

위상한정상관을 이용한 차량 번호판의 숫자 인식

이원경^o 이충호

한밭대학교 정보통신대학원

in971020@hanbat.ac.kr^o, chlee@hanbat.ac.kr

Recognition of Numbers of Car Licence Plate

Using Phase Only Correlation

Won-Kyung Lee^o Choong-Ho Lee

Graduate School of Information and Communications, Hanbat National University

요 약

본 논문은 차량 번호판의 숫자인식 방법으로 위상한정상관을 이용하는 방법을 제안한다. 본 논문에서 이용하는 위상한정상관법은 푸리에변환을 이용한 상관함수의 계산과정에서 진폭을 고정치로 하여 위상정보의 값만으로 패턴 인식을 가능하게 한다. 제안하는 방법은 기존의 위상한정상관에서 진폭을 최적치 2.2로 하여 잡음화상의 식별을 더욱 명확히 하였다. 실험을 통하여 10개의 서로 다른 숫자화상을 비교하여 다른 숫자를 구분하고 잡음이 첨가된 숫자화상을 비교하여 동일 숫자임을 확인함으로써 패턴매칭에 효과적임을 보인다. 또한 화상을 이치화하는 전처리 과정을 거치지 않고도 다른 숫자화상에 대해 98%의 식별성능을 나타내므로 농담화상에 대한 성능도 우수하고 잡음에도 강함을 보여 준다.

1. 서 론

패턴매칭의 기법 중 하나로 상관함수를 이용하는 방법이 있다. 일반적으로 매치트 필터(matched filter)로 알려져 있는 이것은 적은 잡음이 첨가된 경우의 패턴 매칭에 적합하게 사용되고 있다[1][2]. 그러나 유사한 형상이거나 비교적 큰 잡음이 첨가된 경우 패턴 매칭이 불가능하다는 문제가 있다. 이 문제를 해결하기 위해 제안된 방법으로 위상한정상관법이 있다[3-6].

위상한정상관법은 화상의 진폭 스펙트럼에는 형상적인 정보가 포함되어 있지 않지만 위상 스펙트럼에는 형상적인 정보가 포함되어 있다는 사실[7]에 기반하여 위상정보의 값만을 이용하여 패턴매칭의 성능을 향상시킨 것이다. 또한 위상한정상관법은 패턴매칭의 전처리 단계인 이치화 과정을 생략한 경우에도 패턴매칭 성능이 우수하고 비교적 큰 잡음이 첨가된 경우에도 패턴 매칭이 가능하다. 본 논문에서는 이러한 위상한정상관법을 이용한 패턴매칭을 실제 차량 번호판 인식에 사용되는 숫자 패턴 매칭과정에 응용하여 기존의 상관함수를 이용한 패턴매칭과 비교하였을 때 월등함을 보인다.

본 논문의 구성은 2장에서는 상관함수와 위상한정상관에 대해 설명하고, 3장에서는 위상한정상관을 이용한 패턴매칭성능을 분석하고, 4장에서는 실험 및 고찰, 5장에서는 결론을 기술한다.

2. 상관함수와 위상한정상관

상관함수는 두 개의 신호사이의 상관된 정도를 보여준다. 일반적인 두 입력신호 $f_1(n_1, n_2)$, $f_2(n_1, n_2)$ 의 상

관함수는 식(1)로 정의된다.

$$y_{12}(k_1, k_2) = \sum_{n_1=-\infty}^{\infty} \sum_{n_2=-\infty}^{\infty} f_1(n_1, n_2) f_2(k_1 + n_1, k_2 + n_2) \quad (1)$$

상관함수 $y_{12}(k_1, k_2)$ 는 실용적으로 고속푸리에변환과정을 거쳐 얻을 수 있다. $N \times N$ 의 두 입력화상 $f_1(n_1, n_2)$, $f_2(n_1, n_2)$ 을 푸리에변환한 것은 식(1), (2)와 같이 전개된다.

