

푸리에영역에서의 상관을 이용한 패턴매칭

이충호 이원경⁰ 김응규
한밭대학교 정보통신대학원

chlee@hanbat.ac.kr, ganan123@hanmail.net⁰, kimeung1@hanbat.ac.kr

Pattern matching Using Correlation In Fourier Domain

Choong Ho Lee Won-Kyung Lee⁰ Eung-Kyu Kim

Graduate School of Information and Communications, Hanbat National University

요 약

본 논문은 푸리에영역에서 상관을 계산하기 위한 합성화상을 이용하여 예러가 포함된 화상의 패턴매칭 및 검증에 유효한 새로운 패턴매칭 알고리즘을 제안한다. 두개의 화상을 푸리에변환하여 합성화상을 계산하면 원화상의 중요한 성질은 푸리에영역에서 만들어진 합성화상의 중심부분에 집중된다는 데 착안하여 푸리에공간에 나타난 화상의 중심부분만을 추출하여 비교함으로써 화상의 동일여부에 관한 검증이 보다 단순하게 이루어질 수 있음을 보인다. 또한 원화상에 잡음이 포함된 경우에 푸리에변환의 공간에서 잡음이 중심 부분에서 먼 곳에 분포되는 것에 착안하여 잡음이 포함된 화상과 원화상의 매칭에도 유효함을 보인다. 실험을 통하여 10개의 표준화상과 가우시안잡음이 첨가된 화상을 사용하여 화상을 구분해 내고, 잡음이 있는 화상은 동일한 화상으로 인식함을 보인다. 실험결과는 합성화상의 중심부분에 존재하는 전체의 0.5%의 화소만을 비교함으로써 패턴인식이 가능함을 보여준다.

1. 서론

대부분의 패턴매칭은 이치화를 통한 전처리 단계를 거친후에 상관을 계산함으로써 이루어져 왔다. 이런 부수적인 전처리 과정은 패턴매칭의 정확도에 영향을 미치게 된다는 단점이 있다. 이 점을 개선하기 위한 노력 중에 상관을 이용한 패턴매칭[1]이 사용되어 왔다. 그러나 기존의 상관을 이용한 패턴매칭의 경우 잡음을 포함한 화상을 검증하는데는 불리하다. 이 점에 주목하여 푸리에공간에서의 위상[2]을 이용한 상관법[3]이나 위상한정 상관(POC: Phase Only Correlation)을 이용하는 방법이 제안되었다.[4-6]

본 논문에서는 기존의 푸리에공간에서의 상관상관을 이용한 패턴매칭 대신에 상관화상을 구하여 역푸리에 변환을 하지 않고 합성화상을 이용하는 경우에도 위상한정 상관법과 같이 패턴매칭 및 잡음을 포함한 화상의 매칭에 이용될 수 있음을 보인다. 또한 상관을 구하기위한 합성화상의 중심부분에 화상의 특징이 되는 중요한 정보가 몰려있음에 주목하여 중심 부분의 화소만을 추출하여 비교하는 새로운 화상비교 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 잡음이 포함된 화상에도 강한 특성을 보여준다. 이 알고리즘은 잡음 성분이나 원화상과 다른 정보가 중심부분에서 멀리 분산된다는 것에 주목하여 중심부분의 화소의 차이만을 계산하여, 경험적으로 설정한 임계치보다 크면 다른 화상으로 그보다 작으면 같은 화상으로 분류한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 제2장에서 상관 함수와 위상한정상관에 대하여 설명하고, 제3장에서는 제안된 방법에 대해 설명하며, 제4장에서는 실험 및 고찰을, 끝으로 제5장에서 결론을 기술한다.

2. 위상한정상관

상관함수[1]는 적은 잡음이 첨가된 경우의 패턴 매칭에 적합하지만 큰 잡음이 첨가된 경우와 유사한 형상의 경우에 확실한 패턴 매칭이 불가능하다는 문제가 있다. 이런 문제점을 개선하고 또한 화상의 진폭 스펙트럼에는 형상적인 정보가 포함되어 있지 않지만 위상 스펙트럼에는 형상적인 정보가 포함되어 있다는 점[2]에 주목하여 푸리에 변환을 이용한 상관함수[3]의 계산과정에서 진폭 스펙트럼을 고정치로 하고 위상정보의 값을 사용하여 패턴 매칭의 성능을 향상 시키기 위하여 위상한정상관법이 고안되었다. [4]

위상한정상관의 계산방법을 알아보자.

