing*, Vol. 1, pp. 956-959, 2002.

[13] 유기원, 허영식, "자막정보를 이용한 야구 경기 비디오의 자동요약 시스템," *한국방송공학회 논문지*, Vol. 7, pp. 107-113, 2002.

[14] 김종렬, 김성섭, 문영식, "뉴스 비디오 자막 추출 및 인식 기법에 관한 연구," *대한전자공학회 논문지*, Vol. 40, pp. 10-19, 2003.

