

# 영역분할에 의한 Zernike Moments 모양정보 기술자

## Zernike Moments Shape Descriptor with Region Partitioning

김 종 득, 김 해 광  
현대전자산업주식회사

### 요 약

모양정보는 사람이 물체를 구분하는 특징 중 하나이며 Zernike moments 등의 방법으로 그 특징을 표현한다. 본 논문에서는 기존의 Zernike moment 방법을 수정하여 입력 모양정보를 내부 모양정보와 외부 모양정보로 분리하여 각각의 영역에 대해서 특징을 추출한다. 그리고 두 모양정보의 유사도를 계산하는 과정에서 내부 모양정보와 외부 모양정보의 특징에 각각 다른 가중치를 적용함으로써 사용자의 의도에 가장 적합한 질의 결과를 얻을 수 있는 새로운 기능을 부여하여 검색의 효율성을 높였다. 실험 결과 기존의 Zernike moments 방법에 비해서 최대 12%의 성능 향상이 있음을 보였다.

### 1. 서 론

모양정보는 사람이 물체를 구분할 수 있는 기본적인 특징 중 하나이다. 모양정보를 표현하는 방법으로는 Zernike moments[1]의 계수를 이용하는 방법 등이 있다. Zernike moments를 이용한 모양정보 기술자는 현재 진행중인 MPEG-7 표준화의 XM (eXperiment Model)[2][3]에 채택된 기술이다. 이와 같은 모양정보 기술자는 모양정보 검색 등에 사용될 수 있다. 본 논문에서는 앞에서 언급한 Zernike moments 방법을 수정하여 검색의 정확도를 높이고 새로운 기능을 부여하였다. 사람의 지각은 모양정보의 외곽 형태를 더욱 중요하게 생각하는 경향이 있다. 즉, 모양정보의 내부의 차이점보다는 외부의 외곽 형태의 차이점이 더 크게 고려된다. 그리고 경우에 따라서는 모양정보의 외곽 모양 보다는 모양정보의 내부 형태를 더 중요하게 생각할 수도 있다. 그러므로 이용 분야에 따라서 전체 모양정보를 이용하는 경우 보다는 물체의 내부 외부를 분리하여 각각의 특징들의 적절하게 사용했을 경우 보다 효율적인 결과를 얻을 수 있다. 그러나 기존의 Zernike moments 방법은 입력 모양정보 전체에서 특징을 구함으로써 외부 모양정보와 내부 모양정보를 분리하여 표현할 수 없다는 단점이 있기 때문에 본 논문에서는 모양정보를 외부 모양정보와 내부 모양정보로 분리하고 각

각의 분리된 영역으로부터 Zernike moments를 계산하여 모양정보의 특징으로 사용하였다. 모양정보를 이용한 검색의 응용 분야에 따라서 외부 모양정보의 특징을 이용하는 경우, 내부 모양정보의 특징을 이용하여 경우 그리고 두 가지 특징을 적절히 조합하여 사용하는 경우가 있는데, 이 때 외부 모양정보의 유사도와 내부 모양정보의 유사도에 대한 가중치를 적절히 조절함으로써 응용 분야에 맞는 최적의 질의 결과를 얻을 수 있다. 즉, 외부 모양정보가 중요하다고 판단될 경우는 외부 모양정보 유사도의 가중치를 크게 두고 반대로 내부 모양정보가 중요하다고 판단될 경우는 내부 모양정보 유사도의 가중치를 크게 둬으로써 응용 분야에 가장 적합한 질의 결과를 얻을 수 있다. 실험을 통하여 본 논문에서 제안하는 방법이 유사성 기반 검색 (similarity-based retrieval)의 경우 12%의 성능 향상이 있었으며, 정확성 기반 검색 (exact-match retrieval)의 경우는 기존의 방법과 거의 동일한 성능을 보임을 알 수 있었다.

따라서 본 논문에서 제안하는 모양정보 기술자를 이용함으로써 검색을 정확도를 높이고, 외부와 내부 특징을 조합하여 사용할 수 있는 새로운 기능을 사용할 수 있다.