먼저 2개의 입력화상을 $f_1(n_1, n_2)$, $f_2(n_1, n_2)$ 라 하고 이것을 푸리에 변환한 것을 다음 식처럼 각각 $F_1(\xi, \eta)$, $F_2(\xi, \eta)$ 라 한다.

$$F_1(\xi, \eta) = \sum_{n_1=0}^{2N-1} \sum_{n_2=0}^{2N-1} f_1(n_1, n_2) e^{-j2\pi(\frac{\xi n_1 + \eta n_2}{2N})}$$
$$= A(\xi, \eta) e^{j\theta_1(\xi, \eta)} \quad (1)$$

$$F_2(\xi, \eta) = \sum_{n_1=0}^{2N-1} \sum_{n_2=0}^{2N-1} f_2(n_1, n_2) e^{-j2\pi(\frac{\xi n_1 + \eta n_2}{2N})}$$
$$= B(\xi, \eta) e^{j\theta_2(\xi, \eta)} \quad (2)$$

여기서 $A(\xi, \eta)$, $B(\xi, \eta)$ 는 각각 $F_1(\xi, \eta)$, $F_2(\xi, \eta)$ 의 진폭스펙트럼, $e^{j\theta_1(\xi, \eta)}$, $e^{j\theta_2(\xi, \eta)}$ 는 위상 스펙트럼이다. 결과적으로 푸리에 변환한 두 화상의 합성화상은 식(3)과 같다.

$$Y_12(k_1, k_2)$$

$$= A(\xi, \eta)B(\xi, \eta)\exp\{j(\theta_2(m_1, m_2) - \theta_1(m_1, m_2))\} \quad (3)$$

식 3을 역푸리에변환하면 상관함수 $y_2(k_1, k_2)$ 가 얻어진다. 이 때 식 3에서 진폭 $A(\xi, \eta)$ 와 $B(\xi, \eta)$ 를 상수로 놓고 역푸리에변환하면 위상한정자기상관이라고 한다.

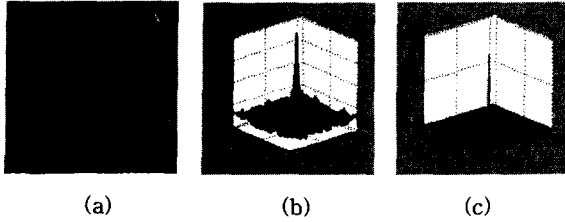


그림 1 (a) lena, (b) 자기상관, (c) 위상한정자기상관

그림 1은 동일한 화상에 대한 자기상관과 위상한정자기상관의 결과를 나타낸 것이다. 그림(a)를 입력영상이라 할때 자기 상관을 구하면 그림(b)과같이 중심부분에 최대치인 피크치가 나타나고 있으나 피크치가 작아질 경우 피크를 다른 정보나 잡음성분과 피크치를 구분하기 어렵다는 것을 예상할 수 있다. 그러나 진폭을 고정치로 두고 위상정보만을 이용한 위상한정자기상관의 경우 그림(c)와 같이 중심부분에 예리한 1개의 피크값만이 나타나므로 화상의 검증이 보다 쉬운 것으로 알려져 있다. 그러나 잡음성분이 커질 경우 피크치가 상대적으로 낮아짐으로 잡음성분에 강한 다른 방법을 연구할 필요성이 있다.

3. 제안된 방법

본 논문에서는 상관함수를 이용한 경우의 문제점인 큰 잡음을 첨가할 경우 검증의 불리함을 해결할 수 있는 방법으로 위상한정자기상관법이 아닌 새로운 방법을 제안한다.

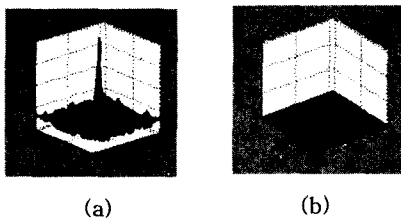


그림 2 상관함수를 이용한 자기상관(a)과 상호상관(b)

먼저 식 3을 역푸리에변환한 상관을 이용하는 경우 그림 2의 (a)와 같이 자기상관의 경우 피크치가 나타나지만, 서로 다른 화상의 상호상관인 경우 그림(b)와 같이 피크치가 눈의 띄지 않음을 알 수 있다.