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

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

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 위상스펙트럼이다. 합성화상을 구한결과는 식(3)과 같다.

$$Y_{12}(k_1, k_2) = \exp[j\{\theta_2(m_1, m_2) - \theta_1(m_1, m_2)\}] \quad (3)$$

이것을 다시 역푸리에변환한 것이 위상한정상관의 결과이고 식(4)와 같다.

$$y_{12}(k_1, k_2) = \frac{1}{(2N)^2} \sum_{\xi=0}^{2N-1} \sum_{\eta=0}^{2N-1} Y_{12}(\xi, \eta) e^{j2\pi(\frac{\xi k_1 + \eta k_2}{2N})}$$

$$= \frac{1}{(2N)^2} \sum_{\xi=0}^{2N-1} \sum_{\eta=0}^{2N-1} e^{j(\theta_2(\xi, \eta) - \theta_1(\xi, \eta) + 2\pi(\frac{\xi\eta + \eta^2}{2N}))} \quad [4]$$

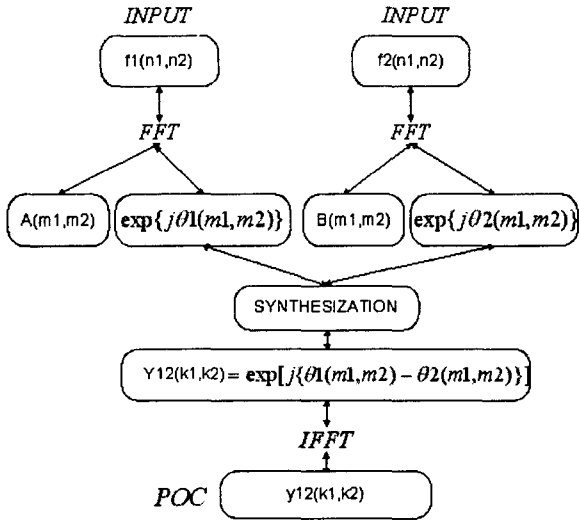


그림 1. 위상한정상관의 계산법.

그림 1은 위상한정상관의 계산과정을 나타낸 것이다. 그림 2는 실제 차량 번호 2를 이치화한 화상을 이용하여 그것의 자기상관함수와 위상한정자기상관을 보인 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 상관함수는 동일한 화상에 대해서 여러개의 피크 형태를 보이지만 위상한정상관의 경우 동일한 화상에 대해서 안정된 한 개의 피크를 보인다.

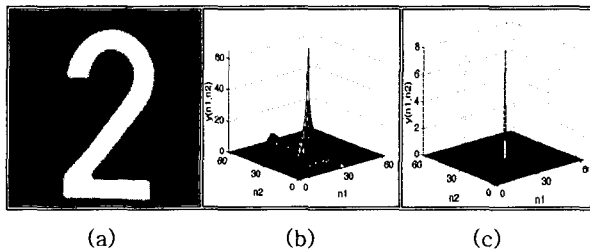


그림 2. 자기상관함수와 위상한정자기상관의 피크형태. (a)이치화한화상, (b)상관함수, (c)위상한정상관.

3. 위상한정상관법을 이용한 숫자인식

3.1 이치화한 화상에 잡음을 첨가한 경우

상관함수를 이용하여 패턴인식을 하는 경우에는 비교적 큰 잡음이 첨가되면 올바르게 인식하지 못한다. 이 문제점은 위상한정상관법을 이용하여 해결할 수 있다. 그림 3은 평균 0, 분산 0.7의 가우스 잡음을 첨가한 경우의 상관함수와 위상한정상관의 피크 형태를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 상관함수의 경우 큰 잡음을 첨

가했을 때 피크가 가로로 퍼지고 여러개로 나타난다. 그러나 위상한정상관의 경우 피크값은 원화상일때보다 줄어들었지만 안정된 한개의 뚜렷한 형태를 보인다.

