

객체의 모양 변화를 이용한 동작 표현 및 검색 방법

최민석

삼육대학교 지능정보융합학부 교수

A Method of Describing and Retrieving Movement of an Object by Using the Shape Variation of an Object

Minseok Choi

Professor, Division of AI Informatics, Sahmyook University

요약 동영상의 내용 기반 검색에 있어 객체의 움직임에 대한 정보는 내용의 분류와 구분에 있어 중요하게 이용될 수 있다. 특히 사람의 동작을 분석하고 구분하는 것은 검색뿐 아니라 다양한 분야에 활용할 수 있다. 본 논문에서는 객체의 움직임에 따라 변화하는 모양 정보를 이용하여 동작을 표현하고 구분하기 위해 제안된 모양 변화 기술자와 모양 시퀀스의 성능을 높이는 방법을 제안한다. 변화하는 객체의 모양 정보를 더 효율적으로 표현하기 위한 모양 기술자의 선택과 유사도 측정을 위해 사용되는 거리함수의 비교를 통하여 동작 정보의 표현 및 검색 효율을 높일 수 있도록 하였다. 실험을 통하여 제안된 방법이 기존의 방법에 비해 더 효율적으로 동작 정보를 표현하여 검색의 성능을 높일 수 있음을 보였다.

주제어 : 동작 검색, 모양 변화, 모양 기술자, 모양 시퀀스, 내용 기반 검색

Abstract In the content-based video retrieval applications, the information on the movement of an object can be used as important in classifying the content. In particular, analyzing and classifying human movement can be used for various purposes as well as retrieval. In this paper, a method to improve the performance of the shape variation descriptor and shape sequence to describe and classify movement using shape information that changes according to the movement of an object is proposed. By selecting a shape descriptor to more efficiently describe the shape information of an object and comparing the distance function used to measure the similarity, the description and retrieval efficiency of movement information can be increased. Through experiments, it was shown that the proposed method can describe movement information more efficiently and increase the retrieval efficiency compared to the previous method.

Key Words : Movement retrieval, Shape variation, Shape descriptor, Shape sequence, Content-based retrieval

1. 서론

미디어 환경이 디지털로 빠르게 변화하고, 모바일 미디어와 네트워크 중심으로 이동하며 멀티미디어 콘텐츠의 역할이 중요해지고 있다. 스마트폰을 비롯한 다양한 디지털 촬영이 가능한 장비의 보급과 개인 미디어

플랫폼의 확대는 디지털 형태의 멀티미디어 콘텐츠의 폭발적 증가로 이어졌다[1]. 지속해서 증가하고 있는 대량의 디지털 멀티미디어 콘텐츠를 기존의 문서기반 콘텐츠를 관리하던 방식으로 관리하는 것은 한계를 가진다[2]. 멀티미디어 콘텐츠를 빠르고 효율적으로 검색 및 관리하기 위한 요구는 멀티미디어 콘텐츠의 내용적 특

*Corresponding Author : Minseok Choi(mschoi@syu.ac.kr)

징을 이용하는 검색 방법의 연구로 이어져 다양한 내용 기반 콘텐츠 검색 방법들이 제안되고 있다.

멀티미디어 콘텐츠의 대표 격인 동영상의 내용 기반 분석과 검색에 있어 움직임에 관한 특징은 다른 특징들보다 중요한 의미가 있다[3]. 따라서 동영상 분석 및 검색에 움직임 특징을 이용하는 많은 방법이 제안되었다. 동영상의 움직임 분석은 카메라에 의한 영상의 전역적 움직임과 영상 내의 개별 객체의 움직임은 궤적을 분석하는 것으로부터 시작하여, 객체의 동작을 분석하여 장면 내용을 분류하는 방향으로 진행됐다. 그중 사람의 동작을 인식하기 위한 연구는 동영상 검색뿐 아니라 다양한 응용에 활용될 수 있어 다양한 연구가 진행되고 있다[4-7].

