

카메라 초점 오차에 강건한 실시간 상관기

글 : 이상이, 류충상, 한종욱, 이승현, 김은수/광운대학교 전자공학부

한국광학회는 지난 11월1일 96 광정보처리 학술발표회를 광운대학교에서 개최했다.

KIST 3차원 영상매체센터, 정보통신연구관리단, 광운대학교의 후원으로 개최된 96 광정보처리 학술발표회에서는 '시영역 대신호 모델을 이용한 광대역 파장가변 레이저다이오드의 모델링'을 비롯한 총 28편의 논문이 발표되었다. 이중 본보에서는 '카메라 초점 오차에 강건한 실시간 상관기(이상이, 류충상, 이승현, 김은수/광운대)'를 전제하니, 관심있는 애독자들의 많은 참고 바란다.

-편집자 주-

1. 서 론

카메라를 이용하여 물체를 촬영하는 경우, 카메라의 오초점으로 인한 영상의 퍼짐 효과가 발생하기 마련이다. 이것은 일반적으로 델타함수로 존재하는 영상의 점들에 카메라의 영상의 초점이 콘볼루션(convolution)을 이룬 것으로 해석할 수 있다. 콘볼루션된 카메라 초점은 영상의 퍼짐 효과를 나타내는데 초점의 세기가 화면 전체의 발기 정보를 바꾸었다면 위상정보는 퍼짐 자체를 만든 정보이다. 따라서 카메라 초점의 위상 정보를 제거하면 원 영상을 회복할 수 있다.

자연환경에서 임의의 상태로 존재하는 물체들을 실시간적으로 인식하기 위해서는 카메라를 이용하여 촬영하는 것이 일반적이므로 카메라 오초점을 고려하지 않을 수 없다. 또한 자연계로부터 입력된 영상을 인식하기 위해서는 실시간 상관시스템을 이용하는 것이 효과적이다.

따라서 본 논문에서는 카메라 영상의 초점에 비교적 자유로운 인식 시스템을 구성하기 위하여 위상과 진폭 조절이 가능한 NJTC를 이용하여 진폭과 위상 신호 특성을 변화시키며 카메라 초점에 비교적 자유로운 상관을 시도하여 카메라

초점에 강건한 인식 시스템을 구성하고자 한다.

2. 파워스펙트럼을 이용한 진폭 조절

카메라를 통하여 입력되는 영상을 인식하기 위해서는 푸리에 입력평면을 양분하고 기준 영상을 아래쪽에 나타내고 기준 평면 $p(x, y)$ 로 설정한다. 그리고 위쪽에 입력이 나타나 평면을 입력평면 $p_s(x, y)$ 로 구성하자. 기준 평면에는 서로 중복되지 않는 n 개의 화소로 이루어진 기준영상을 식 (1)과 같이 구성하고 입력 평면에는 m 개의 화소로 이루어진 표적 영상을 식 (2)와 같이 나타내

$$p_r(x, y) = \sum_{i=1}^n r_i(x - x_i, y - y_i) \quad (1)$$

$$p_s(x, y) = \sum_{j=1}^m s_j(x - x_j, y - y_j) \quad (2)$$

$$Eu(u, v) = \sum_{i=1}^n |R_i(u, v)|^2 + \sum_{j=1}^m |S_j(u, v)|^2 \quad (3)$$

$$+ \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n R_i^*(u, v) R_k(u, v) \exp\{j[(x_i - x_k)u + (y_i - y_k)v]\}$$

$$+ \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n R_i(u, v) R_k^*(u, v) \exp\{-j[(x_i - x_k)u + (y_i - y_k)v]\}$$

$$+ \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{i=j+1}^m S_j(u, v) S_i^*(u, v) \exp\{-j[(x_i - x_k)u + (y_i - y_k)v]\}$$

$$+ \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{i=j+1}^m S_j^*(u, v) S_i(u, v) \exp\{j[(x_i - x_k)u + (y_i - y_k)v]\}$$