제 2 장에서는 기존의 Zernike moments 방법에 대해서 설명하고, 제 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 Modified Zernike moments 방법에 대해서 설명한다. 그리고 제 4 장에서는 제안한

방법에 대한 실험결과를 통하여 제안한 방법의 성능을 평가하였으며 제 5 장에서 결론을 내렸다.

## 2. Zernike moments

Zernike moments 는 회전에 일관된 성질을 갖는 특징이 있으며, 다음과 같은 과정을 통하여 계산된다. 우선 모양정보의 무게 중심으로부터 모양정보를 모두 포함하는 최소의 원을 구하고, 구해진 최소원을 Zernike moment bases functions 의 반경과 일치하도록 크기와 이동에 대해 정규화 (Normalization)를 시킨다. 그리고 회전에 일관된 성질을 갖는 Zernike moments 는 정규화된 모양정보와 Zernike moment basis function 의 실수부분과 허수부분 각각의 correlation 의 RMS (root mean square)로 계산된다. Zernike moments 는 모양정보 전체에 대해서 계산된다. 그러나 사용자가 모양정보의 외곽 부분이 비슷한 모양정보를 검색하고자 하거나 내부 모양정보가 비슷한 모양정보를 검색하고 할 경우 기존의 Zernike moments 방법은 이와 같은 사용자의 요구를 수용할 수 없다는 문제점을 가지고 있다.

## 3. Modified Zernike Moments Descriptor

본 논문에서 제안하는 방법은 기존의 Zernike moments 방법을 수정 보완한 방법이다. Zernike moments 를 계산하는 방법은 기존의 방법을 동일하게 적용하나 Zernike moments 를 계산하기 전에 모양정보를 내부 모양정보와 외부 모양정보로 분리하는 단계가 추가된다. 즉, 분리된 내부 모양정보와 외부 모양정보에 각각 기존의 Zernike moment 방법을 적용하는 것이다.

모양정보를 내부 모양정보와 외부 모양정보로 분리하는 방법은 다음과 같다. 우선 모양정보의 무게 중심을 구하고 이를 중심으로 하고 모양정보를 완전히 포함하는 최소원 (C1)을 구한다. 그리고 같은 중심을 가지면서 C1 에 포함되는 원 (C2)를 구한다. 이때 C2 의 반지름을  $r$ 이라 한다. 이때 C1 에는 포함되지만 C2 에 포함되지 않는 영역을 외부 모양정보로 정의하고 C2 에만 포함되는 영역을 내부 모양정보라고 정의한다. 그리고 외부 모양정보의 Zernike moments 를 계산할 때는 C2 에 포함되

는 모든 영역을 물체 영역이라고 가정하고 계산한다. 그림 1 은 모양정보를 내부 모양정보와 외부 모양정보로 분리하는 예이다. 그림 1 (a) 는 입력되는 모양정보이며, 그림 1 (b) 는 모양정보를 모두 포함하는 C1 과 C1 에 포함되며 반지름이  $r$ 인 C2 를 구한 예이다. 그리고 그림 1 (c), (d)는 각각 분리된 외부 모양정보와 내부 모양정보이다.