사람의 동작을 인식하기 위한 연구는 접근 방법에 따라 몇 가지로 분류할 수 있다. 모델 기반(Model-based) 접근 방법은 시간에 따라 변하는 사람의 자세를 3D 모델을 이용해 표현하고 이를 모델 정합을 통해 동작을 분석한다. 모양 기반(Appearance-based) 접근 방법은 사람의 동작을 연속된 2D 모양으로 표현하여 동작을 분석한다. 움직임 기반(Motion-based) 접근 방법은 신체 각 부분을 영역으로 구분하고 각 영역의 움직임을 추적 표현하여 동작을 분석한다[8,9]. 모델 기반 접근 방법의 경우 신체 각 부분에 대한 세밀한 분리 및 모델 정렬 과정이 필요해 복잡도가 높으며, 움직임 기반 접근 방법은 자세와 같은 신체의 구조적 특징을 반영하지 않고 단지 움직임만을 추적하여 동작을 분석하고자 한다. 이에 반해 모양 기반 접근 방법은 객체의 2차원 모양을 이용하여 단순하면서도 인간의 시각적 특성을 잘 반영할 수 있다.

객체의 모양 정보를 이용하는 모양 기반 접근 방법에서는 시간에 따른 모양 정보를 효과적으로 표현하는 것이 중요하다. 멀티미디어 콘텐츠 기술(description) 표준인 MPEG-7에서는 객체의 모양 변화를 표현하기 위해 모양 변화 기술자가 채택되었다. 모양 변화 기술자는 시간에 따라 변화하는 3차원 모양 정보를 모양 변화 축적도(shape variation map)을 이용하여 간단한 2차원 이미지로 동작을 표현한다[10]. 모양 변화 축적도의 경우 순서 정보를 무시하기 때문에 세분된 동작을 구분하기 어려운 문제를 가진다. 이를 해결하기 위해 모양 시퀀스를 이용하여 동작을 표현하는 방법이 제안되었다[11,12]. 모양 시퀀스의 경우 객체의 모양 특징

을 표현하기 위해 회전 불변 모양 기술자인 ART(Angular Radial Transform) 기술자를 이용하기 때문에 객체 자체가 회전하는 동작을 구분하지 못하는 문제를 가진다. 본 논문에서는 기존에 연구된 모양 기반 동작 표현 방법의 문제를 보완하여 검색 성능을 높이는 방법을 제안한다. 2장에서는 기존의 모양 기반 동작 표현 방법들을 설명하고, 3장에서는 성능을 향상하는 방법을 제안한다. 4장에서는 실험을 통하여 제안된 방법의 성능을 확인하고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 기존 연구

객체의 모양 정보를 이용하여 동작을 인식하거나 검색하기 위해 다양한 방법들이 연구되었다. Huang 등은 사람의 동작을 표현하기 위해 시간상으로 변화하는 모양의 유사도를 다양한 모양 기술 방법을 이용하여 비교하였다[13]. Bobick 등은 동작을 구분하기 모양 변화를 한 장의 명암(gray scale) 영상으로 표현한 시간적 템플릿(temporal template)을 이용하는 방법을 제안하였고[9], Lee 등은 객체의 경계선을 추출하여 중첩한 모양-시퀀스(shape-sequence) 이미지를 이용하여 객체의 움직임을 기술하는 방법을 제안하였다[14]. Fig. 1은 시간적 템플릿과 모양-시퀀스 이미지의 예를 보여준다.

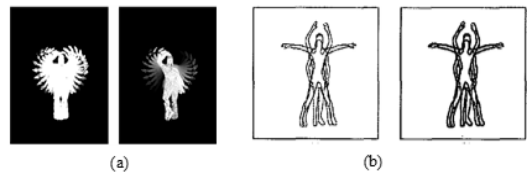


Fig. 1. (a) temporal template[9] and (b) shape-sequence image[14]

2.1 모양 변화 기술자

모양 변화 기술자는 동영상에서 유사한 동작을 검색하기 위해 제안되었다. 복잡하고 다양한 동작을 인지적으로 유사한 동작 그룹으로 나누기 위해 시간 축을 따라 변화하는 동작 정보를 시간 축 방향으로 투영하여 2차원 이미지인 모양 변화 축적도를 생성하여 표현하였다[10]. Fig. 2은 모양 변화 축적도를 생성하는 과정을 보여준다.

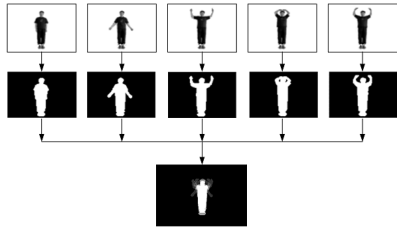


Fig. 2. Process of generating shape variation map[10]

최종적으로 모양 변화 축적도로부터 회전 불변 모양 기술자인 ART 기술자를 이용하여 모양 특징값을 추출하여 동작을 표현하는 특징값으로 사용한다.