$$+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_i(u, v) S_j^*(u, v) \exp\{-j[(x_i - x_i)u + (y_i - y_j)v]\}$$

$$+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_i^*(u, v) S_j(u, v) \exp\{j[(x_i - x_i)u + (y_i - y_j)v]\}$$

$$E_{NEW}(u, v) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_i(u, v) S_j^*(u, v) \exp\{-j[(x_i - x_j)u + (y_i - y_j)v]\} \quad (4)$$

$$+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_i^*(u, v) S_j(u, v) \exp\{j[(x_i - x_j)u + (y_i - y_j)v]\}$$

$$= 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |R_i(u, v)| |S_j(u, v)|$$

$$\cos\{\phi_{R_i}(u, v) - \phi_{S_j}(u, v) - (x_i - x_j)v - (y_i - y_j)v\}$$

$$E_{NJTC}(u, v) = \left[\frac{|E_{NEW}(u, v)|}{|R(u, v)|^\alpha} \right]^\beta \text{sgm}\{E_{NEW}(u, v)\} \quad (5)$$

면 플리에 입력 평면은 $p_r(x, y) + p_s(x, y)$ 로 할 수 있다.

식 (1)과 식(2)를 동시에 푸리에 변환하여 얻는 JTPS는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

여기서, (u, v) 는 공간주파수 평면 좌표를 나타내며, $R(u, v)$ 와 $S(u, v)$ 는 각각 $r(x, y)$ 와 $s(x, y)$ 의 푸리에 변환 그리고 *는 복소공액을 나타낸다. 식 (3)에서 불필요한 자기상관성 분과 자기평면 상호상관 성분을 제거하면 식 (4)로 나타낼 수 있다.

식 (4)에 위상과 진폭을 조절하기 위하여 식 (5)에 따라 비선형을 부여할 수 있다.

식 (5)로 구성되는 NJTC는 기준 영상이 하나인 경우에는 $\alpha=1.0$ 을 선택하여 공간정합 필터의 우수한 성능을 이용할 수 있다. 그러나 기준 평면내에 동일 화소가 주기적인 배치를 이루며 존재하거나 단일표적일

지라도 영상의 형태가 동일 영상의 주기적 배치 형태를 이루고 있으면, α 값을 0.0에 가깝게 사용해야 한다. 상관 판별력을 높이기 위해서는 위상신호를 최대한 이용하면서 진폭을 보상해야 한다. 이것은 α 값을 점차 1.0에 가깝게 하거나 β 값을 점차 낮은 값으로 변화시키며 최적의 경우를 설정해야 한다. α 값이 1.0에 가까워지거나 β 값이 작아지면 위상신호가 강조되어 상대적으로 진폭이 강조된다.

따라서 입력영상이 단일 표적 혹은 비주기적인 경우에는 α 값을 1.0에 가깝게 설정하거나 β 값을 작게 설정하고, 다중 표적이 주기적으로 입력되게 되면 α 값을 0.0에 가깝게 설정하거나 β 값을 크게 설정하여 효과적인 상관 시스템을 구성할 수 있다.

3. 성능평가

컴퓨터 시뮬레이션에서는 카메라의 초점이 흐려진 상태에서 영상을 인식함으로써 위상과 진폭이 카메라 초점에 어떠한 영향을 주는가 조사하게 된다. 이것은 NJTC의 변수로 설정된 α 와 β 를 변동시키며 위상과 진폭이 상관에 미치는 영향을 조사하는 방법을 이용한다. 또한 위상과 진폭의 변화가 카메라의 오초점을 발생한 문

제를 효과적으로 제거할 수 있는지를 확인하게 된다.

