

위상한정상관을 이용한 화상의 유사도 측정

이충호⁰ 김응규
한밭대학교 정보통신전문대학원
{chlee⁰, kimeung1}@hanbat.ac.kr

Measurement of Similarity between Images Using Phase Only Correlation

Choong Ho Lee⁰ Eung-Kyu Kim
Graduate School of Information and Communications, Hanbat National University

요 약

본 논문은 위상한정상관법을 이용하여 겹쳐진 화상이 둘 중 어떤 화상에 더 유사한 지를 정량적으로 측정하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 화상을 푸리에변환하여 위상만을 가지고 합성화상을 만든 다음 역푸리에변환을 통하여 만들어지는 위상한정상관을 가지고 유사도를 측정한다. 본 알고리즘에서는 유사도를 충분히 구분할 수 있을 정도로 상수로 설정된 진폭을 충분히 크게 하고 중심부분 이외에 나타나는 피크치를 무시하고 오직 중심부분 만의 피크치를 원화상의 자기상관과 비교한다. 실험결과는 진폭을 100으로 하였을 경우 위상한정상관의 피크는 그 유사도가 1에서 0까지 변환에 따라서 100에서 40까지 변하는 것을 보여 준다. 이것은 제안된 알고리즘이 위상한정상관을 이용하여 화상의 유사도를 정량적으로 효과적으로 측정하는데 사용될 수 있음을 보여준다.

개하며, 제4장에서는 실험결과를 소개하고, 제5장에서 결론을 맺는다.

1. 서 론

패턴매칭의 방법 중에 상관함수(correlation function)를 이용하는 방법이 있다. 이것은 일반적으로 매치트 필터(matched filter)라고 알려져 있다.[1] 이 방법은 작은 잡음이 부가되었을 경우의 패턴매칭에 적합하다. 그러나 커다란 잡음이 부가되었을 경우에는 형상이 비슷한 경우에 패턴매칭을 올바르게 해 내지 못한다는 문제점이 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 위상한정상관(Phase Only Correlation)이 제안된 바 있다.[2]

위상한정상관은 푸리에변환을 이용한 상관함수의 계산 과정에서 진폭스펙트럼을 고정치로 놓고 위상정보만을 사용하도록 수정된 상관이다. 패턴매칭에서 형상적인 정보는 위상에 포함되어 있고 진폭에 포함되어 있지 않은 것으로 보고되어 있으므로 [3] 이를 이용함으로써 패턴매칭 성능이 향상되는 것으로 알려져 있다.

그러나 이 위상한정상관법을 이용한 방법은 지문검증 등과 같은 흑백 2치화상[4]과 화상의 여러 가지 공간적인 이동과 회전을 찾아내는 여러 가지 응용에 대한 연구가 보고된 바 있으나[5-9], 아직까지 일반적인 화상의 성질에 대한 연구는 충분하다고 할 수 없다.

본 논문은 위상한정상관법을 이용하여 일반적인 농담 화상 두 개가 겹쳐진 경우 위상한정상관법을 이용하여 두 화상간의 유사도를 정량적으로 계산할 수 있음을 보인다. 이것은 위상한정상관법을 이용할 때 진폭부분을 1로 놓음으로써 생기는 생기는 미세한 차이를 진폭부분을 100까지 높이고 정중앙에 생기는 피크치의 높이만을 셈함으로써 계산할 수 있음을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 위상한정상관법의 계산방법을 보인다. 제3장에서는 겹쳐진 화상에서 두 화상간의 유사도를 계산해 내는 알고리즘을 소

2. 위상한정상관

$M \times N$ 크기의 2개의 입력화상을 각각 $f_1(m_1, n_1)$ 과 $f_2(m_2, n_2)$ 라고 한 경우 상관의 계산은 다음과 같이 된다.

우선 2개의 입력신호를 푸리에변환을 한다. 이것을 각각 $F_1(u_1, v_1)$, $F_2(u_2, v_2)$ 라고 하고, 다음 식 (1)과 식 (2)와 같이 정의할 수 있다.

$$F_1(u_1, v_1) = \sum_{m_1} \sum_{n_1} f_1(m_1, n_1) e^{-j2\pi(m_1 u_1 / M + n_1 v_1 / N)} \\ = A(u_1, v_1) e^{j\theta(u_1, v_1)} \quad (1)$$

$$F_2(u_2, v_2) = \sum_{m_2} \sum_{n_2} f_2(m_2, n_2) e^{-j2\pi(m_2 u_2 / M + n_2 v_2 / N)} \\ = B(u_2, v_2) e^{j\phi(u_2, v_2)} \quad (2)$$

여기서 $A(u_1, v_1)$, $B(u_2, v_2)$ 는 진폭스펙트럼, $\theta(u_1, v_1)$, $\phi(u_1, v_1)$ 는 위상스펙트럼이다. 상관함수(correlation function)는 다음 식 (3)에 의하여 계산할 수 있다.