모양 변화 기술자는 모양 변화 축적도를 생성하는 과정에서 동작의 순서 정보를 잃어버리기 때문에 세분된 동작을 구분하지 못하게 된다. 예를 들면, 앉는 동작과 일어서는 동작, 손을 올리는 동작과 내리는 동작 등은 모양 변화 기술자를 이용하면 같은 동작으로 인식하게 된다.

2.2 모양 시퀀스 기술자

모양 시퀀스 기술자는 모양 변화 기술자가 표현하지 못하는 모양 변화의 순서를 표현하기 위해 동영상의 각 프레임에서 객체의 모양 특징값을 추출하여 순서대로 나열한 모양 기술자 배열을 이용한다[15]. Fig. 3는 모양 기술자 배열의 생성 과정을 간략히 보여준다.

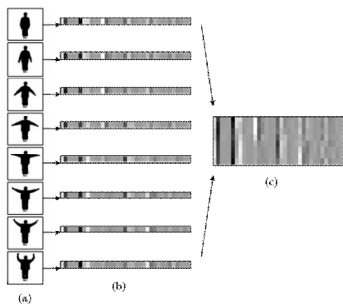


Fig. 3. Process of generating shape descriptor sequence[15]

(a)는 입력된 영상이고, (b)는 각 영상의 객체에 대한 모양 기술자를 추출한 것이고, (c)는 추출된 모양 기술자를 시간 순서에 따라 배열한 것이다.

모양 기술자 배열이 3차원의 움직임 정보를 2차원

배열의 형태로 줄이기는 했지만, 보다 효율적이고 압축된 특징값을 만들기 위해 모양 기술자 배열을 구성하는 ART 계수의 각 열을 시간 축 방향으로 주파수 변환하여 신호의 공통적 특성이 모이는 저주파 영역의 계수들을 동작을 표현하는 최종적인 특징값으로 사용하여 모양 시퀀스 기술자를 생성한다. Fig. 4은 모양 기술자 배열에서 모양 시퀀스 기술자를 생성하는 과정을 보여준다.

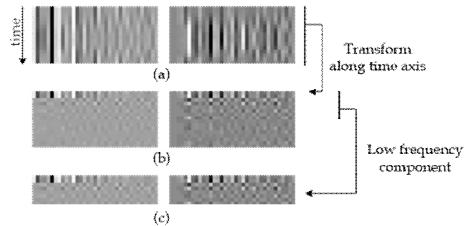


Fig. 4. Process of generating shape sequence descriptor[15]

(a)는 앞에서 생성된 모양 기술자 배열이고, (b)는 모양 기술자 배열을 시간 축으로 주파수 변환을 한 것이며, (c)는 주파수 변환된 결과에서 저주파 부분의 일부 계수만을 선택하여 모양 시퀀스 기술자를 만든 것이다.

모양 시퀀스 기술자의 경우 동작의 비교 시 대상 동작의 프레임 수 차이가 있으면 유사도 계산이 어렵게 되므로 모든 동작에 대하여 모양 기술자 배열의 길이를 정규화하여야 하는 문제를 가진다.

2.3 모양 시퀀스 정합

모양 시퀀스 기술자의 프레임 수 정규화 문제를 해결하고 연속된 동영상 속에 존재하는 특정 동작을 검색하기 위해 모양 기술자 배열을 주파수 변환하지 않고 그대로 특징값으로 사용하는 모양 시퀀스가 제안되었다[12]. Fig. 5는 모양 시퀀스를 이용한 동작 검색 과정을 개략적으로 보여준다. 동영상의 각 프레임에서 객체 영역을 분리하여 모양 시퀀스를 생성하고, 모양 시퀀스의 각 모양에서 모양 기술자를 추출하여 모양 기술자 시퀀스를 생성하여 저장한다. 질의 동영상에서도 같은 과정으로 모양 기술자 시퀀스를 생성 후, 저장된 모양 기술자 시퀀스와 비교하여 유사한 동작을 찾게 된다.

