creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000266916
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2018年 8月

석사학위논문

방사왜곡에 강인한 정규화 위상각과 모멘트에 기반한 객체의 유사도 검색

조 선 대 학 교 대 학 원

SW융합공학과

이 용 은

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2018년 8월

석사학위논문

방사왜곡에 강인한 정규화 위상각과 모멘트에 기반한 객체의 유사도 검색

이 용 은

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

방사왜곡에 강인한 정규화 된 위상각과 면적에 기반한 객체의 유사도 검색

Robust similarity retrieval for radial distortion of object shape based on the normalized phase angles and area

2018년 5월 30일

조 선 대 학 교 대 학 원

SW융합공학과

이 용 은

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

방사왜곡에 강인한 정규화 위상각과 모멘트에 기반한 객체의 유사도 검색

지도교수 안 영 은

이 논문을 공학석사학위신청 논문으로 제출함.

2018년 06월

조 선 대 학 교 대 학 원

SW융합공학과

이 용 은

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이용은의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 권 구 락 印

위 원 조선대학교 교수 엄 태 원 印

위 원 조선대학교 교수 안 영 은 印

2016년 6월

조 선 대 학 교 대 학 원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

그 림 목 차 ····· ii
표 목 차 ····· iv
ABSTRACT ····· v

Ⅰ. 서 론 ····· 1
A. 연구 배경 및 목적 ····· 1
B. 연구 목표 ····· 2
C. 논문 구성 ····· 2

Ⅱ. 관련연구 ····· 3
A. 방사왜곡 보정 ····· 3
B. 내용기반 영상 검색 (CBIR) ····· 7

Ⅲ. 제안하는 알고리즘 설계 ····· 13
A. 알고리즘 구조 ····· 13
B. 제안하는 검색 알고리즘 ····· 13

Ⅳ. 실험 및 분석 ····· 26
A. 다각형 분석을 통한 알고리즘 특성 파악 ····· 26
B. 방사왜곡에 강한 특성 검증 ····· 29
C. 제안한 알고리즘의 성능 분석 ····· 33

Ⅴ. 결론 ····· 39
참고문헌 ····· 40

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그 림 목 차

그림 2.1 캘리브레이션 패턴 ····· 4
그림 2.2 캘리브레이션 패턴의 방사왜곡 ····· 5
그림 2.3 왜곡 필터의 역함수를 이용한 왜곡 보정 ····· 5
그림 2.4 반구형 어안렌즈에 의한 영상 왜곡 ····· 6
그림 2.5 내용기반 영상검색 시스템 구성도 ····· 7
그림 2.6 소벨(Sobel) 마스크 ····· 9
그림 2.7 플루이트(Prewitt) 마스크 ····· 9
그림 2.8 로버츠(Roberts) 마스크 ····· 10
그림 3.1 제안하는 알고리즘 순서도 ····· 13
그림 3.2 예제 이미지 ····· 14
그림 3.3 전처리 후 이미지 ····· 14
그림 3.4 에지 검출 ····· 14
그림 3.5 무게중심 검출 ····· 14
그림 3.6 무게중심에서 에지까지의 거리 ····· 14
그림 3.7 에지까지의 거리 히스토그램 ····· 15
그림 3.8 Resampling 된 거리 히스토그램 ····· 15
그림 3.9 단위각도의 히스토그램 ····· 15
그림 3.10 $r=3$ Octagon 마스크 ····· 16
그림 3.11 전처리 과정 이미지 ····· 16
그림 3.12 무게중심 코딩 ····· 19
그림 3.13 에지 검출 ····· 19
그림 3.14 무게중심 검출 ····· 19
그림 3.15 에지까지의 거리 히스토그램 ····· 20
그림 3.16 Resampling된 거리 히스토그램 ····· 20
그림 3.17 S_Θ 히스토그램 ····· 23
그림 4.1 도형 이미지 데이터베이스 ····· 26
그림 4.2 각 도형의 위상에 따른 모멘트 ····· 27
그림 4.3 방사왜곡 데이터베이스 ····· 29
그림 4.4 왜곡의 중심이 객체의 중심과 다른 방사왜곡 데이터베이스 ····· 30

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 4.5 질의영상 $Q1$, $Q2$, $Q3$, $Q4$ ····· 33
그림 4.6 $Recall$과 $Precision$ 비교 그래프 ····· 37

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

표 3.1 위상에 따른 면적 ····· 22
표 4.1 육각별 이미지에 대한 유사도 분석 ····· 27
표 4.2 방사왜곡 된 영상에 대한 유사도 검색 결과 ····· 31
표 4.3 왜곡 중심이 객체의 중심과 다른 방사왜곡에 대한 유사도 검색 결과 ····· 31
표 4.4 데이터베이스에 추가한 질의영상의 유사영상 ····· 34
표 4.5 유사영상 검색 결과 ····· 35
표 4.6 각 질의영상에 대한 Recall 및 Precision ····· 36
표 4.7 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘의 성능 분석 ····· 37
표 4.8 임계값의 변화에 따른 Recall 및 Precision ····· 30

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Robust similarity retrieval for radial distortion of object shape based on the normalized phase angles and moments

Lee, Yong-Eun
Advior : Prof. An, Young-Eun, Ph.D.
Department of Software Convergence Engineering
Graduate School of Chosun University

As content-based image retrieval is commercialized with character-based image retrieval, many research results have been published for effective management and retrieval of images in a large-scale image database. In these image retrievals, the rotation, the movement and the scaling of the image are invariable, and the algorithm must be simple and the processing speed must be high.

In the content - based image retrieval, a histogram is often used to express the characteristics of the image. Since the histogram has a relatively small number of characteristics and has a small storage space, it can perform a quick comparison. Therefore, it is difficult to grasp the graphic characteristics of the object because the search efficiency is excellent but the spatial information can not be expressed effectively. Although image retrieval method using outline and vertex of figure is used to express spatial information, search speed is relatively slow and it is vulnerable to curvilinear distortion such as radial distortion.

In order to solve this problem, we propose an image retrieval technique which is robust to the morphological noise and fast search speed by expressing it as histogram using the normalized phase angle and moment.

The proposed algorithm search the edge and center of gravity of the preprocessed image object, and compute the relative angle of each edge with respect to the baseline. 360 ° is divided into n equally, and the area is calculated using the sum of distances within each unit angle. in the normalized the total area, by excluding the

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

directionality according to the phase, the unit area becomes the characteristic vector, The similarity is analyzed by comparing the characteristic vectors.

Through various experiments, the proposed algorithm showed better performance than the conventional histogram algorithm, especially, it is confirmed that it is a robust algorithm against radial distortion.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

I. 서 론

A. 연구 배경 및 목적

컴퓨터 하드웨어와 네트워크 기술의 발달과 소셜미디어의 발달로 사용자들의 멀티미디어 정보의 생산, 가공, 유통에 시간과 공간의 제약에서 벗어나 활발히 참여하고 있다. 이로 인하여 생산되어지는 멀티미디어 데이터의 양은 폭발적으로 증가하고 있으며[1]. 특히 ICT 기술의 발전으로 영상신호를 센싱 할 수 있는 초소형 초정밀 센서 기술이 발달하여 멀티미디어의 데이터 량의 증가를 더욱 가속화 시켰다[2]. 데이터의 양이 늘어날수록 원하는 정보의 검색은 점점 더 어려워지고 있다. 이를 해결하기 위하여 멀티미디어 정보의 특징을 빠르게 분석하여 효율적으로 검색, 관리 할 수 있는 자동 영상 검색 시스템에 대한 필요성이 부각되고 있다.

초창기의 영상 검색 시스템에서는 질의 자료를 문자 키워드로 제시하고 동일한 색인을 가진 영상을 검색해내는 텍스트 기반 검색 시스템이 주류를 이루었다. 텍스트 기반 검색 방법은 구현이 쉽고 검색 속도가 빠르다는 장점이 있으나 별도로 영상에 대한 키워드를 설정해 주어야 하며 객관적이고 자동화된 키워드 부여가 어렵다는 단점이 있다.

이러한 단점을 해결하기 위하여 영상 자체가 가지는 고유한 특성을 분석하여 객관적이고 자동화된 검색 시스템이 제시되었으며 이러한 시스템을 내용기반 영상검색 시스템(CBIR : Content-Based Image Retrieval)이라고 한다.

내용 기반 검색 방법은 영상 자체가 가진 특징정보를 추출하여 질의영상과 비교영상 간의 유사성을 분석하는 방법으로 칼라, 질감, 형태 정보 등을 기반으로 이미지의 특징을 판단한다. 이는 객관적이고 자동화된 특징정보 검출 시스템을 구현할 수 있다는 장점이 있다[3-4].

멀티미디어의 정보 특성상 텍스트를 주석으로 표현하기에는 주관적이고 모호하기 때문에 보다 객관적인 기하학적 특징을 사용하는 내용기반 검색방법이 주로 연구되고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 연구 목표

내용기반 검색기법이 문자기반 검색과 함께 상용화 되면서 대규모 영상 데이터베이스에서 영상을 효과적으로 관리하고 검색하기 위한 많은 연구 결과가 발표되고 있다. 이들 영상검색에서는 영상의 회전, 이동, 스케일링에 불변하며 알고리즘이 간단하여 처리속도가 빨라야 한다[5]. 내용 기반 검색에서 사용되는 특징 중 형태 정보는 윤곽선, 코너점, 선분, 모멘트 등이 사용되는데 이중 윤곽선 특성이 보편적으로 사용되고 있다. 이는 객체의 윤곽선만을 이용할 수가 있기 때문에 알고리즘이 간단하며 객체의 특성을 효과적으로 추출 할 수 있지만 외부 잡음에 민감하다[6]. 특히 방사왜곡에 대한 영상 검색은 영상의 왜곡을 수학적으로 계산하여 보정한 후 보정된 영상을 이용하여 검색하게 된다. 하지만 영상 보정은 왜곡 필터의 특성을 알아야만 그에 대한 보정 필터를 구할 수 있으므로 임의의 방사왜곡 영상을 보정하는 것은 매우 어렵다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 방사왜곡에 강인한 영상 검색 기법을 사용하여 방사왜곡의 보정과정을 거치지 않고, 정규화 위상각과 모멘트를 이용하여 형태적 잡음과 방사왜곡에 강인한 영상검색 기법을 제안하고자 한다.

C. 논문 구성

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구에 대해 살펴보고, 3장에서 제안한 알고리즘을 설계하고, 4장에서 이를 실험을 통한 결과를 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

II. 관련 연구

A. 방사왜곡 보정

본 논문에서는 방사왜곡에 대하여 강인한 영상검색 알고리즘을 제안한다. 방사왜곡은 어안렌즈에서 가장 두드러지게 나타나며 영상장비의 구조적 특성상 거의 모든 영상장비에서 방사왜곡이 일어난다. 이러한 왜곡이 발생한 영상의 객체가 실제 객체와의 유사성을 판단하는 것은 매우 중요하다. 특히 자율형 로봇 제작에 있어서 넓은 화각을 가져야 하므로 광각렌즈는 필수적으로 사용되고 있으며 이러한 로봇이 객체를 빠르고 정확히 판단하기 위해서는 방사왜곡에 강인한 영상검색 알고리즘이 반드시 필요하다.