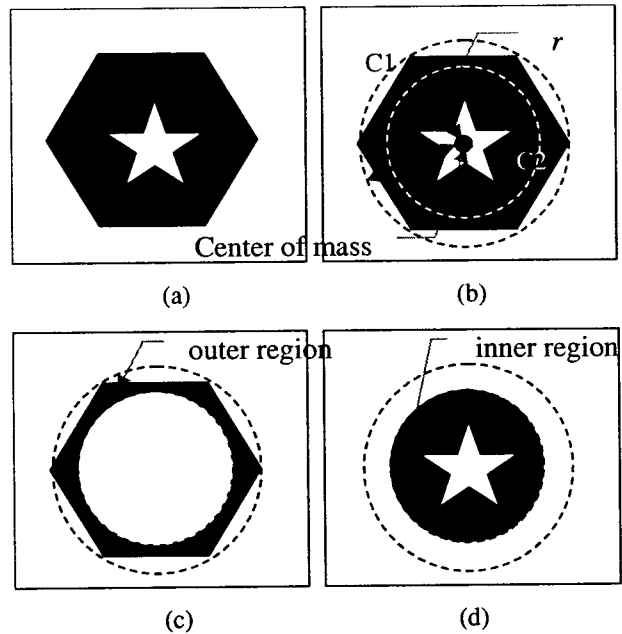


그림 1. 내부/외부 모양정보 분할

따라서 본 논문에서 제안하는 모양정보의 기술자를 다음과 같이 정의할 수 있다.

```

Region_based_shape_Descriptor {
  Int Inner_Number_of_Zernike_moments_used;
  Int Outer_Number_of_Zernike_moments_used;
  Float Inner_Magnitude_of_Zernike_moments
  [Inner_Number_of_Zernike_moments_used];
  Float Outer_Magnitude_of_Zernike_moments
  [Outer_Number_of_Zernike_moments_used];
}

```

두 모양정보 S1, S2 사이의 유사도는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{Distance}(S1, S2) = W_{\text{outer}} * \text{distance}_{\text{outer}}(S1, S2) + (1 - W_{\text{outer}}) * \text{distance}_{\text{inner}}(S1, S2)$$

여기서  $W_{\text{outer}}$  는 외부 모양정보에 대한 가중치이다. 이 값은 사용자의 입력으로 얻을 수 있다. 그리고  $\text{distance}_{\text{outer}}(S1, S2)$ 와  $\text{distance}_{\text{inner}}(S1, S2)$ 는 다음과 같이 계산된다.

distance<sub>outer</sub> (S1, S2)

$$= \sum_{i=0}^{N_{outer}-1} W_i \times (ZM_{outer,1}[i] - ZM_{outer,2}[i])$$

distance<sub>inner</sub> (S1, S2)

$$= \sum_{i=0}^{N_{inner}-1} W_i \times (ZM_{inner,1}[i] - ZM_{inner,2}[i])$$

여기서  $W_i$  는  $i$  번째 Zernike moment 에 대한 가중치이고  $N_{outer}$  와  $N_{inner}$  는 각각 외부 모양정보와 내부 모양정보에 대한 Zernike moments 계수의 수이며,  $ZM_{outer,1}[i]$  와  $ZM_{inner,1}[i]$  는 각각 S1 에 대한  $i$  번째 외부 Zernike moment 계수와  $i$  번째 내부 Zernike moment 계수이다. 사용자는  $W_{outer}$  값을 변화 시킴으로써 서로 다른 형태의 질의를 할 수 있다. 즉,  $W_{outer}$  을 1로 설정할 경우는 외부 모양정보만을 고려하게 되고,  $W_{outer}$  를 0으로 설정할 경우는 내부 모양정보만을 고려하게 된다. 그리고  $W_{outer}$  를 0 과 1 사이의 값으로 설정할 경우는 외부 모양정보와 내부 모양정보를 적절히 고려한 질의를 할 수 있다.

#### 4. Experimental Results for Retrieval Accuracy and New functionality

본 논문에서 제시하는 방법의 성능을 평가하기 위해서 MPEG-7 Region-Based Shape Core Experiment [4]에서 사용한 실험 조건을 사용하였다. 그리고 결과는 기존의 Zernike moments 를 사용한 결과와 본 논문에서 제안하는 방법에 대한 결과를 비교하였다. Zernike base function 의 반경은 50 화소로 하였으며 Modified Zernike moments 방법에서의  $r$  값은 30 화소로 설정하였다. 그리고 Zernike moments 계수의 수는 기존의 Zernike moments 방법에서는 36 개를 사용하였고, Modified Zernike moments 의 내부모양정보와 외부모양정보로부터는 각각 20 개의 Zernike moments 계수를 추출하였다.

##### 4.1. Similarity-based retrieval

###### 4.1.1 실험 조건

- 데이터베이스와 검색 정확도를 계산하는 방법은 MPEG-7 Shape CE 의 방법과 동일하다.
- 제안한 방법의 Zernike moments 는 외부의 20 개의 계수만을 사용한다.