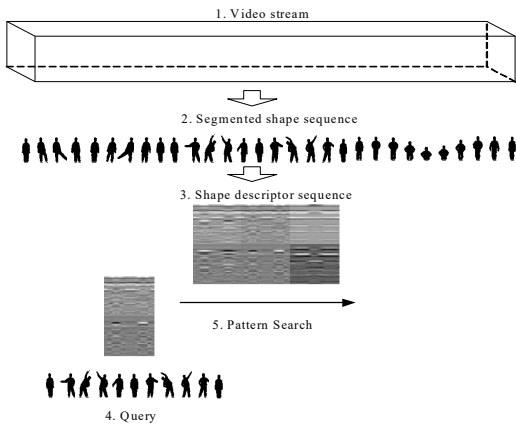


Fig. 5. Overview of shape sequence search[12]

모양 시퀀스 검색에서 시퀀스의 정합은 동작의 순서를 고려하지 않는 비순서 정합과 동작의 순서를 고려한 순서 정합이 선택적으로 적용될 수 있다. 또한 서로 다른 프레임 수를 가진 두 동작의 유사도 비교를 위하여 넓은 검색 윈도우를 이용한 최소 오류 정합을 이용한다. Fig. 6는 모양 시퀀스 정합 방법을 보여준다.

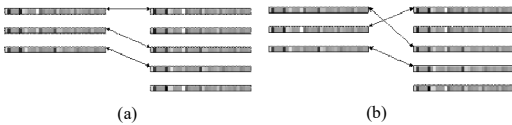


Fig. 6. Matching of shape sequence. (a) ordered matching, (b) unordered matching[12]

3. 제안된 방법

객체의 모양 정보를 이용하는 모양 기반 접근 방법에서는 모양 정보를 효과적으로 표현하는 것이 중요하다. 기존의 모양 변화 기술자나 모양 시퀀스에서는 모양을 표현하기 위해 ART 기술자를 사용하고 있다. ART는 MPEG-7에 제안된 모양 기술자로 기저함수(basis function)가 극좌표상에서 직교하는 정현파 함수로 정의되는 직교 변환으로 차수가 n , 반복수가 m 인 ART 계수는 식(1)과 같이 정의된다[10].

$$F_{nm} = \langle V_{nm}(\rho, \theta), f(\rho, \theta) \rangle \quad (1)$$

$$= \int_0^{2\pi} \int_0^1 V_{nm}^*(\rho, \theta) f(\rho, \theta) \rho d\rho d\theta$$

여기서 $f(\rho, \theta)$ 는 극좌표 상의 이미지이고, ART 기저함수 $V_{nm}(\rho, \theta)$ 는 식(2)와 같이 정의된다.

$$V_{nm}(\rho, \theta) = \frac{1}{2\pi} \exp(jm\theta) R_n(\rho) \quad (2)$$

$$R_n(\rho) = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ 2\cos(\pi n\rho), & n \neq 0 \end{cases}$$

이미지 $f(\rho, \theta)$ 가 α 만큼 회전하면 회전된 이미지의 ART 계수는 아래 식(3)과 같이 표현되며, 식(4)와 같이 회전된 이미지의 ART 계수와 원본 이미지의 ART 계수는 절댓값이 같아지게 된다.

$$F_{nm}^r = F_{nm} \exp(jm\alpha) \quad (3)$$

$$\|F_{nm}^r\| = \|F_{nm}\| \quad (4)$$

따라서 ART 모양 기술자는 회전 불변한 특성을 얻기 위해 ART 계수의 절댓값을 사용하게 된다.

회전 불변 특성을 얻기 위해 극좌표 상의 복소 기저함수를 이용하고, 그 계수의 위상을 버리고 절댓값만을 이용하면 회전 방향의 모양 특성이 올바르게 표현되지 않는 문제가 생긴다. Fig. 7은 ART와 유사한 저니키 모멘트의 일부 계수를 이용한 모양 복원의 예를 보여준다. (a)는 원본 영상이고, (b)의 경우 저니키 모멘트의 절댓값만을 이용하여 복원한 것이고, (c)의 경우 위상을 포함하여 복원한 영상이다.