현재 방사왜곡이 발생한 영상에 대하여 왜곡에 대한 역함수를 이용하여 영상을 보정하고, 보정된 영상의 객체에 대하여 유사도를 검색하는 방법을 사용하고 있다. 방사왜곡에 강인한 영상 검색 알고리즘은 왜곡의 보정을 선행하지 않아도 객체에 대한 유사도 검색이 가능하게 되므로 속도와 효율성에서 활용도가 매우 높다.

1. 방사왜곡의 정의와 발생원인

방사왜곡은 영상의 중심 혹은 영상 내 임의의 지점에서 방사방향으로 일어나는 왜곡을 의미한다. 방사왜곡이 발생하는 현상은 대표적으로 카메라에서 발생한다. 대다수의 이미지는 카메라를 통해 제작되어지는데, 카메라의 구조상 선명한 영상을 만들기 위해서는 경통이 길어야 하지만 반대로 경통이 길어질수록 화각이 좁아진다. 경통의 길이만큼 렌즈의 반지름을 크게 만들어서 보정 할 수 있지만 부피가 커지고 가격 상승의 요인이 되며 렌즈의 두께가 굵어져 빛이 분산되어 고해상도의 영상을 얻기 힘들어진다. 이러한 단점을 보안하기위하여 구면 수차를 이용한 광각렌즈가 사용되고 있으며, 이를 극단적으로 사용한 렌즈가 어안렌즈이다. 어안렌즈는 구면 수차를 이용하여 만든 초광각 렌즈로 180° 또는 그이상의 시야를 갖는 화상을 한정된 크기의 범위 안에 왜곡을 갖게 결상시키는 렌즈이다[7]. 특히 경통 자체를 작게 만들어 입사광이 적은 스마트폰 내장 카메라 등의 소형 기기에도 구면 수차를 적용한 광각렌즈를 사용하면 충분한 휘도를 가질 수 있고 화각이 넓어지는 장점이 있지만 이미지가 방사형으로 왜곡

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

된다는 단점이 있다. 카메라로 사진을 찍었을 때 실제보다 심도가 깊게 표현되고 중심에서 벗어날수록 방사형으로 왜곡이 일어나게 되는 주요 원인이 구면 수차 때문이다. 또한 구면 수차 왜곡은 영상장비가 피사체와 일정거리 이상 확보되지 않으면 더욱 심해지므로 거의 모든 영상장비는 피사체와의 거리에 제한을 가질 수밖에 없다.

2. 방사왜곡의 보정방법

이러한 방사왜곡을 보정하는 일반적인 방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 방법은 방사왜곡 필터의 특성을 고려한 수학적 모델링을 통한 보정 방법이고, 두 번째 방법은 방사왜곡 필터의 종류와 상관없이 획득되는 영상만을 통한 보정 방법이다.

a. 측량적 방사왜곡 보정

실제 측량을 통하여 방사왜곡 필터를 추측하고 이를 이용해 보정하는 방법으로, 실세계에 존재하는 3차원 실세계좌표와 2차원 영상좌표의 관계를 통해 기하학적으로 보정 식을 구할 수 있다. 사전에 3차원 공간의 정보를 파악할 수 있는 캘리브레이션 패턴에 대한 영상을 획득하여, 영상 내의 특이점을 인식해내고 이들 사이의 관계로부터 왜곡 필터를 계산한 후 왜곡 필터의 역함수를 이용하여 왜곡을 보정한다.

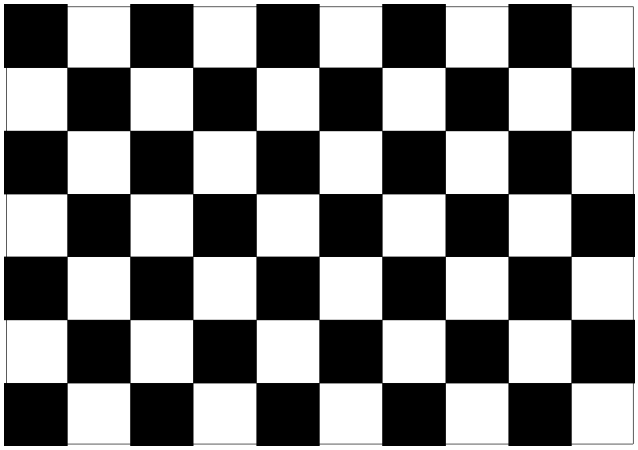


그림 2.1 캘리브레이션 패턴

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

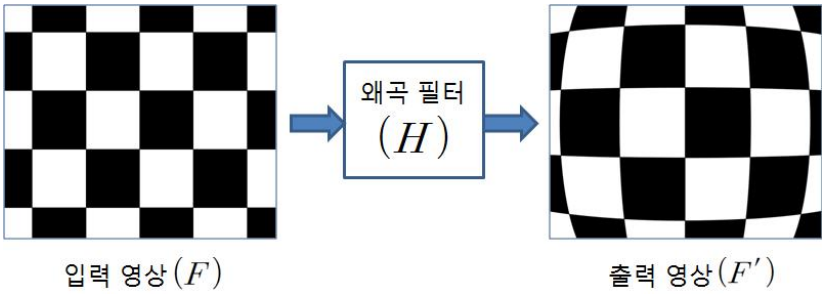


그림 2.2 캘리브레이션 패턴의 방사왜곡

그림 2.2는 왜곡필터에 의해 캘리브레이션 패턴이 왜곡되는 현상을 보여주고 있다. $H(F)=F'$이므로 입력영상(F)와 출력영상(F')으로부터 왜곡 필터(H)를 구할 수 있다. 구해진 왜곡필터(H)로부터 그 역함수(H^{-1})를 구하여 왜곡을 보정하는 방법이다.

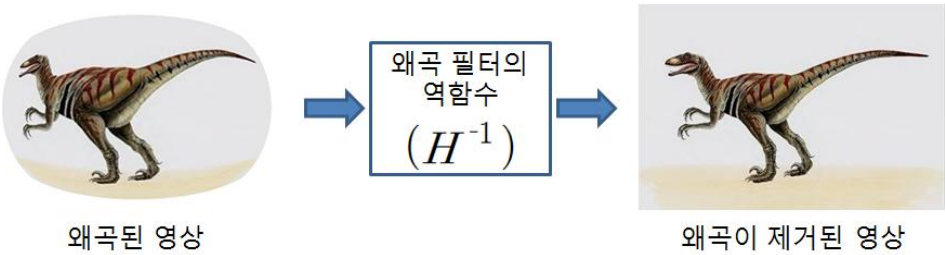


그림 2.3 왜곡 필터의 역함수를 이용한 왜곡 보정

차량용 영상장비나 감시용 영상장비 등초점거리가 충분히 확보되고 근거리 촬영이 필요치 않으며 왜곡 함수의 특성이 변하지 않는 환경에서 주로 활용되고 있다[8-9].

이처럼 왜곡 함수 특성이 제한된 환경에서만 적용 가능하다는 근본적인 단점을 갖고 있다.

b. 비 측량적 방사왜곡 보정

3차원 공간에 대한 사전 정보 없이 영상의 정보를 이용하여 왜곡 보정을 하는 방법으로 정밀함에 있어서는 우수하지만 복잡하고 계산량이 많으며, 완벽한 반 구 형태의 어안렌즈를 가정하고 있기 때문에 광각렌즈 등에서 발생되는 일반적인 방사 왜곡에 대하여 적용하기 어렵다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이론적으로 반 구 형태의 어안렌즈의 화각은 180°이며 이를 이용한 영상은 그림 2.4 처럼 왜곡되어 출력된다. 입력영상과 출력영상간의 중심에서 최대화각까지의 왜곡율이 선형적이므로 이상적인 반구형의 어안렌즈로 인한 왜곡은 수학적으로 보정이 가능하다.

그림 2.4 반구형 어안렌즈에 의한 영상 왜곡

반구형의 어안렌즈는 왜곡이 매우 심하며 특히 중심에서 멀어질수록 왜곡이 심하여 수학적 보정에 대하여 오차가 많이 발생하게 된다. 또한 완벽한 반 구 형태로 만드는 것은 매우 어려우며, 영상장비의 특성에 따라 반 타원체 형의 렌즈가 사용되므로 단독으로 사용되기에는 어렵기 때문에 측량적 왜곡 보정 방법을 함께 사용한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 내용 기반 영상 검색 (CBIR)

1. 내용 기반 영상 검색의 정의

내용 기반 영상 검색(CBIR: Content-Based Image Retrieval) 시스템은 1992년 Kato에 의해 제시된 이후 널리 사용되고 있으며[10] 색상, 질감, 형태와 같은 낮은 수준의 시각 특성을 데이터화 하여 특성 값들의 유사도를 계산하여 자동적으로 색인하는 검색 방법이다. 일반적인 내용 기반 영상 검색 시스템은 그림 2.5와 같다.

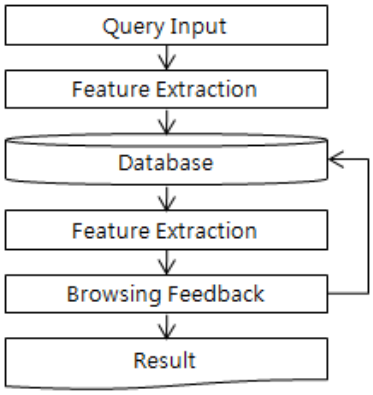


그림 2.5 내용기반 영상검색 시스템 구성도

내용기반 영상검색 시스템은 사용자에게 질의를 입력받아 영상을 분석하여 특징을 추출하고 특징간의 유사도를 계산하여 검색결과를 사용자에게 보여주도록 구성된다.

2. 내용 기반 영상 검색에서 사용되는 특징

a. 칼라 정보

칼라는 객체를 식별하는 중요한 시각요소이며, 각 화소가 가지는 칼라 값의 차이로 유사성을 판단 할 수 있다[11]. 칼라를 표현하는 방법으로는 RGB, HSV, YCbCr 등이 사용된다. 칼라의 특징을 표현하는 가장 통상적인 방법으로는 색상의 강도를 히스토그램으로 표현하는 것이다. 칼라 히스토그램은 알고리즘이 비교적 간단하면서도 객체의 회전이나 이동에 강하고, 영상의 크기, 피사체의 각도 등에 덜 민감하다. 하지만 영상

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

의 공간정보가 상실되어 연관된 화소들 사이의 위치정보를 파악 할 수 없다.

(1) 색상 히스토그램(Color Histogram)

색상 히스토그램은 Swain과 Ballard가1991년에 제안한 방법으로 연산량이 적고, 회전 및 이동에 대해서 강한 성능을 보여 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 그러나 물체의 크기와 배경이나 조명에 민감하다는 단점이 있고, 색상의 분포가 비슷하면 전혀 다른 영상에 대해서도 유사 영상으로 판단되는 오류가 일어난다[12].