이것을 개선하기위한 방법은 식 3을 그대로 이용하여 먼저 원화상의 자기상관을 구하고 원화상과 입력화상의

상호상관을 구하여 둘의 중심부분을 빼내어 0에 가까울수록 비슷한 화상으로 인식하게 하는 것이다.

구체적인 과정은 그림 3을 통하여 설명한다. 그림 3에서 64x64 원화상의 식3을 이용한 자기상관에 해당하는 합성화상이 (b)이며 원화상과 입력화상 1과의 상호상관은 (a), 입력화상 2와의 상호상관을 나타낸 것을 (c)로 나타내었다. 이 상관들을 (a)와 (b)를 중심부분만을 단순 뺄셈하여 다시 나타낸 것이 (d)와 같고, (b)와 (c)를 비교한 것이 그림 (e)이다. 제안된 방법에서 (d)는 피크가 나타나지 않으므로 동일 화상이라고 볼 수 있으며, (e)는 다른 화상이라고 볼 수 있다.

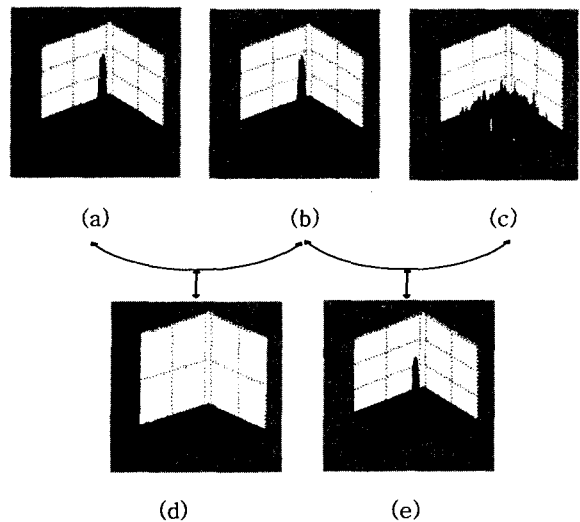


그림 3 합성화상을 이용한 동일 화상 구분 결과

4. 실험 및 고찰

제안된 방법을 적용하여 256x256 크기의 서로다른 화상 10개에 대하여 실험하였다. 실험은 다음과 같은 순서로 행하였다.

1. 먼저 lena의 자기상관에 해당하는 합성화상을 식 3에 의하여 구한다.
2. lena와 다른 9개 화상과의 상호상관에 해당하는 합성화상을 식 3에 의하여 구한다.
3. 단계 1에서 구한 lena의 합성화상과 단계 2에서 구한 다른 화상의 합성화상 간의 차이를 구한다. 단, 이 때 차이라 함은 두 화상의 반경 10에 해당하는 부분의 차이를 말한다. 중심부분의 화소수는 305개가 된다. 차이를 구하여 절대값을 취한 후 그레이레벨이 128을 넘는 화소의 수, 또 이 화소들이 반경 10인 중심부분에서 차지하는 비율을 점유율로 표시하였다. 표 1에 나타내었다.
4. 3에서 원화상에 가우스잡음을 포함한 경우의 화상을 각각 lena와의 합성화상을 계산한다.
5. 단계 4에서 계산한 합성화상과 lena의 원화상의 합

성화상과의 차이를 계산한다. 중심부분에서 차이로 인정된 화소가 점유하는 비율을 계산한다. 이것은 그림 4에 도표로 나타내었다.

6. 경험적으로 같은 화상이라고 분류 가능한 화소의 퍼센티지를 정한다.

