

광패턴인식을 위한 Quad Phase Only Filter의 분석

Analysis of Quad Phase Only Filter for Optical Pattern Classification

정창규, 김명수, 박성균, 박한규

연세대학교 전자공학과

본 연구는 광 패턴 인식을 위한 사진 위상 필터(QPOF)를 분석하였다.

사진 위상 필터를 이용하여 광 패턴 인식을 한 경우 특정한 패턴에 대해서는 판별력이 뛰어나지만 한 패턴이 다른 패턴의 부분 패턴이 되면 판별력이 떨어짐을 알 수 있었다.

I. 서론

위상 필터(POF : Phase Only Filter)는 일정한 진폭 성분과 연속적인 위상 성분으로 구현된 필터로서 기존의 정합 필터보다 상관 특성이 우수하고, 광 효율이 높다.^[1]

그러나 실제로 구현이 힘들므로 이의 단순 형태인 이진 위상 필터(BPOF : Binary POF)가 사용된다. 이진 위상 필터는 위상 필터의 위상 성분을 2가지의 위상 레벨로 나타내므로써 공간 광 변조기를 이용하여 구현할 수 있으며 위상 필터의 고유한 특성을 가지고 있으나 연속적인 위상을 이진화하는 과정에서 원리 기록하고자하는 패턴 뿐만 아니라 180° 회전된 패턴도 기록되어 space - bandwidth product가 반으로 감소된다.^[5]

이러한 단점을 극복하고 더 좋은 상관 특성을 얻기 위해 대두되고 있는 것이 사진 위상 필터(QPOF : Quad POF)이다. 본 연구에서는 사진 위상 필터의 장점과 단점을 비교 분석하여 그 결과를 제시하였다.

II. 이진 위상 필터와 사진 위상 필터의 비교

이진 위상 필터를 합성하기 위하여 Fourier Cosine Transform, Fourier Sine Transform, Hartley Transform 등을 수행하면 이진 위상 필터상의 각 pixel의 위상은 0, π 가 된다.

이러한 이진 위상 필터에는 인식하고자하는 입력 이미지의 퓨리에 변환된 형태뿐만 아니라 180° 회전된 패턴의 퓨리에 변환 형태로 기록되어 이진 위상 필터의 임펄스 응답을 구하여 보면 패턴쌍(twin patterns)이 나타난다.

한편, 광 상관기에서 정합 필터 방식의 필터 함수를 $H^*(u,v)$ 라 할 때, 사진 위상 필터는 연속적인 위상을 4가지의 이산적인 위상으로 나뉘어 구할 수 있으며 그 변조 과정은 다음과 같다.

$$H^{*QPOF}(u,v) = \begin{cases} \exp(j0) & 0 \leq \phi(u,v) < \pi/2 \\ \exp(j\pi/2) & \pi/2 \leq \phi(u,v) < \pi \\ \exp(j\pi) & \pi \leq \phi(u,v) < 3\pi/2 \\ \exp(j3\pi/2) & 3\pi/2 \leq \phi(u,v) < 2\pi \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $\phi(u,v)$ 는 정합 필터의 위상 함수로서 다음과 같이 정의된다.

$$\phi(u,v) = \text{Tan}^{-1} \left\{ \frac{\text{Im}[H^*(u,v)]}{\text{Re}[H^*(u,v)]} \right\} \quad (2)$$

이러한 사진 위상 필터는 복소 필터(complex filter)가 되어 이진 위상 필터와는 달리 패턴상이 나타나지 않으며 electron-beam lithography 기법을 이용할 경우 제작하기가 훨씬 까다롭다.^[1]

Ⅲ. 사진 위상 필터(QPOF)의 분석

사진 위상 필터의 특성을 분석하기 위하여 그림 (1)과 같은 테스트 패턴을 이용하였으며 사용한 광 상관계는 그림 (2)에 나타난 바와 같이 전형적인 4-f 광 패턴 인식 시스템이며, 사진 위상 필터는 식 (1)의 조건을 이용하여 패턴 'E'와 'T', 패턴 'F'와 'T', 패턴 'E'와 'F'에 대해서 3가지로 합성하였다.

그림 3 주파수 영역에 패턴 'E'와 'T'의 사진 위상 필터를 놓고 입력이 패턴 'E'인 경우와 'T'인 경우의 상관 출력 결과이고, 그림 4와 5는 각각 패턴 'F'와 'T', 패턴 'E'와 'F'의 사진 위상 필터의 상관 출력 결과이며 아래 그림은 그 측면도이다.