(2) 색상 코렐로그램(Color Correlogram)

색상 히스토그램에서 유사한 색상 분포를 갖는 영상은 유사 영상으로 검색될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Huang은 색상 정보와 공간적 상관관계를 도식화한 색상 코렐로그램을 제안했다[13]. 색상 코렐로그램은 영상의 모든 화소의 색상에 대해 일정 거리의 화소에 나타나는 색상을 2차원으로 도식화 한다. 이는 영상에 존재하는 하나의 색상을 가지는 영역의 크기 정보와 변하는 색상의 정보를 모두 포함하기 때문에 색상 히스토그램 방법보다 더 우수한 성능을 보인다[14].

b. 질감 정보

질감은 규칙적으로 나타나는 특정 패턴의 공간적 유사성을 갖는 특징을 말하며, 물체의 표면 특성을 나타내는 요소이다. 질감 정보는 정보 수용자의 경험에 의한 기억에 의해 강한 영향을 미치게 되므로[15] 질감의 유사성을 이용한 검색 기법은 범용적으로 활용되기 어렵다. 하지만 인간의 시각에 있어서 객체를 구분하기 위한 중요한 특징 정보이며 패턴 인식 분야 등에서 꾸준히 연구되고 있다[16-18].

c. 형태 정보

형태정보는 객체의 윤곽을 구분 짓는 특성으로 하나의 객체로 인식하기 위한 구조적 특성을 제공한다. 형태정보를 이용한 검색 기법은 구현이 어렵고 윤곽선의 변환이나 방향에 민감하게 반응한다는 단점이 있지만 객체를 표현하는 최적의 요소이므로 내용 기반 검색 시스템에서 가장 중요하게 다루어지고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

(1) 에지 검출

(a) 소벨(Sobel) 방법

소벨 에지 검출 방법은 1968년 스탠포드 인공지능 연구소에서 어윈 소벨이 고안해 낸 에지 검출 알고리즘으로 3x3크기의 행렬을 사용하여 연산을 하였을 때 중심을 기준으로 각방향의 앞뒤의 값을 비교하여서 변화량을 검출하는 알고리즘이다. 잡음에는 강한편이지만 연산속도가 비교적 느리다. 3x3크기의 행렬을 x, y 방향별로 각각의 행렬을 가지는 데 형태는 그림 2.6과 같다[19-22].

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

a) x filter

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

b) y filter

그림 2.6 소벨(Sobel) 마스크

(b) 프루이트(Prewitt) 방법

소벨 에지 검출방법과 비슷한 결과 값을 나타내지만 응답시간이 약간 더 빠르다. 소벨 에지 검출방법에 비해 윤곽선이 덜 부각되어 나타나지만 나머지 특성은 유사하다.

-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

a) x filter

+1	+1	+1
0	0	0
-1	-1	-1

b) y filter

그림 2.7 프루이트(Prewitt) 마스크

(c) 로버츠(Roberts) 방법

로버츠 마스크의 모양은 45° 기울기를 가진 단순한 형태의 마스크로써 연산속도가 매우 빠르며 잡음에 매우 민감하다

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

0	0	-1
0	1	0
0	0	0

-1	0	0
0	1	0
0	0	0

그림 2.8 로버츠(Roberts) 마스크

(2) 무게 중심

물체의 각 부분에 작용하는 중력을 합한 합력의 작용점을 무게 중심이라고 한다. 무게중심은 객체의 확대, 축소, 회전, 반전에 관계없이 불변하며 방사왜곡에 대하여 상대적으로 강한 특성을 갖는다.

레버의 법칙에 의하여 질량 m_1, m_2가 거리 d_1, d_2로 떨어져있을 때 $m_1 d_1 = m_2 d_2$가 성립하는 점이 무게중심이다[23]. x축 상의 x_1에서 질량 m_1, x_2에서 질량 m_2를 갖고, $\overline{x}$에서 무게중심을 갖는다면 d_1과 d_2는 식 (2-1)과 같으므로, 무게중심 $\overline{x}$는 식 (2-2)와 같다.

$$\begin{cases} d_1 = \overline{x} - x_1 \\ d_2 = x_2 - \overline{x} \end{cases} \quad ,(x_2 > \overline{x} > x_1) \tag{2-1}$$

$$\begin{aligned} m_1(\overline{x} - x_1) &= m_2(x_2 - \overline{x}) \\ m_1\overline{x} + m_2\overline{x} &= m_1 x_1 + m_2 x_2 \\ \overline{x} &= \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} \end{aligned} \tag{2-2}$$

x축 상에 x_3에서 질량 m_3를 갖고 x_1, x_2, x_3의 무게중심이 $\overline{x}'$이라면, x_1, x_2, x_3의 무게중심은 x_1, x_2의 무게중심인 $\overline{x}$와 점 x_3와의 무게중심과 동일하며, 3점의 무게중심 $\overline{x}'$는 식 (2-4)처럼 구할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

$$
\begin{aligned}
(m_1+m_2)(\overline{x}'-\overline{x}) &= m_3(x_3-\overline{x}') \\
(m_1+m_2)\overline{x}'+m_3\overline{x}' &= (m_1+m_2)\overline{x}+m_3x_3
\end{aligned}
\tag{2-3}
$$

$$
\begin{aligned}
\overline{x}' &= \frac{(m_1+m_2)\overline{x}+m_3x_3}{(m_1+m_2)+m_3} \\
&= \frac{(m_1+m_2)(\frac{m_1x_1+m_2x_2}{m_1+m_2})+m_3x_3}{(m_1+m_2)+m_3} \\
&= \frac{m_1x_1+m_2x_2+m_3x_3}{m_1+m_2+m_3} \\
&= \frac{m_1}{m_1+m_2+m_3}x_1+\frac{m_2}{m_1+m_2+m_3}x_2+\frac{m_3}{m_1+m_2+m_3}x_3
\end{aligned}
\tag{2-4}
$$

객체의 x축 방향의 무게중심선(C_x)과 y축 방향의 무게중심선(C_y)의 교점이 객체의 무게중심점이 되므로 위와 같은 방법으로 x축 방향의 무게중심선과 y축 방향의 무게중심선을 일반화시켜 정리하면 식 (2-5)와 식 (2-6)과 같다.

$$
\begin{aligned}
C_x &= \frac{m_{x1}}{\sum_{k=1}^{n_x} m_{xk}}\times x_1+\frac{m_{x2}}{\sum_{k=1}^{n_x} m_{xk}}\times x_2+\frac{m_{x3}}{\sum_{k=1}^{n_x} m_{xk}}\times x_3+\ \cdots\ +\frac{m_{xn}}{\sum_{k=1}^{n_x} m_{xk}}\times x_n \\
&= \frac{1}{\sum_{k=1}^{n_x} m_{xk}}\left(\sum_{i=1}^{n} m_{xi}x_i\right)
\end{aligned}
\tag{2-5}
$$

$$
\begin{aligned}
C_y &= \frac{m_{y1}}{\sum_{k=1}^{n_y} m_{yk}}\times y_1+\frac{m_{y2}}{\sum_{k=1}^{n_y} m_{yk}}\times y_2+\frac{m_{y3}}{\sum_{k=1}^{n_y} m_{yk}}\times y_3+\ \ldots\ +\frac{m_{yn}}{\sum_{k=1}^{n_y} m_{yk}}\times y_n \\
&= \frac{1}{\sum_{k=1}^{n_y} m_{yk}}\left(\sum_{i=1}^{n} m_{yi}y_i\right)
\end{aligned}
\tag{2-6}
$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

구하고자 하는 무게중심 C는 $x = C_x$와 $y = C_y$의 교점이므로 $C = (C_x, C_y)$ 가 된다.

$$C = (C_x \ , \ C_y)$$

$$= \left(\frac{1}{\sum_{k=1}^{n_x} m_{xk}} \left(\sum_{i=1}^{n} m_{xi} x_i \right) \ , \ \frac{1}{\sum_{k=1}^{n_y} m_{yk}} \left(\sum_{i=1}^{n} m_{yi} y_i \right) \right) \qquad (2\text{-}7)$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

III. 제안하는 알고리즘 설계

A. 알고리즘 구조

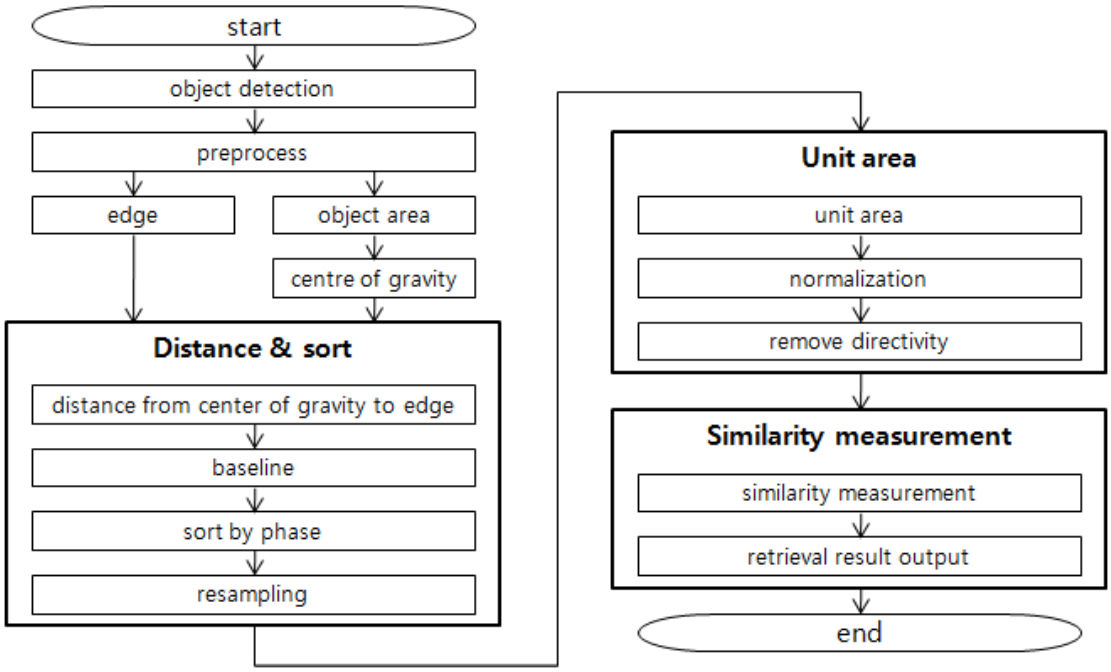


그림 3.1 제안하는 알고리즘 순서도

B. 제안하는 검색 알고리즘

빠른 영상 검색을 위하여 특성수가 적고, 확대 및 축소, 회전, 이동과 방사왜곡에 강인해야 한다. 이를 위하여 제안된 알고리즘에서는 확대 축소 회전 이동 방사왜곡에 불변하는 무게중심점을 기준으로 객체의 외곽 에지까지의 위상에 따른 면적을 이용하였다.

이해를 돕기 위한 예제이미지(그림 3.2)에서 전처리 과정을 거친 후(그림 3.3), 객체에서 에지(그림 3.4)와 무게중심(그림 3.5)을 구하고, 무게중심으로부터 각 에지까지의 거리를 구한다. 무게중심에서 에지까지의 거리 히스토그램(그림 3.6) 은 무게중심을

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

기준으로 한 에지들의 거리 분포만을 표현한 것이므로 각 에지들의 위상에 따른 위치를 고려하지 않는다. 따라서 각 에지간의 상대적인 위상을 고려해야할 필요성이 있다. 이를 위하여 중심점에서 장축을 Baseline으로 하여 각각의 에지의 상대각도를 측정하였다.(그림 3.7) 각각의 에지의 분포는 중심각에 비례하고 있지 않으므로 일정한 각도로 resampling하여 에지와 위상간의 관계(그림 3.8)를 성립시킨다. resampling된 에지들을 단위각도로 n등분하여 단위각도 내의 무게중심점에서 에지까지의 거리들을 더함으로써 단위각도에 대한 면적을 계산한다.