입력영상은 '광' 자를 선택하여 네가지 형태로 변화시키고 상관 시뮬레이션하였다. 상관 성능 점정을 위한 입력 평면은 그림 1(a)와 같이 합성하여 구성하였다. NJTC의 입력 평면은 상하 2단으로 분리되어 있으며, 상단은 입력 영상이며, 하단은 기준영상이다. 그림 1(a)에서 하단에 나타난 '광'은 기준 영상으로 약간 초점이 흐려져 있다. 상단 4개의 입력 영상은 좌측에서부터 기준영상의 초점이 정확한 것, 기준영상과 동일한 영상, 초점이 완전히 흐려진 영상, 그리고 기준 영상

과 동일하면서 영상의 형태가 부분 변화된 영상이다.

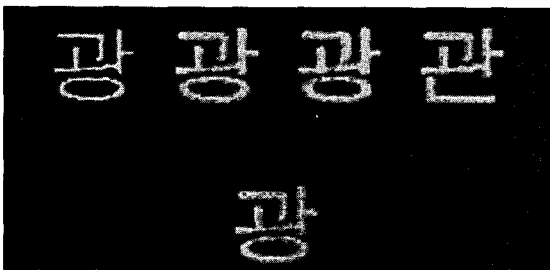
그림 1의 결과들은 위상과 진폭의 양을 조절하면 동일한 영상을 구별해내는 상관기에서 초점이 흐려진 영상과 오히려 초점이 더 명쾌한 영상을 약간 다른 영상 보다 오히려 높은 유사도를 나타내고 있다. 이것은 카메라 초점에 대한 문제를 극복하고 영상을 인식한 것으로 해석이 가능하다.

4. 결 론

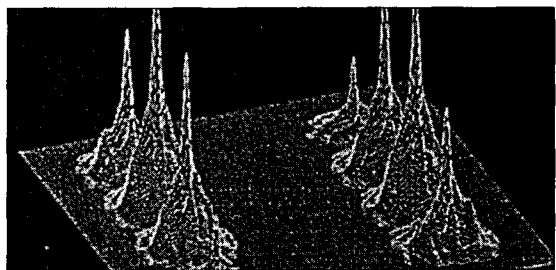
본 논문에서는 Sigmoid 함수를 이용하여 JTPS에 비선형성을 부여한 NJTC 시스템을

이용하여 카메라 초점에 강한 인식 시스템을 구성하였다. 그리고 비선형성의 변화를 통해 위상과 진폭의 가중치를 변동시키며 상관 실험하며 상관 첨두치 높이와 peak-to-sidelobe를 위주로 살펴보았다. 그리고 카메라 오초점이 발생한 영상을 이용하여 상관 성능을 점검함으로써 카메라 오초점으로 부터 필요한 영상을 효과적으로 분리 인식할 수 있는 상관 가능성을 제시하였다.

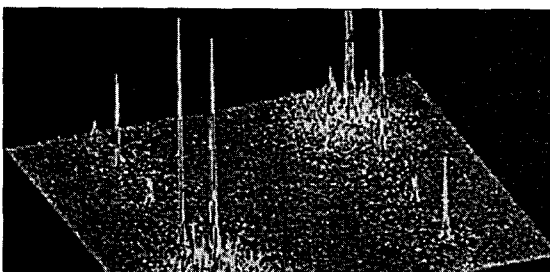
따라서 실시간 광학소자를 이용하여 NJTC 시스템을 구성하면, 실시간 인식 및 추적 시스템의 구성이 가능하게 될 것이다.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 1. 오초점 물체인식

(a) 입력영상 (b) $\alpha=0.0, \beta=1.0$ (c) $\alpha=0.0, \beta=0.0$ (d) $\alpha=0.5, \beta=0.5$

국내 광소자 개발현황 및 계획

글 : 김태일/삼성종합기술원 광전자Lab

고도 정보사회로의 발전이 급진전됨에 따라 일상생활에서 정보통신이 차지하는 비중이 점점증하고 있다. 그러나 기존의 통신망으로 이와 같이 급증하는 정보통신량을 수용하기에는 불가능하며, 현재의 혁신적인 성능 향상을 이루고 있는 초고속 광통신망을 기반으로 한 정보통신망이 필수적이다.