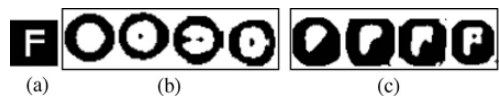


Fig. 7. Compare of reconstruction image[16]

Lee등은 [17]에서 기존의 ART 기술자보다 모양 표현 성능이 우수한 IARTD(Invariant Angular Radial Transform Descriptor)를 제안하였다. IARTD는 기존의 ART 기술자가 회전 불변 특성을 가진 ART 계수의 절댓값만을 사용하던 것을 위상 보정을 통하여 절댓값과 위상을 모두 사용하는 방법이다. ART 계수의 위상 보정은 식(5)와 같이 반복수 m 이 1인 계수의 위상을 빼서 회전되어도 위상이 같아지도록 한다.

$$\phi' = \phi_{nm} - \phi_{n,1} = \phi_{nm}^r - \phi_{n,1}^r \quad (5)$$

최종적으로 IARTD는 아래 식(6)과 같이 정의된다.

$$F'_{nm} = F_{nm} e^{-jm\phi_{n,1}} \quad (6)$$

두 IARTD 사이의 거리는 아래 식(7)과 같이 두 계수의 절댓값 차이에 위상차를 정규화한 값을 곱하여 계산한다.

$$D = \sum_n \sum_{m \geq 2} \left| |F'_{nm}{}^q| - |F'_{nm}{}^s| \right| \times \phi_{nm}^{diff} \quad (7)$$

$$\phi_{nm}^{diff} = \frac{|\phi'_{nm}{}^q - \phi'_{nm}{}^s|}{\pi}$$

본 논문에서는 모양 변화 기술자와 모양 시퀀스에 기존의 ART 기술자 대신 IARTD를 사용하여 검색 효율을 높이고자 한다. 추가로 IARTD 사이의 거리를 식(8)과 같이 두 복소 계수 간 차의 절댓값으로 계산하는 방법을 적용하여 기존 방법과 비교하였다.

$$D = \sum_n \sum_{m \geq 2} |F'_{nm}{}^q - F'_{nm}{}^s| \quad (8)$$

ART 기술자나 IARTD의 경우 객체의 회전과 무관한 특성이 있다. 이러한 특성은 객체가 회전하여도 모양이 같으면 인식할 수 있게 되지만, 연속된 모양의 변화를 비교하는 모양 시퀀스에서 ART 기술자나 IARTD를 이용하면 객체가 회전하는 동작을 인식하지 못하는 문제가 발생하게 된다. Fig. 8의 (a)는 철봉에서 사람이 회전하는 동작에 대한 실제 모양의 변화를 보여주고 있다. 모양 변화 기술자의 경우 모양 변화 축적도를 생성하면 (b)와 같이 회전하는 동작의 표현이 가능하지만, IARTD를 이용하여 모양 시퀀스를 생성하면 회전 특성이 사라지기 때문에 사람이 서서 손을 올리고 있는 동작과 구분이 어렵게 된다.

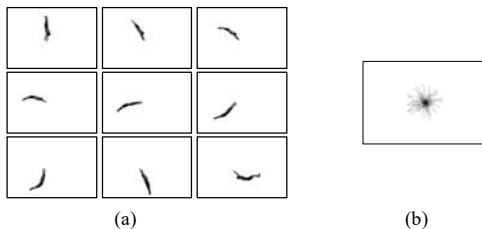


Fig. 8. Rotating movement at horizontal bar

이를 보완하기 위해 위상 보정을 하지 않은 $F_{n=0,m=1}$ 계수를 특징값에 추가하여 객체가 회전하는 경우 모양 시퀀스에 차이가 나도록 하였다.

4. 성능 평가

성능 평가를 위해 5명의 22가지 동작을 촬영한 동영상을 사용하였다. 동영상에서 추출된 객체 동작에 대한 모양 영상은 동작의 종류와 동작을 하는 사람에 따라 20에서 80장 사이로 구성되었다. 일부 동작은 모양의 변화는 비슷하지만, 순서가 다른 동작도 포함되어 있다. Fig. 9는 추출된 동작 영상의 예를 보여주고 있다.