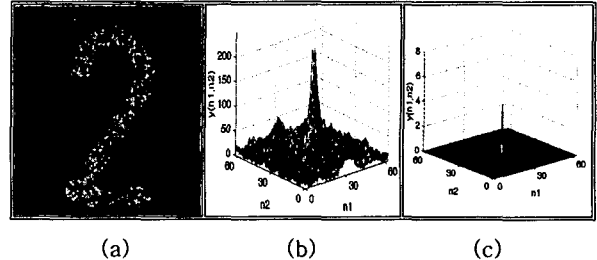


그림 3. 잡음이 첨가된 화상의 자기상관함수와 위상한정자기상관의 피크형태(평균 0, 분산 0.7인 가우스 잡음 첨가). (a)잡음첨가화상, (b)자기상관, (c)위상한정상관.

3.2 농담화상에 잡음을 첨가한 경우

위상한정상관은 패턴매칭의 전처리 단계인 이치화 과정을 거치지 않은 실제 차량 번호 농담 화상에 대해서도 좋은 성능을 보인다. 그림 4는 실제 번호판 숫자 3의 화상과 분산 0.1의 가우스 잡음을 첨가한 화상, 그리고 두 화상의 위상한정상관을 구한 그림이다. 이전의 실험과 마찬가지로 위상한정상관의 결과는 뚜렷한 한 개의 피크를 나타내는 것을 볼 수 있다. 결과적으로 분산 0.1의 잡음이 첨가된 정도의 실제 훼손된 차량 번호판에는 이치화 과정을 거치지 않고도 위상한정상관으로 동일 화상임을 인식할 수 있음을 알 수 있다.

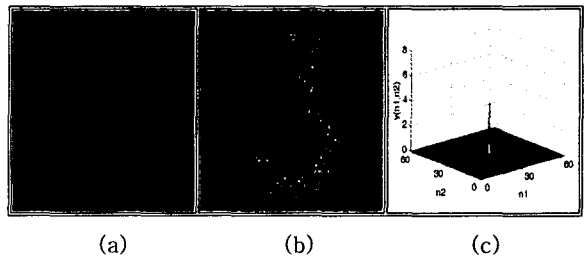


그림 4. 실제 번호판과 잡음이 첨가된 화상의 위상한정 자기상관 (평균 0, 분산 0.1인 가우스 잡음 첨가). (a)실제차량번호, (b)잡음첨가화상, (c)위상한정상관.

4. 실험 및 고찰

본 논문에서는 차량 번호 0에서 9까지의 영상 10개에 대하여 이치화 과정을 거친 데이터와 거치지 않은 데이터를 분류하여 각각 패턴을 구분하였다. 각 입력 화상의 크기는 64*64이다. 위상한정상관 과정에서 진폭을 고정치로 하되 경험적으로 적절한 값으로 높임으로써 피크의 크기를 높여 다른 화상과의 구분을 더 명확히 한다. 이 논문에서는 고정 진폭을 2.2로 하였다. 이치화 과정을 거친 화상에 대하여 각각 상관함수를 이용한 자기상관과 상호상관을 구하고 두 화상의 피크치를 위상한정상관일 때와 비교한 다음 이 피크치들을 사용하여 식(5)에 따라

Δ [%]를 계산한다. Δ [%]는 자기상관과 상호상관의 피크 차의 비율이다.

$$\Delta[\%] = \frac{\text{자기상관(피크치)} - \text{상호상관(피크치)}}{\text{자기상관(피크치)}} \times 100 \quad (5)$$

Δ 의 값은 0[%]일 때 두 개의 화상이 완전히 같다는 것을 보여주고 100[%]에 근접하면 다른 화상이라는 것을 나타낸다.

표 1. 이치화 화상의 위상한정상관의 피크값과 인식률.

숫자	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
자기상관피크치	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
'2'와의상관피크치	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
0에서 9까지의 모든 패턴에 대한 Δ (%)=100%										

표 2. 실제 화상의 위상한정상관의 피크값과 인식률.