총면적을 정규화 하여 확대, 축소에 강하게 하였고, Baseline으로부터 절댓값이 동일한 위상차를 갖는 면적을 서로 더하여 방향성을 배제하였다.(그림 3.9)

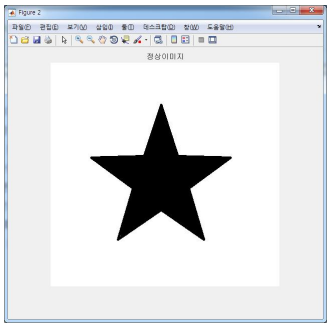


그림 3.2 예제이미지

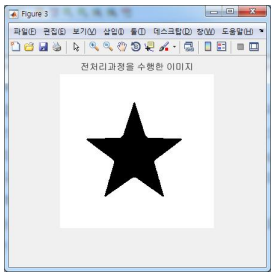


그림 3.3
전처리 후 이미지

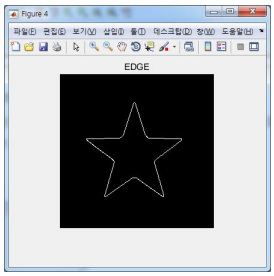


그림 3.4
에지 검출

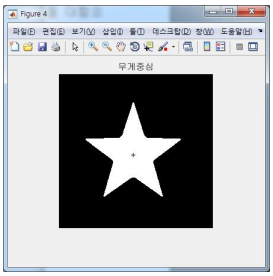


그림 3.5
무게중심 검출

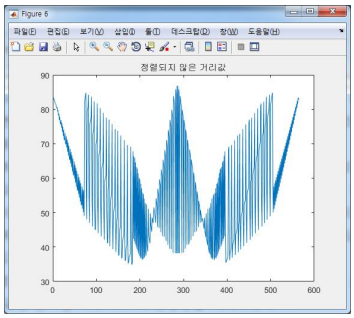


그림 3.6
무게중심에서 에지까지의 거리

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

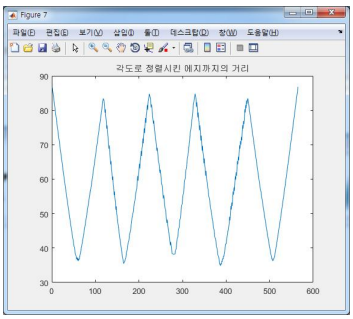


그림 3.7
에지까지의
거리 히스토그램

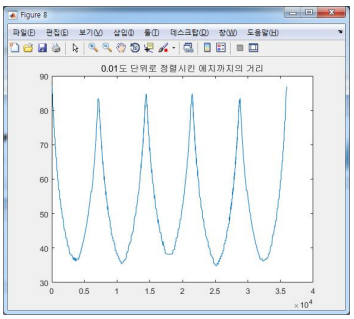


그림 3.8
Resampling 된
거리 히스토그램

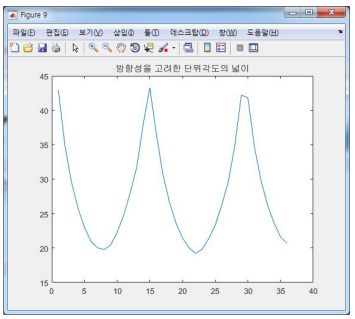


그림 3.9
단위각도의
면적 히스토그램

Collection @ chosun

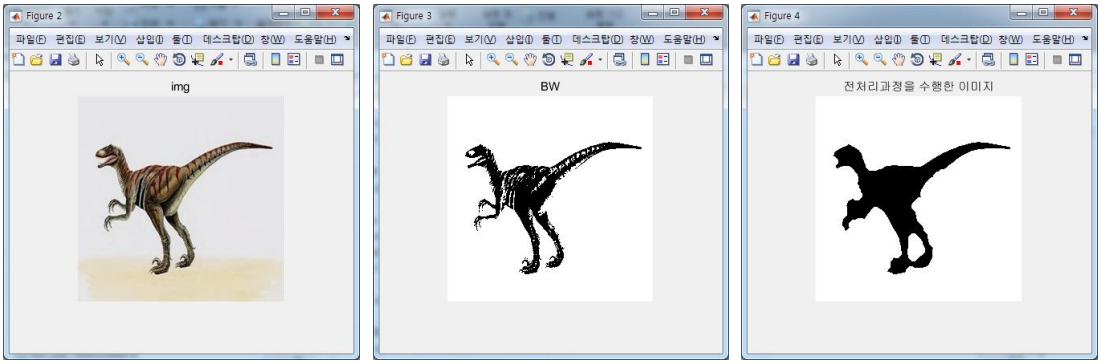
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 전처리과정

본 알고리즘에서는 무게중심점과 객체의 외곽 에지를 이용하였다. 이를 위하여 객체의 전반적인 형태적 특성이 중요하므로 이미지의 사이즈를 256*256 크기로 변환한 후 객체를 2진화 영상으로 단순화시키고 $r=3$ Octagon 마스크를 이용하여 잡음과 과도한 디테일을 제거하였다.

0	0	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	0	0

그림 3.10 $r=3$ Octagon 마스크



a) Resize 이미지 b) 이진화 영상 c) 수축 팽창 영상

그림 3.11 전처리 과정 이미지

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2. 에지검출과 무게중심점 검출

이진화 된 영상은 불필요한 잡음이 제거되어있기 때문에 객체의 큰 윤곽을 쉽게 찾아낼 수 있으며, 과도한 디테일을 제거함으로써 무게중심점에 대한 신뢰도를 높일 수 있다. 외곽선 추출을 위해 소벨 마스크를 이용해 에지를 검출하고, x축 적분을 이용한 무게중심선과 Y축 적분을 이용한 무게중심선의 교점으로 객체의 무게중심을 구하였다. 무게중심($C=(C_x, C_y)$)을 구하는 방법은 다음과 같다.

객체는 y축에 대하여 미분하였을 때 x축 방향의 각 선분들의 집합이고, k번째 선분은 시작점 x_{sk}부터 끝점 x_{ek}을 갖는 직선이며, 그 질량이 n_{xk}인 k_x개의 성분을 갖는다.

$$C_x = \frac{n_{x1}}{\sum_{i=1}^{k_x} n_{xi}} \times \frac{(x_{e1}+x_{s1})}{2} + \frac{n_{x2}}{\sum_{i=1}^{k_x} n_{xi}} \times \frac{(x_{e2}+x_{s2})}{2} + \cdots + \frac{n_{xk_x}}{\sum_{i=1}^{k_x} n_{xi}} \times \frac{(x_{ek_x}+x_{sk_x})}{2} \quad (3\text{-}1)$$

$\sum_{i=1}^{k_x} n_{xi}$ 는 객체의 전체넓이(S) 이므로

$$C_x = \frac{1}{S}\left\{ n_{x1}\frac{(x_{e1}+x_{s1})}{2} + n_{x2}\frac{(x_{e2}+x_{s2})}{2} + \cdots + n_{xk_x}\frac{(x_{ek_x}+x_{sk_x})}{2} \right\} \quad (3\text{-}2)$$

n_{xk}는 k번째 라인의 질량이고, $\frac{1}{2}(x_{ek}+x_{sk})$는 k번째 라인의 무게중심이다.

따라서

$$\frac{1}{2}(x_{ek}+x_{sk}) = \frac{1}{(x_{ek}-x_{sk})}(m_{sk}x_{sk} + m_{sk+1}x_{sk+1} + m_{sk+2}x_{sk+2} + \ldots + m_{ek-1}x_{ek-1} + m_{ek}x_{ek}) \quad (3\text{-}3)$$

여기서 영상 객체의 특성상 모든 객체 내 픽셀의 질량은 1로 동일하므로

$$\frac{(x_{ek}+x_{sk})}{2} = \frac{1}{(x_{ek}-x_{sk})}(x_{sk} + x_{sk+1} + x_{sk+2} + \ldots + x_{ek-1} + x_{ek}) \quad (3\text{-}4)$$

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

또한 $n_{xk} = (x_{ek} - x_{sk})$ 이므로 식 (3-4)는 식 (3-5)와 같이 표현할 수 있다.

$$n_{xk}\frac{(x_{ek}+x_{sk})}{2} = x_{sk} + x_{sk+1} + x_{sk+2} + \ \ldots \ + x_{ek-1} + x_{ek} \tag{3-5}$$

식 (3-5)에서 우항의 각 x성분은 질량을 가진 위치 즉 객체내의 x좌표 값에 해당하므로, 식 (3-5)를 식 (3-2)에 대입하면

$$\begin{aligned} C_x &= \frac{1}{S}\left\{ n_{x1}\frac{(x_{e1}+x_{s1})}{2} + n_{x2}\frac{(x_{e2}+x_{s2})}{2} + \cdots + n_{xk_x}\frac{(x_{ek_x}+x_{sk_x})}{2} \right\} \\ &= \frac{1}{S}\{ \quad (x_{s1} + x_{s1+1} + x_{s1+2} + \ \cdots \ + x_{e1-1} + x_{e1}) \\ &\quad + (x_{s2} + x_{s2+1} + x_{s2+2} + \ \cdots \ + x_{e2-1} + x_{e2}) \\ &\quad + \ \cdots \\ &\quad + (x_{sk_x} + x_{sk_x+1} + x_{sk_x+2} + \ \cdots \ + x_{ek_x-1} + x_{ek_x}) \quad \} \end{aligned} \tag{3-6}$$

식 (3-6)에서처럼 x축에 대한 무게중심선은 객체내의 모든 x좌표 값을 더하여 객체의 총면적으로 나눈 값이 객체의 x좌표의 무게중심선이 된다. 같은 방법으로 y좌표의 무게중심선은 식 (3-7)과 같으며 x좌표의 무게중심선과 마찬가지로 객체내의 모든 y좌표 값을 더하여 객체의 총면적으로 나눈 값이 객체의 y좌표의 무게중심선이다.

$$\begin{aligned} C_y &= \frac{1}{S}\left\{ n_{y1}\frac{(y_{e1}+y_{s1})}{2} + n_{y2}\frac{(y_{e2}+y_{s2})}{2} + \cdots + n_{yk_y}\frac{(y_{ek_y}+y_{sk_y})}{2} \right\} \\ &= \frac{1}{S}\{ \quad (y_{s1} + y_{s1+1} + y_{s1+2} + \ \cdots \ + y_{e1-1} + y_{e1}) \\ &\quad + (y_{s2} + y_{s2+1} + y_{s2+2} + \ \cdots \ + y_{e2-1} + y_{e2}) \\ &\quad + \ \cdots \\ &\quad + (y_{sk_y} + y_{sk_y+1} + y_{sk_y+2} + \ \cdots \ + y_{ek_y-1} + y_{ek_y}) \quad \} \end{aligned} \tag{3-7}$$

객체의 무게중심점(C)은 x좌표의 무게중심선과 y좌표의 무게중심선의 교점이므로 식 (3-8)과 같다.