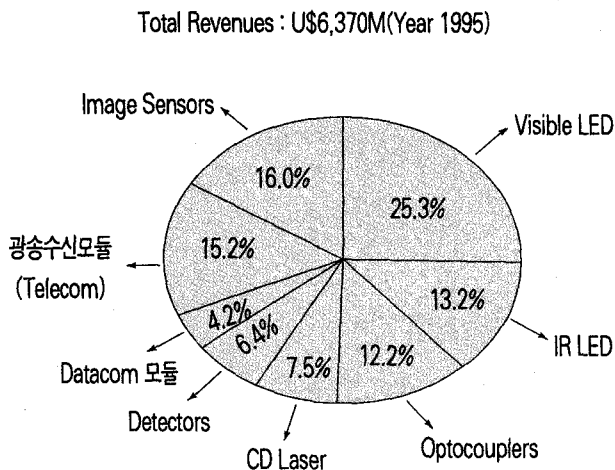
이와관련 그간 국내에서도 전광통신망에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데, 제1회 전광통신망 워크샵이 지난 12월12일부터 13일까지 이틀간 온양 그랜드파크호텔에서 개최되었다.

한국통신, 한국전자통신연구소 주최로 개최된 동 워크샵에서는 이종락 한국통신 전송연구소장의 개회사와 박한규 한국통신학회장의 격려사에 이어 △전·광통신망기술 △국내 통신망의 전광화전략, △국내 광통신망 관련연구동향 I, △국내 광통신망 관련연구동향 II, △Optical Access Network 기술, △전광통신망 연구개발 및 구축방향의 논문이 발표되었다.

이중 본보에서는 국내 광통신망 관련 연구동향 II 중 국내 광소자 개발현황 및 계획 I (김태일, 삼성종합기술원)을 게재하고, 다음 호에는 국내 광소자 개발현황 및 계획II (신영근, 현대전자)를 연재할 계획이니, 관심있는 독자들의 많은 참고바란다.

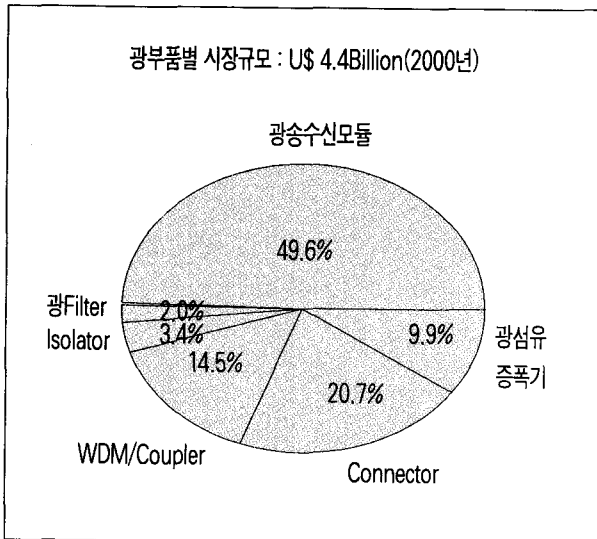
-편집자 주-

1. 광소자 시장 규모(1995)



Component Category	Revenues (US\$M)
Visible LED	1,615
IR LED	840
Optocouplers	780
CD Laser	480
Detectors	405
Datacom 모듈	265
광송수신모듈 (Telecom)	965
Image Sensors	1,020
Total	6,370

2. 통신용 광부품 시장 동향



구 분		시장규모(US\$ Mil)		
		98	2000	2005
능동소자	광송수신모듈	1,829	2,199	3,408
수동소자	광섬유증폭기	195	440	1,630
	Connector	762	916	1,420
	WDM/Coupler	305	641	994
	Isolatoor	95	150	850
	광Filter	60	90	500
합 계		3,246	4,436	8,802

-광섬유증폭기 구성부품 : Pump LD, Isolator, WDM, 광filter
 -2010년 시장규모 : 2005년 대비 6배
 -2015년 시장규모 : 2005년 대비 23배