이상의 상관 출력 결과를 정리하여 표 1에 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 두 패턴중 한 패턴이 다른 패턴에 포함되지 않는 패턴 'E'와 'T', 혹은 패턴 'F'와 'T'인 경우 사진 위상 필터는 입력 패턴을 명확히 식별하지만 한 패턴이 다른 포함되는 패턴 'E'와 'F'인 경우 패턴 'F'의 자기 상관값과 패턴 'E'와의 상호 상관값이 1.1 배 밖에 되지 않아 판별이 곤란하다.

Ⅳ. 결 론

본 연구는 광 패턴 인식에 필요한 필터로서 사진 위상 필터를 분석하였다. 사진 위상 필터는 판별하고자하는 패턴의 형태에 따라 패턴 판별력이 크게 영향을 받음을

알 수 있었다. 특히 한 패턴이 다른 패턴의 부분 패턴일 경우, 이들 패턴의 판별은 불가능하였다.

이러한 사진 위상 필터의 단점을 극복하기 위하여 반복 기법을 이용한 변조 방법에 대한 연구가 진행되고 있다.

V. 참고문헌

1. Myung Soo Kim and C.C. Guest, Appl.Opt. 29, 3380(1990).
2. Fred M. Dickey and Bruce D. Hansche, Appl.Opt. 28, 1611(1989).
3. Mary E.Milkovich, David L. Flannery, and John S. Loomis, Opt.Eng. 28, 487(1989).
4. Joseph L. Horner and James R. Leger, Appl.Opt. 24, 609(1985).
5. Don M. Cottrell, Roger A.Lilly, Jeffrey A. Davis, and Timothy Day, Appl.Opt. 26,3755(1987).

표.1 QPOF의 상관 특성

QPOF	입 력	자기상관/상호상관	
E, T	E	AC[E,E]/CC[E,T]	23.8
	T	AC[T,T]/CC[T,E]	5.3
F, T	F	AC[F,F]/CC[F,T]	19.8
	T	AC[T,T]/CC[T,F]	3.9
E, T	E	AC[E,E]/CC[E,F]	7.9
	F	AC[F,F]/CC[F,E]	1.1

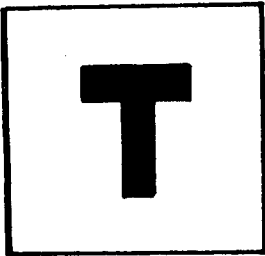
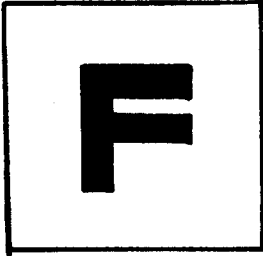
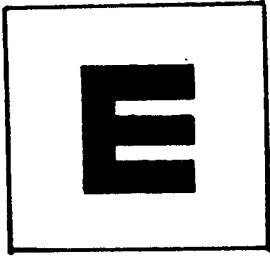
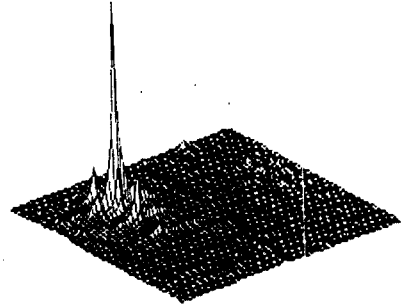
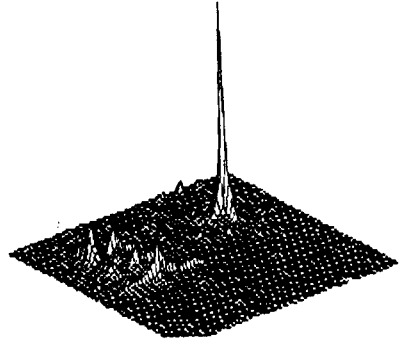


그림 1. 테스트 패턴



(a) 입력이 E 인 경우



(b) 입력이 T 인 경우

그림 3. 상간 출력 결과(QPOF of E and T)