표 1 lena와 타화상과의 합성화상의 비교

Lena와의 상관	차이로 인정된 화소의 개수	비교영역내의 점유율(%)
Lady	62	20.33
Camera	78	25.57
House	74	24.26
Baboon	66	21.64
Airplane	68	22.30
Sam	64	20.98
Woman	78	25.57
Couple	78	25.57
Collie	64	20.98

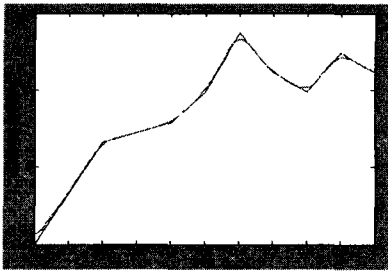


그림 3 가우시안 잡음을 첨가한 결과

표 1은 단계 1,2,3,6에 해당하는 것으로 이 실험에서 서로 다른 화상과 비교하면 차이로 인정된 화소가 중심부분에서 차지하는 점유율은 적어도 20퍼센트를 넘는다는 사실을 보여 준다.

그림 3은 단계 1,4,5,6의 결과에 해당하는 것으로 가우시안 잡음이 첨가된 경우에도 동일 화상임을 식별할 수 있는지를 실험한 결과를 나타낸 것이다. 이 그림은 lena원화상에 평균 0, 분산 0~1까지의 가우시안 잡음을 첨가하여 중심영역내 화소의 차이값과 점유율을 구하여 세로축에 표시하였다. 실험결과는 차이로 인정된 화소값이 15퍼센트에 미치지 못하는 것을 보여 준다. 실험결과, 본 논문에서 제안된 방법을 이용하면 비교적 큰 가우시안 잡음을 첨가하여도 동일한 화상임을 분별해 낼 수 있음을 알 수 있다.

실험결과, 차이로 인정된 화소가 비교영역내 20퍼센트를 넘는 경우 다른 화상으로 판단하고 15퍼센트이하인 경우 같은 화상으로 판단하면 된다는 것을 알 수 있다.

제안된 방법을 적용할 경우 256×256크기의 화상에 대한 식별에 있어서 65536개의 화소중 전체의 0.5퍼센트인 305개의 화소만으로 푸리에 공간에서의 화상의 유사도를 비교할수 있다는 장점이 있다.

5. 결론

푸리에공간으로 화상을 변환한 후에 합성화상을 계산하면 중요한 정보는 푸리에공간의 중심부분에 집중된다는 사실을 이용하여 다른 화상과의 합성화상을 동일화상의 합성화상과 비교할 때 중심부분의 0.5%의 화소만을 비교하여 10개 화상을 구분해 내는 알고리즘을 제안하였다. 또한, 가우시안잡음을 포함한 화상에 대하여도 이 방법을 사용하여 동일화상으로 인식할 수 있음을 보였다. 실험적으로 구하여본 결과, 동일화상으로 인식하기 위한 임계치는 차이로 인정되는 화소수가 중심부분의 비교영역에서 차지하는 비율을 약 15%이하로, 다른 화상으로 인식하기 위한 최소 임계치는 약 20%로 정하면 됨을 보였다. 이 방법의 임계치의 설정에 관하여는 다른 응용에 대하여도 추후의 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] J. N. Wilson and G. X. Ritter, Computer Vision Algorithm in Image Algebra, pp.225-239, Sep. 2000.
- [2] A.K.Oppenheim, J.S.Lim, "The Importance of Phase in Signals", Proc. IEEE, Vol.69, No.5, pp.529-541, 1981.
- [3] S.Kawamata, T.Noda, S.Minami, "Spectral Searching by Fourier-Phase Correlation", Applied Spectroscopy, Vol.41, No.7, pp.1176-1182, 1987.
- [4] T. Kobayashi, H. Nakajima, T. Aoki, and M. Kawamata, and T. Higuchi, "Filtering on Phase Only Correlation Domain and Its Application", ITE Technical Report Vol.21, No.42, pp.31-36, MIP'97-41, NIM'97-60, Japan, Jul. 1997.
- [5] H. Hiroshi, K. Kobayasi, M. Kawamata, and T. Higuchi, "Rotation Measurements Using Rotation Invariant Phase Only Correlation", ITE Technical Report(Japan), Vol.22, No.45, pp.55-60, Sep. 1998.
- [6] H. Nakajima, K. Kobayashi, T. Aoki, M. Kawamata, and T. Higuchi, "Principles of Phase Only Correlation and Its Application to Fingerprint Verification", Proc. of the 2nd Symposium of Image Sensing, Japan, Vol.A-4, pp.15-19, 1998.