3. 광통신모듈 시장규모

(단위 : US\$M)

Component	1995	1996	1997	1998	1999	2000
SONET/SDH Tx Module	278	363	490	624	788	1,054
SONET/SDH RX Module	314	412	543	672	819	1,070
Pump Laser Module	195	229	204	238	213	197
Other Lasers	304	319	365	414	460	505
Other Detectors	103	99	111	127	146	168
LEDs	16	18	21	25	29	34
Duplex Transceivers	24	29	37	49	60	70
Total	1,234	1,469	1,771	2,149	2,515	3,098

4. 광전송시스템에 사용되는 주요 광통신모듈

시스템	주요 광통신모듈	Vendor 1	Vendor 2	Price	기 타
155M SDH (STM 1)	155M 송신모듈(1,310nm, LH)	Lucent	NT	\$550	-STM 1 Unit에 대한 가격비중 : 67% (US\$945/1,416)
	155M 송신모듈(1,310nm, SH)	Lucent	NT	\$395	
	155M 수신모듈	Lucent	NT	\$395	
622M SDH (STM 4)	622M 송신모듈(1,310nm, LH)	Sumitomo	Ericsson	\$1,000	-STM 4 Unit에 대한 가격비중 : 72% (US\$1,460/2,040)
	622M 송신모듈(1,310nm, LH)	Sumitomo	Ericsson	\$400	
	622M 수신모듈	Sumitomo	Ericsson	\$460	
2.5G SDH (STM 16)	2.5G DFB-LD 모듈	Lucent	NT	\$3,400	-STM 16 Unit에 대한 가격비중 : 41% (US\$4,800/11,720)
	2.5G APD 모듈	Lucent	Fujitsu	\$1,400	
10G SDH (STM 64)	DFB-LD 모듈	Lucent	-	\$6,000	-STM 64 Unit에 대한 가격비중 : N/A (US\$33,370/?)
	External Modulator 모듈	Sumitomo	Lucent	\$20,370	
	PIN-Preamplifier 모듈	Lucent	-	\$7,000	
EDFA	Pump LD 모듈	SDL	Lasertron	\$4,100	-EDFA에 대한 가격비중 : 25%(US\$4,100/16,500)

5. 광모듈 기술개발의 문제점

○ 경험있는 우수 인력의 부족 : 해외 우수인력의 대학 교수직 선호

- 특히 패키징 관련 인력이 전무한 실정이다.

○ 기업체의 광모듈 개발 경력이 짧다.

○ 상업적으로 경쟁력이 있는 통신용 광모듈을 개발하는 것은 생각보다 보다 체계적인 실험과 많은 시간이 소요된다.

○ 산학연 협력이 미흡하다.

- 대학교에서 광소자 연구 개발을 할 수 있는 설비가 너무 미흡하여 대학의 경험있는 인력을 제대로 활용하기가 어렵다. Consulting 수준에 머물러

있다.

○ 한국전자통신연구소의 역할은 현재 상용화되어 있는 광모듈을 개발하여 기업체로 기술 전수하는 것이 아니고 기업체가 현재 전혀 손을 댈 여력이 없는 차세대 광소자 연구를 하는 것이다.

6. 광모듈 상품의 문제점

○ 통신 하드웨어 사업 성장 배경 : 부품/모듈 자급없이 성장

○ 국내 시장이 너무 적다.

- R&D와 Production을 분리하기 어렵다.

- 국내 시장규모에 비해 생산설비 투자가 과도하다.

○ 선진사와 품질 및 가격경쟁을 하기는 역부족이다.

- 한국시장을 선점하기 위하여 저가정책 사용

○ 경영층의 사업화에 대한 의지 부족

○ R&D 기술과 Manufacturing 기술은 너무 다르다.

- Sample 10개 만드는 것과 매일 하루에 100개씩 만드는 것은 개념이 전혀 다르다.

- Manufacturing 기술 : 생산성, 수율, 원가개념 등을 고려해야 한다.