Fig. 9. Examples of movements

성능 평가를 위한 실험은 각 동작 그룹에 속한 5개 씩의 동작을 모두 질의하여 평균 검색 효율을 계산하였다. 검색 효율의 정량적 비교를 위해 MPEG-7 표준화 과정에서 평가 척도로 사용된 NMRR(Normalized Modified Retrieval Rank)을 이용하였다[12,18].

$$NMRR = \frac{MRR}{K + 0.5 - 0.5R} \quad (9)$$

$$MRR = AVR - 0.5 - 0.5R$$

$$AVR = \sum_{i=1}^R Rank(i) / R$$

Rank(i)는 같은 그룹에 속한 i번째 동작의 순위(i번째 동작이 검색되지 않았을 경우: K+1), R은 질의가 포함된 그룹의 전체 동작의 수이며, K는 순위의 측정범위로 R의 4배(4*R)와 전체 그룹의 최대 R 값의 2배(2*R_{max}) 중 작은 값을 선택한다. NMRR 값은 0에서 1

사이의 값으로 계산되며, 0에 근접할수록 높은 검색 효율을 의미한다. 같은 그룹에 속한 모든 동작이 앞 순위에서 모두 검색되면 0이 되며, 측정범위 안에서 하나도 검색되지 않으면 1이 된다.

성능 비교는 모양 변화 기술자와 모양 시퀀스에 기존의 ART 기술자를 이용한 것과 IARTD 기술자를 이용한 경우, 그리고 IARTD에 본 논문에서 제안한 거리 함수를 적용한 경우를 비교하였다. 모양 시퀀스의 경우 그리디 방법을 이용한 순서 정합을 적용하였다. 각 방법에 관한 비교 결과는 Table 1에 요약되어 있다.

Table 1. Comparison of retrieval performance

	Retrieval performance(NMRR)		
	ARTD	IARTD(D1)	IARTD(D2)
Shape Variation D.	0.263	0.241	0.234
Shape Sequence	0.230	0.206	0.198

Table 1의 결과를 보면 모양 변화 기술자와 모양 시퀀스 모두 ART 계수의 위상 정보 없이 절댓값만을 사용했을 때보다 IARTD를 이용해서 위상 정보를 포함했을 때 더 좋은 효율을 보임을 확인할 수 있다. IARTD의 거리 측정 방법에서는 두 복소 벡터의 절댓값과 위상의 차이를 독립적으로 계산하는 방식(D1)보다 복소 벡터 사이의 거리를 이용하는 방식(D2)이 모양 변화 기술자와 모양 시퀀스 모두 수치상 3~4% 정도 성능이 향상됨을 보였다. 각각의 개별 동작에서도 대부분 D2 방식의 성능이 우수함을 확인하였다.

5. 결론 및 고찰

본 논문에서는 객체의 움직임에 따른 모양의 변화 정보를 이용하여 동작을 표현하고 검색하기 위해 제안된 모양 변화 기술자와 모양 시퀀스 정합의 검색 성능을 높이는 방법을 제안하였다. 모양 기반 동작 표현 방법에서 중요한 요소인 객체의 모양 표현을 위해 기존의 ART 기술자를 이용하면 위상 정보가 소실되어 모양 정보 표현 효율이 낮아지지만, 위상 보정을 통해 보정된 위상 정보를 사용하는 IARTD를 이용하게 되면 모양 정보 표현 효율을 높여 보다 세밀하게 동작의 구분이 가능해진다. 모양 시퀀스 정합에서 회전 불변 특성을 갖는 IARTD를 이용할 때 객체 자체가 회전하는 동작의 구분이 힘든 문제가 있지만, IARTD의 위상 보정에