숫자	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
자기상관피크치	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
'3'와의상관피크치	0	0	0	8	0	0	0	0	4	0
0에서 9까지의 모든 패턴에 대한 Δ (%)=98%										

표 1은 이치화된 화상의 위상한정상관 피크값을 각 화상에 대해 측정한 결과이다. 표에서 보는 바와 같이 위상한정상관을 이용한 결과 숫자 0에서 9까지의 모든 패턴이 자기상관에 대해 피크의 최고치를 나타내어 동일 화상임을 보여주고 임의의 숫자 2와의 상관을 통해 피크가 나타나지 않음으로써 패턴이 서로 다른 화상임을 구별해 내었다. 실제 실험에서 0에서 9까지의 모든 숫자를 적용하여 100개의 위상한정상관을 구한 결과 이치화 숫자 화상에 대한 Δ [%]의 계산결과를 평균하면 100[%]가 된다. 이것은 위상한정상관으로 패턴이 다른 숫자의 차이를 확인하는 것이 효율적임을 나타낸다.

표 2는 이치화하지 않은 실제 농담화상에 대해 같은 실험을 한 결과로서 자기 상관에 대해서는 Δ [%]의 평균이 0[%]이고 서로 다른 패턴에 대해 위상한정상관을 구한 결과 Δ [%]의 평균이 98[%]로 나타나 이치화 하지 않은 차량 번호판의 농담화상에 대한 식별 성능도 우수함을 확인할 수 있다.

다음으로 동일한 화상에 잡음이 첨가되어도 동일 화상임을 구분하기 위하여 이치화 화상에 평균0, 분산 0~1까지의 가우스 잡음을 첨가하였다. 그림 5는 가우스 잡음을 첨가한 화상의 상관함수와 위상한정상관의 피크값을 나타낸 것이다. 그림 5에서 위상한정상관의 경우 잡음의 증가에 따라 피크값이 줄어들기는 하나 3절에서 기술한 것과 같이 안정되고 뾰족한 한 개의 피크 형태를 나타내어 동일 화상임을 구분하는데 효율적이라는 것을 알 수 있다.

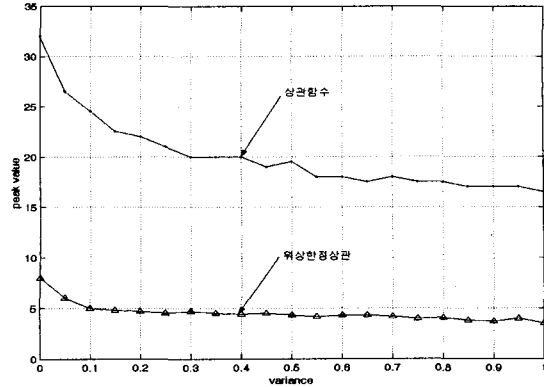


그림 5. 가우시안 잡음을 첨가하여 비교(평균 0).

5. 결론

본 논문에서는 위상한정상관법을 이용한 차량 번호판의 숫자 인식 방법을 보이고 그 성능을 상관함수와 비교 평가하였다. 본 논문에서 제안된 방법은 차량의 숫자를 이치화한 이치화상과 일반적인 농담화상에 대해서도 현저히 우수한 성능을 보여 주었다. 특히 잡음이 포함된 경우에도 적절히 위상한정상관 진폭치를 높여줌으로써 성능을 개선할 수 있었다. 인쇄된 고정패턴과 회전, 확대, 축소된 화상에 대하여는 위상한정상관법을 개선 또는 변형하여 적용하는 연구가 추후 필요하다.

참고문헌

- [1] J. N. Wilson and G. X. Ritter, Computer Vision Algorithm in Image Algebra, pp.225-239, Sep. 2000.
- [2] G. L. Turin, "An Introduction to Matched Filters," IRE Trans. Inform. Theory, 1960.
- [3] J. L. Honer, P. D. Ganino, "Phase-Only Matched Filtering," Applied Optics, vol. 23, No.6, 1984.
- [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. Kobayashi, 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.
- [7] A. K. Oppenheim, J. S. Lim, "The Importance of Phase in Signals," Proc. IEEE, Vol.69, No.5, pp.529-541, 1981.