$$G(u, v) = A(u_1, v_1) B(u_2, v_2) e^{j(\theta(u_1, v_1) - \phi(u_2, v_2))} \quad (3)$$

위상한정상관법에서는 식 4와 같이 진폭 $A(u_1, v_1)$ $B(u_2, v_2)$ 를 상수 a 로 놓는다.

$$G(u, v) = a e^{j(\theta(u_1, v_1) - \phi(u_2, v_2))} \quad (4)$$

이것을 다시 역푸리에변환한 화상을 $f_3(m, n)$ 이라고 하자.

$$f(m, n) = F^{-1}\{G(u, v)\} \\ = F^{-1}\{a e^{j(\theta(u_1, v_1) - \phi(u_2, v_2))}\} \quad (5)$$

두 입력화상이 같은 경우 자기상관(auto-correlation)이라고 부르고 다른 경우 상호상관(cross-correlation) 혹은 상관이라고 부르기로 한다.

그림 1과 그림 2는 입력화상이다. 그림 3은 식 (3)에 의하여 계산된 상관함수를 역푸리에변환한 Lena의 자기상관이다. 그림 4는 Lena에 대한 lady의 상호상관을 나타낸 것이다.

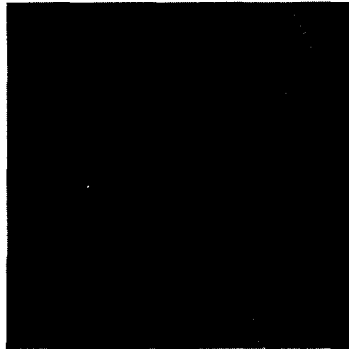


그림 1. 256x256 Lena



그림 2. 256x256 lady

위상한정상관법으로 그림 1의 자기상관을 식 5에 의하여 계산한 경우 상수 α 를 10로 한 경우 그림 4에 표시하였다.

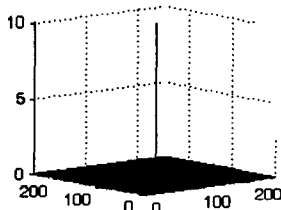


그림 3. Lena의 위상한정상관법으로 구한 자기상관

피크치가 좌표 (128,128)의 정중앙에 단 1개 표시되며 피크치는 10이다. 완전히 동일한 것이기 때문이다.

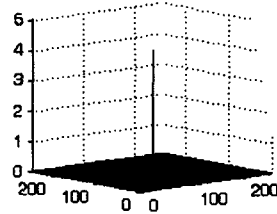


그림 4. Lena와 lady의 위상한정상관법으로 구한 상관

그림 1의 Lena와 그림 2의 lady와의 상관은 그림 4처럼 피크치가 정 중앙에 표시되며 피크치는 4이다. 위상한정상관법을 이용하여 피크치에 대하여 백분율 척도 Δ 를 계산하여 임계치를 정해 줌으로써 화상을 구분하는 방법이 제안되어 있다.

$$\Delta = \frac{\text{자기상관피크치} - \text{상호상관피크치}}{\text{자기상관피크치}} \times 100 \quad (7)$$

그림 3에 대하여는 척도 Δ 가 1이고 그림 4에 대하여는 척도 Δ 가 0.4이므로 임계치를 0.5정도로 해 주면 화상의 구분이 가능하다.

3. 제안하는 방법

본 논문에서는 식 7의 방법을 개선하여 화상이 겹쳐 있는 경우에 유사도를 정확히 계산하는 방법을 제안하고자 한다. 이 방법은 소수계산을 피하고 간단히 계산하기 위하여 진폭을 증가시키고, 중심화소의 위치의 피크치만을 샘플하는 데 있다.

그림 5는 그림 1과 그림 2를 0.8대 0.2의 비율로 겹치게 한 화상이다. 위상한정상관법에서 진폭을 1로 하였을 경우 위상한정상관을 나타내는 화상은 진폭이 1미만이 되어 각 화소에 해당하는 위치를 소수로 표시하여야 하므로 복잡하다. 단순히 0-255까지로 양자화하여 화상으로 나타낸 경우는 0이 되어 보이지 않는다.



그림 5. lena와 lady를 각각 0.8과 0.2의 비율로 겹치게

하여 만든 화상

이를 개선하기 위하여 본 논문에서는 진폭 a 를 10, 20, 100으로 증가시키고 중심부분의 값의 높이를 계산하였다. 진폭이 증가할수록 잡음성분의 피크치가 중심에서 벗어난 곳에 중심위치의 값보다 높게 나타난다. 그러나, 중심의 명암도만을 조사하면 정확한 유사도 측정이 가능하므로 본 논문에서는 중심부분의 값만을 계산하는 것을 제안한다.