사용되는 계수를 특징값에 추가하여 회전각을 구분할 수 있도록 하여 동일한 모양의 회전 동작에 대한 구분이 가능하게 하였다. 동작의 비교를 위해 두 IARTD 특징값의 거리를 계산할 때 복소 계수의 절댓값과 위상의 차를 각각 계산하여 곱하는 방식보다 복소 계수의 공간 상 거리를 계산하는 방식이 검색 효율이 높음을 확인하였다. 거리 함수의 경우 추후 더 다양한 동작에 대한 실험을 통하여 두 방식의 특성 분석을 위한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 모양 시퀀스의 순서 정합에 있어 서로 다른 길이의 시퀀스를 보다 빠르고 정확하게 비교하기 위한 최소 오류 정합 방법에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] S. J. Kim. (2015). The present and prospect of Online Video, Music service and Media Usage. *Journal of Digital Contents Society*, 16(1), 137-144.
DOI : 10.9728/dcs.2015.16.1.137
- [2] M. G. Song, S. J. Jeong, S. H. Choi & K. M. Lee. (2018). Celebrity-indexed video retrieval application using face recognition and tracking. *Journal of Digital Contents Society*, 19(11), 2049-2058.
DOI : 10.9728/dcs.2018.19.11.2049
- [3] Y. P. Tan, D. D. Saur, S. R. Kulkarni & P. J. Ramadge. (2000). Rapid estimation of camera motion from compressed video with application to video annotation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 10(1), 133-146.
DOI : 10.1109/76.825867
- [4] K. M. Lee. (2013). Dynamic Gesture Recognition using SVM and its Application to an Interactive Storybook. *Journal of the Korea Contents Association*, 13(4), 64-72.
DOI : 10.5392/JKCA.2013.13.04.064
- [5] J. Y. Lee & J. S. Kwon. (2020). Application of motion recognition technology for interactive implementation in space. *Journal of Digital Contents Society*, 21(6), 1171-1179.
DOI : 10.9728/dcs.2020.21.6.1171
- [6] I. H. Kim & I. H. Jung. (2021). A Study on Korea Sign Language Motion Recognition Using OpenPose Based on Deep Learning. *Journal of Digital Contents Society*, 22(4), 681-687.
DOI : 10.9728/dcs.2021.22.4.681

[7] H. Choi, H. Park & K. Lee. (2016). Gesture-Based User Authentication using Feature Combination and Block-Wise Correlation Coefficients. *Journal of Korean Institute of Next Generation Computing*, 12(3), 85-93.

[8] J. K. Aggarwal & Q. Cai. (1999). Human Motion Analysis: A Review. *Computer Vision and Image Understanding*, 73(3), 428-440.
DOI : 10.1006/cviu.1998.0744

[9] A. F. Bobick & J. W. Davis. (2001). The recognition of human movement using temporal templates. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23(3), 257-267.
DOI : 10.1109/34.910878

[10] M. S. Choi & W. Y. Kim. (2004). The description and retrieval of a sequence of moving objects using a shape variation map. *Pattern Recognition Letters*, 25(12), 1369-1375.
DOI : 10.1016/j.patrec.2004.05.010

[11] S. Jeong. (2011). Gait Recognition Using Shape Sequence Descriptor. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 12(5), 2339-2345.
DOI : 10.5762/KAIS.2011.12.5.2339

[12] M. S. Choi. (2009). Movement Search in Video Stream Using Shape Sequence. *Journal of Korea Multimedia Society*, 12(4), 492-501.

[13] P. Huang, A. Hilton & J. Starck. (2010). Shape Similarity for 3D Video Sequences of People. *International Journal of Computer Vision*, 89, 362-381.
DOI: 10.1007/s11263-010-0319-9

[14] S. Lee, Y. S. Choi, W. Lim, T. K. Kwon & H. K. Kim. (2002). Shape-sequence-based key image generation algorithm for browsing and retrieval of video clips. *IEE Electronics Letters*, 38(12), 549-550.
DOI : 10.1049/el:20020382

[15] M. S. Choi. (2008). Efficient Representation and Matching of Object Movement using Shape Sequence Descriptor. *KIPS Transaction on Software and Data Engineering*, 15(5), 391-396.
DOI : 10.3745/KIPSTB.2008.15-B.5.391

[16] S. Li, M. C. Lee & C. M. Pun. (2009). Complex Zernike Moments Features for Shape-Based Image Retrieval. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics - Part A Systems and Humans*, 39(1), 227-237.
DOI : 10.1109/TSMCA.2008.2007988

[17] J. M. Lee & W. Y. Kim. (2012). A New Shape Description Method Using Angular Radial

Transform. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E95-D(6), 1628-1635.
DOI : 10.1587/transinf.E95.D.1628

[18] B. S. Manjunath, J. R. Ohm, V. V. Vasudevan & A. Yamada. (2001). Color and Texture Descriptors. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 11(6), 703-715.
DOI : 10.1109/76.927424

최민석(Minseok Choi)

[정회원]



- 1996년 2월 : 한양대학교 전자공학과(공학사)
- 1998년 8월 : 한양대학교 전자공학과(공학석사)
- 2004년 8월 : 한양대학교 전자공학과(공학박사)

- 2012년 3월 ~ 현재 : 삼육대학교 지능정보융합학부 부교수
- 관심분야 : 영상처리, 머신비전, 정보시스템
- E-Mail : mschoi@syu.ac.kr