###### 4.1.2 실험 결과

Group	total	Original Zernike		Modified Zernike	
		ret.	avg	ret.	avg
Grp 1	4624	1922		1765	68.17
Grp 2	59536	39078		45661	66.69
Grp 3	484	298		203	61.94
Grp 4	784	512		505	64.41
Grp 5	289	171		207	62
Grp 6	484	156		158	64
Grp 7	2025	729		831	69
Grp 8	21025	7973		12849	
Grp 9	2025	878		722	
Grp 10	1764	509		575	
<b>Total average</b>			<b>56.13</b>		<b>68.22</b>

여기서 total 은 각 그룹별 최대 검색될 수 있는 영상의 수를 나타내며, ret. 는 실제로 검색된 영상의 수를 나타낸다. 그리고 avg. 는 각 그룹별로 평균 검색율이며, Total average 는 각 그룹별 total 의 합에 대한 ret. 들의 합의 비율로 계산된다.

앞의 결과에서 알 수 있듯이 제안한 방법이 기존의 Zernike moments 방법에 비해서 약 12 % 정도의 성능 향상이 되었음을 알 수 있다.

##### 4.2. Exact matching

###### 4.2.1. 실험 조건

- 데이터베이스와 검색 정확도를 계산하는 방법은 MPEG-7 Shape CE 의 방법과 동일하다.
- 제안된 방법은 내부 모양정보와 외부 모양정보에 각각 20 개의 계수를 사용하였으며 외부 모양정보에 대한 가중치 ( $W_{out}$ ) 을 0.35 로 설정하였다.

###### 4.2.2. 실험 결과

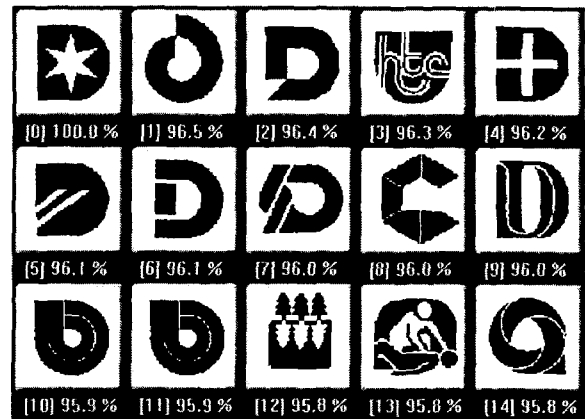
Deformation	total	Original Zernike		Modified Zernike	
		ret.	avg	ret.	avg
Digital Scale	500	352		327	65.40
Digital Rotate	980	896		887	60.51
Analog Scale/Rotate	3630	3290		3276	60.25
Analog Perspective	3630	2251		2422	
<b>Total average</b>			<b>78.62</b>		<b>78.22</b>

여기서, total 는 각 실험 조건에서의 검색될 수 있는 총 영상의 수이며, ret. 는 실제 검색된 영상의 수이며, avg. 는 각 실험 조건에서의 평균 검색율이다. Total average 는 각 실험조건의 avg. 값들의 평균값이다.

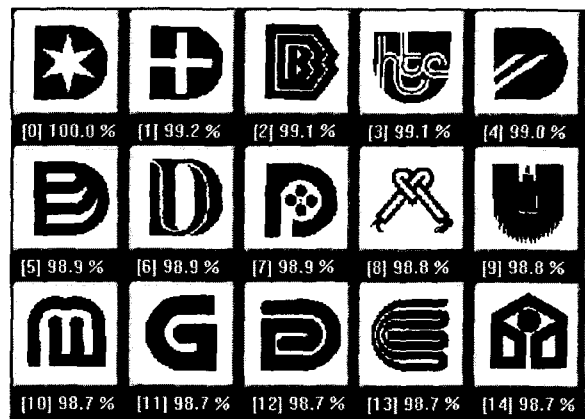
위의 실험결과에서는 제안된 방법이 기존의 Zernike moments 방법과 거의 동일한 성능을 보임을 알 수 있다.