$$C = (C_x, C_y) \tag{3-8}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이러한 방법을 이용하여 그림 3.12와 같이 코딩하였다. 코딩결과 단순 사칙연산과 간단한 2중 for문으로 구성되며 비교문이 없어 꼭지점이나 선분에 비해 검출 속도가 빨라 객체 분석에 효과적인 기준점임이 확인되었다.

```
%--- 무게중심 ---%

    count = 0;
    C_x_temp = 0;
    C_y_temp = 0;

    for j=1:256
        for i=1:256
            C_x_temp = C_x_temp + dil_img_1(i,j)*i;
            C_y_temp = C_y_temp + dil_img_1(i,j)*j;
            count = count + dil_img_1(j,i);
        end
    end

    C_x_r = C_x_temp/count;
    C_y_r = C_y_temp/count;
```

그림 3.12 무게중심 코딩

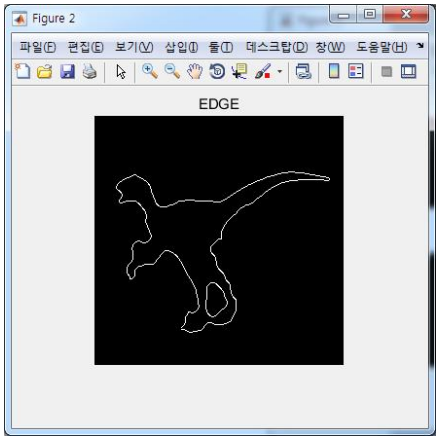


그림 3.13 에지 검출

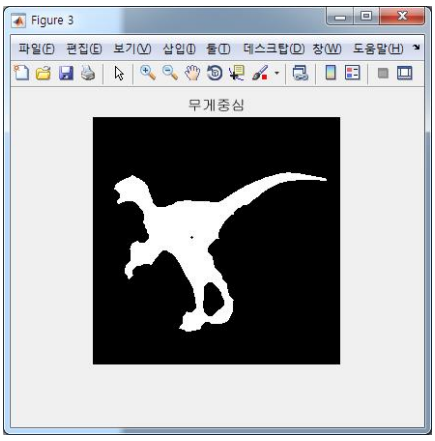


그림 3.14 무게중심 검출

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 무게중심점에서 에지까지의 거리

영상의 회전에 대하여 불변하는 Baseline이 정의되어야 상대각도를 구할 수 있으므로 무게중심으로부터 가장 먼 거리에 위치한 에지까지의 거리인 장축을 Baseline으로 잡아 각 에지들의 상대 각도를 구한다.

각각의 에지들의 분포는 Baseline으로부터 위상의 변화에 따라 균일하게 분포하고 있지 않기 때문에 Baseline으로부터 위상의 변화에 대하여 균일하게 분포하는 가상의 에지를 구할 필요성이 있다. 이때 256×256 크기의 영상에서 발생할 수 있는 최대 에지의 개수는 32,768개 이므로 이보다 큰 수로 resampling할 필요가 있다. 본 연구에서는 중심각을 0.01°로 resampling하여 총 36,000개의 가상의 에지를 구하였다. resampling 된 가상의 에지는 해당 중심각보다 작은 중심각의 에지 중 가장 근사한 값으로 대체하였다.

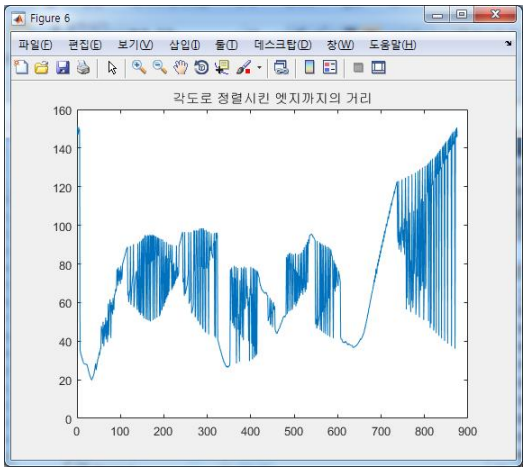


그림 3.15 에지까지의 거리 히스토그램

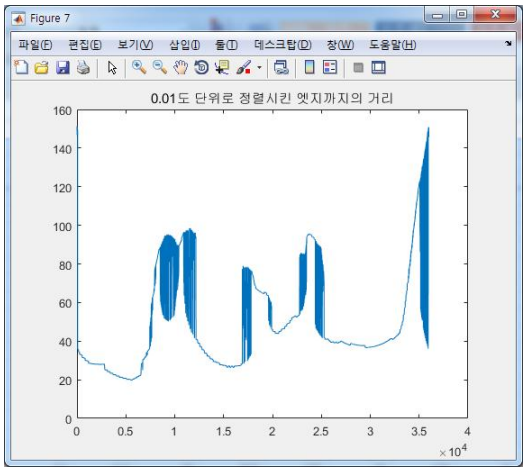


그림 3.16 리샘플링 된 거리 히스토그램

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

4. 위상에 따른 면적 히스토그램

앞서 언급한 바와 같이 resampling된 에지의 총 수가 32,768개 이상이어야 하므로 이를 모두 비교데이터로 활용하기에는 객체의 전반적인 특성을 파악하기 어렵다(그림 3.16). 따라서 일정한 개수의 에지들을 그룹화해야 하며 본 논문에서는 그룹화 방법으로 단위 위상 내의 무게중심에서 에지까지의 거리 값들의 합, 즉 면적을 사용하였다. 면적은 각 에지까지의 거리들의 총합과 비례관계에 있으며 정규화 과정에서도 쉽게 적용할 수 있어 유용한 척도이다.

총 면적은 단위위상의 면적들의 전체의 합과 같고, 단위 위상의 면적은 무게중심에서 단위 위상내의 resampling된 에지까지의 거리들의 총합에 비례한다. resampling된 에지에서의 면적은 resampling 각도 $\phi°$와 에지까지의 거리 l_Φ을 이용하여 구할 수 있으며, 임의의 위상 $\Phi°$에서 $\Phi° \sim (\Phi+\phi)°$의 면적 S_Φ와 $\Phi°$에서의 에지까지의 거리 l_Φ의 관계는 식 (3-9)와 같다.

$$S_\Phi = \frac{1}{2} l_\Phi \sin\phi \tag{3-9}$$

그룹화를 위한 단위각도 $\phi' = n\phi$ 일 때, 단위각도의 정수배에 해당하는 $\theta°$에서의 단위각도 ϕ'에 해당하는 면적 S_θ와 해당 단위각도 내에 존재하는 거리 l_k의 관계는 식 (3-10)과 같다.

$$S_\theta = \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{2} l_k \sin\phi = \frac{1}{2} \sin\phi \sum_{k=1}^{n} l_k \tag{3-10}$$

객체의 특성을 추출하기 위하여 면적을 정규화 해야 할 필요성이 있으므로 전체면적 S를 1로 정규화 시킨다. 정규화 된 객체에서의 단위각도에 대한 면적 $S_{nor\theta}$는 식 (3-11)과 같다.

$$S_{nor\theta} = \frac{1}{S} \times S_\theta = \frac{1}{S} \times \frac{1}{2} \sin\phi \sum_{k=1}^{n} l_k \tag{3-11}$$

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

θ는 방향성을 갖고 있기 때문에 이를 상쇄시키기 위하여 절댓값이 같은 위상에 존재하는 +방향의 단위면적과 -방향의 단위면적을 서로 더하여 Baseline으로부터 $\Theta = |\theta|$만큼의 위상차를 갖는 면적 S_Θ를 구한다.

$$S_\Theta = S_{nor(+\theta)} + S_{nor(-\theta)} \tag{3-12}$$

각 단위각도에 대한 면적의 관계는 다음과 같다.

표 3.1 위상에 따른 면적

Θ (°)	S_Θ ($\times 10^{-3}$)	Θ (°)	S_Θ ($\times 10^{-3}$)	Θ (°)	S_Θ ($\times 10^{-3}$)
5	49.465	65	16.139	125	41.367
10	36.853	70	18.422	130	29.849
15	38.703	75	20.243	135	27.265
20	32.250	80	26.882	140	23.064
25	26.059	85	33.468	145	21.866
30	21.044	90	31.475	150	20.724
35	18.560	95	33.115	155	19.918
40	17.712	100	32.829	160	19.751
45	17.069	105	32.094	165	22.989
50	16.488	110	40.617	170	27.218
55	16.034	115	40.333	175	34.658
60	15.865	120	45.371	180	34.242

표 3.1의 특성을 효과적으로 판단하기위하여 히스토그램 그래프로 표현하면 그림 3.17과 같다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

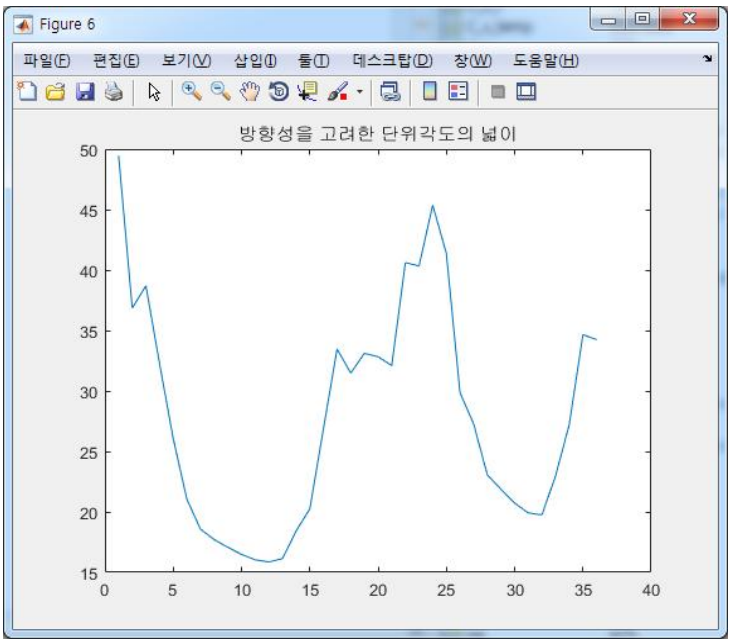


그림 3.17 S_θ 히스토그램

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

5. 비교 검색

질의영상에 의해 추출된 특성벡터는 데이터베이스 내의 영상들의 색인 벡터와 비교함으로써 영상 검색을 하게 된다. 내용기반 영상검색에서는 특성 값이 유사한 다수의 영상들을 검색결과로 제시하여 사용자가 최종적으로 선택할 수 있도록 한다. 따라서 전반적인 검색 시스템과는 달리 특성벡터의 정확한 일치를 요구하는 것이 아니고, 질의 벡터와 색인 벡터간의 유사도 계산과정으로 수행함으로써 데이터베이스 내의 영상을 질의영상과의 유사도 순위에 따라 나열하고 그중 전체 객체의 면적대비 오차면적의 크기가 일정수준 이내(이하 임계값)의 영상에 대하여 유사영상임을 판단하고 결과 값으로 출력된다.