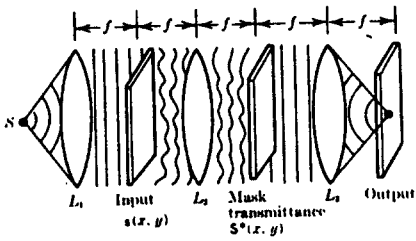
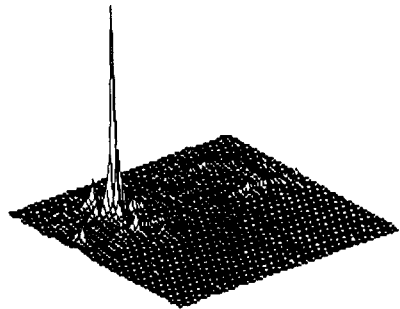
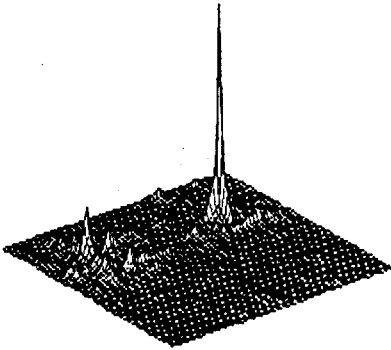


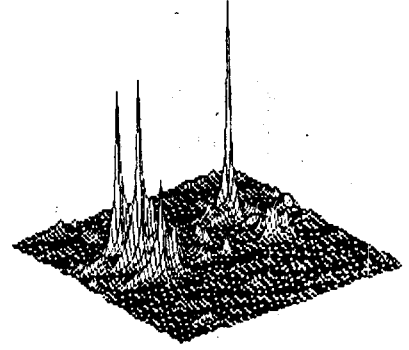
그림 2. 광 패턴 인식 시스템



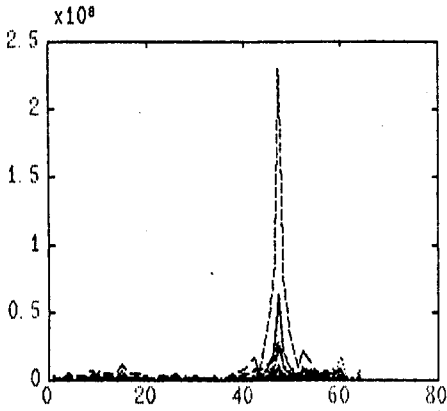
(a) 입력이 F 인 경우



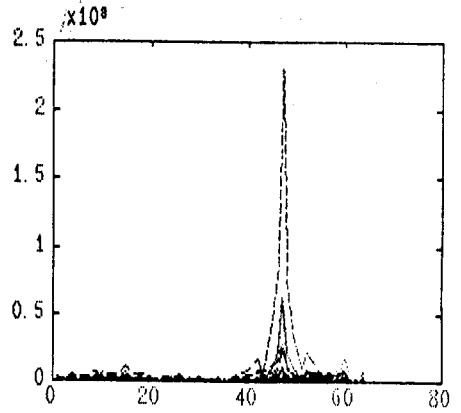
(b) 입력이 T 인 경우



(b) 입력이 F 인 경우

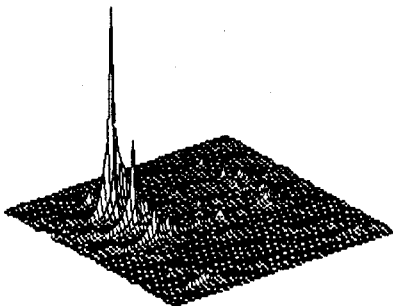


(c) 입력이 F인 경우의 측면도

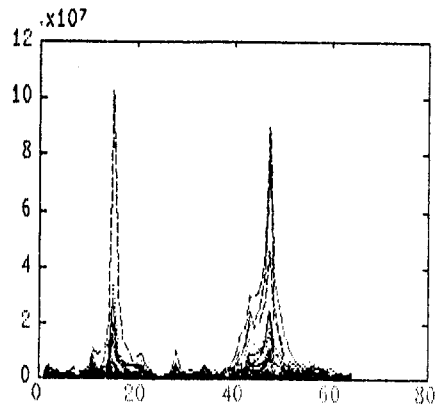


(c) 입력이 E 인 경우의 측면도

그림 4. 상관 출력 결과(QPOF of F and T)



(a) 입력이 E 인 경우



(d) 입력이 F 인 경우의 측면도

그림 3. 상관 출력 결과(QPOF of E and F)