### 4.3. New functionality

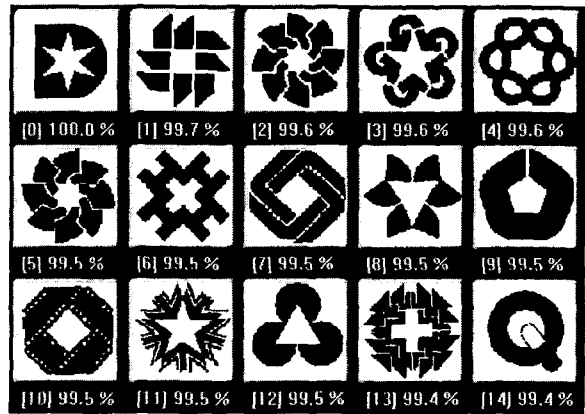
본 실험에서는 제안된 방법에서 외부 모양정보 또는 내부 모양정보만을 이용하여 유사한 모양정보를 검색하는 실험을 하였다. 그림 2 는 그 중 한가지 결과이다. 각 그림의 최 좌측 상단의 영상이 질의 영상이고 나머지 영상들이 질의 결과이다. 그림 2 (a)는 기존의 Zernike moments 방법을 적용한 결과이다. 그리고 그림 2 (b), (c) 는 각각 제안한 방법에서 외부 모양정보만을 이용하여 질의한 결과와 내부 모양정보만을 이용하여 질의하였을 경우의 결과이다. 질의 영상은 외곽은 알파벳 “D”의 형태를 취하고 있으며 내부는 별 모양을 하고 있다. 따라서 사용자가 질의 영상의 외부 형태가 유사한 영상을 검색하고자 할 경우  $W_{out}$  을 1 로 하여 검색할 수 있다. 그림 2 (b)에서 보는 것과 같이 외곽의 형태가 “D” 형태의 영상들이 검색됨을 알 수 있다. 반대로 외곽의 모양보다는 내부의 형태가 유사한 모양정보를 검색하고자 할 경우는  $W_{out}$  을 0 으로 하여 검색할 수 있다. 그림 2 (c)는 내부 모양정보만을 이용하여 검색한 결과이다. 외부의 형태보다는 내부의 형태가 유사한 영상들이 검색됨을 알 수 있다. 반면에 기존의 Zernike moments 방법으로는 내부와 외부를 구분하여 검색할 수 없으므로 그림 2 (a) 에서 보는 것과 같이 전체 모양정보가 유사한 모양정보의 검색만 가능하다. 사람의 지각은 물체의 내부보다는 외부의 형태를 더욱 중요하게 보는 관점이 있기 때문에 그림 2 (a)의 결과 보다는 그림 2 (b)의 결과가 더 우수하다고 판단할 것이다.



(a) 기존의 Zernike moments 방법의 질의 결과



(b) 외부 모양정보를 이용한 질의 결과



(c) 내부 모양정보를 이용한 질의 결과

그림 2 내부 모양정보와 내부 모양정보를 이용한 질의 결과.

## 5. 결론

본 논문에서 제안하는 방법은 기존의 Zernike moments 를 수정 보완하는 방법으로 모양정보를 내부와 외부로 분할하고 분할된 각각의 영역으로부터 기존의 Zernike moments 방법을 통

하여 특징을 추출한다. 그리고 추출된 각각의 특징을 적절히 이용함으로써 검색 정확도를 향상시킬 수 있으며, 이용분야와 사용자의 검색 의도를 반영하여 검색할 수 있는 장점이 있다. 특히 사람의 지각적 특성상 물체를 구분하는데 있어서 물체의 내부 형태보다는 외부의 형태를 더욱 중요하게 생각하는 경향이 있기 때문에 이런 경우 외부의 특징에 대한 가중치를 크게 적용함으로써 효율적인 검색이 가능하게 되었다.

## References

- [1] Whoi-Yul Kim and Yong-Sung Kim, "A Rotation Invariant Geometric Shape Descriptor using Zernike Moment", Doc. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 P687, 47<sup>th</sup> MPEG meeting, Seoul, Mar. 1999.
- [2] Mirosław Bober, Jong-Deuk Kim, Hae-Kwang Kim, Young-Sung Kim, Whoi-Youl Kim and Karsten Mueller, "Summary of the Results in Shape Descriptor Core Experiment", Doc. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M2695, 48<sup>th</sup> MPEG Vancouver meeting, July 1999.
- [3] S. Jeannin, "MPEG-7 Visual part of eXperimentation Model Version 2.0", Doc. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2822, 47<sup>th</sup> MPEG Vancouver meeting, July. 1999.
- [4] S. Jeannin and M. Bober, "Description of Core Experiments for MPEG-7 Motion/Shape", Doc. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2690, 47<sup>th</sup> MPEG meeting, Seoul, Mar. 1999.