벡터긴 유사도 계산을 위한 다양한 방법이 제시되었으나 그 중에서 '단순 정합', 'Dice 계수', 'Jaccard 계수', 3가지 방법이 대표적이다[24].

$$D_{sm}(Q,T) = |Q \cap T| \qquad (\text{단순정합}) \tag{3-13}$$

$$D_{Dice}(Q,T) = 2\frac{|Q \cap T|}{|Q|+|T|} \qquad (Dice\ \text{계수}) \tag{3-14}$$

$$D_{Jaccard}(Q,T) = \frac{|Q \cap T|}{|Q \cup T|} \qquad (Jaccard\ \text{계수}) \tag{3-15}$$

Q는 질의벡터, T는 색인벡터이다.

각각의 식은 표현한 정합의 개념을 포함하고 있지만, 단순 정합은 같은 자료만 계수하는데 비하여 Dice와 Jaccard 방법은 비교대상간의 정합계수가 최대 1이 되도록 정규화 하고 있다. 본 연구에서는 객체의 면적을 1이 되도록 미리 정규화 하였으므로 단순정합만으로도 충분한 유사도 분석이 가능하다. 따라서 다음과 같은 방법으로 유사도를 계산할 수 있다. 각각의 위상차에 해당하는 면적을 각각 비교하여 그 차(M_Θ)를 구한다.

$$M_\Theta = |S_\Theta - S'_\Theta| \tag{3-16}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

M_Θ는 하나의 단위위상에 대한 면적을 비교한 값이므로 모든 위상에 대하여 비교한 값을 전부 더하여 객체 전체의 면적 차이(오차면적)를 구한다.

$$M = \sum_{\phi=1}^{360/\Theta} M_\phi \tag{3-17}$$

정규화 된 전체면적은 1 이므로 유사도(D)는 전체면적에서 오차면적을 뺀 값과 같다.

$$D = (1 - M) \tag{3-18}$$

여기서 면적(S_Θ)은 거리의 합($l_\theta = \sum_{k=1}^{n} l_k$)에 비례하므로 $S_\theta \rightarrow l_\theta$로 치환하여도 동일하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

IV. 실험 및 분석

본 논문에서 제안한 알고리즘은 다양한 영상에 대하여 MATLAB R2017a 소프트웨어를 사용하여 실험하였으며, Resampling 위상은 0.01°, 단위위상(θ)을 5°로 하였고, 정규화 면적은 1,000으로 하였고, 이를 통해 추출된 특성벡터 값을 질의영상의 특성벡터와 단순정합 비교하였다.

실험A는 다각형을 통하여 알고리즘의 특성을 파악하였고, 실험 B는 Wang DB와 People DB를 통해 알고리즘의 성능을 평가하였다.

A. 다각형 분석을 통한 알고리즘 특성 파악

1. 실험 방법

다음은 제안한 알고리즘의 특성을 파악하기 위하여 다각형에 대한 상호 유사도를 분석한 실험이다. 데이터베이스는 그림 4.1 과 같이 각기 다른 도형 11개로 구성하였으며, 제안한 알고리즘에 의해 특성벡터를 도식화하고 8번 육각별 이미지를 질의영상으로 하여 유사도를 추출하였다.

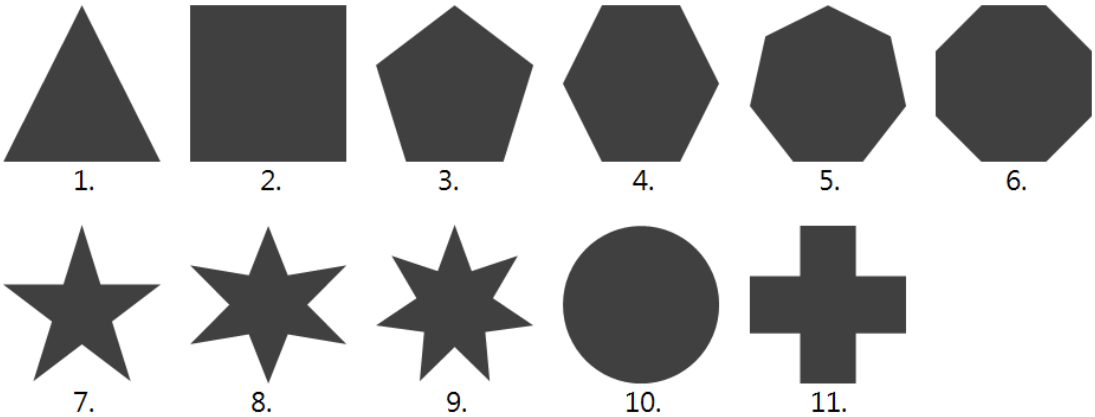


그림 4.1 도형 이미지 데이터베이스

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 실험 결과와 특성 파악

데이터베이스의 도형들의 위상에 따른 모멘트는 그림 4.2 와 같다.

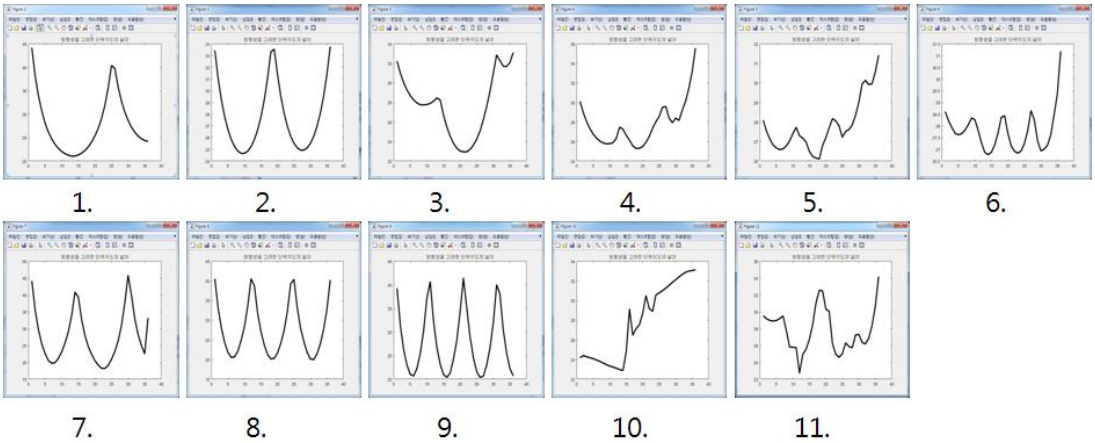


그림 4.2 각 도형의 위상에 따른 모멘트

질의영상에 대하여 유사도를 분석한 결과는 표 4.1 과 같다.

표 4.1 육각별 이미지에 대한 유사도 분석

1	2	3	4	5	6
1.0000	0.8153	0.7968	0.7958	0.7857	0.7856
6	7	8	9	10	
0.7855	0.7852	0.7720	0.7713	0.7263	

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

기하학에서는 도형의 요소는 점·선·면이고 2차원 이미지에서의 객체는 폐곡선으로 이루어진 면을 의미하므로 2차원 객체가 갖는 도형적인 특성은 점과 선으로 특징지을 수 있다. 원형의 경우는 점과 선의 고유한 특징이 극한에 이른 도형을 의미하므로 유사도 검색을 실행할 경우 원형을 검색하는 것은 점과 선의 특징이 사라져 고유의 도형적 유사성을 갖지 못하는 것을 의미한다. 즉 질의영상에 대한 원형의 유사도는 질의영상의 도형적인 특성이 더 이상 반영되지 못하는 임계점임을 의미한다.

또한 도형의 요소인 점의 위상이 유사한 도형의 유사도 순위가 높게 나타나는데 이는 동일한 위상에 특이점이 나타나면 유사영상으로 판단하므로 특이점의 위상이 변하지 않는 방사형으로 일어나는 왜곡에 대하여 매우 강한 특성을 보인다는 것을 의미한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 방사왜곡에 강인한 특성 검증

1. 실험 방법

다음은 제안한 알고리즘이 방사왜곡에 강인함을 검증하기 위하여 다음과 같이 실험이다. 데이터베이스는 그림 4.3 과 같이 오각별 이미지(1)와 구형 어안렌즈에 의한 왜곡 (2~5), 타원체형 어안렌즈에 의한 왜곡(6~7), 어안렌즈 필터의 역함수 왜곡(8), 마지막으로 비교를 위하여 도형적 특성이 사라지는 원형(9)으로 구성하였으며, 질의영상은 오각별 이미지(1)를 이용하였다.

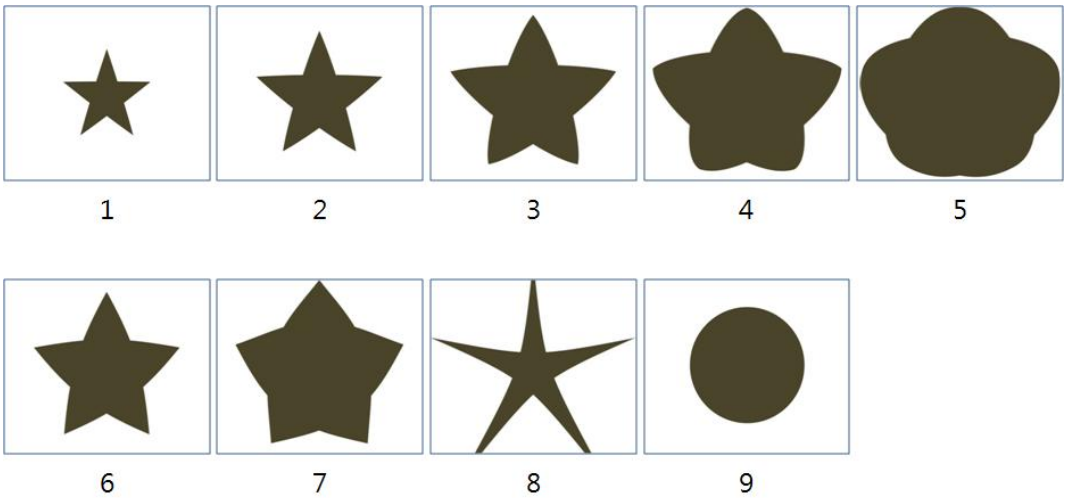


그림 4.3 방사왜곡 데이터베이스

위 실험의 데이터베이스는 객체의 방사왜곡이 발생하였을 경우에 대한 왜곡이며, 영상의 방사왜곡의 중심이 객체의 중심과 다를 때 발생하는 왜곡의 형태는 다르게 나타난다. 이러한 경우에 해당하는 데이터베이스를 그림 4.4와 같이 구성하여 추가적으로 동일한 실험을 진행하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

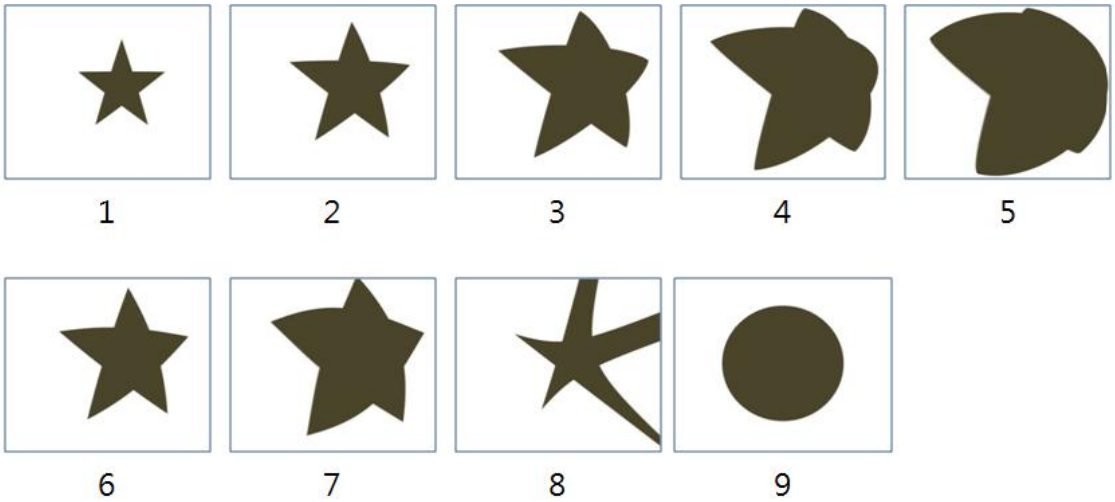


그림 4.4 왜곡의 중심이 객체의 중심과 다른 방사왜곡 데이터베이스

2. 실험 결과

제안한 방법의 성능 비교를 위해 색상히스토그램의 통계적인 특성을 이용한 방법[25],형태 템플릿 매칭 기반 분석 방법[26]과 균일국부이진패턴을 이용한 방법[27]을 이용한 유사도 값과 순위를 표시하였다.