4. 실험 및 고찰

실험은 256×256 크기의 Lena와 lady를 겹치는 비율을 γ 라고 하고 각각 γ 와 $\gamma-1$ 의 비율로 0에서 1까지 0.1간격으로 섞은 11개의 화상에 대하여 실험하였다. γ 가 0이면 lady가 되고 1이면 Lena가 된다. γ 가 커질수록 Lena의 형상이 더 분명히 나타난다.

표 1에 실험 결과를 나타내었다. 진폭 20까지는 모두 중심에서 피크치가 나타난다. 진폭 100인 경우에는 최대 피크치가 0에서 255까지의 가로좌표와 0에서 255까지의 세로좌표에서 중심좌표 (128,128)에서 상당히 치우친 곳에 나타남을 알 수 있다. 또한, 표 1에서 알 수 있는 것은 γ 가 1에서 0으로 변화함에 따라서 피크치가 점점 작아지는 것을 알 수 있다. 또한 γ 가 0.2이하에서는 진폭이 10인 경우보다 진폭이 20인 경우 더 세부적으로 피크치가 차이를 보임을 알 수 있으며, 100인 경우에는 중심위치의 값이 더 세부적으로 나오는 것을 알 수 있다. 즉, 진폭 10인 경우에는 γ 값이 0.2, 0.1, 0인 경우에 모두 4로 값이 같지만, 진폭 20인 경우에는 γ 값이 0.2인 경우에는 9이고 0.2, 0인 경우에는 모두 8로 값이 같다. 이에 비하여 진폭을 100으로 증가시키면, γ 값이 0.2, 0.1, 0으로 낮아짐에 따라서 중심위치의 값이 각각 46, 41, 40으로 정확히 그 유사도를 표현해 줌을 알 수 있다.

따라서 진폭을 크게 하면 할수록 두 일반 농담화상의 유사도 차이를 더 명확하게 할 수 있고, 부수적으로 나타나는 중심에서 벗어난 위치의 피크를 무시하고 오직 중심에 있는 화소의 값만을 선택하면 두 화상간의 유사도를 정확히 계산해 낼 수 있음을 알았다. 즉, 두 화상간의 유사도는 위상한정상관범에서 진폭을 100으로 하여 역푸리에변환하여 얻어진 결과화상의 중심위치에 존재하는 화소의 명암도값으로 하면 된다. 표 1에서는 중심위치값으로 표시된 것을 가리킨다.

4. 결론

흑백 농담화상 두 개를 0에서 1의 비율로 각각 γ 와 $1-\gamma$ 의 비율로 섞여 있는 경우 그 유사도를 위상한정상관범을 이용하여 정량적으로 계산하는 방법을 제안하고 그 성능을 평가하였다. 제안된 방법에서 유사도가 낮아질수록 위상한정상관범에서 진폭을 높여서 세밀하게 구분할 수 있다는 것을 보였다. 단, 진폭을 높이면 중심에서 벗어난 위치에 피크치가 존재하므로 이를 무시하고 중심

화소의 값만을 선택하는 방법으로 해결하였다.

표 1. 진폭과 γ 의 변화에 따른 피크치의 변화

유사도 γ	진폭10	진폭20	진폭100		
	피크치	피크치	피크치	최대피크 위치	중심 피크값
1.0	10	20	100	128,128	100
0.9	9	18	94	128,128	94
0.8	9	18	255	128,127	90
0.7	8	17	255	126,128	85
0.6	7	15	255	95,73	78
0.5	7	14	255	25,15	71
0.4	6	12	255	4,213	62
0.3	5	10	255	4,213	54
0.2	4	9	255	2,219	46
0.1	4	8	255	1,238	41
0.0	4	8	255	5,151	40

5. 참고문헌

- [1] J. N. Wilson and G. X. Ritter, Computer Vision Algorithm in Image Algebra, pp.225-239, Sep. 2000.
- [2] T. Suzuki, A Study of Pattern Matching Using Phase Only Correlation, doctoral dissertation of Graduate School of Information Sciences, Tohoku University, Sendai, Japan, March 1997.
- [3] A.K.Oppenheim, J.S.Lim, "The Importance of Phase in Signals", Proc. IEEE, Vol.69, No.5, pp.529-541, 1981.
- [4] 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.
- [5] S.Kawamata, T.Noda, S.Minami, "Spectral Searching by Fourier-Phase Correlation", Applied Spectroscopy, Vol.41, No.7, pp.1176-1182, 1987.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] K. Takita, T. Aoki, and K. Kobayashi, "Stereo Vision System Using Phase Only Correlation", 計測自動制御學會 東北地部 第188回研究集會, 日本 2000.6.23
- [9] H. Ohtsuki, T. Aoki, and K. Kobayashi, "An Image Algorithm Based on Rotation Invariant Phase-Only Correlation and Its Evaluation", 計測自動制御學會 東北地部 第194回研究集會, 日本 2001.6.1