색상 히스토그램 통계 특성 방식은 색상 특성의 RGB 세 가지 히스토그램을 여러 개의 빈으로 분류하고 편차와 왜도, 첨도의 통계적인 값을 기반으로 특징을 분류하는 방식이다. 형태 템플릿 매칭 기반 분석방법은 템플릿 기반으로 형태의 전역적인 특성을 추출하고 이 데이터를 수평적인 분석으로 윤곽선의 형태를 매칭 하는 방법이다. 균일국부이진패턴을 이용한 방법은 영상을 HSV 색상 모델로 변환하여 Hue를 추출하고 영상을 회색음영으로 변환하여 ULBP(Uniform Local Binary Patterns)를 구한다. 그리고 추출된 Hue의 값에 따른 ULBP를 n개로 분류하여 만들어지는 히스토그램을 특징으로 사용하는 방법이다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 4.2 방사왜곡 된 영상에 대한 유사도 검색 결과

DB 영상 번호		1	2	3	4	5	6	7	8	9
색상 히스토그램	유사도 (%)	100	82	50	9	-26	62	28	76	55
	순위	1	2	6	8	9	4	7	3	5
형태 템플릿	유사도 (%)	100	58	33	13	1	41	21	40	35
	순위	1	2	6	8	9	3	7	4	5
균일국부 이진패턴	유사도 (%)	100	79	45	3	-28	57	24	68	54
	순위	1	2	6	8	9	4	7	3	5
제안한 방법	유사도 (%)	100	98	93	78	81	91	87	82	73
	순위	1	2	3	6	8	4	5	7	9

표 4.3 왜곡 중심이 객체의 중심과 다른 방사왜곡에 대한 유사도 검색 결과

DB 영상 번호		1	2	3	4	5	6	7	8	9
색상 히스토그램	유사도 (%)	100	83	56	25	2	75	45	73	55
	순위	1	2	5	8	9	3	7	4	6
형태 템플릿	유사도 (%)	100	55	26	14	9	45	25	22	45
	순위	1	2	5	8	9	4	6	7	3
균일국부 이진패턴	유사도 (%)	100	81	51	19	-4	71	39	65	54
	순위	1	2	6	8	9	3	7	4	5
제안한 방법	유사도 (%)	100	90	85	79	77	79	79	70	78
	순위	1	2	3	5	8	6	4	9	7

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 4.2와 같이 2번~8번의 7개의 영상이 방사왜곡이 일어난 영상이지만 기존의 알고리즘은 모두 9번 원형이 5번째 순위에 위치하며 3,4,5,7번 영상에 대하여 도형적 특성이 사라져버린 원형보다 낮은 순위에 위치하고 있으나 제안한 알고리즘에서는 방사형으로 왜곡된 모든 영상이 원형보다 높은 순위에 위치하고 있다. 이로 인하여 제안한 알고리즘이 방사형 왜곡에 강인함을 증명하였다.

또한 표 4.3을 통해 원형의 이미지 순위보다 높은 순위의 왜곡된 이미지 개수가 기존의 알고리즘에 비하여 많았으며 이는 방사왜곡에 대하여 효과적으로 검출해냈음을 의미한다. 결과적으로 일반적으로 발생하는 방사왜곡에 대하여 제안한 알고리즘의 성능이 우수함을 증명하였다.

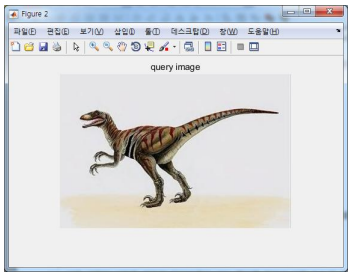
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

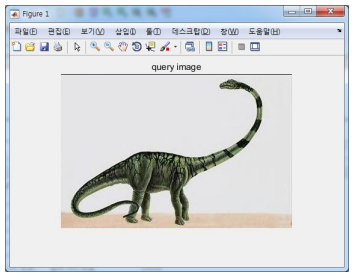
C. 제안한 알고리즘의 성능 분석

1. 실험 방법

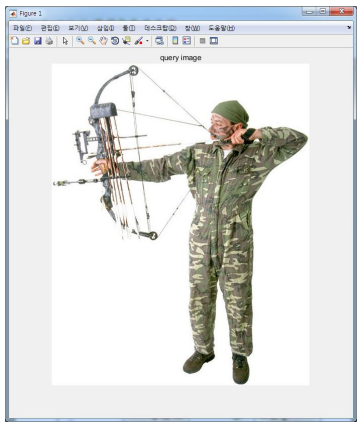
다음 실험은 제안한 알고리즘의 성능 평가를 위하여 Wang Data set 중 공룡이미지 100개와 People DB의 200개의 이미지를 더하여 기본 데이터베이스를 만들고, 그림 4.5 와 같은 질의 영상을 선택하였다. 표 4.4 와 같이 각 질의영상을 왜곡시킨 유사영상 56개의 영상을 추가하여 최종적으로 356개의 이미지로 구성된 데이터베이스를 만들고 시뮬레이션을 실행하여 오차면적이 질의영상 객체의 총 면적의 16% 이내이면 유사영상으로 판단하고 하도록 하였다.



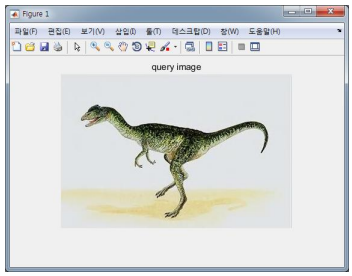
a) $Q1$



b) $Q2$



c) $Q3$



d) $Q4$

그림 4.5 질의영상 $Q1$, $Q2$, $Q3$, $Q4$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 4.4 데이터베이스에 추가한 질의영상의 유사영상

	$Q1$의 유사영상	$Q2$의 유사영상	$Q3$의 유사영상	$Q4$의 유사영상
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 실험 결과와 성능 평가

질의영상 $Q1$, $Q2$, $Q3$, $Q4$ 를 이용하여 제안한 알고리즘에 의한 영상검색을 실행한 결과 표 4.5 와 같이 검출되었다.

표 4.5 유사영상 검색 결과

rank	$Q1$		$Q2$		$Q3$		$Q4$	
	유사도	이미지	유사도	이미지	유사도	이미지	유사도	이미지
1	100		100		100		100	
2	99.87		98.85		96.72		97.37	
3	98.49		98.16		96.37		96.29	
4	97.55		97.74		86.44		95.77	
5	97.23		97.73		86.04		95.22	
6	92.45		92.78		85.29		88.04	
7	90.94		90.17				86.95	
8	90.51		86.98				86.92	
9	89.94		86.17				85.98	
10	88.19		84.73				84.35	
11	87.83						84.33	

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

12	86.49							
13	86.32							
14	85.95							

내용 기반 영상 검색의 성능평가의 척도는 일반적으로 $Recall$과 $Precision$의 두 가지를 사용한다. $Recall$은 데이터베이스 내의 질의영상과 관련된 영상(Rd) 중 검색되어진 영상(Rr)의 비율이고, $Precision$은 검색되어진 전체 영상(Rs) 중 질의영상과 관련된 영상(Rr)의 비율을 나타낸다. 즉 $Recall$이 높으면 매칭도가 높다는 의미이며, $Precision$이 높으면 잘못 검출된 영상이 적다는 것을 의미한다.

$$\begin{cases} Recall = \dfrac{Rr}{Rd} \\ Precision = \dfrac{Rr}{Rs} \end{cases} \tag{4-1}$$

$$\begin{aligned} Rd &= relevant\ \ documents \\ Rr &= retrieved\ \ relevant\ \ documents \\ Rs &= response\ \ set \end{aligned}$$

표 4.6 각 질의영상에 대한 $Recall$ 및 $Precision$

	$Q1$	$Q2$	$Q3$	$Q4$	$Average$
$Recall$ (%)	86.67	66.67	40.00	60.00	63.33
$Precision$ (%)	92.86	90.91	100.00	81.82	91.40

제안한 방법의 성능 비교를 위해 색상히스토그램의 통계적인 특성을 이용한 방법[25], 형태 템플릿 매칭 기반 분석 방법[26]과 균일국부이진패턴을 이용한 방법[27]의 Recall과 Precision을 표 4.7에 나타내었다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 4.7 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘의 성능 분석

	색상 히스토그램 통계 특성	형태 템플릿 매칭 분석	균일국부 이진패턴	제안한 방법
Recall (%)	51.67	41.67	61.67	63.33
Precision (%)	24.04	74.88	86.24	91.40

제안한 알고리즘은 색상 히스토그램 통계 특성을 이용한 방법과 비교하여 *Recall*은 11.66%p, *Precision*은 67.36%p 높았고, 형태 템플릿 매칭 분석 방법과 비교하여 *Recall*은 21.66%p, *Precision*은 16.52%p 높았으며, 균일국부 이진패턴 방법과 비교하여 *Recall*은 1.66%p, *Precision*은 5.16%p 높은 방법이라는 것을 확인할 수 있었다. 그림 4.6은 제안한 알고리즘의 성능 향상을 직관적으로 확인이 가능하도록 막대그래프로 표시하였다.

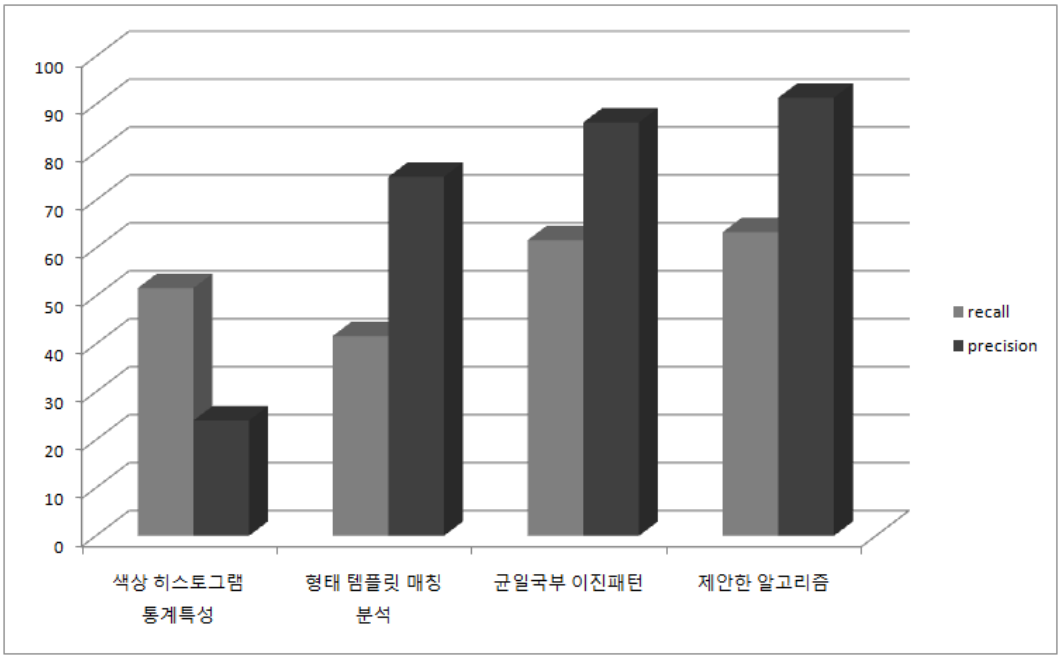


그림 4.6 *Recall*과 *Precision* 비교 그래프

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

도형적 특성이 다른 데이터베이스에서는 도형적 특성이 사라지는 임계값 이상으로 분석할 수 있지만, 객체들의 도형적 유사도가 높은 데이터베이스에서는 이를 구분하기 위해서는 높은 임계값이 필요하다. 이처럼 객체의 형태적 특성과 데이터베이스의 구성에 따라 적합한 임계값을 달리 해주어야 하며, 본 연구에 사용한 데이터베이스에서 임계값의 변화에 따른 $Recall$과 $Precision$은 표 4.8와 같다.

표 4.8 임계값의 변화에 따른 $Recall$ 및 $Precision$

	임계값	14%	15%	16%	17%	18%
$Q1$	$Recall$	0.80	0.87	0.87	0.93	0.93
	$Precision$	0.92	0.93	0.93	0.88	0.64
$Q2$	$Recall$	0.60	0.60	0.67	0.67	0.67
	$Precision$	1.00	1.00	0.91	0.91	0.77
$Q3$	$Recall$	0.33	0.40	0.40	0.47	0.47
	$Precision$	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88
$Q4$	$Recall$	0.53	0.60	0.60	0.67	0.80
	$Precision$	1.00	1.00	0.82	0.77	0.75
$Average$	$Recall$	0.57	0.62	0.63	0.68	0.72
	$Precision$	0.98	0.98	0.91	0.89	0.76

표 4.8과 같이 임계값이 낮아질수록 $Precision$은 높아지며, $Recall$은 낮아진다. 반대로 임계값이 높아질수록 $Precision$은 낮아지며, $Recall$은 높아진다. 이는 임계값이 낮을수록 유사도가 높은 영상을 유사영상으로 분류하며 도형적 유사도가 높은 데이터베이스에서도 그 성능을 발휘할 수 있음을 의미한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

V. 결론

본 논문에서는 무게중심과 위상에 따른 면적 히스토그램을 이용하여 영상을 검색하는 알고리즘을 제안하고 그 성능을 확인하였다.

알고리즘의 구성은 질의 영상을 이진화 영상으로 변환하여 에지와 무게중심을 추출하고, Baseline을 기준으로 resampling하여 가상의 에지를 구한다. 무게중심으로부터 가상의 에지까지의 거리를 계산하고, 단위각도로 분할하여 각 단위각도에 해당하는 면적을 구한다. 위상의 방향성을 제거하여 위상에 따른 면적 히스토그램을 구하고 이를 이용하여 유사영상을 검색하는 기법을 제안하였다.

제안된 알고리즘을 검증하기 위하여 이미지 사이즈가 서로 다른 다양한 영상들로 구성된 344개의 데이터베이스를 이용하여 시뮬레이션 하였고 이를 통해 다음과 같은 사실을 확인하였다.

① 방사왜곡에 대하여 강인한 특성을 가지므로 구면 수차 등에 의한 왜곡에 뛰어난 성능을 보인다.

② 제안된 알고리즘은 기존의 히스토그램 알고리즘보다 $Recall$과 $Precision$이 높은 검색 성능을 보여 성능이 뛰어남을 확인하였다.

③ 임계값에 적절히 변화를 주어 데이터베이스에 최적화된 시스템을 구현할 수 있어 다양한 시스템에서 원하는 신뢰수준을 가진 영상검색이 가능하다.

이와 같이 알고리즘은 멀티미디어의 데이터의 도형적 형태 정보를 추출함으로써 최적의 영상검색 시스템으로 활용될 수 있을 것이라 예상된다.

최근 영상검색 분야에서 딥러닝을 이용한 영상 검색 시스템이 각광받고 있다. 하지만 표준모형이 존재하는 경우 객체에 대한 영상검색은 학습시킬 필요성이 없으므로 다양한 표준모형을 상황에 맞게 즉각적으로 대응시킬 수 있어 기존의 내용기반 영상검색 방법이 보다 효율적이다. 앞으로도 영상의 새로운 특징 정보를 이용한 알고리즘 개발과 체계적이고 깊이 있는 연구가 지속되어야 할 것이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고 문헌

[1] Eunkyung Chung, "An Exploratory Investigation on Multimedia Information Needs and Searching Behavior among College Students," Journal of The Korean Society for Library and Information Science, Vol. 46, No. 3, pp. 251~270, 2012.

[2] Shin, H.S. ,Hahm, C.Y. ,Um, N.K. ,Kim, M.K. ,Lee, S.H. ,Kim, Y.S. “Trends of Emotional Information & Communication Technology,” Electronics and telecommunications trends, Vol. 29, No. 5, pp.30-39, 2014.

[3] SeokJin Song, HeeBong Lee, HyoSung Kim, KiGon Nam, “Content Based Image Retrieval System using Histogram Intersection and Autocorrelogram,” Journal of the institute of signal processing and systems, Vol. 3, no. 1, pp. 1-7, 2002.

[4] Jung-uk Beak, Young-eun An, Jong-an Park. "CBIR Indexing System using Spatial Multi-Resolution Color Histogram," The Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 6, No. 1, pp. 64-70, 2008.

[5] Jong-An Park, Young-Eun An and Min-Hyuk Chang, "2nd Chain code method based on the maximum histogram for shape retrieval," The Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 8, No. 12, pp. 239~245, 2010.

[6] SungSook Lee, SungBin Moon, "A Study on User Interface and Searching Behaviors on Content-Based Image Retrieval Systems," Journal of Knowledge Processing and Management, Vol. 2, No. 1, pp. 31-59, 2001.

[7] Jin-A Kang, Jae-Min Park and Byung-Guk Kim, "The Technical Development for the Fish-Eye Lens Distortion Correction," Journal of Korea Spatial Information Society, pp. 133~138, Jun. 2007.

[8] Sung-Hee Kim, Young-ju Cho, Son Jin Woo, Lee Joong Ryoul and Myoung-Hee Kim, "Geometric Correction of Vehicle Fish-eye Lens

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Images," 한국HCI학회 학술대회, pp. 601~605, Feb, 2009.

[9] Seog-Bin Cho, Un-Kun Yi and Kwang-Ryul Baek, "Omni - directional Surveillance and Motion Detection using a Fish - Eye Lens," The Institute of Electronics Engineers of Korea - Signal Processing, Vol. 42, No. 5, pp. 79~84, Sep, 2005.

[10] K. Hirata, T. Kato, "Query by Visual Example," Proc. EDBT Conference, 3, pp.56~71, 1992

[11] Mamta Meena, Vinayak A.Bharadi, Krunali vartak, "Hybrid Wavelet Based CBIR System Using Software as a Service (SaaS) Model on Public Cloud," Procedia Computer Science, Vol. 79, pp. 278-286, 2016.

[12] M. J. Swain and D. H. Ballard, "Color indexing", International Journal of Computer Vision, Vol. 7, No. 1, pp. 11-32, June 1991.

[13] J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W. Zhu, and R. Zabih, "Image Indexing Using Color Correlograms", Computer Vision and Pattern Recognition, Proceedings, pp. 762-768, June 1997.

[14] Juwhan Son, "Content-based Image Retrieval using Histogram and Motif Correlogram of HSV Color Image," Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 14, No. 5, pp. 181-186, May 2016.

[15] Min-Ji Kim and Hyun-Jung Yu, "The research of texture image and user gesture on touch screen interface," 한국HCI학회 학술대회, pp. 801~805, 2011.

[16] JoonGoo Lee, SungHoon Pack, JoonBum Seo, NamGuk Kim, Sungsoo Kim, EunJin Chae KyoungYoung Lee, "An Automated Classification System for the Differentiation of Obstructive Lung Diseases based on the Textural Analysis of HRCT images,"Journal of the Korean Radiological Society, vol. 57, no. 1, pp. 21-26, 2007.

[17] Sun-Gu Sun, "Target Detection Using Texture Features and Neural Network in Infrared Images," The Institute of Electronics Engineers of Korea - System and Control, Vol. 47, No. 5, pp. 62~68, 2010.

[18] Young-Nae Jang, Joong-Soo Kim and Cheol-Hee Lee, "Block

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Classification of Document Images by Block Attributes and Texture Features," Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 10, No. 7, pp. 856~868, 2007.

[19] 조용현, 디지털 영상처리 실무, p. 243, 인터비젼, 2005.

[20] 최형일, 이근수, 이양원, 영상처리 이론과 실제, p. 369, 홍릉과학출판사, 1999.

[21] Suk T. Seo, Hye C. Jeong, In K. Lee and Soon H. Kwon, "Region Separateness-based Edge Detection Method," Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 17, No. 7, pp. 939~944, 2007.

[22] Jong Gu Lee, Cheol Jung Yoo and Ok Bae Chang, "An Edge Detector by Using Perfect Sharpening of Ramps," Journal of KISS : Software and Applications, Vol. 34, No. 11, pp. 961~970, 2007.

[23] 박동규 "적분을 이용한 무게중심 구하기," http://gifted2.kedi.re.kr/FileRoot/LuBoard/B_DATA/Files/B_DATA0000041541F.pdf

[24] S. G. Shaila and A Vadivel, "Indexing and Encording based Image Feature Representation with Bin Overlapped Similarity Measure for CBIR Applications," Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 36, pp. 40-55, Apr. 2016.

[25] N.Varish and A. Kumar Pal, "Content Based Image Retrieval using Statistical Features of Color Histogram," International Conference on Signal Processing, Communication and Networking, Mar. 2015.

[26] P. S. Nikkam, N. P. Hegde and B. E. Reddy, "Decomposition-based Shape Template Matching for CBIR System," International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, pp. 1-5, Dec. 2015.

[27] J. H. Song, "Content-based Image Retrieval using SHV Color and Uniform Local Binary Patterns," Journal of KIIT, Vol. 12, No. 6, pp.169-174, June 2014.

Collection @ chosun